

**YLEINEN ASE- JA
ASEJÄRJESTELMÄ-
OPAS**



2001

YLEINEN ASE- JA ASEJÄRJESTELMÄ- OPAS



2001



© Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus

ISBN 951-25-1277-7
PUMA 7610-448-7264

Vammalan Kirjapaino Oy
Vammala
2001

PÄÄESIKUNTA

Helsinki

7 .12.2001

Vahvistan Yleisen ase- ja asejärjestelmä-
oppaan käyttöönotttavaksi.

Puolustusvoimien
huoltopäällikkö
Kenraalimajuri


Jouko Oittinen

Puolustusvoimien
apulaishuoltopäällikkö
Prikaatikenraali


Hannu Luotola

Sisällysluettelo

KUVALUETTELO	12
KAAVOISSA KÄYTETYT SYMBOLIT	21
JOHDANTO	24

I LUKU

ASEOPIN PERUSTEITA.....	25
A PERUSTEITA	25
B RYHMITTELY	25
1 AMMUSASEET	26
2 OHJUKSET JA TÄSMÄASEET	28
3 POMMIASEET	28
4 MIINAT	29
5 SÄDEASEET	30
6 TAISTELUAINEET	30
7 TIEDUSTELUJÄRJESTELMÄT	31
8 AMMUNNAN HALLINTA JA SENSORIT	36

II LUKU

ASEJÄRJESTELMÄ	37
-----------------------------	-----------

III LUKU

AMPUMATARVIKKEET	41
1 AMPUMATARVIKKEIDEN JAKO	41
2 AMMUKSET	44
a Ammusten jako	44
b Ammuksen perusrakenne	45
3 SYTYTTIMET	51
a Sytyttimien jako	51
b Sytyttimille asetettavat vaatimukset	52
c Sytyttimien rakenne	53
d Sytyttimien toimintaperiaatteet	59
e Sytyttimien tehovertailu	68
4 HYLSYT	69
A YLEISTÄ	69
b Käsiaseiden hylsy	69
c Tykkien ja rekyylittömien aseiden hylsy	71
5 NALLIT	72
6 PANOKSET	73

IV LUKU

RÄJÄHTEET	77
1 RÄJÄHTEIDEN RYHMITTELY	77
a Jako ja ominaisuudet	77
b Palaminen, deflagraatio ja detonaatio	79
2 RÄJÄHDYSAINOIDEN KÄYTTÖ	83
a Yleistä	83
b Homogeeniset räjähdysaineet	84
c Seosräjähdysaineet	85
d Aloiteräjähdysaineet	87
3 ASERUUDIT	88
a Ruutityypit ja niiden käyttö	88
b Kemiallinen ja ballistinen stabiliteetti	91
c Varastointi ja pakkaaminen	92
d Ruudin käytettävyys	92
e Kehitysnäkymiä	94
4 RAKETTIRUUDIT	95
5 PYROTEKNISET MASSAT	96
a Yleistä	96
b Komponentit ja ominaisuudet	97

V LUKU

BALLISTIikka	101
A SISÄBALLISTIikka	101
1 YLEISTÄ	101
2 LAUKAUSTAPAHTUMA	101
3 SYTYTYSVAIHE	103
4 SISÄBALLISTISET VOIMAT	103
5 ENERGIATASE	105
6 RUUDIN TYÖKYKY JA PALAMINEN	106
7 AMMUKSEN LIIKE PUTKESSA	109
8 PAINEKÄYRÄN MUODON VAIKUTUSLÄHTÖNOPEUTEEN	109
9 ASEEN PUTKEN TAI PIPUNKULUMINEN AMMUTTAESSA	111
a Termis-kemialliset tekijät	112
b Mekaaniset tekijät	113
c Putken kulumisen vaikutus sisäballistiikkaan	113
10 REKYLLITTÖMÄN ASEEN SISÄBALLISTIikka	114
11 RAKETIN SISÄBALLISTIikka	115
a Yleistä	115
b Rakettimeoottorin antama nopeus	116
B VÄLIBALLISTIikka	116
C ULKOBALLISTIikka	122
1 YLEISTÄ	122
2 AERODYNAAMISEN VOIMAN JA MOMENTIN SYNTY	123
3 AMMUKSEN VASTUSKERROIN	124
4 MUUT AERODYNAAMISET KERTOIMET	127
5 AERODYNAAMISTEN KERTOIMIEN MÄÄRITTÄMINEN	128

6	AMMUSTEN VAKAVOINTI	129
	a Pyrstövakavointi	129
	b Rotaatiovakavointi	130
7	ERIKOISAMMUSTEN AERODYNAMIKKAA	132
	a Onteloperäämmukset	132
	b Perävirtausammukset	133
	c Kuorma-ammukset	133
8	AMPUMATAULUKOT	133
	a Yleistä	133
	b Taulukko-olot	134
	c Poikkeamat taulukko-oloista	134
	d Ampumataulukoiden laadinta	136
	e Ampumataulukoiden laskenta	138
	f Ampumataulukoiden esitysmuodot	139
	g Laskimet	140

VI LUKU

SENSORIT

A	SOTILASOPTIIKKA JA OPTRONIikka	141
	1 SOTILASOPTIIKKA	141
	2 OPTIIKAN PERUSTEITA	142
	3 OPTRONIIKAN SOVELLUKSIA	144
	e CCD (Charge Coupled Device)-ilmaisimen toimintaperiaate	150
	f Kuituoptiikka	151
B	AKTIIVISET JA PASSIIVISET SENSORIT	153
	1 AKTIIVISET SENSORIT	153
	2 PASSIIVISET SENSORIT	155

VII LUKU

AMMUSASEET

A	PIENIKALIIPERISET ASEET	158
	1 PERUSTEITA	158
	2 ASETYYPIT	159
	3 SULKUJÄRJESTELMÄT	161
	4 TOIMINTAJÄRJESTELMÄT	162
	a Yleistä	162
	b Lukkorekyyli	162
	c Hidastettu lukkorekyyli	164
	d Kytetty lukkorekyyli (inertiatoiminta)	165
	e Piippurekyyli	166
	f Kaasurekyyljärjestelmä	168
	g Sulkuväli	169
	4 PIIPPU	170
	5 LUKONKEHYS	174
	6 TOIMINTAKONEISTOT	174
	7 TOIMINTAKONEISTON OSAT	176
	8 VARMISTIMET	178
	9 LIPPAAT JA PATRUUNAVYÖT	179

10	TÄHTÄINLAITTEET	180
11	VARUSTEET	183
12	KÄSIASEIDEN AMPUMATARVIKKEET	185
B	KENTTÄTYKIT	194
1	YLEISTÄ	194
2	PUTKI	195
3	PERÄKAPPALE	200
4	YLÄ-JAALALAVETTI	203
C	RANNIKKOTYKIT	212
D	PANSSAROIDUT AJONEUVO- JA TELA-ALUSTAISET TYKIT, KRANAATINHEITTIMET JA RAKETINHEITTIMET	215
1	YLEISTÄ	215
2	OMINAISUUDET JA YLEISRAKENNE	216
3	RAKENNE	217
a	Yleistä	217
b	Torni	218
c	Ase	219
d	Ammunnanhallintajärjestelmä	221
e	Alusta	222
4	KRANAATINHEITTIMET	224
a	Kranaatinheitinpanssariajoneuvo AMOS	224
b	120 KRH telakuorma-auto	226
c	NA-123 Logistiikka-ajoneuvo	230
E	TYKISTÖN AMPUMATARVIKKEET	230
F	PANSSARIKALUSTO	236
1	YLEISTÄ	236
2	PANSSARIAJONEUVOTYYPIT	236
3	TAISTELUPANSSARIVAUNUN RAKENNE	237
4	PANSSARIVAUNUKANUUNAN AMPUMATARVIKKEET	248
G	RAKETINHEITTIMET	253
1	YLEISTÄ	253
2	RAKETTI	254
H	KRANAATINHEITTIMET	256
1	YLEISTÄ	256
2	RAKENNE JA KRANAATINHEITTIMEEN KOHDISTUVAT	257
	AMMUNNAN AIKAISET VOIMAT	257
3	AMPUMATARVIKKEET	261
a	Kranaatit ja ammuksot	261
b	Panokset	262
I	ILMATORJUNTA	264
1	YLEISTÄ	264
2	LIKKUVUUS	269
3	TÄHTÄIMET	269
4	ILMATORJUNTA-ASEJÄRJESTELMIEN JAKO	270
5	AMPUMATARVIKKEET	276

J	REKYYLITTÖMÄT ASEET	278
1	YLEISTÄ	278
2	RASKAS SINKO	279
3	RASKAANSINGON AMPUMATARVIKKEET	280
4	KERTASINGOT	281
5	VASTAMASSASINKO	282

VIII LUKU

	OHJUKSET JA TÄSMÄASEET	283
A	OHJUSJÄRJESTELMÄ	283
B	OHJUSTEN RAKENNE	283
1	MOOTTORIT	284
2	TAISTELUOSAT	286
3	OHJAUTUSJÄRJESTELMÄ	286
4	REIITIT	291
5	OHJUKSEN OHJAUS- JA VAKAVOINTIJÄRJESTELMÄ	293
6	LAVETIT	295
C	OHJUSJÄRJESTELMÄT	295
1	PANSSARINTORJUNTAOHJUSJÄRJESTELMÄT	295
2	ILMATORJUNTAOHJUSJÄRJESTELMÄT	298
3	RANNIKKO-OHJUSJÄRJESTELMÄT	302
4	MERITORJUNTAOHJUSJÄRJESTELMÄ	303
5	RISTEILYOHJUKSET	303

IX LUKU

	MIINA-ASEET	304
A	YLEISTÄ	304
B	RÄJÄHDYSAINHEET JA PANOKSET	304
C	SYTYTYSVÄLINEET	305
D	MIINAT	307
1	PANSSARI- JA AJONEUVOMIINAT	308
a	Pohjamiina 87 94	308
b	Telamiina 65 77	309
2	JALKAVÄKIMIINAT	309
3	ERIKOISMIINAT	310
a	Kylkimiinat	310
b	Vesimiinat	311

X LUKU

	JOUKKOTUHOASEET	313
A	YLEISTÄ	313
B	YDINASEET (A-ASE)	313
C	BIOLOGISET ASEET (B-ASE)	314
D	KEMIAALLISET TAISTELUAINHEET (C-ASE)	314

XI LUKU**SUOJA 317**

A	TAISTELIJAN SUOJAVARUSTUS 317
1	AMMUSVAIKUTUKSET 317
a	Yleistä 317
b	Luodin iskuvaikutus 318
c	Sirpalevaikutus 319
d	Painevaikutus 322
e	Polttovaikutus 326
f	Täryvaikutus 326
2	BALLISTISET SUOJAMATERIAALIT 327
a	Kehitysvaiheet 327
b	Pehmeät materiaalit 327
c	Kovat materiaalit 329
d	Ballistinen suojaustasoluokitus 330
3	KYPÄRÄT 330
4	VISIIRIT, SILMÄSUOJALASIT JA KUULONSUOJAIMET 331
5	SUOJALIIVIT 331
B	AJONEUVOJEN PANSSAROINTI 332
1	AMMUSVAIKUTUKSET 332
a	Iskuvaikutus 333
b	Täryvaikutus 335
c	Sirpalevaikutus 335
d	Suunnattu räjähdysvaikutus 335
2	PANSSAROINNIN PERUSKÄSITTEITÄ 340
a	Hydrodynaaminen läpäisyteoria 340
b	Massatehokkuusluku 340
3	PANSSAROINNISSA KÄYTETTÄVIÄ MATERIAALEJA 341
a	Panssariteräs RHA 341
b	Kova panssariteräs HH-RHA tai HHS 341
c	Panssarialumiinit 342
d	Panssarititaani 342
e	Kahden materiaalin yhdistäminen 343
f	Keraamit 344
g	Keraami ja erityyppiset ammuksat 345
h	Komposiitit 346
5	LISÄPANSSAROINTIVAIHTOEHTOJA 348
a	Liikkeeseen perustuvat panssarit eli reaktiivipanssarit 348
b	Osittain räjähtävät reaktiivipanssarit 348
c	Inerti kerroslisäpanssari, monikerrospanssarit 349
d	Aktiiviset suojajärjestelmät 349
e	Sähköiset panssarointivaihtoehdot 350
6	PANSSAROINNIN SUOJAUSKYKY 350
a	Taistelupanssarivaunu 350
b	Miehistönkuljetusvaunu ja muut ajoneuvot 351
c	Miehistönkuljetusvaunun lisäpanssarointeja 352

C	NAAMIINTI JA MAASTOUTTAMINEN	353
1	PERUSTEITA	353
2	SUOJAUTUMINEN	353
3	MAASTOUTTAMIS-JANAAMIINTITEKNIikka	354
D	ELEKTRONINEN SUOJAUTUMINEN	355
1	ELEKTRONINEN SODANKÄYNTI	355
2	KOHDEJÄRJESTELMÄT	356
3	UHKAKUVA	357
4	ELEKTRONISEN SUOJAUTUMISEN KEINOT	357
5	VALVONNAN JA TULENKÄYTÖN ELEKTRONISTEN VÄLINEIDEN KÄYTÖN SUOJAAMINEN	358
6	TOIMIMINEN VIHOLLISEN ELSo-HÄIRINNÄN ALAISENA	359
7	SUUNNATUN ENERGIAN ASEET JA NIILTÄ SUOJAUTUMINEN	361
a	Elektromagneettinen pulssi	361
b	Laserase	362
c	Hiukkassädease	362
E	SUOJAUTUMINEN JOUKKOTUHOASEILTA	363
1	PERUSTEITA	363
2	TAISTELIJAN HENKILÖKOHTAINEN SUOJAUS	363
3	RAKENTEELLINEN SUOJAUS	364
F	LINNOITTAMINEN	365
1	LINNOITTEILLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET	365
2	LINNOITTAMISEN SUOJATASOT	365
3	SUOJAVAHVUUDET	366
4	LINNOITTEET	366

KUVALUETTELO

Kuva 1	Ammusase (155 mm:n kenttätykki)	26
Kuva 2	Ammusase (Raketinheitin)	27
Kuva 3	Maalitiedusteluun käytettäviä TAS-10 ja IPL/Viking paikannus- laitteita	32
Kuva 4	Äänimittausjärjestelmä	33
Kuva 5	Arthur-tutkan toimintaperiaate	34
Kuva 6	MSTAR-tutka	34
Kuva 7a	Ilmatorjuntajärjestelmä kuvattuna asejärjestelmän tehtävistä lähtien	37
Kuva 7b	Tykistöjärjestelmä kuvattuna ampumateknisistä lähtökohdista ja järjestelmään liittyvistä toiminnoista	38
Kuva 8a	Ampuma-tarvike-elementit	41
Kuva 8b	Laukausten jako	42
Kuva 9	Ali-, täys- ja ylikaliiperiammus	44
Kuva 10	Kranaatin osat	45
Kuva 11	Ammuskuoren osat	46
Kuva 12	Ammuksen periaatteellinen mitoitus	47
Kuva 13a	Erilaisia kärjen muotoja	48
Kuva 13b	Esimerkki ammuksen kokonaisvastuksen pääkomponenteista ja kokonaisvastuskäyrän muodosta	48
Kuva 14	Erilaisia sytytintiloja	49
Kuva 15	Räjähdysnallivarmistin kuljetusasennossa (A), putkiaikana (B) ja virittyneenä (C)	54
Kuva 16	Sytyttimen iskunalli	55
Kuva 17	Sytyttimen sähkönalli	55
Kuva 18	Räjähdysvälitys- eli pyroketju	56
Kuva 19	Turbiinigeneraattori	57
Kuva 20	Ampulliparisto	57
Kuva 21	Iskusytytin kuljetuskunnossa (A) ja virittyneenä (B)	59
Kuva 22	Kärki-iskusytyttimen toiminta herkkänä (A) ja jäykkänä (B)	60
Kuva 23	Hidasteisen iskusytyttimen toiminta herkkänä (A) ja hidasteisena (B)	61
Kuva 24	Merimaalisytyttimen rakenne	61
Kuva 25	Lähtökiihtyvyydestä aktivoituvan sähkötoimisen iskusytyttimen laukaisukoneiston toiminta	62
Kuva 26	Iskusta kohteeseen aktivoituvan sähkötoimisen iskusytyttimen laukaisukoneiston toiminta	62

Kuva 27	Sähköinen iskusytytin kuljetuskunnossa (A) ja virittyneenä (B)	63
Kuva 28	Mekaanisen aikasytyttimen laukaisukoneiston toimintaperiaate	64
Kuva 29	Paloaikasytyttimen laukaisukoneiston toimintaperiaate	64
Kuva 30	Esimerkki sähkötoimisesta aikasytyttimestä	65
Kuva 31a	Radiotaajuuden herätesytyttimen rakenne	66
Kuva 31b	Kranaatinheittimen optinen herätesytytin	67
Kuva 32	Esimerkki räjähdyskorkeuden vaikutuksesta eri tavoin suojautunutta sotilasta vastaan käytettäessä iskusytytintä (räjähdyskorkeus 0 m) ja herätesytytintä	68
Kuva 33	Hylsyn kanta- ja runkomuodot	71
Kuva 34	Erilaisia tykkien hylsyjä nallitiloineen	71
Kuva 35	Iskunallin tyypit ja rakenneperiaatteet	72
Kuva 36	Esimerkki jaettavasta sarjapanoksesta, 155 K 83' tsp	74
Kuva 37	Esimerkki jakamattomasta täyspanoksesta, 155 K 83 tp	75
Kuva 38	Esimerkki 81 mm kranaatinheittimen panosjärjestelmästä	75
Kuva 39	Raskaan singon laukaus A ja raskaan kertasingon raketti B	76
Kuva 40	Räjähävien aineiden ryhmittely	77
Kuva 41	a) Deflagraatio ja b) detonaatio	80
Kuva 42	Esimerkki ruutijyvien muodoista ja jyvärutien dimensioista	91
Kuva 43	Ruutipanoksen progressiivisuuden vaikutus painekäyrään	93
Kuva 44	Laukaustapahtuma	102
Kuva 45	Nopeus- ja painekäyrät raskaan kenttätykin täyspanoksella putkiajan ja -matkan funktiona	109
Kuva 46	Ruudin ominaisuuksien ja panoksen koon vaikutus $p(x)$ -käyrään	110
Kuva 47	Primäärisen shokki- ja pulloaallon muodostuminen	118
Kuva 48	Sekundäärisen shokki- ja pulloaallon muodostuminen	119
Kuva 49	Tilanne ammuksen läpäistyä primäärisen shokkiaallon	119
Kuva 50	Suujarrun toimintaperiaate sekä a) voimien ja b) impulssin määrittely	120
Kuva 51	a) Primääri- ja b) sekundääriliekien muodostuminen	121
Kuva 52	Lentorata	122
Kuva 53	Paineen ja leikkausjännityksen määritelmät sekä paine- ja leikkausjännitys jakauma ammuksen ympärillä	123
Kuva 54	Ammukseen vaikuttavat voimat	124
Kuva 55	Tyypillinen nollavastuserroin ja sen eri tekijät Machin luvun funktiona	126
Kuva 56	Aerodynaamisen voiman jako komponentteihin	127

Kuva 57	Ammuksen lentorataa laskettaessa huomioon otettavat aerodynaamiset voimat ja momentit	128
Kuva 58	Ammuksen kohtauskulma ajan funktiona	129
Kuva 59	Pyrstövakavoinnin periaate	130
Kuva 60	Ammuksen a) prekessio- ja b) nutaatioliike lentoradalla	131
Kuva 61	Virtaus a) umpi- ja b) onteloperän ohi	133
Kuva 62	Ampumatarvikkeiden vastuserroinkuvaajia. 155 mm kranaatilla op tarkoittaa onteloperä- ja pv perävirtausammusta.....	137
Kuva 63	Sähkömagneettisen säteilyn spektri ja sen alueiden hyödyntäminen sotilatekniikassa	141
Kuva 64	Silmän herkkyyskäyrä (A) ja silmän läpäisykäyrä (B)	142
Kuva 65	(a) Säteen kulku prismakiikarissa ja (b) suoritusprismassa	143
Kuva 66	Valonvahvistimen toimintaperiaate	145
Kuva 67	Sveitsiläinen valonvahvistin	145
Kuva 68	Infrapunäsäteilyn hyödyntämisalueet sotilastekniikassa	146
Kuva 69	Infrapunäsäteilyn ikkunat	147
Kuva 70	Lämpökameran toiminnallinen kulkukaavio	147
Kuva 71	Lämpökameran rakenne.....	148
Kuva 72	Lasertekniikan toimintaperiaatekaavio	149
Kuva 73	CCD-ilmaisimen toteutusperiaatteet.....	150
Kuva 74	IRCCD-matriisi	151
Kuva 75	Eri sovelluksien matriisikokoja	151
Kuva 76	Kuituoptiikan toimintaperiaate	152
Kuva 77	Suomalainen rynnäkkökivääri varusteineen.....	159
Kuva 78	Pistoolin yleisrakenne	160
Kuva 79	762 RK 95 taittooperän pääosat	160
Kuva 80	Tarkkuuskivääri 762 TAKIV 85	161
Kuva 81	Periaatekuva massasulkuisesta lukkorekyyliaseesta	163
Kuva 82	Hidastetun lukkorekyyliasejärjestelmän rakenne- ja toimintakaavio	164
Kuva 83	Kytketyn lukkorekyyliaseen rakenne- ja toimintakaavio	165
Kuva 84	Pitkä piippurekyyli periaatekuvana	166
Kuva 85	Lyhyt piippurekyyli.....	167
Kuva 86	Saksalainen MG 3, jossa on rekyylivahvistin	167
Kuva 87	Periaatekuva kaasurekyylijärjestelmäisestä aseesta	169
Kuva 88	Laippakantapatruunaa käyttävän aseiden sulkuväli	169
Kuva 89	Urakantapatruunaa käyttävän aseiden sulkuväli	170
Kuva 90	Lieriökantapatruunaa käyttävän aseiden sulkuväli	170

Kuva 100a	Piipun rakenne	172
Kuva 100b	Patruunatunnukset	172
Kuva 101	Rynnäkkökiväärin piipun valmistaminen	172
Kuva 102	Ylimenokartio ja luodin sovitus	173
Kuva 103	Lukonkehys (laatikko) osineen (762 RK 95 TP)	174
Kuva 104	Iskuvasaratoimisen laukaisukoneiston toimintaperiaate. Iskurin vastajousi pitää iskurin erillään nallista.	175
Kuva 105	Iskuriviritykseen perustuva tarkkuuskiväärin laukaisukoneisto	175
Kuva 106	Erilaisia ulosvedinrakenteita	176
Kuva 107	Ulosheitin	177
Kuva 108	762 RK 62 laukaisuvarmistin	178
Kuva 109	762 RK 62 sulkuvarmistin	178
Kuva 110	762 RK 62 toimintakuntovarmistin	179
Kuva 111	900 PIST 80 iskurivarmistin	179
Kuva 112	Avotähtäimen jyvä- ja hahlomuotoja	180
Kuva 113	Dioptritähtäimen etu- ja takatähtäinmalleja	181
Kuva 114a	Kiväärrikaukoputki Simrad	182
Kuva 114b	Valonvahvistinkiväärrikaukoputki NSPU	182
Kuva 115	Kiväärin säädettävä suuhidastin, joka pienentää rekyylienergiaa noin 30 %. Aseelle saadaan normaalirekyyli kiertämällä suuhidastinta, jolloin sisäholkki sulkee kaasureiät	183
Kuva 116	Rynnäkkökiväärissä käytetty rekyyliohjain, joka vähentää aseeseen ylöspäin oikealle suuntautuvaa piipun heilahdusta	183
Kuva 117	Rynnäkkökiväärin kolmihaarainen liekinsammutin	184
Kuva 118	Konekiväärin etutuki	184
Kuva 119	Konekiväärin kolmijalkajalusta	184
Kuva 120	Pistin, jolla voi leikata piikkilankaesteen	185
Kuva 121	Kiväärihylsyn valmistusvaiheet /La94/	186
Kuva 122	Eri nallityyppien rakenneperiaatteita /La94/	187
Kuva 123	Käsiaseiden luotityypit ja luotien rakenneperiaatteet	188
Kuva 124	Panssariluoteja (a) ja panssarisytytysluteja (b)	189
Kuva 125	D-, S- ja O-luotimuodot	191
Kuva 126	Esimerkki laajentuvista luodeista	191
Kuva 127	12,7 monitoimiampumatarvikkeen rakenneperiaate	192
Kuva 128	Patruunoiden kehityssuunta	193
Kuva 129	a) hylsytömän ja b) kaksoisluodin rakenneperiaatteet	194
Kuva 130	Palkkirihlan rihlaprofiili	196
Kuva 131	Erilaisia panoskammiota	197

Kuva 132	Irtopanoslaukauksen lukko (155 K 83)	198
Kuva 133	Monikerrospotken rakenne ja jännityspiirros	199
Kuva 134	Vaippaputken rakenne	200
Kuva 135	Kiilasulkujärjestelmän lukko (105 H 61-37)	201
Kuva 136	Kierresulkujärjestelmän lukko (152 H 88-37)	202
Kuva 137	Erilaisia suuhidastinrakenteita	203
Kuva 138	Savunpoistimen toimintaperiaate	203
Kuva 139	Kenttätykin toiminnalliset kokonaisuudet (155 K 83)	204
Kuva 140	155 K 83 suuntauskoneistot	205
Kuva 141	Työntävän painontasaimen rakenne (122 H 63)	205
Kuva 142a	Vetävän painontasaimen rakenne ja sijoitus (155 K 83)	206
Kuva 142b	Nestehidastimen rakenne- ja toimintaperiaate	207
Kuva 143	Palauttimen rakenne (122 H 63)	208
Kuva 144	Maalevyn varaan nostettu kenttätykki (152 H 55)	209
Kuva 145	Kehtokantainen suuntain (122 H 63)	210
Kuva 146	Lavettikantainen suuntain (152 H 88-40)	211
Kuva 147	Kiertokaukoputki ja kiinnityspistelaite (kollimaattori)	211
Kuva 148	130 53 TK	212
Kuva 149	130 53 TK:n panostaja asettamassa panosta panoskammioon	213
Kuva 150	Panssarihaupitsin yleisrakenne	218
Kuva 151	Panssarihaupitsin latauslaitteen toimintaperiaate	219
Kuva 152	Panssarihaupitsin aseennäkökuva	220
Kuva 153	Panssarihaupitsin suuntainlaite etuvasemmalta nähtynä	221
Kuva 154	Telakanuunan kannus. Johtopyörä lasketaan kannuksen kanssa maanpinnan tasoon lisäämään tukea	222
Kuva 155	Panssarihaupitsin yleisrakenne	223
Kuva 156	Telakanuunan yleisrakenne	223
Kuva 157a	Kranaatinheitinjoneuvo AMOS	224
Kuva 157b	Periaatekuva Pasiin asennetusta AMOS-järjestelmästä. Lataaja on vaunun takaosassa, johtaja ja ampuja ovat tornissa. Heittimellä voi ampua myös suora-ammuntaa.	225
Kuva 157c	Leikkauskuva tornijärjestelmästä.	225
Kuva 157d	NA-120 krh	226
Kuva 157e	Heittimen asennuspaikat	227
Kuva 157f	Ajoneuvotuki asennettuna	227
Kuva 157g	Vastinpesä ja johdesektorit	228
Kuva 157h	Putken tuki	228
Kuva 157i	Sivusuuntauksen pikasäätö	229

Kuva 157j	Korotuksen pikasäättö	229
Kuva 157k	NA-123 logistiikka-ajoneuvo	230
Kuva 158	Esimerkki kartussilaukauksen kokoonpanosta (122 H 63)	231
Kuva 159	Tykistökranaatin kehitysvaiheet	232
Kuva 160	Esimerkki kenttätykistön ammusperheestä	232
Kuva 161	Tykistöpanosten kehitysvaiheet	233
Kuva 162	Esimerkki kenttätykistön sarjapanosjärjestelmästä a) 105 psp ja b) 105 tsp 78	234
Kuva 163	Esimerkki venäläisestä panosjärjestelmästä a) 122 H 63 spkv ja b) 122 H 63 tpkv	235
Kuva 164	Esimerkki venäläisestä raskaan kanuunan panosjärjestelmästä	235
Kuva 165	Taistelupanssarivaunun halki- ja poikkileikkaukuvat esimerkkinä panssarivaunun rakenteesta	238
Kuva 166	Taistelupanssarivaunun latausautomaatti (vanhempi malli)	241
Kuva 167	Taistelupanssarivaunun latausautomaatti (uudempi malli)	242
Kuva 168	Tähtäyskaukoputken näkökentän asteikot	243
Kuva 169	Korkeussuunnan vakaimen toimintaperiaatekaavio	244
Kuva 170	Tornin luokkuun asennettu ilmatorjuntakonekivääri	245
Kuva 171	Liike-energiaan tuhovaikutuksensa perustavat ammustyypit	250
Kuva 172	Pyrstövakavoitujen nuolimaisten alikaliiperiammusten kehittyminen. Nuoliammuksen oheneminen ja piteneminen sekä ohjausosien raken- teen muutokset ovat kuvassa selvästi havaittavissa. Ensimmäinen malli on 1970-luvun alusta ja viimeisin 1990-luvun puolivälistä.	251
Kuva 173	Panssarikranaatin eri malleja. a) panssarikranaatti, b) panssari- kranaatti ballistisella kärjellä ja c) panssarikranaatti ballistisella kärjellä ja karkikappaleella.	251
Kuva 174	Esimerkki 125 mm panssarivaununkanuunan ampumatarvike- valikoimasta	252
Kuva 175	122 Raketinheitin 89	253
Kuva 176	Raketinheitin ammunassa	254
Kuva 177	MLRS-kuormaraketin rakenneperiaate	256
Kuva 178	a) 120 krh ja b) 120 krh:n ajolaite	257
Kuva 179	Putken paine- ja mitoituspiirros	258
Kuva 180	Peräkappaleen ruutikaasun painepinta-ala ja kaulan jännitys- pinta-ala	259
Kuva 181	a) Lieriötiivistys b) kartiotiivistys	259
Kuva 182	Vastimeen kohdistuvat voimat	260
Kuva 183	a) kranaatinheittimen suuntain b) kiinnityskollimaattori ja suuntainasteikko	260

Kuva 184	Eräiden kranaattien sirpaletiheys etäisyyden funktiona	261
Kuva 185	a) vinouritustiivistys b) muovirengastiivistys	262
Kuva 186	a) pallopyrstö b) erilaisia kranaatteja	262
Kuva 187	Peruspanos	263
Kuva 188	a) 81 KRH:n panos b) 120 KRH:n panos	263
Kuva 189	Kärki-iskusytytin	264
Kuva 190	Rynnäköinti	265
Kuva 191	Herätesytyttimen toimintaetäisyys ja vaikutus	268
Kuva 192	Ilmatorjuntakanuunoiden tulialueet	268
Kuva 193	23 ITK 61 osien yhteistoimintaa	271
Kuva 194	23 ITK 61 2	272
Kuva 195	Vaihekuva 35 ITK 88 aseiden toimintaperiaatteesta	273
Kuva 196	35 ITK 88 ja Marksman	274
Kuva 197	57 ITK 60 ja ZSU 57-2 itpsv	275
Kuva 198	Esimerkki 23 mm:n kanuunan ampumatarvikevalikoimasta	276
Kuva 199	Ilmatorjuntatykin sirpalekranaatti	277
Kuva 200	a) raskas sinko b) lukkopesän ja lukon virtausaukot	279
Kuva 201	Raskaan singon ampumatarvikkeen rakenne	280
Kuva 202	Kevyt kertasinko 66 KES 75 orak ja raskas kertasinko 112 Rskes APILAS okr	281
Kuva 203	Vastamassasingon periaatekuva	282
Kuva 204	Esimerkki ohjuksen rakenteesta	283
Kuva 205	Moottorin työntövoima ja ohjuksen nopeus ajan funktiona	284
Kuva 206	Ruutirakettimoottorin perusrakenteeseen kuuluvat moottorin kuori, palokammio, suutin, ruutilataus ja sytytin	285
Kuva 207	Ruutilatauksen muodon vaikutus työntövoimaan	285
Kuva 208	Hakeutuvien tytäkranaattien toimintaperiaate	286
Kuva 209	Puoliautomaattinen komento-ohjaus	287
Kuva 210	Automaattinen komento-ohjaus	288
Kuva 211	Säteiden seurantaan perustuva ohjausjärjestelmä	288
Kuva 212	Tutkaan hakeutuva ohjus	289
Kuva 213	Puoliaktiivinen hakeutusjärjestelmä	289
Kuva 214	Aktiivisesti hakeutuva ohjus	290
Kuva 215	Suunnistava ohjus	290
Kuva 216	Ohjuksen reitin vaiheita	291
Kuva 217	Suuntalinjareititys	292
Kuva 218	Kulmanopeusreititys	293

Kuva 219	Siivekkeet ovat kääntyviä ohjauspintoja	293
Kuva 220	Ohjuksen rakenteita suhteessa ohjaussiivekkeiden sijaintiin	294
Kuva 221	Impulssimoottoreiden käyttöperiaate	294
Kuva 222	Panssarintorjuntaohjusjärjestelmä 83 M	296
Kuva 223	Javelin panssarintorjuntaohjusjärjestelmä	297
Kuva 224	Lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmä 86 M	298
Kuva 225	Lähi-ilmatorjuntaohjuksen hakupää	299
Kuva 226	Automaattisen komento-ohjauksen periaatteella toimiva Crotale kohdetorjuntaohjusjärjestelmä	300
Kuva 227a	Tankotaistelulatauksen rakenne	301
Kuva 227b	Jatkuvaan tankoon perustuva taistelulataus	302
Kuva 228	Suunnatun räjähdysperiaate	305
Kuva 229	Tulilankasytytysvälineet	305
Kuva 230	Sähkömallit	306
Kuva 231	Erilaisia mekaanisia sytyttimiä	306
Kuva 232	Kylkimiinan herätelaukaisin	307
Kuva 233	Pohjamiina 87 94	308
Kuva 234a	Telamiina 65 77	309
Kuva 234b	Polkumiina	309
Kuva 234c	Lankamiina	309
Kuva 234d	Viuhkamiina	310
Kuva 235a	Kylkimiina 81 (a) ja kylkimiina 87 (b)	311
Kuva 235c	Rannikkomiina	311
Kuva 235d	Jäämiina	312
Kuva 236	SCUD-ohjuksen kärjen rakenne	315
Kuva 237	Sirpalevaikutuksen osatekijät	319
Kuva 238	Teräshaulien ja -sirpaleiden hidastuvuus ilmassa lähtönopeudella 1200 m/s	320
Kuva 239	Terässirpaleen tunkeutuvuus panssarilevyyn	321
Kuva 240	TNT-panoksen aiheuttaman paineaallon ominaisuuksia. ph = heijastuspaine	323
Kuva 241	Esimerkki sirpalekранаatin paineaallon painevaikutuksista (105 kr)	325
Kuva 242	Eräiden pehmeiden suojapaneelien v50 -arvon riippuvuus paneelin neliöpainosta. Ammuksena on 9x19 mm messinkivaippaluoti (viivat 1 ja 2) tai 1,1 g standardisirpale (viivat 3 ja 4)	328
Kuva 243	7,62 x 51 NATO-panssariluodin pysäyttämiseen tarvittava ainemäärä	330

Kuva 244	Iskuenergiaan perustuvat läpäisytavat	334
Kuva 245	Iskukulman määrittely	334
Kuva 246	Suunnattu räjähdysvaikutus, eri tyyppisten ontelopanojen tunkeuma panssariin	336
Kuva 247	Ontelokranaatti, jossa on kärkipanos	336
Kuva 248	Ontelopanojen toimintaperiaate	337
Kuva 249	Ontelopanojen tyypit ja toimintaperiaate	338
Kuva 250a	Ontelokranaatin periaatteellinen rakenne. Räjähdytsväli noin kolme kaliiperia	339
Kuva 250b	Kaksoisontelokranaatti	339
Kuva 251	Ammuksen nopeuden vaikutus keraamin käyttäytymiseen	345
Kuva 252	Panssarirakenne, jossa keraami on palloina	345
Kuva 253	Lasin joustoilmiö ontelopanojen suihkun törmäyksessä	347
Kuva 254	Erilaisia liikkeeseen perustuvia panssarirakenteita	349
Kuva 255	Miehistönkuljetusvaunun lisäpanssarointitratkaisuja	352
Kuva 256	Ajoneuvon maastouttamisen periaate	354
Kuva 257	Elektronisen sodankäynnin jako ja määrittelyt	355
Kuva 258	Elektronisen sodankäynnin kohdejärjestelmät	356
Kuva 259	Suojanaamari M-95	364
Kuva 260	Gammasäteilyn puoliintumispaksuudet alku- ja jälkisäteilylle	364
Kuva 261	Käsiaseiden luodeilta suojaavia ainevahvuuksia	366
Kuva 262a	Taistelijan poteron rakenne	367
Kuva 262b	Taistelijan L-potero suojakololla	367
Kuva 263	Teräsbetonilaattakorsu	368
Kuva 264	Lentoradan ja ballistisen lentoradan käsitteet	372

KAAVOISSA KÄYTETYT SYMBOLIT

Symboli	Merkitys	Dimensio	Nimi
E_k	kineettinen energia	J	Joule
m_a	ammuksen massa	kg	
m_{rak}	raketin kokonaismassa	kg	
v_o	lähtönopeus	m/s	
v_{lin}	lineaarinen palamisnopeus	m/s	
v_k	kaasun nopeus rakettiin nähden	m/s	
m_r	räjähdysainemäärä, ruudin massa	g	
β	räjähdysainevakio		
l_{pans}	panssarin paksuus	cm	
α_i	iskukulma	aste	alfa
φ_t	tulokulma	aste	fi
β	viistokulma	aste	beta
φ	asentokulma	aste	fi
A	poikkipinta-ala	m ²	
W	kokonaisvastusvoima	N	Newton
η	terminen hyötysuhde		eta
Q_{ex}	ruudin palamislämpö	J/kg	
T_o	ruudin palamislämpötila	K	Kelvin
		t ⁰ C+273,15	
V_o	ruudin ominaistilavuus	m ³ /kg	
c	ruudin kovolyymi	m ³ /kg	
f	ballistinen potentiaali	J/kg	
F_p	pintaan kohdistuva voima	N	
G	painovoima	N	
I	impulssi	Ns	
I_M	suujarruun kohdistuva impulssi	Ns	
I_{Rm}	aseen rekyloivien osien kokonais- impulssi suujarrun kanssa	Ns	
I_{Ro}	aseen rekyloivien osien impulssi ilman suujarrua	Ns	

x	ratakulman vaakaetäisyys	m	
y	sivusiirtymä	m	
z	korkeus	m	
t	lentoaika	s	
ϕ	ratakulma	aste	fi
τ	leikkausjännitys	N/mm ² (Pa)	tau
F_f	pinnan suuntainen leikkausvoima	N	
R	voiman kokonaisresultantti	N	
v	nopeusvektori		
δ	ammuksen keskiakselin ja nopeusvektorin välinen kulma	aste	delta
ρ_i	ilman tiheys	kg/m ³	ro
ρ	lähtöpoikkeamakulma		ro
φ_o	lähtökulma		fi
α	korotuskulma		alfa
a	äänen nopeus	m/s	
M	Machin luku	v/a	
M	pituusmomentti	Nm	
C_D	vastuserroin		
C_{D_o}	nollavastuserroin		
C_{D_h}	ammuksen kärjen alueen ylipainevastuserroin		
C_{D_b}	peräpainevastuserroin		
C_{D_f}	ammuksen vaipan kitkavastuserroin		
C_N	normaalivoimakeroin		
$C_{N\delta}$	nostovoimakertoimen kaltevuus		
C_{l_n}	pyörimisen vaimenemiskeroin		
L	nostovoima	N	
D	vastusvoima	N	
N	normaalivoima	N	
N_s	pyrstön synnyttämä nostovoima	N	
A	aksiaalivoima	N	
Y	magnusvoima	N	
J	magnusmomentti	Nm	

n	pyörimisnopeus	r/s	
r	todennäköinen poikkeama		
s	otoksen keskihajonta		
σ	normaalijännitys	N/mm ² (Pa)	sigma
σ_{sall}	suurin sallittu repäisyjännitys	Mpa	
D_u	putken ulkohalkaisija	mm	
d_s	putken sisähalkaisija	mm	
p_{max}	painemaksimi	Mpa	
τ_{sall}	suurin sallittu leikkausjännitys	Mpa	
$A_{kier\ nkp}$	kierteen keskihalkaisijan pinta-ala	mm ²	
L_p	melutaso	dB	
P	läpäisy	m	
η	tehokkuuskerroin		eta
L	läpäisevän ammuksen pituus	m	
E_M	massatehokkuusluku		

Huom! Vektorit lihavoitu

JOHDANTO

Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas antaa perusteet käytössä olevien aseiden ja ampumatarvikkeiden rakenneperiaatteiden tuntemiselle ja niiden käyttömahdollisuuksien ymmärtämiselle. Aseet käsitellään järjestelmäkokonaisuuksina painottaen maavoimien järjestelmiä.

Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas sisältää myös perusteet miina- ja joukkotuhohoaseista sekä sotilasoptyikasta ja optroniikasta. Suojan merkitys taisteluketän oloissa korostuu entisestään. Suojautumista asevaikutuksilta tarkastellaan taistelijan sekä ajoneuvojen panssaroinnin kannalta. Samassa luvussa käsitellään suojautumisen kannalta lyhyesti myös naamiointia ja maastouttamista, elektronista suojautumista, suojautumista joukkotuhohoaseilta sekä linnoittamista. Näistä löytyvät tarkemmat tiedot alan ohjesäännöistä.

Oppaaseen ei ole sisällytetty ilmiöiden ja tapahtumien luonnontieteellistä tarkastelua eikä rakenteellisiin ratkaisuihin vaikuttavia matemaattisia yhtälöitä, ellei niiden esittäminen asian selventämiseksi ole tarpeen. Kirjan käsitteistö noudattaa suomalaista käytäntöä.

Käytetyt käsitteet ja määritelmät on selvitetty **liitteessä 1**. Ne löytyvät myös puolustusvoimien määritelmärekisteristä. Yhtälöissä käytetyt merkinnät on lueteltu symboliluettelossa ja ne on selvitetty tekstiyhteydessä.

Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas on tarkoitettu ensisijaisesti palkatun sotilashenkilöstön peruskoulutuksessa käytettäväksi oppikirjaksi. Se soveltuu myös jatko-opiskelun lähdeoteokseksi. Kirjaa voidaan käyttää lähdeaineistona ja käsikirjana varusmiesten ja reserviläisten koulutuksessa.

Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas korvaa **Yleisen ase- ja asejärjestelmäopin luonnoksen vuodelta 1998**.

I LUKU

ASEOPIN PERUSTEITA

A PERUSTEITA

Asejärjestelmä on maalissa halutun asevaikutuksen aikaansaamiseksi tarvittava, erilaisista osajärjestelmistä muodostuva kokonaisuus.

Asejärjestelmä muodostuu aseesta, ampumatarvikkeesta sekä käytön kannalta välttämättömistä laitteista kuten

- ammunnanhallintalaitteista
- ajoneuvoista
- paikantamislaitteista
- mittausvälineistä sekä
- huolto- ja koulutuslaitteista.

Ampumatarvikkeella vaikutetaan kohteeseen. Vaikutus voi olla sirpale-, isku-, suunnattu räjähdys-, paine-, poltto-, savu-, sytytys-, täry- tai valaisuvaikutus. Lisäksi on olemassa erikoisampumatarvikkeita miinoitukseen, miinanraivaukseen, kaasun ja propagandan levittämiseen sekä koulutus- ja harjoitusampumatarvikkeita. Ampumatarvike muodostuu elementeistä, joita ovat nalli, hylsy, panos, **ammus** ja sytytin.

Ammus lentää aseessa saamansa lähtösuunnan ja -nopeuden perusteella lentorataa, johon vaikuttavat painovoima, ilman vastus ja ilmakehän häiriöt. Ammuksia ovat luodit, kranaatit, panssariammukset sekä erikoisammukset, joita ovat muun muassa kuorma-, valo- ja savuammukset.

B RYHMITTELY

Aseet ja asejärjestelmät **ryhmitellään** yleisesti aseiden maalissa vaikuttavan osan, ammuksen ja sen maaliin saattamistavan perusteella seuraavasti:

- ammusaseet
- ohjukset ja täsmäaseet
- pommiaseet
- miinat
- sädeaseet ja
- taisteluaineet.

Aseet voidaan myös ryhmitellä vaikutustavan mukaan

- konventionaalisiin
- joukkotuho- ja
- sädeaseisiin.

1 AMMUSASEET

Ammusaseella annetaan ammukselle tai raketille **lähtösuunta** ja **-nopeus**. Ammus vakavoidaan joko saattamalla se aseeseen putkessa pyörimisliikkeeseen (**rotaatiovakavointi**) tai rakenteellisesti pyrstön tai siivekkeiden avulla (**pyrstövakavointi**).

Ammus saa liike-energiansa aseeseen putkessa panoksen ruudin palamisesta vapautuvasta energiasta. Useimpien ammusaseiden ammuksien lentoon ei voida vaikuttaa niiden jätettyä putken suun.



Kuva 1 *Ammusase*
(155 mm:n kenttätykki)

Raketissa on mukana oma voimakoneensa, raketimoottori, jonka työnnön avulla raketti liikkuu ballistiikan lakeja noudattavaa lentorataansa. Raketimoottorin polttoaine on yleensä kiinteää tai nestemäistä ja sisältää tavallisesti myös tarvitsemansa hapen, joten raketimoottorin toiminta ei ole sidottu ilmakehään. Raketimoottoritekniikkaa sovelletaan myös muissa aseissa, esimerkiksi ohjukset, sinkojen putkiaikana palavat raketimoottorit, ammusten lentoratavaiheessa palavat lisäpanokset ja lentopommien kiihdyttämiseen käytetyt raketimoottorit.



Kuva 2 *Ammusase*
(Raketinheitin)

Ammusaseen kaliiperi (d) on sen putken sisähalkaisijan pienin mitta. Rihlatulla putkella tätä kutsutaan pieneksi kaliiperiksi. Putken iso kaliiperi (D) on sen sisähalkaisijan suurin mitta rihlan pohjasta vastakkaisen rihlan pohjaan.

Raketinheitimet ovat moniputkisia tai -kiskoisia rakettien laukaisualustoja. Niiden yleisin kaliiperi vaihtelee 120—260 mm:n välillä. Niille on ominaista suuri tulinopeus ja hetkittäinen tulen tiheys. Ammunnan tarkkuus mahdollistaa yleensä vain aluemaalien tulittamisen.

Syvyysraketinheitimiä käytetään sukellusveneiden torjuntaan tarkoitettujen syvyysrakettien laukaisualustana pinta-aluksilla.

Lentokoneraketteja käytetään yleensä ilmasta—maahan ammuntaan helikoptereista tai lentokoneista.

Tykistöraketit ovat yleensä operatiiviseen käyttöön tarkoitettuja, voimakkaalla konventionaalisella tai ydinräjähdetaistelukärjellä varustettuja raketteja. Niiden kantama vaihtelee muutamasta kymmenestä kilometristä muutama sataan kilometriin.

2 OHJUKSET JA TÄSMÄASEET

Kaikkia niitä asejärjestelmiä, joissa vaikutusosan lentorataan voidaan vaikuttaa laukaisun jälkeen osumatarkkuuden parantamiseksi, kutsutaan yhteisellä nimellä ohjattaviksi asejärjestelmiksi.

Ohjattavat asejärjestelmät voidaan jakaa **ohjuksiin** ja **täsmäaseisiin**.

Ohjusjärjestelmä on asejärjestelmä, jonka vaikutusosana on ohjus. Ohjusjärjestelmä sisältää ohjuksen lisäksi kaikki ne laitteet ja välineet, joita tarvitaan maalin havaitsemiseen ja seuraamiseen, ohjuksen toimintavalmiiksi saattamiseen, laukaisemiseen sekä ohjaukskomentojen muodostamiseen ja lähettämiseen. Ohjusjärjestelmille tyypillisiä ominaisuuksia ovat suuri ulottuvuus, tehokas asevaikutus ja lähes muuttumaton korkea tuhoamistodennäköisyys koko kantama-alueella.

Ohjus on sellainen taistelulatauksen tai muun sotilaallisen hyötykuorman kuljettava miehittämätön taisteluväline, joka reaktiomoottorin kuljettamana tai liikkeeseen saatamana liikkuu kohteeseensa ohjattuna tai hakeutuen joko kokonaan tai osittain maanpinnan yläpuolella olevalla, ennalta ohjelmoidulla tai jatkuvaan mittaukseen perustuvalla, tiettyä mallia noudattavalla reitillä.

Täsmäaseet ovat maamaaliin hakeutuvia asejärjestelmän vaikutusosia. Täsmäaseisiin sisällytetään hakeutuvat pommit ja ammuksset sekä tytärammukset.

Ohjattavien asejärjestelmien jako ohjuksiin ja täsmäaseisiin ei ole yksiselitteinen, sillä myös hakeutuviin pommeihin voidaan kiinnittää raketimoottori kantaman lisäämiseksi. Tällaisessa tapauksessa täsmäase täyttää myös ohjuksen määritelmän. Täsmäaseiden hakupäissä käytetään samoja teknisiä ratkaisuja kuin ohjusten hakupäissä.

3 POMMIASEET

Pommiaseet käsittävät **pommit** ja **pommitusvälineet**.

Pommeja ovat **lento-** ja **syvyyspommit**. Ominaista pommeille on, että ne pudotetaan tai heitetään yleensä ilma- tai pinta-aluksesta kohteeseensa. Lentoradallaan ilmassa pommit noudattavat ballistiikan lakeja.

Pommitusvälineitä ovat pommien ripustimet, heittimet, laukaisimet, tähtäimet sekä muut tarvittavat laitteet ja välineet.

Lentopommi on ilma-aluksesta pudotettava taistelulataus. Lentopommit ovat ontelo-, paine-, tytär-, **kasetti-**, **aerosoli-**, **jarruvarjo-**, panssari-, sirpale-, ydin- tai erikois-

pommeja. Erikoispommit aikaansaavat poltto-, sytytys-, valaisu-, savu- tai kaasuvaiikutuksen. On myös merkinantoon ja propagandan levittämiseen tarkoitettuja pommeja.

Kasettipommi on periaatteeltaan kuorma-ammuksen kaltainen. Pommi purkaa kohdealueella tytäripommeja, jotka suurinpiirtein yhtäaikaaisesti räjähtäessään vaikuttavat tehokkaasti laajalla alueella.

Aerosolipommin vaikutus perustuu kaasuna olevan ilma-polttoaineseoksen räjähtämiseen. Kuten kasettipommikin se on tarkoitettu aluemaaleja vastaan.

Jarruvarjopommi on tarkoitettu matalalta tapahtuvaan pommitukseen suojattua kohdetta vastaan. Jarruvarjo hidastaa pommin putoamisnopeutta niin, että pudottava kone ennättää pommin vaikutusalueelta pois. Putoamisnopeuden hidastuminen kasvattaa pommin tulokulmaa. Jarrutusvaiheen jälkeen pommin nopeutta yleensä kiihdytetään rakettimootorilla iskunopeuden lisäämiseksi.

Syvyyspommit ovat ilma- tai pinta- aluksesta pudotettavia tai heitettäviä veden pinnan alla toimivaksi tarkoitettuja aseita. Ne on ensisijaisesti tarkoitettu toimintaan sukellusveneitä vastaan. Vaikutus perustuu lähinnä veden välittämään painevaikutukseen.

Osa pommeista kuuluu täsmäaseisiin.

4 MIINAT

Miina on maahan tai veteen asennettava taisteluväline, jonka laukeamisen aiheuttaa kohde, käyttäjä tai aikautusmekanismi. Miinoittamisjärjestelmä muodostuu **miinoista** ja **miinoittamisvälineistä**.

Miinat jaetaan **panssari-** ja **ajoneuvomiinoihin** sekä **jalkaväki-, vesi- ja erikoismiinoihin** sekä alusten torjuntaan käytettäviin **merimiinoihin**.

Miinoja käytetään osana muuta tulenkäyttöä. Miinojen tärkeimmät vaikutustavat ovat paine-, sirpale- ja suunnattu räjähdysvaikutus. Miina voi laukea esimerkiksi kosketuksesta, magneettisesta herätteestä tai tärinästä.

Tähysmiinaksi sanotaan miinaa tai tilapäisvälineenä käytettävää ampumatarviketta, jonka käyttäjä laukaisee sopivaksi katsomallaan hetkellä.

Merimiinat ovat **kosketusmiinoja**, jotka laukeavat aluksen koskettaessa laukaisinta tai **herätemiinoja**, jota toimivat magneetti-, paine- tai ääniherätteestä. Miinat asennetaan ankkuroituna tietylle syvyydelle tai pohjaan. Merimiinat ovat paine-vaikutteisia. *Rannikkomiinat* ovat satamissa ja rantavesissä käytettäviä miinoja.

Miinoittamisvälineitä ovat miinojen asentamisessa käytettävät erikoisvälineet, joita ovat esimerkiksi miinoittamiskoneet, -ajoneuvot, heittimet, pommit ja ampumatarvikkeet.

5 SÄDEASEET

Laser- ja **hiukkasaseet** ovat toistaiseksi kehitystyön alla. Säteenä voidaan käyttää sähkömagneettista säteilyä (valo, lämpö, ääni) tai erilaisia hiukkasia. Vaikutus perustuu suurella intensiteetillä maaliin kohdistetun energiasäteen aikaansaamiin vaikutuksiin siinä. Toistaiseksi käytössä on laseriin perustuvia sokaisuaseita. Ääntä on myös käytetty koemielessä.

Sokaisuvälineinä käytettyinä sädeaseiksi voidaan lukea myös valaisuun tarkoitettut välineet ja ampumatarvikkeet. Yllättävällä valaisulla voidaan tuhota vihollisen pimeänäkölaitteet tai rajoitetuksi ajaksi estää niiden käyttö. Vaikutus perustuu pimeänäkölaitteiden suodattimiin aiheutettuun ylikuormaan.

6 TAISTELUAINEET

Joukkotuhoaseisiin luetaan kuuluvaksi ABC- sekä polttoaisteluaineet silloin, kun niitä käytetään massamaisesti laajalla alueella. **Sädeaseita** ovat hiukkas- ja laseraseet. Muut aseet kuuluvat **konventionaalisiin aseisiin**.

ABC-aseilla tarkoitetaan **ydinaseita (A)**, **biologisia aseita (B)** ja **kemiallisia aseita (C)**. Niiden tuhovaikutus on varustautumattomaan joukkoon suuri. Taisteluaineiden käyttöä, valmistusta ja hallussapitoa on rajoitettu kansainvälisin sopimuksin. Toistaiseksi niiden käyttöön on varauduttava. ABC-aseet ovat vaikutukseltaan laaja-alaisia. Niitä voidaan levittää tavanomaisilla aseilla. B- ja C-aseita voidaan lisäksi levittää aerosoloina samaan tapaan kuin torjunta-aineita maa- ja metsätaloudessa.

Ydinräjähteen energian vapautuminen perustuu atomiytimen reaktioihin. Raskaiden ydinten halkeamista kutsutaan fissioreaktioksi (atomipommi) ja keveiden ydinten yhtymistä fuusioreaktioksi (vetypommi).

Ampumaetäisyyden ja koon perusteella jaetaan ydinaseet taktisiin, operatiivisiin ja strategisiin. Teho voi vaihdella alueellisesti pienestä jopa kokonaisia kaupunkeja tuhoavaksi. Ydinase voidaan saattaa maaliin eri asejärjestelmillä. Yleisimmin on käytössä suunniteltu eri tyyppisiä ohjuksia, mutta tykistöä, heittimistöä sekä lento- ja syvyyspommejakin voidaan käyttää.

Ydinräjähteen vaikutus perustuu välittömään räjähdysvaikutukseen ja sitä seuraavaan paineaaltoon, sokaisuvaikutukseen ja lämpösäteilyyn. Radioaktiivinen säteily räjäh-

dyksen välittömässä läheisyydessä ja räjähdyspilvestä tuulen mukana leviävistä pölyhiukkasista muodostuva jälkisäteily aiheuttavat säteily sairauden. Ydinräjäytys aiheuttaa sähkömagneettisen pulssin (EMP), jolla on suuri elektronisia laitteita tuhoava vaikutus erityisesti, jos räjähdys tapahtuu korkealla maan pinnasta. Pulssin kesto aika on noin 300 ns ja kenttävoimakkuus voi olla 50 000 voltia/metri.

Biologisella aseella tarkoitetaan pieneliöiden ja mikrobien käyttöä asetarkoituksessa. Levitysjärjestelmäksi voidaan valita useita vaihtoehtoja. Pieneliöitä tai mikrobeja voidaan esimerkiksi kaataa astiasta vesistöön tai toimittaa kohteeseen nykyaikaisella asejärjestelmällä.

B-aseen käytön päämäärä on saada sairastumiseen tai kuolemaan johtava tartunta tai myrkytys vihollisen henkilöstöön. Tämä saadaan aikaan käyttämällä aineita, jotka aiheuttavat ihmisessä hengityksen kautta tai nieltynä taudin tai myrkytyksen. B-aseita voidaan käyttää ilman, vesistön tai maaston pitkäaikaiseen saastuttamiseen.

Kemialliset aseet ovat yleensä nestemäisiä aineita, jotka vaikuttavat ihon läpi tai hengityselimien kautta aiheuttaen tilapäisen toimintakyvyttömyyden, vammautumisen tai kuoleman.

Kemiallisia aseita voidaan käyttää ilmakaasuna, jolloin vaikutus perustuu nopeaan hengitysilma saattavaan tappavaan tai lamauttavaan vaikutukseen. Maastokaasuja käytetään pitkäaikaiseen ihon kautta vaikuttavaan saastuttamiseen. Kemiallisella aseella voidaan vaikuttaa kasvillisuuteen tuhoamalla sato tai joukkoja suojaava kasvillisuus. Kemiallinen ase voidaan saattaa kohteeseensa epäsuoralla tulella, miinoilla tai lentolevityksenä.

7 TIEDUSTELUJÄRJESTELMÄT

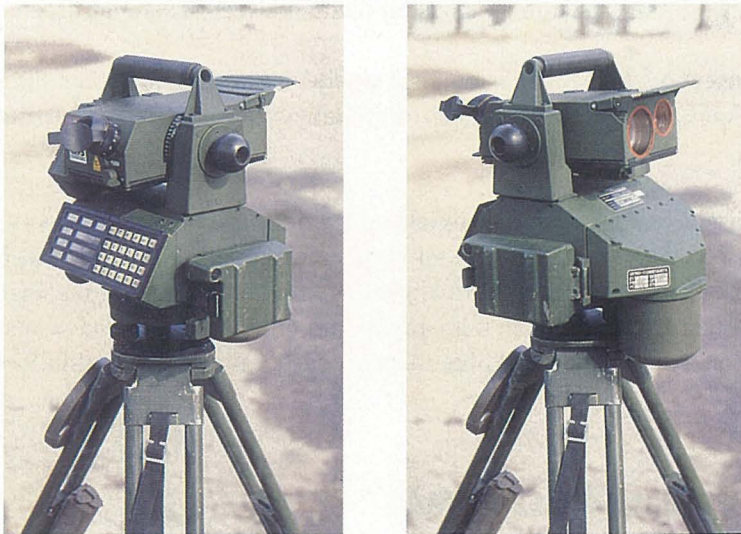
Tiedustelu jaetaan strategiseen, operatiiviseen ja taktiseen tiedusteluun. Teknisin välinein suoritettu tiedustelu liittyy jokaiseen tiedustelutasoon.

Maalitiedustelulla pyritään paikantamaan vihollisen tuliyksiköiden tuliasemat, esikunnat ja johtamispaikat, huoltokeskukset, elektronisen sodankäynnin yksiköt sekä reservit vastatykistö- ja vaikutusammuntojen edellyttämällä tarkkuudella ja nopeudella. Maalitiedustelulla on voitava paikantaa kohteet siten, että niitä voidaan tulittaa välittömästi. Paikantamisessa pyritään aina mahdollisimman suureen tarkkuuteen ja nopeuteen.

Tähystystiedustelulla ymmärretään joko paljain silmin tai optisin apuvälinein suoritettavaa kohteiden havainnointia, tunnistamista ja paikantamista. Tähestystiedusteluun liittyy usein akustiseen tiedusteluun lukeutuva kuulostus. Tähestystiedustelu on kiinteä ja olennainen osa maavoimien tiedustelujärjestelmää.

Tähystystiedustelun toimintaedellytyksiä voidaan parantaa teknisin apuvälinein, kuten voimakkaasti suurentavin kiikarein, valonvahvistimin ja lämpökameroin. Uusimpien kannettavien valonvahvistimien ominaisuudet mahdollistavat ajoneuvoluokkaa olevien maalien havaitsemisen myös pimeällä noin 1000—1500 metrin tähystysetäisyyksillä. Lämpökameralla vastaava havaitsemisetäisyys on kolmen kilometrin luokkaa, joskin kohteen tunnistaminen on mahdollista huomattavasti lyhyemmällä etäisyyksillä.

Käyttämällä valonvahvistimia tai lämpökameroita yhdessä laseretäisyysmittarin kanssa voidaan maalit paikantaa riittävällä tarkkuudella myös pimeällä. Kevyet tähystysvälineet sisältävät jalustalla olevan tehokkaan tähystyskiikarin tai -kaukoputken, suunnanmittausvälineen sekä laseretäisyysmittarin. Keveitä kaukotähystykseen ja maalinpaikannukseen soveltuvia laitteita on muun muassa mittauspattereissa käytetty paikannuslaite TAS-10 tai IPL/Viking yhdistettynä valonvahvistimeen.

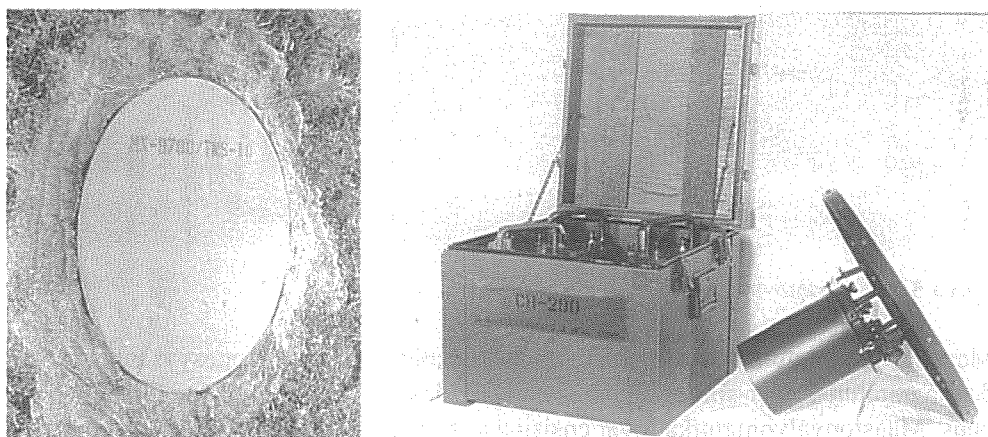


Kuva 3 Maalitiedusteluun käytettäviä TAS-10 ja IPL/Viking paikannuslaitteita

Raskas kaukotähystysjärjestelmä muodostuu maastokelpoisesta ajoneuvoon sijoitetusta tai hinattavasta laitekokonaisuudesta, jolla erillisen nostimen tai maston avulla saadaan tähystysvälineet puiden latvojen yläpuolelle. Järjestelmään kuuluu tyypillisesti Tv-tekniikkaan perustuva videokamera tai still-kamera, pimeätoiminnan mahdollistava lämpökamera, yli 20 kilometriin mittaava laseretäisyysmittari sekä ajoneuvoon sijoitetut viestivälineet ja hallintalaitteet monitoreineen sekä kuvan tallennus-, käsittely- ja tulostuslaitteet. Järjestelmä kykenee tallentamaan ja siirtämään reaaliaikaista kuvaa taistelukentältä ylempiin esikuntiin tai tiedustelutietoja kokoaviin johtoportaisiin kuvankäsittelyä, tunnistamista ja johtopäätösten tekoa varten. Teknisin välinein toteutettu tähystystiedustelu on korvaamassa kaikilla organisaatiotasolla perinteisen valomittauksen.

Äänimittaus on akustista tiedustelua, jonka tarkoituksena on paikantaa vihollisen tykistöyksiköt. Äänimittaus perustuu vihollisen tykistöaseiden suupamausten tai lähtölaukausten aiheuttamien paineaaltojen lähtöpisteiden paikantamiseen. Äänilähteen paikantamiseksi tulee mitata tarkasti sitä aikaeroa, jolla suupamauksen aiheuttama paineaalto saavuttaa tarkassa tunnetussa pisteessä sijaitsevat mikrofonit tai mikrofoniryhmät. Aikaerojen perusteella voidaan määrittää suunta äänilähteeseen ja useita suuntia hyväksikäyttämällä voidaan laskea äänilähteen tarkka sijainti, kun vallitsevat sääolosuhteet, tuulen suunta ja nopeus eri kerroksissa sekä vallitseva lämpötila tunnetaan.

Uusimpien äänimittausjärjestelmien olennaisena osana ovat mikrofoniryhmät, jotka prosessoriin liitettynä siirtävät suuntatiedon automaattisesti kenttäviestiverkon välityksellä äänimittausjärjestelmän komentopaikalle, jossa äänilähde paikannetaan. **Kuva 4**



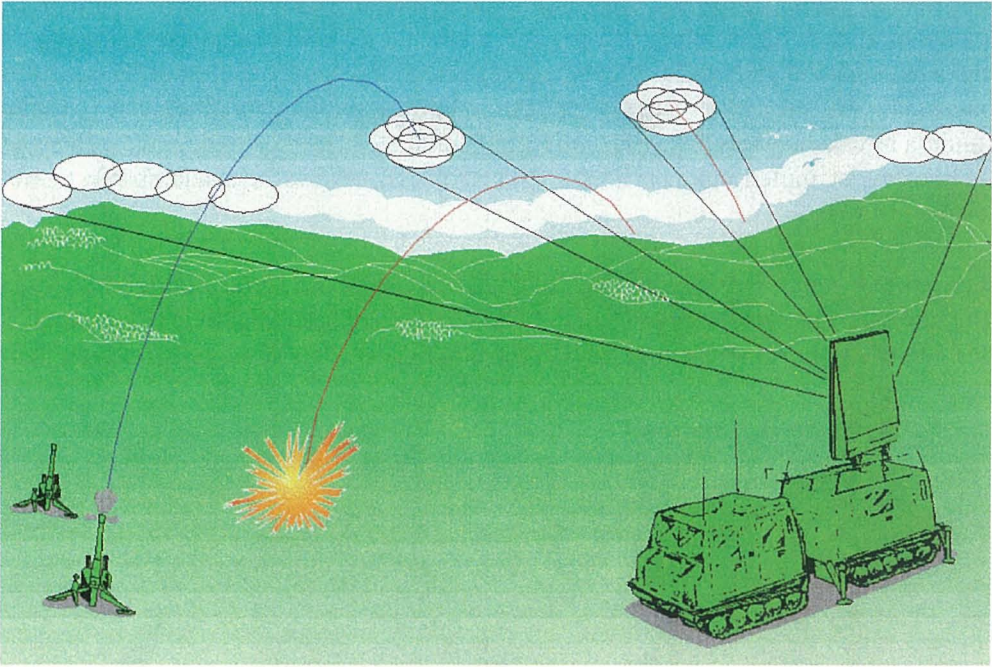
Kuva 4 Äänimittausjärjestelmä

Tutkamittaus ja tutkatiedustelu on suurtaajuisten pulssien heijastumiseen perustuvaa kohteen paikantamista, sen liiketilän määrittämistä ja seuranta. Tutkamittauksella seurataan vihollisen tykistöaseiden ammusten tai rakettien ja ohjusten lentorataa, ja paikannetaan saatujen mittaustietojen perusteella aseiden sijainti.

Tutkamittauksessa mitataan ammuksen hetkellinen paikka sivukulman, korkeuskulman ja mitatun etäisyyden perusteella mahdollisimman aikaisin ammuksen nousevalta lentoradalta. Mitattujen pisteiden avulla voidaan laskea ammuksen ballistinen kerroin vertaamalla saatuja tietoja laskimen muistissa olevaan kirjastoon. Laskettujen tietojen perusteella voidaan määrittää ampuneen aseiden tyyppi sekä ammuksen lähtöpisteiden koordinaatit.

Tutkamittauksia voidaan käyttää myös omien tuliyksiköiden tulenjohtoon seuraamalla omia ammuksia niiden laskevalla lentoradan osalla ja määrittämällä tällä perusteella ammuksen iskemäpisteiden koordinaatit ja laskemalla edelleen tarvittavat korjaukset.

Tutkamittauksella voidaan määrittää vihollisammusten suuntautumisen tiettyihin kohteisiin. **Kuva 5**



Kuva 5 *Arthur-tutkan toimintaperiaate*

Maastonvalvontatutkilla määritetään liikkuvan kohteen suunta ja etäisyys tutkaan nähdessä ja mitatun dopler-siirtymän perusteella saadaan laskettua kohteen radiaalinen nopeus. Maastonvalvontatutkat ovat ensisijaisesti yleistiedusteluun soveltuvia laitteita, mutta niitä voidaan käyttää myös omaan tulenjohtoon lyhyehköillä etäisyyksillä. Tulenjohtomoodissa mitataan maastoalvontatutkalla kranaatin sirpaleiden ja sitä ympäröivän ilmassan liikettä, minkä perusteella voidaan määrittää iskemäkeski-pisteen koordinaatit tulenjohtoon riittävällä tarkkuudella. **Kuva 6**



Kuva 6 *MSTAR-tutka*

Kuvaustiedustelu on perinteiseen kuvaustekniikkaan, elektro-optiseen kuvaukseen, lämpökuvaukseen tai tutkakuvaukseen perustuvaa tietojen hankkimista. Kuvaustiedusteluun kuuluvat varsinaisen kuvaustapahtuman lisäksi kuvien laborointi ja käsitteily, tulkinta, jakelu ja kuvien taltiointi.

Kenttätykistön toteuttama tiedustelukuvaukseen tapahtuu joko perinteisenä kamerakuvauskuksena tai elektro-optisena kuvauksena. Elektro-optinen kuvaukseen on syrjäyttämässä perinteisen kamerakuvauskuksena. Tykistön kuvaustiedustelun käytännön toteuttajina ovat useimmiten mittaustiedustelun kaukotähystystä suorittavat tiedustelupatterit.

Kuvaukseen tapahtuu lähinnä pintakuvauskuksena normaaliin tulenjohtoon ja maalin-tiedusteluun liittyen käyttämällä hyväksi kaukotähystysjärjestelmien kuvauksemahdollisuuksia. Kuvattu tieto voidaan siirtää kenttäviestiverkon välityksellä pakattuina kuvatie-dostoina eri johtoportaille edelleen tunnistettavaksi tai tulkittavaksi.

Vastustajan **elektronisen tiedustelun** päämääränä on elektronisen uhkan ilmaisu ja tiedon hankinta sähkömagneettisia signaaleja sieppaamalla, tunnistamalla, paikantamalla ja analysoimalla. Elektroninen tiedustelu tapahtuu passiivisesti ja sillä täyden-netään muuta tiedustelua. Tarkoituksena on auttaa operatiivista johtoa päätöksen teo-sa.

Elektroninen tiedustelu jaotellaan taajuuden ja kohteena olevien signaalien käyttötar-koituksen mukaan

- kuuntelutiedusteluun
- elektroniseen mittaustiedusteluun
- hajasäteilytiedusteluun ja
- optroelektroniseen tiedusteluun.

Elektroninen tiedustelu voi olla joko strategista tai taktista. Strateginen tiedustelu on rauhan aikana tapahtuvaa pitkäaikaista toimintaa, jolla kerätään tietoja vastustajan elekt-ronisen järjestelmän ominaisuuksista, ryhmyksistä ja käyttötavoista. Taktinen tiedus-telu tukee välitöntä taistelutoimintaa ja sen tarkoituksena on ilmaista, tunnistaa sekä paikantaa vastustajan asejärjestelmät ja joukot.

Kaikki sähkömagneettista säteilyä lähettävät laitteet ja järjestelmät ovat elektronisesti tiedusteltavissa. Viestijärjestelmät ja niihin kuuluvat laitteet sekä ilmapuolustusjärjes-telmän tutkat ovat taktisen tiedustelun ensisijaisia kohteita.

Signaalien sieppaaminen ja niiden lähtöpaikan määrittäminen ovat elektronisen tie-dustelun perustoimintoja. Toimintaperiaatteisiin kuuluu aluksi selvittää signaalien ole-massaolo kuuntelu-, hajasäteily- ja mittaustiedustelulla. Tämän jälkeen signaalien lähde paikannetaan suuntimalla tai mittaamalla. Samanaikaisesti pyritään signaalin sisältöä analysoimalla selvittämään lähetteen mahdollinen informaatio tai arvioimaan saadun informaation merkitys. Vasta näiden toimenpiteiden jälkeen käynnistetään parhaaksi

katsotulla tavalla vastatoimenpiteet. Niitä voivat olla kuuntelun jatkaminen, häirintä, harhautus tai taistelutoiminnan käynnistäminen.

Kaikki johtamisvälineisiin kuuluvan viestijärjestelmän lähetteet ovat mitattavissa tai kuunneltavissa ja valtaosa myös paikannettavissa. Kuuntelutiedustelun kohteena ovat eri taajuusalueilla toimivat viestijoukot ja näissä etenkin puheradio- ja linkkilähetteet. Kuuntelutiedusteluun liittyy aina myös kohteiden paikantaminen suuntimalla.

Viestiverkkoihin kohdistuva uhka muuttuu kohteena olevan johtoportaan mukaan. Mitä ylemmältä ja kauempana taistelevista joukoista olevasta johtoportaasta on kyse, sitä suurempi on kuuntelu- ja paikantamisuhka. Jalkaväki- ja jääkäriprikaatien esikuntien suurin elektroninen uhka on juuri paikantaminen ja viestiverkkojen kuuntelu. Myös komentopaikat joutuvat paikantamisen ja häirinnän kohteiksi.

Elektronisen mittaustiedustelun kohteina ovat johtamisjärjestelmän tutkat sekä radio- ja optisella alueella toimivat ohjaus- ja mittaussignaalit. Elektroninen mittaustiedustelu kohdistuu näin ollen ensisijaisesti kenttätykistön ja ilmatorjunnan asejärjestelmiin.

Hajasäteilytiedustelu kohdistuu pääasiassa eri johtamispaikkoihin, marssiryhmytyksiin ja ryhmitysalueisiin. Radiotaajuista säteilyä vuotavat viesti-, mittaus- ja johtamispaikkalaitteet sekä lämpösäteilyä lähettävät kohteet kuten ajoneuvot ja voimakoneet havaitaan hajasäteilytiedustelulla.

8 AMMUNNAN HALLINTA JA SENSORIT

Ammunnan hallinta käsittää ne toimenpiteet, joilla tuli saadaan halutulla tavalla maaliin. Ammunnan hallintaan käytettäviä kalustoja ovat muun muassa

- ampuma-arvolaskimet
- lähtönopeustutkat
- sääluotaimet
- mittaus- ja paikantamislaitteet
- tulenjohto- ja viestikalusto sekä
- ampumatarvikkeiden mittaamiseen tarvittavat laitteet.

Sensorit ovat tunnistimia, joita kehitetään vihollisen joukkojen, tiedustelun, mittaus- ja valvontalaitteiden ja -järjestelmien, tiedonsiirto- ja viestilaitteiden ja -järjestelmien, taistelujoukkojen, lentokoneiden, helikopterien, laivojen ja sukellusveneiden havaitsemiseksi.

Sensorit jaetaan aktiivisiin ja passiivisiin. Aktiivisia sensoreita ovat esimerkiksi lähtönopeus-, maastonvalvonta- ja vastatykistötutkat. Passiivisia sensoreita ovat muun muassa sääluotaimet, akustiset mittaus- ja paikantamisjärjestelmät, helikopteri-ilmaissimet, paikanmäärityslaitteet, inertia- ja paikantamislaitteet, värinänsensorit ja magneettiset sensorit. Sensoreita on kuvattu luvussa VI.

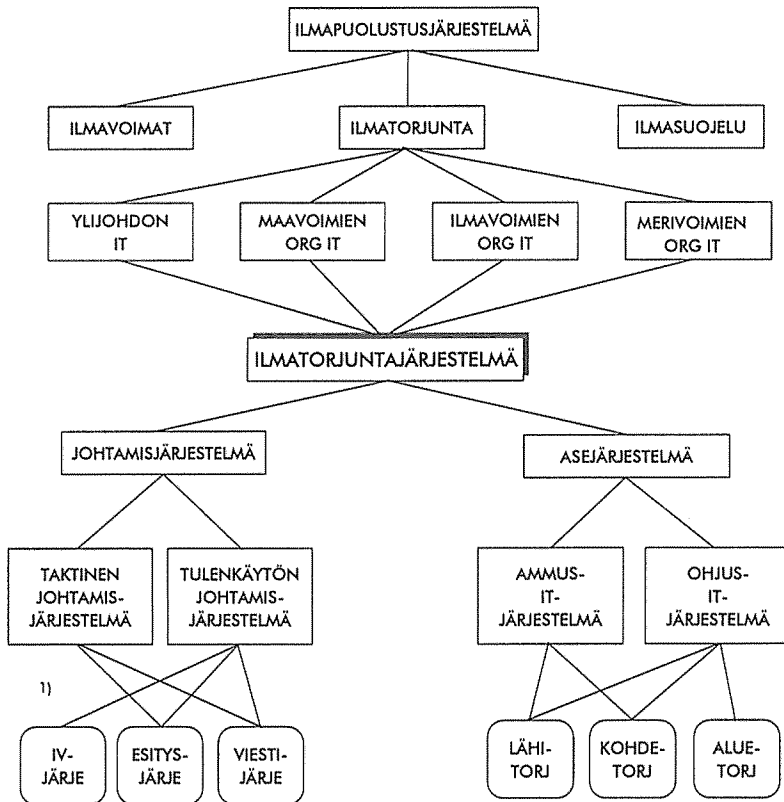
II LUKU ASEJÄRJESTELMÄ

Asejärjestelmä on maalissa halutun asevaikutuksen aikaansaamiseksi tarvittava, erilaisista osajärjestelmistä muodostuva kokonaisuus.

Asejärjestelmän yleisiä vaatimuksia ovat

- tehokkuus, joka sisältää tulen vaikutuksen maalissa
- käytettävyys, johon kuuluvat operatiivinen ja tekninen käytettävyys
- toimintavarmuus ja turvallisuus kaikissa käyttöolosuhteissa
- taistelunkestävyys sekä
- taloudellisuus koko järjestelmän käyttöiän.

Asejärjestelmät suunnitellaan toimimaan ja niitä käytetään **järjestelmäkokonaisuuksina**. Tämä edellyttää asejärjestelmien kaikilta osilta yhteensopivuutta. **Kuvat 7a ja 7b.**

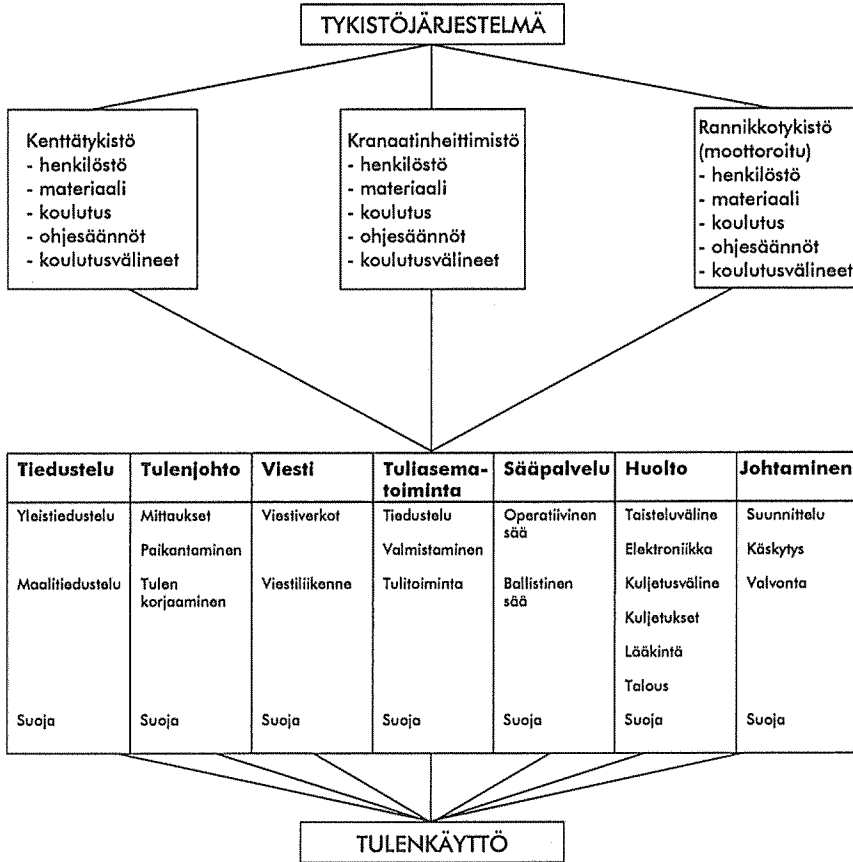


HUOM

1) Sisältää taisteluteknisen ja huollon johtamisen

Kuva 7a

Ilmatorjuntajärjestelmä kuvattuna asejärjestelmän tehtävistä lähtien



Kuva 7b Tykistöjärjestelmä kuvattuna ampumateknisistä lähtökohdista ja järjestelmään liittyvistä toiminnoista

Koska asejärjestelmiin kohdistuvat vaatimukset ovat keskenään ristiriitaisia, on esimerkiksi ampumatarvikkeen tehon, ampumaetäisyyden, tarkkuuden, toimintavarmuuden, huollettavuuden, käyttöturvallisuuden ja järjestelmän elinjakso-kustannusten yhteensovittaminen kompromissi. Lisäksi asejärjestelmien elinjakso on niin pitkä, että järjestelmää hankittaessa on pyrittävä huomioimaan tulevaisuuden kehityssuunnat ja modernisointimahdollisuus.

Asejärjestelmät ovat teknisesti monimutkaisia tuotteita, joiden laatu on varmistettava huolellisella suunnittelulla, käyttöolosuhteita vastaavilla vaativilla testeillä sekä valmistuksen aikaisella laadunvalvonnalla.

Käyttöön otettavien asejärjestelmien tuotekehittelyä ja turvallisuutta sekä asejärjestelmien eri elementtien yhteensopivuutta ohjaavat eri sotilasliittojen sisäiset normit, esimerkiksi STANAG:t tai kansainväliset yhteistyöelimet, esimerkiksi C.I.P., joka määrittelee siviiliaseiden ja patruunoiden yhteensopivuuden.

Asejärjestelmää ei ole lupa ottaa yleiseen käyttöön ennen kuin se on hyväksytty **sotavarusteeksi**. Sotavarusteeksi hyväksyntä edellyttää käyttöturvallisuuden varmistamista. Näin varmistetaan, että aseet ovat toimintavarmoja ja käyttäjilleen turvallisia niille sallituilla laukausyhdistelmillä kaikissa käyttöolosuhteissa.

Asejärjestelmien suunnitteluperusteena on useimmiten suorituskyvyn maksimointi. Aseen suuenergia nostetaan mahdollisimman suureksi. Pyrittäessä suureen ampumaetäisyyteen on ammuksen paino ja sen aerodynaaminen muoto optimoitava käytetylle suuenergialle E_k . Yhtälö (1).

$$Yhtälö (1) \quad E_k = \frac{1}{2} m_a v_o^2, \text{ jossa}$$

$$m_a = \text{ammuksen massa}$$

$$v_o = \text{ammuksen lähtönopeus,}$$

$$\text{väliliballistisen vaiheen jälkeen}$$

Aseen tulen teho edellyttää suurta tulinopeutta. Tämän seurauksena aseet kuumenevat. Lisäksi aseiden käyttöympäristö on tunnettava tarkasti. Kylmät olosuhteet asettavat erityisvaatimuksia. Iskutilojen tulee olla riittävä myös pakkasella.

Väsymismurtumat ovat sotilaalliseen käyttöön tarkoitetuissa aseissa yleisiä vaurioiden syytä suurten laukausmäärien seurauksena. Tämän takia aseiden suunnittelussa on huomioitava väsymismurtuman riski. Niissä osissa, joiden varmuuskertoimet ovat erityisen pieniä, on varmistuttava materiaalin sisäisestä virheettömyydestä.

Aseiden paineenalaisissa osissa ja mekanismeissa käytetään korkealaatuisia nuorrutusteräksiä lujuudeltaan 900—1400 MPa. Runsaan seostuksen takia niitä ei voida hitsata.

Kertalaukausaseissa päästään edullisempaan lujuus-painosuhteeseen yhdistelmä- eli komposiittimateriaaleilla. Tällöin voidaan hyödyntää erilaisten kuitujen vetolujuutta.

Suunnittelun yhteydessä aseille määritetään **panostuspaine, panostuspaineen raja-arvo**, kokeilupaine ja kokeilupaineen raja-arvo +20 °C:n lämpötilassa joko crusher- tai kidepaineena.

Aseen laskennallinen lujuus myötörajan mukaan laskettuna on noin 1,3-kertainen panostuspaineeseen nähden. Tällä pyritään ottamaan huomioon rakenteelliset epävarmuustekijät, kuten

- paineenmittauksen epätarkkuus
- lämmenneen panoksen aiheuttama paineennousu
- suurimman painoluokan ammuksen aiheuttama paineennousu
- mahdollinen panoksen vanhenemisesta johtuva paineennousu
- putken likaantumisen johtuva paineennousu sekä
- aseiden sisäpintojen vaurioitumisesta johtuva lujuuden lasku.

Aseiden toimintavarmuus kaikissa käyttöolosuhteissa tulee varmistaa. Tämä on välttämätöntä, koska toimintavarmuus on usein ristiriidassa aseiden tarkkuuden ja käsittelyn miellyttävyyden kannalta. Toimintavarmuus on tällöin ehdottomasti asetettava etusijalle.

Talvella toimintavarmuuteen vaikuttavat lisäksi käytettävät voiteluaineet. Kovalla pakkasella on varmistettava, etteivät voiteluaineet aiheuta toimintahäiriöitä. Tarvittaessa kaikki rasva on poistettava. Kesäoloissa taas on varmistettava voitelun riittävyys. Edellämämainituista syistä aseiden on oltava riittävän väljiä.

Hyväksyttäessä uusi ampumatarvike aseelle sallitaksi laukaukseksi on kaikin osin **varmistuttava aseiden ja ampumatarvikkeen yhteensopivuudesta**. Näennäisesti sama kaliiperi tai ampumatarvikkeen ulkomuoto eivät tätä takaa. Tarkistettaviin asioihin kuuluvat

- panoksen paine-putkimatkakäyrän vertaaminen aseiden konstruktio painekäyrään tarvittava varmuuskerroin mukaan lukien
- ammuksen paine- ja rihlarasitusten tarkastelu mukaan lukien johtorenkaiden kuluminen
- sytyttimen suositusarvojen sopivuus kyseiselle laukaukselle
- panoskammion mitoituksen tarkistaminen (esimerkiksi sulkuväli, ylimenokartio, rihlojen alkukohta ja iskupohja)
- lukon rasitusten selvittäminen ottaen huomioon myös hylsyn pinnoitteen vaikutus nallin syttymisherkyyden ja iskurin iskuenergian sekä -pituuden tarkastelu sekä
- ampumatarvikkeen käyttölämpötilarajojen selvittäminen.

Kokeiden lisäksi on tarkastettava taulukon tai tähtinästeikon pätevyys suomalaisissa taulukko-olosuhteissa (°C).

III LUKU AMPUMATARVIKKEET

1 AMPUMATARVIKKEIDEN JAKO

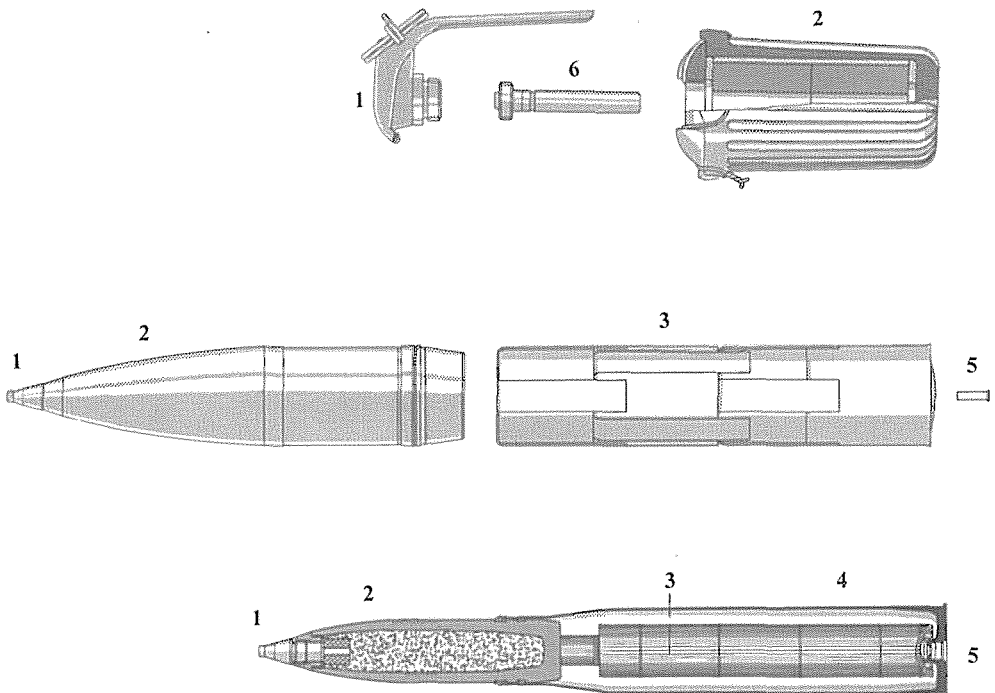
Ampumatarvikkeella tarkoitetaan niitä räjähdystarvikkeita ja osaelementtejä, joita käytetään

- ammus-, raketti- ja ohjusaseiden laukauksissa
- käsi- ja kivääriranaatteina sekä
- valaisu-, savu-, merkinanto- ja sytytystarvikkeina.

Lisäksi ampumatarvikkeina käsitellään edellisten ryhmien harjoitus-, opetus- ja käsitteilytarvikkeita.

Laukaus on yhdellä kertaa ampumiseen tarvittavien elementtien muodostama kokonaisuus. Laukauksen elementtejä ovat ammus, hylsy, nalli, panos, sytytin ja irtoräjäytin.

Kuva 8a. Kaikissa laukauksissa ei tarvita kaikkia elementtejä vaan niiden tarpeen ratkaisee ase- ja laukauksen käyttötarkoitus.

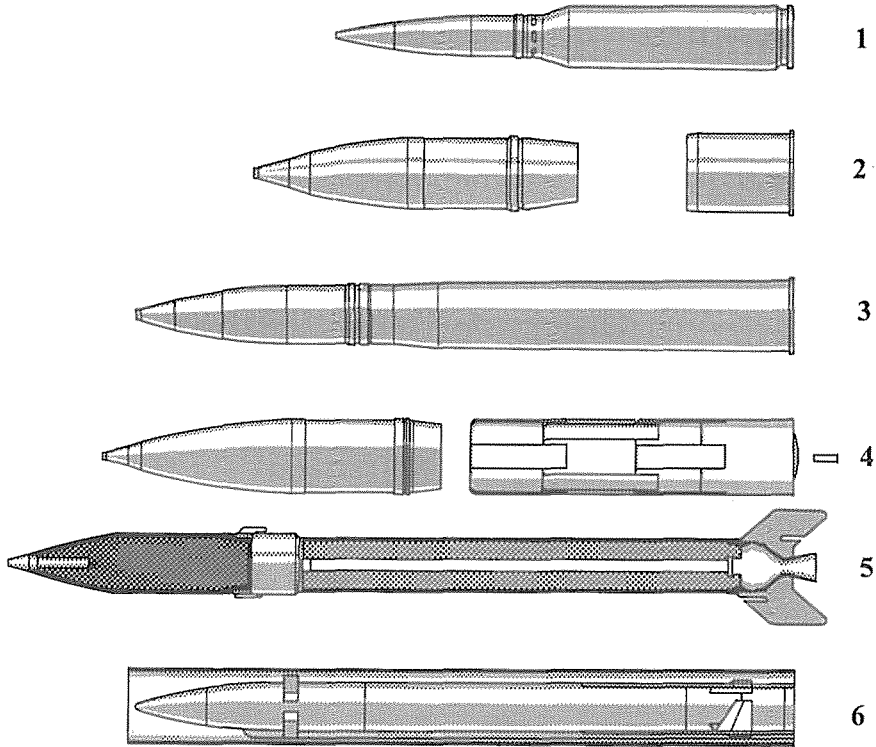


Kuva 8a Ampumatarvike-elementit

1. sytytin, 2. kranaatti, 3. panos, 4. hylsy, 5. nalli ja 6. irtoräjäytin

Laukaukset jaetaan kokoonpanon mukaan

- patruuna-
- kartussi-
- kartussi-patruuna-
- irtopanos-
- raketti- ja
- ohjuslaukauksiin. **Kuva 8b.**



Kuva 8b Laukausten jako

1. patruunalaukaus, 2. kartussilaukaus, 3. kartussi-patruunalaukaus, 4. irtopanoslaukaus, 5. rakettilaukaus ja 6. ohjuslaukaus

Patruunalaukaus on yhtenä kokonaisuutena ladattava laukausyhdistelmä. Siinä ammus sytyttiminen, nalli ja panos muodostavat kokonaisuuden, jossa erilliset elementit on liitetty hylsyn avulla toisiinsa. Patruunalaukaus mahdollistaa suuren tulinopeuden. Sitä käytetään käsiaseissa, ilmatorjunta-, panssarivaunu- ja sinkoaseissa sekä keveissä tykeissä.

Kartussilaukaus ladataan kahtena osana. Ensin ladataan ammus sytyttiminen ja sitten kartussi eli hylsy panoksineen ja nalleineen. Kartussihylsy on yleensä vastaavaa patruunahylsyä lyhyempi, koska sitä ei kiinnitetä ammuksen kiinni. Kartussilaukausta käytetään kenttä-, laiva-, panssarivaunu- ja rannikkotykeissä. Myös palavia hylsyjä käytetään yleisesti.

Kartussi — **patruunalaukaus** on rakenteeltaan kartussilaukauksen kaltainen. Siinä ammus ja kartussi liitetään käsin ennen lataamista toisiinsa.

Irtopanoslaukaus koostuu ammuksista sytyttimiseen, panoksesta ja lukkonallista. Sen käyttö edellyttää aseelta putken takapäin tiivistämistä muulla tavoin laukausta-pahtuman aikana. Irtopanoslaukaus ladataan kolmena osana. Osat ovat ammus sytyttimiseen, irtopanos ja nalli. Irtopanoslaukausta käytetään esimerkiksi 130 53 TK:ssa ja 155 K 83:ssa sekä kranaatinheitimissä. Kranaatinheitimen laukauksessa peruspanos ja lisäpanokset kiinnitetään ammuksen pyrstöosaan ennen lataamista. Tykistön irtopanosuksessa ruudit sijoitetaan yleensä erilliseen kangaspussiin, joka kiristetään panokseksi ulkopussiin tehdyn kiristysmekanismin avulla.

Kartussi-, kartussi-patruuna- ja irtopanoslaukaus mahdollistavat panoksen jakamisen osiin, jolloin ampumatoiminnassa voidaan käyttää tarkoituksenmukaista panosta. Käytettävä panos määräytyy ampumaetäisyyden, koro-alueen ja kranaatin mukaan. Näin voidaan säästää aseiden putkea, säätää lähtönopeutta, ammuksen tulokulmaa ja lentoaikaa.

Rakettilaukaus on patruunalaukauksen kaltainen. Se muodostuu raketin rungosta, taistelukärjestä ja rakettimoottorista sytytysjärjestelmiseen. Esimerkiksi kertasinko on rakettilaukaus, jossa on valmistusvaiheessa kertakäyttöiseen putkeen ladattu, putkiaikana palavalla rakettimoottorilla varustettu ontelokranaatti. Kertasingon putki toimii sekä varastointi-, kuljetus- että laukaisukotelona.

Ohjuslaukaus on ohjusjärjestelmän osa, joka käsittää yleensä ohjussäiliön ja ohjuksen moottoreineen. Ohjussäiliö on yleensä kertakäyttöinen ja toimii ohjuksen hermeettisenä säilytyspakkauksena sekä laukaisuputkena.

Käsikranaatti on heitettäväksi tarkoitettu sirpale-, miina-, savu-, merkinanto- tai sytytyskranaatti. Kranaatin osia ovat kranaatti, sytytin ja räjäytin tai sytytyspanos.

Kivääriskranaatti ja -patruuna muodostuvat kranaatista sytyttimiseen ja ajopatruunasta, joka voi olla tavallinen käsiaseen patruuna tai erillinen luoditon ajopatruuna.

Harjoitustarvike on sellainen elementti tai elementtiyhdistelmä, joka nallin ja ajopanos (vastaavan) vaikutuksesta lentää tai jonka ilmaisuuspanos toimii.

Opetustarvike on sellainen tarvike, joka on täysin vaaraton ja jossa opetuksen takia on pakko säilyttää alkuperäiset värit ja merkinnät.

Käsittelytarvike on täysin vaaraton ampumatarvike ja sitä käytetään koulutuksessa.

2 AMMUKSET

a Ammusten jako

Kaliiperin, kohdevaikutuksen ja toimintatavan perusteella ammuksset jaetaan

- luoteihin
- panssariammuksiin
- kranaatteihin ja
- erikoisammuksiin.

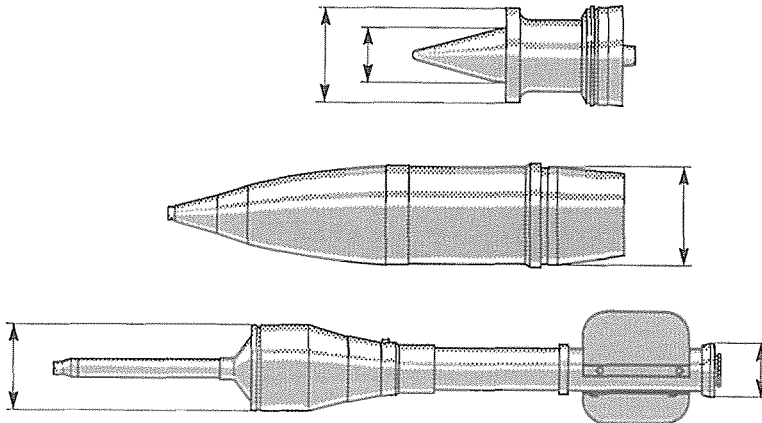
Luoti on kaliiperiltaan alle 20 mm. Rakenteen perusteella luodit jaetaan normaali- ja erikoisluoteihin. Erikoisluoteja ovat muun muassa valojuova-, panssari- ja panssari-sytytysluodit.

Panssariammuksen vaikutus perustuu ammuksen läpäisyyn liike-energian avulla sekä läpäisyn jälkivaikutukseen.

Kranaatin vaikutus perustuu täytteen räjähtämiseen tai palamiseen, joka aikaansaadetaan sytyttimen avulla. Kranaatteja ovat muun muassa sirpale-, panssari-, ontelo-, fosfori- ja tärykranaatti. Perinteinen kranaatti on kartioperäinen. Uudempaa teknologiaa ovat onteloperä- ja perävirtausyksiköillä varustetut kranaatit.

Erikoisammuksia käytetään muun muassa valaisuun, savutukseen, sytytykseen ja muihin erityistehtäviin kuten taistelukaasujen levittämiseen. Muita erikoisammuksia ovat kuorma-ammukset ja hakeutuvat ammuksset, joita käytetään esim. panssarintorjuntaan sekä mittausammukset, joita käytetään esim. ammuksen kohdistuvien rasiusten ja kohdealueella vallitsevan sään mittaamiseen.

Ammuksen kohteessa vaikuttavan osan ulkohalkaisijan ja aseisen putken kaliiperin suhteen ammus voi olla **ali-, täys- tai ylikaliiperiammus**. Kuva 9.



Kuva 9 Ali-, täys- ja ylikaliiperiammus

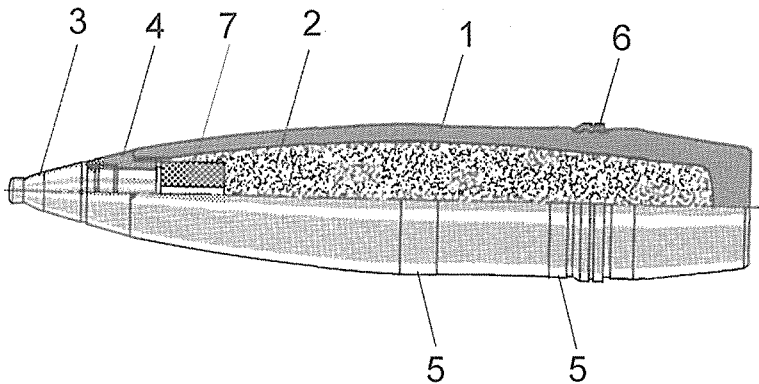
Vakavoititavan perusteella ammuksset jaetaan **rotaatio- ja pyrstövakavoituihin ammuksiin**. Rotaatiovakavoitu ammus saatetaan nopeaan pyörimisliikkeeseen pituus- akselin ympäri ammuksen ulkopinnalle kiinnitetyn johtorenkaan tai luodin vaipan ja putken rihlauksen avulla. Pyrstövakavoidun ammuksen lento vakautetaan joko kiinteän pyrstön tai avautuvien siivekkeiden avulla. Joissakin tapauksissa vakavoitumista parannetaan saattamalla ammus hitaaseen pyörimisliikkeeseen viistoamalla siipien etureuna.

Monivaikutteisella ammuksella voi olla kaksi tai useampia kohdevaikutustapoja, jolloin sen käyttömahdollisuudet laajenevat. Samaan ammukseseen voidaan yhdistää esimerkiksi suunnattu räjähdysvaikutus ja sirpalevaikutus, savu- ja sytytysvaikutus tai panssarin läpäisy- ja sytytysvaikutus.

b Ammuksen perusrakenne

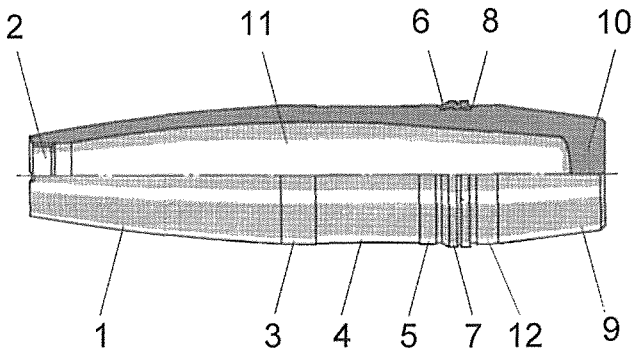
Ammuksen on kestettävä putkivaiheen rasitukset ja lennettävä vakaasti kohteeseen. Sen on toimittava yhdessä sytyttimen kanssa siten, että haluttu vaikutus kohteessa syntyy. Ammusta on voitava käsitellä ja kuljettaa turvallisesti. Sen on sovelluttava mas-
satuotantoon tiukkojen laatukriteerien mukaan ja sen on kestettävä vuosikymmenien varastointi.

Tykistön kartiooperäinen sirpalekranaatti edustaa perusratkaisua rotaatiovakavoidusta ammuksesta, joka koostuu **ammuskuoresta, räjähdysainetäytteestä, räjäyttimestä, johtorenkaasta, välikappaleesta tai väliräjäyttimestä ja sytyttimestä**. **Kuva 10.** Kranaatin vaikutus kohteessa perustuu ammuskuoren sirpaloitumiseen. Ammuskuori valmistetaan teräksestä puristamalla tai valamalla ja koneistamalla. Räjähdysaineena käytetään yleisemmin TNT:tä, joka täytetään kranaattiin valamalla. Räjäyttäminen kohteessa tapahtuu isku-, aika- tai herätesytyttimen ja väliräjäyttimen avulla.



Kuva 10 *Kranaatin osat*
1. ammuskuori, 2. ammustäyte, 3. sytytin, 4. välikappale, 5. ohjauspaksunnos, 6. johtorengas, ja 7. räjäytin

Ammuskuoren osia ovat kärki, kärkiaukko, ohjauspaksunnokset, runko eli lieriöosa, johtorengasura ja johtorengas, perälieriö, peräkartio, pohja sekä sisäontelo. **Kuva 11.**

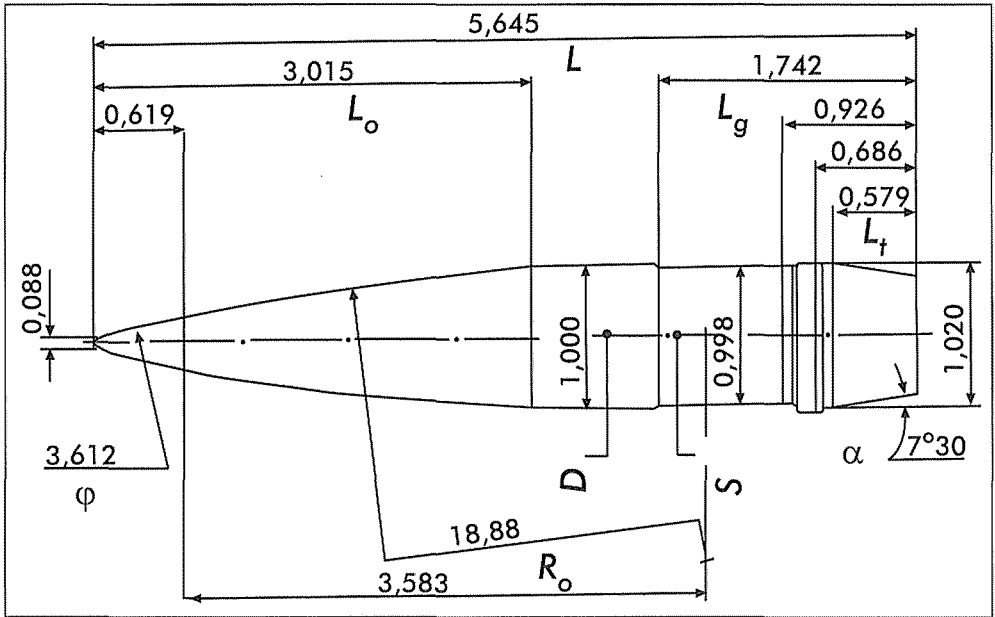


Kuva 11 *Ammuskuoren osat*

1. kärki, 2. kärkiaukko, 3. etummainen ohjauspaksunnos, 4. lieriöosa, 5. takimmainen ohjauspaksunnos, 6. johtorengasura, 7. johtorengas, 8. pakoura, 9. peräkartio, 10. pohja, 11. sisäontelo ja 12. perälieriö

Ammuksen suunnittelu perustuu mekaaniseen suunnitteluun, jonka työvälineitä ovat koeammunta ja tekninen laskenta. (sisä- ja ulkoballistiikka sekä lujuuslaskenta). Ammuskuori mitotetaan käyttötarkoituksen mukaan siten, että se kestää sisäballistisen vaiheen räsitukset ml. epäedullisista käyttötilanteista ja materiaalien laatuvaihteluista johtuvat hajontatekijät. Suurimmat painerasitukset kohdistuvat ammuksen pohjan ja johtorengaan väliseen alueeseen, joten seinämän paksuus on paksuimmillaan ammuksen takaosassa ohentuen siitä kärkeen päin.

Ammuttaessa sisä- ja väliballististen vaiheiden tehtävänä on antaa ammukselle liiketila putken suulla, joka koostuu lähtönopeudesta, pyörimisnopeudesta ja lähtöpoikkeamakulmasta. Tästä eteenpäin ammuksen lentorata määräytyy ilmanvastuksesta ml. sääolosuhteet aiheutuvien voimien (aerodynaamiset voimat) ja painovoiman vaikutusten alaisuudessa. Ammuksen nopeus lentoradalla on hidastuvaa ja sen lento-ominaisuudet riippuvat liiketilän lisäksi geometrisesta mitoitukselta. Sääolosuhteista tuuli on merkittävin tekijä lentoradan ja hajonnan määräytymisessä. Vakavuudella tarkoitetaan ammuksen pyrkimystä jonkin häiriön jälkeen palata tasapainoasemaan. Vakavuusvaatimus asettaa reunaehdot geometriselle mitoitukselle, josta johtuen ammuksen kokonaispituus on yleensä 4—6 kertaa kaliiperi. **Kuva 12.**



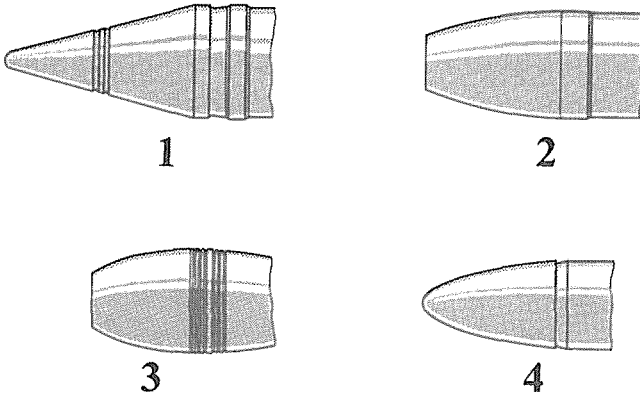
Kuva 12 Ammuksen periaatteellinen mitoitus

Ammuksen massa m_a (kg)	$(13-15) \cdot d^3$
(d = kaliiperi dm)	
Kokonaispituus L (mm)	$(4-6) \cdot d$
Ogivaali L_o (mm)	$(2-3) \cdot d$
Rungon pituus L_g (mm)	$(1,5-2) \cdot d$
Perän pituus L_t (mm) noin	$0,5 \cdot d$
Ogivaalin kaarevuus R_o (mm)	$(10-20) \cdot d$
Perän kulma α	$(5-9)^\circ$
Ogivaalin kulma φ	$(3-5)^\circ$

Ammuksen ilmanvastusominaisuuksiin vaikuttavia konstruktivisia tekijöitä ovat:

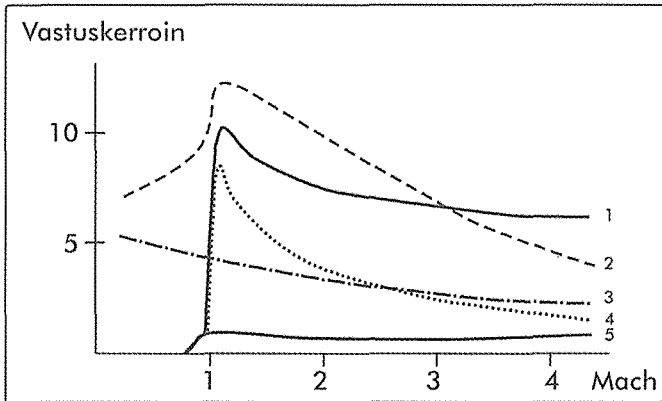
- kärjen muoto (sytyttimen muoto ja kärkiosan kaarevuussäde)
- perän muoto
- peräkartion jyrkkyys
- pinnan karheus eli ulkopinnan koneistusjälki ja maalaus
- poikkipintakuormitus eli ammuksen massan suhde ammuksen poikkipinta-alaan

Ammuksen kärjellä on merkittävä osuus lento-ominaisuuksien määräytymisessä. Kärjen muoto ja sen suhteellinen pituus eli kärjen pituus koko ammuksen pituudesta vaikuttavat merkittävästi ilmanvastuksen muodostumiseen. **Kuva 13a.** Ilmanvastuksen kannalta edullisin (mutta vakavuuden kannalta epäedullinen) kärjen muoto on lähes koko ammuksen mittainen suippo kärki.



Kuva 13a *Erlaisia kärjen muotoja*
1. kartiokärki, 2. ogivaalikärki, 3. ogivaaliosista muodostettu kärki ja 4. paraboloidikärki

Muita lento-ominaisuuksiin ja ilmanvastukseen vaikuttavia tekijöitä ovat perä, peräkartio ja pinnan karheus. **Kuva 13b.** Ammuksen perän muoto on joko lieriö, kartio tai onteloperä. Tasaperäisen tai onteloperäisen ammuksen taakse syntyy lentoratavaiheessa alipainevastusalue, joka on suurin tekijä ammuksen kokonaisvastuksen muodostumisessa. Perävirtausyksikön käyttö perustuu peräpainevastuksen pienentämiseen palavan ruutimoottorin avulla.



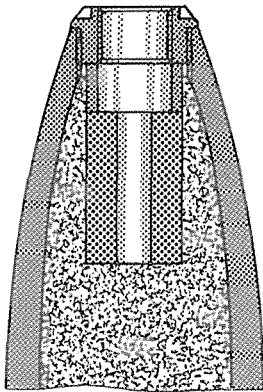
Kuva 13b *Esimerkki ammuksen kokonaisvastuksen pääkomponenteista ja kokonaisvastuskäyrän muodosta*
1. kärki, 2. perä, 3. pinnan karheus, 4. peräkartio ja 5. muut

Ammus on symmetrinen pyörähdyskappale, joka on valmistettu tarkasti siten, että painopiste on keskiakselilla. Johtorengas on kriittinen ammuksen elementti toiminnan ja valmistuksen kannalta sillä sen tulee kestää sisäballistisen vaiheen rasitukset. Lento-ominaisuuksien kannalta kriittisiä laatutekijöitä ammuskuoren valmistuksessa ovat ontelon epäkeskeisyys, kärjen muodon symmetrisyys, joilla suureilla poikkeavuus ideaalitalanteesta voi lisätä iskemähajontaa

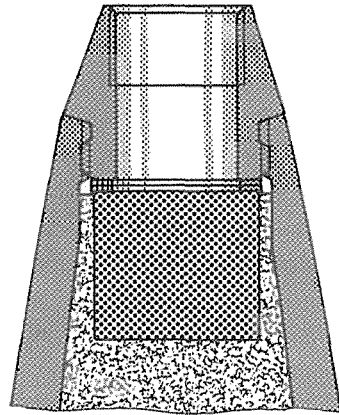
Ammuksen kärjessä on kärkiaukko, jonka sisäpuolelle on työstetty kierre. Sytytin kiinnitetään usein suoraan kärkiaukkokierteisiin. Joissakin tapauksissa kärkiaukko joudutaan ammustäytteen valamisen mahdollistamiseksi tai suuremmalla kierteellä varustetun vaihtoehdoisen sytyttimen vuoksi tekemään suuremmaksi. Tällöin aukko varustetaan sopivalla **välikappaleella tai -räjäyttimellä**.

Sytytintila on kärkiaukon, välikappaleen aukon ja räjähdysaineeseen muotoillun aukon muodostama tila. Sytytintä, jonka mitoitus poikkeaa sytytintilan mitoituksesta, ei voi kiinnittää kranaattiin. Vaihdeettavan välikappaleen avulla voidaan sytytintilaa ja näin myös käytettävää sytytintä vaihdella. Yksityiskohtaiset sytytintilamerkinnot ja -mitoitukset on esitetty asianomaisissa ampumatarvikekirjoissa sekä nimikemerkinnöissä.

Kuva 14.



23 A



36 A

Kuva 14 *Erilaisia sytytintiloja*

Sytytintila 23A on iskusytytin 72:lle ja sytytintila B iskusytytin 70:lle

Rotaatiovakavidun ammuksen ohjausosia ovat ohjauspaksunnos ja johtorengas.

Ohjauspaksunnosten tehtävinä on yhdessä johtorengaan kanssa keskittää ammus putkessa. Etummaisena ohjauspaksunnoksen ja johtorengaan välinen etäisyys vaikuttaa lisäksi lähtöpoikkeamakulman muodostumiseen putken suulla. Lisäksi lähtöpoikkeamakulmaan vaikuttaa ohjauspaksunnoksen ja aseputken välitys. Takimmainen ohjauspaksunnos on johtorengaan etupuolella. Joissakin kranaateissa (esim. 155 ERFB) etummainen ohjauspaksunnos on korvattu siivekkeillä (nubs).

Johtorengaan tehtävänä on

- saattaa ammus rotaatioliikkeeseen putken rihlauksen avulla
- kiinnittää ladattaessa ammus ylimenokartioon siten, että ammus pysyy paikallaan myös suurilla korotuksilla

- tiivistää ammuksen ja putken välin niin, etteivät ruutikaasut pääse virtaamaan putkivaiheen aikana ammuksen ohi sekä
- muodostaa riittävän suuri liikkeellelähtövastus ylimenokartiossa jotta ruutipanos syytyy tasaisesti.

Ammuksen varma kiinnittyminen ylimenokartion ladattaessa erikoisesti suurilla koroilla on kriittinen käyttöturvallisuuden kannalta, sillä irtopanoslaukauksilla ammuksen putoaminen panoksen päälle voi aiheuttaa ammuksen rikkoontumisen laukaustapahtumassa. Latautuminen riippuu asean latauslaitteen toiminnan lisäksi ammuksen ja asean yhteensopivuudesta. Konstruktiot tulee olla mitoitettu siten, että latauksessa johtorengas muotoutuu etureunastaan ja että se tukeutuu ylimenokartioon koko pituudeltaan. Tällöin ammuksen liikkeellelähtö edellyttää riittävän suurta voimaa, mikä edelleen takaa ruutipanoksen tasaisen syyttymisen.

Johtorengaan mitoitus ja raaka-aineen valinta perustuu siihen, että se kestää putkiaikaiset paineesta ja edelleen ammuksen kiihtymisestä johtuvat mekaaniset ja termiset rasitukset. Johtorengaan suurin halkaisija on yleensä 0,2—0,8 mm suurempi kuin putken isokaliiperi. Muotoutumisen parantamiseksi on johtorengas joissakin tapauksissa uritettu. Johtorengaan urituksella ja muotoilulla sekä välittömästi sen takana olevan pakouran avulla pyritään estämään taaksepäin siirtyneen metallin kohoaminen ballistisesti epäedullisiksi liepeiksi ruutikaasujen jälkivaikutuksen aikana. Laukaustapahtumassa johtorengas muotoutuu ylimenokartiossa rihlojen harjojen kohdalta. Muotoutumisen jälkeinen rihlaurien välissä olevan palkkiosan kuluminen perustuu termokemialliseen prosessiin siten, että asean rihloihin kontaktissa olevien johtorengaan palkkien sivupinnoille muodostuu kitkan vaikutuksesta sula kalvo, jota ohivirtaus kuluttaa pois. Vaatimuksena mitoitukselle on, että palkkiosa ei saa kulua liian ohueksi putkiaikana.

Johtorengaan raaka-aineena käytetään yleensä kuparia, messinkiä tai rautaa. Näiden rasituskestävyys kasvaa edellä mainitussa järjestyksessä. Johtorengas on kiinnitetty yleensä puristamalla ammuksessa olevaan lovettuun uraansa niin, ettei se pääse liikkumaan putkivaiheen aikana. Joillakin ohutkuorisilla ammuksilla esim. kuorma-ammus johtorengas kiinnitetään hitsaamalla kuoren tasaiselle ulkopinnalle. Lisäksi joillakin tykistön erikoisammuksilla voi olla liukuva johtorengas, jolloin ammuksen runko ei pyöri putkessa. Tällöin vakavointi lentorädällä perustuu avautuvien siivekkeiden käyttöön.

Hajontaa lisääviä valmistusteknisiä tekijöitä ovat muun muassa seuraavat:

- ammuksen massan vaihtelu, joka lisää hajontaa. Siksi jokainen ammus punnitaan valmiina ja sen painoero ammuksen keskipainoon verrattuna merkitään maalaamalla ammuksen kylkeen. Painoluokkia on 5—9 valmistajamaasta riippuen
- ammuksen epäsymmetrinen massajakauma pituusakselin suhteen. Ammuskuoren symmetrisyyttä valvotaan ammuksen valmistusvaiheessa mittaamalla sisäontelon epäkeskeisyys
- erot ammuksen valmistusmenetelmissä ja raaka-aineissa saattavat vaikuttaa sen lento-ominaisuuksiin, vaikka ammukset on valmistettu samoilla piirustuksilla. Käytännön ampumatoiminnassa ammutaan yhtä erää kerrallaan.

3 SYTYTTIMET

a Sytyttimien jako

Sytytin saa ammuksen toimimaan tarkoituksen edellyttämällä tavalla kohteessa, sen välittömässä läheisyydessä tai ennalta asetetun lentoajan kuluttua. Nämä toimintatavat edellyttävät sytyttimiltä erilaisia rakenneperiaatteita.

Toimintatavan perusteella sytyttimet jaetaan **isku-, aika ja herätesytyttimiin**.

Iskusytyttimet toimivat kosketuksesta kohteeseen ja ne ovat rakenteeltaan joko mekaanisia tai sähkömekaanisia. Ne ovat yleisimmin käytettyjä sytyttimiä. Sytyttimen on oltava rakenteeltaan tai asetuksiltaan herkkätoiminen silloin kun vaaditaan tehokas sirpalevaikutus. Miinavaikutus vaatii sytyttimeltä jäykkätoimisen toiminnan. Ilmatorjunnassa käytettävät sytyttimet varustetaan yleensä itsetuholaitteella, joka räjäyttää ohiammutut kranaatit lentoradalla.

Aikasytyttimen toiminta on kohteesta riippumatonta. Se aikautetaan ennen ammuntaa toimimaan määrätyn ajan kuluttua laukaisusta. Aikasytyttimiä käytetään savu-, valo- ja kuorma-ammuksissa sekä kranaateissa, joiden halutaan räjähtävän ilmassa kohteen läheisyydessä tehokkaan sirpalevaikutuksen aikaansaamiseksi. Aikasytyttimen aikautus voi olla mekaaninen, paloaikaan perustuva tai sähköinen. Aikasytytin voi olla varustettu myös iskulaitteella, jolloin se lentoajan ylittävän aikautuksen johdosta toimii iskusta kohteeseen.

Herätesytyttimen toiminnan tarkoituksena on saada kranaatti räjähtämään sirpalevaikutuksen kannalta edullisimmalla korkeudella kohteesta. Herätesytyttimet voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin. Aktiiviset herätesytyttimet lähettävät sähkömagneettista säteilyä tai valoa (infrapuna- tai laservaloa), joka heijastuu takaisin kohteesta. Aktiivisia herätesytyttimiä ovat radiotaajuiset ja optiset herätesytyttimet. Passiiviset herätesytyttimet eivät lähetä ympäristöön säteilyä ja ne toimivat esimerkiksi maalin lämpösäteilystä, värinästä, magneettikentän muutoksesta tai äänestä. Herätesytyttimet ovat yleensä varustetut myös iskulaitteella sekä ilmatorjunnan sytyttimet itsetuholaitteella.

Monitoimiherätesytyttimiin on sisällytetty useampiakin edellä lueteltujen sytytinryhmien ominaisuuksista. Haluttu ominaisuus on valittavissa itse sytyttimestä tai se voidaan ohjelmoida erillisen laitteen avulla. Monitoimiherätesytytin voi sisältää esimerkiksi seuraavia toimintoja:

- herkkä iskutoiminta
- jäykkä iskutoiminta
- hidasteinen iskutoiminta
- matala herätetoiminta
- korkea herätetoiminta ja
- aikatoiminta.

Sijaintinsa perusteella sytyttimet voidaan jakaa **kärki- ja pohjasytyttimiin**. Kärkisytytin kiinnitetään kranaatin kärjessä olevaan, kierteellä varustettuun sytytintilaan, kun taas pohjasytyttimen tila on kranaatin pohjassa. Kärkisytytin on yleisin sytytintyyppi. Pohjasytytintä käytetään pääasiassa eri tyyppisissä panssarikranaateissa ja esimerkiksi kranaatinheittimen savuammuksissa.

b Sytyttimille asetettavat vaatimukset

Sytyttimille asetetaan käyttötarkoituksesta riippuen erilaisia taktisia vaatimuksia. Mikäli iskusytyttimellä halutaan hyvä sirpalevaikutus on sytyttimen oltava erittäin herkkä, sillä ammuksen tunkeutuminen lumen tai maan sisään pidättää suurimman osan sirpaleista ja ammunta on tällöin tehoton. Jos ammusta halutaan käyttää linnoittautunutta tai panssaroitua vihollista vastaan, sytyttimessä on oltava viive iskurin toiminnan ja ammuksen räjähtämisen välillä. Herätesytyttimen tehon kannalta on tärkeää, että sytytin saadaan räjähtämään tarkasti määrätyllä korkeudella maalin yläpuolella. Herätesytyttimen tulee myös sietää vihollisen elektronista häirintää. Heräte- ja aikasytyttimessä on iskutoiminto tai isetuholaite. Kuorma-ammuksen aikasytyttimessä ei ole iskutoimintoa, sillä maahan asti tulleen ammuksen halutaan tunkeutuvan maan sisään. Näin vältetään tytärammusten leviäminen toimimattomina ympäristöön.

Sytyttimet muodostavat **turvallisuuden** kannalta keskeisen tekijän. Tämän takia sytyttimien tulee olla **nallivarmistettu**, jotka estävät putkiräjähdykset. Tällöin räjähdysdynalli ei ole välitysketjussa räjäyttimen kanssa ennen kuin sytytin on saanut asetyypistä riippuen joko riittävän lähtökiihtyvyyden, pyörimisnopeuden- tai ajan tai hidastuvuuden. Lisäksi sytyttimellä on oltava riittävä **naamiovarmistus**, joka estää kranaatin räjähtämisen aseiden välittömässä läheisyydessä. Sen varmistamiseksi pyörivillä ammuksilla tulee olla riittävän nopea ja/tai riittävän kauan kestänyt pyörimisliike tai hidastuvuus. Sytyttimen virittymiskynnyksen tulee olla sellainen, että panoksen toimiessa vajaan sytytin ei virity. Lisäksi kranaatinheittimen sytyttimen tulee kestää **kaksoislataus**. Sytyttimessä voi olla myös **lentoratavarmistus**, joka estää sytyttimen tahattoman toiminnan lentoradalla. Sytyttimen tulee olla **kuljetusvarmistettu**, joka estää sen toiminnan käsittelyn ja kuljetuksen aikana.

Sytyttimiä saa käyttää vain tietyissä laukausyhdistelmissä. Tällöin on otettu huomioon sytyttimen toimintaa mahdollisesti rajoittavat tekijät kuten sytyttimen kiihtyvyyden ja pyörimisnopeuden kestävyys. Käyttäjän on aina varmistettava, että sytytin on hyväksytty käyttöön kyseiselle laukausyhdistelmälle.

Sytyttimen **mekaanisen rakenteen** pitää olla kestävä. Sytyttimen rungon tulee kestää laukaustapahtuman ja kohteeseen iskeytymisen rasitukset. Sen tulee suojata sytyttimen sisällä olevat hienomekaaniset osat ja elektroniikan. Iskusytyttimen herkkyyden aikaansaamiseksi iskurin pitää olla erittäin kevyt ja herkkäliikkeinen niin, että se pystyy

tunkeutumaan nopeasti nalliin kevyenkin esteen vaikutuksesta. Hidasteisten sytyttimien tulee olla mekaaniselta rakenteeltaan erittäin vahvoja varsinkin panssaroituja malleja vastaan. Aikasytyttimissä aikalaskurin toiminta on oltava **tarkkaa** ja aikautuksen tulee lähteä käyntiin aina samalla tavalla oli sen toteutustapa sitten mekaaninen, palo-aika tai elektroninen. Sytyttimien **käsiteltävyyden** on oltava sellainen, että virhetoi- mintoja ei pääse syntymään. Merkintöjen pitää olla yksinkertaisia ja loogisia, asetukset pitää voida tehdä yksinkertaisesti. Käytettyjen teknisten ratkaisujen rakentamiseen valittujen materiaalien tulee lisäksi olla **yhteensopivia** siten, että materiaalit eivät reagoi kemiallisesti keskenään pitkänkään varastointiajan kuluessa.

c Sytyttimien rakenne

Sytyttimet voidaan rakenteensa puolesta jakaa **mekaanisiin ja sähkötoimisiin**. Mekaaniset sytyttimet koostuvat yleensä rungosta, isku- ja varmistuskoneistosta sekä räjähdysvälitys- eli pyroketjusta. Lisäksi sytyttimeen kuuluu tarvittaessa hidastusjär- jestelmä ja itsetuholaite. Sähkötoimisissa sytyttimissä on edellisten pääosien lisäksi yleensä energialähde ja ohjauselektroniikka.

Rungon tehtävänä on varmistaa sytyttimen mekaaninen lujuus, liittää osat yhteen ja antaa kärkisytyttimelle ballistisesti edullinen muoto. Iskutoiminnan mekaanisen rasituksen kestävyysvaatimuksesta johtuen iskusytyttimien rungon materiaalina käytetään usein pintakäsiteltyä terästä tai messinkiä. Aika- ja herätesytyttimissä käytetään usein kevyempiä materiaaleja kuten alumiinia ja muovia. Kuitenkin näissä sytyttimissä esimerkiksi sytyttimen kiinnityskierre ja kranaattiin nojaava pohja ovat yleensä aina terästä, messinkiä tai alumiinia.

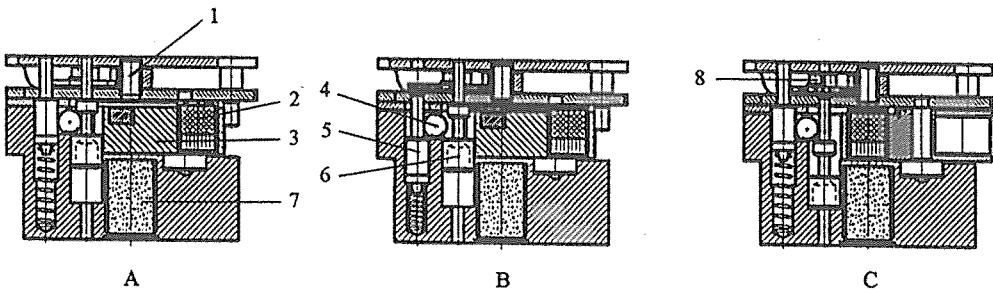
Iskusytyttimen **iskukoneiston** perusrakenteen muodostavat iskuri ja nallipesä sytytysnalleineen sekä ne erillään pitävä lentoratavarmistin. Herkän iskusytyttimen iskuri on kevyt, herkästi liikkuva ja sen nallipesä on kiinteä. Jos sytyttimen on toimittava myös jäykkänä, on nallipesänkin liikuttava. Jäykässä kärki-iskusytyttimessä on yleensä kiinteä iskuri, jolloin nallipesä on liikkuva. Pohjaiskusytyttimen iskuri on yleensä massiivinen ja liikkuva. Sytytysnalli on tällöin kiinteässä nallipesässä. Mekaanisella kellokoneistolla varustettu aikasytytin vapauttaa halutulla hetkellä iskurin, joka iskee jännitetyn jousensa vaikutuksesta sytytysnalliin. Pyroteknisen aikasytyttimen paloaikakanavan palettua määrättyssä ajassa pääsee ruutikanavasta liekki yhteyskanavaan ja se aiheuttaa muiden nallien toiminnan. Elektronisen aikasytyttimen ohjauselektroniikka antaa määrärajan kuluttua sähkövirtapulssin sähkönallille, joka välittää räjähdysketjun eteenpäin.

Aika- ja herätesytyttimien iskutoiminta on toteutettu yleensä samalla tavalla kuin jäyk- kätöimisissä iskusytyttimissä. Sähkötoimisissa sytyttimissä iskutoiminta toteutetaan yleensä sähkönallilla siten, että sytyttimen iskeytyessä kohteeseen sähkövirta kytkey- tytty mekaanisesti sähkönallille.

Sytyttimessä on oltava ainakin kaksi toisistaan riippumatonta varmistusta. Kummankin on estettävä tahaton sytyttimen virittyminen tai toiminta. Sytyttimien on säilyttävä virittymättömänä riittävän ajan laukaustapahtuman jälkeen, ettei ampumatarvike aiheuttaisi ampujalle vaaraa.

Sytyttimen varmistimet voidaan jakaa yleis- ja nallivarmistimiin. Yleisvarmistimia ovat kuljetus-, putki-, naamio- ja lentoratavarmistimet, joiden tehtävänä on estää sytyttimen ennenaikainen toiminta. Sytyttimen varmistusaste vähenee asteittain kuljetuksesta tarvittavasta varmistuksesta ammuksen lennon aikana naamiovarmistuksen poistumiseen saakka. Kuljetusvarmistimien tulee toimia lataamiseen saakka. Niitä ovat muun muassa ennen lataamista poistettavat sokat ja kärkihatut. Putkivarmistimet estävät sytyttimen toiminnan putkiaikana. Putkivarmistimina käytetään muun muassa teräskuulia, erilaisia keskipakokappaleita, sokkia ja laippoja, jotka estävät iskukoneiston toiminnan niin kauan kuin ammuksen liike on kiihtyvää. Joidenkin varmistimien, kuten sokkien, vaikutus saattaa päättyä vasta ammuksen iskiessä maaliin. Lentoratavarmistimen on estettävä ammuksen räjähtäminen lentoradalla naamiovarmistusetaisytyden jälkeen. Tähän tarkoitukseen käytetään jousia ja erilaisia salpoja. Naamiovarmistimen on estettävä ammuksen räjähtäminen sen kohdatessa esteen niin lähellä, että aseensa henkilöstölle aiheutuu vaaraa. Naamiovarmistusvaatimus määritetään yleensä metreinä ja se riippuu lähinnä ammuksen sirpalevaikutuksesta.

Sytyttimien perusvaatimus on nallivarmistus. Kuva 15. Tämä aikaansaadaan katkaisemalla sytytysketju mekaanisesti siten, ettei räjähdysnalli toimiessaan pysty räjäyttämään koko sytytysketjua.



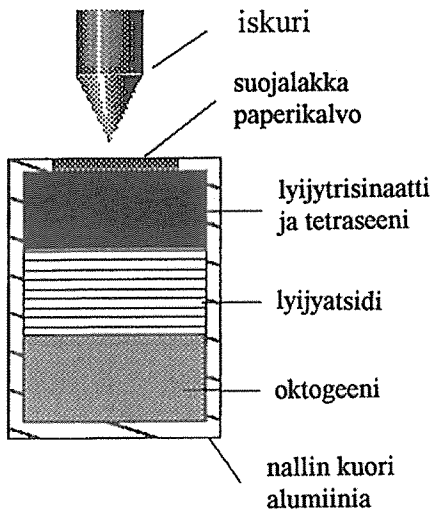
Kuva 15 *Räjähdysnallivarmistin kuljetusasennossa (A), putkiaikana (B) ja virittyneenä (C)*

1. liekkikanava, 2. räjähdysnalli, 3. keskipakolaite, 4. varmistinkuula, 5. varmistinkara, 6. lukitustappi, 7. väliräjäytin ja 8. spiraalijousi

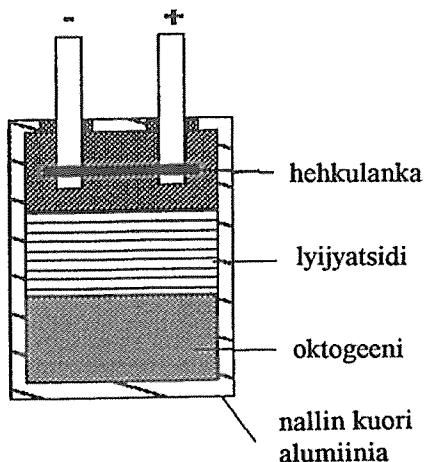
Varmistusasennossa räjähdysnalli (2) on sivussa räjähdysvälitysketjusta. Jos iskunalli toimii, keskipakokappale (3) estää liekkikanavasta (1) tulevan paineiskun suuntautumasta räjähdysnalliin. Keskipakokappale (3) on lukittuna paikalleen varmistinkaran (5) varmistinkuulan (4) paikallaan pitämisen ja lukitustapin (6) avulla. Varmistimen toiminta käynnistyy lähtökiihtyvyyden vaikutuksesta. Tällöin varmistinkara (5) painuu taakse joustavasti vasten ja varmistinkuula (4) pääsee siirtymään vasemmalle. Lukitustappi (6)

painuu alas ja vapauttaa keskipakokappaleen (3) räjähdysnalleineen (2) lukituksesta. Putkivaiheen kiihtyvyyden aikana keskipakokappale puristuu taakse ja pysyy kitkan vaikutuksesta paikallaan. Kun ammus jättää putken suun, keskipakokappale pyörrähtää kranaatin pyörimisestä johtuvan keskipakovoiman vaikutuksesta, jolloin räjähdysnalli asettuu ketjuun liekkikanavan (1) ja väliräjähdyttimen (7) kanssa. Spiraalijousi (8) hidastaa keskipakokappaleen pyörrähtämistä antaen sytyttimelle tietyn naamiovarmistustäisyyden. Varmistinkuula (4) lukitsee keskipakokappaleen paikalleen lukitustapin (6) kanssa.

Räjähdysvälitysketju muodostuu sarjasta nalleja, räjäyttimiä ja sytytysmassoja, joiden tehtävänä on tuottaa riittävästi energiaa ammuksen räjäyttämiseksi. Sytyttimissä käytettävät räjähdysaineet jaetaan herkkyytensä perusteella **aloiteräjähdysaineisiin** ja varsinaisiin räjähdysaineisiin.



Kuva 16 Sytyttimen iskunalli

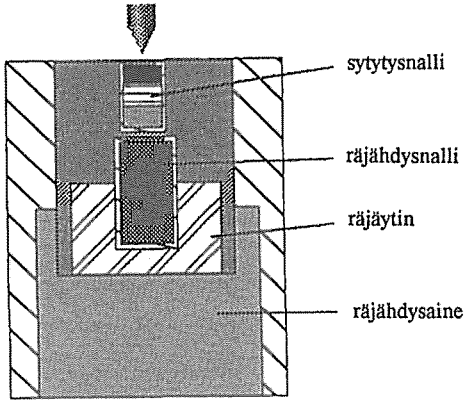


Sytytysnalli on räjähdysvälitysketjun ensimmäinen osa. Sytytysvaikutukseltaan se voi olla **isku-**, **liekki-** tai **sähkönalli**. Iskunallia käytetään silloin, kun tarvitaan nopea räjähdysvälitys. Liekkinallia on käytettävä silloin, kun sytytysketjun seuraavassa osassa sijaitsee esimerkiksi hidaste-elementti. Sähkönallia käytetään sähkötoimisissa sytyttimissä lähes poikkeuksetta. Iskunallissa aloitemassa rusennetaan vasten alasinta. Räjähdyskseen tarvittava lämpö tuotetaan joko räjähdysaineketjujen välisellä hankauskitkalla tai räjähdysaineessa olevien ilmaonkaloiden adiabaattisella kokoonpuristumisella. Sytyttimen iskunallin rakenne on esitetty **kuva 16**.

Sähkönallissa räjähdysaineen lämpötila nostetaan sähkövirran avulla. Tällöin joko aloitemassan sisällä olevaa hehkulankaa lämmitetään sähkövirralla tai aloitemassan läpi johdetaan sähkövirta, jolloin räjähdysaineen vastus aiheuttaa syttymisen. **Kuva 17**.

Kuva 17 Sytyttimen sähkönalli

Räjähdysnalli on räjähdysvälitysketjun toinen osa. Se räjäyttää ammuksen räjähdysaineen joko itse tai ketjussa viimeisenä olevan **räjäyttimen** avulla. Mikäli sytytysnallina on liekki- tai ruutikanavan avulla. Räjähdysnallin energia voidaan välittää räjäyttimelle myös **väliräjäyttimien** avulla. **Kuva 18.**



Kuva 18 Räjähdysvälityseli pyroketju

Hidastus voidaan saada aikaan sytytysnallin ja räjähdysnallin välissä olevan mutkikkaan liekki- tai ruutikanavan avulla, mekaanisesti tai sähkötoimisissa sytyttimissä ohjelman avulla. Ajoneuvojen, keveiden alusten ja lentokoneiden ohuiden seinämien läpäiseminen edellyttää lyhyttä, millisekuntien kestoista hidastusta. Näin lyhyttä hidastusta käytetään yleensä vain ilmatorjunnan ampumatarvikkeissa. Suurikaliperisten ammusten sytyttimien hidastus voi vaihdella muutamasta millisekunnista aina kymmenesosasekunteihin asti.

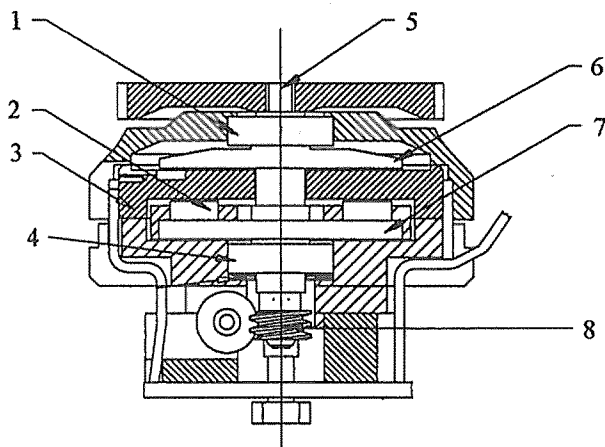
Itsetuholaitteita käytetään ilmatorjunnan ammuksissa räjäyttämään ohi mennyt ammus lentoradalla ja kuorma-ammuksissa räjäyttämään toimimaton tytärammus. Ilmatorjunta-kranaatin itsetuholaitteen toiminta perustuu esimerkiksi kranaatin **rotaatio-liikkeen hidastumiseen, pyrotekniikkaan** tai **läpipalavaan valojuovaan**, jolloin valojuova palettuaan loppuun sytyttää kranaatin räjähdysaineen. Kuorma-ammuksen tytäkranaatin itsetuho on toteutettu pyroteknisesti.

Sytyttimen energialähteenä toimii sen oma liiketila, sytyttimeen varastoitu energia tai ulkoinen energialähde. Energiaa tarvitaan varmistusten poistamiseen ja sytyttimen varsinaiseen toimintaan. Sytyttimissä olevilla teknisillä ratkaisulla hyödynnetään sytyttimen liiketila, jolla tuotetaan energiaa tai puretaan varastoitu energia. Liiketilasta aiheutuvat seuraavat massan hitauteen perustuvat voimat:

- ammuksen putkiaikaisen aksiaalisen kiihtyvyyden aiheuttamat voimat
- ammuksen hidastumisen aiheuttamat voimat
- pyörimisliikkeestä johtuva keskipakovoima ja
- pyörimisliikkeen hidastumisesta johtuva keskipakovoiman muutos.

Sytyttimen liike aiheuttaa ilmanvastuksen johdosta kitkaa, jonka avulla voidaan myös tuottaa energiaa. Kitka nostaa sytyttimen lämpötilaa.

Kitkaa käytetään esimerkiksi ilmatorjunnan sytyttimissä, joihin on asetettu sulapalavarmin. Sytyttimen lämmitessä ilmvirran ansiosta sulapala sulaa ja sytytin pääsee virittymään. Ilmavirtaa käytetään energianlähteenä myös turbiini-generaattorissa. **Kuva 19.**



Kuva 19 Turbiinigeneraattori

1. ja 4. laakeri, 2. magneetit, 3. staattori, 5. akseli, 6. ja 7. roottorit ja 8. kierukkavaihteisto

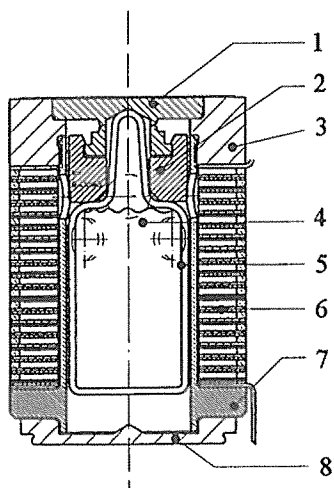
Turbiinigeneraattoria käytetään yleisesti kranaatin- ja raketinheittimen ampumatarvikkeissa.

Sytyttimeen voidaan myös **varastoida energiaa**. Varastoidun energian lähteitä ovat

- ampulliparisto
- kuivaparisto ja
- jännitetyt jouset.

Lisäksi energiaa voidaan siirtää sytyttimeen ulkopuolelta. **Ulkoisia energialähteitä** ovat muun muassa erilaiset ohjelmointi- ja aikautuslaitteet.

Massan hitauteen perustuvia voimia käytetään iskurin liikkeen aikaansaamiseksi, viritettäessä sytyttimiä, varastoitaessa energiaa jousiin tai sähkötoimisissa sytyttimissä varattaessa kondensaattorit ampullipariston tuottamalla sähkövirralla. Ampullipariston toimintaperiaate on esitetty **kuvassa 20**.



Kuva 20 Ampulliparisto

1. ja 2 kiinnityskannake, 3. runko, 4. elektrolyytti, 5. lasiampulli, 6. akkukennosto, 7. runkoeriste ja 8. iskupiikki

Ampulliparistossa elektrolyytti (4) on eristettynä lasiampullin (5) sisälle. Lähtökiihtyvyyden vaikutuksesta ampulli irtoaa kiinnityskannakkeesta (2), jolloin ampulli pääsee iskeytymään alapuolella olevaan piikkiin (8), joka rikkoo ampullin. Tällöin elektrolyytti leviää keskipakovoiman vaikutuksesta kennostoon (6). Aktivoitumisaika riippuu ampullin rikkoontumis-nopeudesta, elektrolyytin leviämisenopeudesta ja elektrolyytin lämpötilasta. Aktivoitumisaika on yleensä 50—100 ms. Ampulliparistoa käytetään yleisesti tykistön rotaatiovakavoiduissa kranaateissa.

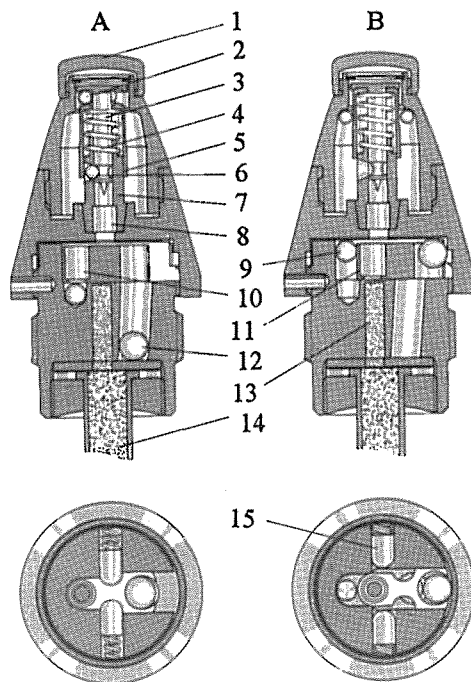
Sähkötoimisten sytyttimien toimintaa ohjataan **elektroniikalla**. Ohjauselektroniikka koostuu joukosta komponentteja, jotka on ladottu piirilevyille. Piirilevyt voivat sijaita sytyttimessä joko päällekkäin tai komponentit voidaan latoa taipuisalle materiaalille, joka kierretään rullalle sytyttimen sisään. Komponenttien ja piirilevyjen välinen tyhjä tila täytetään yleensä polyuretaanilla, millä varmistetaan elektroniikan mekaaninen kestävyys. Ohjauselektroniikka voi sisältää seuraavat osat:

- jännitteenohjausosa
- toiminnanohjausosa ja
- nallinohjausosa.

Jännitteenohjausosa muuntaa sytyttimen energialähteen tuottaman sähkövirran sytyttimen elektroniikalle sopivaksi. Toiminnanohjausosassa on sytyttimen ohjelma. Siellä tapahtuu sytyttimen toiminnan analysointi ja sen perusteella tapahtuva päätöksenteko. Nallinohjausosassa sijaitsee sähkövirran varastointiin tarvittavat komponentit kuten kondensaattorit. Sähkövirta syötetään nallinohjausosasta sähkönsäilytysosalle toiminnanohjausosan käskyn mukaisesti.

d Sytyttimien toimintaperiaatteet

Iskusytyttimen toimintaa voidaan kuvata kuljetuskunnossa ja virittyneenä. **Kuva 21.**



Kuva 21

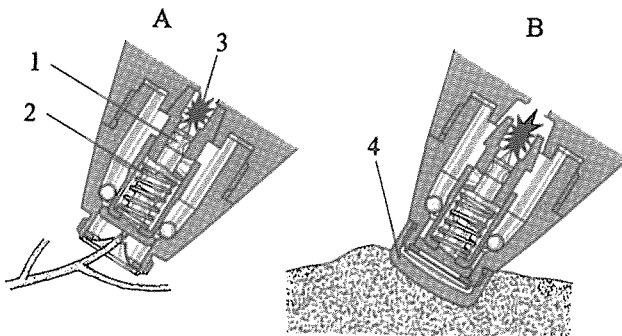
Iskusytyttimen kuljetuskunnossa (A) ja virittyneenä (B)

1. kärkihattu, 2. ja 6. varmistinkuula, 3. iskuri, 4. lentovarmistinjousi, 5. varmistusholkki, 7. iskunallinen pesäke, 8. iskunalli, 9. pidätinkuula, 10. räjähdysnalli, 11. räjähdysnallipesäke, 12. painopistekuula, 13. väliräjätin, 14. räjäytin ja 15. keskipakovarmistimet

Sytyttimen ollessa kuljetuskunnossa pitää varmistinholkki (5) kuulien (6) välityksellä iskurin (3) erillään iskunallista (8). Räjähdysvälitysketju on katkaistu siten, räjähdysnalli (10) on sivussa sytytysketjusta. Tässä asennossa iskunallinen (8) toiminta ei voi välittyä iskunallista eteenpäin. Räjähdysnallipesäkettä (11) räjähdysnalleineen (10) pitää varmistusasennossa keskipakovarmistimet (15) jousineen. Näin koottuna sytytin kestää käsittelyn, kuljetuksen ja ampumatoiminnan aiheuttamat rasitukset. Sytytin virittyy toimintakuntoon naamio-varmuusetaisyyden jälkeen lentoradalla. Ammuksen kiihtyessä putkiaikana varmistinholkki (5) painuu ala-asentoon, jolloin kuula (2) putoaa tilastaan. Kiihtyvyyden loputtua lentovarmistinjousi (4) työntää varmistinholkki takaisin yläasentoon. Koska kuula (2) on poistunut, pääsee varmistinholkki niin ylös, ettei se estä enää pidätinkuulien (6) vapautumista. Iskurivarmistus on nyt poistunut ja iskuria ja iskunallia pitää erillään vain lentovarmistinjousi (4).

Keskipakovoiman vaikutuksesta keskipakovarmistimet (15) siirtyvät ulospäin putkivaiheen kiihtyvyyden lakattua vapauttaen varmistinkappaleen (11), joka pysyy kuitenkin vielä varmistusasennossa, koska sen painopiste on pyörimisakselin suhteen räjähdyksellään (10) puolella. Kuulan (12) poraus on pyörimisakselin suhteen kaltevassa asennossa, joten keskipakovoima pyrkii siirtämään kuulaa (12) sytyttimen kärjen suuntaan. Lisäksi kuulaan vaikuttaa hidastuvuudesta johtuva samansuuntainen voima. Näiden voimien yhteisvaikutuksesta kuula (12) siirtyy varmistinkappaleen (11) poraukseen, jolloin sen painopiste siirtyy pyörimisakselin toiselle puolelle ja keskipakovoima siirtää varmistinkappaleen räjähdyksellään toiminta-asentoon, johon sen lukitsee kuula (9), joka hidastuvuuden vaikutuksesta on siirtynyt varmistinkappaleen taakse. Sytyttimen virittymiseen kuluu niin paljon aikaa, että kranaatti on ehtinyt kulkea naamiovarmuusetaisyuden edellyttämän matkan. Naamiovarmuusetaisyuden määrää lähinnä kuulan (12) siirtymiseen kuluva aika. Naamiovarmuusetaisyys tämällytyypisillä sytyttimillä on aseesta ja panoksesta riippuen 15—30 m.

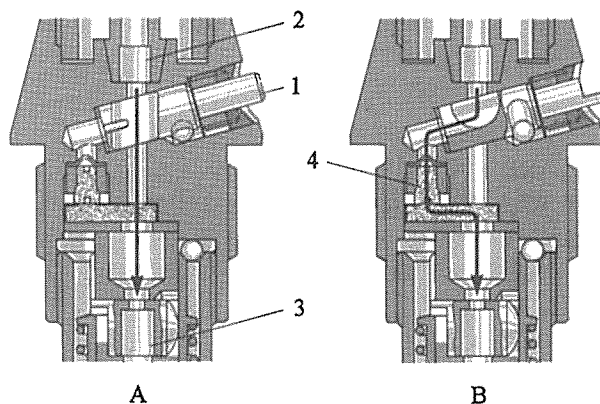
Mekaanisessa iskusytyttimessä toiminta alkaa ammuksen iskiessä kohteeseen. Iskuri tunkeutuu iskunalliin ja sytyttää sen. Sytytin voi toimia **herkkänä, jäykkänä tai hidasteisena**. Herkkänä toimiessaan on mahdollisimman kevyen esteen pystyttävä aikaansaamaan sytyttimen toiminta. Tällöin sytyttimessä oleva iskuri on joko paljaana tai vain ohuen suojakalvon peittämänä, jolloin kevyt este, risu tai lumi saa iskurin työntymään nalliin. Mikäli pyritään erittäin herkkään toimintaan (esimerkiksi lumiolosuhteissa), on törmäyspinnan oltava mahdollisimman suuri ja iskurin mahdollisimman kevyt. Samaan sytyttimeen voidaan lisätä kärkihattu, jolloin kevyet esteet eivät pääse vaikuttamaan iskuriin. Toiminta vaatii nyt ammuksen voimakkaan hidastumisen, jolloin iskunallipesä nalleineen työntyy hidastuvuuden vaikutuksesta vasten iskuria ja sytytin toimii jäykkänä. Hidasteisena ammuttaessa sytyttimen tulee olla mekaanisesti luja, jotta sytytin kestäisi läpäsäyn aiheuttamat rasitukset. **Kuva 22.**



Kuva 22 Kärki-iskusytyttimen toiminta herkkänä (A) ja jäykkänä (B)
1. iskuri, 2. lentoratavarmistusjousi, 3. iskunalli ja 4. kärkihattu

Kun kranaatin halutaan tunkeutuvan kohteeseensa ennen räjähtämistä, on iskusytyttimen toimittava hidasteisena. Tällöin hidastetaan sen räjähdyksellään toimintaa, mikä alkaa sytytysnallin syttymisestä ja päättyy kranaatin räjähtämiseen. Hidastus tapahtuu tässä tapauksessa sytytysnallin jälkeen sijoitetun hidastepanoksen avulla, jonka aikaan-

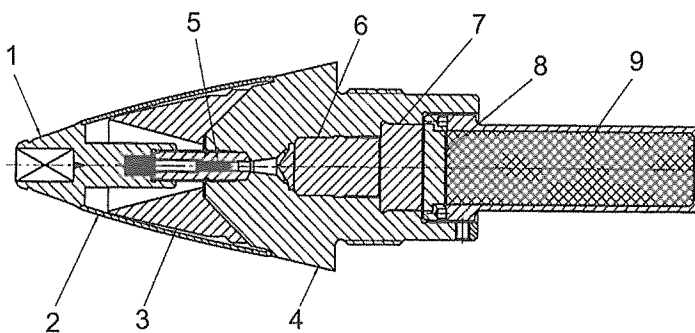
saama viive on yleensä 0.05—0.2 sekuntia. Hyvin lyhyitä hidastuksia saadaan aikaan ilman erillisiä hidastinpanoksia kierrättämällä iskunallin liekkiä muotoiltujen liekkikavien kautta. **Kuva 23.**



Kuva 23 *Hidasteisen iskusytyttimen toiminta herkkänä (A) ja hidasteisena (B)*
1. hidastuksen asetusakseli, 2. iskunalli, 3. räjähdysnalli ja 4. hidastuspanos

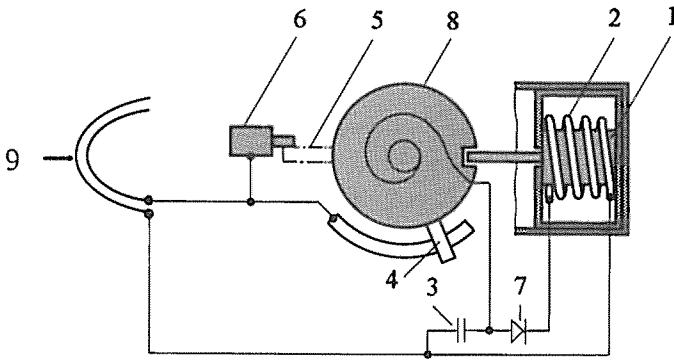
Herkkätoimisena ammuttaessa on hidastuksen asetusakselin (1) asento sellainen, että iskunallin (2) liekki pääsee välittymään suoraan räjähdysnalliin (3). Hidasteisena ammuttaessa käännetään akselin avulla iskunallin liekki kulkemaan hidastinpanoksen (4) kautta räjähdysnallille.

Mekaanisesti erittäin luja merimaalisytytyn voi toimia kahdella eri tavalla riippuen iskukulmasta. **Kuva 24.** Kranaatin osuessa maaliin suurella iskukulmalla iskuri (1) osuu iskunalliin (2), joka välittää räjähdysnallille (4). Tästä räjähdys välittyy edelleen hidastuspanoksen (6) kautta räjähdysnallivarmistimessa (7) olevalle räjähdysnallille (8), väliräjäyttimelle (9) ja lopuksi räjäyttimelle (10). Kranaatin osuessa maaliin pienellä iskukulmalla sytytin murtuu kärkikappaleen (3) ja runkokappaleen (5) välistä. Murtumiskohdassa oleva välinalli (4) räjähtää ja räjähdys etenee edellä kuvatulla tavalla räjäyttimeen (10) saakka. Kummassakin tapauksessa saavutetaan sopiva hidastus suurella nopeudella osuvan kranaatin saattamiseksi laivan rungon sisälle.



Kuva 24 *Merimaalisytyttimen rakenne*
1. kärki-iskusytytyn, 2. muotokuori, 3. kärkikartio, 4. lävistin, 5. murtonalli, 6. viiveyksikkö, 7. varmistinlaite, 8. väliräjäytin ja 9. räjäytin

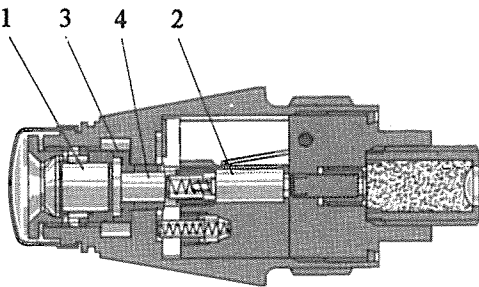
Sähkötoimisissa iskusytyttimissä on mekaanisen iskusytyttimen iskurin ja sytytysnallin sisältämä iskukoneisto korvattu sähköisellä laukaisulaitteella. Tämä sisältää yleensä virtalähteen, sähkönallin ja tarvittavat varmistinlaitteet. Sytyttimiä on kahta päätyyppiä, jotka aktivoituvat joko lähtökiihtyvyydestä tai iskusta kohteeseen. **Kuva 25.**



Kuva 25 *Lähtökiihtyvyydestä aktivoituvan sähkötoimisen iskusytyttimen laukaisukoneiston toiminta*

1. kestmagneetti, 2. käämi, 3. kondensaattori, 4. ja 5. liukukontakti, 6. sähkönalli, 7. tasasuuntaaja, 8. spiraalijousi ja 9. kaksiosainen ammuksen kärki

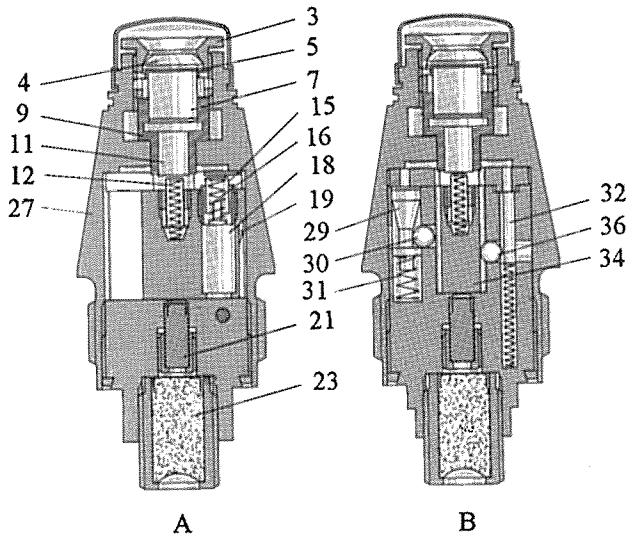
Lähtökiihtyvyyden johdosta liikauttaa kestmagneetti (1) käämin (2) sisällä ja indusoi siihen sähkövirran. Syntynyt energia varastoidaan kondensaattoriin (3). Diodi (7) estää kondensaattorin purkautumisen. Lähtökiihtyvyyden johdosta naamio-varmistinlaitteen lukitus avautuu ja liukukontakti (4) alkaa spiraalijousen (8) kääntämänä siirtyä asennosta 4 asentoon 5, jolloin sähkönalli (6) kytkeytyy kondensaattorin kanssa samaan virtapiiriin. Kranaatin iskiessä kohteeseen virtapiiri sulkeutuu kärjen toisistaan erotettujen kuorien (9) kosketuksesta. Kondensaattori purkautuu sähkönallin kautta ja kranaatti räjähtää. Jos kaksoiskärjessä syntyy sähköinen kosketus ennenkuin naamiovarmistus on poistunut, purkautuu kondensaattori sähkönallin ohi ja kranaatti jää räjähtämättä.



Iskusta kohteeseen aktivoituvan sähkötoimisen iskusytyttimen sähkönallin laukaisuun tarvittava energia saadaan aikaan sytyttimen kärkeen sijoitetun pietsosähköisen kiteen avulla. Kidettä puristettaessa sen päiden välille syntyy jännite-ero. Iskussa syntyvä energia käytetään sähkönallin laukaisemiseen. **Kuva 26.**

Kuva 26 *Iskusta kohteeseen aktivoituvan sähkötoimisen iskusytyttimen laukaisukoneiston toiminta*

1. pietsokide, 2. sähkönalli, 3. eristin ja 4. johdin



Pietsosähköisen kiteen (1) yläpinnasta johdetaan sähkövirta sähkönallille (2) käyttäen johtimena sytyttimen runkoa. Toinen rungosta eristimellä (3) eristetty johdin (4) lähtee pietsosähköisen kiteen alapinnasta. Kun putki- ja naamiovarmistukset ovat poistuneet sähkönallin virtapiiri kytkeytyy ja sytytin on valmis toimimaan iskusta kohteeseen. **Kuva 27.**

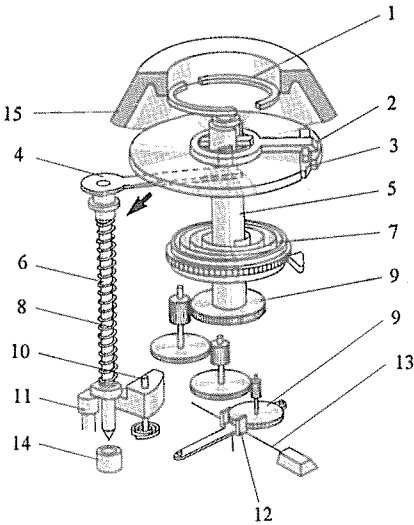
Kuva 27 Sähköinen iskusytytin kuljetuskunnossa (A) ja virittyneenä (B)
3. iskuholkki, 4. alasin, 5. välilevy, 7. pietsokide, 9. eristys, 11. johdin, 12. ja 15. liukukontakti, 16. jousi, 18. sähkönalli, 19. hakaneulajousi, 21. väliräjyitin, 23. räjäytin, 27. runko, 29. putkivarmistin, 30. kuula, 31. jousi, 32. varmistintappi, 34. nallikappale ja 36. kuula

Kuljetuskunnossa sähkönalli (18) on nallivarmistettuna pois räjähdysvälitysketjusta ja oikosuljettuna. Sähkönallin toisen kontaktin muodostaa sähkönallin kuori, joka on nallikappaleen välityksellä (34) yhteydessä sytyttimen runkoon (27). Sähkönallin toisen kontaktin muodostaa nallikappaleesta (34) eristetty liukukontakti (15) jousineen (16). Varmistusasennossa sähkönalli on oikosuljettuna liukukontaktin avulla. Pietsosähköinen kide (7) on yläpäästään osien 3,4 ja 5 välityksellä yhteydessä sytyttimen runkoon.

Alapäässä on eristin (9), joka eristää kiteen (7) ja johdinkappaleen (11) rungosta. Myös kide on varmistusasennossa oikosuljettuna liukukontaktin (12), nallikappaleen (34) ja sytyttimen rungon välityksellä. Lähtökiihtyvyyden aikana varmistintappi (32) ja putkivarmistin (29) painuvat ala-asentoon. Kuula (36) vapautuu, mutta nallikappale pysyy kuulaa (30) pidättämänä varmistusasennossa. Kiihtyvyyden lakattua jousi (31) työntää putkivarmistimen (29) yläasentoon, jolloin kuula (30) vapautuu. Jousi (19) työntää nallikappaleen (34) sähkönalleineen (18) räjähdysvälitysketjuun. Kiteen (7) oikosulku katkeaa ja sähkönalli (18) kytkeytyy liukukontaktin (15) avulla kiteen kanssa samaan virtapiiriin. Kranaatin osuessa kohteeseen pietsosähköinen kide puristuu iskusta ja syntynyt energia laukaisee sähkönallin, josta räjähdys etenee väliräjyittimen (21) ja räjäyttimen (23) kautta kranaattiin.

Sähköisiä iskusytyttimiä käytetään etenkin ontelokranaateissa, koska ne ovat toiminnaltaan nopeita ja laukaisuenergia on helppo siirtää johtimilla kranaatin kärjestä ontelopanoksen takaosaan. Toimimattoman sähköisen iskusytyttimen varoaika on erittäin pitkä, esimerkiksi pakkasella useita tunteja. Sytytin on silloin vaarallinen.

Aikasytyttimen avulla kranaatti saadaan räjähtämään halutun ajan kuluttua ja esimerkiksi kuorma-ammus purkamaan tytäkranaatit ulos ammuksen sisältä. Aikautuksen perusteella aikasytyttimet voidaan jakaa **mekaanisiin-, palo- ja sähkötoimi-**siin aikasytyttimiin.



Mekaanisten aikasytyttimien ajanlasku tapahtuu yleensä kellokoneistolla, jonka energianlähteenä toimii jousivoima. Aikautus suoritetaan yleensä aikautuslaitteella tai -avaimella. **Kuva 28**

Kuva 28 Mekaanisen aikasytyttimen laukaisukoneiston toimintaperiaate

1. ajansäätölevy, 2. osoitin, 3. kuljetusvarmistin, 4. iskurin pidätin, 5. kiertoakseli, 6. iskuri, 7. vetojousi, 8. iskujousi, 9. välitinpyörästö, 10. keskipakovarmistin, 11. iskurin tuki, 12. liipotin, 13. liipottimen jousi, 14. iskunalli ja 15. kärkikappale

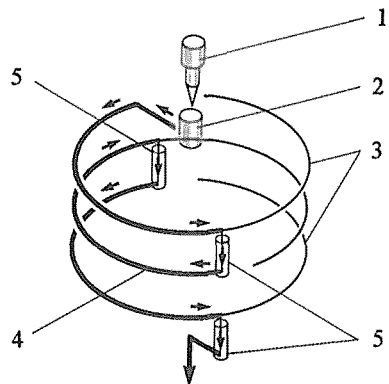
Sytytin aikautetaan kiertämällä sytyttimen kärkikappale (15). Kärkikappaleen mukana kiertyy ajansäätölevy (1) ja siinä oleva aukko osoittimeen (2) aikautusta vastaavaan kulmaan. Lähtökiihtyvyyden vaikutuksesta kuljetusvarmistin (3) avautuu, osoitin vapautuu ja alkaa vetojousen (7) vaikutuksesta kääntymään akselin (5) mukana. Liipotin (12) jousineen (13) säätää välityspyörästön (9) avulla kellon käyntiä. Keskipakovoiman vaikutuksesta varmistin (10) siirtyy pois iskurin (6) laipan alta ja iskuri jää tuen (11) varaan. Kun osoitin on kääntynyt toiminta-aikaa vastaavaan asentoon, se ponnahtaa akselin sisällä olevan jousen vaikutuksesta ajan-säätölevyssä olevan aukon läpi. Tällöin iskurin pidätin (4) vapautuu ja kääntyy keskipakovoiman vaikutuksesta ulospäin. Iskuri iskee iskunalliin (14) aiheuttaen sytyttimen toiminnan.

Mekaanisia aikasytyttimiä käytetään sirpale-, savu-, valo- ja kuorma-ammuksissa.

Paloaikasytyttimien ajanlasku perustuu sytyttimessä olevan massan paloaikaan. Aikautus suoritetaan yleensä kiertämällä sytyttimen kärkiosaa aikautuslaitteella tai -avaimella. **Kuva 29.**

Kuva 29 Paloaikasytyttimen laukaisukoneiston toimintaperiaate

1. iskuri, 2. iskunalli, 3. kiertyvät aikautuskiekkot, 4. kiinteä aikautuskiekkot ja 5. yhdykskanava

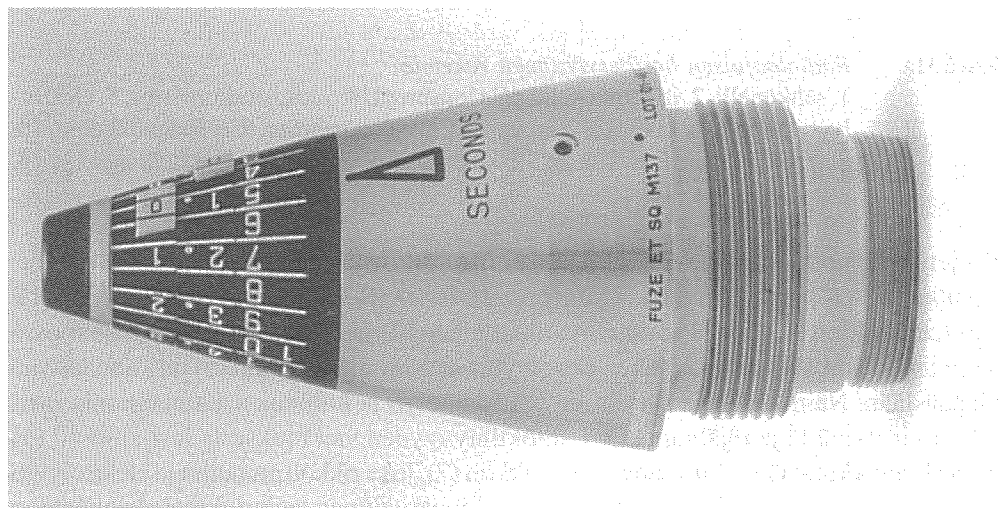


Sytyttimissä on yhdestä kolmeen kiekkoista kappaletta, joiden ulkokehälle on puristettu palava aikautussuoni. Ylintä ja alinta kiekkoa (3) voidaan kiertää kiinteän keskimäisen kiekon (4) suhteen. Kiekkojen välillä on samasta massasta puristetut yhdyskanavat (5), joita myöten palorintama siirtyy kiekolta toiselle. Iskurin (1) ja nallin (2) avulla sytytetään massa alkupäästään palamaan putkiaikana lähtökihtyvyyden vaikutuksesta. Tehollinen palopituus voidaan valita toiminta-aikaa vastaavaksi palorenkaita kiertämällä. Valitun palopituuden lopussa on vahvistuspanos ja sytytysnalli, jotka saavat aikaan sytyttimen toiminnan säädetyin ajan kuluttua.

Paloaikasytyttimiä käytetään epätarkkuutensa vuoksi yleensä vain valoammuksissa. Sytyttimen toimintaan vaikuttaa ulkoinen lämpötila, jonka aiheuttama aikautuksen korjaus on otettava huomioon.

Sähkötoimisten aikasytyttimien ajanlasku tapahtuu ohjauselektronikan toiminnan-ohjausosassa. Aikautus tapahtuu joko käsin, jolloin aikautus ohjelmoidaan sytyttimen kärkiosasta kiertämällä tai näppäimillä, tai induktiivisesti erillisen aikautuslaitteen avulla. Aikautustieto voidaan syöttää sytyttimiin myös putkiaikana, jolloin aikautus tapahtuu induktiivisesti. **Kuva 30.**

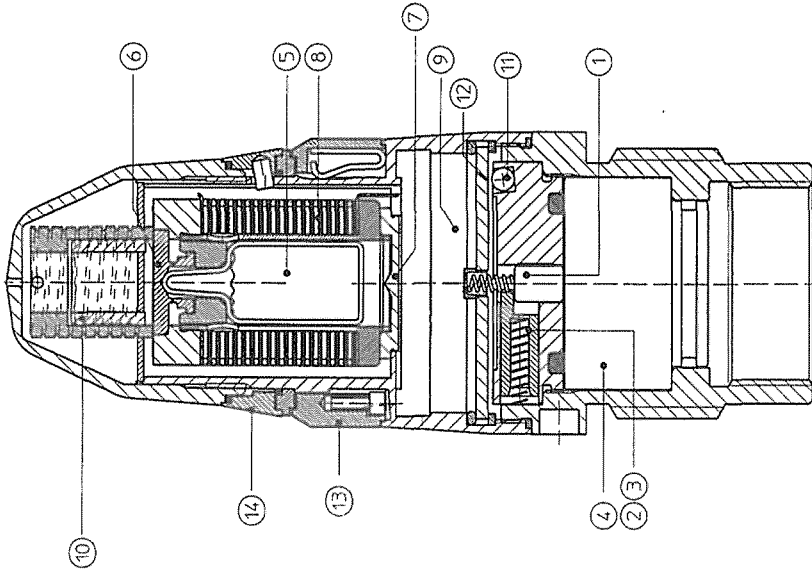
Sähkötoimisia aikasytyttimiä käytetään sirpale-, savu- ja kuorma-ammuksissa. Niitä käytetään tarkkuutensa takia erityisesti kuorma-ammuksissa.



Kuva 30 Esimerkki sähkötoimisesta aikasytyttimestä

Herätesytyttimen tehtävänä on räjäyttää kranaatti halutulla korkeudella kohteen yläpuolella. Kohteen etäisyyden mittaustavan mukaan herätesytyttimet voidaan jakaa radiotaajuisiin- ja optisiin herätesytyttimiin.

Radiotaajuisten herätesytyttimien toiminta perustuu tavallisesti doppler-tutkaan. Radiolähetin lähettää radioaaltoja tietyllä taajuudella ympäristöön. Radioaallot heijastuvat kohteesta ja samalla niiden taajuus muuttuu hieman. Taajuuden muutos riippuu ammuksen liikkeestä kohteeseen nähden, jolloin vastaanotetun signaalin taajuus kasvaa kohteen lähestyessä. Lähetettyä ja vastaanotettua signaalia verrataan toisiinsa ja tiettyjen ehtojen toteutuessa sytyttimen toiminnanohjausosa antaa nallinohjausosalle käskyn räjäyttää sytyttimen sähkönnalli. **Kuva 31a.**



Kuva 31a Radiotaajuisen herätesytyttimen rakenne

1. sähkönnalli, 2. ja 3. oikosulkupala jousineen, 4. varmistuskoneistus, 5. elektrolyyttiampulli, 6. kiinnike, 7. iskupiikki, 8. akkukennosto, 9. elektroniikkaosa, 10. antenni, 11. varmistinkulma, 12. kontaktil levy, 13. korkeudensäätörengas ja 14. kontaktirengas

Kuljetusasennossa sytyttimen sähkönnalli (1) on varmistusasennossa oikosuljettuna oikosulkupalan (2) ja sen paikallaan pitävän varmistinjousen (3) avulla. Räjähdysnalli on sijoitettuna kiertyvään räjähdysnallivarmistimeen (4) ja sytytin on kuljetusasennossa nallivarmistettu. Ampullipariston elektrolyyttiä sisältävä lasiampulli (5) on kiinnitettynä yläpäästään. Näin koottuna sytytin kestää käsittelyn ja kuljetuksen aiheuttamat rasitukset virittymättä ja räjähtämättä. Lähtökiihtyvyyden vaikutuksesta lasi-ampulli (5) irtoaa kiinnikkeestään (6) ja putoaa alas piikkiin (7), joka rikkoo ampullin ja elektrolyytti vapautuu ampullista. Elektrolyytti joutuu keskipakovoiman vaikutuksesta kennostoon (8), jossa kemiallisen reaktion seurauksena syntyy sähkövaraus. Syntynyt sähkövirta johdetaan sytyttimen jännitteenohjausosalle, joka sijaitsee polyuretaaniin valettuna elektroniikkaosassa (9). Samaan aikaan oikosulkupalan (2) vaikuttava keskipakovoima voittaa varmistinjousen (3) työntövoiman ja sähkönnallin oikosulku poistuu, jolloin sähkönnallista (1) tulee toimintavalmis.

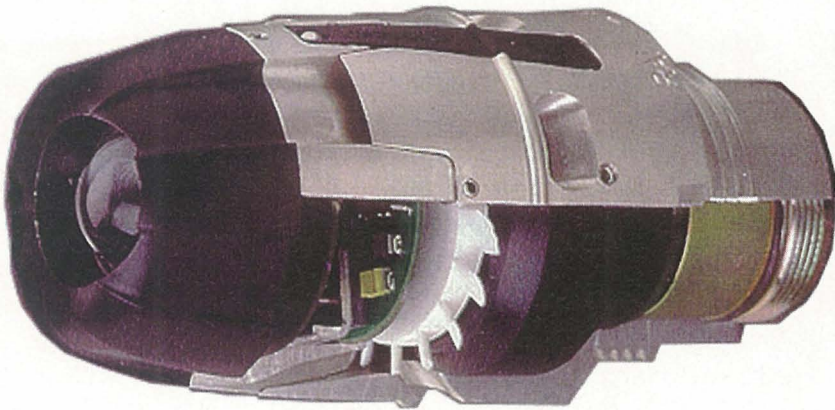
Räjähdysnallivarmistimessa (4) oleva räjähdysnalli siirtyy keskipakovoiman vaikutuksesta sytyttimen keskelle. Näin räjähdysvälitysketju on toimintavalmis.

Antenni (10) lähettää ja vastaanottaa radioaaltoja ja ne analysoidaan toiminnanohjausosassa. Kun sytytin havaitsee kohteen läheisyyden, niin toiminnanohjausosasta (9) lähtee käsky nallinohjausosalle (9), joka purkaa ampullin tuottamalla sähkövirralla ladatun kondensaattorin varauksen sähkönalliin (1), joka räjähtää. Räjähdys etenee räjähdysnallivarmistimessa (4) olevan räjähdysnallin kautta edelleen räjäyttimelle ja sitä kautta kranaattiin. Mikäli herätetoiminta jostakin syystä ei toimi, niin kranaatin osuessa maahan iskukuulat (11) osuvat hidastuvuuden vaikutuksesta kontaktilevyyn (12), joka on yhteydessä sähkönallikondensaattoriin, joka sijaitsee elektroniikkaosassa (9). Virtapiiri sulkeutuu ja kondensaattorin varaus purkautuu sähkönalliin (1) aiheuttaen sähkönallin räjähtämisen. Lentoradalla iskukuulat pysyvät paikallaan vinoon kulmaan poratussa pesässään keskipakovoiman vaikutuksesta.

Sytyttimen räjähdyskorkeutta voidaan säätää korkeudensäätörenkaasta (13), jolloin sytytin saadaan toimimaan eri korkeuksilla. Sytyttimeen voidaan lisäksi ohjelmoida aikautustieto erillisellä ohjelmointilaitteella kontaktirenkaan (14) kautta, jolloin sytyttimen radiolähete käynnistyy vasta asetetun ajan kuluttua. Näin vältetään esimerkiksi vihollisen elektroninen häirintä.

Optiset herätesytyttimet jaetaan toimintansa perusteella aktiivisiin ja passiivisiin.

Aktiivinen optinen herätesytytin toimii siten, että maali valaistetaan ja kohteen lähettämän valon heijastumista mitataan. Kohteen etäisyyden mittaamiseen käytetään tällöin kolmiomittausperiaatetta tai valon etenemisnopeutta. Mittaustavasta johtuen sytytintä on vaikea häiritä elektronisesti. **Kuva 31b.**

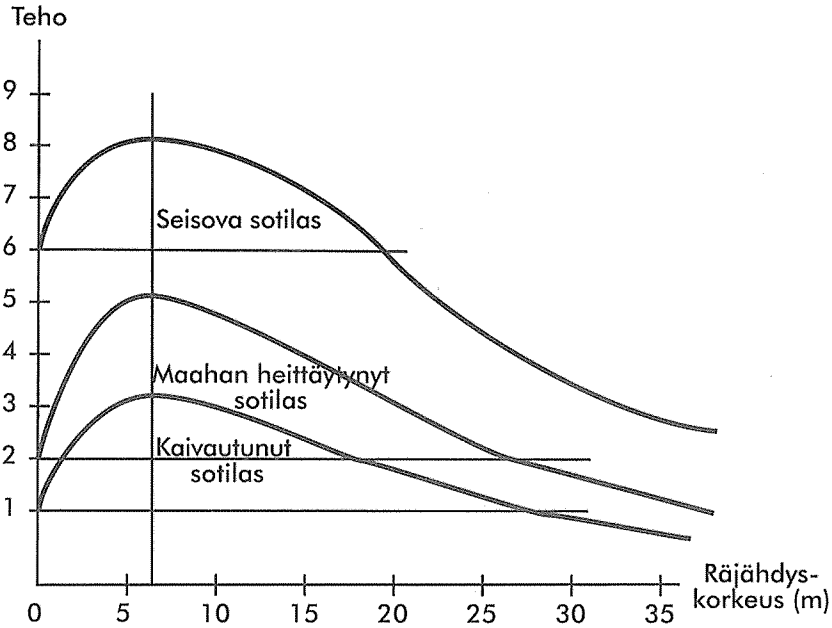


Kuva 31b *Kranaatinheittimen optinen herätesytytin*

Passiivinen optinen herätesytytin mittaa kohteen omaa tai kohteesta heijastuvaa näkyvää valoa tai infrapunasäteilyä. Sytyttimen etuna on pieni tehontarve ja paljastumistodennäköisyys. Sytytin on kuitenkin herkkä ilmassa oleville optisille häiriötekijöille.

e Sytyttimien tehovertailu

Sytyttimien tehoon vaikuttavat räjähdyskorkeuden lisäksi tulokulma, tulonopeus, kaaliiperi ja maasto. **Kuva 32**



Kuva 32 Esimerkki räjähdyskorkeuden vaikutuksesta eri tavoin suojautunutta sotilasta vastaan käytettäessä iskusytytintä (räjähdyskorkeus 0 m) ja herätesytytintä

Kuvattu esimerkki esittää keskikokoisen tykistön kranaatin tehoa räjähdyskorkeuden suhteen avomaastossa. Kuvasta nähdään, että herätesytytin lisää kranaatin tehoa varsinkin maahan heittäytynyttä ja kaivautunutta sotilasta vastaan 2—3 kertaiseksi. Seisovaa sotilasta vastaan ei herätesytyttimellä saada yhtä merkittävää tehon lisäystä verrattuna iskusytytimeen.

4 HYLSEY

a Yleistä

Hylsy tiivistää putken takapäähän puristamalla ruutikaasujen paineen vaikutuksesta tiiviisti panoskammion seinämään ja lukon etupintaan. Hylsy suojaa panosta panoskammion lämmön aiheuttamalta itsesyttymiseltä. Se suojaa panosta myös kosteudelta ja mekaanisilta rasituksilta. Lisäksi hylsy liittyy panoksen ja nallin sekä patruunalaukauksessa myös ammuksen ja sytyttimen yhdeksi kokonaisuudeksi. Rekyylittömän aseensa hylsy on reiällinen. Se ei tiivistä putken takapäätä, vaan liittyy ainoastaan laukauselementit yhteen.

Hylsy valmistetaan messingistä, teräksestä, seosalumiinista, muovista tai ruutipohjaisista aineista. Messinkihylsy ja osa teräshylsyistä voidaan uudelleen lataamalla käyttää useampia kertoja. Raaka-aineena voi olla myös palava, ruutipohjainen aine. Käytössä on myös osittain palavia hylsyjä, joissa pohja on metallia ja rungon pääosa palavaa ainetta.

Patruunalaukauksilla hylsy toimii runkona, johon ammus tai luoti kiinnitetään. Kartussihylsy ovat samalla panosten säilytysastioita.

Ulosvetämisen helpottamiseksi hylsy valmistetaan yleensä hieman kartiokkaiksi ja lämpökäsitellään niin, että hylsy saa tiivistämisen kannalta oleellisen joustavuuden. Messinkihylsyjen varastorepeämisen estämiseksi niistä poistetaan jännitykset lämpökäsitelyllä, esimerkiksi suuvehkutuksella.

Hylsyn pohjaan kiinnitetään nalli kierre- tai puristusliitoksella. Kosteuden tunkeutuminen panokseen estetään patruunalaukauksissa lakkaamalla hylsyn nalli- ja ammusauumat. Kartussihylsy suljetaan vahattavalla pahvi- tai muovikannella.

Hylsyn lujuus on sen pienen seinämävahvuuden takia vähäinen. Sen vuoksi patruunapesän tulee tukea sitä riittävästi niin ettei repeämiä pääse muodostumaan. Tiivistämisen ohella hylsy siirtää osan laukaustapahtuman lämmöstä pois aseesta ja jäähdyttää siten panoskammiota.

b Käsiaseiden hylsy

Käsiaseiden hylsy valmistetaan yleensä messingistä (70—72 % Cu) tai teräksestä. Teräshylsy voidaan kuparoida tai lakata kitkan pienentämiseksi ja korroosion estämiseksi. Lakattu tai öljytty hylsy lisää lukon rasituksia. Ulosvetäjään kohdistuvat rasitukset sen sijaan pienentyvät.

Hylsyt eroavat toisistaan sekä rungon, kantamuodon että nallitilan osalta. Hylsyn runko voi olla lieriömäinen tai kartiomainen ja hylsyn suu joko suora tai supistettu, jolloin siihen liittyy yleensä olkakartio.

Hylsyn kantamuodon avulla määräytyy ulosvetäjän tartuntapinta ja eräissä tapauksissa myös aseiden sulkuväli. Hylsyn kantamuotoja ovat muun muassa **laippa-, ura-, ja vahvike- eli vyökanta**. Nalli sijaitsee hylsyn kannassa keskellä hylsyn pohjaa. Tällöin on kyseessä niin sanottu **keskisytytteinen** patruuna. **Reuna-sytytteisessä** patruunassa ei ole erillistä nallitilaa, vaan nallimassa on puristettu hylsyn sisäpuolelle kannan muodostamaan tilaan. Reunasytytteistä patruunaa käytetään esimerkiksi pienoiskivääreissä.

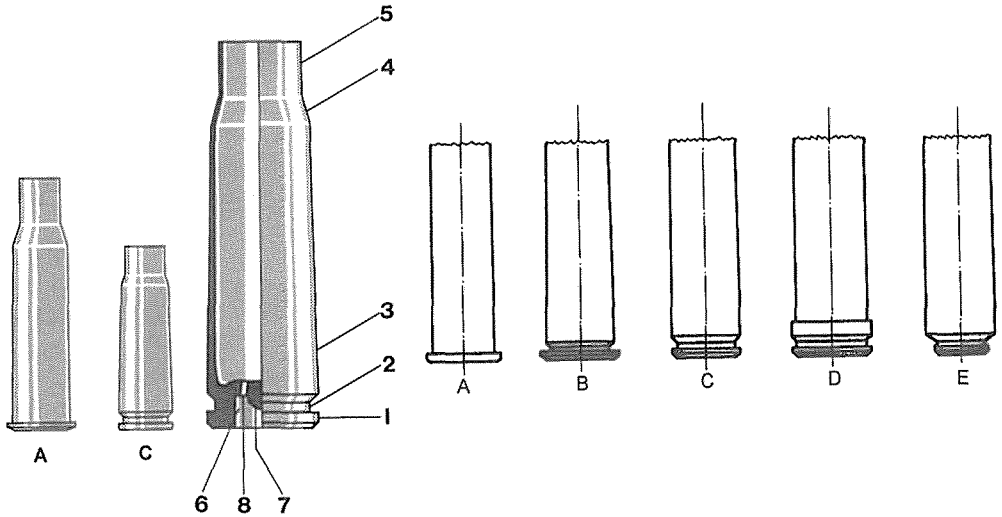
Laippakantaa käytetään eräiden konekiväärien hylsyissä, lieriömäisissä urheilupistoolien hylsyissä ja kaikissa reunasytytteisissä hylsyissä. Laippakanta takaa patruunan tarkan asettumisen panoskammioon. Kantamuoto on hyvä tartuntapinta ulosvetäjää varten ja sillä saavutetaan tarkka sulkuväli. Laippakantainen patruuna soveltuu kuitenkin huonosti automaattiseen syöttöön, koska ulostyöntävä laippa saattaa estää patruunan ohjautumista ladattaessa aiheuttaen syöttöhäiriöitä.

Urakanta on yleisin kantamuoto sekä sotilas- että urheilu- ja metsästysaseissa. Hylsy toimii hyvin automaattisyötössä ja se voidaan irrottaa vyöstä työntämällä. Ura muodostaa myös riittävän tartuntapinnan ulosvetäjälle. Urakantahylsyn sulkuväli määräytyy runko- ja olkakartion mukaan, jotka tukeutuvat aseiden patruunapesään. Heikkoutena voidaan pitää pitkää kartiopinnan rajoittamaa sulkuväliä. Voimakkaassa latausiskussa esimerkiksi hylsyn kartiokulmien ja aseiden patruunapesän välisistä kulmaeroista tai laatuvaihteluista johtuen patruuna voi muotoutua ladattaessa satunnaisesti. Tämä saattaa aiheuttaa lataus- ja toimintahäiriöitä. Sylinterinmuotoinen hylsy pysähtyy ladattaessa etureunastaan panospesään, jolloin sulkuväli on täsmällinen.

Vahvike- eli vyökantaista hylsyä käytetään magnum-patruunoissa, joilla on normaalia suurempi lähtönopeus ja paine. Sulkuväli määräytyy hylsyn kannassa olevan vahvikkeen perusteella. Vahvike lujittaa kantaa.

Lisäksi on olemassa erikoisratkaisuja, jotka johtuvat aseiden konstruktiivisista ominaisuuksista. Näitä ovat **puolilaippakanta** ja **kavennettu urakanta**.

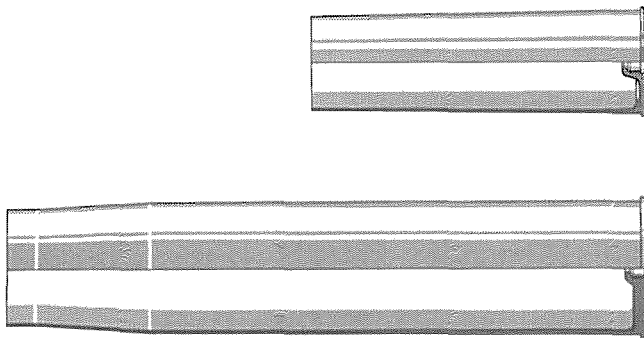
Hylsyn pohjassa on nallitila, johon nalli kiinnitetään puristamalla. Nallitila voi olla alasimellinen, jossa on kaksi hylsyn ruutitilaan johtavaa liekkireikää, tai alasimeton Boxernalli yhdellä liekkireiällä. Iskuri litistää nallin alasinta vasten. Nallitila ja erillinen nalli voidaan korvata puristamalla nallimassa hylsyn kannan sisäpuolelle siten, että se kiinnittyy laipan muodostamaan uraan. **Kuva 33.**



Kuva 33 *Hylsyn kanta- ja runkomuodot: A. laippakanta eli reunakanta, B. puolilaippakanta, C. urakanta, D. vyö- eli magnumkanta ja E kavennettu urakanta*
 Hylsy ja sen osien nimitykset: 1. laippa, 2. ulosvetäjän ura, 3. runko, 4. olkakartio, 5. suu, 6. nallitila, 7. alasin ja 8. liekkireikä

c Tykkien ja rekyylittömien aseiden hylsy

Tykeissä käytettävät hylsyty ovat **patruuna- ja kartussihylsyjä**. Hylsyty valmistetaan messingistä tai teräksestä ja niitä voidaan huollettuina käyttää useaan kertaan. Yleensä patruunahylsy on muodoltaan laippakantainen. Kartussihylsy on lieriömäinen, rungoltaan lyhyt laippakantahylsy. Hylsy ulottuu vain osaan panoskammiosta, koska sen tarkoituksena on ainoastaan sijoittaa panos ja tiivistää putki. **Kuva 34.**



Kuva 34 *Erilaisia tykkien hylsyjä nallitiloineen*

Rekyylittömien aseiden hylsyty ovat reiällisiä, teräksestä valmistettuja laippakantahylsyjä. Niitä voidaan käyttää useaan kertaan.

Automaattitykkien hylsyjen on oltava lujia latauksessa syntyvien rasiutusten vuoksi. Ne valmistetaan teräksestä, ja ne ovat yleensä kertakäyttöisiä. Hylsy on yleensä urakan-tainen kartiohylsy.

Kenttätykkien nallit kiinnitetään hylsyn kantaan kierteillä. Konetuliaseiden ja automaat-titykkien patruunoiden nallit lukitaan hylsyyn mekaanisesti puristamalla reunaan 2—4 pistettä tai kääntämällä nallitilan reuna nallin päälle.

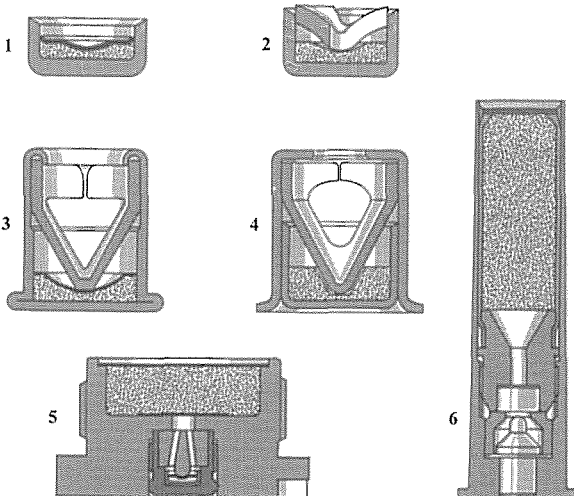
5 NALLIT

Nalli muuttaa laukaisukoneiston antaman mekaanisen tai sähköisen impulssin liekiksi ja/tai paineiskuksi, joka ohjautuu ruutitilaan sytyttäen pääruudin tai isommilla kaliipe-reilla virikepanoksen. Nallit voidaan jakaa sijoitustavan mukaan pohja- ja lukkonalleihin. Hylsyllisissä laukauksissa nalli on kiinnitetty hylsyn nallitilaan. Irtopanoslaukausta käyttävissä aseissa nalli kiinnitetään lukossa olevaan nallilukkoon. Turvallisuussyistä nallit upotetaan hylsyn kannan alapuolelle (nallitusvyvyys).

Sytytystavan perusteella nallit jaetaan **isku- ja sähkönal-leihin**. Iskunalleissa herkkä aloiteräjähdysaine syttyy iskurin lyödessä nallipohjaan ja puristaessa nallimassaa alasinta vasten. Sähkönallissa sähkövirran lämpö sytyttää aloi-temassan. Iskusähkönalli on edellisten yhdistelmä, jossa iskutoiminta on varalla. Isku-sähkönallin iskutoiminta lisää toimintavarmuutta.

Iskunallit ovat joko alasimellisiä tai alasimettomia, jolloin alasin on sijoitettu hylsyn nal-litilaan. Käsiaseiden patruunoiden nallin aloitemassasta syntyvä kuuma kipinäsuihku riittää sytyttämään ruutipanoksen. Kun ruutimäärä kasvaa ja hylsy pitenee, sytytysvai-kutusta tehostetaan nalliin sijoitettavan sytytyspanoksen avulla. Panos on yleensä mustaruutiä, jonka synnyttämä painepulssi sytyttää pienikaliiperisten aseiden varsinaisen

panoksen ja suurikaliiperisten aseiden panoksissa olevan virikepa-noksen.



Nalli on joissakin tapauksissa kiin-nitetty virikeputkeen ja putki on kiinni hylsyn nallitilassa. **Kuva 35.**

Kuva 35 Iskunallin tyypit ja raken-neperiaatteet

1. kiväärin alasesiton ja 2. alasesilli-nen nalli, 3. kevyen krh:n peruspanok-sen nalli, 5. tykin hylsyn pohjanalli ja 6. tykin nallilukkonalli

Sähkönallia käytetään tulinopeuden lisäämiseen aseilla, joilla virransaanti on helppoa. Nallin aloitemassa sytytetään hehkulangan tai kärkien välissä syntyvän kipinän avulla. Nallin tulee olla riittävän herkkä toimiakseen. Toisaalta sen on kestävä käsittelyä ja varastointia.

6 PANOKSET

Panoksella tarkoitetaan sallituissa painerajoissa vaaditun lähtönopeuden antavaa pääruudeista ja virikepanoksista muodostuvaa kokonaisuutta. Tykistön panokset voivat olla jakamattomia tai jaettavia. Eri ruudit sijoitetaan erillisissä panospusseissa tai -säiliöissä panokseen. Panosrakenteen ml. osapanosten liittäminen toisiinsa tulee olla toteutettu siten, että panos säilyttää jäykkyytensä kenttäkäytössä ja kestää kuljetuksista johtuvat rasitukset. Yleisiä teknisiä vaatimuksia laukauksen (ml. panos) toiminnalle aseessa ovat tasainen painekäyrä, pieni ammuksen lähtönopeushajonta ja lähtönopeuden lämpötilariippuvuus, vähäinen suuliekki ja savunmuodostus, jäänteeton palaminen ja aseeseen vähäinen kuluminen. Käyttötarkoituksesta riippuen panoksessa voi olla lisäksi liekinhimmennys-, kuparinpoisto- ja kulumisen estoaineita.

Ruutimäärä määritetään koeammuntatuloksista redukoimalla eli muuttamalla taulukko-olosuhteita vastaavaksi. Panostaminen tehdään ruutieräkohtaisesti. Oikean lähtönopeuden lisäksi panoksen lähtönopeus- ja painehajonnan sekä lämpötilariippuvuuden tulee olla pieni, suuliekin ja savunmuodostuksen sekä putken kuluttavuuden vähäistä.

Laukauslajin mukaan panokset jaetaan **patruuna-, kartussi- ja irtopanoksiin** sekä **rakettipanoksiin**.

Panosjärjestelmä muodostuu sarjasta halutun lähtönopeuden antavia panoksia. Tykistön panosjärjestelmät kattavat laajan lähtönopeusalueen. Kattavuudesta riippuen kuhunkin järjestelmään voi sisältyä useita panoksia, joissa tarvitaan useita pääruutilajeja nopeusalueen mukaan. Panos voi olla **jaettava** tai **jakamaton**. Jaettavaa panosta nimitetään sarjapanokseksi ja jakamatonta puoli- tai täyspanokseksi. Sarjapanokset voivat olla puoli- ja täyssarjapanoksia. Panosjärjestelmä antaa mahdollisuuden valita kuhunkin tilanteeseen parhaiten soveltuvan panoksen sekä pienentää aseeseen kohdistuvia rasituksia ja aseeseen kulumista.

Irtopanoksessa ruudit sijoitetaan kangaspusseihin, jotka kiristetään ulkopussin sisälle tiukaksi pakkaukseksi. Irtopanos pakataan hermeettisesti lasikuitu- tai terässäiliöön. Kartussipanoksessa panospussit sijoitetaan hylsyyn ja suljetaan vahakannella.

Patruunapanoksessa panospussi tai irtoruuti sijoitetaan hylsyyn ja tuetaan ammuksen pohjaan panostuella. Ammuksen ja hylsyn sauma eristetään lakalla. Ruutipanoksessa sytytysliekin välittämiseen ja voimistamiseen tarvitaan porrastusjärjestelyjä virike- ja pääpanoksessa siten, että liekki saavuttaa pääruudin ja sytyttää sen tasaisesti ja sa-

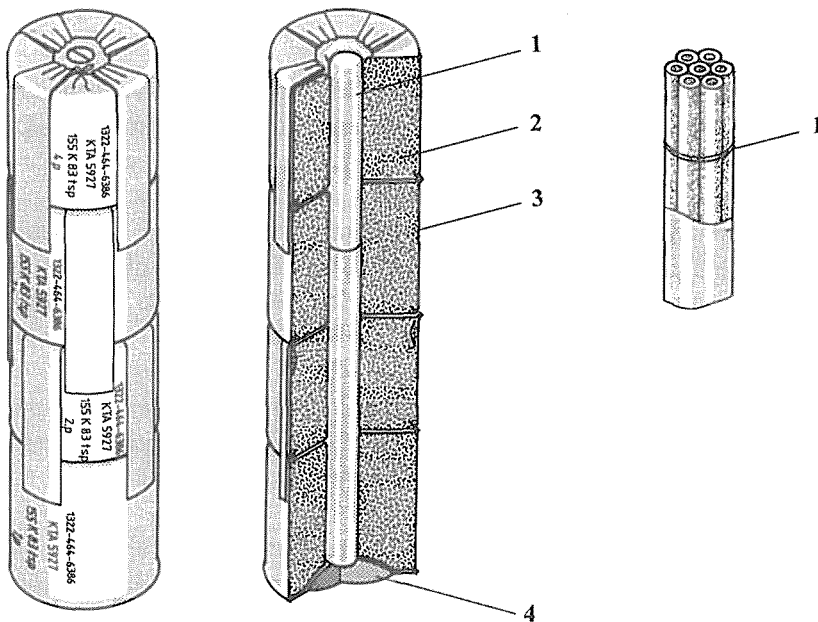
manaikaisesti eri puolilta panosta. Sytytysliekin välitysketjuun kuuluu yleensä nalli, virikepanos ja mahdollinen lisävirikepanos.

Isokaliiperisten aseiden panoksissa sytyttämiseen käytetään yleensä mustaruutipohjaista virikepanosta. Lähtönopeuden ollessa yli 600 m/s jyvä-ruutipohjaisilla rakenteilla, pääruudin massan kasvaessa, panos tulee pitkäksi, jolloin tarvitaan lisävirikepanos panoksen keskiosaan. Lisävirikepanoksessa käytetään joissakin ratkaisuisissa mustaruutia, joka on sijoitettu palavasta hylsystä valmistetun putken sisälle.

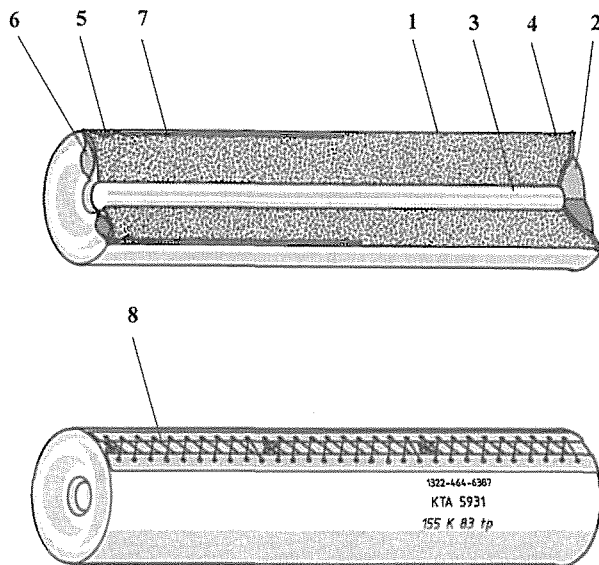
Toisena mahdollisuutena on käyttää metallista keskivirikeputkea. Mustasta ruudista valmistettu lisävirikepanos sijoitetaan rei'itetyn pitkän metalliputken sisälle, joka on sijoitettu hylsyn keskelle. Pääruuti on hylsyssä irrallisena tai rengasmaisissa panospusseissa. Sytytys perustuu siihen, että nallin virikepanoksen sytytys liekki ohjataan säteittäisesti metalliputkessa olevien reikien läpi pääruutiin.

Esimerkkinä kotimaisesta irtopanoksesta, jossa tarvitaan virike- ja lisävirikepanosta pääruudin sytyttämiseen ovat 155 K 83:n sarja- ja täyspanokset. Niiden virikepanosjärjestelmissä käytetään CBI -ruutia, ja lisävirikepanoksissa huokoista putkiruutia.

Täyspanoksen muita elementtejä ovat kuparinpoisto- ja kulumisenestoaine. Sarjapanoksessa kulumisenestoaine on sijoitettu 2. panospussin yläosaan. Eri ruutilajit on sijoitettu erillisiin panospusseihin. Panos on kiristetty lujasta kankaasta valmistetun ulkopussin sisälle täyspanoksessa narutuksen ja sarjapanoksissa nauhojen avulla. Panoksen sytyttäminen perustuu siihen, että vilkkaasti palavien virikeruutien (CBI ja huokoisputki) avulla sytytysliekki välittyy joka puolelle panosta lähes samanaikaisesti. **Kuvat 36 ja 37.**



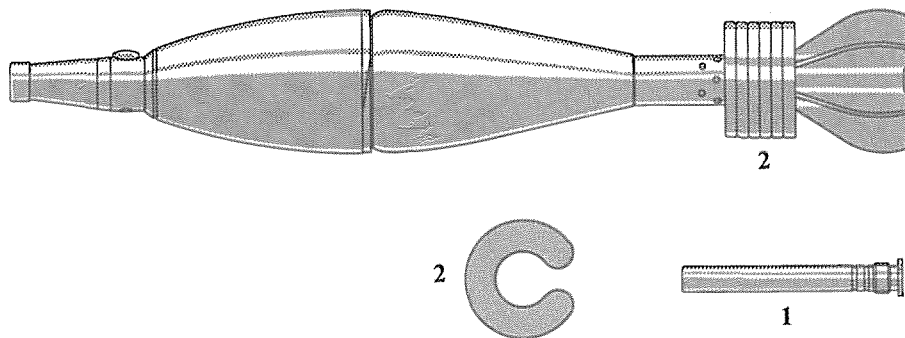
Kuva 36 Esimerkki jaettavasta sarjapanoksesta, 155 K 83 tsp
1. lisävirikepanos, 2. panosuuti, 3. panospussi, 4. virikepanos



Kuva 37 *Esimerkki jakamattomasta täyspanoksesta, 155 K 83 tp*
 1. panospussi, 2. virikepanos, 3. lisävirikepanos, 4. panosruuti,
 5. kuparinpoistoaine, 6. liekinhimmennyspanos, 7. kulumisen estoaine, 8. kiristysnauha

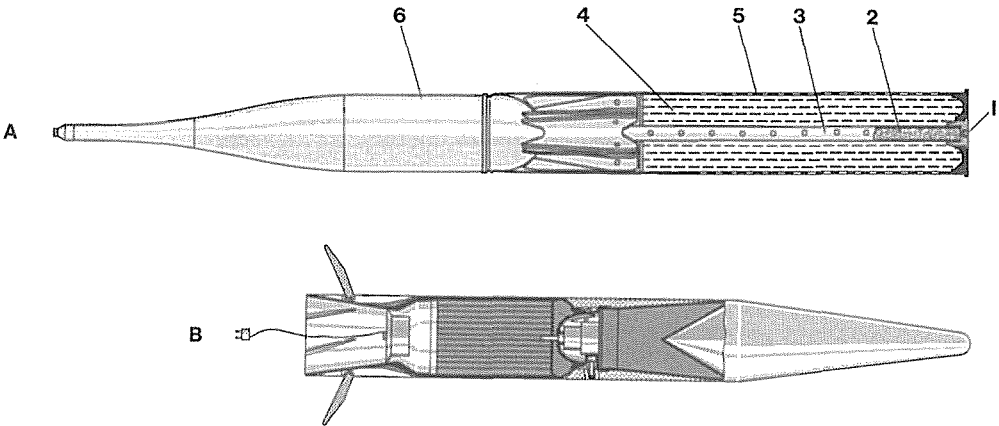
Aseissa, joiden kaliiperi on alle 40 mm käytetään patruunalaukauksissa pääruutina yhtä ruutilajia, joka on jyväruidia (yleensä N-ruutia). Patruunassa on ruuti irrallisena hylsytssä ja ammus on kiinnitetty hylsyyn puristamalla. Sauma on lakattu siten, että ruuti sulkeutuu hylsyyn hermeettisesti. Nallin sytytysenergia riittää sytyttämään pääruudin, eikä erillistä virikepanosta tarvita.

Kranaatinheitinpanos on peruspanoksesta ja lisäpanoksista koostuva sarjapanos. Peruspanosruuti sijoitetaan alumiiniputkiloon tai pahvihylsyyn, joka kierretään tai puristetaan kiinni pyrstöputken sisälle. Lisäpanokset asetetaan joko siivekkeiden väliin tai pyrstöputken ympärille. Paineen noustessa putken sisällä puhkeaa panosputki pyrstön reikien kohdalta ja palavat ruutikaasut sytyttävät lisäpanokset. **Kuva 38.**



Kuva 38 *Esimerkki 81 mm kranaatinheitinpanosjärjestelmästä*
 1. peruspanos, 2. lisäpanos

Rekyylittömissä aseissa käytetään patruunapanoksia ja putkiaikana palavia raketti-panoksia. **Kuva 39.**



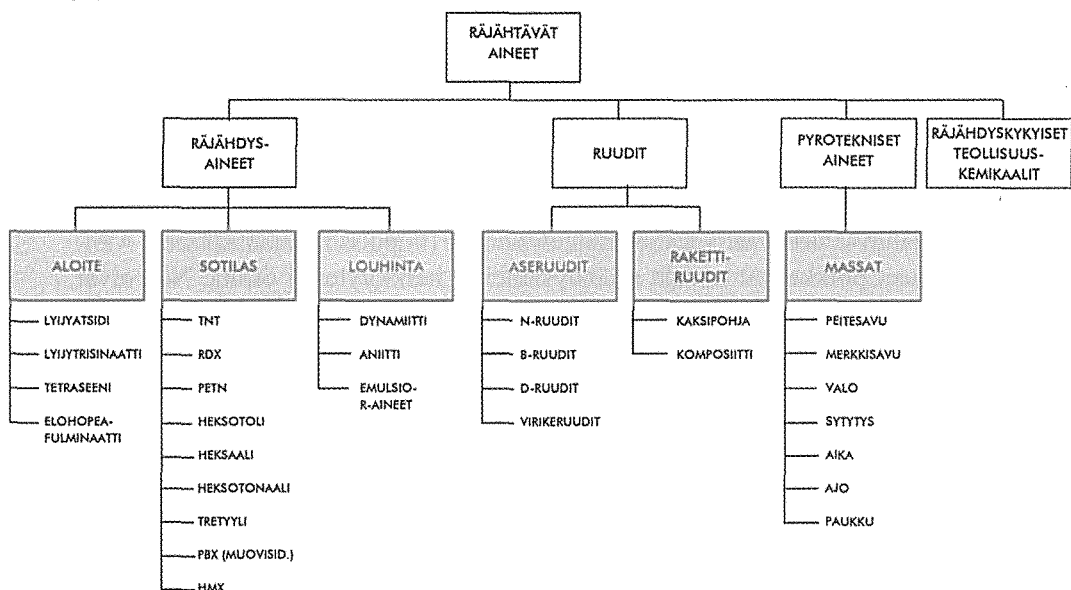
Kuva 39 Raskaan singon laukaus A ja raskaan kertasingon raketti B
1. nalli, 2. virikepanos, 3. virikepanosputki, 4. panosruuti, 5. hylsy,
6. kranaatti

IV LUKU RÄJÄHTEET

1. RÄJÄHTEIDEN RYHMITTELY

a Jako ja ominaisuudet

Räjähdyttävät aineet jaetaan neljään pääryhmään: räjähdysaineisiin, ruuteihin, pyroteknisiin massoihin ja räjähdyskykyisiin teollisuuskemikaaleihin, joita ei ole tarkoitettu räjäytystehtäviin. **Kuva 40.** Ruutien alaryhmiä ovat edelleen aseruudit ja rakettiruudit. Räjähdysaineet jaetaan edelleen aloite-, sotilas- ja louhintaräjähdysaineisiin. Aloiteräjähdysaineita käytetään aloitepanoksina, esimerkiksi nalleissa. Niiden on oltava erittäin herkkiä syttymään sopivasta ärsykkeestä, esimerkiksi iskusta, liekistä tai lämmityksestä. Sotilaalliseen käyttöön tarkoitettuja räjähdysaineita, esimerkiksi trotyyliä ja seosräjähdysaineita (heksotoli, oktoli, jne) käytetään muun muassa sirpalekranaattien täytteenä ja louhintaräjähdysaineina (dynamiitti, aniitti, jne) muun muassa kallionrakennuksessa.



Kuva 40 Räjähdyttävien aineiden ryhmittely

Räjähdyttävällä tarkoitetaan räjähdysainetta ja räjähdysainetta sisältävää esinettä, ei kuitenkaan sellaista esinettä tai välinettä, joka sisältää niin pieniä määriä räjähdysainetta, että aineen syttyessä esineen tai välineen ulkopuolelle ei aiheudu sirpaleita, liekkiä, savua, kuumuutta tai voimakasta ääntä; räjähdyttävällä tarkoitetaan myös muuta ainetta, esinettä tai välinettä, joka on valmistettu tuottamaan räjähdysten tai pyroteknisen ilmiön. Räjähdyttävät jaetaan kuuteen vaarallisuusluokkaan (merkitään 1.1—1.6) ja kolmeen-

toista yhteensopivuusryhmään (A-S) perustuen eri räjähdelaajien keskinäiseen yhteensopivuuteen sekä varastointi- ja kuljetusturvallisuuteen. Vaarallisuusluokitus määräytyy sen mukaan, kuinka suuren vaaran räjähteet mahdollisessa onnettomuustapauksessa voivat aiheuttaa. Luokka 1.1 on näistä vaarallisin. Yhteensopivuusryhmällä tarkoitetaan räjähteiden yleistä sopivuutta toisten räjähdelaajien yhteyteen varastoinnissa ja kuljetuksissa. Yhteensopivuusryhmään A kuuluvat aloiteräjähdysaineet, ryhmään B aloitusräjähdysainetta sisältävät kuorella suojatut esineet tai välineet (esim sytyttimet ja nallit) ja ryhmään S sellaiset tai niin pakatut räjähteet, joiden tahattomasta syttymisestä johtuvat vaikutukset rajoittuvat pakkaukseen.

Räjähdysaineella tarkoitetaan ainetta tai aineesta, joka sellaisenaan kemiallisesti reagoimalla kykenee muodostamaan kaasua, jonka lämpötila, paine ja muodostumisnopeus ovat sellaisia, että niistä aiheutuu vahinkoa aineen ympärillä; räjähdysaineeksi katsotaan myös pyrotekniset aineet, vaikkei niistä kehittyisikään kaasuja; räjähdysaineeksi ei kuitenkaan katsota ainetta, joka voi muodostaa ilman kanssa räjähtävän kaasun-, höyry- tai pölyseoksen, ellei se sellaisenaan ole räjähdysaine.

Useimmat räjähdysaineet sisältävät hiiltä, vetyä, typpeä ja happea. Niiden sisäinen energia on korkea ja ne pystyvät reagoimaan nopeasti ilman ulkopuolista happea. Reaktion voi laukaista mekaaninen ärsyke (isku tai hankaus), lämpötilan nousu tai paineshokki. Hajoamisenergia voidaan jakaa iskuaallon energiaan, kaasujen laajenemistyöhön ja lämpösäteilyyn. Räjähdysaineen detonaatiolla tarkoitetaan iskuaallon etene mistä räjähdysaineelle ominaisella nopeudella D (= detonaationopeus), johon liittyy korkea paine P (=detonaatiopaine). Reaktiotuotteet seuraavat iskuaaltoa niille ominaisella nopeudella. Sotilaskäyttöön valittavat räjähdysaineet ovat yleensä kemiallisesti stabiileja. Räjähdysaineet vaativat aloiteräjähdysaineen (impulssin) räjähtääkseen. Aloiteräjähdysaineet poikkeavat muista räjähdysaineista herkkyytensä osalta. Ne voivat reagoida heikon sytytylähteen (liekki, kipinä, mekaaninen isku) vaikutuksesta ja syttymistä seuraa aina detonaatio. Aloiteräjähdysaineiden detonaatioaalto voi puolestaan sytyttää epäherkempiä räjähdysaineita. Niitä käytetäänkin räjäyttimissä, sytyttimissä, räjähdysnalleissa ja nalleissa räjähdysaineen tai ruudin sytyttämiseen

Ruudit ovat ampuma-aseiden sekä raketien ajoaineita, joiden kemiallista energiaa käytetään antamaan liike-energiaa mm. ammuksille, raketeille ja ohjuksille. Sytyttyään ruudit palavat nopeasti ja räjähtämättä niissä olosuhteissa, mihin ne on tarkoitettu. Ruudit ovat yhden tai useamman energeettisen aineen ja lisäaineiden seoksia. Ruudit jaetaan kuuteen pääryhmään sisältämiensä pääkomponenttien perusteella seuraavasti:

- 1) yksipohjaiset ruudit, N-ruudit
 - pääkomponenttina nitroselluloosa
- 2) kaksipohjaiset ruudit, B-ruudit
 - pääkomponentteina nitroselluloosa ja nitroglyseroli
- 3) kolmipohjaiset ruudit, D-ruudit
 - pääkomponentteina nitroselluloosa, nitroguanidiini, dietyleeniglykolidinitraatti

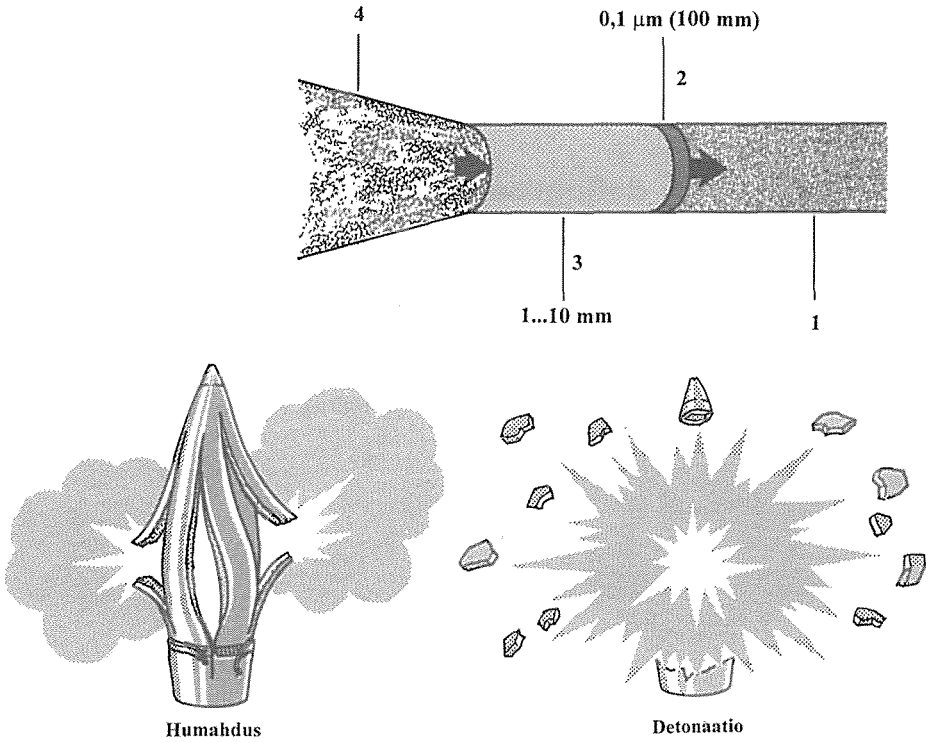
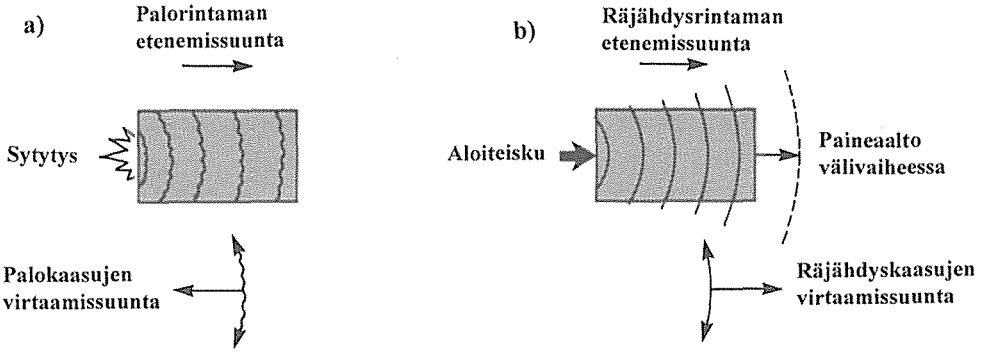
- 4) komposiittiruudit
 - hapettimena yleensä ammoniumperkloraaatti, sideaineena polymeeriyhdiste
- 5) LOVA-ruudit
 - hapettimena esimerkiksi RDX tai HMX, sideaineena polymeeriyhdiste.
- 6) Mustaruuti
 - kaliumnitraatin, hiilen ja rikin seos

Ruudit 1—3 ovat käytössä ampuma-aseiden panoksilla. Komposiittiruuteja käytetään raketeissa, ohjuksissa ja perävirtausyksiköissä. Mustaruutia käytetään virikepanoksissa.

Pyroteknisellä aineella tarkoitetaan ainetta tai aineseosta, joka on tarkoitettu tuottamaan itsestään etenevien lämpöä kehittävien kemiallisten reaktioiden seurauksena lämpöä, valoa, ääntä, kaasua, savua tai näiden yhdistelmiä; ilmiön aiheuttajana ei kuitenkaan ole detonaatioksi luettava räjähdys. Pyroteknisiä aineita ovat esimerkiksi sytytys-, valaisu-, merkinanto-, ilotulitus-, tulensytytys tai savutusaineet.

b Palaminen, deflagraatio ja detonaatio

Palamis- tai räjähdystapahtumassa väliaineeseen kemiallisesti sitoutunut energia vapautuu reaktiotuotteina, ja osa vapautuneesta energiasta voidaan muuttaa korkeapaineessa kaasujen tekemäksi työksi. Samalla tapahtuu laajeneminen alkuperäistä tilavuutta paljon suurempaan tilavuuteen. Reaktio on palamisnopeuden perusteella luonteeltaan kiivas palaminen, deflagraatio tai detonaatio. **Kuva 41.**



Kuva 41 a) Deflagraatio ja b) detonaatio

1. reagoimaton räjähdysaine, 2. detonaatorintama, 3. reaktiorintama ja 4. reaktiotuotteet

Palamisreaktiossa korkea lämpötila ja paineen nousu syntyvät räjähtävän aineen ohuessa pintakerroksessa eli palorintamassa. Palamistuotteet ovat pääasiassa kaasumaisia. Palorintaman etenemissuunta on pintaa vastaan kohtisuoraan, ja reaktiovuon suunta on päinvastainen kuin hajoamisreaktiolla. Palaminen etenee lämmön johtumisen ja lämpösäteilyn avulla. Palamisreaktion etenemisnopeus eli lineaarinen palonopeus on 0,1 mm/s—10 mm/s.

Deflagraatiolla tarkoitetaan räjähdysaineessa suurella nopeudella etenevää kemiallista reaktiota, jonka nopeus jää detonaatioon verrattuna pienemmäksi. Deflagraatiossa ei synny detonaatiolle ominaista iskuaaltoa. Kuten palaminen, deflagraatio etenee pintapalona lämpöjohtumisen ja -säteilyn avulla. Deflagraation vaikutus ympäristössä on kuumien kaasujen laajenemisen aiheuttamaa painetta. Deflagraation vaikutus ympäristöön voi olla detonaation vaikutuksen luokkaa. Deflagraationopeus on 10 mm/s — äänen nopeus kyseessä olevassa väliaineessa. Äänen nopeus väliaineessa riippuu lämpötilasta ja tiheydestä ollen kaasuilla noin 400 m/s, nesteillä noin 1500 m/s ja kiinteillä aineilla noin 2000 m/s.

Detonaatio on räjähdysaineen äkillinen kemiallinen hajoamisreaktio, jossa syntyy kiinteitä, nestemäisiä ja kaasumaisia reaktiotuotteita. Detonaatiossa vapautuu räjähdysaineeseen sitoutunut suuri energiamäärä erittäin lyhyessä ajassa. Reaktiossa jyrkän ja sykäyksittäin tapahtuvan painetason nousun seurauksena syntyy etenevä iskuaalto. Detonaatio tapahtuu ilman ulkopuolista happea. Reaktio etenee räjähdysaineessa iskuaallon avulla detonaatorintamana väliaineen läpi yllämainittuun nopeuteen. Iskuaalto hajottaa räjähdysaineen kemiallisen rakenteen ja vapauttaa energiaa synnyttäen 1500—5000 °C:n lämpötilan. Kapealla alueella detonaatorintaman takana reaktiotuotteet pakkautuvat hyvin korkeassa lämpötilassa (plasmatilassa) ja syntyy detonaatiopaine, joka on yleensä räjähdysaineilla noin $10\text{—}40 \cdot 10^3$ MPa. Tässä kemiallisessa reaktiovyöhykkeessä syntyy termodynaaminen tasapaino reaktiotuotteiden välillä. Reaktiotuotteet etenevät samaan suuntaan kuin detonaatorintama. Reaktorintaman jälkeen reaktiotuotteet laajenevat ja kaasut tekevät työtä ulkoisista olosuhteista riippuen. Detonaatorintama on ohuempi kuin deflagraatiossa tai palamisessa. Detonaatiopaine on verrannollinen räjähdysaineen tiheyteen ja detonaationopeuden neliöön. Detonaationopeus on kaasuilla 1000—3000 m/s, nesteillä ja kiinteillä aineilla 3000—10 000 m/s. Detonaationopeuteen vaikuttavat muun muassa räjähdysaineen:

- kemiallinen koostumus
- tiheys
- homogeenisuus
- räjähdyslämpö
- panoksen geometria ja
- sytytystapa.

Normaaleissa käyttöolosuhteissa ruudit ja pyrotekniset massat palavat räjähdysaineet ja aloiteräjähdysaineet detonoivat. Sytyttämistapa (energiämäärä, sen luovuttamisnopeus ja siirtymistapa) määrää osittain räjähteen hajoamisreaktion tyypin, palaminen, deflagraatio tai detonaatio. Sytytystavasta ja olosuhteista riippuen reaktio voi palamisen edetessä kiihtyä deflagraatiosta detonaatioon. Detonaatiossa sytytysenergia siirtyy yleensä iskuaallona laukaisten räjähdysaineessa heti detonaation, joka on täydellinen pienen kiihtymisvaiheen jälkeen. Esimerkiksi kranaatissa oleva räjähdysainetäyte saattaa vauriotapauksissa palaa deflagroimalla tai detonoida sytytysreitistä ja sulke-masta riippuen. Vauriotapauksissa palaminen, deflagraatio tai detonaatio on usein tunnistettavissa räjähteiden metalliosiin syntyvien tyypillisten jälkien perusteella.

Sytytystavan lisäksi reaktiotapa riippuu räjähdysainetta ympäröivästä materiaalista (sulke-ma). Mikäli normaalisti palavat tai deflagroivat räjähtävät aineet ovat tiukasti sulje-tussa tilassa siten, että kaasut eivät pääse helposti purkautumaan, palorintamassa saat-taa syntyä korkeita paineimpulsseja. Nämä kiihdyttävät palamisnopeuden yliäänino-peuteen ja jopa detonointiin saakka.

Detonaatio aiheuttaa voimakkaan paineiskun ympäristöön synnyttäen shokkiaallon, joka etenee nopeasti vaimenevana pallomaisena aaltorintamana. Shokkiaalto on fysikaali-sesti hyvin intensiivinen ääniaalto, jossa kaasun paikallinen paine ja lämpötila nousevat hetkellisesti hyvin korkealle. Tällöin äänennopeus kasvaa paikallisesti ja shokkiaalto voi edetä ylääänien nopeudella.

Ruudin deflagraatioissa paloreaktiota kiihdyttää lämpöjohtuminen ja -säteily. Erona rä-jähdysaineisiin on palamisen säätely siten, että deflagraatio ei muutu detonaatioksi nor-maaleissa käyttöolosuhteissa. Lineaarinen palonopeus riippuu muun muassa ruudin kemiallisesta koostumuksesta ja kosteuspitoisuudesta. Se on likimain verrannollinen paineeseen siten, että kun paine nousee, palorintaman nopeus ruudissa kasvaa. Ruudin palonopeus avonaisessa tilassa on noin 5 mm/s. Kun paine nousee asean panoskammi-ossa palonopeus kasvaa noin 500 metriin sekunnissa. Palamiskäyttäytymiseen vaikut-taa syttymisen lisäksi ruutijyvien muoto ja muotoutuminen palokammiossa. Ruudin palamisen täytyy olla säännönmukainen ja toistettavissa. Palamis-, deflagraatio- ja de-tonaatioilmiöiden reaktio-ominaisuuksien vertailu on esitetty **taulukoissa 3 ja 4**.

Räjähdy-s-aine	Räjähdy-s-aineen tiheys (kg/dm ³)	Tiheys detonaatio-rintaman takana (kg/dm ³)	Detonaatio-paine (MPa)	Reaktio-tuotteiden nopeus (m/s)	Detonaatio-nopeus (m/s)
Heksogeeni	1,8	2,38	35 000	2 210	8 754
Trotyyli	1,64	2,15	19 000	1 660	6 940
Heksotoli 60/40	1,71	2,33	29 000	2 130	8 010

Taulukko 3 Esimerkkejä detonaatioosuureista

Ominaisuus	Hidas palaminen	Deflagraatio	Detonaatio
Aine	Hiili-ilma	Ruuti	Räjähdyaine
Reaktion luonne	Hapetus-pelkistys	Hapetus-pelkistys	Hapetus-pelkistys
Reaktioaika (s)	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻⁶
Reaktion eteneminen	Johtuminen	Johtuminen	Iskuaalto
Vapautuva energia (J/g)	10 000	1 000	1 000
Teho (W/cm ²)	10	10 ³	10 ⁹
Syöttäminen	Lämpö	Lämpö	Paineshokki
Kehittyvä paine (MPa)	0,07 - 0,7	0,7 - 700	7 000 - 70 000

Taulukko 4 Räjähdyaineiden reaktio-ominaisuuksien vertailu

2 RÄJÄHDYSAINEIDEN KÄYTTÖ

a Yleistä

Käyttötarkoituksen perusteella räjähdysaineet voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- homogeeniset räjähdysaineet
- seosräjähdysaineet (TNT -pohjaiset, muovisidosteiset ja muovailtavat) sekä
- aloiteräjähdysaineet ja niiden seokset.

Homogeenisia- ja seosräjähdysaineita käytetään ampumatarvikkeissa paine-, sirpale-, täry- sekä suunnatun räjähdysvaikutuksen aikaansaamiseksi. Koostumukseltaan ne ovat kemiallisia räjähdysaineyhdisteitä, eri räjähdysaineyhdisteistä muodostettuja seoksia tai seoksia, joissa on myös inerttejä komponentteja.

Aloitemassat koostuvat useasta eri aloiteräjähdysaineesta ja niitä käytetään räjähdysaineiden räjäyttämiseen, sekä ruutien ja pyroteknisten aineiden sytyttämiseen. Aloitemassat ovat iskusta, hankauksesta, lämmöstä ja sähkökipinästä herkästi syttyviä.

Räjähdysaineen energiasisältöä voidaan kasvattaa alumiinin ja epäorgaanisten hapettimien (perkloraatit) avulla. Esimerkiksi hienojakoista alumiinijauhetta voidaan lisätä sulassa tilassa olevaan TNT-pohjaiseen räjähdysainemassaan. Sekoituksen lopuksi räjähdysaine rakeistetaan jäädyttämällä, ja lopputuloksena on yhtenäinen mekaaninen seos. Alumiinin käyttö räjähdysaineseosten komponenttina perustuu siihen, että alumiini reagoi hyvin eksotermisesti räjähdysilmiossa syntyvien korkeassa lämpötilassa olevien kaasujen kanssa muodostaen alumiinioksidia ja nostaen räjähdyslämpötilaa. Alumiiniseoksia käytetään vedenalaisissa miinoissa ja torpedoissa sekä ilmatorjuntakranaateissa.

Sotilaskäyttöön soveltuvien räjähdysaineiden ominaisuuksia ovat

- aineiden ja reaktiotuotteiden fysiologinen vaarattomuus käyttäjälle
- suuri energiasisältö (vedenalainen käyttöturvallisuus)
- alhainen herkkyystaso (varma ja turvallinen käsittellä)
- valukelpoisuus
- puristettavuus
- turvallinen täyttötekniikka
- hyvä varastointikestävyys
- korkea detonaatiopaine, -nopeus ja tiheys (sirpale- ja suunnattu vaikutus) sekä
- hinta ja saatavuus kriisin aikana
- huollettavuus ja hävittämistapa

b Homogeeniset räjähdysaineet

Trotyyli (TNT) on yleisin sotilasräjähdysaine. Se on keltaista kiteistä ainetta. Puhtaus on TNT:n tärkeä ominaisuus. **Taulukko 5.** Sitä valmistetaan nitraamalla aromaattista hiilivetyä, toluenia, rikki- ja typpihappoa sisältävällä nitraushapolla. Trotyyli on epäherkkä räjähdysaine, ei hygroskooppinen, eikä liukene merkittävästi veteen. Se on kemiallisesti stabiili ja sillä on hyvä varastointikestävyys. Trotyylin runsas käyttö perustuu sen hyvään käsiteltävyyteen ja valettavuuteen. Sulamispiste (n. 80 °C) on esimerkiksi kranaatin valun kannalta alhainen, mutta kuitenkin riittävän korkea käyttö- ja varastointiolosuhteita ajatellen. Trotyyliä käytetään valettuna kranaateissa, miinoissa, pommeissa ja torpedoissa. Puristamalla siitä voidaan valmistaa räjäyttimiä.

Heksogeeni (RDX) on toiseksi yleisin sotilasräjähdysaine. Sitä valmistetaan nitraamalla heksamiinia puhtaalla typpihapolla. Heksogeeni on tehokkaampi räjähdysaine kuin trotyyli. Heksogeenia ei sen herkkyyden vuoksi voida käyttää seostamattomana suuren lähtönopeuden omaavissa ampumatarvikkeissa. Korkeasta sulamispisteestä johtuen sitä ei voida sulattaa eikä valaa, mutta kiteistä heksogeeniä valetaan sulan TNT:n avulla. Heksogeeniä käytetään nalleissa, räjäyttimissä, kranaattien ja ontelopannosten täyteenä, trotyylin kanssa valettavissa räjähdysaineseoksissa, ja vahalla, parafiinilla tai TNT:llä flegmatoituna räjähdyskappaleina. Sitä voidaan käyttää myös hienojakoisten metallien, kuten alumiinin kanssa puristettuna seoksena kranaattien ja torpedojen täyteenä. Heksogeenia käytetään myös muovisidosteisena.

Oktogeeni (HMX) on tehokas räjähdysaine, joka esiintyy kemialliselta rakenteeltaan neljässä eri kidemuodossa ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), joista vain β -muodolla on korkein tiheys, räjähdysnopeus ja -paine ampumatarvikeseovellusten kannalta. Oktogeenilla on suurempi tiheys ja räjähdyslämpö kuin heksogeenilla. Oktogeeni soveltuu ampumatarvikkeisiin, joissa räjähdysaineelta vaaditaan suurta tehoa, esimerkiksi ontelokranaatteihin. Se on noin 10 prosenttia tehokkaampaa kuin heksogeeni, mutta herkkyydeltään ne ovat toistensa kaltaisia. Oktogeeni ei yksinään ole valukelpoista, joten sen valaminen esimerkiksi ontelopanokseksi on tehtävä seostettuna trotyylin kanssa tai muovisidostettuna.

Pentriitti (PETN) on ominaisuuksiltaan heksogeenin kaltainen tehokas räjähdysaine. Sitä valmistetaan nitraamalla pentaerytritolia. Pentriittiä voidaan puristaa esimerkiksi jonkun vahan kanssa, mutta sitä ei voi valaa. Sitä käytetään räjäyttimissä, räjähdysnalleissa ja räjähtävissä tulilangoissa. Vahalla flegmatoituna sitä voidaan käyttää räjäyttimissä ja pienikaliiperisten kranaattien täyteenä, jolloin siihen seostetaan myös alumiinia. Sitä käytetään myös muovailtavana muovisidosteisena erikoistarkoituksissa. Se on melko isku- ja hankausherkkää. Herkkyydestä huolimatta pentriittiä voidaan käyttää esimerkiksi rakettien taistelulatauksissa, joissa kiihtyvyydet ammusaseisiin verrattuna ovat pieniä.

Tetryyli on voimakas ja suhteellisen herkkä räjähdysaine. Se on myrkyllistä ja ärsyttää ihoa. Tetryylin pölyä on varottava hengittämästä. Tetryyliä on käytetty puristettuna räjäyttiminä, mutta nykyisin sen käyttö on vähäistä **myrkyllisyyden vuoksi**.

Käytössä olevista räjähdysaineista tehokkain on oktogeeni. Perusteena kehitystyölle on saada aikaan uusia tehokkaita räjähdysaineita, joiden detonaationopeus, tiheys ja paine ovat korkeampia kuin oktogeenillä tai niillä on muita edullisia ominaisuuksia. Esimerkkinä näistä uusista räjähdysaineista voidaan mainita HNIW (CL-20), TNAZ, NTO, FOX-7. FOX-7 on ruotsalaisten kehittämä räjähdysaine, joka on epäherkempi kuin heksogeeni, mutta teholtaan kuitenkin samaa luokkaa ja CL-20 on noin 15 % tehokkaampi kuin oktogeeni, mutta sen herkkyys on heksogeenin luokkaa.

Suure	Trotyyli	Hekso-geeni	Oktogeeni	Pentriitti	Tetryyli
Väri/olomuoto	kelt/kit	valk/kit	valk/kit	väritön/kit	valk/kit
Herkkyys	epäherkkä	herkkä	herkkä	iskuherkkä	iskuherkkä
Iskunkestävyys	hyvä	herkkä	herkkä	herkkä	herkkä
Sulamispiste (°C)	81	204	270	142	129
Humahduspiste (°C)	300	230	287	205	185
Kemiallinen stabiileetti	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä
Räjähdyslämpö (MJ/kg)	4,3	6	6,1	5,9	4,9
Detonaationopeus (m/s)	6 900	8 400	9 100	8 400	7 500
Räjähdyslämpötila (°C)	2 800	3 000	-	4 700	2 270
Ominaiskaasutilavuus (cm ³ /kg)	690	908	-	790	710
Hygroσκοoppisuus	ei	ei	-	ei	heikosti

Taulukko 5 Homogeenisten räjähdysaineiden ominaisuudet

c Seosräjähdysaineet

Kemiallisesti yhtenäisiä räjähdysaineita käytetään sellaisenaan tai räjähdysaineseoksina. Seostamiseen voi olla syynä esimerkiksi

- räjähdysherkkyyden vähentäminen
- muotoil ominaisuuksien parantaminen
- räjähdysaineen tehon lisääminen tai vähentäminen ja

Amatoli on ammoniumnitraatin ja trotyylin seos, jossa yleisimmin käytetty seossuhde on 60/40 %. Ammoniumnitraattia käytetään amatolissa trotyylin säästämiseksi ja seoksen happitasapainon lisäämiseksi trotyylin täydellisempää palamista varten. Seos valmistetaan lisäämällä hienojakoinen ammoniumnitraatti sulaan trotyyliin. Tuloksena on puuromainen massa, joka voidaan valaa. Suurentamalla ammoniumnitraatin osuutta yli 40 %:n seos ei enää ole kovin valukelpoinen. Ammoniumnitraatti on hygroσκοoppista ja veteen liukenevaa. Ammoniumnitraatin kidemuoto muuttuu alhaisissa lämpötiloissa, mistä on seurauksena taipumus räjähdysainekoostumuksen jatkuvaan muuttumiseen varastoinnin ja käytön aikana. Amatolia voidaan käyttää kranaattien, miinojen ja pommien ammustahteenä. Hygroσκοoppisuudesta ja veteen liukenevuudesta johtuen voi olla seurauksena ammoniumnitraatin kulkeutumista ja tunkeutumista kuoren ulkopuolelle, mistä aiheutuu muun muassa korroosiota ammuskuoressa. Amatoli oli sotilaskäytössä sodan aikana, mutta siitä on luovuttu huonon varastointikestävyiden vuoksi.

Heksotoli on heksogeenin ja trotyylin seos, jossa heksogeenin osuus on 40—85 % käyttötarkoituksesta riippuen. Käytetyin seossuhde on 60/40, joka tunnetaan nimellä Composit B. Melko yleisiä ovat myös seossuhteet 70/30 ja 75/25, joille käytetään myös nimitystä cyclotol. Korkeampiin heksogeenipitoisuuksiin päästään valamalla erikoismenettelyin, jossa on merkitystä RDX:n raekoolla ja -kokojakaumalla. Heksotolista valmistetaan tuotteita sekä valamalla että puristamalla eri käyttötarkoituksiin. Heksotolivalussa sulatetaan trotyyli ja seostetaan siihen hienojakoinen heksogeeni, jolloin saadaan valukelpoinen puuromainen massa. Heksogeenin määrän kasvaessa seos ei ole enää valukelpoinen, vaan joudutaan käyttämään puristustekniikkaa. Tällainen on esimerkiksi 85 % heksogeeniä, 15 % trotyyliä sekä hieman vahaa ja grafiittia sisältävä ontelopanosten ammustäytteenä käytettävä puristuskelpoinen massa. Heksotoli on heksogeenia heikompaa ja trotyyliä voimakkaampaa räjähdysainetta. Heksotolia käytetään ontelopanosten, kranaattien, ohjusten ja miinojen räjähdysaineena sekä puristettuna räjäyttiminä kranaateissa ja räjäytysnalleissa.

Heksogeenista johdettuja seosräjähdysaineita ovat **heksaali** ja **heksotonaali**, joka koostuu heksogeenista, trotyylistä ja alumiinista. Seossuhteen ollessa esimerkiksi 42/40/18 % saadaan ammustäytteenä käytettävä valukelpoinen räjähdysaine. Heksaali sisältää heksogeenia, alumiinijauhetta ja lisäaineena vahaa. Alumiini nostaa hapettuaan räjähdyslämpöä ja lämpötilaa sekä lisää seoksen poltto- ja painevaikutusta, minkä vuoksi seosta käytetään ilmatorjuntakranaattien räjähdysaineena. Tyypillinen puristuskelpoinen seos sisältää esimerkiksi 60 % heksogeenia, 30 % alumiinia ja 10 % vahaa.

Muovailtavina räjähdysaineina käytetään heksogeeniä ja pentriittiä, joihin lisätään vahaa siten, että varsinaisen räjähdysaineen osuudeksi jää 80—95 %. Niitä käytetään muovailtavina massoina ja panssaritorjuntaan tarkoitettujen tärykranaattien räjähdysaineena. M-heksogeeni on sideaineiden avulla muovailtavaksi tehtyä heksogeeniä. Puolustusvoimien aiemmin käyttämä muovailtava heksogeeni sisälsi 84 % heksogeenia ja noin 16 % lisäaineseosta, joka koostui mineraaliöljystä ja polymeereistä suhteessa 60/40 %. M-heksogeeni räjähtää tulilanka- tai sähkömallilla. Sen herkkyys on TNT:n kaltainen ja se muotoutuu kohtalaisen hyvin -20°C:een saakka. M-heksogeeni on tahmeaa ja tarttuu melko hyvin panostuskohteisiin.

Muovisidosteinen räjähdysaine (PBX) on seos, joka sisältää yhtä tai useampaa korkeenergistä räjähdysainekomponenttia ja sideaineena toimivaa polymeeriä sekä räjähdysaineen ominaisuuteen vaikuttavia lisäaineita. PBX:ssa on mahdollista yhdistellä räjähdysaineita ja polymeerejä usealla eri tavalla. Lisäaineiden avulla voidaan säädellä räjähdysaineen mekaanisia ominaisuuksia, stabiilisuutta, homogeenisuutta, energiatihyyttä, detonaationopeutta ja -painetta sekä herkkyyttä. Käytetyimmät räjähdysaineet ovat heksogeeni ja oktogeeni. Myös tetryyliä, pentriittiä ja trotyyliä käytetään. Muovisidosteista räjähdysainetta voidaan joko puristaa tai valaa tai siitä voidaan valmistaa taipuisa ja täysin muovailtava räjähdysaine. Koska muovisidosteisesta räjähdysaineesta voidaan esimerkiksi valamalla ja koneistamalla valmistaa erittäin mittatarkkoja räjähdysainekappaleita se soveltuu erinomaisesti muun muassa ontelopanosten ja miinojen räjähdysaineeksi.

Muovisidosteisten räjähdysaineiden edut ovat

- elastiset mekaaniset ominaisuudet, jotka vähentävät herkkyyttä mekaaniseen iskuun
- vähäinen kutistuminen valettaessa, josta johtuen ei synny onkaloita
- epäherkempiä shokki-iskuun kuin perinteiset räjähdysaineet
- taipumus mieluummin palaa kuin detonoida joutuessaan avoimeen liekkiin ja
- hyvä kemiallinen stabiliteetti, josta johtuen sillä on hyvä säilyvyys ampuma-tarvikkeissa.

Aerosoliräjähdysaineilla tarkoitetaan nestemäisiä aineita, jotka muodostavat ilman kanssa räjähtävän seoksen. Esimerkiksi polttoaineena käytettävä propyleenioksidi räjäytetään pienellä panoksella pisaroiksi ilmaan. Syntynyt aerosoli räjäytetään toisella panoksella sopivalla viiveellä. Suotuisissa olosuhteissa voi syntyneen aerosolin detonaationopeus olla noin 2000 m/s ja detonaatiopaine yli 2 MPa. Detonaatiopaine kohdistuu aerosolipilven sisällä useiden kymmenien jopa satojen neliömetrien alueelle.

d Aloiteräjähdysaineet

Varsinaisen räjähdysaineen räjäyttämiseen tarvitaan isku- tai kipinäherkkiä räjähdysaineita, joita käyttötarkoituksen mukaan nimitetään aloiteräjähdysaineiksi. Aloiteräjähdysaineet sytyvät pienellä sytytysenergialla, joka voi olla peräisin tulilangan liekistä, sähkönsallin sytytyskelimen hehkusta tai iskurin iskusta. Aloiteräjähdysaineen tehtävänä on sytyttää detonaatiolla epäherkempiä räjähdysaineita.

Aloiteräjähdysaineet ovat yleensä kemiallisia raskasmetallisuoloja, joiden molekyyllirakenne hajoaa herkästi eksotermisesti eli lämpöä vapauttaen. Niille on ominaista suuri tiheys, mikä on detonaatiopaineen kannalta edullista. Ne sisältävät yleensä raskasmetalleja, kuten elohopeaa ja lyijyä. Niiltä ei edellytetä suurta räjähdysnopeutta, mutta se tulee saavuttaa lyhyellä matkalla ja syttymiskyvyn on oltava varma ja vakio. Ampumatarvikkeissa aloiteräjähdysaineita käytetään suojattuna metallikapseleihin.

Nallien aloitemassat ovat useiden kemiallisten ja mekaanisten aineiden seoksia. Niiden tulee säilyä vuosikautia muuttumattomana ja toimintavarmana. Hapettimien tehtävänä on tuoda riittävästi happea seokseen mikä tarvitaan massan palamisen ylläpitämiseksi. Yleisin käytetty hapetin on bariumnitraatti. Se on stabiili komponentti, eikä reagoi muiden sytytysketjussa olevien komponenttien kanssa. (**Kuva 16 sivu 56.**) Palaessaan se reagoi luovuttamalla happensa helposti, ja muodostamalla palojätteitä, jotka eivät ole ruostuttavia. Muita mahdollisia hapettimia ovat lyijynitraatti ja lyijyoksidi.

Nalleissa yleisimmin käytetty aloiteräjähdysaine on lyijyatsidi, joko sellaisenaan tai seostettuna. Se on väritön ja kiteinen aine, joka kestää hyvin puristusta. Sen rajalataus on pieni, ja sitä käytetään pienikiteisinä saostumina, koska suuret kiteet ovat liian räjähdysherkkiä. Sen mekaaninen seos sisältää 90—95 % lyijyatsidia ja loput esimerkiksi syttyvyyttä parantavaa lyijytrisiniaattia. Kuivan ja puhtaan lyijyatsidin stabiliteetti on hyvä. Se on vesiliukoinen. Kostena se voi reagoida hiilidioksidin tai happamien yhdis-

teiden vaikutuksesta kuparin kanssa. Tällöin syntyy erittäin räjähdysherkkää kupariatsidia, mistä johtuen lyijyatsidia ei voida käyttää kuparimetallia sisältävissä nalleissa. Alumiini on sopiva kuorimateriaali lyijyatsidia sisältäville nalleille.

Lyijytrisinaatti on väriltään keltainen tai punainen, kiteinen aine. Se on veteen lähes liukenematon, mutta muita aloiteräjähdysaineita hygroskooppisempi. Lyijytrisinaatin teho yksin käytettynä on varsin heikko. Tehon lisäämiseksi siihen voidaan lisätä hieman lyijyatsidia. Herkän syttyvyyden vuoksi sitä käytetään sähkösytyttimien hehkulangoissa. Lyijytrisinaattia käytetään nalleissa sellaisenaan tai seostettuna lyijyatsidin kanssa. Se on nallien aloitemassojen yleisimmin käytetty räjähdysainekomponentti. Lyijytrisinaatti on yksinään käytettynä liian epäherkkää. Se vaatii syttyäkseen voimakkaamman iskun kuin mitä käsituoliaseiden iskurilla saadaan aikaan. Lisäämällä aloitemassaseokseen tetratseeniä, se tulee sopivan herkäksi käsiaseille.

Tetratseeni on väritön tai kellertävä, kiteinen aine. Se on lähes liukenematon veteen ja tavallisimpiin liuottimiin. Se kestää hyvin ilman kosteuden ja lämpötilan vaihtelujen aiheuttamat vaikutukset. Tetratseeniä käytetään nallimassan osa-aineena. Se soveltuu hyvin myös suojakerrokseksi lyijyatsidin päälle estämään kosteuden haitallisia vaikutuksia.

Perinteisesti käytetty aloitemassa on **räjähdyselohopea** eli elohopeafulminaatti. Se on puhtaana väritön ja kiteinen aine. Se on veteen lähes liukenematon, mutta kuuma vesi ja hapot hajottavat sen. Kuiva räjähdyselohopea on erittäin herkkää. Sitä voidaan flegmatisoida lisäämällä öljyä, rasvaa tai parafiinia. Räjähdysherkkyyttä voidaan vähentää myös puristamalla sitä suurella paineella, mikä voi saada aikaan jopa räjähdysten estymisen. Räjähdyselohopeaa käytetään tavallisesti seostettuna kaliumkloraatin kanssa. Räjähdyselohopea ei ole nykyisin sotilaskäytössä sen herkyyden, elohopean ja myrkyllisyyden vuoksi.

Aloiteräjähdysaineen oleellisin ominaisuus on syttymisherkkyys. Herkin on lyijytrisinaatti ja toiseksi herkin tetratseeni. Lyijyatsidi on melko huonosti liekistä syttyvä. Tetratseeni on taas käytössä olevista iskuherkin.

3 ASERUUDIT

a Ruutityypit ja niiden käyttö

Ensimmäinen ja useiden vuosisatojen ajan ainoa ruutityyppi oli mustaruuti, jota on käytetty 1300-luvulta lähtien. 1700-luvun loppuun mennessä mustaruudin koostumukseksi vakiintui 75 % salpietaria (KNO_3), 15 % hiiltä ja 10 % rikkiä. Mustaruuti on vanha materiaali, jolle on löydetty lukuisia käyttötarkoituksia nykyaikaisissa ilotulitusvälineissä ja pyroteknisissä laitteissa. Lisäksi laajalla lämpötila-alueella toteutuvien erinomaisten sytytysominaisuuksien vuoksi sitä on käytetään laajasti tykistöpanosten virikeruuti-

na. Erikoisominaisuuksista ja kasvavista käyttötarpeista johtuen sen tutkimukseen ja valmistamismenetelmien kehittämiseen panostetaan suurissa sotilasmaissa.

Toisen maailmansodan jälkeen modernien panosten sytytysjärjestelmistä tuli monimutkaisempia johtuen panosten korkeammasta suorituskykytasosta olemassa olevissa aseissa. Tämä johti sellaisten panosten käyttöön, jotka täyttivät panoskammion paremmin, tullen siten luonnostaan vaikeammin syttyviksi. Yhä enemmän pyrittiin myös suuliekitömiin ja vähemmän savuttaviin ruuteihin, panostaen siten enemmän syttymiseen varmasti ja käytettyjen virikepanosten ominaisuuksiin. Panosten tyydyttävä suorituskyky ääriämpötilaolosuhteissa tuli korostuneesti esiin.

Nykyaikaiset ruudit koostuvat nitroselluloosasta (NC) sekä erilaisista orgaanisista ja epäorgaanisista lisäaineista. Lisäaineet ovat mukana ensisijaisesti palamisnopeuden pitämiseksi vakaana ja säätämiseksi. Aseruuteja nimitetään yksi-, kaksi- ja kolmekomponenttiruudeiksi sen mukaan, montako peruskomponenttia niissä on. Kaksi ja kolmekomponenttiruudeissa osa NC:stä on korvattu korkeampi energisillä nitroyhdisteillä: nitroglyseroli (NG) ja/tai nitroguanidiini (NIGU). Savuttomat aseruudit jaetaan koostumuksen perusteella viiteen ryhmään:

- a) Yksikomponenttiruudit, joissa NC on gelatinoitunut eetterin ja alkoholin avulla. NC-pitoisuus on 90–98%, esim. **N-ruuti**, **CBI** ja **Huokoinen putkiruuti** (porous strand)
- b) Kaksikomponenttiruudit, joissa NC on gelatinoitu nitroglyserolin avulla. NG-pitoisuus 25–50% (**B-ruuti**)
- c) Kolmekomponenttiruudit, (dietyleeniglykolidinitraatti, DEGN), jossa NC on gelatinoitu nitroglyserolin avulla ja massaan on lisätty nitroguanidiinia (**D-ruuti**)
- d) Korkeaenergiset N-ruudit ja nitramiininruudit, jossa massaan on lisätty RDX:ää tai HMX:ää (yli 5 %).
- e) Palloruuti

Kaikkien ruutien pääkomponentti on nitroselluloosa. Muita komponentteja ovat stabilisaattorit ja erilaiset ballistiset lisäaineet. Geometriselta muodoltaan N-ruudit ovat yleensä lehtiruuteja tai jyväruuteja ja käyttökohteet ovat pienikaliiperisistä käsiaseista 155 mm:n tykkeihin. B-ruudissa nitroglyseroli lisää ominaisenergiaa eli potentiaalia ja vähentää hygroskooppisuutta. Nitroselluloosa parantaa yhdisteen stabiilisuutta. B-ruuteja käytetään pääasiassa kranaatinheittimissä. D-ruudille on ominaista alhainen liekin lämpötila, mistä johtuen ne ovat putkea vähemmän kuluttavia. Niillä on alhainen lämpöarvo (3000 – 3700 J/g), ja kuitenkin näillä ruudeilla saavutetaan suhteellisen korkea suuenergia. D-ruuteja käytetään ensisijaisesti suurikaliiperisten aseiden panoksissa, joissa ruutityypille ominainen suuri lämpötilariippuvuus ei ole kriittinen.

Mustaruuti on palamisominaisuuksiensa vuoksi perinteisesti käytetty **virikeruuti**. Tykistön panosjärjestelmissä virikepanos sijoitetaan kangaspussissa panoksen nallin puoleiseen päähän. Nopeusalueen kasvaessa tarvitaan lisäksi lisävirikepanos panoksen keskiosaan. Virikepanosjärjestelmän tehtävänä on välittää ja voimistaa nallin sytytysliekki pääpanoksen sytyttämiseksi. Mustaruuti on suhteellisen käyttöturvallinen virike-

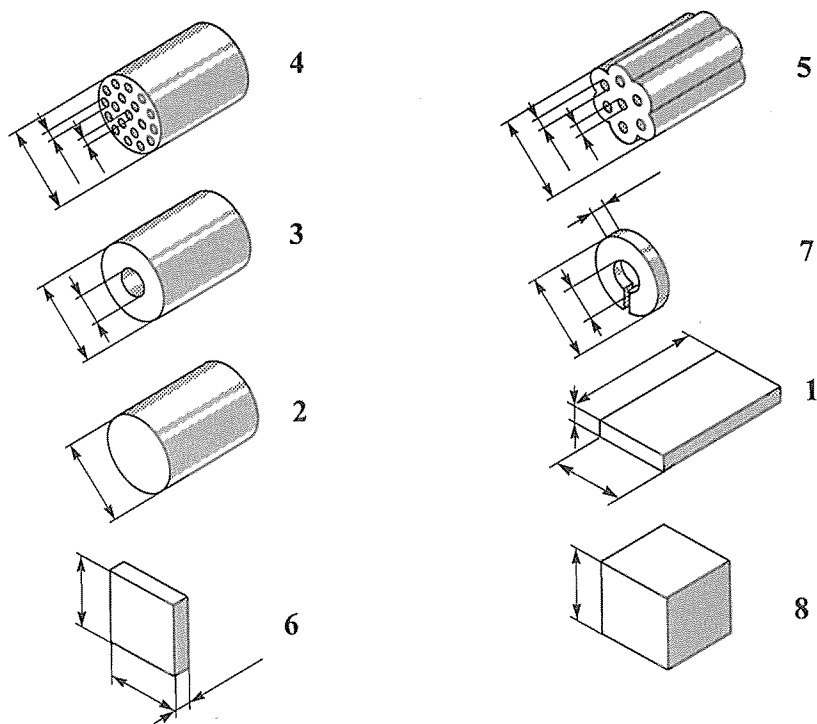
materiaali. Se syttyy hyvin herkästi kuumuudesta, hankauksesta tai kipinästä. Se syttyy herkästi myös ääriolosuhteissa (matalissa lämpötiloissa ja paineissa). Ruudin palamisnopeus on 320—400 m/s ja sillä on korkeampi sytytyslämpötila (noin 450 °C) kuin joillakin muilla virikeruudeilla. Palamislämpötila on noin 1550 °C ja palamisessa syntyy kuumien kaasujen lisäksi kuumia partikkeleita, jotka tunkeutuvat pääpanoksen läpi synnyttäen uusia syttymiskeskuksia ruutityynyissä, joista kehittyy edelleen tasainen ja tehokas sytytyspulssi panokseen. Mustaruudin käyttöä etenkin irtopanoslaukauksilla rajoittavat palamisjätteet, jotka karstoittavat panoskammion tiivistyspintoja. Tätä varten on kehitetty uusia puhtaammin ja nopeammin palavia huokoisruuteja (CBI ja huokoisputkiruuti, porous strand). Mustaruudin palonopeus on noin viidesosa huokoisruutien palonopeudesta.

Palloruudin pääkomponentti on nitroselluloosa, ja useimmiten siinä on myös pieni määrä nitroglyserolia. Valmistuksessa liuotetaan ensin märkä selluloosa ja lisäaineet liuottimeen (etyyliasettaatti). Lisäämällä liuokseen suojakolloidisia ja sekoittamalla syntyy pieniä pallonmuotoisia kiteitä. Käyttämällä valmistusprosessissa haihtuvaa liuotinta mukana saadaan ruuti syntymään pieninä pallonmuotoisina rakeina. Kun haihtuva liuotin poistetaan höyryttämällä pallot jähmettyvät. Kun pallot kuivataan, grafitoidaan ja jyvän pinta pinnoitetaan tinaoksidilla (kuparinpoistoaine), niistä tulee kuulia – palloruudin alkeisosasia. Rakeiden koko ja muoto on sopiva pienikaliiperisille aseille (alle 40mm). Massan tiheys on noin 1000 g/l, paljon alhaisempi kuin muilla tyypeillä (n. 1600 g/l).

Ruutien ominaisuuksia voidaan säätää rajallisesti erilaisilla **lisäaineilla**, jotka antavat ruudille halutut ballistiset erikoisominaisuudet ja varastointiominaisuudet. Jokaisessa ruutityypissä on yksi tai useampi lisäaine, joka voidaan luokitella sen toiminnan mukaan seuraaviin ryhmiin: stabilisaattorit, pintakäsittelyaineet (pintamuokkaaja, pintavoitelu, kipinänesto/grafitointi), palonsäätöaineet, liekinesto- ja kuparinpoistoaineet sekä putken kulumisen estoaineet ja valmistettavuuteen vaikuttavat lisäaineet (pehmentimet, jäähdyttimet). Lisäaineet voidaan saattaa reagoimaan kantakoostumuksen kanssa kolmella tavalla. Stabilisaattorit, pehmentimet ja jäähdyttimet lisätään ruutiin valmistuksen yhteydessä ja ne leviävät tasaisesti lopputuotteeseen. Pintakäsittelyaineet lisätään jyvään niiden muotoilun jälkeen. Liekinesto-, kuparinpoisto- ja kulumisen estoaineet voidaan lisätä ruutiin erillisinä komponentteina, tai ne voidaan sekoittaa ruutimassaan valmistusvaiheessa. Viimeksi mainittuun tarkoitukseen soveltuvat erilaiset vahat, talkki TiO_2 , CaCO_3 ja MoO_3 . Suuliekkiä voidaan vähentää erilaisilla palamisliekin lämpötilaa alentavilla yhdisteillä K_2SO_4 , KNO_3 ja nitroguanidini.

Pintakäsittelyaineina käytetään yleisesti ureapohjaisia yhdisteitä (dimetyyli- ja dietylidifenyylirea eli sentraliitti) tai ftaalihapon estereitä (erityisesti n-dibutyyliftalaatti). Ensinmainitut ovat ruutia gelatinoivia yhdisteitä, jotka toimivat myös stabilisaattoreina. Pieninä pitoisuuksina (noin 1 %) ne pelkäästään stabiloivat ruutia, mutta 3 – 10 %:n pitoisuuksina ne toimivat pintakäsittelyaineina. Ruuteihin soveltuvalta pintakäsittelyaineelta edellytetään mm. yhteensopivuutta ruudin muiden komponenttien kanssa ja sitä, että aine ei vaella ruudissa pitkänkään ajan kuluessa.

Ruudit ovat monimutkaisessa prosessissa valmistettu tarkasti muotoonsa, jotta ne palaavat säännöllisesti ja räjähtämättä olosuhteissa, joissa niitä normaalisti käytetään. Ase-ruuteja valmistetaan käyttötarkoituksesta johtuen erilaisia geometrisia muotoja esim. liuska, nauha, pallo, monireikäinen lieriö tai putki. **Kuva 42.** Jyväkoko ja ruudin seinämän paksuus kasvavat jyrkästi suhteessa ase-ruudin kaliiperiin. Ruutimuoto määritellään progressiivisesti, neutraalisti tai degressiivisesti palavaksi. Progressiivinen palaminen tarkoittaa lisääntyvää, degressiivinen palaminen vähenevää ja neutraali palaminen muuttumatonta pinta-alaa palamisen edetessä. Degressiivisiä ruutimuotoja ovat muun muassa liuska- ja lankaruuti. Monireikäiset sylinterimäiset tai uurretut ruutimuodot palaavat progressiivisesti siihen saakka kunnes palorintamat eli reiät kohtaavat.



Kuva 42 *Esimerkki ruutijyvien muodoista ja jyväruiden dimenssioista*
1. liuskaruuti, 2. lankaruuti, 3. putkiruuti, 4. 7- tai 19-reikäinen jyväruuti, 5. uurrettu jyväruuti, 6. lehtiruuti, 7. rengasruuti ja 8. kuutioruuti

b Kemiallinen ja ballistinen stabiliteetti

Ruudit ovat **kemiallisesti epästabiileja**. Ajanmittaan ja etenkin kosteassa ympäristössä nitroselluloosa ja nitroesterit hydrolysoituvat vapaiksi hapoiksi ja edelleen tyypen oksideiksi. Nämä hapot kiihdyttävät hajoamista edelleen muodostaen lämpöä ja seurauksena saattaa olla itsestään tapahtuva syttyminen. **Stabilisaattorin** vaikutusmekanismi perustuu reaktioon hajoamisessa syntyneiden tyypen oksidien kanssa, ehkäisten

näin jatkoreaktioita. Stabilisaattoreina käytetään yleisimmin urea- ja amiinipohjaisia yhdisteitä, kuten difenyyliamiini (DFA), sentraliitti I ja II sekä akardiitti I ja II. Lisäksi käytetään 2-nitrodifenyyliamiinia ja aniliinia. N-ruudissa yleisimmin käytetty stabilisaattori on difenyyliamiini sekä B- ja D-ruudeissa sentraliitti I. Tavanomaisin stabilisaattoripitoisuus ruudissa on 1–3%.

Nitroselluloosaketjun hajoamiseen liittyvät reaktiot johtavat lopulta stabilisaattorien häviämiseen ruudista. Stabilisaattorien kuluminen heikentää varastointiominaisuuksien lisäksi ruudin mekaanisia ja palamisominaisuuksia, mikä ilmenee koeammunnan suoritusarvojen (lähtönopeus, paine, panoksen toiminta) heikkenemisenä. Lisäksi tärkeitä tekijöitä ovat ballististen ominaisuuksien kannalta pintakäsittelyaineen vaeltaminen ja kosteudesta johtuvat muutokset. **Ballistisen ja kemiallisen stabiliteetin** huononeminen määrittää siten ruudin turvallisen käyttö- ja varastointiajan. Ruudin varoteknisellä valvonnalla seurataan ruudin valmistumisesta lähtien ruutien stabiliteettia erilaisilla laboratoriotesteillä, joiden perusteella määritetään valvontaväli, jolloin seuraava testi tehdään. Kun testiarvot saavuttavat tietyt rajat, on ruuti hävitettävä.

c Varastointi ja pakkaaminen

Aseruudit ovat suhteellisen stabiileja alle 15 °C:n lämpötiloissa, mutta huoneen lämpötilasta (noin 21 °C) ylöspäin hajoamisnopeus kasvaa. Hajoamista kiihdyttää myös kosteus. Ruudit ja panokset pakataan ruudin tasapaino-olosuhteissa (kosteus ja muut haihtuvat komponentit) yleensä ilmatiiviiseen pakkaukseen. Ruuti ”hengittää”, joten vuotava pakkaus ei ainoastaan päästä kosteutta tunkeutumaan sisään, vaan antaa myös haihtuvien komponenttien poistua ruudista erityisesti, jos ympäröivä ilma on alttiina lämpötilan muutoksille. Haihtuvien komponenttien häviäminen voi kiihdyttää ruudin palamisnopeuden sellaiseksi, että asejärjestelmän painerajat saattavat ylittyä.

Mustaruudilla on hyvä varastointikestävyys, kun sitä ei päästetä kostumaan. Se on grafitoitu pinnaltaan, mikä ehkäisee jyvien tarttumisen toisiinsa kiinni (paakkuuntuminen) ja estää kosteuden imeytymistä ruudin sisään. Toisaalta grafitointi estää ruudin hengittämisen ulospäin, mistä johtuen varastointi edellyttää ilmastoituja tiloja. Grafitointi toimii inhibiittorina, joten sillä on tärkeä merkitys myös mustaruudin palamisessa.

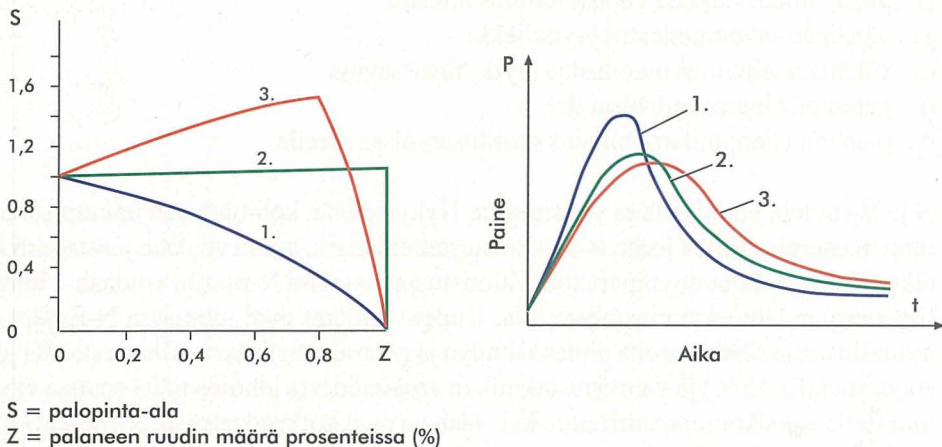
d Ruudin käytettävyys

Ruudin ballistiseen käyttäytymiseen aseessa vaikuttaa kemiallinen koostumus sekä seuraavat tekijät:

- ruutijyvän koko ja muoto sekä reikien lukumäärä
- seinämän vahvuus eli palopintojen välissä olevan kiinteän ruudin määrä (mitä paksumpi seinämä sitä pitempi palo-aika)
- palamisnopeus, pintakäsittely ja huokoisuus sekä
- haihtuvien ja inerttien aineiden sekä kosteuspitoisuus (haihtuma).

Ruutien täytyy toimia luotettavasti laajalla lämpötila-alueella (-40°C — $+50^{\circ}\text{C}$), ja niiden täytyy säilyttää eheydensä sytytysjärjestelmien voimakkaita paineiskuja vastaan. Varsinkin matalissa lämpötiloissa ruuti voi haurastua siten, että jyvä hajoaa paineiskujen seurauksesta pieniksi palasiksi. Tällä tarkoitetaan lasittumislämpötilaa, jossa ruudin mekaaniset ominaisuudet muuttuvat jyrkästi. Ruudin murtuessa palopinta-ala ja vilkkaus kasvavat, mikä voi johtaa laukaustapahtumassa jopa detonaatioon saakka. Korkeissa lämpötiloissa ruuti pyrkii pehmenemään. Se saattaa aiheuttaa deformaation sytytysimpulssista, jolloin ruutipanos painuu niin tiiviiksi, että sytytyskaasut eivät pääse tunkeutumaan ruutipanoksen läpi.

Ruudin palaessa rajoitetussa tilassa palonopeus kasvaa paineen ja lämpötilan kasvaessa. Nopeasti palava ruuti synnyttää tiettyssä aseessa korkeamman paineen kuin hitaasti palava ruuti. Jotta sallittua putkipainetta ei ylitettäisi on paloaikaa voitava säädellä. Palonopeus ja paloaika ovat verrannollisia ruudin palopinta-alaan. Tietyn kemiallisen koostumuksen omaava ruuti voidaan tehdä nopeammin palavaksi pienentämällä raekokoa, jolloin palopinta-ala suurenee. Palamisen edetessä palonopeus ja paineen muutos riippuvat palopinta-alan muuttumisnopeudesta, jota kuvataan muotofunktiolla. **Kuva 43.** Ammuksen lähtönopeus on verrannollinen painekäyrän alapuolelle jäävään pinta-alaan. Degressiivisellä ruudilla saadaan periaatteessa kapea ja korkea painekäyrä. Tiettyjen rajaehtojen vallitessa (sama jyvien alkupinta-ala, kemiallinen koostumus ja panoksen massa) jyvän muodon muuttaminen progressiivisemmaksi johtaa laajempaan painekäyrään, matalampaan huippupaineeseen ja korkeampaan lähtönopeuteen. Perinteisillä aseilla tavoitteena on progressiivinen palaminen, tai vähintäänkin tulee varmistaa, että palopinta-ala pysyy vakiona palamisen ajan.



Kuva 43 Ruutipanoksen progressiivisuuden vaikutus painekäyrään
1. degressiivinen, 2. tasaisesti palava ja 3. progressiivinen

N-ruudin palamisominaisuuksia voidaan lisäksi säädellä pintakäsittelyn avulla. Pintakäsittelyaine ruiskutetaan ruutiin etanoliin liuotettuna. Aine imeytyy ruudin ulkopinnalle, ja vaikuttaa palamiseen sen alkuvaiheessa. Pintakäsittely hillitsee palamista ulkopinnoilta alentamalla palamisreaktion palamislämpötilaa pinnalla. Pintakäsittelyllä voidaan par-

haimmillaan parantaa progressiivisuutta, mikä lisää ammuksen liike-energiaa kasvattamatta asean putkea rasittavaa maksimipainetta.

Lisäksi ruudin palamisominaisuudet riippuvat kemiallisesta koostumuksesta ja kosteudesta. Painonvähennys eli **haihtuma** ilmoittaa ruudissa olevan haihtuvien aineiden määrän prosentteina massayksikköä kohti. Suhteellisesti ruuti sisältää haihtuvia aineita vähän, jolloin pienet muutokset haihtumassa ilmenevät suurena muutoksena palonopeudessa ja edelleen ammuksen lähtönopeudessa ja paineessa. Kosteuden pitää olla määrättyjen rajojen sisällä ruutia panostettaessa, jotta ruuti palaisi ennakoidulla tavalla. Kosteuden säätely hoidetaan ilmastoinnilla eli pitämällä ruutia 55 % suhteellisessa kosteudessa ja +20 °C lämpötilassa ruudin kosteuspitoisuus vakiintuu tiettyyn arvoon, jota nimitetään tasapainokosteudeksi. Ruutityypistä, -massasta ja kuivuus-/kosteusasteesta riippuen tarvittava ilmastointiaika vaihtelee.

e Kehitysnäkymiä

Ruuti on asejärjestelmän keskeinen osa, ja tutkimus entistä parempien ruutien kehittämiseksi on jatkuvasti käynnissä. Kriittisiä tekijöitä kehitystyössä ovat:

- a) suurempi energiasisältö matalammilla palolämpötilalla
- b) vähäisempi asetta kuluttava vaikutus
- c) palonopeuden ennustettavuus laajalla painealueella
- d) kykyä syttyä helposti ja nopeasti
- e) epäherkkyys vihollisen toiminnalle
- f) pitkä elinikä kaikissa varastointiolosuhteissa
- g) vähäinen savumuodostus ja suuliekki
- h) vähäinen taipumus muodostaa myrkyllisiä savuja
- i) paremmat lujusominaisuudet
- j) pienempi lämpötilariippuvuus suoritusarvoissa aseella

N ja B-ruuteja valmistetaan yleisimmin. Nykyisellään kehittämisen painopiste on N-ruutien energiasisältöä lisäävissä valmistustekniikoissa, joissa voidaan joustavasti käyttää perinteistä tuotantoympäristöä. Valmistusprosessissa N-ruutiin voidaan imeyttää lisäenergian lähteeksi nitroglyserolia. Uudet tekniikat ovat tuomassa N-ruudin optimointiin uusia säätösuureita pintakäsittelyn ja geometrian lisäksi. Alhaisesta NG -pitoisuudesta (alle 15 %) ja valmistustekniikan eroavuudesta johtuen näitä ruuteja ei voida luokitella kaksikomponenttiruudeiksi, vaan ne ovat korkeaenergisiä N-ruuteja - toisen sukupolven N-ruuteja.

Toinen kehityssuunta on vaikuttaa palamisominaisuuksiin pintakäsittelyn ja ruutigeometrian avulla. Tavoitteena on progressiivisempi palaminen. Pintakäsittelyaine lisätään ruutiin prosessin loppuvaiheessa ja se absorboituu pääosin jyväsien ulkopinnalle. Lisäaine estää syttymisen ulkopinnalta palamisen alussa laskien palamisreaktion lämpötilaa jyvän pinnalla. Pintakäsittely muuttaa jyvän palamisominaisuuksia siten, että parhaim-

massa tapauksessa pintakäsittely lisää ruudin progressiivisuutta ja edelleen ammuksen liike-energiaa nostamatta maksimipainetta.

Kolmikantaisilla ruudeilla kehitystyön painopiste on nitroguanidiinin korvaaminen nitramiiniyhdisteillä: RDX (heksogeeni) tai HMX (oktogeeni). Nitramiiniyhdisteitä sisältävien koostumusten on havaittu tarjoavan suuremman energiansisällön, suuremman tiheyden ja matalammat palamislämpötilat. Nitraattiesterien puuttuessa nämä ruudit ovat myös perinteisiä aseruuteja vähemmän iskuherkkiä ja siten vähemmän taipuvaisia syttymään ulkoisista herätteistä. Julkaistujen ballististen kokeiden perusteella nitramiini-ruudit ovat enemmän asetta syövyttäviä ja tulevaisuudessa on kiinnitettävä erityisen paljon huomiota putken kulumiseen palamislämpötilan ohella. Nitramiini-ruudeilla on korkea palamislämpö (yli 4500 J/g) josta syystä niitä ns. käytetään lyhyen käytön aseilla, esimerkiksi tavallisesti panssarivaunujen aseissa.

Pyrkimys kohti epäherkkiä ja korkeampienergisiiä ampumatarvikkeita on suunnannut suurikaliiperisten aseiden ampumatarvikkeiden kehitystyötä uusiin ruutityyppeihin, jotka eivät sisällä nitroselluloosaa. Tavoitteena on ruutityyppi, joka on epäherkkä ulkoisille vaikutuksille (paineiskut ja mekaaniset rasitukset) ja vähemmän herkkä syttymään luoti- tai sirpalehyökkäyksestä tai tulesta, ja että jatkoreaktio voi johtaa enintään palamiiseen (deflagraatio) eikä räjähdykseen. Ruudin massa koostuu hapettimesta (heksogeenia tai oktogeenia), sideainepolymeerista (esim nitroselluloosa, etyyli-selluloosa-asetatti) ja lisäaineista. Voimakkaiden räjähdysaineiden, esimerkiksi heksogeenin herkkyyttä voidaan vähentää upottamalla ne kumimaiseen muoviin (muoviräjähteet). Suurehkoja ohjelmia näillä teknologioilla on ollut käynnissä vuodesta 1970 - lähtien Englannissa ja Yhdysvalloissa akronyymeillä: LOVUM ja LOVA (Low vulnerability ammunition).

4 RAKETTIRUUDIT

Kiinteän olomuodon rakettruuteja ovat **kaksipohja- ja komposiittiruudit**. Ensin mainitut ovat homogeenisia ruuteja, joissa hapetin ja paloaine sisältyvät samaan molekyyli-rakenteeseen. Ne ovat nitroselluloosapohjaisia (45—60 %). Toisena pääkomponenttina niissä on nitroglyseroli tai diglykolidinitraatti (25—40 %), jolla ruuti gelatinoidaan. Koostumukseen sisältyy yleisesti myös TNT:tä ja DNT:tä. Sopivien ballististen ominaisuuksien sekä säilyvyys- ja valmistusominaisuuksien saavuttamiseksi käytetään lisäaineina pehmittimiä (esimerkiksi dietyyli-fitaatti) ja stabilisaattoreita (sentraliitit).

Kaksipohjaruudit edustavat perinteistä rakettruutien tekniikkaa ja niitä on käytetty yleisesti 1960 -luvulle saakka. Kaksipohjaruuteja on edelleen käytössä pienemmissä sovelluksissa, esimerkiksi panssarintorjuntaohjuksissa. Nykyisin länsimaiset rakettruudit perustuvat komposiittiruutien käyttöön. Ne ovat heterogeenisia ruuteja, jotka koostuvat kolmesta komponentista. Orgaaninen polymeeri on sideaineena (15 %), kiinteä hapetin (60—80 %) pääkomponenttina ja palava metalli, esimerkiksi alumiini lisäenergian lähteenä. Yleisimmin käytetty sideaine on hydroksyyli-päätteinen polybutadieeni (HTPB)

ja hapetin ammoniumperkloraatti (AP). Hapetin tuo yhdisteeseen palamisessa tarvittavan hapen. Hyvä hapetin pystyy tuottamaan suuren moolimäärän kaasumaisia palamistuotteita ja sen tiheys on suuri ja muodostumislämpö pieni. Sideaine ja metallit toimivat paloaineina. Sideaine sitoo ruutirakenteeseen hapetin- ja metallipartikkelit. Se muodostaa sitkeän kumimaisen massan, joka määrää pääasiallisesti ruudin mekaaniset ominaisuudet. Sideaineen tulee olla eristeenä käytettäviin polymeereihin tai rakettimoottorin metalliosiin kiinnittyvää. Jotta ruudin mekaaniset ominaisuudet olisivat hyvät, sideaineen tulee muodostaa tiivis kalvo hapetin- ja metallipartikkelien ympärille.

Hapettimena käytetyn AP:n tärkeimpiä vaatimuksia ovat valmistusprosessin aikaiset kuivat olosuhteet sekä partikkelien koko ja muoto. Raekokojakauma vaikuttaa ruudin mekaaniin ominaisuuksiin, palonopeuteen ja valettavan seoksen viskositeettiin. Metallit kasvattavat ruudin energiaa reagoimalla erittäin eksotermisesti hapettimien kanssa ja pienentämällä energiahäviöitä vähentämällä vesihöyryn ja lisäämällä vedyn osuutta palokaasuissa. Nykyisissä raketeissa kiinteä raketiruuti on kiinnittyneenä palokammion seinämäään. Rakettimoottorin palaminen alkaa ruutimoottorin keskellä olevan kanavan sisäpinnalta edeten säteittäisesti ulospäin.

Ammuksen perävirtausyksikön ruutipanos perustuu raketiruutiteknologiaan. Erona kemiallisessa koostumuksessa on, että lisäenergian lähteenä oleva alumiini on jätetty pois. Länsimaisissa ratkaisuihin perävirtauspanoksen tekniikka perustuu muovisidosteisten valettavien (HTPB) tai puristettavien (TPE) komposiittiruutien käytölle. Hapettimena on ammoniumperkloraatti (noin 75 %) kuten rakettimootoreissakin. Sideaineena käytetään hydroksyyliipäätteistä polybutadieenia (HTPB) tai styreeni-isopreenikopolymeeria, joka on termoplastinen elastomeeri (TPE). Joissakin ratkaisuihin hapetin on korvattu osittain heksogeenilla (noin 25 %). Valettava HTPB -pohjainen tekniikka on kehittynyt länsimaissa raketiruutijonon sivutuotteena, ja puristettava TPE-tekniikka edustaa nykyisellään erikoistuotantoa yksinomaan ammuksen perävirtauspanoksia varten.

Kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien perusteella TPE tekniikan etuja HTPB -tekniikkaan verrattuna ovat pienempi herkkyys kosteudelle, joustavampi valmistusmenetelmä, pienempi kontrolli tuotannossa, paremmin saavutettavat lujuusominaisuudet sekä säännöllisempi palaminen erikoisesti pakkasolosuhteissa.

5 PYROTEKNISET MASSAT

a Yleistä

Pyroteknisellä aineella saadaan aikaan haluttu lämpö-, savu-, valo-, viive-, ääni- tai muu vastaava vaikutus. Pyroteknisten massojen pääkomponentit ovat polttoaine ja hapetin, jotka saatetaan reagoimaan sytyttämällä tai räjäyttämällä. Ne tuottavat savua tai sumua (peite- ja merkinantosavut), valoa (merkki- ja valaisuvalot) ja ääntä (tulenkuvaukset). Pyroteknisiin massoihin luetaan myös aikautusmassat, joita käytetään pyrotek-

nisissä välineissä. Aikautus- tai hidastemassoilla ajoitetaan yleensä sytytystapahtumaa ja massa sijaitsee sytytysketjussa yleensä nallin ja räjäyttimen välissä.

Pyroteknisiltä aineilta vaaditaan

- tasaista palamisnopeutta
- käsittelyvarmuutta
- varastointikestävyyttä
- suurta vaikutusta ainemäärää kohti sekä
- aineen ja reaktiotuotteiden vaarattomuutta käyttäjille.

b Komponentit ja ominaisuudet

Pyroteknisten massojen polttoaine (pelkistin) on alkuaine tai yhdiste, jolla on kyky luovuttaa elektroneja. Ilmiötä nimitetään palamiseksi silloin, kun polttoaine yhtyy happeen, muulloin puhutaan hapettumisesta, joka voi olla hyvin kiivas reaktio. Pyroteknisissä massoissa käytetään polttoaineina tavallisimmin

- metallijauheita (alumiini, magnesium tai sinkki)
- fosforia (punainen tai valkoinen)
- hiiltä (grafiitti, noki)
- rikkiä, booria tai piitä
- orgaanisia yhdisteitä (antraseeni, naftaleeni, hiilihydraatteja esimerkiksi tärkkelys, sokerit) ja
- polymeerejä (hartsit).

Alumiinijauhetta käytetään pyroteknisissä massoissa polttoaineena ja sotilasräjähdysaineissa (esimerkiksi heksotonaali, heksaali, oktonaali) lisäaineina käyttötarkoituksensa mukaisessa raekoossa (atomisoitu, hiutaloitu). Alumiini on luokiteltu puhtauden perusteella kolmeen tyyppiin ja raekoon ja tiheyden perusteella viiteen luokkaan. Alumiinin palamiseen vaikuttavat ominaisuudet ovat tiheys (kiinteänä 2699 kg/dm^3), sulamispiste $659 \text{ }^\circ\text{C}$ ja palamislämpö 370 kJ/kg .

Alumiini reagoi veden ja emästen kanssa vapauttaen vetyä. Vety on tunnetusti herkästi syttyvä aine. Alumiini liukenee emäksiin sekä suola- ja rikkihappoon. Alumiinijauhe on hygroskooppista. Se reagoi kiivaasti kloorattujen hiilivetyjen (muun muassa heksakloorietaani ja -bentseeni) ja kaliumperkloraatin kanssa kuumennettaessa. Alumiinijauhe muodostaa ilman kanssa syttyvän seoksen.

Hapetin on aine (alkuaine tai yhdiste), jolla on kyky vastaanottaa elektroneja. Hapettimet ovat yleensä happea sisältäviä yhdisteitä. Hapettimena voi toimia happea sisältämättömät aineet ja yhdisteet, mutta niillä täytyy olla kyky vastaanottaa elektroneja. Hapettimena pyroteknisissä massoissa käytetään tavallisimmin

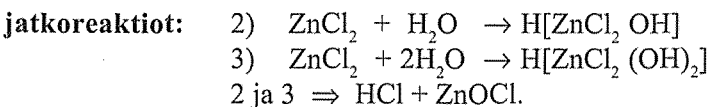
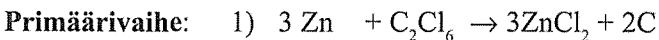
- kloraatteja (bariumkloraatti ja kaliumkloraatti)
- perkloraatteja (ammoniumperkloraatti, barium-, kalium-, litium- tai strontium-perkloraatit)

- nitraatteja (ammoniumnitraatti, barium-, kalium-, litium- tai strontiumnitraatit)
- oksideja (kupari-, mangaani-, rauta-, sinkki- ja lyijyoksidit sekä lyijy-, titaanidioksidit)
- kromaatteja (barium- tai lyijykromaatit) ja
- heksakloorietaania.

Kaliumkloraaattia käytetään hapettimena pääasiassa sytytys- ja valaisumassoissa. Se voi olla pääkomponenttina klooraattiräjähdyksaineissa. Se liukenee niukasti kylmään veteen. Kaliumnitraattia käytetään pääasiassa sytytys- ja valaisumassoissa sekä mustaruudissa hapettimena. Kaliumnitraatti reagoi kiivaasti kuumennettaessa boorin, rikin, sulfidien, natriumasetaatin, syttyvien orgaanisten aineiden (öljy), talin ja kuituaineiden kanssa. Se liukenee helposti veteen. Natriumnitraattia käytetään seosaineena (noin 10 %) dynamiiteissa. Pyrotekniikassa sitä käytetään valaisumassoissa sekä hapettimena että kellertävän valon tuottajana. Se on palo- ja räjähdysvaarallinen kuumennettaessa joko yksistään tai pelkistävien aineiden kanssa. Natriumnitraatti on hygroskooppista ja liukenee hyvin veteen. Merkkisavuissa väriaine on polttoaineen ja hapettimen ohella pääkomponentti. Merkkivalo- ja valaisumassoissa käytetään hapettimena haluttua väriä synnyttävää ainetta, jolloin erillistä väriainetta ei tarvita.

Pyroteknisissä massoissa käytetään **lisäaineina** erilaisia sideaineita, kosteudensuojaineita, hidastimia ja kiihdyttämiä reaktionopeuden säätelyä varten sekä valmistusta helpottavia aineita ja flegmatointiaineita. **Sideaineina** käytetään hartseja, vahoja, muoveja ja öljyä. Näiden avulla saadaan pyroteknisistä massoista tasalaatuisempia ja ne estävät eri seoskomponenttien erottumista. Ne parantavat hapettimien ja pelkistimien tarttumista toisiinsa, jolloin puristeen tiheys ja paloteho kasvavat ja syttymisherkkyys huononee. **Kosteudensuoja-aineina** käytetään hartseja, stearaatteja, vahoja, muoveja, öljyjä ja lakkoja. Osittain samoja aineita voidaan käyttää myös **hidastimina** (epäorgaanisia suoloja, muoveja, hartseja, vahoja ja öljyä). Ne pienentävät reaktionopeutta. Talkkia käytetään helpottamaan valmistuksessa massan juoksevuuutta.

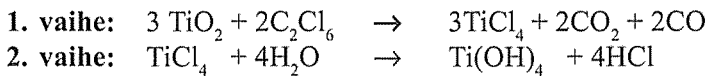
Esimerkkinä savumassoista on **harmaa savumassa**, joka koostuu sinkkijauheesta, heksakloorietaanista ja jauhetusta trotyylista. Trotyyli nostaa seoksen palamislämpötilaa ja stabiloi savumassaa estäen sulaessaan savumassan itsesyttymisen. Se vaikuttaa paloreaktion ylläpitämiseen, mutta ei varsinaisesti savun muodostukseen. Savun muodostuminen perustuu useampivaiheeseen reaktioketjuun seuraavasti:



Reaktioketjun aluksi sinkki hapettuu kloorin vaikutuksesta sinkkikloridiksi, joka on muodostuvan primäärisumun pääkomponentti. Jatkoreaktioina kosteus reagoi massassa olevien komponenttien ja palamisreaktioissa syntyvien välituotteiden kanssa, joista myrkyllisin on ZnCl_2 . Seuraavassa vaiheessa pienen hiukkaskoon omaava primääria-

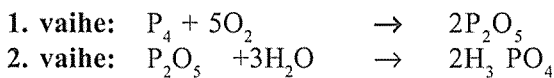
erosoli reagoi ilman kosteuden kanssa muodostaen peittävän sumun, jonka hiukkaskoko on noin kymmenkertainen primäärisumuun verrattuna. Savun tummuus johtuu ensimmäisen reaktiovaiheen jäännöshiilestä. Mitä kosteampaa ilma on, sitä peittävämpi savusta tulee jatkoreaktion seurauksena. Jos harmaata savumassaa poltetaan suljetussa tilassa, muodostuu pääasiassa primäärisumua, koska ilman kosteus ei riitä hydrolysoimaan kaikkea sinkkikloridia. Pienen hiukkaskoon omaava primäärisumu tunkeutuu hengitettäessä syvälle keuhkoihin aiheuttaen ärsytystä ja jopa vakavia keuhkovammoja. Lisäksi palamisjäänteinä syntyy edellä mainitun sinkkikloridin lisäksi terveydelle vaarallista suolahappoa HCl. Myrkyllisyytensä vuoksi harmaan savun käyttö suljetuissa tiloissa on kielletty.

Toisena esimerkkinä on **titaanidioksidisavumassa**, joka koostuu titaanidioksidista, heksakloorietaanista ja alumiinista. Savunmuodostus perustuu kaksivaiheiseen reaktioon seuraavasti:



Jatkoreaktiossa titaanitetrakloridi reagoi edelleen ilman kosteuden kanssa muodostaen titaanihydroksidia ja suolahappoa.

Valkoista ja punaista fosforia käytetään sekä savuaineena että lämpöä synnyttävänä aineena. Fosforisavu muodostetaan esimerkiksi siten, että kranaatin räjähtäessä täytteenä oleva fosfori hajoo ilmaan ja reagoi hapen kanssa palaen fosforipentoksidiksi muodostaen kosteuden vaikutuksesta valkoisia fosforihappopisaroita. Pisarat ovat hyvin pieniä ja pysyvät pitkään ilmassa muodostaen savuverhon. Reaktio tapahtuu seuraavissa vaiheissa:



Öljysavuissa käytettävä öljy suihkutetaan pieniksi pisaroiksi. Tämä voidaan tehdä joko erillisillä savugeneraattoreilla tai ruiskuttamalla öljy esimerkiksi panssarivaunun kuumaan pakosarjaan.

Infrapunasavu antaa suojan passiivisia infrapunatiedusteluvälineitä vastaan. Toimintamekanismi perustuu siihen, että savun hiukkaskoko on sopiva peittämään infrapunasäteilyn käytetyimmät aallonpituusalueet 3—5 ja 8—14 μm .

Merkkisavuja käytetään värilliseen savuun perustuvissa merkinantovälineissä. Toimintamekanismi perustuu siihen, että massassa oleva orgaaninen väriaine höyrystyy palamisreaktion lämmön vaikutuksesta. Tullessaan purkista ulos höyry tiivistyy hienojakoisiksi värihiukkasiksi. Polttoaineena käytetään esimerkiksi sokeria, hapettimena kaliumkloraattia ja väriaineena antrakininiväriaineita. Sideaineina voidaan käyttää muoveja, jolloin massoista saadaan valettavia. Värisavuille on tärkeää, että savua muo-

dostuu riittävästi ja värit erottuvat toisistaan ja käyttöympäristöstään. Käytettyjä värejä ovat violetti, punainen, keltainen ja oranssi.

Epäpuhtaudet heikentävät **pyroteknisten massojen** stabiiliteettia. Säilyvyyden, varastointikestävyyden ja toiminnan kannalta kosteus on haitallisinta, koska se aiheuttaa hajoamisreaktiota, jotka saattavat johtaa jopa itsesyttymiseen. Kostuneet massat eivät myöskään toimi odotetulla tavalla. Pyrotekniset massat on varastoitava niin, että niihin ei pääse kosteutta missään vaiheessa. Massassa epäpuhtauksina olevat metallit saattavat muodostaa galvaanisen parin metallijauheen kanssa (esimerkiksi Cu-Pb -pari) kostuneissa massoissa ja nopeuttaa näin massan pilaantumista varastoitaessa.

Pyroteknisten massojen lähtöaineista voi syntyä yhteensopimattomia yhdistelmiä, joissa reaktiot voivat lähteä liikkeelle itsestään ja kehittyä voimakkaasti aina räjähdykseen saakka. Valkoinen fosfori syttyy joutuessaan kosketuksiin ilman kanssa. Kaliumklooraatin KClO_3 joutuessa tekemisiin ammoniumsuolojen kanssa saattaa syntyä ammoniumklooraattia NH_4ClO_3 , joka voi hajota itsestään eksotermisesti (lämpöä voimakkaasti vapauttaen) ja seurauksena voi olla itsestään syttyminen ja räjähtäminen. Ammoniumklooraatti reagoi räjähtämällä $94\text{ }^\circ\text{C}$:ssa seitsemässä, $100\text{ }^\circ\text{C}$:ssa kolmessa ja $107\text{ }^\circ\text{C}$:ssa kahdessa minuutissa

Ammoniumnitraatti ja klooraattiseokset ovat yleensä sopimattomia syttymisherkkyyden vuoksi. Esimerkiksi $\text{AN} + \text{KClO}_3$ -seos stökiometrisessä suhteessa räjähtää jo $120\text{ }^\circ\text{C}$:ssa. Kaliumklooraatti - rikkiseos saattaa syttyä itsestään happamissa olosuhteissa. Happamuuden poistamiseksi näissä seoksissa käytetään yleensä neutralointiaineena karbonaatteja, jotka lisätään rikkiin tai kaliumklooraattiin ennen sekoittamista. Kaliumklooraatin tai -perklooraatin ja punaisen fosforin saa sekoittaa vain kosteana, sillä seos on niin herkkää, että se saattaa syttyä sekoituksessa syntyvästä hankauksesta tai aivan itsestään sekoituksen jälkeen. Glyseroli - kaliumpermanganaatti seos syttyy 10—20 sekunnin kuluttua aineiden yhdistämisestä. Ammoniumnitraatin, kaliumklooraatin tai -perklooraatin ja öljyn seokset ovat räjähdysaineita.

V LUKU BALLISTIikka

A SISÄBALLISTIikka

1 YLEISTÄ

Sisäballistiikka tutkii kaikkia ase- tai rakettimoottorissa laukauksen aikana tapahtuvia ilmiöitä. Tarkasteltaviin ilmiöihin kuuluvat panosruudin syttyminen, ruudin palaminen ja paineen kehittyminen ajan ja putkimatkan funktiona sekä ammuksen kiihtyvyys-, nopeus-, paikka- ja rotaatiosuureet. Tärkeimmät sisäballistiikassa käytetyt tutkimusvälineet ovat mittavälineenä käytettävä ase ja siihen liittyvät paineen ja lähtönopeuden mittaussäilykkeet sekä manometripommi.

Koska asetta käytetään mittavälineenä, on tunnettava sen kalibrointitila sekä ase- kulumisesta johtuvat korjaus- eli redukointikertoimet.

Sisäballistiikan tärkeimpiä käytännön tehtäviä ovat

- halutun lähtönopeuden antavien panosten määrittäminen
- panoksissa tarvittavien ruuti- ja mittoitusten kehittäminen ja määrittäminen
- panosten ja erityisesti niissä käytettävien virikepanosjärjestelmien syttymisen kehittäminen
- sisäballististen korjaus- eli redukointikertoimien määrittäminen sekä
- osallistuminen asejärjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen.

Kaikkien tehtävien suorittamiseksi on välttämätöntä pystyä määrittämään ammuksen liiketilä ja aseessa vallitseva paine laukaustapahtuman kuluessa. Tätä kutsutaan **sisäballistiikan päätehtävän** ratkaisemiseksi. Päätehtävän ratkaisemiseksi on tarpeen tuntea ainakin ruudin palamisnopeuden, paineen muodostumisnopeuden ja ammuksen liiketilä kuvaavat yhtälöt.

Jotta päätehtävän ratkaisu ylipäättään olisi mahdollinen, joudutaan yleensä tekemään useita yksinkertaistavia oletuksia. Käytettävän sisäballistisen mallin monimutkaisuus riippuu siitä, millaisia ilmiöitä mallin halutaan kuvaavan. Mallin monimutkaisuus ei kuitenkaan merkitse sitä, että sillä saatu ratkaisu vastaisi tarkasti todellisuutta. Käytännön työssä riittävään tarkkuuteen päästään useimmiten yksinkertaisemminkin malleilla.

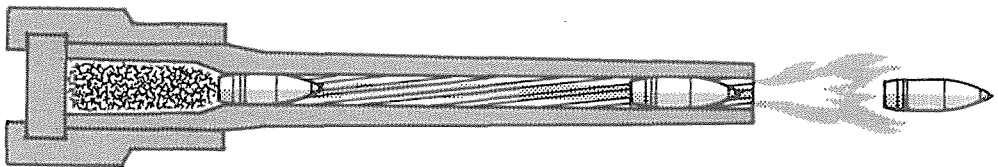
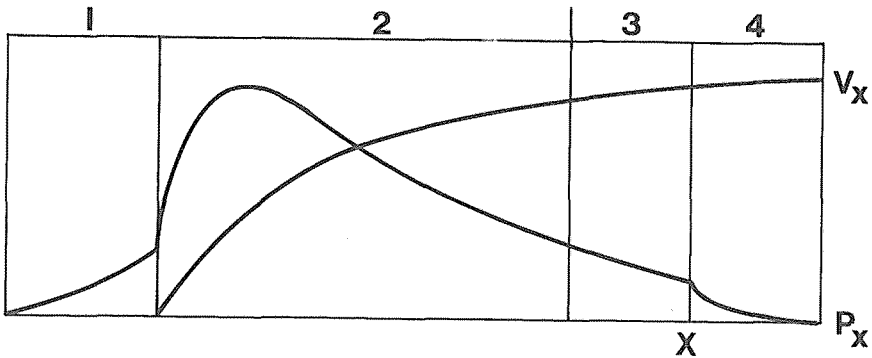
2 LAUKAUSTAPAHTUMA

Laukaustapahtuma alkaa pohja- tai lukkonallin syttymisestä. Sytytys välitetään ase- ja panoskohtaisesti suunnitellun sytytysjärjestelmän avulla pääpanokseen.

Syttymisvaiheen aikana patruunalaukauksen ammus on kiinni hylsyn suussa ja kartussi- tai irtopanoslaukauksen ammus on kiinnittyneenä johtorenkaastaan ylimenokarti-oon. Pääpanosuudin syttyessä alkaa palamistuotteena muodostua kaasua, joka panoskammioon purkautuessaan nostaa siellä painetta. Paineen nousu lisää ruudin palamisnopeutta, joten paine nousee yhä nopeammin. Paineen noustessa saavutetaan johtorengas tai vaipan muotoutumispaine, jolloin ammus lähtee liikkeelle. Ammuksen lähtiessä liikkeelle vaippa tai johtorengas tunkeutuu putken ylimenokartion läpi putken rihlattuun osaan.

Ammuksen lähtiessä liikkeelle alkaa sen takana oleva tilavuus kasvaa ja ruutikaasu työtä tehdessään jäähtyä. Molemmat tekijät alentavat painetta. Ennen pitkää painetta alentamaan pyrkivät tekijät kumoavat ruudin palamisesta johtuvan painetta nostavan vaikutuksen ja paineen nousu pysähtyy. Ammuksen liikuttua kranaatinheittimillä noin yhden ja tykeillä noin kymmenen kaliiperin mittaa, saavutetaan **maksimipaine**, jolloin ammuksen kiihtyvyys on suurimmillaan. Jos palamisvaihe on liian pitkä, on seurauksena paineen jatkuva kasvu ja normaalia suurempi suuliekki. Tämän jälkeen paine alkaa laskea ja ruudin palaminen hidastua, kunnes ruuti on kokonaisuudessaan palanut. Tavallisesti panos pyritään suunnittelemaan siten, että **palamisvaihe** päättyy, kun ammus on edennyt noin kolmanneksen putken pituudesta.

Laajenemisvaihe alkaa, kun ruuti on palanut loppuun. Ruutikaasujen lähes adiabaattinen laajeneminen lisää edelleen ammuksen liike-energiaa. Sisäballistinen osuus päättyy ammuksen tiivistysosien ylittäessä putken suutason. Aikaa, joka ammukselta kuluu liikkeellelähdistä putken jättämiseen kutsutaan putkiajaksi. Ruutikaasujen laajeneminen jatkuu tämän jälkeen siihen saakka, kunnes niiden paine on alentunut ympäristön paineen tasalle. **Kuva 44**



Kuva 44

Laukaustapahtuma

1. syttymisvaihe, 2. palamisvaihe, 3. laajenemisvaihe ja 4. purkautumisvaihe

3 SYTYTYSVAIHE

Sytytysketjuksi kutsutaan erillisten sytytyselementtien muodostamaa kokonaisuutta, jotka peräkkäin toimiessaan sytyttävät pääpanoksen. Sytytysvaiheella on olennainen merkitys panoksen toiminnalle. Panoksen tulee syttyä ja toimia turvallisesti kaikissa käyttölämpötiloissa.

Käsiaseiden pienen ja pienijyväisen panoksen sytyttämiseen riittää nallin **aloitemassa**. Kaliiperin ja ruudin paksuuden kasvaessa aseessa täytyy käyttää nalleja, joissa on aloitemassan lisäksi **sytytyspanos**. Yli 40 mm:n aseissa käytetään näiden lisäksi tavallisesti ase- ja panoskohtaisesti suunniteltuja **virikepanoksia**, joissa virikeruudin määrä on yleensä 1—2 % pääpanoksen massasta.

Nallin aloitemassa sytty iskurin iskusta tai sähköllä. Muut sytytysketjun elementit sytyvät edellisen elementin synnyttämästä palavien kappaleiden sekä kuumen ruutikaasun muodostamasta sytytysvirtauksesta. Palavien kappaleiden osuus **sytytysvirtauksessa** vaihtelee mustaruudin noin 40—50 prosentista nitro-selluloosaruutien 10—20 prosenttiin.

Suuri kiinteän aineen määrä ja syttymisvarmuus tekevät mustaruudista edelleenkin eniten käytetyn sytytysketjun ruudin. Mustaruudin haittoja ovat kuitenkin hitaus, nokeaminen, hygroskooppisuus ja savunmuodostus. Sytytysketjuissa käytetäänkin yhä enemmän nitroselluloosaruuti-mustaruutiseoksia sekä huokoisruuteja etenkin irtopanoslaukausten panoksissa.

Ellei nalli syty, puhutaan **nallipetosta**. Jos nalli sytty, mutta jokin muu sytytysketjun elementti tai pääpanos jää syttymättä, on kyseessä **panospetto**. Nallipetto on yleensä vaaraton tila, mutta panospeton sattuesssa saattaa virikepanos tai panoksen kangasosat jäädä kytemään. Lukon avaamisesta syntyvä ilmavirta voi tällöin aiheuttaa panoksen syttymisen. Tästä syystä varomääräyksissä on aikaraja, jota ennen lukkoa ei saa avata.

4 SISÄBALLISTISET VOIMAT

Newtonin liikeyhtälön mukaan ammuksen kiihtyvyys on suoraan verrannollinen ammuksen vaikuttavaan voimaan ja kääntäen verrannollinen sen massaan. Kun ammuksen vaikuttava paine, ammuksen poikkipinta-ala ja massa sekä vastusvoimat tunnetaan, voidaan ammuksen kiihtyvyys, nopeus ja aika laskea. Liikeyhtälöstä (4) ratkaistaan ammuksen kiihtyvyys, integroidaan saadun yhtälön molemmat puolet ajan suhteen ja lasketaan ammuksen nopeus. Vastaavasti ammuksen paikka putkessa tietyllä ajanhetkellä saadaan integroimalla nopeuden yhtälö ajan suhteen. Suurin ongelma laskennassa on ammuksen vaikuttavien kitkavoimien tarkka määrittäminen. Kitkavoimien osuus kokonaisvoimista on kuitenkin pieni.

Yhtälö (4)

$$a = \frac{p \cdot A - W}{m_a}, \text{ jossa}$$

a = ammuksen saama kiihtyvyys (m/s²)

p = ammuksen pohjaan vaikuttava paine (Pa)

A = putken poikkipinta-ala (m²)

m_a = ammuksen massa + puolet panoksen massasta (kg)

W = kokonaisvastusvoima (muotoutumis-, kitka- ja hitausmomenttivastukset) (N).

Laukauksen aikana ammuksen vaikuttavat

- **painevoima**, ruutikaasun paineesta johtuva ammusta kiihdyttämään pyrkivä voima
- **hitausvoima**
- **vastusvoima**, kitkasta johtuvat ammuksen liikettä jarruttavat voimat, joihin luetaan johtorenkkaan muotoutumisesta rihloihin aiheutuva
- **muotoutumisvastus** sekä ammuksen ohjausosien ja putken väliset
- **kitkavoimat** ja
- johtorenkkaaseen tai luodin vaippaan kohdistuvat **rihlavoimat**, jotka antavat ammukselle pyörimisliikkeen.

Vastusvoimat ovat suurimmillaan vaipan tai johtorenkkaan painuttua lähes koko pituudeltaan rihloihin. Sen jälkeen voimat pienenevät kitkavoimiksi. Kitkasta aiheutuvasta lämmöstä johtuen johtorenkkaan pintaan muodostuu liikkeen jatkuessa sulakerros, jonka kitka putkimetallin kanssa on vähäinen. Vakiorihloilla varustetussa putkessa vastusvoimat ovatkin putkivaiheen lopulla erittäin pienet verrattuna muotoutumisvastukseen.

Kranaatinheittimien pyrstövakavoiduilla ammuksilla liikettä vastustavat putkivaiheessa hitausvoima, maan vetovoiman putken suuntainen komponentti sekä vähäisessä määrin kitkavoimat ja ilmanvastus. Tavallisesti nämä voimat yhdistetään ammuksen liikettä vastustavaksi resultanttivoimaksi.

Aseen putken sisällä vallitseva paine pyrkii laajentamaan putkea sekä kohdistaa lukkopintaan **rekyylivoiman**, jonka suuruus riippuu paineen ohella lukon ja panoskammion tai patruunapesän rajaamasta pinta-alasta. Lukon rasitukseen vaikuttaa myös käytetty hylsy, joka vähentää lukon rasituksia siirtäen niitä panoskammioon.

Jotta aseiden kestävyys ei ylittettäisi, on kullekin asetyypille määritetty **panostuspaine** (P_p) ja **panostuspaineen raja-arvo** (P_r). Näitä arvoja käytetään panoksia mitoitettaessa siten, että +20°C lämpötilassa ammuttaessa ei panosten maksimipaineiden keskiarvo saa ylittää panostuspainetta eikä yhden laukauksen maksimipaine panostuspaineen raja-arvoa. Panoksen lämpötilan noustessa paine ja lähtönopeus yleensä kasvavat kullekin panokselle ominaisella tavalla.

Asepaineenmittaus tehdään **kide-** tai **Crusher-paineenmittausmenetelmällä**. Kidepaineenmittausmenetelmä perustuu kvartsikiteen ominaisuuteen varautua sähköisesti ulkoisen voiman vaikutuksesta. Kun kvartsikidettä puristetaan tai vedetään mekaani-

sesti, saadaan kiteen vastakkaisilta reunoilta rasittavaan voimaan suoraan verrannollinen sähkövaraus. Ilmiötä nimitetään pietsosähköiseksi ilmiöksi. Kidepainemittauksen virhe on noin kaksi prosenttia.

Crusher-paineenmittaus perustuu ruutikaasun paineen aiheuttamaan, mittarin sisälle asetetun kuparisen mittaelementin puristumaan. Puristuma kasvaa laukauksen maksimipaineen kasvaessa. Kuparin muokkauslujittumisen takia saavutetaan voimatasapaino. Paineen nousunopeus ja kesto vaikuttavat puristumaan. Mittaelementin loppupituus mitataan laukauksen jälkeen. Puristuman avulla määritetään maksimipaine (P_{cr}).

Crusher-mittarit sijoitetaan ennen laukausta asean panostilaan tai patruunalaukauksen hylsyn pohjalle. Mittareita voidaan käyttää käsiaseita ja hylsytömiä sinkoaseita lukuun ottamatta kaikissa aseissa sellaisenaan. Crusher-mittauksen virhe on noin viisi prosenttia lukemasta.

Kide- ja Crusher-paineenmittausmenetelmillä mitatut paineet poikkeavat toisistaan joskus jopa yli 20 %. Ero on panoskohtainen ja johtuu paineen nousun nopeudesta, koska nopeassa deformaatioissa kuparin muokkauslujittuminen on voimakkaampaa.

Paineenmittaukseen voidaan käyttää myös jännitysvenymäliuskan mittauksia, jolloin asean muodonmuutoksesta ja siihen liittyvästä jännityksestä voidaan laskea aseessa vaikuttava paine.

5 ENERGIATASE

Energiatasetta laukaustapahtumassa voidaan kuvata yhtälöllä

$$\text{ruudin palaessa vapautuva energia} = \text{ruutikaasujen sisäinen energia} + \text{ympäristöön tehty työ}$$

Panoksen sisältämä energia jakautuu laukaustapahtumassa likimain seuraavasti:

- ammuksen liike-energia 32 %
- ruutikaasujen liike-energia 3 %
- kitkavoimien voittamiseen käytetty energia 3 %
- lämpöhäviöt 20 % sekä
- ruutikaasujen sisäinen energia (lämpö) 42 %.

Rekyyliaseilla noin kolmannes ruutipanoksen energiasta käytetään asean käyttäjän kannalta hyödylliseen työhön eli ammuksen kiihdyttämiseen haluttuun lähtönopeuteen sekä rotaatiovakavoinnin edellyttämän pyörimisliikkeen aikaansaamiseen. Rihlatuissa aseissa ammuksen pyörimisliikkeen energia on noin 0,5—1,5 % panoksen energiasta.

Noin viidesosa panoksen energiasta siirtyy lämpöhäviöinä ammuksen, hylsyyn ja putkeen. Koska ruutikaasujen lämpötila on 2000—3000 K ja virtausnopeus putkessa suuri, on putkeen siirtyvä lämpömäärä suuri ottaen huomioon ruutikaasujen lyhyen vaiku-

tusajan laukauksessa. Seurauksena on putken pintakerroksen lämpötilan nouseminen noin millisekunnin ajaksi jopa yli 1000 K:n. Putkeen siirtyvällä lämpöenergialla on merkittävä osuus putken kulumisessa. Erityisesti raskaiden aseiden panoksissa käytettävällä putken kulumisenestoaineella pyritään vaikuttamaan ruutikaasuista aseeseen siirtyvään lämpöön. Vajaa puolet panoksen energiasta menetetään lämpöhäviöinä.

Laukaustapahtuman aikana panoskammiossa vallitseva paine vaikuttaa myös lukkopintaan, jolloin osa panoksen energiasta muuttuu aseeseen liikkuvien osien **rekyylienergiaksi**. Rekyylienergian suuruus on noin 0,5 % panoksen energiasta. Rekyylin suuruudella on vaikutusta lähtönopeuteen. Rekyylienergia otetaan huomioon aseeseen rekyylijärjestelmää mitoittaessa.

Aseen tehokkuutta kuvaa sen **terminen hyötysuhde**. Se on ammuksen saaman liikeenergian suhde panoksen sisältämään kemialliseen energiaan. Terminen hyötysuhde lasketaan seuraavalla yhtälöllä 5.

$$\text{Yhtälö (5)} \quad \eta = \frac{m_a * v_o^2}{2 * m_r * Q_{ex}}, \text{ jossa}$$

- η = terminen hyötysuhde
- m_a = ammuksen massa
- v_o = lähtönopeus
- m_r = ruudin massa
- Q_{ex} = ruudin palamislämpö

Terminen hyötysuhteen arvo on rekyyliaseilla noin 0,25—0,45. Terminen hyötysuhde on yleensä paras pitkäputkisilla aseilla ja nopeasti palavilla panoksilla.

6 RUUDIN TYÖKYKY JA PALAMINEN

Ruudin sisäballistisesti tärkeimpiä lähtönopeuteen ja paineeseen vaikuttavia ominaisuuksia ovat **työkyky** ja **palamisnopeus**. Muita tekijöitä ovat muun muassa lämpötila- ja kosteusherkkyys sekä syttyvyys.

Ruudin kyky tehdä työtä ammuksen liikeenergian kasvattamiseksi riippuu ruutikaasun paineesta ja paineen kehittymisnopeudesta aseeseen putkessa. Ruudin työkykyyn liittyviä ruutivakioita ovat muun muassa palamislämpö, palamislämpötila, ominaistilavuus, ballistinen potentiaali ja kovolyymi.

Palamislämpö (Q_{ex}) [J/kg] on lämpömäärä, joka vapautuu kun kilogramma ruutia palaa täydellisesti tekemättä ulkoista työtä. Ruudin palamislämpö voidaan määrittää joko kalorimetrisesti tai laskennallisesti.

Palamislämpötila (T_0) [K] on ruutikaasujen korkein lämpötila, jossa palaminen on täydellisesti tapahtunut, mutta kaasujen jäähtyminen ei ole vielä alkanut. Palamislämpötila voidaan laskea, kun ruudin koostumus tunnetaan tai mitata spektrometrin menetelmin. Palamislämpötila on sitä korkeampi, mitä suurempi on ruudin palamislämpö.

Ominaisilavuus (V_0) [m^3/kg] on kilogrammasta ruutia muodostuneiden kaasujen tilavuus NTP-olosuhteissa (273 K lämpötila, 101,3 kPa paine), kun kaasujen koostumus on sama kuin palamislämpötilassa.

Kovolyymi (c) [m^3/kg] on kilogrammasta ruutia muodostuvien molekyylien tilavuus. Se on tekijä, jolla ideaalikaasujen tilanyhtälöä on korjattava, jotta se pitäisi riittävän tarkasti paikkansa aseessa vallitsevissa olosuhteissa.

Ballistinen potentiaali (f) [J/kg] on sisäballistiikassa käyttöön otettu työtä kuvaava suure, jonka kilogramma ruutikaasuja tekee laajetessaan vakioaineessa 273 K:sta palamislämpötilaansa. Ballistisesta potentiaalista käytetään myös nimityksiä **pontevuus** ja **ominaisenergia**.

Ruutivakiot riippuvat palamisolosuhteista, eivätkä ne ole vakioita. Niiden arvot ovat keskimääräisiä arvoja, jotka pitävät käytännön laskennan kannalta riittävän hyvin paikkansa aseessa vallitsevissa oloissa.

Palorintama etenee yksittäisten ruutiosasten pinnalla pintaa vastaan kohtisuoralla **lineaarilla palamisnopeudella** (v_{lin}). Sitä kutsutaan myös viivalliseksi palamisnopeudeksi.

Lineaarinen palamisnopeus riippuu ruutimassasta, vallitsevasta paineesta, lämpötilasta, ruudin kosteudesta sekä ympäröivän kaasun virtausnopeudesta. Lineaarinen palamisnopeus normaalissa ilmanpaineessa on N-ruudeilla muutama mm/s ja se kasvaa lähes lineaarisesti paineen kasvaessa. Tästä seuraa, että palamisnopeus suljetussa tilassa kasvaa moninkertaiseksi verrattuna vapaan tilan nopeuteen.

Ruudin lämpötila vaikuttaa sekä syttymiseen että palamisnopeuteen. Mitä korkeampi ruudin lämpötila on, sitä helpommin se syttyy ja nopeammin se palaa. Käytännössä ruudin lämpötilaherkkyys selvitetään panosmääritysammunnan yhteydessä ja ilmoitetaan panoksiin tehtävillä merkinnöillä **lämpötiladerivaatan** avulla. Lämpötiladerivaatta ilmaistaan tavallisesti panosruudissa tapahtuvaa $10\text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilamuutosta vastaavana lähtönopeusmuutoksena. Koska ruudin lämpötila riippuu pakkauksesta, panosrakenteesta ja ruutityypistä, on se mitattava panoksen sisältä. Panoksen lämpötilan kohoneminen nostaa painetta palamisen aikana. Tämän vuoksi panokset on suojattava auringon paisteelta tai muulta yksittäiseen panokseen vaikuttavalta lämpölähteeltä. Kranaatinheittimillä ammuttaessa alle $-27\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötiloissa panosrakenne hajoaa, jolloin palopinta-alan kasvaessa myös paine kasvaa.

Ruudin sisältämän kosteuden höyrystyminen kuluttaa osan ruudin palaessa vapautuvasta energiasta. Kosteuden lisääntyminen hidastaa ruudin syttymistä ja pienentää palamisnopeutta. Ruutien kosteus pyrkii tasapainoon ympäröivän ilman kosteuden kanssa. Panosten tasalaatuisuuden varmistamiseksi ruuti ilmastoidaan niin sanottuun **panostuskosteuteen** pitämällä sitä ennen panostustyötä ilmastointihuoneissa 20 °C lämpötilassa ja 55 % suhteellisessa kosteudessa. Panoksen suoritusarvojen pysyminen haluttuina pyritään varmistamaan pakkaamalla panos hermeettisesti.

Lämpötilan ja kosteuden lisäksi ruudin palamisnopeuteen vaikuttaa ympäröivän kaasun virtausnopeus. Suurin vaikutus tällä on pitkien putkiruutien sisäpinnoilla ja pitkien ruutien muodostamisissa ruutiniipuissa. Kaasun virtaus lisää ruudin palonopeutta ja aiheuttaa eroja vakiotilavuudessa ja aseessa tapahtuvan palamisen välillä. Kaasuvirtauksen lisätessä ruudin palamisnopeutta puhutaan **erosiivisesta palamisesta**.

Koska ruudin työkykyyn vaikuttaa muodostuvan ruutikaasun määrä, on tarpeen tuntea ruutikaasujen muodostumisnopeus. Tätä kuvaa ruudin **massapalamisnopeus**. Kaasujen muodostumisnopeus on sitä suurempi, mitä suurempia ovat ruudin tiheys, palava pinta-ala ja lineaarinen palamisnopeus. Laskuissa ruudin tiheys oletetaan yleensä vakioksi ja se on normaaleilla N-ruudeilla noin 1500—1700 kg/m³.

Ruudin **alkupinta-ala** vaikuttaa suoraan massapalamisnopeuteen riippumatta ruudin muodosta. Alkupinta-ala voidaan ilmoittaa **ominaispinta-alana**, joka kertoo ruutijyvien pinta-alan kilogrammassa ruutia. Mitä pienempi on ruudin **seinämävahvuus**, sitä suurempi on ruudin ominaispinta-ala ja sitä nopeammin ruuti palaa. Ääritapauksena alkupinta-alasta voitaneen pitää huokoisruuteja, joissa alkupinta-alaa on kasvatettu ruudin huokoisrakenteella moninkertaiseksi vastaavan muotoiseen tavanomaiseen ruutiin verrattuna.

Ruudin massapalamisnopeuteen liittyen käytetään termiä **vilkkaus**. Se on normaaliolosuhteissa ruutijyvän palamiseen kuluvan ajan käänteisarvo.

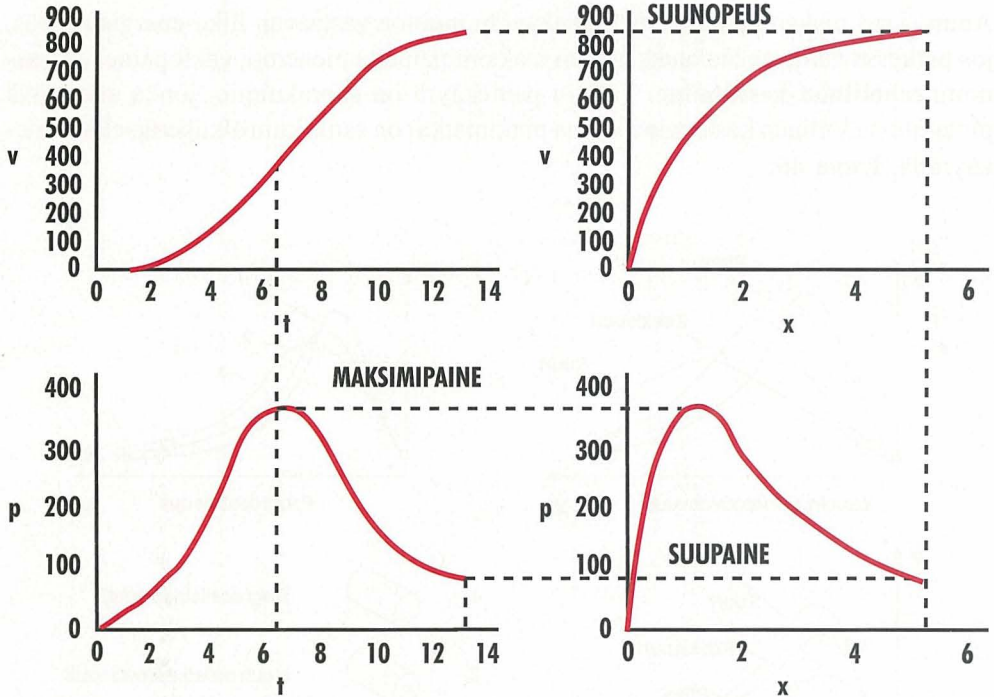
Ruutijyvien muotoa muuttamalla voidaan vaikuttaa ruudin palavan pinta-alan käyttäytymiseen palamisen edetessä ja siten sovittaa ruuti tiettyyn aseeseen ja panokseen. Ruudin palavan pinnan käyttäytymisen perusteella voidaan ruudit jakaa **degressiivisiin, neutraaleihin ja progressiivisiin** ruuteihin. **Kuvat 42 ja 44.**

Mikäli palopinta-ala pienenee alkupinta-alaan nähden ruudin palaessa on kyseessä degressiivinen ruuti. Mikäli palopinta-ala kasvaa palamisen edetessä, kutsutaan ruutia progressiiviseksi. Monireikäruudit ovat palamisen alkuvaiheessa progressiivisiä, putkiruudit teoriassa lähes neutraaleja ja muut degressiivisiä. Degressiivisin ruuti on pallo-ruuti.

Muodon ohella ruudin palamiseen voidaan vaikuttaa käsittelemällä ruuti palamista hidastavalla **pintakäsittelyaineella**. Tällöin ruuti palaa progressiivisemmin.

7 AMMUKSEN LIIKE PUTKESSA

Ammuksen liikettä putkessa tarkastellaan tavallisimmin **putkikoordinaatistossa**, jolloin putken rekyyliliikettä ei huomioida. Päätehtävä voidaan ratkaista joko **ajan** tai **putkimatkan** eli ammuksen alkupisteestä kulkeman matkan suhteen. Tuloksena saadaan painekäyrä ajan ($p(t)$) tai putkimatkan ($p(x)$) suhteen tai nopeus ajan suhteen ($v(t)$) tai painekäyrä sekä nopeus putkimatkan suhteen ($v(x)$). **Kuva 59.**



Kuva 45 *Nopeus- ja painekäyrät raskaan kenttätykin täyspanoksella putkiajan ja -matkan funktiona*

Ammus lähtee liikkeelle, kun paine panoskammiossa voittaa muotoutumisvastuksen. Tämän jälkeen ammuksen kiihtyvyys kasvaa, kunnes putkessa vallitseva paine saavuttaa maksimiarvonsa, minkä jälkeen ammuksen kiihtyvyys alkaa pienetä.

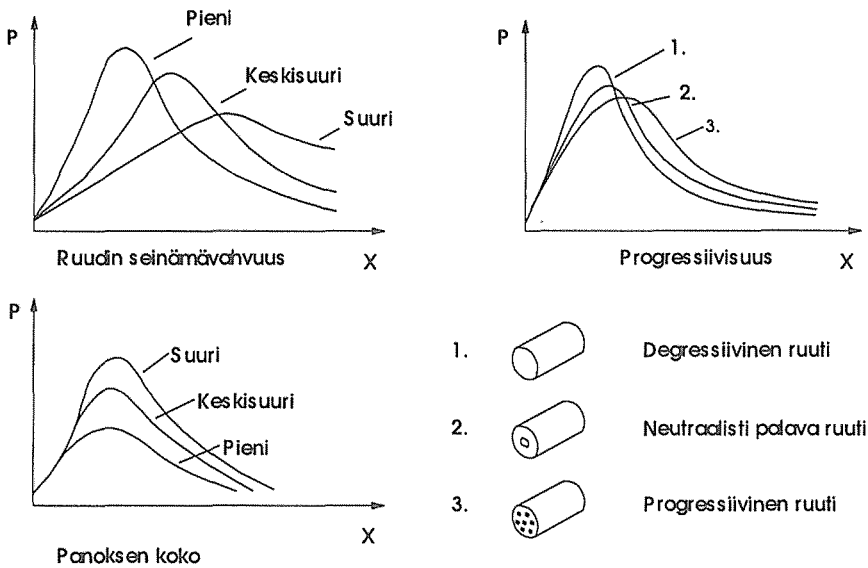
8 PAINEKÄYRÄN MUODON VAIKUTUS LÄHTÖNOPEUTEEN

Ruutikaasujen paine aiheuttaa ammuksen voiman, jonka suuruus on ammuksen pohjaan kohdistuvan paineen ja aseisen putken poikkipinta-alan tulo. Koska ammuksen liike-energia on yhtä suuri kuin voiman putkimatkan aikana tekemä työ, on ammuksen liike-energia suoraan verrannollinen aseesta mitatun $p(x)$ käyrän alla olevaan pinta-alaan.

Ammuksen massan pysyessä samana, seuraa maksimipaineen noususta yleensä myös lähtönopeuden kasvaminen, koska $p(x)$ -käyrän alle jäävä pinta-ala kasvaa.

Ammuksen lähtönopeuteen vaikuttaa maksimipaineen lisäksi ruudin palamis aika. Ruudin palaessa loppuun putkimatkaan nähden aikaisin on seurauksena parempi ase-terminen hyötysuhde ruutikaasujen pidemmästä työskentelyajasta johtuen. Nopeasti palavalla ruudilla saavutetaan suurempi lähtönopeus samalla ruutimäärällä kuin hitaasti palavalla. Lisäksi nopea palaminen pienentää lähtönopeushajontaa.

Ammus saa maksimipainetta ja painekäyrän muotoa vastaavan liike-energian myös, jos putkessa vallitsee laukauksen ajan maksimipainetta pienempi vakioaine, niin sanottu **tehollinen keskipaine**. Tällöin painekäyrä on suorakulmio, jonka alle jäävä pinta-ala (tehollinen keskipaine kertaa putkimatka) on sama kuin alkuperäisellä painekäyrällä. **Kuva 46.**



Kuva 46 Ruudin ominaisuuksien ja panoksen koon vaikutus $p(x)$ -käyrään

Painekäyrän muotoon ja lähtönopeuteen voidaan vaikuttaa ruudin seinämävahvuudella, progressiivisuudella ja panoksen koolla. Mitä suurempi on $p(x)$ -käyrän alle jäävä pinta-ala, sitä suurempi on lähtönopeus.

Painesuhteen (paineen keskiarvo jaettuna maksimipaineella) arvoa voidaan suurentaa käyttämällä progressiivisempia panosruuteja, jolloin painekäyrän muoto saadaan laakeammaksi. Tästä seuraa kuitenkin suurempi suupaine ja huonompi terminen hyötysuhde.

Maksimilähtönopeutta rajoittaa ase-terminen suurin sallittu maksimipaine. Mikäli lähtönopeutta halutaan suurentaa, käytetään hitaammin, progressiivisemmin tai hitaammin ja prog-

ressiivisemmin palavaa ruutiä. Tällöin ruuti palaa loppuun myöhemmin ja maksimipaine laskee, mistä seuraa lähtönopeushajonnan suureneminen ja hyötysuhteen lasku. Alhaisempi maksimipaine mahdollistaa kuitenkin suuremman ruutimäärän käytön, jolloin lopputuloksena on yleensä suurempi lähtönopeus. Aseen rakenteellinen paine rajoittaa kuitenkin hitaammin palavien panosten käyttöä.

Ruudin palonopeuden liiallisella hidastamisella aiheutetaan epätäydellinen tai epäsäännöllinen palaminen.

Putkessa vallitsevaan maksimipaineeseen vaikuttavat lisäksi

- ruudin energian nopea vapautuminen palamisen alkuvaiheessa
- ammuksen massa ja
- lataustilavuuden muutokset.

Nopea energian vapautuminen johtuu joko ruudin suuresta alkupinta-alasta, suuresta palamislämmöstä tai nopeasta palamisesta. Pinta-alaan voidaan vaikuttaa ruudin määrän lisäksi sen muotoa muuttamalla. Palamisnopeutta ja -lämpöä voidaan säätää ruudin koostumuksella.

Raskas ammus vastustaa liiketilansa muutosta kevyttä ammusta enemmän. Tästä seuraa samalla palamistilavuuden hitaampi kasvu laukaustapahtuman alussa. Koska ruutikaasujen käytettävissä oleva tilavuus on pienempi, on muodostuva paine vastaavasti suurempi.

Lataustilavuuden kasvu pienentää paineen nousunopeutta palamisen alkuvaiheessa, joten maksimipaine on pienempi kuin mitä se olisi alkuperäisessä tilavuudessa. Lataustilavuus kasvaa aseiden kuluessa, koska rihlauksen alkuosan ja ylimenokartion kuluminen päästää ammuksen työntymään latauksessa syvemmälle aseiden putkeen. Pieni panos yhdistyneenä suureen lataustilavuuteen heikentää panoksen tasaista syttymistä ja lisää siten lähtönopeushajontaa. Lataustilavuus saattaa yksittäisessä, heikolla latausiskulla ladatussa laukaussessa pienentyä vaarallisesti ammuksen liukuessa taaksepäin panoksen päälle.

9 ASEEN PUTKEN TAI PIIPUN KULUMINEN AMMUTTAESSA

Aseen putken ominaisuudet muuttuvat joko putken kulumisen tai putkimateriaalin väsymisen takia. Erityyppisten aseiden putkien ja piippujen kestot ovat arviolta seuraavat:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| – kenttätykit | 2 000—4 000 laukausta |
| – heittimet | yli 10 000 ” |
| – kevyet ilmatorjuntatykit | yli 6 000 ” |
| – kiväärikaliperiset aseet | yli 10 000 ” ja |
| – panssarivaununukanuunat | alle 1 000 laukausta. |

Useimmissa tapauksissa putki hylätään liiallisen kulumisen takia. Hylkäämisen aiheuttavana kriteerinä voidaan käyttää muun muassa lähtönopeuden alenemista 10 %:lla tai kaliiperin suurenemista yli hylkyrajan. Sellaisissa aseissa, joissa on pyritty äärimmäisen suureen suorituskykyyn, hylätään aseiden putket väsymismurtumien välttämiseksi jo ennen kuin ne ovat ballistisesti loppuunkuluneet.

Putken kulumisnopeus riippuu muun muassa asetyypistä, käytetystä panoksesta putken kaliiperista, tulinopeudesta ja -rytmistä. Putken kulumista voidaan seurata ammutun laukausmäärän, ballististen ominaisuuksien tai sisämittojen muutosten avulla. Työntymämittausten avulla kuluneisuuden vaikutus lähtönopeuteen on mahdollista korjata laskennallisesti. Kulumiseen vaikuttavat tekijät voidaan pääosin jakaa **termis-kemiallisiin ja mekaanisiin tekijöihin**.

a Termis-kemialliset tekijät

Termisiä tekijöitä ovat muun muassa putken lämpeneminen ruutikaasun ja kitkavoimien vaikutuksesta. Tähän ryhmään voidaan sisällyttää myös kemiallisia vaikutuksia, jolloin on paikallaan puhua termis-kemiallisista tekijöistä.

Laukaustapahtumassa putken seinä lämpenee kuumista ruutikaasuista johtamalla ja säteilemällä. Lisäksi osa kitkalämmöstä siirtyy putken seinämään.

Termisten tekijöiden vaikutuksesta putken pintaan muodostuu kerros, jota kutsutaan lämmölle altistuneeksi vyöhykkeeksi tai termiseksi vyöhykkeeksi. Kerros muodostuu, kun putken pinnan lämpötila laukaustapahtumassa nousee yhden millisekunnin aikana noin 200 mikrometrin paksuisessa kerroksessa yli 1000 °C asteeseen ja jäähtyy 10 millisekunnin kuluessa alle 400 °C asteeseen. Lämmönvaihtelun takia voimakkaasti seostettu teräs karkenee ja siihen muodostuu hiushalkeamaverkosto.

Kuumalle teräspinnalle syntyy kemiallisesti muuttunut vyöhyke, kun metallin kidehilaan sitoutuu korkeassa lämpötilassa ruutikaasuista peräisin olevia atomeja, erityisesti vetyä, hiiltä ja typpeä. Tällöin teräksen kemiallinen koostumus muuttuu. Muutos aiheuttaa pinnalle hauraan kerroksen, joka mekaanisen kulumisen vuoksi vähitellen lohkeilee irti.

Putken arpeutuneeseen sisäpintaan jää ruutikaasuista palamisjäänteitä, mitkä yhdessä putken kuparoitumisen kanssa aiheuttavat voimakasta korroosiota.

Putken seinämään kohdistuva lämpövaikutus on suurin rihlaosan alussa, koska ruutikaasujen paine ja vaikutusaika sekä johtorenkkaan ja putken väliset kitkavoimat ovat tällä alueella suurimmillaan. Ruutikaasuista putken seinämään siirtyvä lämpömäärä rihlauksen alkuosalla on noin viidennes koko putkeen siirtyvästä lämmöstä. Seurauksena on ase-putken kulumisen eniten juuri rihlauksen alusta.

Putken lämpötilan kasvu kymmenellä prosentilla lisää kulumista jopa yli kaksinkertaiseksi. Tehokas tapa pidentää putken ikää on pienentää putken seinämään siirtyvää lämpö määrää. Tähän voidaan vaikuttaa käyttämällä erilaisia putkensuoja-aineita, kuten esimerkiksi titaanidioksidia sekä valitsemalla alhaisemman palamislämpötilan ruuti.

Putken lämpötilan hallitsemiseksi sarjatuliaseissa on rajoitettu laukausmäärää tai aseeseen on rakennettu jäähdytysjärjestelmä. Kulumista voidaan jossain määrin rajoittaa myös kromauksella, jota käytetään pääasiassa pienikaliiperisissa aseissa.

b Mekaaniset tekijät

Mekaaniset tekijät aiheuttavat varsinaisen kulumisen irrottamalla metallia putken sisäpinnasta. Mekaaninen kulumisen aiheutuu sekä johtorenkkaan hankauksesta putken seinämää vasten että suurella nopeudella tapahtuvasta ruutikaasun ja palamattomien ruutipartikkelien virtauksesta putkessa. Normaalin kaasuvirtauksen lisäksi saattaa tapahtua ohivirtausta, joka kuluttaa putkimetallia useita kertoja normaalia kulumista nopeammin. Mekaaninen kulumisen tapahtuu sitä nopeammin, mitä enemmän putken sisäpinta on muuttunut karkeammaksi eri kulumisilmiöiden vuoksi.

Aseissa saattaa lisäksi syntyä iskettymiä, kun putken kulumisen on edennyt riittävän pitkälle. Tällöin ammus pääsee heilahdusliikkeeseen ennen kuin muotoutuvat osat ovat tunkeutunut rihloihin ja ohjauspaksunnos pääsee lyömään putken seinämään ja suuhidastimeen.

c Putken kulumisen vaikutus sisäballistiikkaan

Putken kulumisen vaikutus aseeseen sisäballistiikkaan näkyy lähinnä lähtönopeuden ja maksimipaineen pienenemisenä. Muita vaikutuksia on muun muassa hajonnan kasvu. Muutokset sisäballistiikassa aiheutuvat pääosin seuraavista syistä:

- ylimenokartion kuluessa ammuksen lataustyöntymä ja panoskammion halkaisija kasvaa ja tätä kautta lataustilavuus suurenee
- kuluneessa putkessa kitkavoimat putken alkuosalla pienenevät, jolloin ammus lähtee liikkeelle helpommin ja
- lähtönopeus pienenee kaasujen ohivirtauksen lisääntyessä kaliiperin kasvun vuoksi.

Termiset ja mekaaniset tekijät hidastavat paineen nousua panoskammiossa ja tätä kautta pienentävät sekä lähtönopeutta että maksimipainetta. Kitkan pieneneminen putken loppuosalla lisää lähtönopeutta. Tämä on kuitenkin pienempi kuin kuluneen ylimenokartion vaikutus, jolloin kokonaisvaikutus on lähtönopeutta laskeva.

Kulumisen vaikutus on erilainen patruunalaukauksilla kuin irtopanos- sekä kartussilaukauksilla. Jälkimmäisillä ammus ladataan erikseen, jolloin se tiivistyy ylimenokartioon

ja kulumisen vaikutus aiheutuu käytännössä pelkästään lataustilavuuden suurenemisesta ja kitkavoimien pienenemisestä. Patruunalaukauksia käyttävässä aseessa kulumisen aiheuttaa sen, että ammus irrottuun hylsystä lentää jonkin aikaa vapaasti ennen tunkeutumistaan ylimenokartioon. Tällöin osa ruutikaasusta pääsee virtaamaan ammuksen ohii aiheuttaen lähtönopeuden ja maksimipaineen alenemista.

10 REKYYLITTÖMÄN ASEEN SISÄBALLISTIIKKA

Aseesta saadaan rekyylitön taaksepäin purkautuvalla massalla, jonka liikemäärä on yhtäsuuri kuin aseessa eteenpäin liikkuvalla massalla (ammus + osa ruutikaasusta). Vastamassana käytetään yleensä hienojakoisia aineita, joiden ballistiset lento-ominaisuudet ovat heikot. Tällaisia ovat esimerkiksi hiekka, teräsjauhe, neste tai muovi.

Yleisempi ratkaisu rekyylittömissä aseissa on kuitenkin antaa osan panoksen kehittämästä ruutikaasusta purkautua taaksepäin sopivasti mitoitettun suuttimen lävitse. Aseen toimintaa voidaan säätää suuttimen mitoitusta muuttamalla. Aseen hyötysuhde on taaksepäin suuntautuvasta virtauksesta johtuen noin 7—9 % tavanomaista asetta huonompi. Aseen panoksen täytyy olla tavanomaisen asepanosta suurempi. Sisäballistisesti tällainen ase on raketin ja tavanomaisen asepanon välimuoto.

Rekyylittömyydessä on erotettavissa hetkellinen rekyylittömyys ja rekyylittömyys laukauksen jälkeen. Hetkellinen rekyylittömyys tarkoittaa, että tarkasteluhetkellä aseeseen vaikuttavat putkiakselin suuntaiset voimat kumoavat toisensa. Hetkellinen rekyylittömyys ei kuitenkaan takaa, että ase olisi laukauksen jälkeen täysin levossa. Panoksen syttymisen varmistamiseksi on panoskammion oltava suljettu riittävän pitkän aikaa laukaustapahtuman alusta, jotta paine nousisi riittävän korkealle palamisen ylläpitämiseksi. Raskaassa singossa tämä on toteutettu vuoraamalla rei'itetty hylsy sisäpuolelta alumiinilaminaatilla. Mikäli ammuksen liikkeellelähtöön tarvittava paine on suurempi kuin vuorauksen puhkeamisaine, toimii ase raketin tavoin, toisin sanoen rekyyliliike pyrkii suuntautumaan eteenpäin. Ihannetapauksessa edellä mainitut paineet ovat yhtäsuuret.

Maksimipaine saavutetaan rekyylittömyydessä aseessa tavanomaista asetta myöhemmin. Paine on suurimmillaan juuri ennen hetkeä, jolloin kaasujen kehittymisen, ulosvirtauksen ja palotilan kasvun välillä vallitsee tasapaino. Tämän jälkeen palotilan kasvaminen alkaa pienentämään painetta. Maksimipaineen saavuttamisen jälkeen impulssi kasvaa kaasujen impulssia suuremmaksi, jolloin rekyylienergia alkaa suuntautua taaksepäin. Ammuksen jättäessä putken vie paineen tasaantumisen jonkin aikaa. Tänä aikana putken suusta ja perästä purkautuvat kaasut työntävät putkea vastakkaisiin suuntiin. Koska putken perästä virtaus purkautuu suuttimen läpi, on putkea eteenpäin työntävä voima yleensä suurempi, jolloin asepanon rekyyliliike hidastuu.

Rekyylittömyys laukauksen jälkeen saavutetaan, mikäli rekyylinopeus on nolla, kun paine putkessa on alentunut ulkoilman paineen tasolle.

11 RAKETIN SISÄBALLISTIIKKA

a Yleistä

Kappaleen sisällä suljetussa tilassa oleva paine vaikuttaa tilan seinämiin kaikkialla samalla voimalla. Kappaleen liiketila ei tällöin muutu, koska kappaleen vastakkaisiin seinämiin kohdistuvat voimat kumoavat toisensa. Mikäli voimatasapainoa muutetaan esimerkiksi tekemällä seinämään aukko, ei voimatasapaino enää vallitse, vaan aukon vastakkaiseen seinämään kohdistuva paine työntää kappaleen liikkeelle. Tähän periaatteen perustuvaa työntövoimaa käytetään rakettimoottoreissa kiihdyttämään raketti haluttuun nopeuteen.

Rakettimoottori voi toimia joko lähtömoottorina, jolloin se tuottaa suuren työntövoiman lyhyenä aikana (muutamia kymmeniä millisekunteja) tai matkamootorina, jolloin työntövoima on pienempi, mutta sen kesto on jopa kymmeniä sekunteja. Työntövoiman suuruus on suoraan verrannollinen aikayksikössä ulosvirtaavan kaasun määrään ja virtausnopeuteen.

Ulosvirtaavan kaasun määrä aikayksikössä on verrannollinen palokammiossa vallitsevaan paineeseen ja kääntäen verrannollinen palokammiossa vallitsevan lämpötilan neliöjuureen. Kaasun virtausnopeus on likimäärin verrannollinen lämpötilan neliöjuureen.

Ruuti palaa rakettimoottorissa pääosin samojen palamislakien mukaan kuin aseessa. Suurimmat erot ovat polttokammion huomattavasti alhaisempi, noin 10 MPa:n suurinen paine sekä lineaarisen palamisnopeuden erilainen riippuvuus paineesta.

Rakettiruutipanos palaa yleensä ainoastaan panoksen sisäpinnalla. Panoksen ulkopinta on joko **inhiboitu** palamattomaksi tai kiinnitetty raketin runkoon. Haluttu työntövoima-aika-profiili saadaan tällöin aikaan muotoilemalla panoksen sisäpintaa. Poikkeuksena on esimerkiksi kertasingojen rakettimoottorit, joiden tulee palaa loppuun putkivaiheen aikana. Näissä on tavallisesti käytetty putkiruudista tehtyä panosta.

Rakettiruudit jakautuvat kahteen pääluokkaan. Kaksipohjaruudit ovat koostumukseltaan B-ruutien kaltaisia. Komposiittiruudit ovat hapettimen ja polttoaineen seoksia. Komposiittiruudeilla polttoaine on yleensä samalla myös panokselle lujuuden antava sideaine. Yleisin rakettiruudin ominaisuuksia kuvaava suure on **ominaisimpulssi**, joka kertoo kuinka kauan kilogramma ruutia pystyy kehittämään halutun työntövoiman.

Raketin työntövoima on riippuvainen purkautuvien kaasujen liikemäärästä, joten olennainen osa raketia on suutin, jolla palamiskaasut kiihdytetään mahdollisimman suureen nopeuteen. Tyypillisesti kaasut purkautuvat noin 2000—5300 m/s nopeudella. Ehkä yleisimmin käytetty suutintyyppi on De Laval-suutin. Esimerkki ruutirakettimoottorista on esitetty luvun VIII kuvassa 199.

b Rakettimoottorin antama nopeus

Raketin liiketilan tarkastelu perustuu liikemäärän säilymlakiin. Yhtälönä (6) tämä on esitettävissä seuraavasti:

$$\text{Yhtälö (6)} \quad m_{rak} * \frac{dv}{dt} = \dot{m} * v_k, \text{ jossa}$$

$$m_{rak} = \text{raketin kokonaismassa}$$

$$dv/dt = \text{raketin kiihtyvyys}$$

$$\dot{m} = \text{kaasun massavirtaus}$$

$$v_k = \text{kaasun nopeus rakettiin nähden}$$

Mikäli maan vetovoima ja ilmanvastus jätetään huomioimatta, saadaan yhtälöstä (6) ratkaisemalla raketin nopeudeksi v ruutipanoksen palettua loppuun yhtälö (7).

$$\text{Yhtälö (7)} \quad v = v_k * I_n \left(\frac{m_{rak}}{m_{rak} - \dot{m}} \right), \text{ jossa}$$

$$m_{rak} = \text{ruutipanoksen massa}$$

Käytännössä raketin nopeus on edellä esitettyä pienempi johtuen maan vetovoiman ja ilmanvastuksen vaikutuksesta. Ulosvirtaavan kaasun virtausnopeudelle v_k voidaan käyttää likimääräisenä yhtälöstä (8) saatavaa arvoa.

$$v_k = 0,6 * \sqrt{2 * Q_{ex}}, \text{ jossa}$$

$$\text{Yhtälö (8)} \quad Q_{ex} = \text{palamislämpö}$$

B VÄLIBALLISTIIKKA

Väliballistiikka tutkii laukaustapahtumaan liittyviä ilmiöitä putken suulla. Väliballistinen vaihe alkaa, kun ammuksen tiivistysosat ohittavat putken suun ja päättyy ammuksen poistuessa ruutikaasujen vaikutusalueelta. Väliballistisen vaiheen ilmiöt kohdistuvat aseeseen, ammuksen ja ympäristöön.

Kun **ammuksen** tiivistysosat ohittavat putken suun, pääsee ruutikaasu purkautumaan vapaasti ammuksen ohitse. Ammuksen takana oleva ruutikaasu vaikuttaa kuitenkin edelleen ammuksen peräosaan ja antaa ammukselle vielä lisänopeutta vaikka se onkin ulkona putkesta. Nopeuden lisäys riippuu muun muassa kaliiperista ja suupaineesta. Nopeuden lisäys on korkeintaan muutama prosentti. Aseiden suupaineet vaihtelevat välillä 50—180 MPa. Ruutikaasujen virtausnopeus voi kohota jopa 1800 metriin sekunnissa.

Ammuksen vakavuuteen ja lähtösuuntaan kohdistuvat häiriöt saattavat syntyä kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on, kun ammuksen tiivistysosat ohittavat putken suun. Tällöin esimerkiksi pitkärunkoisilla siipivakavoiduilla ammuksilla pyrstö on vielä putken sisällä. Toinen häiriötä lisäävä tilanne syntyy, kun ammus lentää voimakkaan pyörteisen ja epäsymmetrisen virtauksen läpi. Kolmas häiriötilanne syntyy suupaineen alueella olevasta esteestä, esimerkiksi suuhidastimen pinnoista heijastuvan paineaallon osuessa ammuksen .

Ideaalitilanteessa ammus lähtee häiriöttömästi putken suusta ammuksen pituusakselin yhteydessä tarkasti putken akseliin. Käytännössä ideaalitilanne toteutuu harvoin. Putken kaliiperia halkaisijaltaan selvästi pienempi ammus tulee ulos putkesta jättäen välykset epäsymmetrisesti vain toiselle puolelle. Rotaatiovakavoidun ammuksen peräkartiassa voi olla muotovirheitä. Ammus voi tulla vinottain ulos putkesta. Heilahtelun maksimikulma riippuu tuentapituudesta sekä kranaatin ja putken välyksestä ohjauspaksunnoksen kohdalla. Ruutikaasut purkautuvat ulos epäsymmetrisesti. Voimakkaasti pyörteisissä kaasuisissa esiintyvät paine-erot ammuksen eri puolilla aiheuttavat poikkeaman lähtösuuntaan ja saattavat ammuksen heilahdusliikkeeseen. Heilahtelun amplitudi on suurin lentoradan alussa, ja ammus vakavoituu lentoradalleen muutaman sadan metrin matkalla putken suusta. Voimakkaasti heilahtelevan ammuksen hidastuvuus on nopea ja lähtöpoikkeamalla on suuri vaikutus stabiloitumiseen lentoradalla.

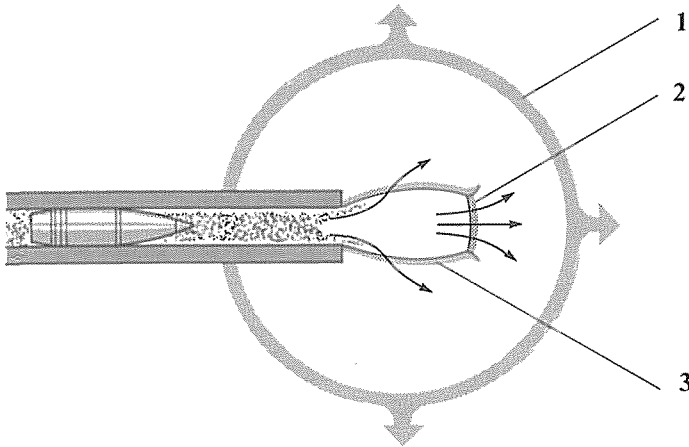
Laukaustapahtumassa noin kolmannes ruutipanoksen kokonaisenergiasta muuttuu ammuksen liike-energiaksi, noin viidennes lämpöhäviöksi aseeseen ja loput poistuu putken suun kautta ruutikaasujen sisäisenä energiana (lämpönä) sekä paine- ja liike-energianä. Ammuksen irtauduttua putken suusta korkeapaineiset ruutikaasut sekoittuvat ympäröivään ilmaan voimakkaasti pyörteisenä ja syntyvät paineaallot leviävät kaasumaisessa väliaineessa pamahduksena äänen nopeudella.

Shokkiaalto on tehokas ääniaalto, jossa kaasun paikallinen paine ja lämpötila nousevat hetkellisesti korkealle. Tällöin äänennopeus kasvaa paikallisesti ja shokkiaalto voi edetä ääntä nopeammin. Kaasujen purkautuessa putken suusta, niiden nopeus ja paine ovat riittävät shokkiaallon muodostamiseen. Tämä etenee kaasuseoksessa sekä putkesta poispäin että putkeen päin. Putkesta poispäin lähtevä aalto pyrkii etenemään palloaaltona ja se havaitaan voimakkaana äänenä. Putkeen päin kulkeva aalto törmää putkesta ulospäin tulevaa virtausta vastaan. Putken suulla shokkiaallon nopeus ympäröivään virtaukseen nähden tulee yhtä suureksi kuin ulosvirtaavan kaasun nopeus, jolloin shokkiaalto näyttää jäävän paikoilleen. Tätä shokkiaaltoa kutsutaan muotonsa perusteella **pulloaalloksi**. Sen putkeen kiinnittyviä kaartuvia reunoja kutsutaan sivuaalloksi ja lähes tasaista pohjaa Machin levyksi.

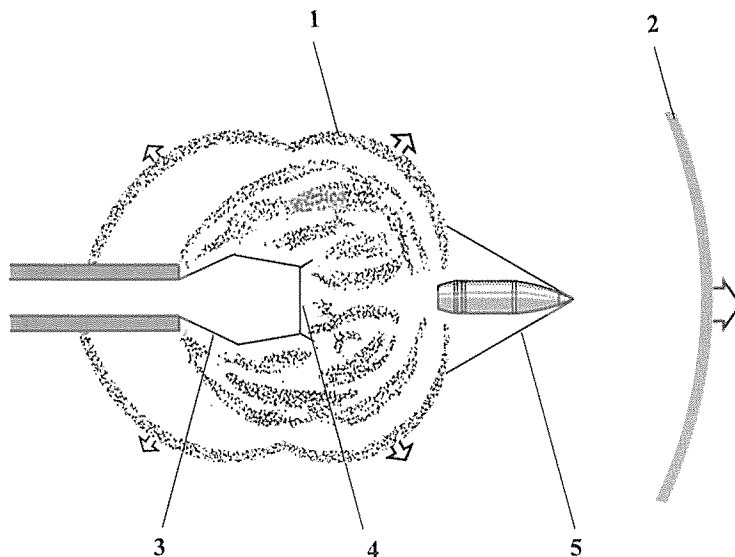
Pulloaallon koko riippuu purkautuvan kaasun nopeudesta. Mitä suurempi on kaasun nopeus, sitä suurempi aalto. Kun ruutikaasuista suuri osa on purkautunut putkesta ulos, alenee kaasun paine ja siten myös sen nopeus. Pulloaallon koko pienenee ja lopulta putken sisälle hetkellisesti syntynyt alipaine vetää sen putken sisään.

Ammuksen nopeuden kiihtyessä putken sisällä se työntää edellään putkessa olevaa ilmapatsasta. Tähän ilmapatsaaseen yhtyy myös putkimatkan aikana ammuksen ohi virtaavaa ruutikaasua. Ammuksen eteen muodostuu shokkiaalto, joka etenee putkea pitkin ja vapautuu ympäröivään ilmaan pyrkien pallonmuotoiseksi aalloksi. Ammuksen kiihtyessä edellä kulkevan kaasun nopeus kasvaa ja putken suun lähelle muodostuu pieni pulloaalto, niin sanottu **primäärinen pulloaalto**. **Kuva 47**. Ammuksen tullessa ulos putkesta ohivirtaavat kaasut aiheuttavat voimakkaan paineiskun eli **sekundäärisen shokkiaallon**, joka taas pyrkii pallonmuotoiseksi. **Kuva 48**. Ammus häiritsee voimakkaasti aallon geometrian muodostumista voimakkaasti. Sekundäärinen aalto on paljon primääristä voimakkaampi, joten se saavuttaa primäärisen aallon varsinkin suurilla lähtönopeuksilla. Suurimmat lähtövirheet ammuksen lentoradalle syntyvät ammuksen kulkiessa pyörteisen sekundäärisen virtauskentän ja shokkiaaltorintamien läpi. **Kuva 49**.

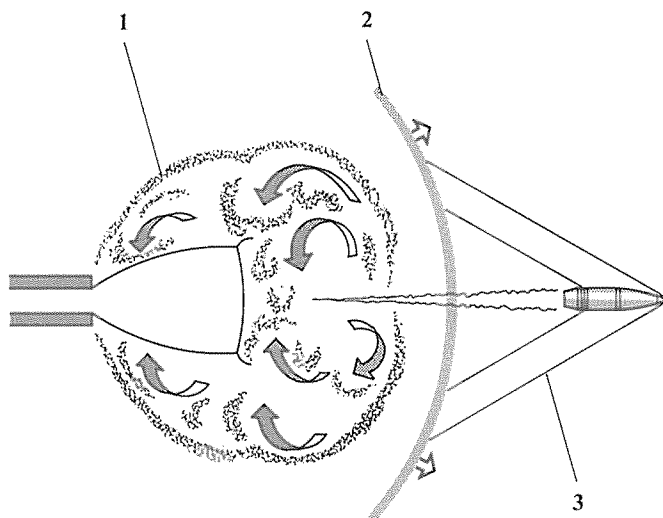
Shokkiaaltojen impulssi tajutaan laukaustapahtumassa **pamauksena**. Raskaissa aseissa suupamaus on riittävä aiheuttamaan helposti kuulovaurioita ja hyvin lähellä asetta se voi vaurioittaa myös keuhkoja ja muita pehmeitä kudoksia. Suupamaus syntyy paitsi kaasuvirtauksena shokkiaalloista, myös sekundääriliekkin aiheuttamasta kaasun nopeasta lämpenemisestä ja sitä seuraavasta kaasun jäähtymisestä ukkosen jyrinän muodostumisen tavoin. Pamauksen voimakkuutta mitataan desibeleinä [dB], joka ilmaisee ylipaineen verrattuna normaalipaineeseen.



Kuva 47 *Primäärisen shokki- ja pulloaallon muodostuminen*
1. primäärinen shokkiaalto, 2. Machin levy ja 3. sivuaalto



Kuva 48 *Sekundäärisen shokki- ja pulloaallon muodostuminen*
 1. sekundäärinen shokkiaalto, 2. primäärinen shokkiaalto, 3. sivuaalto, 4. Machin levy ja 5. ammuksen kärkiaalto



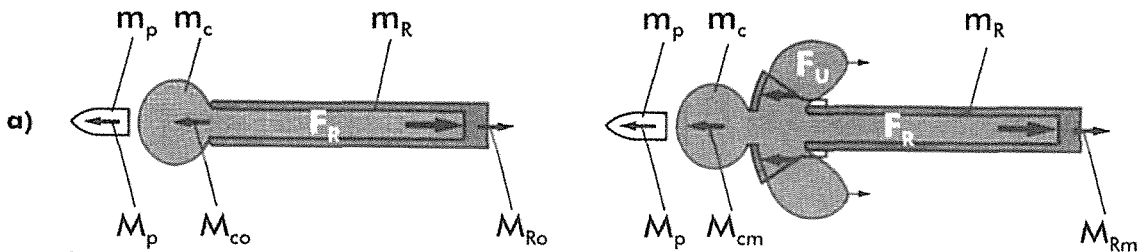
Kuva 49 *Tilanne ammuksen läpäistyä primäärisen shokkiaallon*
 1. sekundäärinen shokkiaalto, 2. primäärinen shokkiaalto ja 3. kärkiaalto

Ammuksen jättäessä putken aseeseen on kohdistunut noin puolet kokonaisrekyylienergiasta. Toinen puoli muodostuu purkautuvien kaasujen voimasta, jolloin ase toimii ikään kuin perääntyvänä rakettina. Purkautuvia kaasuja voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi haitallisen rekyylin pienentämiseksi suujarrun avulla. Tällä ohjataan osa ruuti-kaasujen virtauksesta taaksepäin vastustamaan asean rekylöivien osien liikettä. Teoreettisesti suujarru voi vähentää rekyylin puoleen. Tällöin suujarrun rakenne on moni-

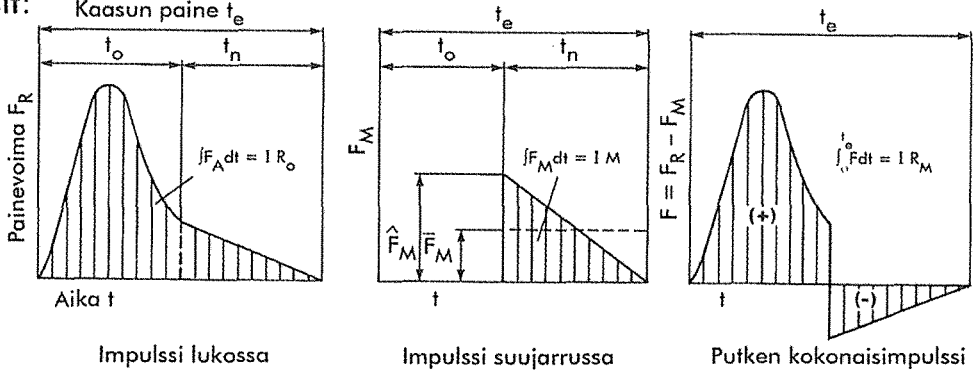
mutkainen ja voi aiheuttaa esimerkiksi kuulovaurioita asemiehistölle. Käytännössä pyritään ruutikaasut suuntaamaan sivuille, jolloin noin neljännes kaasuista on mukana rekyyn pienentämisessä. Kevyillä sarjatuliaseilla ammuttaessa voidaan osa kaasuista johtaa suujarrun avulla ylöspäin vastustamaan piipun nousemista.

Suujarrun toiminnan laskennallinen arviointi perustuu impulssin säilymiseen. Impulssilla tarkoitetaan voiman ja vaikutusajan tuloa. Suujarruun kohdistuva impulssi (I_M) voidaan johtaa tarkastelemalla asean massan kokonaisimpulssia ilman suujarrua (I_{R_o}) ja asean rekyloivien osien massan kokonaisimpulssia (I_{R_m}) yhtälöiden 9 ja 10 mukaisesti (integroimisrajat $t:0 \rightarrow t_e$). Impulssin määritelmän ja säilymlakien mukaan kokonaisimpulssi koostuu suujarruun ja lukkoon (panoskammion pohjaan) kohdistuvista tekijöistä. **Kuva 50.**

Massat:



Impulssit:



Alaindeksi o: ilman suujarrua
 m: suujarrun kanssa

Kuva 50 Suujarrun toimintaperiaate sekä a) voimien ja b) impulssin määrittely

Aseen massan kokonaisimpulssi ilman suujarrua on esitetty yhtälöllä (9).

$$\text{Yhtälö (9)} \quad I_{Ro} = \int F_R dt$$

Aseen rekyloivien osien massan kokonaisimpulssi taaksepäin suujarrun kanssa on esitetty yhtälöllä (10).

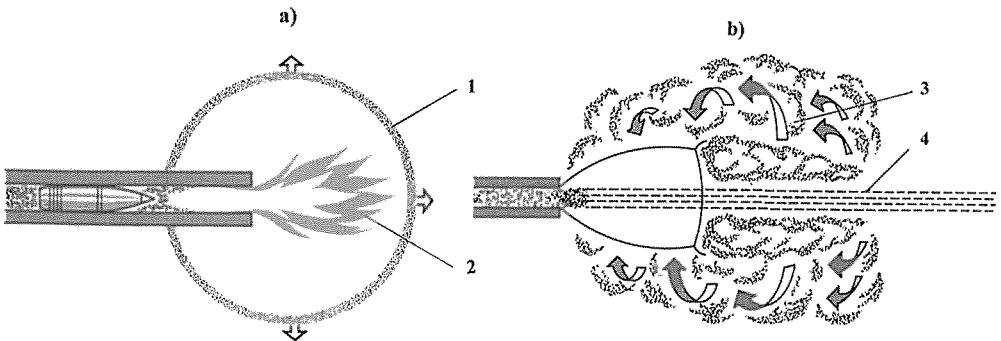
$$\text{Yhtälö (10)} \quad I_{Rm} = \int F_M dt$$

Suujarruun kohdistuva impulssi on yhtälöiden (9) ja (10) ero.

$$\text{Yhtälö (11)} \quad I_M = I_{Ro} - I_{Rm}$$

Suujarrun rakenne ja toiminta vaikuttavat lisäksi merkittävästi ruutikaasujen pyörteilyyn putken suulla ja edelleen ammuksen asentoon lentoradalle lähettäessä.

Ruutikaasujen purkautuessa putken suusta niiden lämpötila on tavallisesti riittävän korkea säteilläkseen näkyvää valoa. Sitä kutsutaan **primääriliekiksi**. Kaasujen laajentuessa niiden lämpötila laskee ja niistä lähtevä säteily vähenee. Kulkiessaan pulloaallon ja erityisesti Machin levyn läpi ne puristuvat uudelleen voimakkaasti kokoon. Tällöin ruutikaasuissa oleva vety ja hiilimonoksidi syttyvät yhtyessään ympäröivään ilman happeen. Tämä johtaa voimakkaaseen liekkiin, jota kutsutaan **sekundääriliekiksi**. Pienikaliiperisilla aseilla ruutikaasujen tiheys on liian alhainen sekundääriliekin muodostumiseen, joten se voi kivääricaliiperisilla aseilla puuttua kokonaan. **Kuva 51.** Joissakin tapauksissa ruutikaasun mukana purkautuvat hehkuvat partikkelit (esimerkiksi palamaton ruuti, valojuovapanoksen osat ja peruspanoksen kuoren kappaleet) voivat aiheuttaa pitkän valovanan ammuksen perään.



Kuva 51 a) Primääri- ja b) sekundääriliekin muodostuminen

1. primäärinen shokkiaalto, 2. primääriliekki, 3. sekundääriliekki ja 4. hehkuvia hiukkasia

Sekundääriliekistä pyritään eroon aseiden paljastumisen ja asemiehistön sokaistumisen estämiseksi. Suuliekkiä voidaan pienentää erilaisilla suujarru- ja liekin- sammutinrakenteilla, panos- ja ruutivalinnalla sekä liekinsammutusaineilla. Suurikaliiperin aseiden

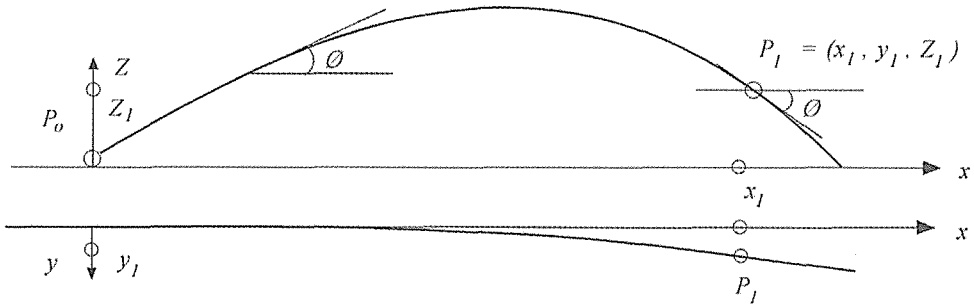
suuliekkiin vaikuttaminen perustuu siihen, että ruutikaasussa on mahdollisimman korkea osuus vähäaktiivista typpikaasua suhteellisen alhaisessa lämpötilassa. Ruudin loppuunpalaminen putkiaikana alentaa ulosvirtaavien kaasujen lämpötilaa ja pienentää suuliekkiä. Kolmikantaruudilla primääriliekien pienentyminen johtuu niissä käytettävän nitroguanidiinin suuresta typpipitoisuudesta. Sekundääriliekkiä voidaan pienentää myös liekinsammutusaineilla. Niitä voidaan lisätä suoraan ruutiin, tai erillisessä pussissa panokseen. Liekinsammutusaineen toiminnan oletetaan perustuvan siihen, että se ehkäisee ruutikaasussa olevan vapaan vedyn palamista. Käytännössä erillisen liekin-himmennyspanoksen käyttö lisää savunmuodostusta.

C ULKOBALLISTIikka

1 YLEISTÄ

Ampumatoiminnan tarkoituksena on saada ammus sellaiselle lentoradalle, että se osuu määrättyyn maaliin. Tarkoituksen saavuttamiseksi on tunnettava ammuksen lentorata, kun ammus saa aseesta tietyt lähtöarvot ja tunnetaan sääolot. Ampumatoiminnassa käytetään ampumataulukkoita, joiden avulla voidaan määrittää ampuma-arvot.

Ulkoballistiikan päämääränä on lentoradan laskeminen. Ulkoballistiikka tukee myös ammussuunnittelua. Päämäärän saavuttamiseksi on tunnettava ammuksen asema ja liiketila pisteessä P_0 . Tehtävä on selvittää ammuksen asema ja liiketila jossakin toisessa pisteessä P_1 . Tällöin on tiedettävä muun muassa pisteeseen P_1 liittyvä vaakaetäisyys x , sivusiirtymä y , korkeus z , lentoaika t , ammuksen nopeus v , ratakulma θ . **Kuva 52.**



Kuva 52 *Lentorata*

Tulen osuvuuden ja vaikutuksen kannalta on oleellista, että ammus lentää vakaasti ja iskee maaliin kärki edellä. Ammusten vakavuustarkastelut ovat tärkeä osa ulkoballistiikkaa.

2 AERODYNAAMISEN VOIMAN JA MOMENTIN SYNTY

Ilmassa lentävään ammukseseen kohdistuu maan vetovoimasta johtuvan gravitaatiovoiman lisäksi ilman virtauksesta johtuva aerodynaaminen voima. Aerodynaaminen voima aiheutuu

- ammuksen pinnalla vaikuttavan paineen p jakaumasta ja
- ilmavirtauksen kitkan aiheuttaman leikkausjännityksen τ jakaumasta.

Paine on yhtälön (12) mukaan pinta-alkion pintaa vastaan kohtisuoraan vaikuttava voima F_p jaettuna sen pinta-alalla A .

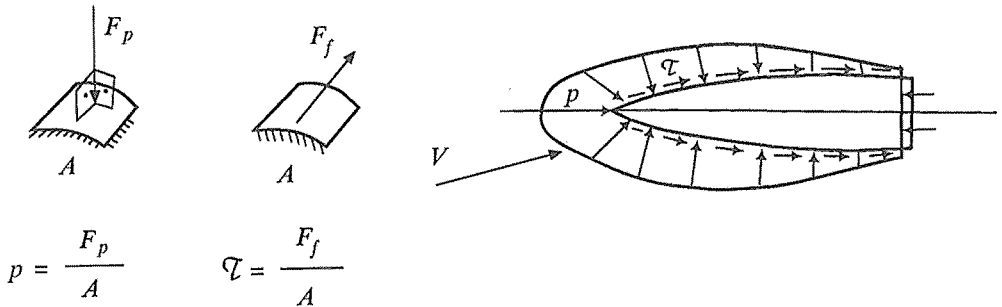
Yhtälö (12)

$$p = F_p / A, \text{ jossa}$$

$$F_p = \text{pintaa vastaan vaikuttava voima}$$

$$A = \text{pinta-alkion pinta-ala}$$

Voima syntyy siitä, että ilman molekyylit iskeytyvät pintaa vastaan ja siirtävät osan liikemäärästään pintaan. Ammuksen pinnalla eri pisteissä paine on erilainen. Paine ammuksen kärjen alueella on suurempi paine kuin perässä. **Kuva 53.**



$$p = \frac{F_p}{A}$$

$$\tau = \frac{F_f}{A}$$

Kuva 53 Paineen ja leikkausjännityksen määritelmät sekä paine- ja leikkausjännitysjakauma ammuksen ympärillä

Ilman virratessa ammuksen pinnalla syntyy pinnan suuntainen leikkausvoima F_f . Adheesiovoimien johdosta ilman molekyylit tarttuvat kappaleen pintaan kiinni ja siten ammuksen pinnalla on äärimmäisen ohut kerros, jossa ilman nopeus pinnan suhteen on nolla. Ilman sisäisen viskositeetin johdosta tämä liikkumaton ilma jarruttaa välittömästi sen yläpuolella olevaa kerrosta, jonka nopeus sen johdosta hidastuu. Tämä hidastunut kerros puolestaan jarruttaa välittömästi sen yläpuolella liikkuvaa kerrosta. Leikkausjännitys τ on yhtälön (13) mukaisesti pinta-alkion pinnan suuntainen voima F_f jaettuna sen pinta-alalla A .

Yhtälö (13)

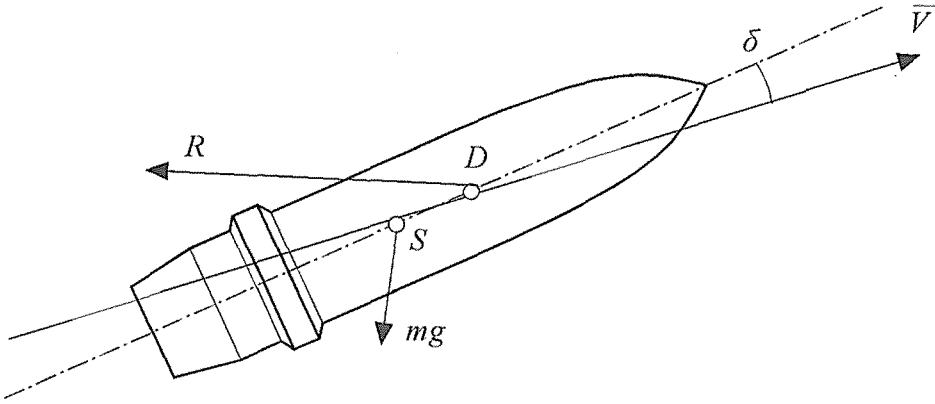
$$\tau = F_f / A, \text{ jossa}$$

$$F_f = \text{pinnan suuntainen voima}$$

$$A = \text{pinta-alkion pinta-ala}$$

Leikkausjännitys on paineen tavoin ammuksen eri pisteissä erilainen eli leikkausjännityksellä on jakauma. Leikkausjännityksen aiheuttama kokonaiskitkavoima saadaan samoin kuin paineellakin integroimalla leikkausjännitys yli koko ammuksen pinta-alan.

Kun paine- ja leikkausjännitysjaakaumat integroidaan yli koko kappaleen, saadaan aerodynaamisen voiman kokonaisresultantti R . **Kuva 54.** Sen suuruus ja vaikutussuora riippuvat myös ammuksen kohtauskulmasta eli ammuksen keskiakselin ja nopeusvektorin v välisestä kulmasta δ . Yleensä aerodynaamisen voiman kokonaisresultantin R vaikutussuora ei kulje ammuksen painopisteen S kautta vaan jonkin pisteen D kautta.



Kuva 54 Ammuksen vaikuttavat voimat

Ammuksen painopisteeseen vaikuttaa maan vetovoima $m * g$, joka on toinen ammuksen vaikuttavista voimista. Koska voimat eivät vaikuta samaan pisteeseen, syntyy tästä ammusta kaatava tai vakavoiva aerodynaaminen momentti, jonka suuruus on R kertaa sen vaikutussuoran kohtisuora etäisyys painopisteestä. Jos aerodynaaminen keskipiste on painopisteen etupuolella, syntyy kaatava momentti.

3 AMMUKSEN VASTUSKERROIN

Tärkein aerodynaamisen voiman kokonaisresultantin R komponentti on vastusvoima D , joka on R :n komponentti ammuksen nopeusvektorin suuntaan. **Kuva 56.**

Aerodynamiikassa kuvataan syntyviä voimia ja momentteja dimensiottomilla kertoimilla. Yhtälöt tehdään yleensä dimensiottomiksi jakamalla suure sopivalla termillä. Esimerkiksi vastusvoima jaetaan termillä $\frac{1}{2} * \rho * v^2 * A$, missä ρ on ilman tiheys, v ammuksen nopeus ilman suhteen ja A ammuksen poikkileikkauksen pinta-ala. Vastuskerroin C_D määritellään yhtälöllä (14).

$$\text{Yhtälö (14)} \quad C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} * \rho * v^2 * A}$$

Vastuskertoimen suuruus riippuu kohtauskulman δ ohella myös ammuksen nopeudesta v . Ammus syrjäyttää lentäessään tieltään ilmaa. Ilman kokoonpuristuminen aiheuttaa paineaaltoja, jotka etenevät ilmassa äänen nopeudella a , joka on maanpinnalla noin 340 m/s. Kun ammuksen nopeus on suurempi kuin äänen nopeus, ei paineaalto pääse etenemään ammuksen edelle. Tällöin ammuksen eteen muodostuu ilman kokoonpuristumisesta johtuva tiivistysaalto, joka lisää vastusta. Koska äänen nopeus a on näin ollen oleellinen suure ammuksen nopeuden v ohella, on otettu käyttöön uusi muuttuja Machin luku M . Se määritellään ammuksen nopeuden v suhteena äänen nopeuteen a ilmassa, $M = v/a$. Yleisesti vastuskerroin on Machin luvun funktio yhtälön (15) mukaisesti.

$$\text{Yhtälö (15)} \quad C_D = C_D(M)$$

Ammukseen kohdistuvan vastuksen yhtälöstä (16) voidaan päätellä, mitkä suureet vaikuttavat ammuksen vastukseen.

$$\text{Yhtälö (16)} \quad D = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * A * C_D, \text{ jossa}$$

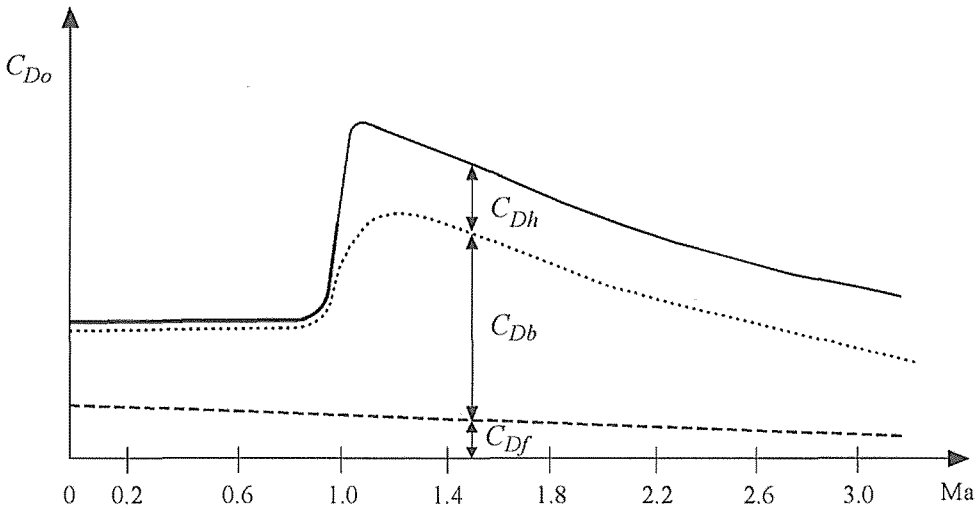
- ρ = ilman tiheys
- v = ammuksen nopeus ilmaan nähden
- A = ammuksen poikkileikkauksen pinta-ala
- C_D = vastuskerroin

Ilmakehän suureista vastukseen vaikuttavat ilman tiheys, lämpötila, kosteus ja tuuli. Kaavassa oleva nopeus v on ammuksen nopeus ilmaan nähden. Kuitenkin ammuksen nopeus lasketaan maahan nähden, jolloin tuuli otetaan huomioon. Sääluotauksessa mitataan paine ja lämpötila, mutta tiheys voidaan laskea ideaalikaasun tilanyhtälöllä paineen ja lämpötilan perusteella. Kosteus ja lämpötila vaikuttavat äänen nopeuteen eli Machin luvun suuruuteen. Ammuksen ulkomuodosta taas riippuvat poikkipinta-ala A ja vastuskerroin C_D .

Vastuskertoimen arvo kohtauskulman δ ollessa nolla, C_{D_0} eli nollavastuskerroin, on tärkein ammuksen kantamaan vaikuttava aerodynaaminen kerroin. Se koostuu ammuksen kärjen alueen ylipaineesta johtuvasta painevastuksesta C_{D_h} , perän alipaineesta johtuvasta peräpainevastuksesta (imuvastuksesta) C_{D_b} ja koko ammuksen vaipan kitkavastuksesta C_{D_f} . Nollavastuskerroin C_{D_0} saadaan yhtälöstä (17).

$$\text{Yhtälö (17)} \quad C_{D_0} = C_{D_h} + C_{D_b} + C_{D_f}$$

Eri termien suhteellinen osuus riippuu ammuksen muodosta ja Machin luvusta. Kuvassa on esitetty periaatteellisesti tyypillisen tykistökranaatin nollavastuserroin ja sen jakaantuminen eri komponentteihin Machin luvun funktiona. **Kuva 55.**



Kuva 55 Tyypillinen nollavastuserroin ja sen eri tekijät Machin luvun funktiona

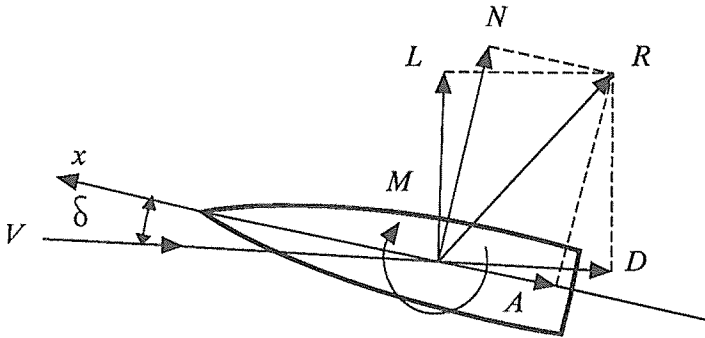
Kuvasta 55 nähdään, että kitkavastuksen osuus pienenee Machin luvun kasvaessa. Kitkavastuksen suuruuteen vaikuttaa ammuksen pinnan laatu. Esimerkiksi 155 mm polttomaalatus ja vinylimaalatus ammuksen (lähtönopeus 720 m/s) kantamassa on eroa noin 100 metriä.

Ammuksen ulkomuodon vaikutus painevastukseen riippuu merkittävästi tarkasteltavasta nopeusalueesta. Peräpainevastuserroin on alle 0,8 M:n arvoilla vakio ja kasvaa sitten nopeasti saavuttaen maksiminsa noin Machin luvulla yksi alkaen sitten hitaasti pienetä. Kärjen alueen painevastus on alhainen pienillä Machin luvun arvoilla, mutta se kasvaa nopeasti noin yhden Machin kohdalla alkaen pienetä suuremmilla Machin luvun arvoilla, kuitenkin vähemmän kuin peräpainevastus.

Kun ammuksen nopeus on yli kolme Machia (yli 1000 m/s), on mahdollisimman suippo kärjen muoto aerodynaamisesti edullisin. Ammuksen perän muodolla ei ole ratkaisevaa merkitystä, koska perän takana on joka tapauksessa tyhjiö, johon ilma ei ehdi virrata ammuksen perän muotoa noudattaen. Nopeusalueella 1–3 M on suippokärkinen muoto eduksi, mutta myös ammuksen perän muodolla on merkitystä. Edullisin perämuoto on kartio. Alle yhden Machin nopeuksissa kärjen muodolla ei ole ratkaisevaa merkitystä vastuksen suuruuteen.

4 MUUT AERODYNAAMISET KERTOIMET

Kokonaisvoima jaetaan lentoradan laskennan kannalta oleellisiin komponentteihin. **Kuvassa 56** on kaksiulotteisesti esitetty yleisesti käytetty tapa jakaa ammuksen painopisteeseen siirretty aerodynaaminen voima R komponenteiksi.



Kuva 56 Aerodynaamisen voiman jako komponentteihin

Voimat ja momentit esitetään laaduttomien aerodynaamisten kertoimien avulla, kuten vastuskerroin edellä. Esimerkiksi normaalivoima N esitetään normaali-voimakertoimen C_N avulla ja se määritellään yhtälöllä (18).

$$\text{Yhtälö (18)} \quad C_N = \frac{N}{\frac{1}{2} * \rho * v^2 * A} \quad , \text{ jossa}$$

- N = normaalivoima
- ρ = ilman tiheys
- v = ammuksen nopeus ilmaan nähden
- A = ammuksen poikkileikkauksen pinta-ala

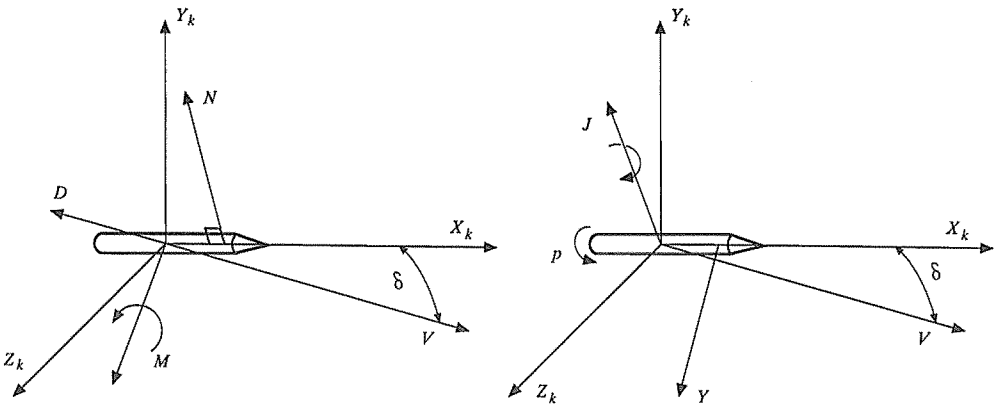
Kaikki voima- ja momenttikomponentit ovat Machin luvun ja kohtauskulman funktioita. Kohtauskulman vaikutus otetaan huomioon esittämällä voima- ja momenttikertoimet kohtauskulman funktiona kehitettyinä sarjakehitelminä, joista otetaan huomioon vain alkupään termit. Esimerkiksi kohtauskulmalla $d = 0$ normaalivoima on nolla, mutta kohtauskulman muilla arvoilla se on nolasta poikkeava. Näin ollen normaalivoimakerroin esitetään yhtälöllä (19)

$$\text{Yhtälö (19)} \quad C_N = C_{N\delta} * \delta,$$

missä kerrointa $C_{N\delta}$ kutsutaan nostovoimakertoimen kaltevuudeksi ja se on varsinaisen määritettävä aerodynaaminen kerroin. Samoin tarvitaan kertoimina vastusvoimakertoimen kaltevuus ja momenttikertoimen kaltevuus sekä niiden arvot kohtauskulmalla $\delta = 0$.

Vastuksen, normaalivoiman ja pituusmomentin lisäksi joudutaan rotaatio-vakavoiduilla ammuksilla ottamaan huomioon pyörimisen vaikutus. Ammuksen pyöriminen aiheuttaa nollassa poikkeavalla kohtauskulmalla ammuksen ympärillä olevaan virtauskenttään epäsymmetriaa, joka synnyttää magnusvoiman Y ja sitä vastaavan magnusmomentin J . Niiden esittämiseksi on määritettävä kaksi aerodynaamista kerrointa, joita kutsutaan magnusvoima- ja magnus-momenttikertoimen kaltevuudeksi. Näiden suuruus riippuu kohtauskulman ja Machin luvun lisäksi pyörimisnopeudesta p . Kitkan vaikutuksesta ammuksen pyörimisnopeus hidastuu ja tämän huomioonottamiseksi on lisäksi tunnettava sitä kuvaava pyörimisen vaimenemiskerroin C_{lp} .

Laskettaessa ammuksen lentorataa esimerkiksi modifioidulla massapistemallilla, on vastaavat aerodynaamiset kertoimet on määritettävä. **Kuva 57.**



Kuva 57 Ammuksen lentorataa laskettaessa huomioon otettavat aerodynaamiset voimat ja momentit

5 AERODYNAAMISTEN KERTOIMIEN MÄÄRITTÄMINEN

Aerodynaamisten kertoimien määrittämiseen voidaan käyttää puoliempiirisiä käyrästöjä, tuulitunnelikokeita ja numeerista virtauslaskentaa. Lentoradan laskemisen ja ampmataulukon laatimisen kannalta suurin merkitys ja tarkkuusvaatimus on vastuskertoimella C_D . Tarkimmin se saadaan määritetyksi lentorata-tutkamittauksilla.

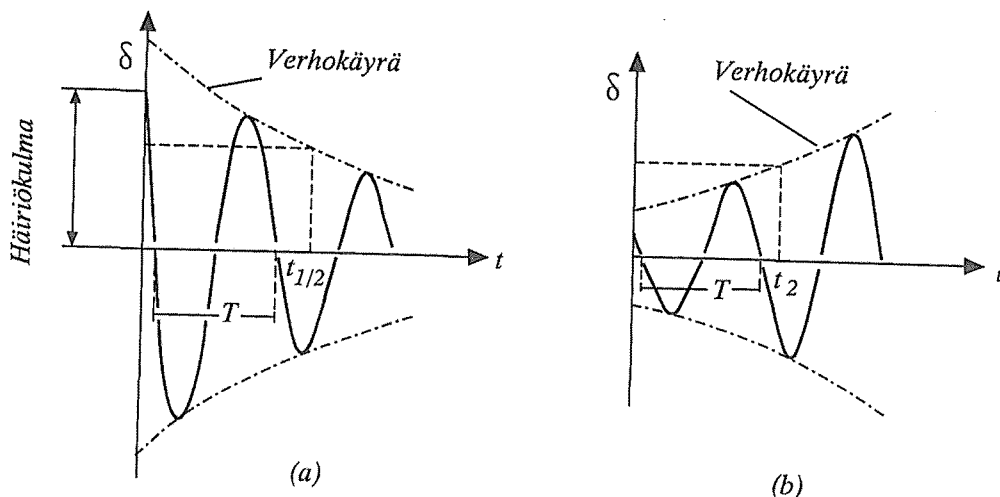
Muiden aerodynaamisten kertoimien kuin vastuskertoimen määrittämisessä joudutaan useimmiten turvautumaan puoliempiirisiin käyrästöihin pohjautuviin tietokoneohjelmiin. Ohjelmat perustuvat teoreettisiin laskelmiin ja tuulitunnelikokeilla saatuihin tuloksiin. Ohjelmiin syötetään ammuksen ulkomuoto ja ne laskevat käyrä-sovituksesta tarvittavat aerodynaamiset kertoimet. Tuulitunnelikokeet ja numeerinen virtauslaskenta ovat kalliita ja niillä on pitkät toimitusajat.

6 AMMUSTEN VAKAVOINTI

Ammusten vakavoinnin tarkoituksena on huolehtia siitä, että ammus lentää kärki edellä maaliin asti. Käytännössä ammusten vakavointi tapahtuu joko pyrstö-vakavoinnilla tai rotaatiopakavoinnilla.

Yleisesti ymmärretään heilahtelun vakavoinnilla eli stabiilisuudella ominaisuutta, jonka mukaan jostakin syystä syntynyt alkuheilahdus vaimenee ajan myötä. Ollakseen vakaa ammuksen tulee olla sekä staattisesti että dynaamisesti stabiili. Staattinen stabiilisuus merkitsee, että ammus reagoi poikkeutukseen jaksottaisella värähtelyllä. Dynaaminen stabiilisuus taas merkitsee sitä, että syntyvä värähtely vaimenee kohti rajallista arvoa.

Kuva 58.

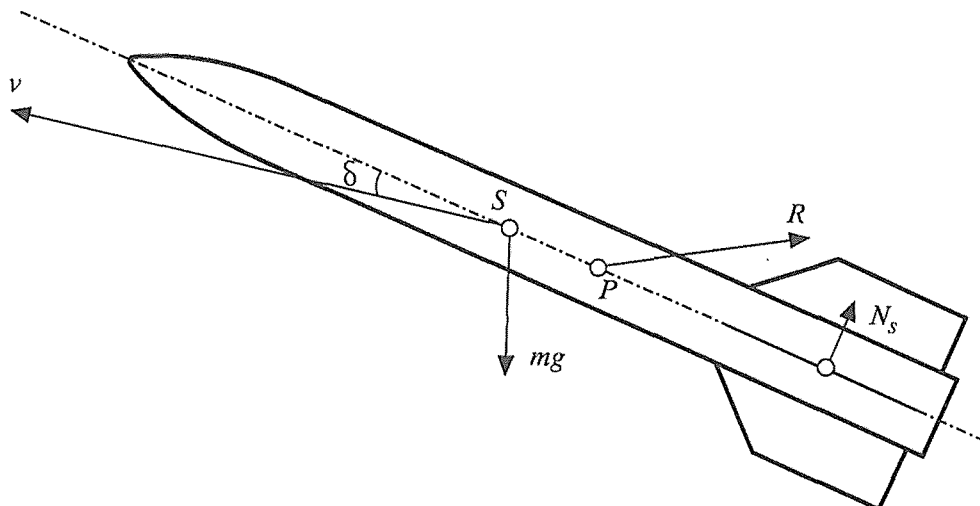


Kuva 58 Ammuksen kohtauskulma ajan funktiona
Ammus (a) on stabiili, mutta (b) on dynaamisesti epästabiili

a Pyrstövakavointi

Pyrstövakavoiduilla ammuksilla ammuksen massakeskipiste S on lähempänä ammuksen kärkeä kuin ammuksen aerodynaamisen voiman R vaikutuspiste D . **Kuva 59.** Tällöin aerodynaamisen voiman momentti pyrkii kääntämään ammuksen kärkeä lentoradan tangentin suuntaiseksi. Stabiiloiva aerodynaaminen voima on ammuksen perässä olevan pyrstön synnyttämä nostovoima N_s .

Pyrstövakavoiduilla ammuksilla tulee olla riittävän pieni hitausmomentti, jotta ammuksen heilahdusliike vaimenee nopeasti. Pyrstövakavoinnin periaatetta käytetään kranaatinheittimistö ammuksissa, lentopommeissa, raketeissa, alikaliiperi-ammuksissa, kiväärikiranateissa ja ontelokranaateissa. Myös kuorma-ammusten tytärkraanaattien stabilointi on siipivakavointia, vaikkakin se tapahtuu ammuksen perässä olevalla kangassuikaleella.



Kuva 59 Pyrstövakavoinnin periaate

Vaikka pyrstövakavoinnissa ei tarvita ammuksen rotaatioliikettä, annetaan esimerkiksi suorasuuntausaseiden ammuksille siipien pienillä asentokulmilla alhainen kulmanopeus pituusakselin ympäri. Tällä eliminoidaan ammuksen mahdollisen epäsymmetrisyyden samansuuntainen häiriövaikutus lentorataan. Toisaalta pyöriminen lisää siipien aiheuttamaa vastusta. Lisäksi joissakin tapauksissa siipien vakavoinnin aiheuttama heilahtelu ja pyörimisliike saattavat johtaa resonanssiin, joka tekee ammuksen lennosta epävakaa aiheuttaen hajonnan kasvua.

Pyrstövakavoinnilla on joitakin haittoja rotaatiovakavointiin verrattuna. Siivet altistavat ammuksen tuulelle. Tämä on haitallista erityisesti raketeilla palovaiheen aikana, jolloin työnnön ja pintatuulen yhteisvaikutuksesta raketti kääntyy tuuleen. Kovilla ja puuskaisilla tuulilla tätä on vaikea korjata ja se aiheuttaa suurta hajontaa. Lisäksi siivet lisäävät ammuksen vastusta.

b Rotaatiovakavointi

Tykin ammuksen perän tulee olla vahva kestääkseen sisäballistisen rasituksen. Tämän johdosta ammuksen perä on paksu ja painava. Ulkoballistisista syistä ammuksen kärki taas on terävä ja virtaviivainen. Näiden kahden syyn yhteisvaikutuksesta ammuksen painopiste on lähellä perää ja aerodynaamisen voiman vaikutussuora lähempänä kärkeä. Jos ammusta ei vakavoitaisi, kaatuisi se aerodynaamisen voiman aiheuttaman momentin vaikutuksesta heti jätettyään aseensa putken.

Rotaatiovakavoinnissa kumotaan ammusta kaatava momentti hyrräliikkeellä, jolloin ammus pannaan pyörimään pituusakselinsa ympäri. Hyrrä pyrkii säilyttämään pyörimisakselinsa suunnan. Kun aerodynaaminen voima pyrkii kääntämään ammusta, kääntyy se hyrrälakien mukaisesti kohtisuoraan pois päin vaikuttavasta voimasta. Tällöin myös

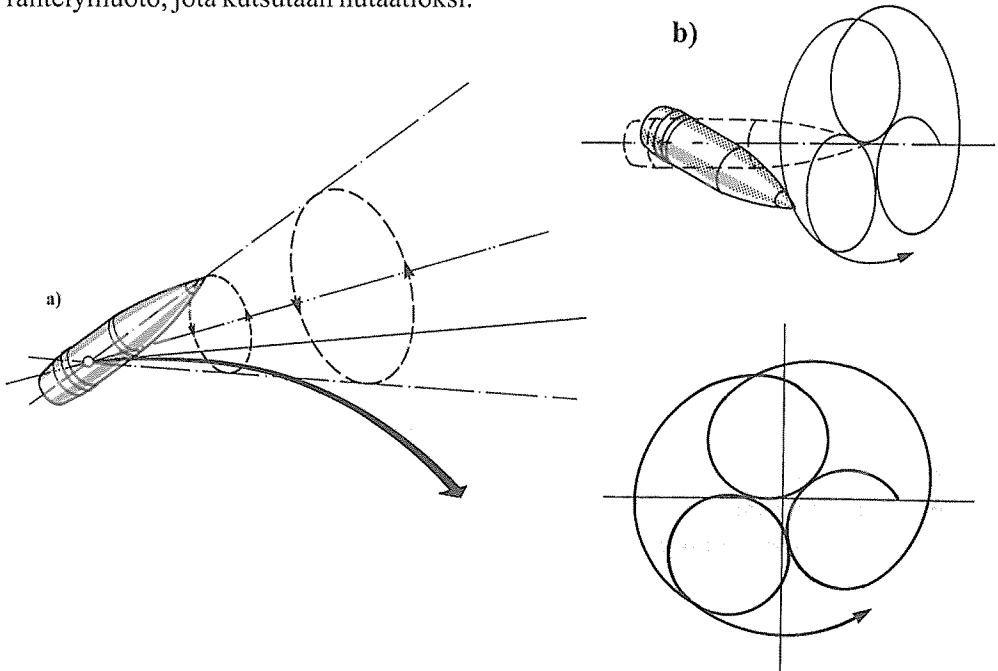
aerodynaamisen voiman suunta muuttuu. Lopputuloksena on pyörivän ammuksen prekessioliike. **Kuva 60.** Ammuksen vakavuutta voidaan tarkastella lausekkeella:

$$S_g = \frac{I_x^2 * p_o^2}{4I_y * C_{mx} * \frac{1}{2}\rho * v^2 * S_d}, \text{ missä}$$

- S_g = hyrrämomentin ja pituusmomentin suhde
 I_x = hitausmomentti pitkittäisakselin suhteen
 I_y = hitausmomentti poikittaisakselin suhteen
 \dot{P}_o = pyörimisnopeus (rad/s)
 C_{mx} = pituusmomenttikertoimen kaltevuus
 ρ = ilman tiheys
 v = ammuksen nopeus
 S = referenssipinta-ala
 d = kaliiperi

Jotta ammus olisi vakaa, pitää $S_g > 1$.

Prekessiossa eli hitaassa värähtelyssä ammuksen kärki tekee ympyräliikettä lentoradan tangentin ympäri. Sen lisäksi ammuksella on hyrräliikkeessä toinen nopeampi värähtelymuoto, jota kutsutaan nutaatioksi.



Kuva 60 Ammuksen a) prekessio- ja b) nutaatioliike lentoradalla

Rotaatiovakavointi aiheuttaa ammuksen kierto-poikkeaman. Jos ammuksen lentorata olisi suora, olisi prekessioliike symmetristä lentoradan ympäri ja kohtauskulmasta johdettava poikittaisvoiman nettovaikutus olisi nolla eikä kierto-poikkeamaa syntyisi. Maan vetovoiman vaikutuksesta ammuksen lentorata on kaareva. Siksi ammuksen akseli on keskimäärin lentoradan tangentin yläpuolella. Tämä puolestaan aiheuttaa sen, että prekessioliike on keskimäärin suurempi oikealle päin ampumasuuntaan katsoen, kun aseessa on oikeakätiset rihlat. Lopputuloksena on, että ammuksen kärki on kauemman aikaa lentoradan oikealla puolella kuin vasemmalla puolella. Yhden prekessiokierroksen aikana saadaan kokonaisnettovoimaksi poikittaisvoima, jonka suunta on oikealle ja ylöspäin. Tämä voima on pääsyy kierto-poikkeamaan.

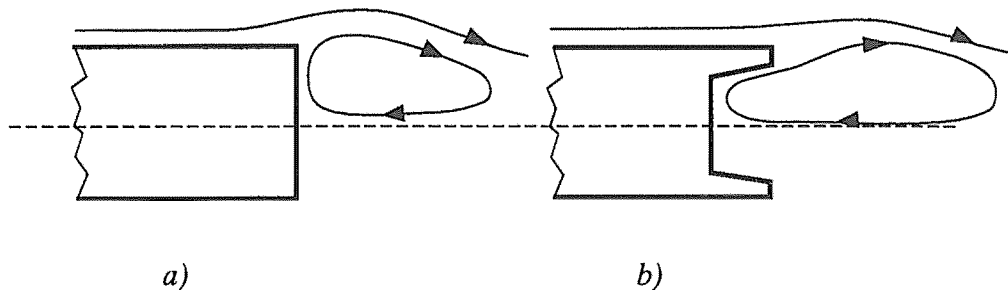
Rotaatiovakavointi ei ole kovin tehokasta kun ammus on hoikka. Jos ammuksen pituus on yli seitsemän kertaa kaliiperi ei rotaatiovakavointia yksistään voida käyttää. Siksi esimerkiksi raketit, jotka ovat pitkiä ja ohuita, ovat siipivakavoituja.

Ammuksen pyörimisnopeuden tulee olla sopiva. Liian suuri pyörimisnopeus tekee ammuksista ylistabiilin eikä ammusakseli pysty enää seuraamaan ratatangenttia. Tämä johtaa erityisesti kaarevilla lentoradoilla siihen, että ylistabiili ammus tulee pohja edellä iskupisteeseen. Halkaisijan pienessä rotaatiovakavointi edellyttää kierrosluvun lisäämistä riittävän hyrrävaikutuksen aikaansaamiseksi. Tämä ongelma tulee esiin erityisesti pienikaliiperisilla automaattiasseilla, koska se asettaa suuret vaatimukset piipun kestolle.

7 ERIKOISAMMUSTEN AERODYNAMIIKKA

a Onteloperäammukset

Peräpainevastusta voidaan alle yhden Machin nopeuksilla pienentää tekemällä ammuksen perään ontelo, joka pienentää vastusta. **Kuva 61.** Vanavedessä tapahtuu virtausta perää kohti lähellä symmetria-akselia. Tämä virtaus kääntyy perän lähellä seinämän suuntaiseksi ja sitten edelleen päävirtauksen suuntaiseksi. Kääntyvä virtaus levittää vanavettä ammuksen perän jälkeen umpiperäammuksilla, mutta onteloperäammuksilla ontelon seinämät kääntävät virtausta niin, että vanavesi ei paluuvirtauksen takia leviä. Lopputuloksena ammus näyttää virtaukselle virtaviivaisemmalta. Ontelon avulla on mahdollisuus pienentää peräpainevastusta n 10 % alle yhden Machin nopeusalueella. Tätä suuremmilla nopeuksilla sen hyöty häviää. Onteloperän avulla voidaan siirtää ammuksen painopistettä eteenpäin ja tehdä pitkiä, vastuskertoimeltaan pieniä ammuksia.



Kuva 61 Virtaus a) umpi- ja b) onteloperän ohi

b Perävirtausammukset

Perävirtausammuksen perässä on pieni ruutipanos, joka palaa ammuksen nousevan lentoratavaiheen aikana ja levittää ammuksen perään kaasua. Kaasu pienentää ammuksen perään syntyvää alipainetta ja peräpainevastusta. Perävirtaustekniikalla voidaan kantamaa lisätä noin 20—30 %. Lentoradan laskennassa perä-virtausyksikkö mallitetaan käyttämällä koeammunnalla tarkennettua laskentamallia, joka korjaa vastuserrointa ottamalla huomioon perävirtausyksikön peräpainevastusta vähentävän vaikutuksen.

c Kuorma-ammukset

Kuorma-ammuksien sisällä on suuri määrä tytärkraanaatteja, jotka vapautetaan kohteen yläpuolella. Lentoradan määritys ei poikkea tavallisen ammuksen lentoradan määrittämisestä. Kuorma-ammuksen avautumishetken paikasta, asentokulmasta sekä rata- ja pyörimisnopeudesta saadaan lähtöarvot tytärkraanaattien lentoratojen laskulle. Tytärkraanaattien lähtöarvot vaihtelevat suuresti riippuen niiden paikasta kuorma-ammuksessa. Tytärkraanaatin lentoradan määrittämiseen käytetään tavanomaista lentorata-mallia. Vastuserroin saadaan riittävällä tarkkuudella koeammuntojen perusteella.

8 AMPUMATAULUKOT

a Yleistä

Ampumataulukon avulla määritetään ampuma-arvot (koro, sivu, lentoaika, aikautus) ja pyritään saamaan ammus ammutahetkellä vallitsevissa oloissa haluttuun maalipisteeseen. Ampumataulukon tavoitteena on mahdollistaa käytännön ampumatoiminnassa mahdollisimman suuri tulen aloituksen tarkkuus.

Ampumataulukoiden laadinnassa käytetään aerodynamiikan menetelmiä. Ampumataulukoiden laskennassa hyödynnetään laukausyhdistelmälle määritettyjä aerodynaamisia kertoimia sekä koeammuntojen mittaustuloksia.

b Taulukko-olot

Ampumataulukot määritetään vastaamaan suomalaisia normaalioloja, jotka on määritetty **normaali-ilmakehämallin** avulla. Suomalainen normaali-ilmakehä määritetään seuraavasti:

- ilma on ideaalikaasua, ilman lämpötila merenpintatasolla on 0°C ja se laskee $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 10 km asti, jonka jälkeen se on vakio -60°C
- ilmanpaine merenpintatasolla on 1000 mbar (750 torria)
- ilma on kuivaa eli suhteellinen kosteus on 0 % ja
- ilmakehä on staattisessa tilassa eli tuuleton.

Ampumataulukot laaditaan tiettyyn ammus-sytytin -yhdistelmän nimellismassaan eli **taulukkopainoon ja -lähtönopeuteen**.

c Poikkeamat taulukko-oloista

Olosuhteet ammunnoissa vaihtelevat paitsi sään myös käytettävän laukausyhdistelmän ja aseiden suhteen. Ammuksen paino vaihtelee. Käytetään erilaisia sytyttämiä, ammuksia ja aseita. Aseet ovat kulumisasteeltaan erilaisia. Siksi ampumataulukoiden on mahdollistettava erilaisten häiriötekijöiden huomioonottaminen ja luotava näin edellytykset tuliasemassa tapahtuvalle ammunnan ballistiselle valmistelulle ja ammunnan aikaiselle korjaustoiminnalle. Ammuntahetkellä vallitsevat erilaiset häiriötekijät otetaan huomioon ampumataulukoissa ilmoitettujen korjausten avulla.

Taulukossa 6 on esimerkkejä eri häiriötekijöiden vaikutuksesta ammuttaessa eräillä tykki- ja kranaatinheitinmalleilla. Taulukossa on lähtönopeuspoikkeaman, pituustuulen ja ilman lämpötilapoikkeaman vaikutus ampumaetäisyyteen metreinä sekä sivutuulen vaikutus sivupoikkeamaan piiruinä.

Ase- malli	Panos	Vo m/s	Koro v	T s	Etäisyys m	Vo-ero 5 m/s	Pituus-t uuli 10 m/s	Lämpö- tilaero 10 °C	Sivu- tuuli 10 m/s
122 H 63	3.p	333	333	21	5 612	69 m	201 m	123 m	6 ^y
	3.p	333	667	39	8 002	101 m	277 m	173 m	9 ^y
	tp	682	333	32	11 047	81 m	251 m	197 m	14 ^y
	tp	682	667	56	14 506	95 m	447 m	291 m	18 ^y
152 K 83	1.p	380	333	24	6 969	98 m	185 m	120 m	6 ^v
	1.p	380	667	43	10 018	134 m	280 m	181 m	9 ^y
	4.p	720	333	38	14 823	127 m	247 m	209 m	11 ^y
	4.p	720	667	66	19 667	155 m	489 m	313 m	15 ^y
81 KRH	6.p	307	667	41	5 704	94 m	224 m	101 m	20 ^y
	6.p	307	333	50	3 713	62 m	189 m	64 m	36 ^y
120 KRH	5.p	358	667	45	6 985	51 m	322 m	189 m	20 ^y
	5.p	358	333	55	4 638	36 m	241 m	122 m	34 ^y

Taulukko 6 Esimerkki lähtönopeuspoikkeaman, pituustuulen ja ilman lämpötila-poikkeaman vaikutuksesta ampumaetäisyyteen sekä sivutuulen vaikutuksesta sivupoikkeamaan

Taulukosta saa käsityksen erilaisten häiriötekijöiden vaikutuksista. Koska ammunnoissa olosuhteet vaihtelevat satunnaisesti, saattavat korjaukset muodostua suuriksikin, mikäli eri korjaukset vaikuttavat samaan suuntaan.

Taulukossa 7 on esimerkkejä eri häiriötekijöiden vaikutuksesta kiväärillä ammuttaessa. Taulukossa on lähtönopeuspoikkeaman vaikutus putoamaan sekä sivutuulen vaikutus sivupoikkeamaan senttimetreinä.

Asemalli	Ampuma- etäisyys m	Lentoaika s	Vo-ero 5 m/s	Sivutuuli 5 m/s
762 RK 62	150	0.23	1 cm	14 cm
762 RK 62	300	0.54	4 cm	62 cm
762 TAKIV	300	0.48	2 cm	32 cm
762 TAKIV	800	1.72	19 cm	302 cm

Taulukko 7 Esimerkki lähtönopeuseron vaikutuksesta putoamaan sekä sivutuulen vaikutuksesta sivupoikkeamaan

Taulukosta havaitaan, että sivutuulen merkitys korostuu ampumaetäisyyden ja lentoajan kasvaessa. Ero sivutuulen vaikutuksesta 300 metrissä johtuu pääosin luotien painoerosta. Rynnäkkökiväärin luoti on 5 g kevyempi kuin tarkkuuskiväärin luoti ja tästä syystä sen hidastuvuus on suurempi ja lentoaika pidempi.

d Ampumataulukoiden laadinta

Ampumataulukoiden laadinnassa tarvittavia lähtötietoja ovat

- ammuksen massa (taulukkopaino)
- ammuksen aksiaalinen hitausmomentti
- ammuksen painopisteen paikka
- ammuksen aerodynaamiset kertoimet
- erilaiset hajontatekijät ja sovituskertoimet
- lähtönopeudet eri panoksilla (taulukkolähtönopeudet) ja
- aseiden lähtöpoikkeamakulmat.

Osa lähtötiedoista voidaan määrittää erilaisten tietokoneohjelmien avulla, kun ammuksen ja sytyttimen mitat ovat selvillä. Osa lähtötiedoista määritetään mittauksilla koeammunnoissa. Ammuksen hitausmomentti ja painopisteen paikka voidaan määrittää joko mittaamalla tai laskennallisesti. Lähtönopeudet ja -poikkeamakulmat määritetään koeammunnoilla. Ammuksen taulukkopaino määräytyy paino-luokkajaotuksen perusteella. Hajontatekijät ja sovituskertoimet määritetään mittauksilla koeammunnoissa.

Ampumataulukoiden laadinnassa tarvittavien aerodynaamisten kertoimien määrä riippuu laskennassa käytettävästä lentoratamallista. Laskennallisesti saavutettava tarkkuus vastuskertoimelle CD ei ole riittävä ampumataulukoiden laadintaan, joten se on määriteltävä koeammunnoissa lentoratatutkamittauksilla. Muut aerodynaamiset kertoimet saadaan riittävän tarkoiksi laskennallisilla menetelmin.

Taulukkoammunnoilla määritetään ampumataulukoiden laadinnassa tarvittavia lähtötietoja ja parametreja. Tavoitteena on määrittää laukausyhdistelmän vastuskerroin sekä selvittää ampumataulukoiden laskennassa tarvittavien sovituskertoimien riippuvuus korotuskulmasta ja lähtönopeudesta.

Tyypillisiä taulukkoammuntoihin luettavia koeammuntoja ovat erilaisten aseiden ja ampumatarvikkeiden välisten eroavuuksien määrittämiset.

Koeammuntatulosten ulkoballistisella analysoinnilla käsitetään

- lentoratatutkamittausten käsittelyä
- säävaikutusten eliminoimista
- ammuspaino- ja lähtönopeusvaihteluiden eliminoimista sekä
- erilaisten kertoimien määrittämistä.

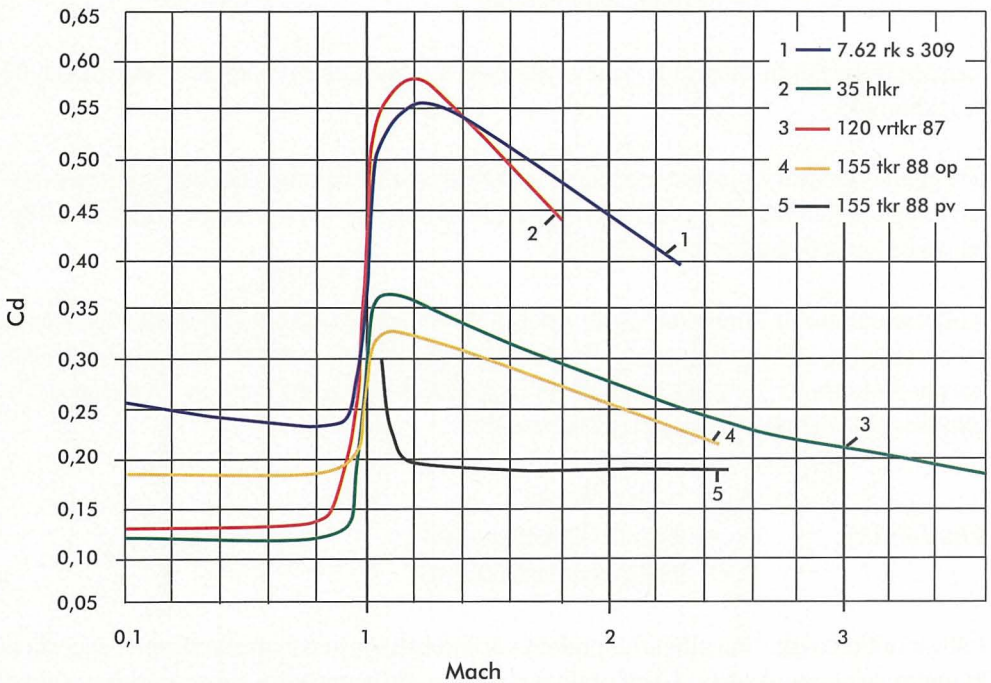
Analysoinnin jälkeen tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi laskimissa, ampumataulukoiden laadinnassa sekä suoritettaessa vertailuja eri ammuntojen kesken tai eri ammusmallien ja ammus-sytytin -yhdistelmien välillä. Tuloksia voidaan vertailla myös ampumaetäisyyden tai hajontojen suhteen.

Taulukkoammuntoihin liittyy oleellisesti ammunnan aikaisen **säätilan mittaus**. Kyseessä on joko maanpinta-arvojen mittaus tai laajempi sääluotaus. Koeammuntatulosten ana-

lysointia varten tarvitaan tiedot ilmanpaineesta, ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta sekä tuulen nopeudesta ja suunnasta. Säälukuotauksilla tiedot määritetään korkeuden funktiona.

Ammus-sytytin -yhdistelmän vastuskerroin C_D määritetään **lontoratatutkamittaus-**ten perusteella. Lisäksi voidaan määrittää erikoisjärjestelyin pyörimisen vaimenemis-kerroin C_{lp} .

Lontoratatutkamittausta voidaan käyttää myös ammuksen stabiilisuuden tutkimiseen. Mittauksilla voidaan selvittää, onko ammus epästabiili ja missä lentoradan vaiheessa häiriöitä esiintyy. Mittauksilla voidaan varmentaa laskemalla saatuja tuloksia.



Kuva 62 Ampumatarvikkeiden vastuskerroinkuvaajia. 155 mm kranaatilla op tarkoittaa onteloperä- ja pv perävirtausammusta

Lisäksi lontoratatutkaa käytetään perävirtausyksikön toiminnan tutkimiseen. Mittaus-tulosten avulla voidaan selvittää perävirtausyksikön syttymistä ja palamista, määrittää perävirtausyksikön paloaika sekä korjata kokeellisesti määritettyä peräpainevastusker-rointa.

Ampumataulukoiden laskentaa varten ammus-sytytin -yhdistelmän vastuskerrointa hie-nosäädetään määrittämällä sille **sovituskerroimet** eri panoksille ja korotuskulmille. Samalla määritetään kiertopoikkeamaa kuvaava kerroin tai nostovoimakertoimen sovi-tuskerroin sekä lentoajan korjaus, jolla korjataan lontoratamallin antama lentoaika vas-taamaan todellista, koeammunnassa mitattua lentoaikaa.

Ampumataulukon laadintaa varten koeammunnasta määritetään hajontoja, joita tarvitaan **todennäköisen pituuspoikkeaman** r_p laskemiseksi. Laskentaa varten on määritettävä lähtönopeuden ja vastuskertoimen sovituskerroimen todennäköiset poikkeamat r_v ja r_c . Todennäköistä pituuspoikkeamaa käytetään yhtenä osatekijänä esimerkiksi arvioitaessa tulen tehoa ja vaikutusta maalissa sekä erilaisissa kilpailuammunnoissa tuloksia arvioitaessa.

Todennäköinen poikkeama lasketaan yhtälöllä (20).

$$\begin{aligned} \text{Yhtälö (20)} \quad r &= 0.6745 * s, \text{ jossa} \\ s &= \text{otoksen keskihajonta.} \end{aligned}$$

Kahden todennäköisen pituus- ja leveyspoikkeaman alueella ($\pm r$) oletetaan olevan 50 % iskemistä.

Usein joudutaan arvioimaan hajontaa ja mahdollisesti karsimaan laukauksia pois tulosten jatkokäsittelystä. Normaaliin hajontaan kuulumattomien tapausten arviointiin käytetään erilaisia tilastollisia menetelmiä.

Ampumataulukon laadintaa varten määritetään asean **lähtöpoikkeamakulmat** (ρ) eri panoksilla. Lähtöpoikkeamakulma on kulma, jolla asean putki poikkeaa asetetusta korotuskulman (α_o) arvosta ammuksen lähtiessä putkesta. Ammuksen todellinen lähtökulma (φ_o) on tällöin yhtälön (21) mukainen.

$$\begin{aligned} \text{Yhtälö (21)} \quad \varphi_o &= \alpha_o + \rho, \text{ jossa} \\ \alpha_o &= \text{asetettu korotuskulma} \\ \rho &= \text{lähtöpoikkeamakulma} \end{aligned}$$

Lähtöpoikkeamakulma aiheutuu putken värähtelystä ja sen suuruus riippuu aseesta ja käytettävästä panoksesta. Lähtöpoikkeamakulmalla on erittäin suuri merkitys suoraammunnoissa. Pitkillä ampumaetäisyyksillä sen merkitys on vähäisempi. Lähtöpoikkeamakulma huomioidaan ampumataulukoita laskettaessa, joten käyttäjän ei tarvitse tuntea kyseessä olevan asean lähtöpoikkeamakulmia.

e Ampumataulukoiden laskenta

Laskennassa käytettävä lentoratomalli määräytyy käytettävissä olevien lähtötietojen perusteella. Ampumataulukoiden laskennassa lentoratomalleina käytetään

- vastuskäyrään perustuvaa massapistemallia tai
- modifioitua massapistemallia.

Massapistemallissa ammus oletetaan pisteeksi, johon vaikuttavat maan vetovoima ja ilman vastus.

Modifioidussa massapistemallissa otetaan huomioon ammuksen pyörimisen ja kohtauskulman vaikutus. Se soveltuu hyvin rotaatiovakavoiduille ammuksille, mutta siipivakavoiduille ammuksille sitä ei voida käyttää.

Ampumataulukot laaditaan laskemalla ammunnoilla tarkennetun lentoritamallin avulla lentoratoja taulukko-oloissa ja häirityissä oloissa.

f Ampumataulukoiden esitysmuodot

Ampumataulukot voidaan jakaa seuraavasti

- pinta-ampumataulukot (tykistön ja kranaatinheittimistön epäsuoran tulen taulukot)
- suora-ampumataulukot
- ilma-ampumataulukot
- laskimet
- tähtäimet ja
- tähtäinkaukoputket.

Manuaaliset ampumataulukot voidaan esittää sekä numeerisessa että graafisessa muodossa. Lisäksi ampumataulukko voidaan esittää erilaisina tähtäinasteikkoina kuten tykistön, kranaatinheittimistön ja sinkojen tähtäinkaukoputket sekä kiväärien mekaaniset tai optiset tähtäimet.

Ampumataulukoiden tunnistamiseksi ne numeroidaan tietyn järjestelmän mukaisesti. Muita ampumataulukon yksilöintiin liittyviä tietoja ovat taulukossa olevat laukaussyhdistelmät, ammus-sytytin -yhdistelmän massa (taulukkomassa) sekä panoksen numero ja lähtönopeus (taulukkolähtönopeus).

Varsinainen ampumataulukko laaditaan kullekin asejärjestelmälle yhdelle ammus-sytytin -yhdistelmälle. Mikäli ampumataulukossa on useita ammus-sytytin -yhdistelmiä, otetaan näiden yhdistelmien ulkomuoto- ja massaeroista johtuvat ballistiset erot huomioon korjausten avulla eli kerrotaan miten paljon yhdistelmä poikkeaa taulukon perusteena olevasta yhdistelmästä. Poikkeamat ilmoitetaan joko metreinä, prosentteina ampumatautäisyydestä tai aerodynaamisiin kertoimiin liittyvänä prosentti-korjauksena.

Ammunnan ballistista valmistelua varten ampumataulukossa on ilmoitettu korjaukset muun muassa lähtönopeus-, ilmanpaine-, ilman lämpötila- tuuli- ja ammuksen paino- poikkeamille. Lähtönopeutta korjataan panoksen lämpötilan ja käytettävän ase- kulu- neisuuden perusteella. Säästä johtuvat erot taulukko-oloihin nähden huomioidaan tykis- tön sääsanomasta saatavan ballistisen sään perusteella.

Kun ammunta on ballistisesti valmisteltu, lisätään topografiseen etäisyyteen valmiste- lusta saatu korjaus etumerkkeineen. Sen jälkeen ampumataulukosta luetaan näin saa- tua ballistista etäisyyttä vastaava, aseelle asetettava korotuskulma sekä lentoaika ja tarvittaessa sytyttimelle asetettava aikautus. Sivupoikkeama saadaan kiertopoikkea- makorjauksen ja sivutuulesta johtuvan korjauksen yhteisvaikutuksena.

g Laskimet

Ennen laskentaa laskimelle on ilmoitettava amunnassa käytettävä laukausyhdistelmä, ammuntahetkellä vallitseva sää, aseiden kuluneisuus, ammuksen painoluokka, panoksen lämpötila sekä tuliaseman ja maalin koordinaatit. Lopputuloksena laskin ilmoittaa aseelle asetettavan korotuskulman ja sivupoikkeamakulman sekä lentoajan ja tarvittaessa sytyttimelle asetettavan aikautuksen. Laskennassa käytetään laskinsääsanomaa, joka on tarkempi kuin manuaalimenetelmissä käytettävä tykistön sääsanoma. Laskennassa käytettävää lähtönopeutta korjataan automaattisesti laskimelle ilmoitettujen ammuksen painoluokan, aseiden kuluneisuuden ja panoksen lämpötilan perusteella. Mikäli tuliasemassa on lähtönopeustutka käytössä, voidaan mitattu lähtönopeus ilmoittaa laskimelle laskennassa käytettäväksi. Kaikki manuaalimenetelmien vaatima korjauslaskenta jää siis laskimen tehtäväksi, käyttäjä vain valitsee tai ilmoittaa laskimelle laskennassa käytettävät lähtötiedot.

Ampuma-arvolaskimia käytettäessä ei tarvita perinteisiä manuaalitaulukoita. Laskimet ovat sähkövoimakoneiden sähköjärjestelmään sidottuja, joten häiriöiden sattuessa joudutaan käyttämään varamenetelmänä manuaalitaulukoilla varmennettua ampuma-arvojen määrittystä. Laskimia varten ampumataulukko on laadittava omaan muotoonsa. Osa laskimista perustuu integrointimenetelmien käyttöön kuten esimerkiksi kenttätykistön ja kranaatinheittimistön käyttämä tykistölaskin. Osa laskimista taas käyttää hyväkseen erilaisia taulukoita, esimerkkinä mainittakoon rannikkotykistölaskin sekä ilmapanssaritorjuntatykistön ja panssarivaunujen automaattiset ammunnan hallintajärjestelmät.

Integrointimenetelmien käyttöön perustuvissa laskimissa lasketaan lentoratoja iteroiden lentoratomallin avulla ammuntahetkellä vallitsevissa oloissa kunnes päästään riittävän lähelle annettua maalipistettä.

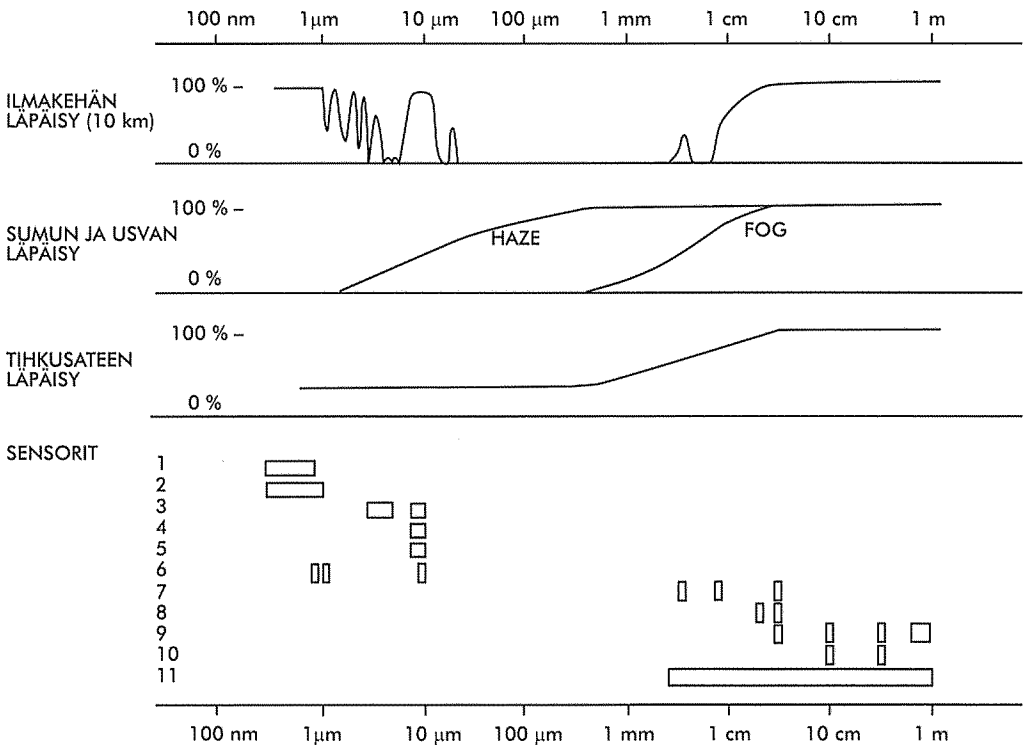
VI LUKU SENSORIT

A SOTILASOPTIIKKA JA OPTRONIIKKA

1 SOTILASOPTIIKKA

Tärkeimpiä optisia ja optronisia havainnoinnin, tähystyksen ja tiedustelun apuvälineitä ovat kiikari, kamera, valonvahvistin, lämpökamera, laser- ja infrapunalaitteet.

Kuvassa 63 on ylimpänä esitetty sähkömagneettisen säteilyn ilmakehän läpäisy aallonpituuden funktiona merenpinnan tasossa. Seuraavaksi on esitetty vastaavasti udun, sumun ja tihkusateen läpäisy. Alimpana olevat janat osoittavat eri sensoreiden toiminta-alueet. Kuvassa näkyy selvyuden vuoksi myös pitkät, tutkille ominaiset millimetrialueen aallonpituudet. Näillä aallonpituuksilla läpäisy on suuri.



Kuva 63 Sähkömagneettisen säteilyn spektri ja sen alueiden hyödyntäminen sotilatekniikassa

1. valokuvaus, 2. valonvahvistin, 3. IP-hakupää, 4. IP-keilain, 5. lämpökamera, 6. laser, 7. tutkahakupää, 8. etuviistotutka, 9. kuvaava tutka ja 11. radiometri

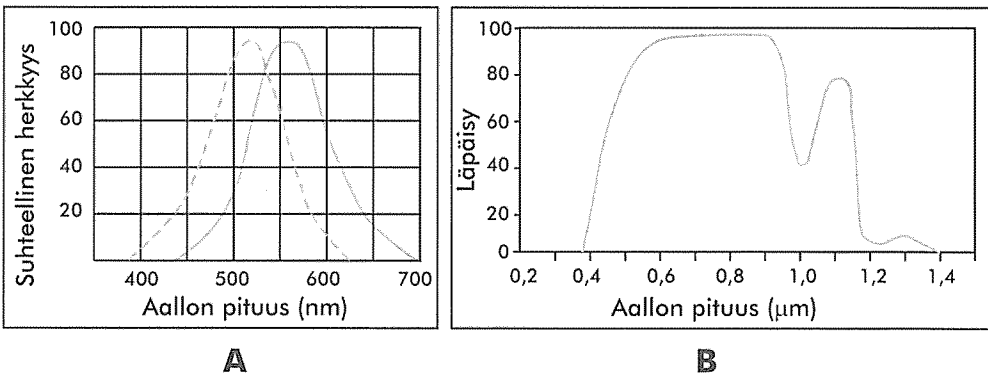
2 OPTIIKAN PERUSTEITA

a Silmä

Periaatteeltaan ihmisen silmä on linssijärjestelmä, joka muodostaa todellisen kuvan valoherkälle pinnalle (verkkokalvolle). Pupillin (tuloaukon) halkaisija voi vaihdella välillä 1,5 mm—8 mm.

Ihmisen normaalisti näkemä aallonpituusalue on 390 nm—780 nm suurimman herkkyyden osuessa aallonpituudelle 556 nm. **Kuva 64.** Heikossa valaistuksessa herkkyysmaksimi siirtyy kohti lyhyempiä aallonpituuksia. Lämpäisykäyrästä nähdään, että silmä ei läpäise yli 1400 nm:n aallonpituuksia. Tästä syystä koulutuskäyttöön hankittavien niin sanottujen silmäturvallisten laseretäisyyksmittareiden aallonpituus on yleensä 1540—1570 nm.

Silmän erotuskyky hyvässä valaistuksessa on noin 1' (kaariminuutti), mikä vastaa metrin etäisyydellä olevaa 0,3 mm:n levyistä palkkia. Silmän täydellinen sopeutuminen hämärään kestää noin 30 minuuttia ja päinvastoin noin 10 minuuttia.

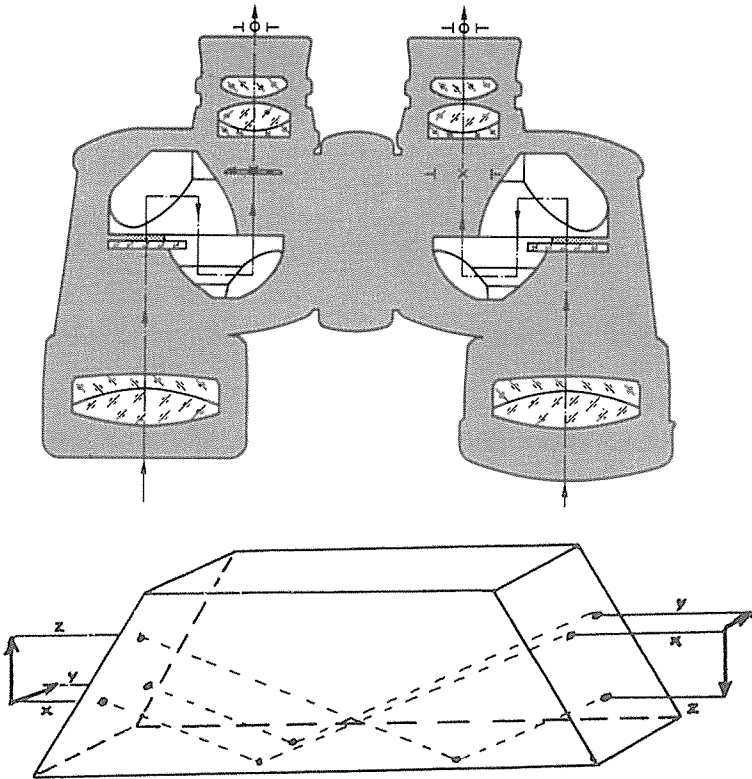


Kuva 64 Silmän herkkyyskäyrä (A) ja silmän läpäisykäyrä (B)

b Optiikan peruskäsitteet ja sädeoptiikka

Geometrisessa optiikassa valoa käsitellään havainnollisuuden parantamiseksi yksittäisinä säteinä ja sädekimppuna. Valonsäde heijastuu ja taittuu yksinkertaisten lakien mukaisesti sekä taso- että pallopinnoista. Valon taittumiseen rajapinnoissa vaikuttavat tulokulma pinnan normaaliin nähden ja väliaineiden taitekertoimien suuruus. Kun valo siirtyy väliaineesta toiseen, sen taajuus ei muutu, mutta nopeus ja aallonpituus voivat muuttua. Väliaineessa nopeus on pienempi kuin valon nopeus tyhjiössä (taitekerroin = 1). Väliaineissa taitekerroin on siten suurempi kuin 1. Vedellä taitekerroin on 1,33, jäällä 1,31, kvartsilasilla 1,54 ja germaniumilla 4,02. Taitekerroin riippuu aallonpituudesta.

Soveltamalla edellä mainittuja sääntöjä voidaan laskea riittävän tarkkoja arvioita melko monimutkaisillekin linssi- ja peilijärjestelmille. Käytännön sovellutuksissa on usein yhdistetty linsejä ja prismoja. **Kuvassa 65 (a)** on esitetty säteen kulku prismakiikarissa. Prismoissa hyödynnetään kokonaisheijastusta. **Kuvassa 65 (b)** on esitetty suoristusprisma ja säteen kulku sen läpi. Kuvasta näkyy, että prismassa tapahtuu sekä taitto että kokonaisheijastus ja että kuvan suoristus tapahtuu yhdessä suunnassa. Prisma on yleisesti käytössä muun muassa kiertokaukoputkissa ja vaunuperiskoopeissa.



Kuva 65 (a) Säteen kulku prismakiikarissa ja (b) suoristusprismassa

Sädeoptiikka ei kuitenkaan riitä kuvaamaan diffraktiota, interferenssiä ja polarisaatiota, vaan tähän tarvitaan valon aaltoteoriaa. Tällöin puhutaan aaltorintamasta, joka voi olla taso- tai palloaalto.

Kuvanmuodostuksessa on aina huomioitava linssivirheet, joista tärkeimmät ovat pallopoikkeama, koma, astigmaattisuus, kuvapinnan kaareutuminen ja väripoikkeama. Linssivirheitä voidaan vähentää erilaisilla linssimateriaali- ja linssityyppiyhdistelmillä.

Säde- ja aalto-optiikan lisäksi puhutaan fotometriasta, joka käsittelee esimerkiksi tehoa, intensiteettiä ja energiatihelyttä.

c Optinen laite

Optisen laitteen erottelu- ja hämäränäkökykyyn vaikuttavat ensisijaisesti suurennus, tulo- ja lähtöaukko sekä laitteessa käytettyjen optisten komponenttien laatu ja lukumäärä. Erotuskykyyn vaikuttavat ensisijaisesti polttoväli sekä tuloaukon laajuus, usein käytännössä objektiivin etulinssin tai peilin halkaisija. Hyvä hämäränäkökyky edellyttää suurta tulo- ja lähtöaukkoa. Tämä tapahtuu aina suurennuksen kustannuksella. Hyvä erottelukyky edellyttää suurta aukkolukua ja hyviä monikalvopäällysteitä kaikissa käytetyissä optisissa komponenteissa. Tällä tavoin poistetaan heijastukset ja parannetaan kontrasti mahdollisimman suureksi. Käytännössä hyvän hämäränäkö- ja erotuskyvyn saavuttaminen johtaa suurikokoiseen, painavaan ja kalliiseen laitteeseen.

3 OPTRONIIKAN SOVELLUKSIA

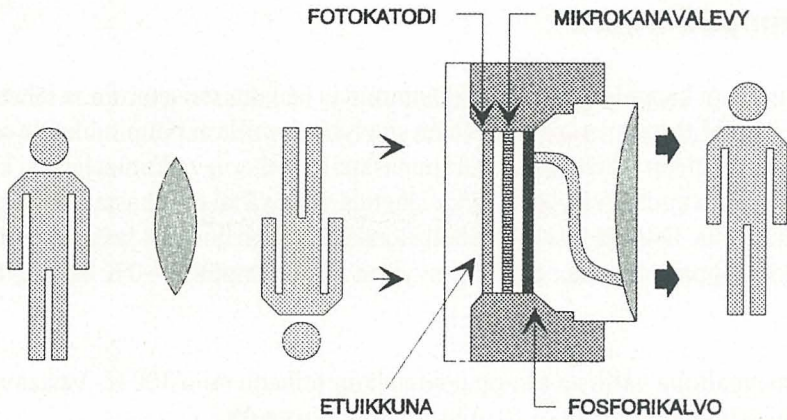
a Yleistä

Optroniikalla tarkoitetaan teknologiaa, jossa optiikka ja elektroniikka yhdistetään. Optroniikkaa hyödynnetään tulenkäytön järjestelmissä, eri järjestelmien osina sekä erillisinä laitteina. Optronisia sovelluksia ovat muun muassa hakupäät, valonvahvistimet, lämpökamerat sekä lasertekniikkaan perustuvat laitteet. Optronisilla sotilaslaitteilla pyritään kehittämään pimeätoimintaa, maalien havaitsemista ja tunnistusta, maalien paikantamistarkkuutta, maalinosoitusta sekä hakupäiden toimintaa.

b Valonvahvistin

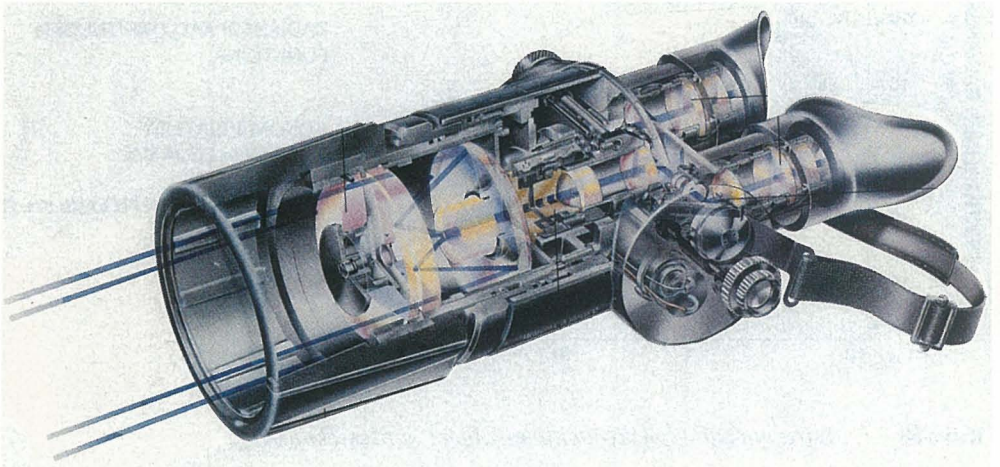
Valonvahvistinputkiin perustuvat pimeänäkölaitteet mahdollistavat hämärä- ja pimeätoiminnan. Ne vahvistavat pääosin näkyvän valon aallonpituuksilla kohteesta heijastuvaa säteilyä.

Valovahvistinputket ovat pienikokoisia, rakenteeltaan monimutkaisia, komponentteja, jotka sijoitetaan optisen laitteen osaksi. Valonvahvistinputket jaetaan rakenteensa perusteella kolmeen sukupolveen. Ensimmäisen sukupolven valonvahvistinputken etupinnalle muodostunut kohteen kuva siirretään fotokatodille, josta valosähköinen ilmiö irrottaa elektroneja. Elektronit kiihdytetään ja ohjataan jännite-eron avulla fosforikalvolle, missä fluoresenssi-ilmiön seurauksena muodostuu vahvistunut kuva kohteesta. Ensimmäisen sukupolven valonvahvistinputkia käytetään usein useampiasteisina, toisin sanoen valovahvistinputket asennetaan sarjaan. Toisen ja kolmannen sukupolven valonvahvistinputket ovat toiminta-periaatteeltaan ensimmäisen sukupolven laitteiden kaltaisia, mutta suoritus-kykyisempiä. Parannuksena ensimmäisen putkisukupolven laitteisiin verrattuna on muun muassa elektroneja monistava mikrokanavalevy. Kolmannen sukupolven valovahvistinputkissa käytetään herkkiä fotokatodimateriaaleja. Niillä vahvistetaan valovahvistinputken suorituskykyä. **Kuva 66.**



Kuva 66 Valonvahvistimen toimintaperiaate

Valonvahvistinputkiin perustuvia pimeänköölaitteita ovat esimerkiksi aseiden tähtäimet, tähystimet, kiikarit ja ajoneuvojen periskoopit. **Kuva 67.**



Kuva 67 Sveitsiläinen valonvahvistin

Valonvahvistinputkeen perustuvan pimeänköölaitteen suorituskykyyn vaikuttavat seuraavat tekijät:

- **maalin** koko, muoto, liike ja kontrasti
- **sääolosuhteet** kuten valaistus ja näkyvyys
- **havaintoetäisyys** sekä
- **pimeänköölaitteen** optiikan rakenne ja -laatu sekä valonvahvistinputken laatu.

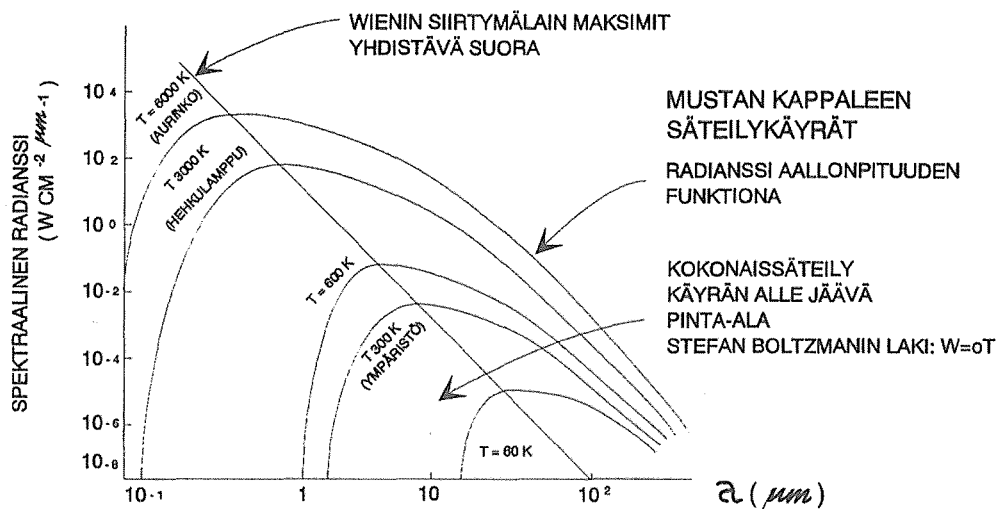
Kuvassa 81 olevan valonvahvistin BIG 3-1:n teknillisiä tietoja:

- | | | |
|-------------------|----------------------------|------------------------|
| * näkökenttä | 12° | * suurennos 3 X |
| * vv-putki | 2. sukupolvi (ns 2+ putki) | * tarkennus 10 m |
| * virtalähde | 2 x AA tai 1 x AA (litium) | * paino 1,5 kg |
| * käyttölämpötila | -35 ... +45 °C | * valmistusmaa Sveitsi |

c Lämpökamera

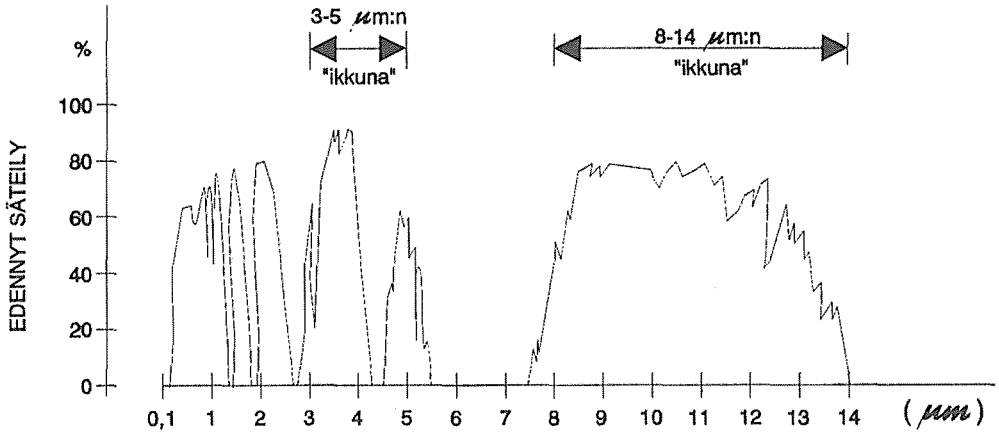
Mitä kuumempi kappale on sitä tehokkaammin ja laajakaistaisemmin se lähettää infrapunasäteilyä. Mitä kuumempi kappale on sitä lyhyemmillä aallonpituuksilla on säteilymaksimi. Kappaleen lähettämään infrapunasäteilyn tehoon vaikuttaa lisäksi kappaleen pintamateriaalin emissiivisyys eli kyky lähettää säteilyä tai hiukkasia kyseessä olevilla aallonpituuksilla. Esimerkiksi kiillotetulla teräksellä se on noin 0,1 ja ihmisen iholla noin 0,9. Kaikki kappaleet, joiden emissiivisyys on > 0 ja lämpötila > 0 K lähettävät lämpösäteilyä.

Yleisin maapallolla vallitseva kappaleiden lämpötila on noin 300 K. Vastaava säteilymaksimin aallonpituus on noin 10 mikrometriä. **Kuva 68.**



Kuva 68 Infrapunasäteilyn hyödyntämisalueet sotilastekniikassa

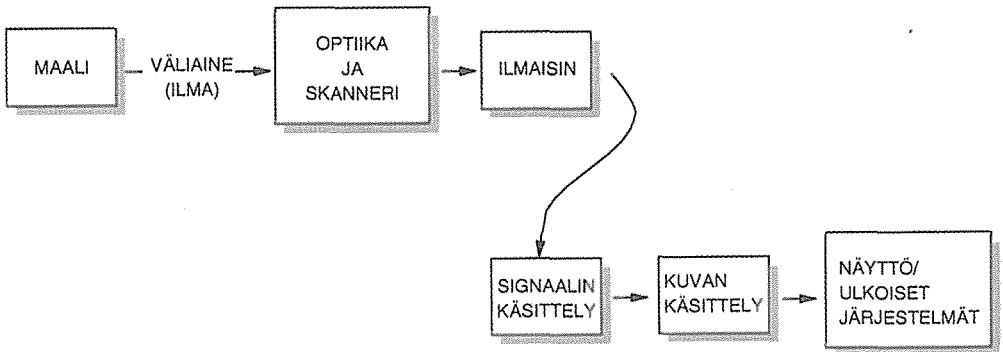
Ilmakehässä IP-alueen säteily vaimenee edetessään. Sotilastekniikassa hyödynnetään pääosin 3—5 mikrometrin sekä 8—14 mikrometrin alueita, joita sanotaan ikkunoiksi. **Kuva 69.**



Kuva 69 Infrapunäsäteilyn ikkunat

Lämpösäteily ilmaistaan ilmaisimilla eli detektoreilla, joiden rakenne, materiaalit, toimintalämpötila ja muut teknilliset parametrit vaihtelevat käyttösovellutuksesta riippuen. Ilmaisimet toimivat yleensä jäädytettynä noin 70 K, 200 K tai 230 K lämpötilaan.

Kohteiden lähettämää lämpösäteilyä ja -kameratekniikkaa hyödynnetään muun muassa ohjusten hakupäissä, valvonta- ja tiedustelujärjestelmissä, ammunnan-hallintajärjestelmissä sekä aseiden ja asejärjestelmien tähtäimissä. **Kuva 70.**



Kuva 70 Lämpökameran toiminnallinen kulkukaavio

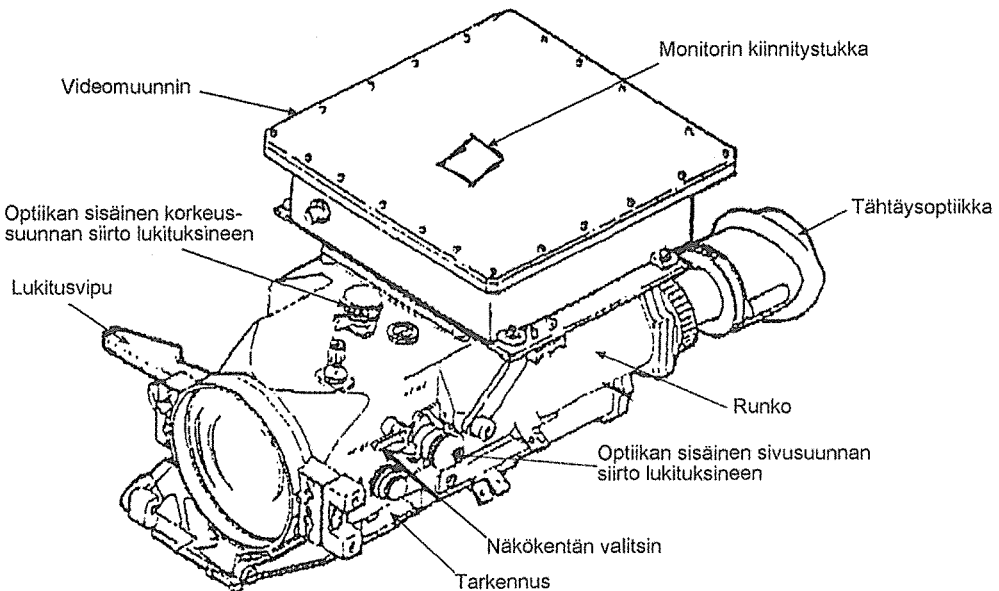
Lämpökameratekniikan käytössä laitteiden suorituskykyyn vaikuttavat seuraavat tekijät:

- maalin lämpötila, pintamateriaalin emissiivisyys, koko, muoto, liike ja kontrasti
- sääolosuhteet ja näkyvyys
- havaintoetäisyys sekä
- infrapunalaitteen optiikan rakenne ja laatu, ilmaisimen laatu, signaalin käsittely ja näyttölaitteet.

Lämpökameroiden suorituskykyjen vertailuun ja arviointiin sopii parhaiten laboratorioolosuhteissa, ilman ilmakehän vaikutusta, MRTD-mittaus. Sen tuloksena saadaan numeeriset arvot (cy/mrad tai vp/mrad) infrapunalaitteen kyvystä ilmaista erikokoisia, eri lämpötilaeroilla taustasta erottuvia kohteita. **Kuva 71.**

Kuvassa 85 olevan lämpökameran teknisiä tietoja:

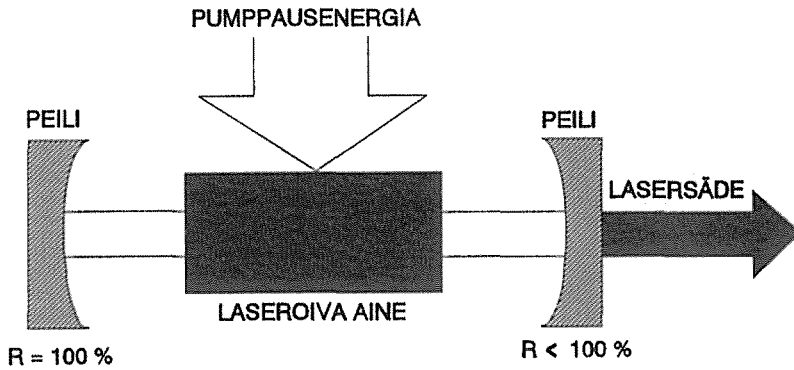
* detektorimateriaali HgTeCd (80 K) (elohopea-telluuri-kadmium)	* aallonpituusalue 8—12 mm
* näkökenttä (kapea) 2,2° x 1,1°	* näkökenttä (leveä) 6,8° x 3,4°
* tarkennus 50 m ...	* videoliitäntä on (CCIR)
* tehonkulutus < 100 W	* käyttölämpötila-alue -30 ... +50 °C
* paino 12,3 kg	* koko 40 x 26 x 25 cm



Kuva 71 Lämpökameran rakenne

d Laser

Laser on yksiväristä, koherenttia valoa, joka synnytetään stimuloidulla emissiolla. Laserlähettimet ovat joko jatkuvatoimisia tai pulssitettuja. Lasertekniikka mahdollistaa suuren, lyhytaikaisen tarkasti suunnatun säteilytehon lähettämisen. Laserlähettimet ovat sotilassovellutuksissa pääosin pulssitettuja ja ne perustuvat kiinteisiin materiaaleihin, esimerkkeinä NdYAG ja Erbium. Myös puolijohde- ja kaasulasereita käytetään. **Kuva 72.**



Kuva 72 Lasertekniikan toimintaperiaatekaavio

Lasertekniikkaa hyödynnetään muun muassa seuraavissa sovellutuksissa:

- etäisyysmittaus
- maalin valaisu (hakeutuvat ammuksset, ohjukset)
- laser-ase (sokaisu)
- tietoliikenne
- simulaattorit
- asentomittaus (laserhyrrä) ja
- lasertutka.

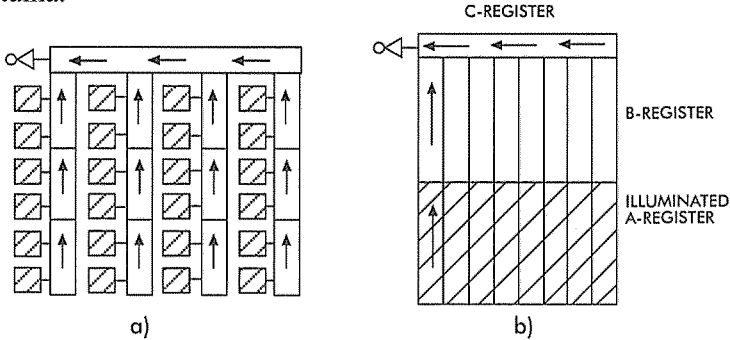
Laserlaitteiden käytössä on huomioitava mahdollinen silmille aiheutuva vaara. Laserlaitteet luokitellaan SFS-EN 60825 standardin mukaan luokkiin 1, 2, 3A, 3B ja 4. Luokan 1 laserlaite ei ole vaarallinen, luokan 2 laserlaite voi olla vaarallinen vain poikkeuksellisissa käyttötilanteissa. Luokan 3A laite voi aiheuttaa vaaraa silmille, jos sädettä katsotaan suurentavalla optiikalla. Luokan 3B laserlaite aiheuttaa vaaran silmälle. Luokan 4 laserlaitteet aiheuttavat vaaran silmien lisäksi myös iholle. Tarkemmin vaaratilanne ja siltä suojautuminen määritellään laserlaitetta koskevista käyttöohjeista ja varomääräyksissä.

Laserlaitteiden suorituskykyyn vaikuttavat muun muassa:

- lähetysteho ja -aallonpituus
- säteen leveys
- kohteen heijastuskerroin
- vastaanottimen optiikka (objektiivin halkaisija)
- vastaanottimen herkkyys sekä
- signaalin käsittely.

e CCD (Charge Coupled Device)-ilmaisimen toimintaperiaate

CCD on mikroskooppisen pienistä valoherkistä puolijohde-elementeistä tehty rivi- tai matriisi-ilmaisim. **Kuvassa 73** on esitetty kaksi eri tekniikalla toteutettua matriisi-ilmaisinta. Kuvassa 87 (a) syntyneet varaukset siirretään tahdistuspulssien mukaisesti ilmaisinsarakkeiden väleissä (Interline Transfer) toiseen päähän ja siirretään sieltä edelleen kuvanmuodostussignaalksi. Kuvassa 87 (b) on puolet valoherkästä pinnasta peitetty (Frame Transfer) ja sille siirretään valoisan puolen elementtien varaukset vastaavasti ohjattuina.

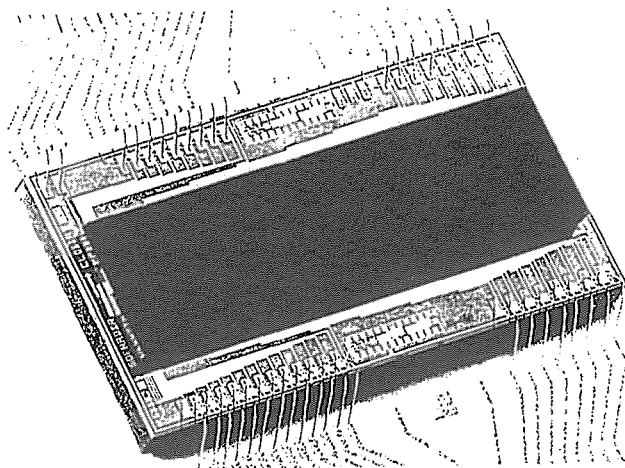


Kuva 73 CCD-ilmaisimen toteutusperiaatteet

CCD-ilmaisimet on kehitetty 1970-luvulla rajoitettuun tutkimuskäyttöön, mutta ne saavuttivat riittävän teknisen tason (kaupalliset TV-kamerat) ja tulivat laajalti saataviksi vasta 1980-luvun puolivälissä. Nykyisin ne ovat pääsääntöisesti syrjäyttäneet elektroniputkitekniikan (vidiconputki) käytön kuvaavissa laitteissa. Ilmaisimien herkkyysalue on pitkään ollut näkyvän valon alue, mutta hiljattain on markkinoille tullut CCD-ilmaisimilla varustettuja lämpökameroita, jotka toimivat sekä 3—5 μm että 8—11 μm infrapuna-alueella (puhutaan IRCCD-ilmaisimista).

Uudella tekniikalla on runsaasti etuja verrattuna putkitekniikkaan. Tärkeimpiä ovat pieni koko ja keveys, mekaaninen kestävyys ja luotettavuus, pieni virrankulutus, hyvä herkkyys erityisesti niukassa valossa, nopea vaste tulevan säteilyn voimakkuuden vaihteluille, ei geometrisia vääristymiä eikä niin sanottua häntimisilmiötä.

CCD-ilmaisimia käytetään laajasti optronisissa laitteissa, alkaen tavallisista pienistä TV-kameroista suorituskykyisimpiin lämpökamerajärjestelmiin sekä korkealta tehtäviin tiedustelukuvausjärjestelmiin. Tyypillisesti TV-sovelluksissa käytetään 576*384 matriisia ja uusimmissa lämpökameramatriiseissa on 320*240 elementtiä. Täydellinen matriisi voidaan liimata esimerkiksi suoraan värierotteluprismaan tai valonvahvistinputken pintaan kiinni. **Kuva 74.** Kuvassa on esitetty ranskalaisen Sofradirin valmistaman IRCCD-matriisin kuva ja sen tärkeimmät tekniset tiedot.



BD 680XX - 256 x 4 MWIR FPA
256 X 4 element MCT 3 - 5 μm TDI / multiplexed focal plane array

Tyypilliset käyttökohteet:

- lämpökamerat (FLIR)
- tiedustelu
- seuranta
- hakupäät

Detectorin toiminta-arvoja:

- toimii jäähdetyttynä 77—110 K
- 256 x 4 elementtiä
- elementtikoko 28 x 32 μm
- aallonpituusalue 3,7—4,8 μm

Kuva 74 IRCCD-matriisi

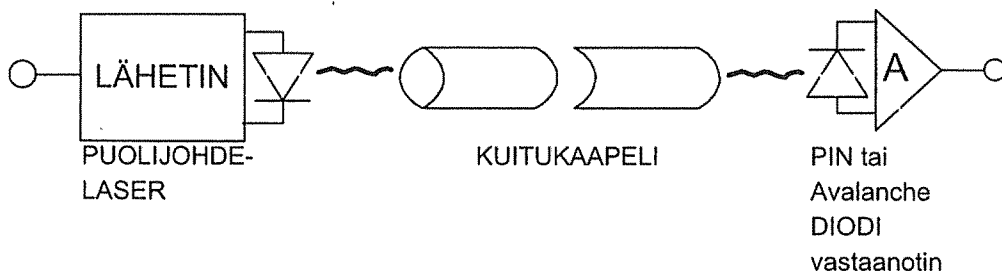
Kuvassa 75 on esitetty arvio siitä minkä kokoisia matriiseja tarvitaan erilaisiin sovelluksiin.

SOVELLUS	λ μm	KÄYTTÖLÄM- PÖTILA (K)	ELEMENTTI- MÄÄRÄ
- valvonta, avaruus	2-20	2-77	10^5 - 10^8
- valvonta, avaruudesta maahan	2-20	2-77	10^5 - 10^8
- maalinpaikannus, tulenjohto	8-12	77	10^5
- tiedustelu	8-12	77	10^3 - 10^4
- käsiaseiden tähtäimet	3-5	190	10^3 - 10^4
- hakupäät	8-12	77	10^3 - 10^4
	3-5	190	10^3 - 10^4
- pimeänäkölaitteet	3-5	190	10^3 - 10^4
- älykkäät amukset	3-5	300	10^3

Kuva 75 Eri sovelluksien matriisikokoja

f Kuituoptiikka

Pääosa optisista tiedonsiirtojärjestelmistä koostuu optisia kuituja sisältävistä valokaa-peleista ja päätelaitteista, joiden avulla sähköiset signaalit muutetaan optisiksi. **Kuva 76.**



Kuva 76 Kuituoptiikan toimintaperiaate

Valokaapelit voidaan asentaa kanavaan, maahan, pylväisiin, veteen tai sisätiloihin. Valokaapelia voidaan käyttää myös tilapäisissä kenttäasennuksissa. Optisen tiedonsiirron etuja on muun muassa

- pieni vaimennus
- suuri kaistanleveys ja siirtokapasiteetti
- kuituyhteyksien häiriöttömyys ja mahdottomuus häiritä
- kuituyhteyksien salakuuntelu lähes mahdotonta
- valokaapelien keveys sekä
- valokaapeliyhteyksien helppo laajennettavuus.

Puolustusvoimat käyttää optista tiedonsiirtoa sekä osana kiinteää viestiverkkoa että tilapäisissä kenttäasennuksissa.

e Yhteenveto

Yhteenvetona todetaan, että optroniset laitteet, erillisinä laitteina tai osana järjestelmää koostuvat mekaniikasta, elektroniikasta ja optiikasta. Laitteiden kenttäkelpoisuus, johon muun muassa ulkokuoren optisista materiaaleista, on osittain rajoittunut, mikä korostaa käyttö- ja huolto-ohjeiden noudattamisen merkitystä.

Optronisten laitteiden B- ja C-tason huolto vaatii aina erikoiskoulutusta ja -välineitä.

Laite	Menetelmä	Toimintaolosuhteet	Vastatoimet	Aallonpituusalue (µm)
Laser	Aktiivinen	päivä/yö	ilmaisimet	1,1,5;10,6
Valonvahvistin	passiivinen	yö	naamiointi	0,5-1
Lämpökamera	passiivinen	päivä/yö	naamiointi	3-8;8-14
Visuaalinen "silmä"	passiivinen	päivä	naamiointi	0,4-0,7

Taulukko 8 Optronisten laitteiden käyttömahdollisuuksia

Muistisääntöjä:

**VALONVAHVISTIN VAHVISTAA NÄKYVÄÄ VALOA
LÄMPÖKAMERA ILMAISEE KOHTEEN LÄHETTÄMÄÄ
LÄMPÖSÄTEILYÄ**

**LASERLAITTEIDEN KÄYTÖSSÄ ON HUOMIOITAVA
SILMÄTURVALLISUUS**

B AKTIIVISET JA PASSIIVISET SENSORIT

Maalin havaitseminen, seuranta ja etäisyyden arviointi sekä osuman havaitseminen on tehtävä nopeasti kaikilla asejärjestelmillä. Maalien pienenevä koko, torjuntaetäisyyden kasvu ja lisääntynyt nopeus jättävät ihmisaistit riittämättömiksi hyvissäkin näkyvyysoloissa.

Viimeaikaisten sotien kokemukset ovat osoittaneet, että sensoreiden häirintä, harhautus ja tuhoaminen lamauttaa tehon. Laitteiden ja toimintatapojen on kestävä elektro-nista sodankäyntiä ja asevaikutusta aikaisempaa paremmin. Sensoreiden säilyminen toimintakuntoisina on edellytys aseiden käytölle.

Aktiiviset sensorit ovat ominaisuuksiltaan ylivoimaisia verrattuna passiivisten sensoreiden ilmaisen luotettavuuteen, tarkkuuteen ja toimintaetäisyyteen. Aktiivisia sensoreita pyritään kehittämään vaikeammin havaittaviksi, hiljaisemmiksi ja taistelua kaikissa muodoissaan entistä paremmin kestäviksi.

Passiiviset sensorit eivät lähetä ympäristöönsä käytännöllisesti katsoen lainkaan herät-teitä, joita voidaan havaita tai mitata. Passiivisia sensoreita kehitetään koko ajan voi-makkaasti ja niillä tulee jatkossa olemaan nykyistä paljon suurempi painoarvo. Monissa sovelluksissa passiiviset sensorit tulevat korvaamaan nyt käytössä olevat aktiiviset sen-sorit taistelunkestävyyden parantamiseksi.

1 AKTIIVISET SENSORIT

Ilmavalvonnan pääsensori on tutka. Tutkalla on korkea automaatioaste, luotettava maalien ilmaisu ja jokasään toimintakyky. Elektronisen häirinnän ja sodankäynnin uhka on muuttanut uudet tutkat hiljaisemmiksi, liikkuvammiksi, pienemmiksi ja signaaleil-taan vaihtelevammiksi.

Matalalla lentävien helikoptereiden havaitsemiseksi käytetään tiheää tutkaverkkoa suuren kantaman ilmavalvontatutkien alakatveiden valvomiseksi. Stealth- maalien ja ohjusten pieni tutkaheijastuspinta-ala supistaa havaitsemisetäisyyttä ja edellyttää tutkalta sekä hyvää herkkyyttä että hyvää välkesignaaleiden vaimennusta signaalinkäsittelyllä. Kehittynyt signaalinkäsittely taas edellyttää koherenttia vahvistintyyppistä lähetintä, mikä hiljaisessa tutkassa on toteutettavissa puolijohteilla. Tekninen kehitys johtaa kohti yhä monipuolisempia, tehokkaampia ja halvempia puolijohtein toteutettuja tutkia.

Valvontatutkan reaktioaika maalin ilmaisemiseksi on kestoltaan kaksi antennikierrosta. Maalista on saatava tyypillisesti kolme havaintoa, jotta voidaan arvioida maalin paikka ja liike sekä suljetaan pois harhamaalit. Käytännössä tutkalta saadaan ilmaisu uudesta maalista 2—10 sekunnin kuluttua siitä, kun maali on tullut tutkan valvontatilaavuuteen. Tutkien tyypillinen tarkkuus suunnan mittauksessa on noin yksi aste ja etäisyydessä muutamia kymmeniä metrejä. Nopeuden arviointi perustuu edellä mainittuihin tarkkuuksiin ja mittaukseen käytettyyn aikaan. Maalin liiketilan mittaus valvontatutkalla on siten karkeaa.

Seurantatutka, joka lukittuu maaliin, antaa huomattavan tarkan arvion maalin liiketilasta ja paikasta. Suunnan mittaustarkkuus on tavallisesti milliradiaaneja ja etäisyyden noin 10 metriä. Seurannan tarkkuutta heikentää maalin välkkyminen ja monitie-eteneminen maalin lentäessä matalalla veden tai tasaisen maanpinnan päällä. Hankalimmissa olosuhteissa vanhojen seurantatutkien virheet voivat kasvaa useisiin asteisiin estäen tutkan ohjaaman asejärjestelmän tehokkaan käytön. Maalin liikevektorin suuntatarkkuus on asteen murto-osia ja nopeusmittauksen tarkkuus muutamia metrejä sekunnissa. Kokonaistarkkuus riittää oikein suunnitellussa järjestelmässä ammusaseen suoraan ohjaukseen.

Laseretäisyysmittari on nopea ja tarkka. Lasersäteen kapeus (0,5—2 mrad) antaa mahdollisuuden mitata etäisyys juuri halutusta kohdasta. Laserpulssi voidaan ilmaista maalissa etäisyysmittauksen aikana. Laser etäisyysmittareita vastaan voidaan käyttää suuritehoisia laseraseita, joiden tarkoituksena on tuhota vastapuolen lasereiden ilmaisimet ja muiden optisten laitteiden herkät detektorit.

Lähtönopeustutka on yleensä jatkuva aaltotutka, joka toimii Doppler-periaatteella. Tutkan ensisijainen tehtävä on ammusten lähtönopeuden mittaus. Tutkan laskinosa laskee ammuksen lähtönopeuden asean putken suuhun. Tutkissa verrataan palaavaa signaalia lähetettyyn signaaliin, joiden perusteella saadaan niin sanotut Doppler-taajuudet, joista lähtönopeus lasketaan. Ominaista lähtönopeustutkille on suuri taajuus, pieni teho ja antennin suuri avauskulma. Mitattavat nopeudet ovat alueella 100—180 m/s. Mittaustarkkuus on 0,1 m/s.

Maastonvalvontatutka on yleensä pienikokoinen, kannettava pulssidopplertutka. Sen ensisijainen tehtävä on liikkuvien kohteiden paljastaminen ja paikantaminen sekä tulentojohtaminen alueilla, joita ei pystytä muilla järjestelmillä valvomaan. Tutkien mittausetäi-

syydet vaihtelevat alueella 5—40 kilometriä. Mittausetäisyyteen vaikuttaa kohteen koko ja laatu. Tutkien paikannustarkkuuden sädevirhe on noin 60 metriä.

Vastatykistötutka on asennettu yleensä ajoneuvoon tai hinattavaan perävaunuun kokonaisuus. Se on kooltaan suurempi kuin maastovalvontatutka. Vastatykistötutka on yleensä pulssi- tai pulssidopplertutka. Tutkan ensisijainen tehtävä on kranaatinheittimen, raketinheittimen ja tykin paikantaminen sekä niiden tulenjohto. Tutkan mittausetäisyys vaihtelee välillä 10—40 km. Mittaustarkkuus on noin 100 m. Tutkan mittauskykyyn ja tarkkuuteen vaikuttavat oleellisesti ammuksen kaliiperi, lähtönopeus ja -kulma.

2 PASSIIVISET SENSORIT

Passiivisilla sensoreilla ymmärretään kuvaa tuottavia ja signaaleja mittaavia tai kuuntelevia sensoreita. Käytännön sovelluksissa näitä sensoreita ja niiden tuottamaa tietoa yhdistetään ase- ja tiedustelujärjestelmissä.

Tv-kameran käyttö liittyy tavallisesti maalin automaattiseen seurantaan ja tunnistamiseen. TV-kameran sijoitus voidaan valita tarkoituksenmukaisesti. Herkät niin sanotut LLTV-kamerat kykenevät rajoitettuun hämärätoimintaan. Seurantatarkkuus on tyyppillisissä järjestelmissä noin milliradiaani.

Lämpökamera soveltuu maalien seurantaan, tunnistukseen ja pienehköllä alueella tehtävään etsintään. Lämpökameran tyyppilinen näkökenttä on 2—20 astetta. Lämpökameralla voidaan toimia pimeällä ja päivällä. Sumu, vesi- ja lumisade rajoittavat lämpökameran käyttöä.

Sääluotain on radioteodoliittiperiaatteella toimiva kenttäolosuhteisiin tarkoitettu kannettava, itsenäinen ja passiivinen luotausjärjestelmä. Kaluston muodostavat koottava antenniyksikkö ja Marwin-luotauslaskin. Luotauskalusto mittaa vaihe-ero periaatteella radiosondin lähettämää tosiaikaista meteorologista tietoa ilmakehästä 30 km korkeuteen saakka. Mitattavat suureet ovat ilmanpaine, lämpötila, kosteus, tuulen suunta ja nopeus.

Akustisen mittaus- ja paikantamisjärjestelmän käyttötarkoituksena on nopeaan prosessoritekniikkaan perustuva vihollisen tykistön, ohjusasemien, raketinheittimien ja rakettiaseiden paikannus sekä vastatykistö- ja kranaatinheitintoiminnan tulenjohtotehtävät. Järjestelmä koostuu vapaasti ryhmitettävistä 4—12 sensoriasemasta, valvontaja analysointiyksiköstä sekä niiden välisestä tiedonsiirtojärjestelmästä. Sensoriasemaan kuuluu 3—5 prosessointi- ja tiedonsiirtoyksikköön liitettävää valvontasensoria sekä sääasema. Sensoriasemat tuottavat paikannusta varten yhteiseen aikaan sidottuja suuntahavaintoja, jotka varustetaan luokittelumääritteellä. Akustista valvontaa varten tuotetaan suunnan lisäksi signaalin laatu ja taajuus. Järjestelmä kykenee kaikissa taistelula-

jeissa paikantamaan saman aikaisesti 5—10 tuliyksikköä 15—30 kilometrin alueelta alle 200 m tarkkuudella.

Helikopteri-ilmaisin on ilmakuunteluun suunniteltu passiivinen valvontajärjestelmä. Valvonta perustuu ilmassa etenevien äänien rekisteröintiin ja analysointiin. Järjestelmä on suunniteltu erityisesti helikoptereiden havaitsemiseen ja suuntimiseen. Sitä voidaan käyttää myös muiden lentävien koneiden havaitsemiseen. Äänikentän kuuntelu voidaan toteuttaa mikrofoniryhmällä tai monielementtiantenneilla, joissa on useita mikrofoneja. Antennin keilassa havaitun ääninäytteen spektriä verrataan kirjastospektreihin, jolloin järjestelmä ilmoittaa kohteen lähestymis- tai loitontumisnopeuden, suunnan kohteeseen ja vertailuspektristä määritetyn konetyypin tunnistamisen. Järjestelmä kykenee tunnistamaan kohteen huomattavasti ennen ihmiskorvaa. Kuuntelualueen säde on olosuhteista riippuen 6—12 km. Suunnan tarkkuus on 2—30.

GPS-järjestelmä on satelliittipaikantamisjärjestelmä, joka perustuu 24 satelliitin määrittämään etäisyystietoon maa-aseamalla olevaan satelliittivastaanottimeen. Vastaanotin laskee paikkansa koordinaatit, kun se on lukkiutunut vähintään neljään horisontin yläpuolella olevaan satelliittiin. Paikannustarkkuus riippuu käytettävissä olevasta koodista. Normaalilla siviilikäyttöön tarkoitetulla C/A-koodilla paikannustarkkuus on noin 100 m. Sotilaskäyttöön tarkoitetun P/Y-koodin tarkkuus on alle kahdeksan metriä.

Inertiapaikantamisjärjestelmä perustuu rengaslaser- tai kuituoptisen hyrrän kykyyn mitata laitteen kulkusuunnassa tapahtuvat muutokset sekä määrittää kiihtyvyyssantu-reilla ajan suhteessa mitattu matka. Paikantamislaitteella mitataan esimerkiksi yksittäisen asejärjestelmän paikka ja referenssisuunta ampumatoimintaa tai tulenjohtamista varten. Laitteen paikannustarkkuus rengaslaserhyrrillä on noin 0,1 % ja kuituoptisella hyrrällä noin yksi prosentti kuljetusta matkasta.

Ajoneuvopaikantamislaitte perustuu mekaanisen kurssihyrrän kykyyn laskea ajoneuvon kulkusuunnassa tapahtuvat muutokset ja matka-anturilla ajoneuvon vaihdelaatikosta mitattuun matkaan. Laite alustetaan mittausta varten ajamalla tunnettujen pisteiden kautta ja päivittämällä laite oikeaan paikkaan koordinaatistossa. Toisen sukupolven paikantamislaitteiden mittaustarkkuus on noin 1—2 % kuljetusta matkasta.

Tärinäsensoria käytetään herättämään tai mahdollistamaan magneettisen sensorin toiminta koko panssarivaunun leveydellä toimivissa pohjamiinoissa. Sensori ilmaisee vain tela-ajoneuvojen lähestymisen muutamia metrejä ennen miinaa. Tällä karsitaan pois kevyet pyöräajoneuvot. Sensorissa on signaalin integrointi yksittäisten tärähdysten eliminoimiseksi. Sensorin herkkyys on noin milligramma paksuhkon naamiointikerroksen ja pehmeiden maalajien takia sekä taajuusalue 20—150 Hz telaston aiheuttaman tärinän mukaisesti. Sensori toimii pietso-sähköisellä kidepalkilla ja siinä on signaalin vahvistus- ja muokkauspiirejä.

Magneettista sensoria käytetään koko panssarivaunun leveydellä toimivien pohjamiinujen ainoana laukaisun määräävänä sensorina tai kuten suomalaisessa pohjamiinassa toimimaan yhdessä värinäsensorin kanssa miinan laukeamiskohdan tarkkaan määrittelyyn vaunun alla. Magneettisen sensorin taajuusalue on noin 0,5—10 Hz. Sensori voidaan toteuttaa puolijohdeanturilla tai kelalla, johon vaunun aiheuttama maan magneettivuon muutos indusoi jännitteen, joka ilmaistaa signaalin vahvistus- ja muokauspiirien jälkeen.

Akustista sensoria käytetään kylki- tai viuhkamiinujen laukaisimissa passiivisena sensorina. Se käynnistää varsinaisen laukaisusensorin, jona voi olla infrapuna-, laser- tai tutkasignaali. Akustinen signaali ilmaisee äänilähteen ja sen lähestymissuunnan. Sen herkkyys ja taajuusalue mitoitetaan ilmaistavien maalien aiheuttaman melun mukaan. Käyttämällä kahta mikrofonia ja suodattimia saadaan tuulihäiriö kompensoitua.

VII LUKU AMMUSASEET

A PIENIKALIIPERISET ASEET

1 PERUSTEITA

Pienikaliiperiset, alle 20 mm aseet jaetaan **käsiaseisiin** ja **konekivääreihin**. Käsiaseella tarkoitetaan käteen tai vartaloon tuettavaa asetta, joka on yhden henkilön hallittavissa. Konekivääri on jalustaan tai etutukeen sekä vartaloon tuettava automaattiasse.

Sotilasaseet jaetaan

- henkilökohtaisiin aseisiin (käsiaseet) ja
- ryhmäkohtaisiin aseisiin (konekiväärit).

Toimintatavan mukaan käsiaseet jaetaan

- kertalatausaseisiin (lippaalliset/lippaattomat) ja
- automaattiasseisiin.

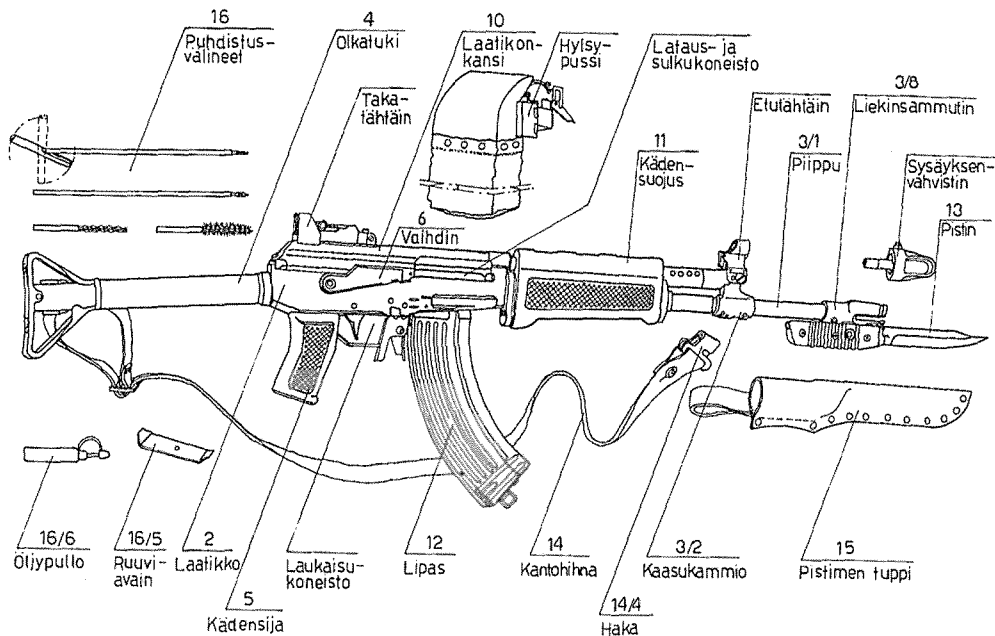
Kertalatausaseisiin kuuluvat taittavat- ja pumppuhaulikot, valopistoolit, kiväärit ja pienoiskiväärit.

Automaattiasseet jaetaan

- kertatulta ja
- sarjatulta ampuviin.

Kertatulta ampuvasta automaattiasseesta käytetään kansanomaisesti nimitystä puoliau-tomaatti.

Käsiaseen varusteisiin voi kuulua äänenvaimennin, sysäyksenvahvistin paukkupatruunoiden ampumista varten, olkatuki, etutuki, pistin, lipas, kantohihna tai kantovaljaat, asepusse tai suojuspeite ja puhdistusvälineet, optinen tähtäin, valonvahvistaja, lasertäh-täin, kiväärikranaatti-istukka ja kiväärikranaatin ampumalaitteita. **Kuva 77.**



Kuva 77 Suomalainen rynnäkkökivääri varusteineen

2 ASETYYPIT

Asetyypin mukainen jaottelu erottelee pistoolit, revolverit, konepistoolit, kiväärit, rynnäkkökiväärit, pikakiväärit, konekiväärit, tarkkuuskiväärit, haulikot ja valopistoolit. Muina asetyypeinä mainittakoon lisäksi pienoiskiväärit sekä ilmapistoolit ja ilmakiväärit harastus-, harjoittelu- ja kilpailukäyttöä varten. Viimeksi mainittujen toiminta perustuu jousipaine-, puristepaine- tai hiilidioksidi-kaasunpainejärjestelmään.

Käsiaseiden ominaisuuksina arvostetaan ennen kaikkea toimintavarmuutta, osumatarkkuutta, kestävyyttä ja käytettävyyttä. Niiden käyttökelpoinen ampumaetäisyys vaihtelee asetyypistä ja käytetystä patruunasta riippuen pistoolikantaman lähietäisyydestä alkaen tarkkuus- ja konekiväärien yli 1000 metrin etäisyyteen saakka.

Pistoolit ja revolverit ovat perinteisiä lähipuolustusaseita. Sotilasaseissa niiden yleisin piipun kaliiperi on 9,00—10,00 mm. Erikoisjoukkojen käytössä vaihteluraja on 5,45—12,00 mm (.22—.45). Pistoolit ovat automaatti-, revolveri-, valo- tai kaasuseita. **Kuva 78.**

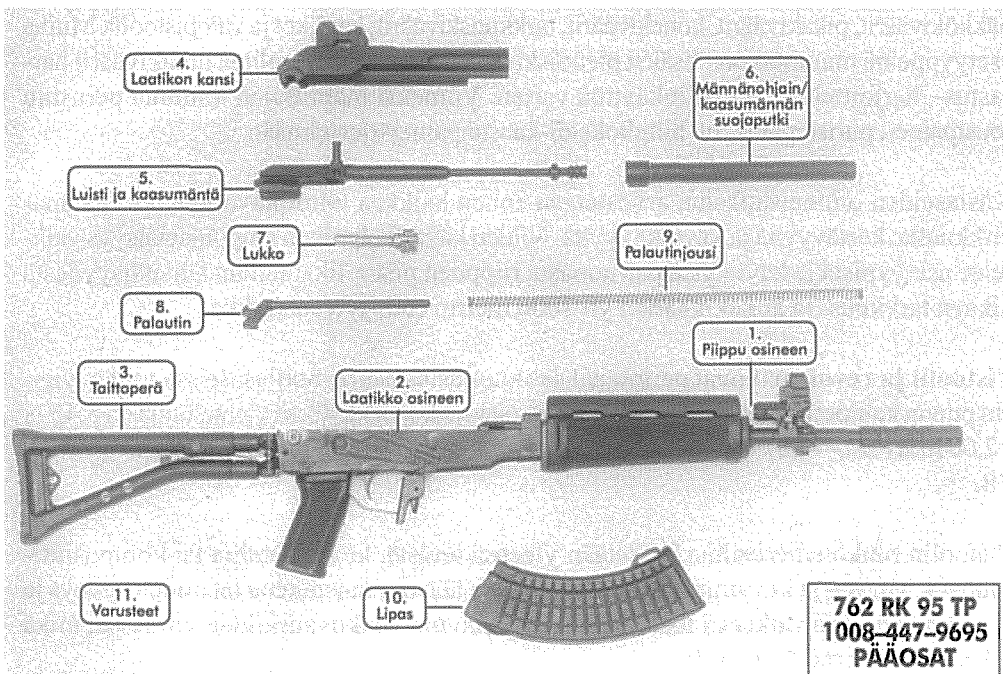
Pistoolin runkomateriaalina käytetään yleensä terästä, kevytmetallia tai komposiittimuovia. Muovi- ja kevytmetallirakenteiden hyvänä ominaisuutena on niiden keveys ja huonona puolena vaikeasti toteutettava korjattavuus runkovaurioiden sattuessa, mikä tekee niistä kertakäyttöaseita.



Kuva 78 Pistoolin yleisrakenne
 1. piippu, 4. luisti, 5. etutähtäin, 6. takatähtäin, 15. runko, 16. piipun lukitussalpa, 18. luistin salpa, 20. liipaisin, 29. iskuvasara, 40. virevapautin, 43. lippaan salpa, 51. lipas

Revolverin toimintaperiaate perustuu pituusakselin ympäri pyörivään rullaan, joka toimii lippaana. Rullassa on 6—8 patruunapesää ja liipaisimesta tai iskuvasarasta vedettäessä rulla siirtää uuden patruunan piipun ja iskurin kohdalle laukaisemista varten. Iskuvasarasta viritettävää ja liipaisimesta laukaistavaa revolveria kutsutaan yksitoimiseksi. Liipaisimesta viritettävää ja laukaistavaa revolveria kutsutaan kaksitoimiseksi.

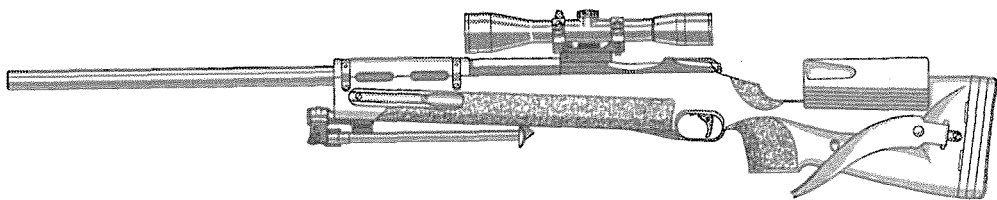
Rynnäkkökivääri on yleisin henkilökohtainen ase. **Kuva 79.**



Kuva 79 762 RK 95 taitto-perän pääosat

Tämän automaattiaseen kaliiperi on yleensä 5,45—7,62 mm. Pienellä kaliiperilla on pyritty kevyehkөөn patruunaan ja suuren lähtönopeuden omaavaan luotiin, jolle saadaan laaka lentorata ja pieni lentoaika. Luodin lähtönopeutta lisäämällä on voitu kasvattaa osumistodennäköisyyttä. Aerodynaamisista syistä pitkänomainen luoti ei ole kovin vakaa. Kohteeseen iskeytyessään se kaatuu nopeasti. Tämä lisää luodin tehoa elävissä kohteissa, mutta peitteisessä maastossa luoti kaatuu ja kimpoaa helposti oksista.

Tarkkuuskiväärit sotilasaseina ovat erikoiskäyttöön tarkoitettuja aseita. **Kuva 80.** Tarkkuuskiväärien kaliiperi vaihtelee välillä 7,62—12,7 mm (kaliiperi .50). Ensisijassa teknisten kohteiden tuhoamista varten on olemassa automaattiaseita, jotka eivät ole erityisen tarkkoja, mutta ne mahdollistavat suojatun kohteen tuhoamisen yli kilometrin etäisyydeltä.



Kuva 80 Tarkkuuskivääri 762 TAKIV 85

Konekivääreillä tarkoitetaan vyö- tai lipassyöttöisiä, etutuelta tai jalustalta ampuvia sarjatuliaseita. Kevyinä konekivääreinä pidetään kaliiperiltaan alle 10 mm ja raskaina yli 10 mm aseita sekä vanhoja nestejäähdytteisiä, painoltaan raskaita aseita. Vyösyöttöiset kranaattikonekiväärit muodostavat välimuodon siirryttäessä käsiaseista raskaisiin aseisiin.

Haulikon kaliiperi määräytyy siten, että naulasta (453 g) lyijyä tehdään esimerkiksi 12 kuulaa, jolloin kuulun halkaisija on sama kuin kyseessä olevan aseenn supistamattoman sylinteriporatun piipunsuun sisämitta ja lukumäärä 12 ilmaisee, että kyseessä on kaliiperi 12. Lyijyoseksen tiheyden vaihteluista johtuen 12 kaliiperisen aseenn piipunsuun läpimitta vaihtelee 18,2 — 18,5 mm välillä.

Haulikoiden käytetyin piipun kaliiperi on 12, mutta käytetään myös kaliipereja 10, 16 ja 20. Aseenn kaliiperimerkintään kuuluu kaliiperi-/patruunapesän pituuden ilmoittaminen esimerkiksi kal. 12/70 = 12/2 $\frac{3}{4}$ ". Patruunapesän pituus normaalipatruunalle on tavallisesti 70 mm ja magnum-patruunalle 76 mm (3") tai erikoismagnum-patruunalle 89 mm (3,5").

3 SULKUJÄRJESTELMÄT

Piipun perä on laukaustapahtuman aikana oltava suljettu, jotta ruutikaasut eivät pääse purkautumaan taaksepäin. Piipun perän sulkee sulkukappale, joka käyttölaitteineen muodostaa sulkukoneiston. Laukaisukoneiston osia, muun muassa iskuri jousineen, hylsyn

ulosvetoon tarvittava ulosvedin sekä useita erilaisia varmistinkoneistoja on usein sijoitettu sulkukappaleeseen, joka sellaisenaan muodostaa lukon tai kuuluu osana lukkoon (esimerkiksi 762 TAKIV 85).

Kytkeytyssä sulkujärjestelmässä lukko tai sulkukappale kytkeytyy piippuun, luistiin tai kehykseen. Kytkeyty sulkujärjestelmä on yleisin esimerkiksi rynnäkkökivääreissä.

Massasulkujärjestelmä on kyseessä silloin, kun lukko ei ole laukauksen tapahtuessa kytkeytynyt mekaanisesti paikalleen, vaan ottaessaan vastaan hylsyn pohjan kautta välittyvän rekyylivoiman se liikkuu taaksepäin sallien hylsyn tulla ulos patruunapesästä. Massasulkujärjestelmää käytetään eräissä pistooleissa ja konepistooleissa.

4 TOIMINTAJÄRJESTELMÄT

a Yleistä

Laukaisutapahtuman jälkeen on yleensä tapahduttava seuraavat toiminnot ennen kuin uusi laukaus voidaan ampua:

- sulkukappaleen kytkennän ja piipun takapäin avaaminen
- hylsyn poistaminen piipusta
- hylsyn poistaminen aseesta
- iskukoneiston virittäminen ja sulkukappaleen palautinjousen virittäminen
- uuden patruunan työntäminen piippuun sekä
- jäykkäyhteyden muodostaminen (piipun takapäin sulkeminen)
- sulkua- ja toimintakuntovarmistimen kytkeytyminen.

Automaattiaseisiin liittyvillä käsitteillä suljettu ja avoin lukko tarkoitetaan aseiden toiminnallisia ominaisuuksia. Avoimella lukolla ymmärretään suuren tulinopeuden omaavaa asetta, joka piipun jäähdyttämiseksi on suunniteltu toimivaksi siten, että kun ammuttaessa liipaisin vapautetaan, jää aseiden lukko auki (esimerkiksi 762 KK 62). Suljettu lukko puolestaan toimii päinvastoin. Kun liipaisin vapautetaan ammuttaessa, pysähtyy lukko etuasentoon ja patruuna jää patruunapesään.

Automaattiaseet ryhmitetään

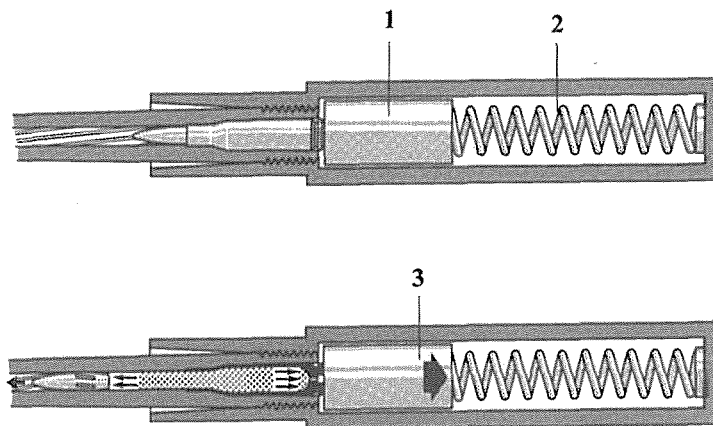
- lukkorekyyli-
- piippurekyyli- ja
- kaasurekyylijärjestelmäisiin aseisiin.

b Lukkorekyyli

Sulkujärjestelmää vastaa lukon massa, sen hitaus- ja kitkavoimat sekä palautinjousen jousivoima, jotka on mitoitettu patruunan antamalle rekyylivoimalle sopivaksi niin, että luoti ehtii lähteä piipusta ja ruutipanoksen paine alentumaan ennen kuin hylsy aloit-

taa työntymisen patruunapesästä ulos. Lukon avautumisliike alkaa ilman kytkennän antamaa viivettä samanaikaisesti luodin liikkeelle lähdön kanssa.

Järjestelmän etuna on yksinkertaisuus. Siitä puuttuvat monimutkaiset lukitsevat osat ja kaasukanavat. Piippu voidaan kiinnittää kehykseen kiinteästi, mikä parantaa ase- tarkkuutta. **Kuva 81.**



Kuva 81 Periaatekuva massasulkuisesta lukkorekyyliaseesta
1. ja 3. lukko, 2. palautinjousi

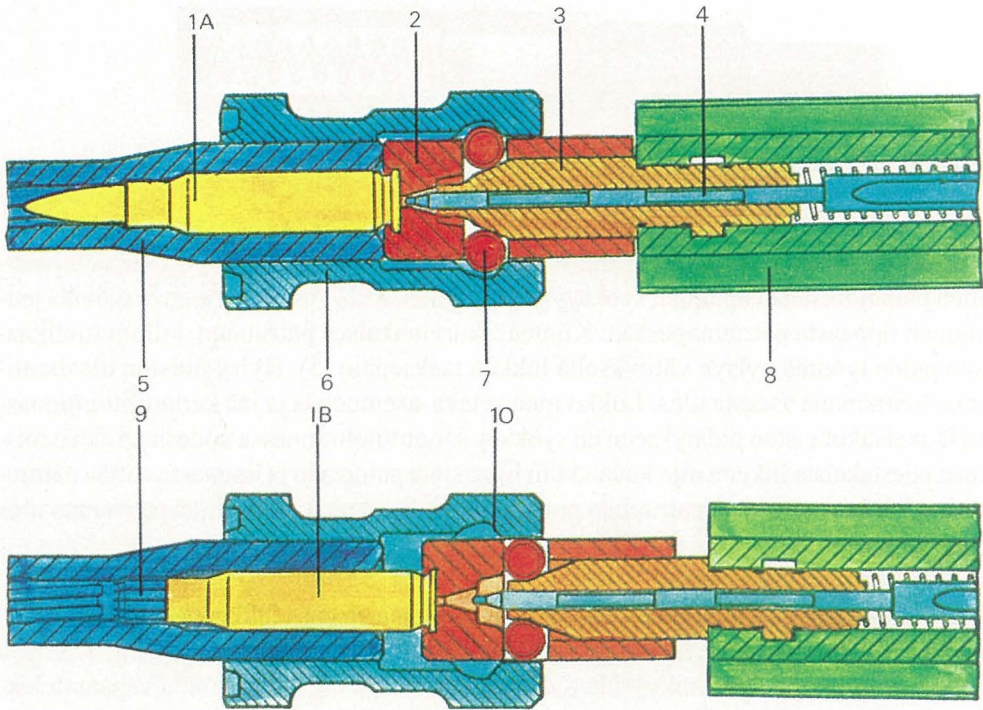
Viritetyssä aseessa on lukko (1) aluksi laukaisukoneiston pidätyksessä, josta se liipaisimen painalluksella vapautuu, syöksyy palautinjousen (2) voimalla eteen ja työntää patruunan lippaasta patruunapesään. Kiinteä iskuri laukaisee patruunan, jolloin ruutikaasun paine työntää hylsyn välityksellä lukkoa taaksepäin (3). Hylsy poistuu ulosheittimen heittämänä aseesta ulos. Lukko menee taka-asentoonsa ja jää kertatulitoiminnassa laukaisukoneiston pidätykseen tai syöksyy sarjatulitoiminnassa uudestaan eteen toistaen edestakaista liikettä niin kauan kuin liipaisinta painetaan ja lippaassa riittää patruunoita. Laukeamattoman patruunan poiston yhteydessä ulosvedin vetää patruunan ulos patruunapesästä.

Massasulkuisen lukkorekyyliaseen lukon massa rajaa yleensä lukkorekyylin käyttöalueen pistoolikaliipereihin. Esimerkiksi 900 KP 31:n lukon massa on 600 g, kun vastaava massa hidastetulla lukkorekyylillä on 350 g (H&K MP 5). Käyttämällä vapaassa lukkorekyylijärjestelmässä liikesulkua tai lukon liikettä hidastavia laitteita, jolloin kevennetyn lukon liike varsinkin paluuvaiheessa on nopea, on tulinopeutta voitu lisätä merkittävästi. Esimerkiksi 20 mm Becker-Semag Oerlikon konetykissä on liikesulkua hyväksi käyttäen voitu pienentää lukon paino noin viidennekseen ja nostaa tulinopeus kymmenkertaiseksi verrattuna puhdasta massasulkuista lukkoa käyttävään vastaavaan aseeseen

Teknisenä heikkoutena on kiinteää iskuria käyttävillä lukoilla sulkuvarmistimen puuttuminen. Mikäli patruunan latausliike pysähtyy jonkin esteen takia ennen patruuna on täysin patruunapesässä, tapahtuu varhaislytitys, joka puhkaisee hylsyn seinämän.

c Hidastettu lukkorekyyli

Hidastetun lukkorekyylijärjestelmän rakenne- ja toimintakaavio on esitetty kuvassa 96. Toimintajakso alkaa iskurin (4) liikkeellä ja ruutikaasujen paine kohdistuu uritetun patruunapesän (9) johdosta myös hylsyn ulkoseinämään. Hylsy pääsee painumaan voimakkaasti sulkukappaletta (2) vasten. Ohjaimen (3) sivulle painamat hidasterullat (7) kytkevät sulkukappaleen lukonkehyykseen (6) siinä olevien vastinpintojen (10) avulla. Kytkentä ei ole kiinteä, koska sitä ylläpitää vain palautinjousen jousivoima. Samalla, kun paine antaa luodille sen nopeuden, vaikuttaa paine hylsyn pohjan, sulkukappaleen ja hidasterullien välityksellä ohjaimen (3), joka liikahtaa taaksepäin, jolloin hidasterullat irtoavat vastinpinnoistaan. Sulkukappale ja luisti (8) liikkuvat taaksepäin ja jännittävät palautinjousen. Luistin törmätessä peräännyntämisliikkeen lopulla puskuriin, kääntää palautinjousi liikesuunnan eteenpäin. Sulkukappaleen törmätessä piipun takapäähän, jatkaa luisti matkaansa ja painaa hidasterullat lukonkehyyksen leikkauksiin. **Kuva 82.**



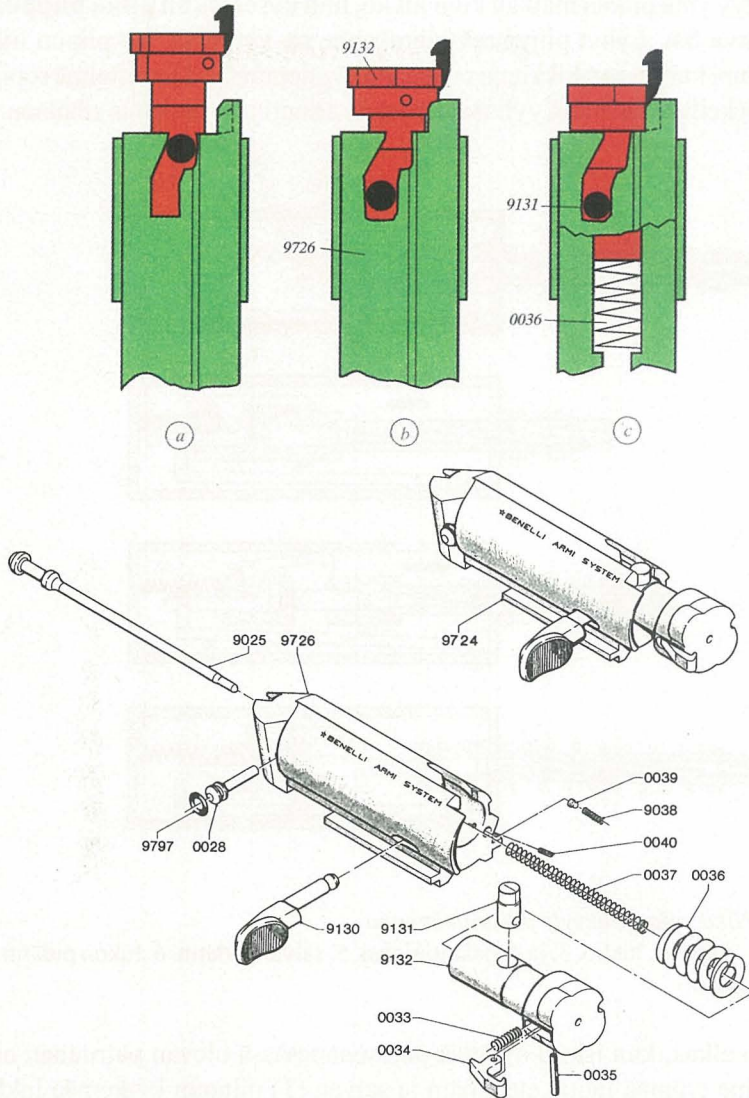
Kuva 82

Hidastetun lukkorekyyliasejärjestelmän rakenne- ja toimintakaavio

1A. patruuna, 2. sulkukappale, 3. ohjain, 4. iskuri, 5. piippu, 6. lukon kehys, 7. hidasterullat, 8. luisti, 9. patruunapesä, 1B. hylsy ja 10. vastinpinnat

d Kytetty lukkorekyyli (inertiatoiminta)

Kytetyn lukkorekyyliaseen sovellutusalanat ovat eräät pistoolit ja kerta-automaatti haulikot. **Kuva 83.**

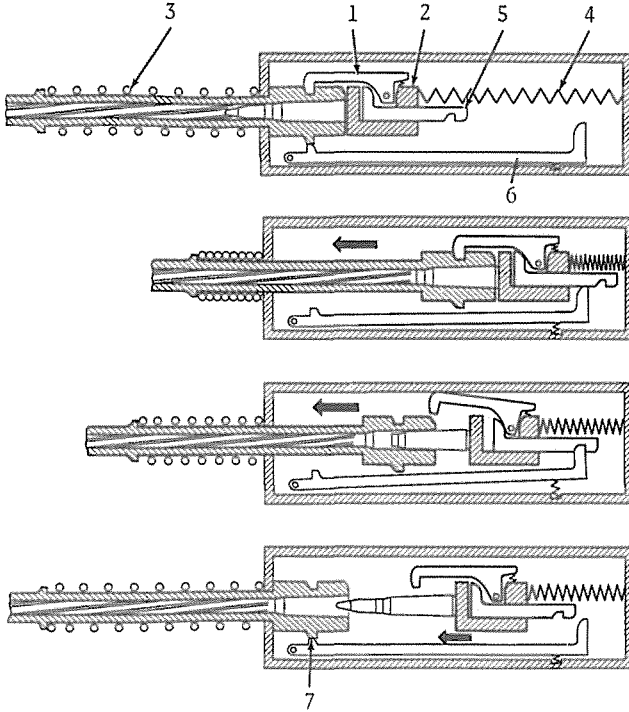


Kuva 83 Kytetyn lukkorekyyliaseen rakenne- ja toimintakaavio

Toimintajakson alkaessa (b) sulkukappale (9132) on kytkeytyneenä piippuun. Laukauksen jälkeen ase rekylöi taaksepäin, jolloin lukkorunko (9726) liikaa eteenpäin (c) jännittäen samalla lukkorungon ja sulkukappaleen välissä olevaa voimakasta joustaa (0036). Rekyylivoiman lakattua vaikuttamasta jousi painaa lukkorunkoa taaksepäin ja lukkorungossa olevan muotouran ja sulkukappaleessa olevan ohjaintapin (9131) välityksellä sulkukappale pyöryhtää auki kytkennästä (a). Jäännöspaineen avulla lukko peräännyttyä taakse jännittää palautinjousen.

e Piippurekyyli

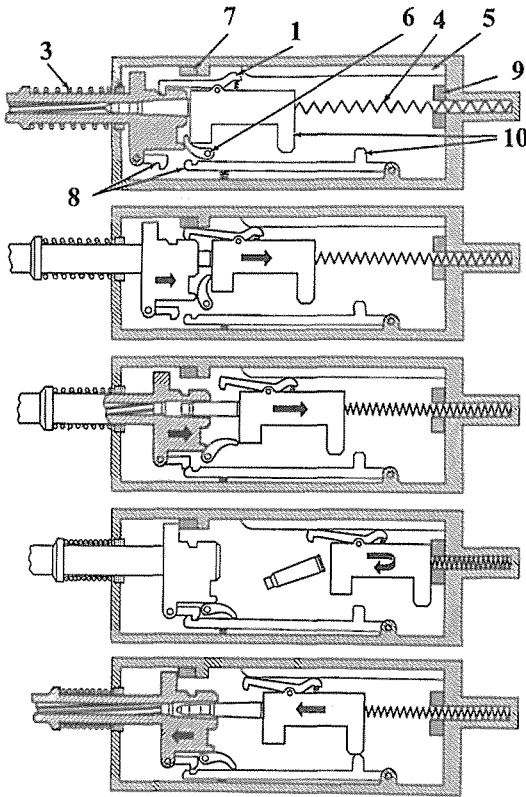
Piippurekyylirakenne on silloin kyseessä, jos lukko, luisti ja piippu liikkuvat laukaustapahtuman aikana osallistuen jäykkäyhteyden muodostumiseen ja avautumiseen. Jos piippu peräänntyy yhtä pitkän matkan kuin lukko, niin kyseessä on **pitkä piippurekyylirakenne**. **Kuva 84**. Lyhyt piippurekyylirakenne on kyseessä, jos piipun liikkuma matka on lyhempi kuin lukon liikkuma matka. Pitkä piippurekyylijärjestelmä sopii lähinnä automaattitykeille, joiden rekyyliosien massa on suuri ja tulinopeus alhainen.



Kuva 84 Pitkä piippurekyyli periaatekuvana

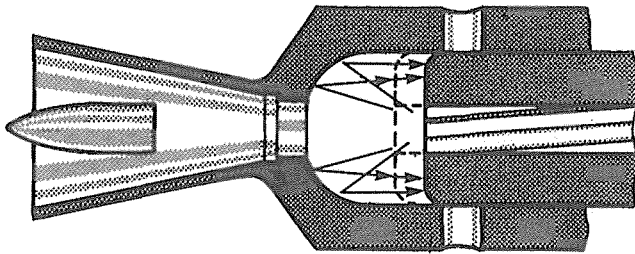
1. salpa, 2. lukko, 3. ja 4. palautinjousi, 5. salvan pidätin, 6. lukon pidätin ja 7. ohjain

Toimintajakso alkaa, kun iskuri sytyttää patruunapesässä olevan patruunan nallin ja panoksen. Paine työntää luotia eteenpäin ja salvan (1) piipuun kytkemää lukkoa (2) taaksepäin. Piipun ja lukon palautinjouset (3 ja 4) jännittyvät hidastaen peräänntymisliikettä. Liike pysähtyy puskuriin laatikon tai kehyksen takapäädysssä ja liikesuunta kääntyy eteenpäin. Välittömästi liikkeen alettua lukko kytkeytyy salvan (5) välityksellä lukonpidättimeen (6). Salpa (5) avaa samalla piipun pidättimen (1), jolloin piippu aloittaa liikkeen eteenpäin palautinjousensa painamana. Hylsy jää lukkoon, josta jousitettu ulosheitin sinkoaa sen pois. Eteenpäin liikkuva piippu painaa ohjaimen (7) välityksellä lukon pidättimen alas, jolloin lukko pääsee eteenpäin jousensa painamana. Lukko työntää eteen mennessään syöttöaukolta patruunan patruunapesään ja kytkeytyy salvan (1) välityksellä piippuun.



Lyhyen piippurekylyn käyttösovelluksia ovat eräät pikakiväärit, esimerkiksi Lahti-Saloranta, useat pistoolit, esimerkiksi 900 PIST 80 ja konekiväärit, esimerkiksi saksalainen MG 3, jossa on järjestelmälle tunnusomainen rekyylivahvistin. Järjestelmällä on mahdollisuus saavuttaa suuri tulinopeus, esimerkiksi MG 3:ssa 1200 ls/ min. Haittana on tarkkuuden kärsiminen piipun liikkumisesta johtuen. **Kuvat 85 ja 86.**

Kuva 85 *Lyhyt piippurekyyli*
1. salpa, 3. ja 4. palautinjouset, 5. ohjain, 6. kiihdytin, 7. ja 9. puskuri, 8. ja 10. salpa



Kuva 86 *Saksalainen MG 3, jossa on rekyylivahvistin*

Toimintajakso alkaa, kun iskuri syyttää patruunapesässä olevan patruunan nallin ja panoksen. Paine työntää luotia eteenpäin ja salvan (1) kytkemää lukkoa sekä piippua taakse. Piipun ja lukon palautinjouset (3 ja 4) jännittyvät hidastaen perääntymis-liikettä. Samalla hetkellä, kun luoti tulee piipusta, törmää salpa (1) laatikossa olevaan ohjaimen (5) avaten jäykkäyhteyden. Piippu törmää kiihdyttimeen (6), joka sinkoaa lukkoa kiihtyvällä nopeudella taakse. Piipun liike pysähtyy puskuriin (7) ja piippu kytkeytyy salvan (8) välityksellä taka-asentoon. Hylsy poistuu lukon perääntyessä ja lukko törmää puskuriinsa (9), liikesuunta kääntyy eteenpäin ja palautinjouset työntämällä lukko työntää uuden patruunan piippuun. Samalla hetkellä lukko osuu alapinnallaan piipun salpaan (10) ja piippu sekä lukko liikkuvat yhdessä eteenpäin. Liikkeen loppuvaiheessa vapautuu lukonpidätin kytkien lukon piippuun ja toimintajakso alkaa uudestaan. Ajoittamalla uuden patruunan sytytys vaiheeseen, jolloin osat liikkuvat vielä eteenpäin saadaan rekyylienergiaa vähennettyä.

f Kaasurekylijärjestelmä

Kaasurekylijärjestelmäsissä aseissa ruutikaasu johdetaan piipusta olevasta kaasureiästä kaasukammioon, josta se välittää paineella tai männällä lukolle peräytymisliikkeen. Kaasuaukko on eräissä ratkaisuissa säädettävissä.

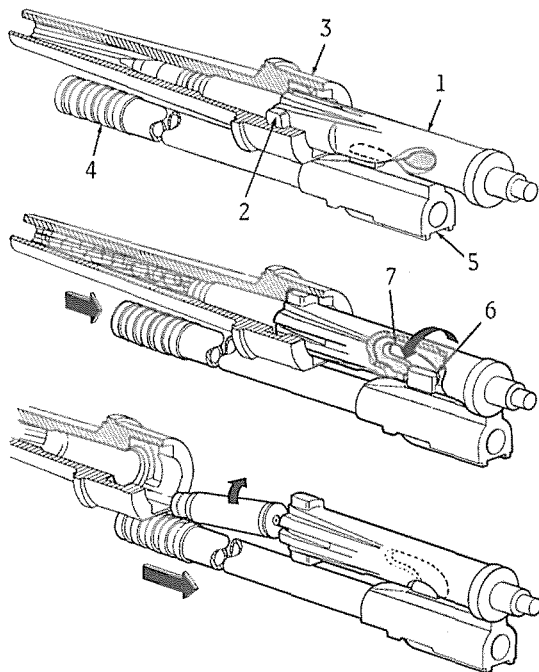
Jäykkäyhteys muodostuu latausliikkeen yhteydessä lukon ja piipun tai luistin avulla niiden kytkeytyessä pystysuunnassa liikkuvalla piippu- tai lukkorakenteella, kiertyvällä lukkorakenteella, sulkulevyrakenteella, lukon polvinivelrakenteella tai muulla mekaanisella rakenneratkaisulla, mikä pitää lukon piippuun nähden kiinteästi suljettuna laukauksen aikana.

Luodin ohitettua kaasuaukon kaasunpaine vaikuttaa sulkukytken mekanismiin avaten jäykkäyhteyden, jolloin lukko lähtee liikkumaan taaksepäin ja poistaa hylsyn patruunapesästä. **Kuva 87.**

Kaasurekylijärjestelmän etuja ovat suuri tulinopeus, kiinteä piippu, kevyt lukko ja soveltuvuus lukuisille kaliipereille. Järjestelmä on yleisin rynnäkö- ja konekiväärien toimintajärjestelmä. Lisäksi se on laajasti käytössä myös ilma-torjuntatykeissä, esimerkiksi 23 ITK 61 2. Haittana eräissä konstruktioissa on ruutikaasujen joutuminen aseiden koneistoihin.

Lukko (1) on kytketty sulkukorvakkeiden (2) varaan, jotka nojaavat piipun (3) sulkulakkeisiin. Laukauksen tapahtuessa lukko pysyy kytkettynä niin kauan, kunnes patruunan antama ruutikaasun paine vaikuttaa kaasumäntään (4) ja työntää sen avulla luistia (5) taaksepäin.

Luistissa oleva uloke (6) kiertää muotouran (7) avulla lukon kytkennän auki ja työntää lukkoa taaksepäin, jolloin hylsy poistuu alakuvan mukaisesti patruunapesästä.



Kun luisti palautinjousen voimalla palaa takaisin eteen ja lataa uuden patruunan pesään, niin luistin uloke kiertää lukon taas kytkentään uutta laukausta varten.

Kuva 87 Periaatekuva kaasurekyylijärjestelmäisestä aseesta
1. lukko, 2. sulkukorvake, 3. piippu, 4. kaasumäntä, 5. luisti, 6. uloke ja 7. muotoura

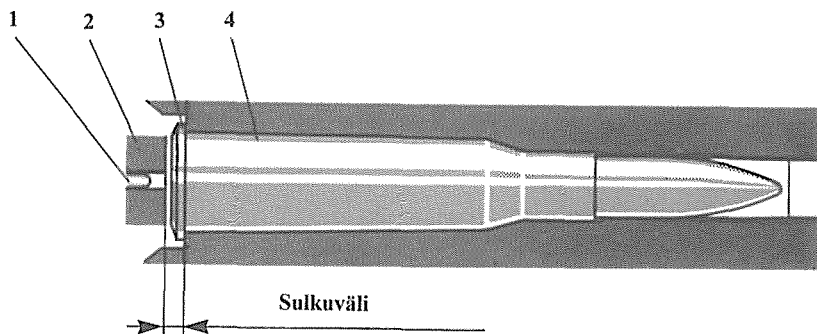
g Sulkuväli

Sulkuväli on sulkeutuneen lukon iskupohjan ja hylsyn tukipinnan välinen etäisyys.

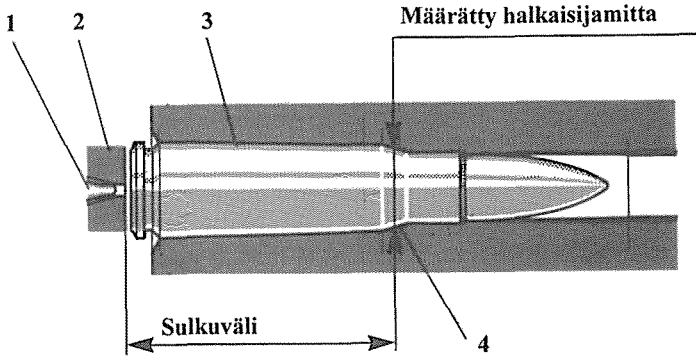
Sulkuväli laippakantapatruunassa on etäisyys sulkeutuneen lukon iskupohjasta piipun takapintaan. **Kuva 88.**

Urakantapatruunaa käyttävässä aseessa sulkuväli on etäisyys sulkeutuneen lukon iskupohjasta patruunapesän rintakartioon. **Kuva 89.**

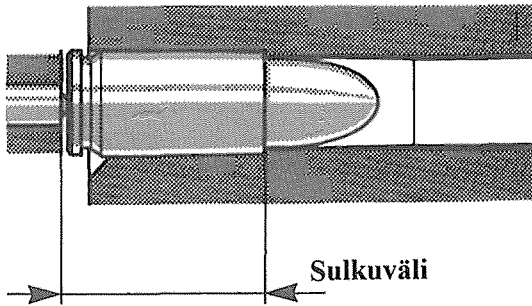
Lieriökantahylsyä käyttävissä patruunoissa sulkuväli on etäisyys sulkeutuneen lukon iskupohjasta patruunapesän hylsytilan etupintaan. **Kuva 90.**



Kuva 88 Laippakantapatruunaa käyttävän aseiden sulkuväli
1. iskuri, 2. lukko, 3. laippakanta ja 4. hylsykartio



Kuva 89 *Urakantapatruunaa käyttävän ase*n sulkuväli
1. iskuri, 2. lukko, 3. hylsykartio ja 4. rintakartio



Kuva 90 *Lieriökantapatruunaa käyttävän ase*n sulkuväli

Oikea sulkuväli takaa kansainvälisten C.I.P.– tai SAAMI–standardien mukaisesti valmistettujen patruunoiden mitoituksen sopivuuden aseeseen.

Liian pitkä sulkuväli voi aiheuttaa laukeamattomia, jos iskuri ei ylety iskemään riittävän lujasti nalliin tai patruunan syttyessä hylsyn repeämisen. Liian lyhyt sulkuväli voi aiheuttaa sen, ettei lukko sulkeudu.

Sulkuvälin pysymistä oikean suuruisena mitataan sulkuvälin minimi-, maksimi- ja hylkytulkeilla.

4 PIIPPU

Piippu valmistetaan tavallisimmin nuorrutusteräksestä takomalla, mikä antaa suuren lujuuden ja hyvän kulutuskestävyyden.

Piipussa on **patruunapesä** ja **rihlaus**. Patruunapesän ja rihlauksen kartiomaista yhtymäkohtaa sanotaan **ylimenokartioksi**. Sisäpinta yleensä nitraataan ja/tai kovakromataan kulutuskestävyyden parantamiseksi. **Kuva 100a.**

Kromaamattoman piipun keskimääräinen käyttöikä on noin 10.000—20.000 laukausta ja kromatun 20.000—40.000 laukausta patruunasta ja tulirytmistä riippuen. Mekaaniseen kulumiseen vaikuttavat kerta- ja sarjatulen käyttö, luodin valmistusmateriaalit, ruudin lämpöarvo, piipun raaka-aine ja pintakäsittely. Voimakkaalla ruutilatauksella varustetut patruunat ja teräsvaippaluodit kuluttavat piippua merkittävästi nopeammin kuin normaalipatruuna. Kulumiseen vaikuttavat myös ruutikaasujen korkeat lämpötilat ja palamisjätteiden kemiallinen vaikutus.

Sarjatuliaseiden piipun sisälämpötila voi nousta 500—600 °C:een. Lämpötilan voimakas nousu vaikeuttaa tähtäämistä, lyhentää piipun käyttöikää ja voi aiheuttaa ruudin itsesyttymisen. Käsiaseet ovat ilmajäähdysteisiä. Ylikuumenemisen estämiseksi lisätään tarvittaessa piipun massaa tai haihdutuspinna-alaa urittamalla piipun ulkopinta. Raskaalla konekiväärillä, esimerkiksi 12,7 NSV:llä on vaihtopiippu, joka vaihdetaan 200 laukauksen välein. Nestejäähdytyksestä, jota aikaisemmin käytettiin erityisesti konekivääreissä, on nykyään luovuttu.

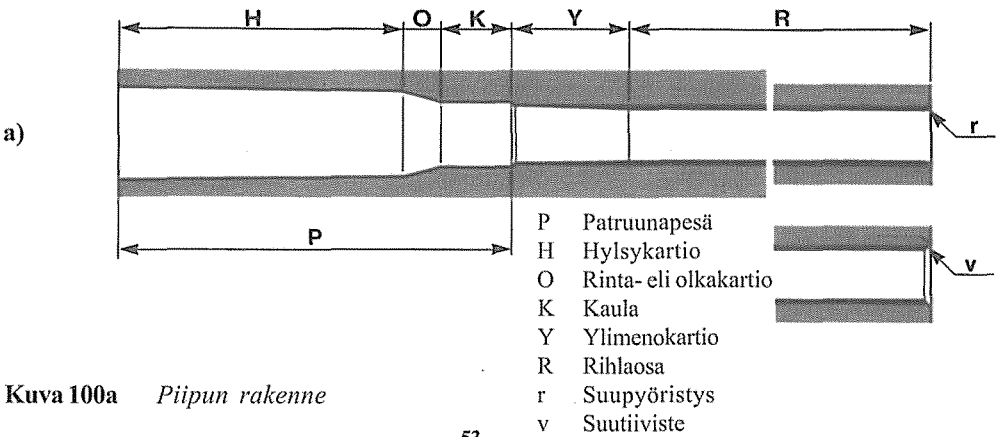
Käyttäjä voi vaikuttaa piipun elinikään

- huolehtimalla hyvin puhdistuksesta ennen käyttöä ja öljyämisestä käytön jälkeen
- säilyttämällä korroosion ehkäisemiseksi asetta kuivassa, hyvin ilmastoidussa tilassa
- tarkastamalla ennen ampumista, ettei piipussa ole roskia, hiekkaa, lunta, vettä tai jäätä, jotka kuluttavat mekaanisesti ja pahimmillaan esiintyessään voivat aiheuttaa piippuun laajentuman tai jopa sen repeämisen
- tarkastamalla ampumatarvikkeiden kunnon ja
- välttämällä pitkien sarjojen ampumista.

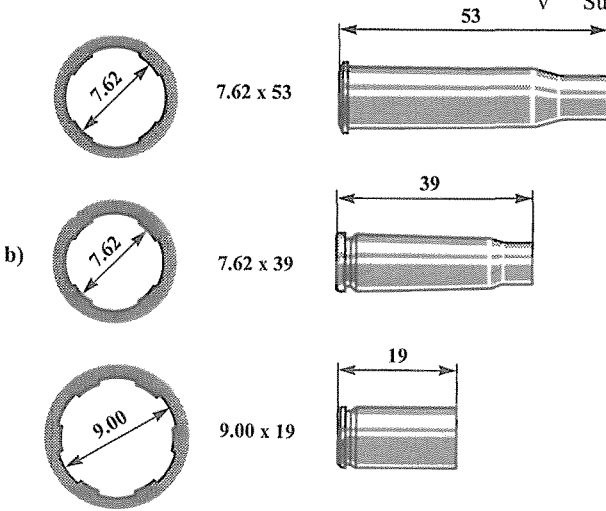
Haulikoissa ja valopistooleissa on rihlaton, sileä piippu.

Piipun kaliiperilla tarkoitetaan piipun sisähalkaisijan nimellismittaa, joka mitataan yleensä kahden vastapäätä toisiaan olevan rihlan harjojen väliltä, mikäli rihlojen lukumäärä on parillinen. Jos rihlojen lukumäärä on pariton tai jos on kyseessä polygonaali/hexogonaalipiippu, niin kaliiperi on suurimman piipun läpi menevän lieriön halkaisija. **Pienikaliiperilla** tarkoitetaan piipun pienintä mitattua halkaisijaa. Vastaavasti vastakaisten rihlan pohjien välinen suurin mitattu halkaisija on nimeltään **isokaliiperi**. Piipun kaliiperina ilmoitetaan yleensä nimellismitta millimetreinä tai tuuman sadas- tai tuhannesosina (esimerkkeinä 7,62 mm, kaliiperi .22 tai kaliiperi .223).

Aseen kaliiperi eli patruunatunnus määrittää patruunan ja aseensopivuuteen vaikuttavia seikkoja kuten patruunapesän mitat, sulkuvälin sekä hylsyn, lukon, iskupohjan, iskurin ja ulosvetimen rakenteen. **Kuva 100b**. Nallin syttymisherkyys ja patruunan painearvot on syytä erikseen tarkastaa.

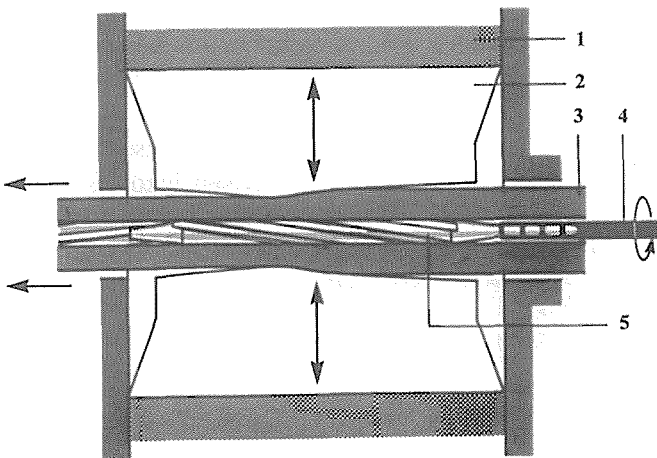


Kuva 100a Piipun rakenne



Kuva 100b Patruunatunnukset

Piipussa olevia luodille kiertoliikkeen antavia kierteitä sanotaan **rihloiksi**. Rihlaus tehdään piippuun yleensä takomalla tai lastuamalla. Piippuaihiota taottaessa piippu liikkuu aksiaalisuunnassa ja rihlatappi pysyy paikallaan tehden kiertoliikettä, kuten kuvassa 101 on esitetty. **Kuva 101**.

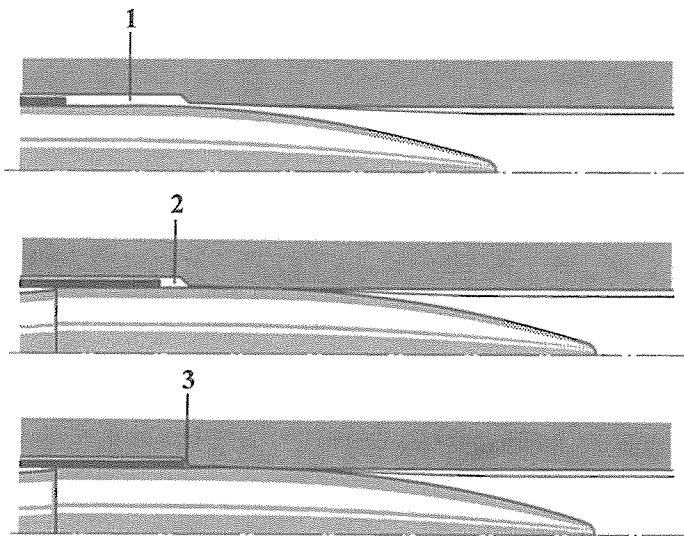


Lastuamalla tehtäessä piippuaihion läpi vedetään rihlan muodon mukaista terää, joka irrottaa ohuen lastun jokaisella vetokerralla.

Kuva 101 Rynnäkköiväriin piipun valmistaminen

Rihlat ovat yleensä takaa katsoen oikealle kiertyviä, oikeakätisiä, nousukulman ollessa 5—6 astetta. Tämä merkitsee, että rihla kiertyy kerran ympäri noin 200—350 mm piippumatalla. Kiihtyvällä nousulla varustetussa rihlassa piipun suuhun päin rihlan nousukulma suurenee ja nousu lyhenee. Rihlojen lukumäärä vaihtelee neljästä kahdeksaan niiden korkeuden ollessa 0,1 mm. Rihlan muotoprofiili vaihtelee piipun kaliiperin, tarkkuusvaatimusten ja luodin mukaan. Rihlan muoto ja rihlojen lukumäärä tulee olla sellainen, että luoti tiivistyy rihloja vasten riittävästi estäen kaasun paineen vuodon eteenpäin. Tavallisin rihlan muoto on palkkirihla, jonka poikkileikkauspinta on muodoltaan vinokulma. Käytetään myös rihlan muotoa, jossa muotoprofiilin terävät kulmat ovat pyöristettyjä aina polygonrihlan muotoon saakka. Polygonrihlassa rihlaprofiili muodostuu erisäteisten ympyränkaarien mitoituksena ilman teräviä rihlan särmiä tai kulmia. Polygonrihlan etuina ovat hyvä tiivistys ja helppohoitoisuus. Haittana on asean heikompi tarkkuus perinteiseen rihlaan verrattuna.

Patruunapesässä ruodin paine tiivistää hylsyn pesän seinämiä vasten. Ladattaessa luodin tulee asettua täsmällisesti **ylimenokartioon**. Poikkeavuuksia aiheuttavat ahdas ja liian pitkä ylimenokartio. Ahtaassa ylimenokartiossa on vaarana se, että luoti ladattaessa painuu hylsyn sisään, jolloin seurauksena voi olla liian nopea paineen kohoaminen ja samalla liian korkea paine, joka voi vahingoittaa piippua yli myötörajan. Liian pitkässä ylimenokartiossa luoti isketty rihloihin, mikä lisää ohivirtausta ja lisää hajontaa.

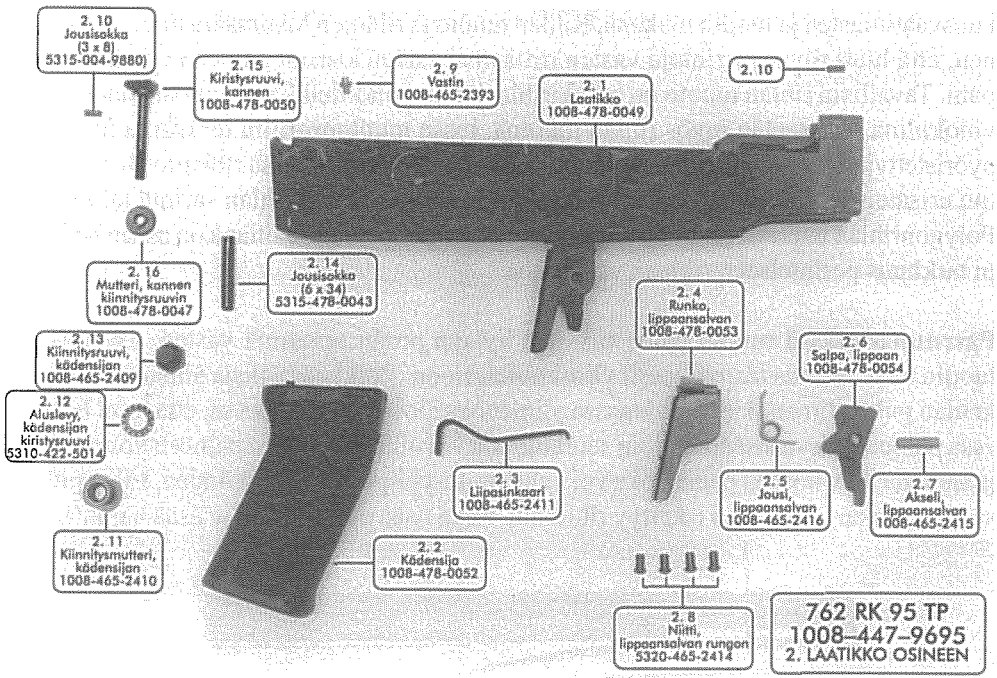


Kuva 102 *Ylimenokartio ja luodin sovitus*

1. liian pitkä ylimenokartio
2. täsmällinen ylimenokartio
3. liian ahdas ylimenokartio

5 LUKONKEHYS

Lukonkehyykseen kiinnittyy piippu ja kehyksen sisällä liikkuu lukko. Lukonkehystä, jossa liikkuu luisti sanotaan asean laatikoksi. **Kuva 103.**



Kuva 103 Lukonkehys (laatikko) osineen (762 RK 95 TP)

6 TOIMINTAKONEISTOT

Toimintakoneistoihin kuuluvat lataus-, syöttö-, sulku-, viritys-, laukaisu- ja varmistinkoneistot. Edellämainitut koneistot kytkettyvät usein niin täydellisesti toisiinsa ja käyttävät samoja osia, ettei koneistoja voida erottaa erillisinä kokonaisuuksina.

Toimintakoneistoihin ei yleensä liity hidastinta tai palautinta. Automaattiasseissa toimii **palautinjousi** liikkuvien osien hidastimena ja palauttimena. Palautinjousi voi olla asteittaisesti hidastava, jolloin se pienentää ampujan käteen tai vartaloon kohdistuvaa rekyyliä ja pidentää aseosien elinikää.

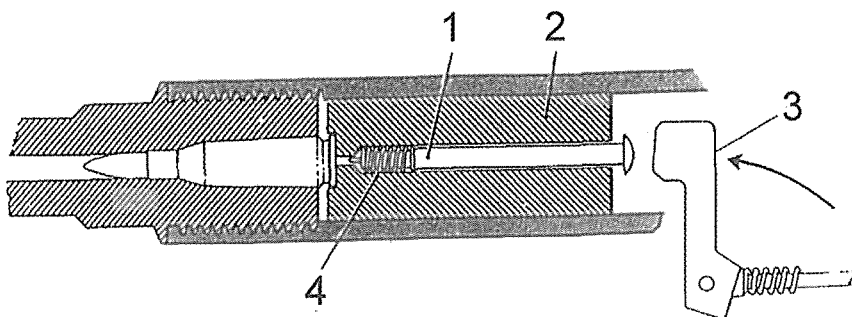
Lataus- ja sulkukoneiston toimintaan liittyvät lukko, luisti, ulosvedin ja ulosheitin. Lataus- ja sulkukoneiston tehtävänä on

- ladata patruuna lippaasta tai patruunavyöstä patruunapesään
- sulkea patruunapesän takapäähän hylsyn avulla tiiviiksi
- poistaa ammutun patruunan hylsy ja heittää se ulos aseesta.

Viritys- ja laukaisukoneiston toimintaan liittyvät lukko, luisti, iskuvasara, iskuri, iskujousi, ulosvedin, ulosheitin, liipaisin, vaihdin ja varmistimet. Vaihtimen avulla valitaan sarjatuliaseissa kerta- tai sarjatuli.

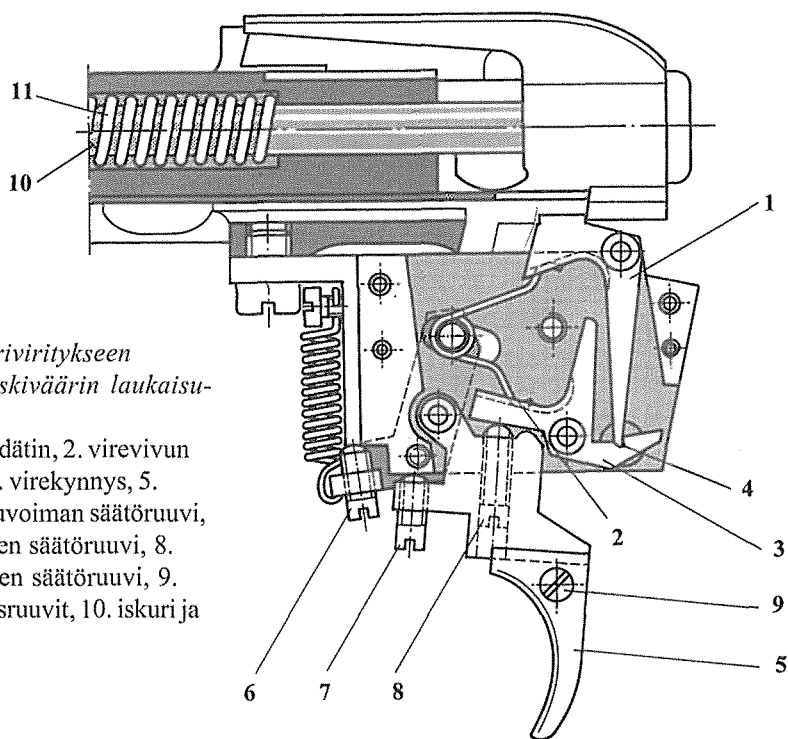
Koneiston tehtävänä on

- virittää koneisto toimintavalmiiksi
- laukaista iskuri tai iskuvasara iskemään liipaisimesta painettaessa
- saada aikaan tarvittavien varmistimien toiminta sekä
- kaksitoimisessa aseessa virittää ja samalla laukaista ase. **Kuvat 104 ja 105.**



Kuva 104 *Iskuvasaratoimisen laukaisukoneiston toimintaperiaate. Iskurin vastajousi pitää iskurin erillään nallista.*

1. iskuri, 2. lukko, 3. vasara ja 4. vastajousi



Kuva 105 *Iskuriviritykseen perustuva tarkkuuskiväärin laukaisukoneisto*

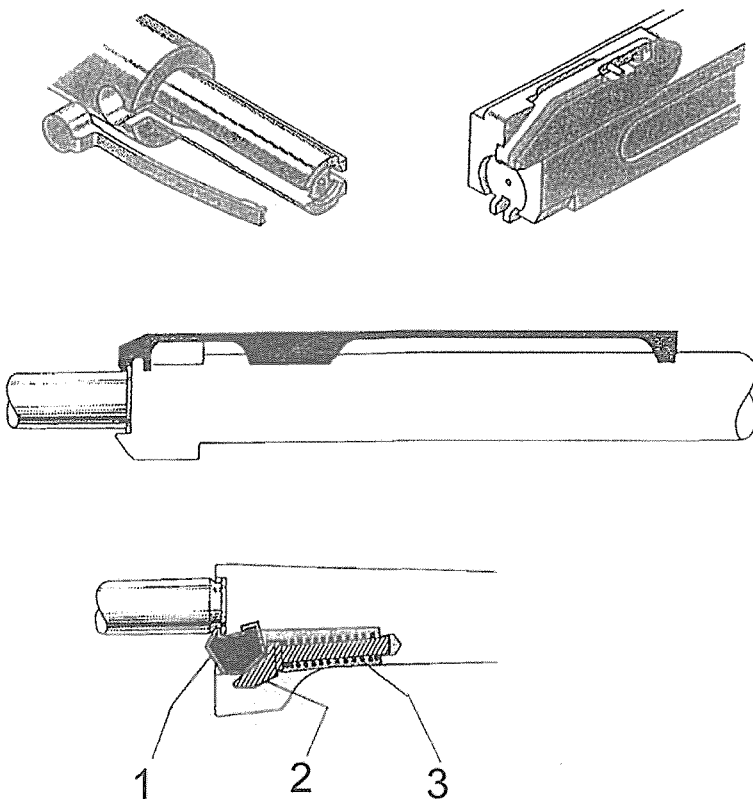
1. iskukappaleen pidätin, 2. virevivun jousi, 3. virevipu, 4. virekynnys, 5. liipaisin, 6. laukaisuvoiman säätöruuvi, 7. etuvedon pituuden säätöruuvi, 8. loppuvedon pituuden säätöruuvi, 9. liipaisimen kiinnitysruuvit, 10. iskuri ja 11. iskurin jousi

Laukaisukoneiston iskujousi kuormittaa iskuria, joka asean ollessa viritettynä on pidättimen virekyntien varassa. Kun liipaisinta painetaan, niin virekyntsi painuu alas ja iskuri vapautuu syöksymään iskujousen voimalla nalliin. Iskuvasaraa ei iskuriviritteisessä rakenteessa ole.

7 TOIMINTAKONEISTON OSAT

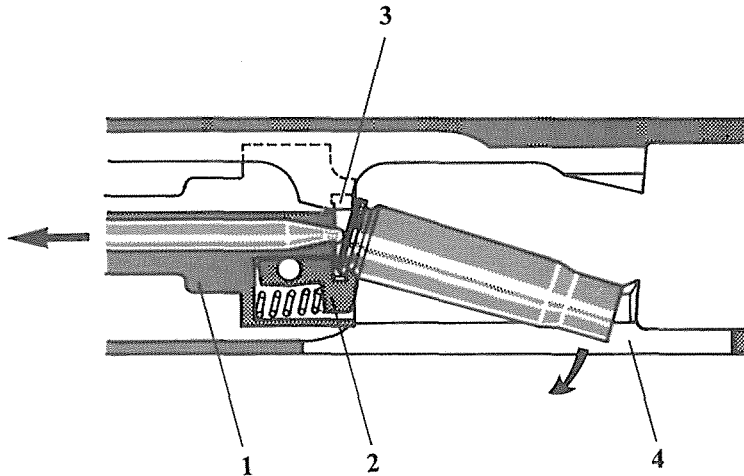
Lukko sulkee patruunapesän ja estää paineen ennenaikaisen purkautumisen piipusta. Käsin ladattavissa kertatuliaseissa käytetään tavallisesti pultti- eli sylinterilukkoa. Automaattiasseissa lukko toimii automaattisesti muodostaen jäykkäyhteyden sulkukappaleen tai muun vastaavan mekanismin avulla. Pistooleissa ja eräissä muissakin aseissa voi luisti täyttää lukon tehtävät.

Ulosvedin on lukossa kiinni ja se kiinnittyy ladattaessa hylsyyn ja vetää sen ulos pesästä lukkoa avattaessa. **Ulosheittäjän** tehtävänä on poistaa hylsy aseesta ja joissakin rakenteissa tukea patruunan ohjausta latausvaiheessa. Ulosvetimen jousi painaa ulosvetimen kynnen hylsyn kantaan kiinni. **Kuva 106.**



Kuva 106 Erilaisia ulosvedinrakenteita
1. ulosvedin, 2. työnnin ja 3. työntöjousi

Ulosheitin toimii yhteistyössä ulosvetimen kanssa. Ulosheittimen tehtävänä on irrottaa hylsy ulosvetimen pidätyksestä ja heittää ulos lukonkehiksestä. **Kuva 107.**



Kuva 107 Ulosheitin

1. lukko, 2. ulosvedin, 3. ulosheitin ja 4. ulosheittoaukko

Iskuri on lukon tai luistin sisällä yleensä liikkuva puikko, mikä iskeytyy iskuvasaran tai iskujousen antamalla voimalla nalliin. Liikkuvan iskurin päätyypit ovat läpilyövät (esim. RK, Dragunov) ja inertiatoinen iskuri. Läpilyövä iskuri välittää iskuvasaran iskun nalliin. Tämä iskurityyppi vaatii turvallisen, epäherkän nallin. Sellaisissa sarjatuliaseissa, joissa iskuri liikkuu lukon mukana sen siirtyessä sulkuasentoon, ei saa käyttää herkillä nalleilla varustettuja patruunoita. Inertiatoinen iskuri viritetään jousen avulla.

Iskuri voi olla myös lukossa kiinteänä. Pistooleissa iskuri on yleensä työnnetty jousella taka-asentoon. Jousikuormituksella eristetään iskuri nallista, ettei se latausliikkeen seurauksena sytytä nallia, ja että se heti iskun jälkeen vetäytyy lukon sisälle, eikä jää estämään hylsyn ulosheittoa.

Iskurin massa, kärjen muoto ja mitoitus tulee olla sellainen, että se iskiessään iskuvasaran tai jousen voimalla saa aikaan kyseisissä patruunoissa olevan nallin pintaan sopivan suuruisen pintapaineen rikkomatta nallin takapintaa. Pallomainen tai osittain pyöristetty iskurin kärjen muoto lisäävät syttymisvarmuutta tasapintaisiin verrattuna.

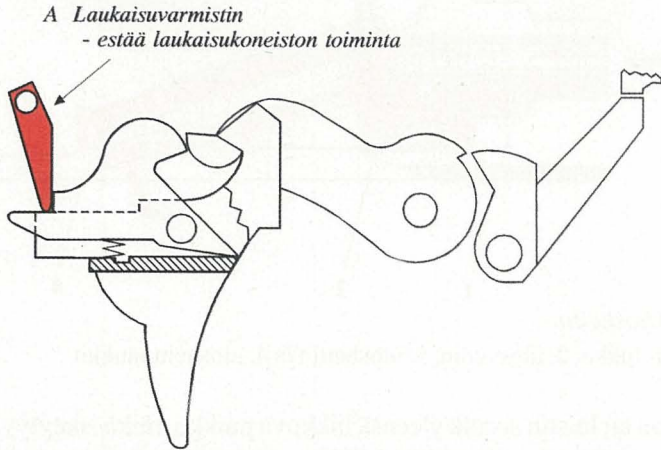
Iskuvasaralla varustetuissa aseissa vasara iskee jousen voimalla lukossa olevan iskurin takapäähän. Vasarassa on iskupinta, joka lyö iskuriin.

Pulttilukkoisissa kivääreissä iskuri viritetty pidättimen varaan ja iskee iskujousen voimalla nalliin.

8 VARMISTIMET

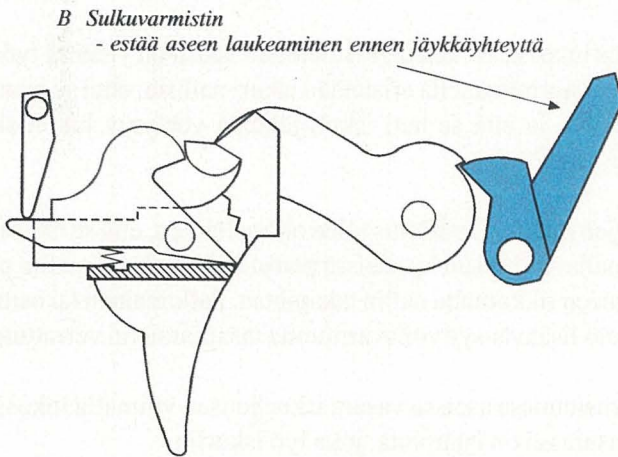
Varmistimia on lukuisia erilaisia. Seuraavassa esitellään aseen turvallisen käytön kannalta oleelliset.

Laukaisuvarmistin lukitsee liipaisimen ja on erillinen käännettävä tai painettava osa. **Kuva 108.**



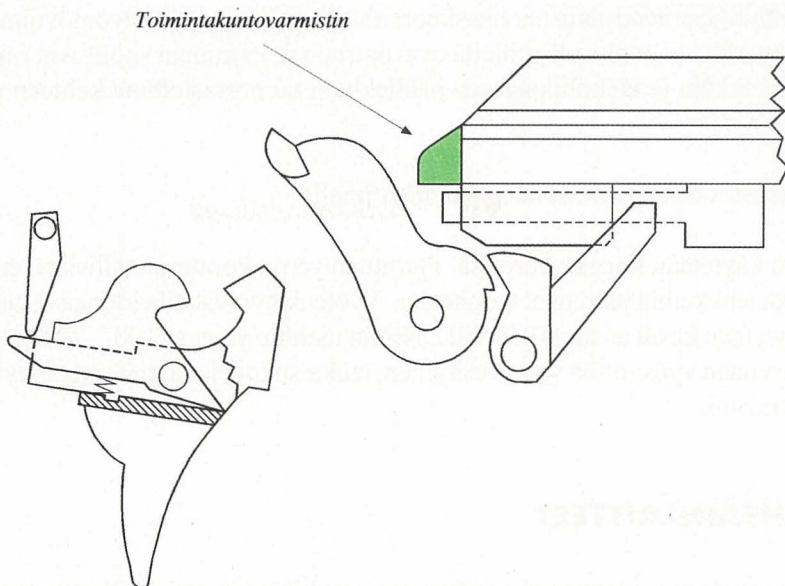
Kuva 108 762 RK 62 laukaisuvarmistin

Sulkuvarmistin estää aseen laukeamisen ennen jäykkäyhteyttä. **Kuva 109.**



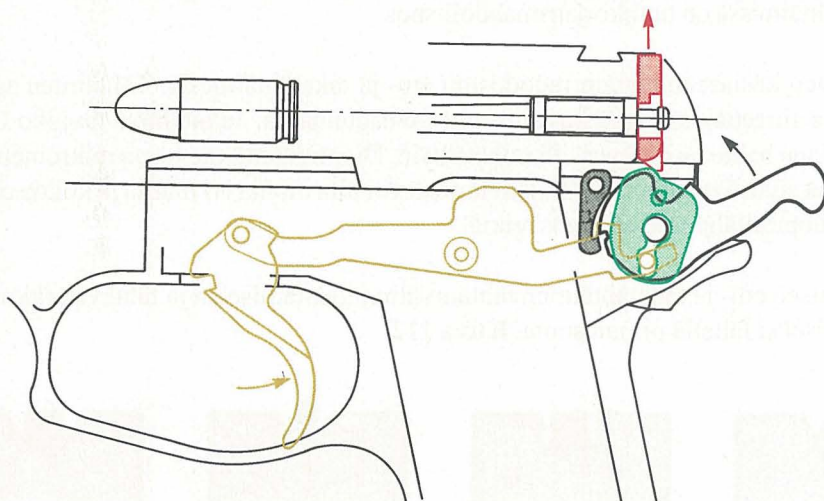
Kuva 109 762 RK 62 sulkuvarmistin

Toimintakuntovarmistin estää iskuvasaran kautta liike-energian välittymisen iskurille. **Kuva 110.**



Kuva 110 762 RK 62 toimintakuntovarmistin

Iskurivarmistin lukitsee iskurin ja poistuu vasta liipaisinta painettaessa. **Kuva 111.**



Kuva 111 900 PIST 80 iskurivarmistin

9 LIPPAAT JA PATRUUNAVYÖT

Käsiaseiden syöttökoneistoon kuuluu lipas. Kiinteään tai irrotettavaan metalli- tai muovikuoriseen lippaaseen sopii 4—75 patruunaa. Lippaan muodon mukaan puhutaan tanko- tai rumpulippaista. Kiinteitä lippaita, joita käytetään käsin ladattavissa kertalaukuseissa, sanotaan myös syöttökoteloiksi. Revolveereissa patruunat ovat rullassa.

Lippaan toimintaperiaate perustuu lipaskuoren sisällä olevan jousen työntövoimalla toimivaan syöttösiltaan, jonka yläpuolella ovat patruunat. Patruunat sijoittuvat rumpulippaaseen vierekkäin ja tankolippaaseen päällekkäin tai porrastettuna kahteen pystyriiviin.

Lipas täytetään käsin tai erillisellä lippaantäyttimellä.

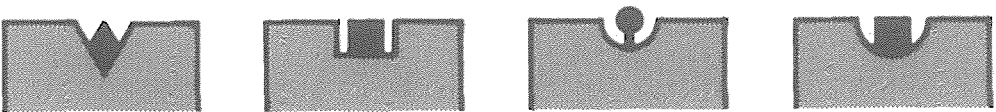
Vyösyöttöä käytetään konekivääreissä. Patruunavyö on koottu metallisista, erillisistä osista, jonka lenkkeihin patruunat työnnetään. Vyölenkit voivat olla irtonaisia tai kiinteitä. Vyöt täytetään käsin tai täyttölaitteilla. Niihin mahtuu yleensä 100—200 patruunaa. Aseessa tarvitaan vyösyöttöä varten erityinen, laukaisukoneiston toimintaan rytmitetty syöttömekanismi.

10 TÄHTÄINLAITTEET

Tähtäinten avulla ase suunnataan osoittamaan maaliin siten, että luoti osuu lentoradan muodosta riippumatta tunnetulta etäisyydeltä ammuttaessa haluttuun osumapisteeseen. Käsiaseen tähtäimet on suunniteltu suora-ammuntaa varten. Tähtäimet pätevät vain aseelle suunnitellulle patruunalle. Käytettäessä samaan aseeseen suunniteltua, mutta lentoradaltaan erilaista patruunaa, on otettava huomioon patruunakohtainen korjaus. Eräissä tähtäimissä on tuulikorjausmahdollisuus.

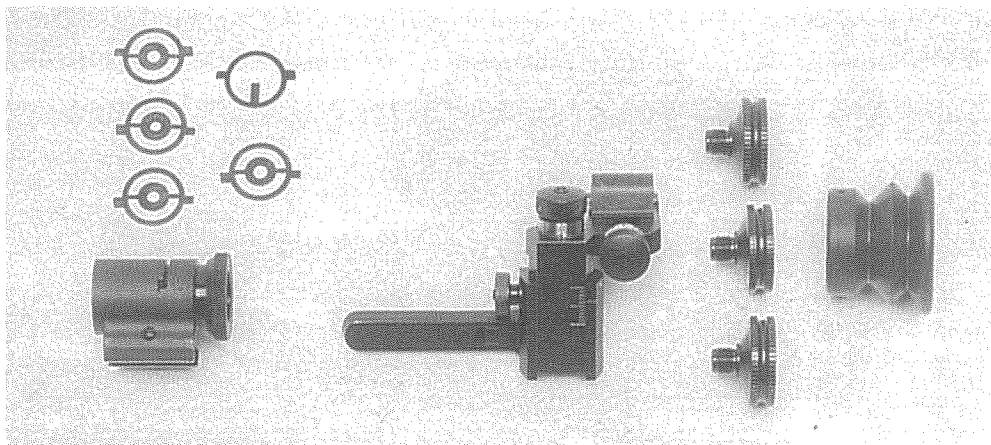
Mekaaninen käsiaseen tähtäin muodostuu etu- ja takatähtäimestä. Tähtäimen asento on yleensä siirrettävissä sekä korkeus- että sivusuunnassa. Takatähtäin on joko U- tai V-muotoinen hahlo tai diopteri- eli reikätähtäin. Diopteritähtäimessä on mikrometrinen korkeus- ja sivusäätökoneisto. Etutähtäimenä voi olla monia eri mallia ja kokoa olevia jyvviä tai diopteritähtäimessä myös reikiä.

Jyvä sijaitsee etu- ja takatähtäimen tähtäinvälin pidentämiseksi ja tähtäystarkkuuden parantamiseksi lähellä piipun suuta. **Kuva 112.**



Kuva 112 Avotähtäimen jyvä- ja hahlomuotoja

Takatähtäimen sijainti riippuu tähtäimen mallista. Hahlolla varustettu takatähtäin sijaitsee noin 20—30 cm päässä ampujan silmästä, jolloin se näkyy selväreunaisena ja silloin saavutetaan optimi tähtäystarkkuus. Reikälevyllä varustettu takatähtäin sijaitsee lähellä ampujan silmää. Kohdistamista varten on tähtäimessä sivu- ja korkeussiirtomahdollisuus. **Kuva 113.**



Kuva 113 Diopteritähdistimen etu- ja takatähdistinmalleja

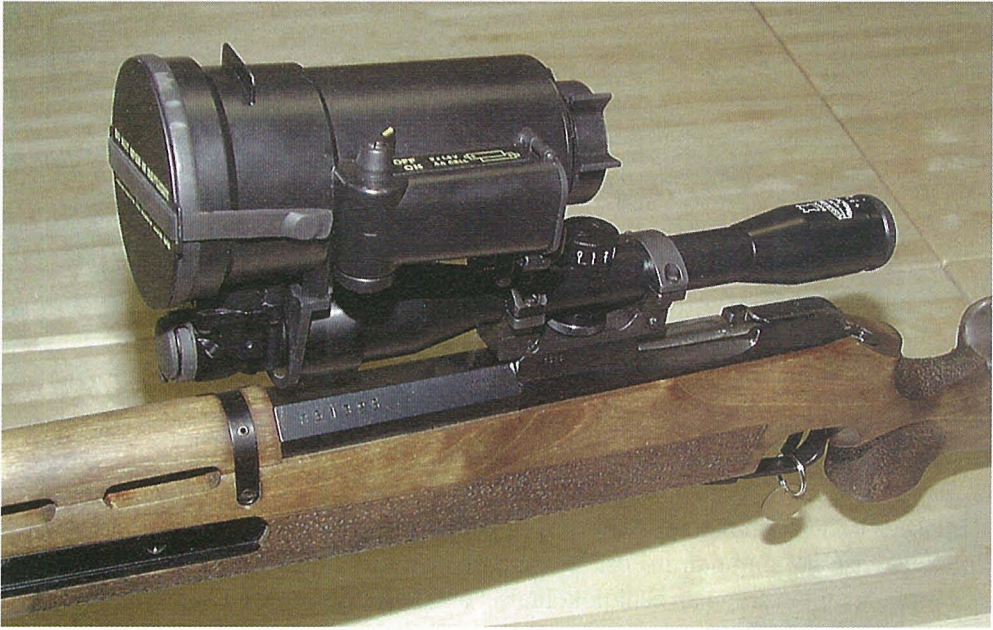
Käsiaseen kohdistaminen tehdään optisen kohdistuslaitteen avulla, mutta varmin tapa kohdistaa ase on ampujan itsensä ampumaradalla ammunnan yhteydessä tapahtuva säätäminen, jolloin ampujan henkilökohtaiset ominaisuudet tulevat huomioiduksi.

Hämärätähdistäimiksi sanotaan heikon valaistuksen olosuhteisiin tarkoitettuja tähtäimiä, jotka on tehty paremmin erottuviksi maali-, loisteväripisteillä tai pimeässä säteilevillä ampulleilla. Suomalaisessa rynnäkkökiväärissä käytetään tritiumkaasu-ampulleja. **Optisilla tähtäyslaitteilla** saadaan tähtäys- ja siitä johtuen osumatarkkuus joissakin käyttöolosuhteissa paremmaksi kuin mekaanisilla tähtäimillä. Käsiaseiden tavallisin optinen tähtäyslaite on tähtäys- eli kiväärrikaukoputki. Kiikari kiinnitetään aseeseen istukkaan kiikarijaloilla, joiden alaosassa on tavallisesti lohenpyrstö-muotoiset kiinnityspinnat, joihin sopivat vastapinnat on myös istukassa. Jos tähtäyskaukoputki on tarkoitus usein irrottaa ja kiinnittää aseeseen, niin silloin käytetään pikakiinnitysalkoja. Tähtäyskaukoputken suurennus on tavallisesti 1,5—36-kertainen käyttötarkoituksesta riippuen. Huonon valaistuksen olosuhteita varten käytetään hiusristikon valaistusta. Kiväärikiikareissa on sivu- ja korkeus-säätöruummut.

Optroelektronisiin tähtäimiin kuuluvat valopiste- ja lasertähdistin sopivat käytettäväksi lyhyille, alle 200 m ampumaetäisyyksille. Valopistetähdistimessä tähtäinristikon korvaa näkyvä, punainen valopiste. Lasertähdistin projisoi punaisen pisteen maalin pintaan.

Pimeässä käytetään valonvahvistimella varustettua kiväärrikaukoputkea (Simrad) tai valonvahvistinkiväärrikaukoputkea (NSPU). **Kuvat 114 a ja 114 b**

Täysin pimeässä aseiden käytön mahdollistavat infrapunatähdistimet.



Kuva 114a *Kiväärikaukoputki Simrad*

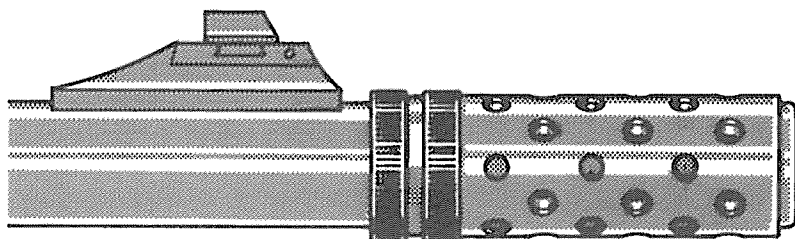


Kuva 114b *Valonvahvistinkiväärikaukoputki NSPU*

11 VARUSTEET

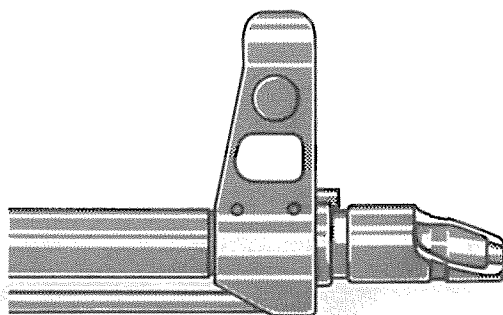
Äänenvaimentimen tehtävänä on vaimentaa laukauksen ääntä. Ne vaimentavat ääntä noin 30—40 % laukauksen voimakkuudesta. Tehokas vaimennus saadaan aikaan vain alisoonisilla patruunoilla, joiden lähtönopeus on alle 320 m/s.

Suuhidastinta eli -jarrua käytetään pienentämään käsiaseella vartaloon kohdistuvaa rekyylivoimaa. Rekyylivoima pienenee 20—30 % vakavoittaen aseensa käsittelyä peräkkäisten laukausten ampumisessa ja saaden aikaan miellyttävämmän rekyylin. Suuhidastimet ovat kaasuvirtaukseltaan säädettäviä tai kiinteitä. Suuhidastin lisää ampujaan kohdistuvaa melua. Eräät suuhidastimet mahdollistavat sen käytön kiväärikranaatin ampumalaitteena. Kaasuvirtausreiät suunnataan aseensa sivulle siten, ettei kaasuvirtaus häiritse tähtäyslinjan näkyvyyttä. **Kuva 115.**



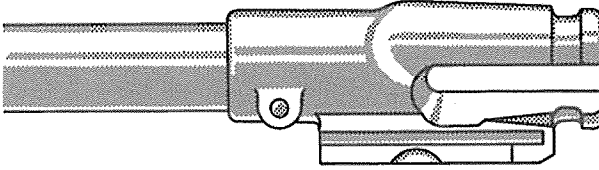
Kuva 115 Kiväärin säädettävä suuhidastin, joka pienentää rekyylienergiaa noin 30 %. Aseelle saadaan normaalirekyyli kiertämällä suuhidastinta, jolloin sisäholkki sulkee kaasureiät

Rekyyliohjaimella voidaan ohjata myös piipun nousemista tai kääntymistä sarjatulella ammuttaessa kohdistamalla hidastimen kaasuvirtausreiät halutulla tavalla piipun keskiakseliin nähden. **Kuva 120.**



Kuva 116 Rynnäkkökiväärissä käytetty rekyyliohjain, joka vähentää aseensa ylöspäin oikealle suuntautuvaa piipun heilahdusta

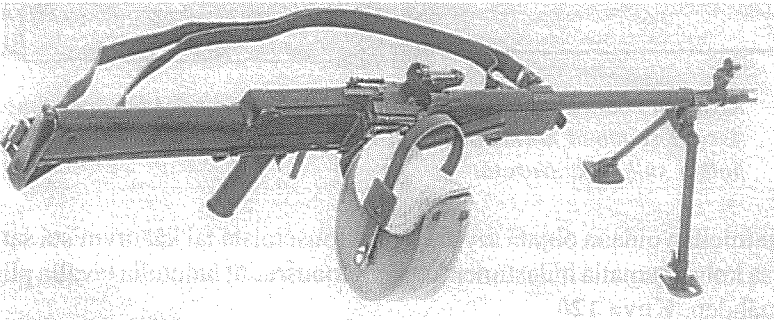
Suuhidastin voi toimia myös liekinsammuttimena, jolloin pimeässä ammuttaessa aseensa suuliekki näkyy vain ampumasuuntaan eikä paljasta sivuille ampumapaikkaa. Liekinsammutinta käytetään myös erillisenä tai se liitetään suujarruun. **Kuva 117.**



Kuva 117 *Rynnäkkökiväärin kolmihaarainen liekinsammutin*

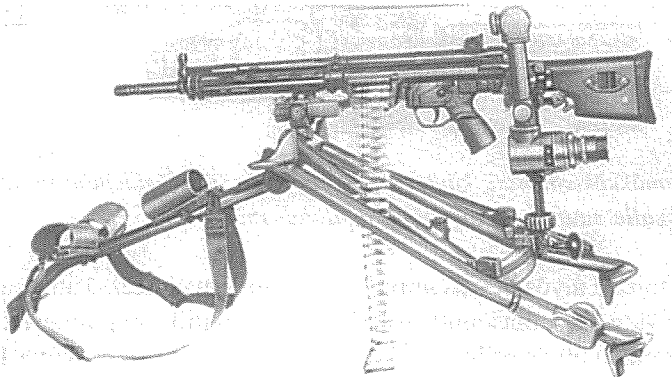
Sysäyksenvahvistinta käytetään automaattiseissa paukkupatruunoita ammuttaessa, jolloin aseⁿ lataus- ja sulkukoneisto saa riittävän suuren rekyyli-iskun toimintaa varten. Sysäyksenvahvistin toimii myös paukkupatruunoille luodin murskaajana, etteivät luodin sirpaleet vahingoita ihmisiä tai ympäristöä. Sysäyksenvahvistin rakennetaan siten, että aseⁿ tulinopeus vastaa normaaleilla patruunoilla ammuttavaa tulinopeutta ja melutaso pysyy sallituissa rajoissa.

Painavien käsiaseiden ampumavakavuutta ja tulen tarkkuutta lisää niiden varusteisiin kuuluva **etutuki**. Etutukea käytetään pika-, kone- ja tarkkuuskivääreissä. Nykyään etutuen käyttö myös kevyehköissä aseissa on yleistynyt. Etutuki on kaksijalkainen kiinteällä tai irrottavalla kiinnityksellä varustettu. **Kuva 118.**



Kuva 118 *Konekiväärin etutuki*

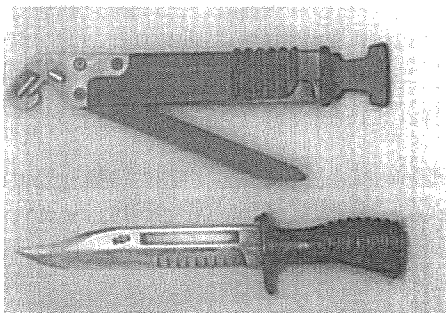
Jalustat ovat yleensä kolmijalkajalustoja, joilla parannetaan aseⁿ käsiteltävyyttä tuliasemassa. Jalkaväkiaseissa on yleensä sivu- ja korkeuslukitseminen mahdollista, jolloin ampuma-alue voidaan rajata. **Kuva 119.**



Kuva 119 *Konekiväärin kolmijalkajalusta*

Panssarivaunuissa ja ajoneuvoissa käytetään kiinteää jalustaa.

Pistin kuuluu yleensä kaikkien rynnäkkökiväärien varustukseen. Se on malliltaan joko piikki- tai puukkopistin. Käytetään myös puukkopistimiä, jotka muodostavat metallisen tupen kanssa kytkettynä käyttökelpoisen lankaleikkurin. **Kuva 120.**



Kuva 120 Pistin, jolla voi leikata piikkilankaesteen

12 KÄSIASEIDEN AMPUMATARVIKKEET

Käsiaseissa käytetään patruunalaukauksia. Luotiin on yleensä työstetty ura, johon hylsyn etureuna puristetaan. Luodin tulee kiinnittyä lujasti hylsyyn riittävän pitkältä matkalta siten, että luodin irtivetovoima on laukauksesta toiseen sama, koska ruudin säännöllinen syttyminen ja palaminen edellyttää riittävän alkupaineen muodostumista ennen luodin liikkeellelähtöä. Lisäksi liitoksen on oltava tiivis, jotta kosteus ei pääse ruutiin käsittelyn ja varastoinnin aikana.

Ladattaessa patruuna tukeutuu patruunapesään ja luoti kiinnittyy piipun ylimenokartiioon. Laukaustapahtumassa iskuri iskee hylsyn pohjassa olevaan iskunalliin, jolloin nallimassa syttyy ja liekki etenee hylsyn sisälle sytyttäen ruudin. Rakeinen ruuti palaa nopeasti muodostaen korkean paineen. Syntyvien ruutikaasujen paine aiheuttaa hylsyn laajenemisen, eristäen patruunapesän ja muodostaen tiivistyksen taaksepäin. Luoti, jonka halkaisija on piipun halkaisijaa suurempi, tunkeutuu rihloihin muodostaen tiivistyksen eteenpäin. Tällöin luodin vaippa puristuu rihlauseen ja pyöriminen välittyy luodille koko ohjauspituudelta.

Patruunan merkintään sisällytetään ase ja patruunan tyyppi, kuten luoti, valojuova tai räjähtävä. Käytännössä hylsyn pituus jätetään merkitsemättä.

Esimerkkejä merkinnöistä:

7.62 RK s309 p herm	7.62 mm:n rynnäkkökiväärin S309 luotinen patruuna, hermeettisesti pakattu
7.62 RK vj 451 p herm	7.62 mm:n rynnäkkökiväärin valojuovallinen 451 luotinen patruuna, hermeettisesti pakattu

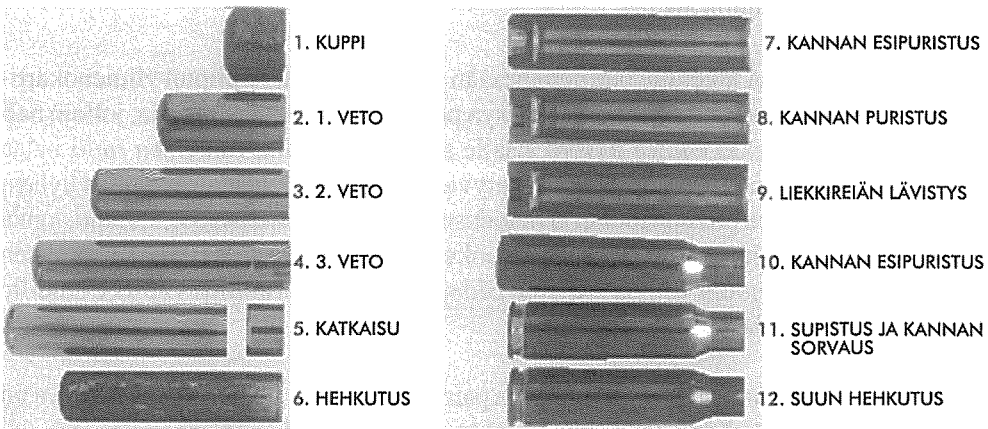
Hylsyn raaka-aineena käytetään yleisimmin kuparin ja sinkin seosta niin sanottua hylsymessinkiä (72 % Cu ja 28 % Zn). Sen lujuus- ja kimmo-ominaisuudet ovat riittävät myös kokeilupainepatruunoihin. Messinki soveltuu hyvin hylsyn valmistukseen kylmämuokkauksella. Mikäli hylsyjen jännityksenpoistohekkutusta ei tehdä, esiintyy hylsyissä varastorepeämää.

Toisesta maailmansodasta lähtien on kuparin säästämiseksi käytetty hylsymateriaalina myös terästä. Teräshylsyjä käytetään yleisesti sellaisten automaattiseiden patruunoissa, joiden tulee kestää suuret syöttö- ja latausrasitukset (esimerkiksi ilmatorjunta-aseet).

Teräshylsy pintakäsitellään yleensä lakkaamalla. Tämä lisää lukon sulkua-olakerasituksia, koska metallista kitkaa hylsyn ja patruunapesän välillä ei synny samalla tavoin kuin messinkihylsyissä tai kuparoiduissa teräshylsyissä. Samasta syystä ulosvetäjänsä kohdistuvat voimat pienenevät.

Hylsyttömien patruunoiden kehittämisessä ja käyttöönotossa vaikein ongelma on ollut itsesyttyminen kuumassa patruunapesässä ja tiivistys sulkukoneistoa vastaan. Tämän takia hylsyttöjä patruunaa käyttäviä asejärjestelmiä ei ole otettu käyttöön.

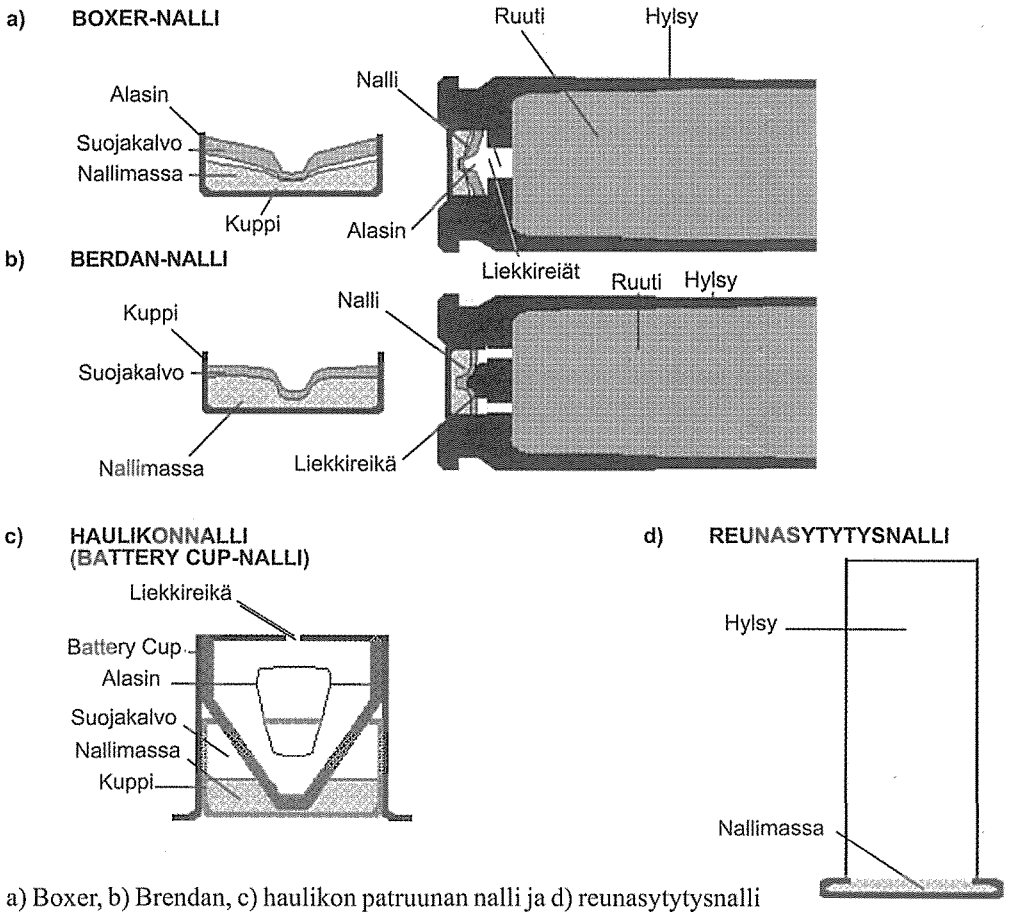
Pesukäsittelyt, hekkutukset, happopeittaukset, huuhtelut ja kuivaukset ovat muokkavien ja lastuavien vaiheiden ohella tärkeä osa hylsyn valmistusprosessia. **Kuva 121.** Valmistukseen sisältyy yhteensä 20—30 työvaihetta. Patruunan toiminta ladattaessa ja laukauksen aikana edellyttää tarkkoja toleranssi-, materiaali- ja tasa-laatuusvaatimuksia patruunan komponenteille ja raaka-aineille. Yleisin hylsyistä johtuva häiriö on hylsyn repeäminen.



Kuva 121 Kiväärihylsyn valmistusvaiheet /La94/

Käsiaseissa käytetään yleensä seuraavia **nallityyppejä**:

- Berdan nalli
- Boxer nalli
- reunasytytysnalli sekä
- haulikon patruunan nalli



a) Boxer, b) Brendan, c) haulikon patruunan nalli ja d) reunasytytysnalli

Kuva 122 Eri nallityyppien rakennepiirteitä /La94/

Nalli koostuu nallikupista, aloitemassasta ja alasimesta. Kaikissa nalleissa keskeinen osa on messinkinen nallikuppi, joka on täytetty aloitemassalla (20—40 mg). Aloitemassa on peitetty foliopaperilla ja lakalla. Boxer -nallissa alasin on nallikupin sisällä siten, että aloitemassa on puristettu sen ja kupin pohjan väliin. Haulikkonalli poikkeaa Boxer -nallista siten, että komponentit on sijoitettu yhteisen messinkikupin sisälle. Lisäksi se on voimakkaampi, sisältäen aloitemassaa noin 50—60 mg. Reunasytytysnallia käytetään pienoiskiväärien patruunoissa. Se poikkeaa täysin edellisistä, sillä aloitemassa puristetaan patruunahylsyn pohjalle sen kannassa olevaan massarakoon, eikä erillistä nallia tarvita.

Nallin toiminta perustuu siihen, että kun iskuri iskee nallin kantaan, osa kupista taipuu sisäänpäin ja nallimassa puristuu alasimen kärkeä vasten. Tämä aiheuttaa aloite-
sakiteiden murskaantumisen, jotka reagoivat tähän räjähtämällä. Sytytys leviää aloite-
massan läpi ja seurauksena on kuuma liekkireikien läpi säkenöivä kaasusuihku, joka
sytyttää ruudin. Nallit ovat herkkyydeltään erilaisia. Liian herkät nallit saattavat aiheut-

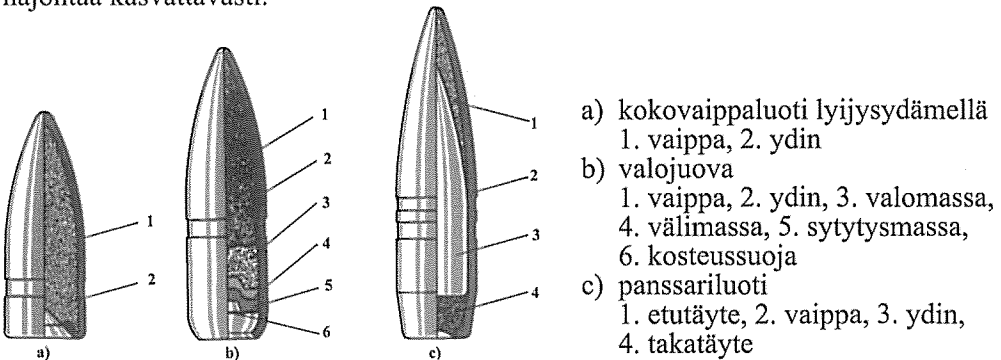
taa vaurioita sellaisissa aseissa, joissa iskuri liikkuu lukon mukana ja törmää nalliin hitausvoimien vaikutuksesta. Esimerkkinä rynnäkkökiväärit. Liian jäykät nallit taas aiheuttavat laukeamattomia. Tämän vuoksi nallien herkkyydet määritellään tarkasti ja tarkastetaan pudotuskokeilla.

Nallin syttyessä tulee nallikupin laajentua hylsyn nallitilassa estäen paineen ja kaasujen vuodon nallikupin ohi hylsyn läpi. Lisäksi kupin täytyy olla muodonmuutoskykyinen ja lujarakenteinen, jotta se kestää iskurin iskeytymisen ja laukaustapahtumassa syntyvät painerasitukset. Nallikupin täytyy pysyä hylsyn nallitilassa.

Rakenteen perusteella **luodit** jaetaan normaali- ja erikoisluoteihin. Ensinmainittu on suunniteltu vaikuttamaan elävään kohteeseen iskuenergiallaan. Vaikutus on tehokkain, kun luodin koko liike-energia purkautuu kohteeseen, eli kun luoti pysähtyy kohteen sisälle. Toisaalta luodilla tulee olla riittävä läpäisykyky, että se pystyy läpäisemään kohteen suojana olevat esteet kuten taisteluvälineiden ja heikot suojarakenteet. Luodin pysähtymistä kohteeseen voidaan edistää muotoilemalla luoti siten, että se muotoutuu ja/tai menettää vakavuutensa tunkeutumisen jälkeen.

Erikoisluodeilla tarkoitetaan muita normaaliluodista poikkeavia luoteja kuten valojuova-, panssari-, panssarisytytys- ja räjähdysytytysluoteja.

Käsiaseiden normaaliluotina voidaan pitää kokovaippaluotia, joka muodostuu vaipasta ja sydäimestä. **Kuva 123.** Vaippa valmistetaan pehmeästä metallista eli tombakista (CuZn10), messingillä tai kuparilla päällystetystä teräksestä tai nikkelistä. Teräsvaipan päällystämällä parannetaan luodin säilyvyyttä ja pienennetään luodin ja sisäpinnan välistä kitkaa. Teräsvaippa kuluttaa tombakvaippaa enemmän asepiippua. Tavallisen luodin ydin on lyijyn ja antimonin seosta tai terästä. Antimoniseostus lisää lyijyn lujuutta. Teräsydänluodissa lyijy on korvattu teräspuikolla, joka on ohuen lyijykerroksen avulla keskitetty vaipan sisälle. Teräsydänluodin läpäisyominaisuudet ovat tavallista luotia parempia. Teräsytimen keskittämisessä tapahtuvat pienet erot vaikuttavat hajontaa kasvattavasti.



Kuva 123 Käsiaseiden luotityypit ja luotien rakenneperiaatteet

Teräskärkiluodeissa on kiinteä teräsydin kärjessä vaipan alla. Teräs ei saa ulottua kärkiosaa pitemmälle, koska luodin vaipan on oltava riittävän hyvin muotoutuva sen tunkeutuessa piipun rihloihin. Nämä suuren nopeuden omaavat luodit läpäisevät pehmeän teräslevyn (10 mm) lyhyillä etäisyyksillä, mutta niiden päätarkoitus on läpäistä kypärien ja suojaliivien suojaus.

Panssariluodissa on kovametallisydän (karkaistu teräs tai kovametalliseos, esimerkiksi volfram), joka on muotoiltu läpäisylle edulliseksi. Ytimen liike-energia keskittyy pienelle pinta-alalle, ja läpäisy panssarilevyyn voi olla 10—15 mm. Kovametalli on lyijyä painavampaa, joten ytimen sijoittaminen luodin kärkiosaan parantaa ballistista vakautta. Vaippa on tombakkia tai kuparilla päällystettyä terästä. Kovametalliytimen sijoittamisessa luodin sisälle on useita periaatteellisia tapoja. **Kuva 124.**



Kuva 124 Panssariluoteja (a) ja panssarisytytysluoteja (b)

Panssarisytytysluodissa on luodin kärkiosassa ja peräontelossa iskusta leimahtava sytytysmassa. Luodin sydän on kovametallia. Luodin iskeytyessä kohteeseen leimahtaa kärkiosan sytytysmassa ilmaisten osuman. Luodin peräosan sytytysmassa on tarkoitettu esimerkiksi polttoainesäiliöiden sytyttämiseen. Panssariluotien läpäisy riippuu muun muassa ampumaetäisyydestä, lähtönopeudesta ja hidastuvuudesta, iskukulmasta ja teräslevyn kovuudesta. Keskimääräiset suoritusarvot 7.62 kaliiperin kiväärillä on esitetty **taulukossa 10.**

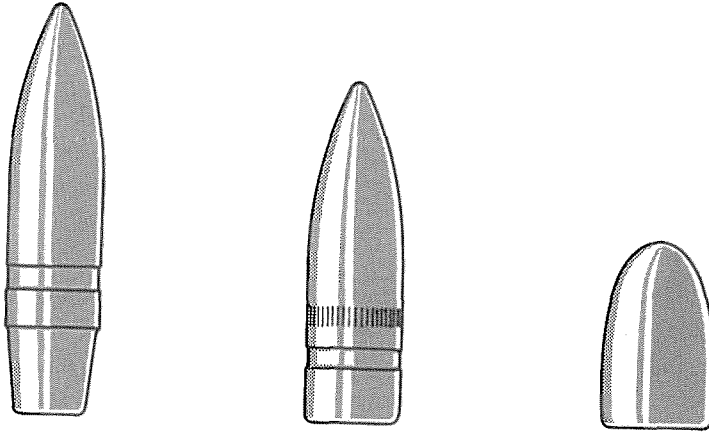
Ase	Patruuna	Luodin massa (g)	Lähtönopeus (m/s)	Läpäisy/Amet (mm/m)
762 TAKIV 85	7.62 D 166/normaali	13	690	4/100
556 NATO	5.56 x 45/kova	3,4	1 000	13/100
762 DRAG	7.62 pssy/teräs (kova)	10,4	816	12/100
.50 Barret	.50 MP/kovametalli	43	835	25/100

Taulukko 10 Esimerkkejä panssarin läpäisystä

Panssariluodit on suunniteltu läpäisemään kevyesti panssaroidut kohteet. Teräsydinluoteja valojuovalla tai fosforitäytteellä (ilmaisuefektia varten) käytetään muun muassa ilmamaaleja vastaan.

Valojuovapatruunoita käytetään tulen korjaamiseksi maaliin ja maalin osoittamiseksi muille ampujille. Tämän vuoksi lentorata ei saa poiketa vastaavan käyttöluodin lentoradasta. Valojuovaluodit ovat valaisumassan sijoittamisen vuoksi rakenteeltaan pitempiä. Lisäksi valaisumassan palaminen loppuun lentoradalla keventää ammusta ja muuttaa ballistiikkaa. Valojuova sijoitetaan yleensä erillisessä kapselissa luodin peräosaan tai se voidaan puristaa peräosan onteloon. Massa puristetaan paikoilleen useampikerroksisena, joista päällimmäisenä on sytytysmassa ja alimmaisena valaisumassa. Kirkkaasti palava valaisumassa on seos, jossa on esimerkiksi magnesiumia polttoaineena ja kaliumnitraattia hapettimena sekä orgaaninen polymeeri sideaineena. Sytytysmassa syttyy sisäballistisessa vaiheessa paine- ja lämpövaikutuksen seurauksena. Sytytysmassa voidaan valmistaa grafiitin avulla myös sellaiseksi, että se ei anna valoa, jolloin valaisumassa syttyy ammuttaessa tietyn viiveen jälkeen eikä paljasta ampujaa. Kivääriluodin valojuova palaa noin 600 m:n etäisyydelle.

Sotilasaseissa käytettävät luodit ovat yleensä **kokovaippaluoteja**. Niissä vaippa on vain luodin perästä auki. Lyijyluoteja käytetään vain pienen lähtönopeuden omaavissa urheiluseissa ja osavaippaluoteja suuren lähtönopeuden omaavissa metsästysaseissa. Osavaippaluodin etuna on se, että luodin kärki muotoutuu voimakkaasti kohteeseen tunkeutuessaan. Tällöin vaikuttava pinta-ala kasvaa ja luoti hidastuu nopeasti jääden yleensä kohteen sisälle. Sotilasaseiden patruunoiden luodit ovat muodoltaan O-, S- ja D-luoteja. **Kuva 125.**



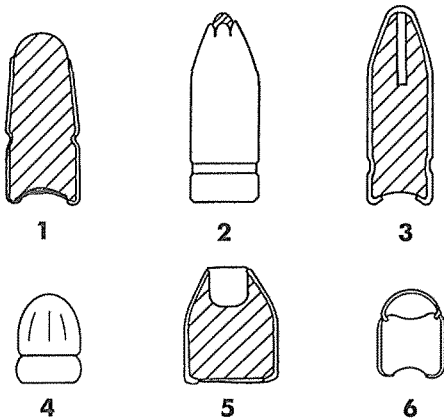
D-luodin kärkiosa on ympyrän kaari, runkumuoto lieriö ja perämuoto katkaistu kartio. Sitä käytetään kokovaippaisena lähtönopeusalueella 700–1000 m/s.

S-luodin kärkiosa on ympyrän kaari, runkumuotona lieriö ilman peräkartiota. Sitä käytetään kokovaippaisena lähtönopeusalueella 700–900 m/s.

O-luodin kärjestä pallomainen ja runkosaltaan lieriömäinen ilman peräkartiota. Sitä käytetään kokovaippaisena lähtönopeusalueella 200–500 m/s.

Kuva 125 D-, S- ja O-luotimuodot

Vastakohtana hyvän läpäisykyvyn omaaville luodeille ovat luodit, joilla on **pienentynyt läpäisykyky**. Kuva 126. Luodin hajoaminen ja muotoutuminen sen osuessa kohteeseen lisää ja tehostaa vaurioita kohteessa. Vaikutus kohteessa riippuu iskunopeudesta.



1. pehmeä kärki tai puolivaippa
2. pehmeä kärki
3. reikäpäáluoti ja teräsputkilo laajentumisen tehostamiseksi
4. kokovaippaluoti varustettuna halkeamisurilla
5. reikäpäáluoti
6. suojuksella varustettu reikäpäáluoti

Kuva 126 Esimerkki laajentuvista luodeista

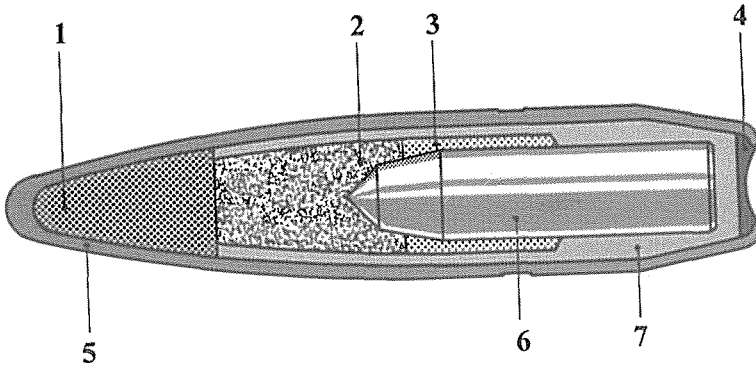
Luodin hajoamisen toteuttamiseksi käytetään useita menetelmiä kuten

- vaipan kaarevan osan pitkittäinen uritus,
- vaipan katkaiseminen jättäen vaipattoman kärjen,
- suljettu ontelo vaipan alla huipun alapuolella sekä
- avonainen vaipaton ontelo luodin kärjessä.

Tällaiset luodit on usein suunniteltu pehmyt- tai ontelokärkisiksi. Monet näistä variaatioista eivät hajoa iskiessään elävään materiaaliin vaan ne muotoutuvat osuessaan kohteeseen ja tämä nopea ballistisen muodon menetys ehkäisee luodin läpimenon.

Luotien valmistus perustuu samanlaiseen syväveto- ja kylmämuokkaustekniikkaan kuin hylsyjen valmistaminen. Eri tyyppisten luotien valmistusmenetelmät ja työvaiheiden määrät poikkeavat toisistaan.

12,7—40 mm:n kaliipereille on kehitetty **monitoimi** (multipurpose) ampumatarvike. **Kuva 127.** Se on ilman mekaanista sytytintä toimiva panssarinläpäisy-, sirpale-, sytytyspanos -ampumatarvike. Kranaatin iskeytyessä kohteeseen syttyy kärjessä oleva sytytysmassa, joka edelleen räjäyttää alhaisella detonaationopeudella räjähtävän räjähdysaineen. Tämä vuorostaan sirpaloi kuoren ja sytyttää zirkonium-massan ytimen ympärillä vahvistaen ja pidentäen luodin sytytysvaikutusta.



Kuva 127 12,7 monitoimiampumatarvikkeen rakenneperiaate
1. ja 2. räjähdysaine, 3. rakeita, 4. lyijyä, 5. kuparivaippa, 6. wolframkarbididyn ja 7. teräsholkki

Raskasmetallinen ydin (volframi-karbidi) läpäisee kevyen panssaroinnin ja teräksen. Läpäisyssä ytimen eheys säilyy räjähdysaineketjun toimimisen ajan (noin 3 ms). Osa palavia sirpaleita tunkeutuu aukon läpi toisten iskiessä kohteen ulompaan pintaan.

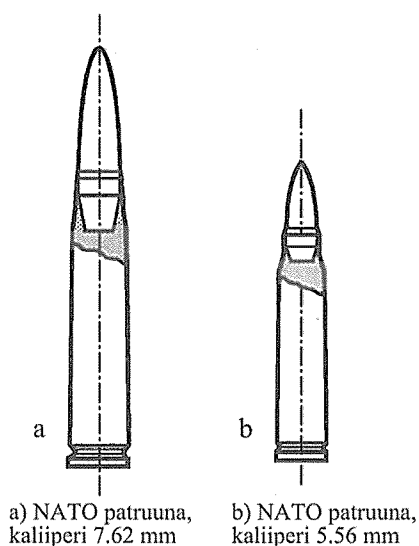
Suuren nopeuden omaavien täyskaliiperiluotien käyttöä joudutaan turvallisuustekijöiden vuoksi joskus rajoittamaan sen vuoksi, että kimmokkeet ja satunnaisesti väärin suunnatut laukaukset voisivat aiheuttaa vahinkoja ympäröivillä alueilla. **Lyhytkantamaluodeilla** saadaan aikaan realistinen ilmaisu lyhyillä (25—30 m) sisä- ja ulkoradoilla, alueilla missä laajahkoja turvallisuusalueita ei ole käytettävissä. Näissä ampumatarvikkeissa käytetään yleisesti muovi- tai alumiinisydän-luoteja. Niillä on suuri hidastuvuus ja ne pysähtyvät nopeasti käyttöalueen jälkeen. Tämäntyyppisissä ampumatarvikkeissa saatetaan käyttää muovihylsyjä, koska ampumatarviketta käytetään matalilla painealueilla verrattuna lyijyluoteihin.

Paukkupatruunoita käytetään taisteluharjoituksissa realistisen vaikutelman luomiseksi. Paukkupatruunat eivät saa aiheuttaa kuulovaurioita tai muita turvallisuusriskejä. Ne

eivät saa vahingoittaa asetta. Puuluotisen paukkupatruunan lisäksi on olemassa messinkihylsystä suuosaa supistamalla suljettuja tai muovihylsyyn tehtyjä paukkupatruunoita. Puuluotinen paukkupatruuna murskautuu ammuttaessa piipun suussa olevaan sysäyksenvahvistimeen.

Käsiaseiden **kehitystavoitteisiin** on vaikuttanut toisen maailmansodan taisteluvahingoista tehty analyysi, mikä on suunnannut tavoitetta massaltaan ja tilavuudeltaan mahdollisimman pienien patruunoiden ja aseiden suuntaan. **Kuva 128 ja taulukko 11.** Tavoitteena on lisätä tulinopeutta ja parantaa osumatodennäköisyyttä.

5.56 mm:n patruunan tilavuus ja massa on noin kaksi kolmasosaa 7.62 mm:n patruunasta. Pienemmän kaliiperin ampumatarvikkeella ampumaetäisyys on noin 600 m ja samalla läpäisy on parantunut, mutta luodin pienempi vakavuus heikentää sen käyttökelpoisuutta metsäisessä maastossa.



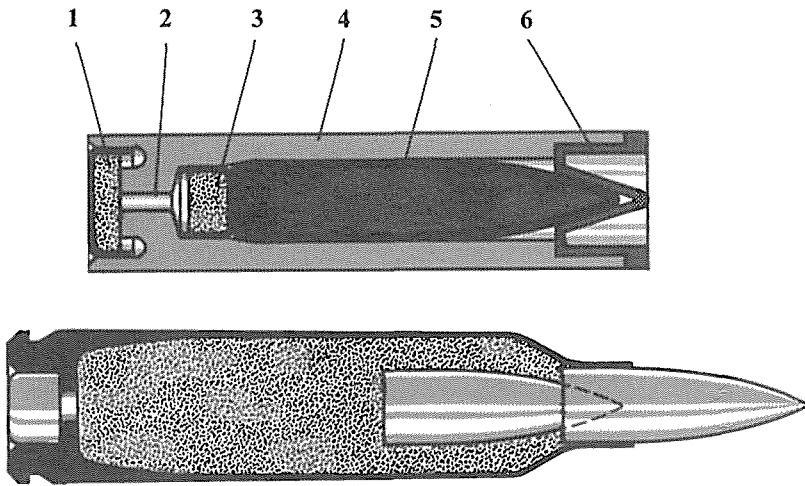
Kuva 128 Patruunoiden kehityssuunta

Ominaisuus	NATO patruuna 7.62 x 51	762 RK kotimainen 7.62 x 39	NATO patruuna 6.56 x 45 ¹⁾
Kaliiperi (mm)	7.62	7.62	5.56
Luodin massa (g)	9.45	8.0	3.56
Luodin pituus (mm)	28,9	22,5	19.0
Hylsyn massa (g)	11,2	8,5	6,2
Hylsyn pituus (mm)	51	38,7	44,5
Patruunan massa (g) ²	23,6	18	11,4
Patruunan pituus (mm)	70,8	55,7	57,4
Panoksen massa (g)	2,9	1,68	1,62
Lähtönopeus (m/s)	780	715	975
Maksimipaine (MPa)	330	304	360
Suuenergia (J)	2 870	2 050	1 690

Taulukko 11 Patruunoiden vertailutietoja

1) Laskennallinen tieto 2) Tieto soveltuu messinkihylsulle.

Kuvassa 129 on esitetty erilaisia kokeilupatruunoita, kuten hylsytön patruuna ja kaksoisluotipatruuna. **Kuva 129.**



Kuva 129 a) hylsytömän ja b) kaksoisluodin rakennepperiaatteet
1. nalli, 2. liekkireikä, 3. virikepanos, 4. ruutipanos, 5. luoti, 6. kärkikappale (muovia)

Alikaliiperipatruunan luoti on tehty täyskaliiperiseksi muovista valmistettujen irtoaivien ohjausosien avulla. Vaikutus kohteessa perustuu siihen, että kovametallisen luodin liike-energia keskitetään mahdollisimman pienelle pinta-alalle.

B KENTTÄTYKIT

1 YLEISTÄ

Tykit jaetaan ampumaominaisuuksien perusteella **haupitseihin** ja **kanuunoihin**:
Hauptseilla putken rihlatun osan pituus on $< 30 \times$ kaliiperi. Kanuunan putki on $> 30 \times$ kaliiperi. Putken pituus ilmoitetaan kaliiperin mittoina. Esimerkiksi 155 K 83 putken pituus on 39 kal, mikä tarkoittaa $39 \times 155 \text{ mm} = 6045 \text{ mm}$.

Kaliiperin mukaan tykit jaetaan **keveisiin tykkeihin** (105 mm—122 mm), **raskaisiin tykkeihin** (130 mm—155 mm) ja **järeisiin tykkeihin** ($> 155 \text{ mm}$).

Tykissä voidaan yleensä erottaa seuraavat osakokonaisuudet

- putki ja peräkappale koneistoinen (lukko, puoliautomaattikoneisto)
- kehto joustolaitteinen (hidastin, palautin)
- painontasain
- ylä- ja alalavetti
- kilpisuojus
- ajolaite

- edeltäjä tai etuvaunu
- latauslaite
- suuntauskoneistot
- suuntain sekä
- lavettivarusteet.

TYKKI	VALMISTUSMAA	TYKIN PAINO (kg) ¹⁾	KRANAATIN PAINO (kg)	KANTAMA (km)
105 H 61-37	Suomi	2 000	15	13
122 H 63	Venäjä	3 200	22	14
130 K 54	Venäjä	8 800	34	26
152 H 55	Venäjä	6 200	43	16
152 H 88 ²⁾	Venäjä	8 300	43	16
152 K 89	Venäjä	9 800	46	28
155 K 83	Suomi	10 000	42 - 47	> 30 ²⁾

1) Painot ajokunnossa

2) Kantama perävirtausammuksilla

Taulukko 12 *Kenttätykkien perusominaisuuksia*

2 PUTKI

Tykin putki valmistetaan korkealaatuisesta seosteräksestä.

Kenttätykkien maksimipaineet ammunassa voivat olla yli 320 MPa ja putken konstruktioaineen paine yli 440 MPa.

Tykin **putkeen** kuuluvat tuliputki, suuhidastin (suujarru), peräkappale sekä mahdollisesti vaippa ja savunpoistin. Putken sisäosa jaetaan panoskammioon, ylimenokartioon ja rihlaosaan.

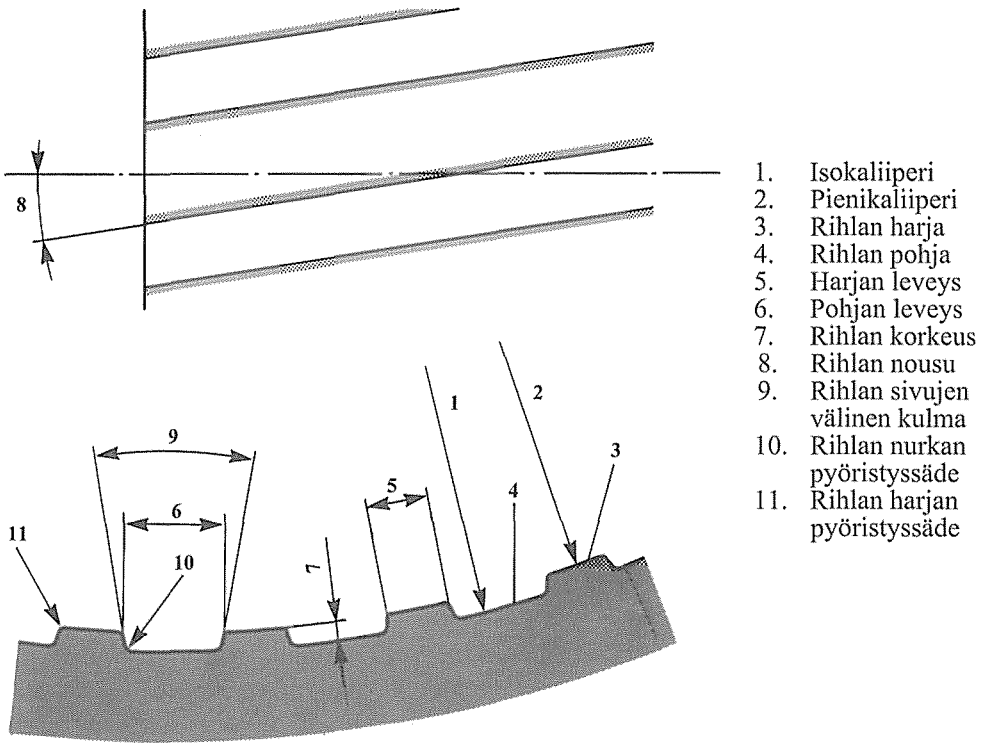
Rihlojen tehtävänä on antaa kranaatille sen lentovakavuuden vaatima pyörimis- eli rotaatioliike. Tykeillä rihlojen määrä on yleensä 32—48 ja rihlan nousu 6—11 astetta. Kanuunoilla se on pienempi kuin haupitseilla. **Rihlan nousu** voidaan ilmoittaa myös matkana, jolla vakiorihla tekee täyden kierroksen putken sisäpinnan ympäri. Kierrosputuus ilmoitetaan millimetreinä, tuumina tai kaliipereina. Rihlat ovat oikeakätisiä. Kiertosuunta vaikuttaa kiertopoitikkeaman suuntaan. Rihlan korkeus vaihtelee välillä 1—3 mm. Rihlan harja on kapeampi kuin rihlan pohja, jotta johtorengas tunkeutuisi hyvin rihlaan ja kestäisi paremmin rihlapaineen. Rihlan muotoon ja korkeuteen vaikuttavat tärkeimmät kriteerit ovat

- rotaatiiovakavuuden vaatima pyörimisliike
- rihlaan kohdistuva paine ei saa nousta liian suureksi ja
- johtorengasrasitusten on pysyttävä lasketuissa rajoissa.

Rihlat voivat olla vakionousuisia tai niin sanottuja progressiivisia eli kiihtyviä. **Vakiorihlan** nousu on sama koko rihlan pituudella. **Progressiivisen** rihlan nousu on alussa loivempi, jolloin rasiutukset ammuksen johtorengasta kohtaan ovat pienemmät. Tämän jälkeen on kiihtyvä osuus ja lopussa jälleen noin 0,5 metrin vakio-osuus, joka vakavoittaa ammuksen liikettä lennon alkuvaiheessa. Progressiivinen rihlannousu soveltuu ainoastaan yksijohtorenkaisille ammuksille. Nousukulman suureneminen kuluttaa johtorengasta, vaikka se pienentää mekaanisia rasiutuksia maksimipaineen kohdalla.

Pyrittäessä > 950 m/s lähtönopeuksiin tulee putken rihlamäärää lisätä ja rihlakulmaa pienentää jotta johtorengas kestäisi putkivaiheen rasiutukset.

Palkkirihlan muoto ja osien nimitykset ilmenevät **kuvasta 130**.

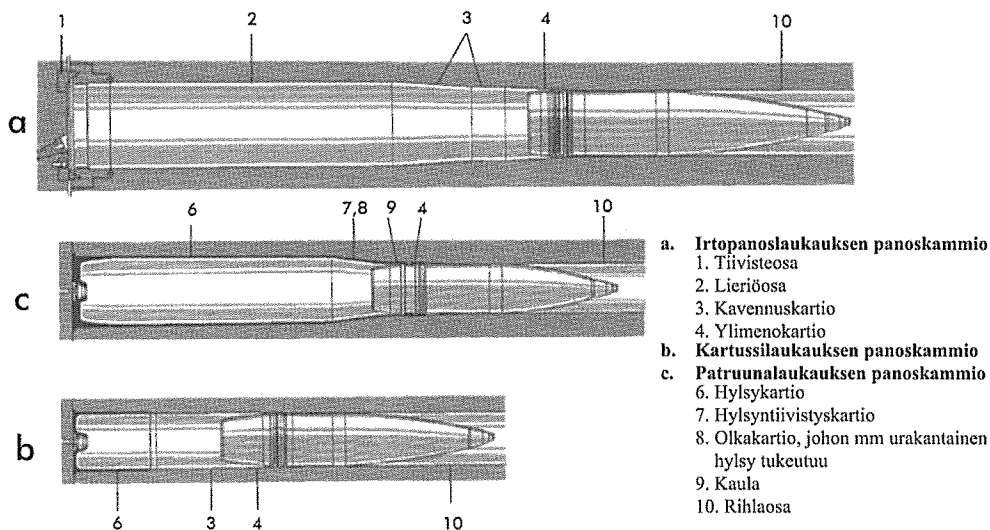


1. Isokaliiperi
2. Pienikaliiperi
3. Rihlan harja
4. Rihlan pohja
5. Harjan leveys
6. Pohjan leveys
7. Rihlan korkeus
8. Rihlan nousu
9. Rihlan sivujen välinen kulma
10. Rihlan nurkan pyöristyssäde
11. Rihlan harjan pyöristyssäde

Kuva 130 Palkkirihlan rihlaprofiili

Tykin putki jaetaan **panoskammioon** ja **rihlaosaan**, jotka yhdistää toisiinsa **ylimenokartio** (l. yhdyskartio). **Panoskammio** vastaa tykin putkessa kevyen aseennäpäteen aseennäpäteen. Panoskammion muoto ja mitoitukset vaihtelevat aseennäpäteen käytettävän laukaustyyppin mukaan. Aseennäpäteenä käytettävän aseennäpäteen panoskammiossa ei voida käyttää kartussilaukausta vaikka kaliiperi olisi sama. Panoskammion muodolla on oma tärkeä merkityksensä ruutikaasujen virtausten ohjaamiselle ja syntyvien rasiutusten jakamiselle. Mitä suurempi on panoskammion takaosan halkaisija sitä suuremmat rasiutukset koh-

distuvat putkea sulkeville rakenteille. Panoskammion tilavuus kasvaa pyrittäessä lisäämään ampumaetäisyyttä. Panoskammiossa voi olla seuraavia osia: **Kuva 131.**



Kuva 131 Erilaisia panoskammioita

Panoskammion tilavuus eli **lataustilavuus** on tärkeä sisäballistinen suure, jonka muuttumista seurataan jatkuvin työtymämittauksin. Lataustilavuuden kasvu aiheuttaa lähtönopeuden laskua, josta aiheutuu kantaman pieneminen. Lähtönopeuden muutosta hallitaan redukointikertoimilla, kun tilavuuden muutos tiedetään. Esimerkiksi 130 K 54:n yhden millimetrin työntymän kasvu pienentää lähtönopeutta noin yhden metrin sekunnissa.

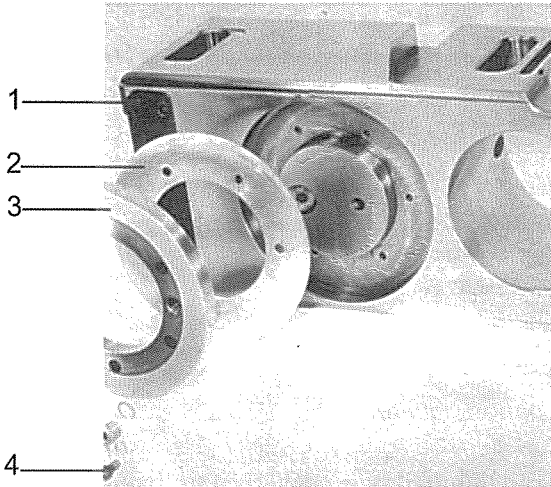
Irtopanoslaukauksen panoskammiossa on tiivisteosa, johon kuuluu tiivistepestä ja -rengas (De-Bange tiivisteellä tiivistyskartio), lieriöosa, kavennuskartio ja ylimenokartio. Kavennuskartion tehtävänä on suunnata ammus suorassa asennossa ylimenokartioon.

Ylimenokartio yhdistää panoskammion putken työlieriöön. Ylimenokartion tehtävänä on pysäyttää ammus ladattaessa oikeaan lataussyvyteen, ohjata ammus oikeassa asennossa rihlaosaan, kiinnittää ammus putkeen suurilla korotuksilla ja pehmentää samalla ammuksen lataustörmäystä. Johtorengas toimii ammuksen tarttuvana osana. Tasaisen lähtönopeuden kannalta on tärkeää, että lataustilavuus vaihtelee mahdollisimman vähän. Siihen vaikuttavat eniten seuraavat tekijät:

- latausvoiman tasaisuus
- ammuksen johtorengaan raaka-aineen tasaisuus
- ammuksen johtorengaan halkaisijan toleranssivaihtelut
- ammuksen johtorengaan kiinnityksen pituustoleranssi
- putken/panoskammion lämpötila

On tärkeää, että ammus on mitoitettu aseeseen ylimenokartioon sopivaksi. Jos putken ylimenokartio on kulunut, lataustilavuus suurenee.

Irtopanoslaukauksella ammuttaessa putken perän tiivistys tapahtuu **tiivisterenkaan** painuessa ruutikaasujen voimasta tiivistevastetta vastaan. Tiivisterengas on putken peräosassa ja tiivistevaste lukossa. Tiivisterenkaan ja -vasteen välys sovitetaan erillisten sovitusrenkaiden avulla välille 0,03—0,20 mm. **Kuva 132.**



Kuva 132 Irtopanoslaukauksen lukko (155 K 83)
lukko (1), sovituslevyt (2), tiivistevaste (3) ja kiinnitysruuvit (4)

Kuvassa 136 olevat lukko, tiivistevaste, tiivisterengas ja kiinnityselementit ovat esimerkiksi 155 K 83:ssa ja 130 53 TK:ssa.

Patruuna- ja kartussilaukauksella tiivistävänä osana toimii hylsyn seinämä ja kanta, jotka ruutikaasujen paineen vaikutuksesta painuvat pansokammion seinämää ja lukon etupintaa vasten. Patruunalaukauksella kranaatin paikka pansokammiossa määrättyy hylsyn kannan mukaan. Kun ylimenokartio kuluu, johtorengas ei enää ylety kunnolla ylimenokartioon. Tällöin tapahtuu ruutikaasujen ohivirtausta ja ylimenokartion kuluminen lisääntyy voimakkaasti. Irtopanos- ja kartussilaukauksella ei tätä ilmiötä ole, koska kranaatti isketään latauksessa ylimenokartioon kiinni.

Ylimenokartion kartiokkuus on irtopanos- ja kartussilaukauksella tavallisesti 1:20—1:30 ja se saa olla enintään 1:10, jotta ammus tarttuisi latausiskussa kunnolla kiinni. Pansokammion kartiot pyritään tekemään loiviksi, jotta ruutikaasut eivät irtoaisi pansokammion sisäpinnasta ja aiheuttaisi haitallisia pyörrevirtauksia.

Kartussilaukauksen aseessa on hylsykartio, hylsyn tiivistyskartio, lieriöosa ja ylimenokartio.

Patruunalaukausaseen pansokammiossa on hylsykartio, olkakartio, kaula ja ylimenokartio. Kartiokkuus ylimenokartiosta on välillä 1:12—1:25.

Kartussilaukauksen panoskammiossa hylsyn osa tilavuudesta on 6—10 % ja patruunalaaukauksella 12—15 %.

Seinämrakenteen perusteella putket voidaan jakaa seuraavasti:

- yksikerrospotket
- monikerrospotket
- vaippaputket
- yhdistelmäputket

Yksikerrospotki on valmistettu yhdestä putkiaihiosta. Se voi olla **esijännittämätön tai esijännitetty**. Yleisin rakenne kenttätykeissä on esijännittämätön putki.

Esijännitetty eli autofretoitu putki on kuormitettu 600—800 MPa paineella sisäpuolelta, jolloin putkiseinämään syntyy pysyviä muodonmuutoksia. Kun sisäinen paine poistetaan, putkiseinämän ulommat kerrokset puristavat sisempiä kerroksia ja putken sisäpinta jää puristusjännitystilaan. Tällöin laukaustapahtumassa ruutikaasujen paineen pitää ensin kumota autofretointipaineen aikaansaama puristusjännitys putken sisäpintaan, josta yhtälön (22) mukaisesti alkaa vetojännityksen alue eli putkea rasittava kokonaispaine p .

$$p = p_s - p_a, \text{ jossa}$$

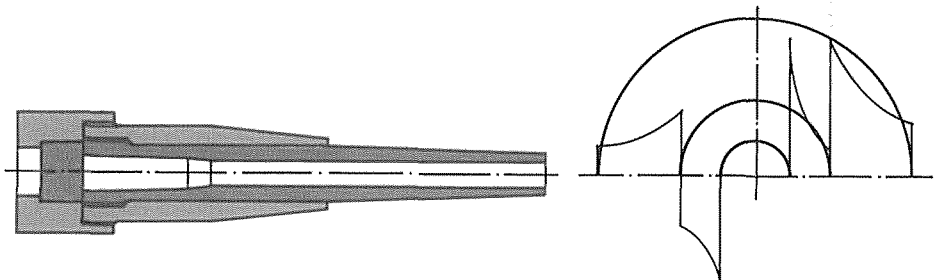
Yhtälö (22)

$$p_s = \text{putken sisällä oleva paine ja}$$

$$p_a = \text{autofretoinnin aikaansaama paine putken sisäpinnassa}$$

Verrattaessa esijännittämätöntä ja esijännitettyä putkea toisiinsa voidaan todeta, että ääriarasituksilla esijännitetty putki kestää autofretointipaineen (P_a) verran enemmän rasiutusta myötämättä. Autofretointi siis sallii samoilla varmuuskertoimilla putkiseinämän ohentamisen ja sitä kautta tykin painon keventämisen.

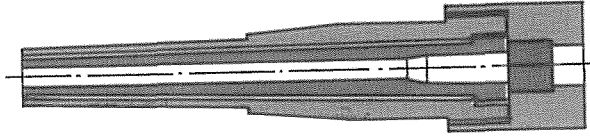
Monikerrospotkessa on kaksi tai useampia, päällekkäin olevia, samankeskeisiä putkia, joista uloimmat voivat olla vain putken peräosan päälle ulottuvia. Putket on liitetty toisiinsa puristussoviteella. Monikerrospotken sisin putki voi olla useampiosainen, jolloin kuluneimmat osat voidaan vaihtaa erikseen. Rakennetta käytetään suurikaliiperisilla tykeillä, joiden putki on kallis vaihtaa kokonaan. **Kuva 133.**



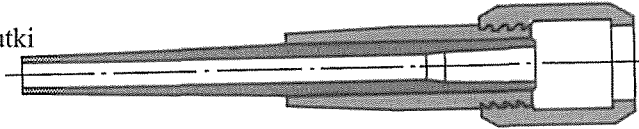
Kuva 133 Monikerrospotken rakenne ja jännityspiirros

Vaippaputkessa on yksi tai useampia putkia. Perusputki voi olla yksi- tai monikerroksinen. **Kuva 134.** Vaipan ja perusputken välissä voi olla puristusliitos tai välys, joka poistuu laukaustapahtumassa. Kummassakin tapauksessa osa jännityksistä tulee vaipan osalle.

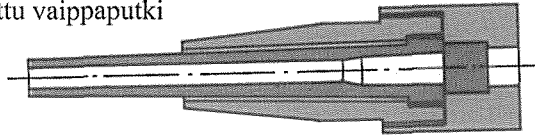
1. Välyssovitteen



2. Kutistettu puolivaippaputki



3. Irtonaisella sisusputkella varustettu vaippaputki



Kuva 134 *Vaippaputken rakenne*

Vaipan tehtävä voi myös olla toimiminen yhdyskappaleena perusputken ja peräkappaleen välillä. Se tukee putkea ja pitää sen oikeassa asennossa, lisää rekyylimassaa ja ottaa vastaan lukon ja peräkappaleen kautta tulevat jännitykset. Tällöin vaipan osalle ei tule putkipaineen aiheuttamia jännityksiä. Tällaiseen vaippaputkirakenteeseen voidaan kiinnittää osia, hitsata ja koneistaa ilman, että putken paineenkesto alenee.

Yhdistelmäputkissa on sovellettu ja yhdistelty kaikkia edellä mainittuja putkirakenteita ja pyritty ottamaan niistä mukaan niiden parhaat puolet. Yhdistelmäputki saattaa esimerkiksi olla sellainen, että perusputken muodostaa vaihdettavalla sisäputkella varustettu monikerrosputki, jossa uloin kerros on moniosainen. Putkeen liittyy kaksi vaippaputkea, joista sisimmäinen on puristussoviteella ja ulommainen välyksellä.

Putken peräosa on varustettu laipalla tai kierteillä, joilla se kiinnitetään peräkappaleeseen. Kehtoon kiinnittämistä varten siinä on joko luisuntarttuimet tai se on koneistettu lieriöksi rengasohjausta varten.

Putken suuosassa on kierteet suuhidastinta varten ja koneistukset mahdollista savunpoistajaa varten.

3 PERÄKAPPALE

Peräkappaleeseen kuuluu lukko osineen sekä mahdollisesti puoliautomaattikoneisto ja latauslaite. Esimerkiksi 155 K 83:ssa on latasin, joka on kaasutoiminen ja virittyy

rekyyliliikkeen aikana. Latauskampi siirtyy peräkappaleen mukana rekyylivaiheen aikana ja lukittuu latausasentoon. Samalla latauslaitteen sylinterissä oleva kaasunpaine kasvaa. Kranaatti asetetaan peräkappaleeseen kiinnitettävälle ammuspaarille tai sivuun käännettävälle lataussillalle. Kun latauskampea käännetään, se heittää kranaatin putkeen kaasunpaineen voimasta.

Peräkappale on erillinen kappale, joka kiinnitetään kierteellä vaippaan tai tuliputkeen. Se toimii sulkulaitteiston ja sen oheislaitteiden pesänä ja sen kautta joustolaite kiinnittyy putkeen. Peräkappaleessa voi olla myös ammuksenpidätin sekä erilaisia varmistimia. Esimerkiksi 155 K 83:ssa on seuraavanlaisia varmistimia ja salpoja

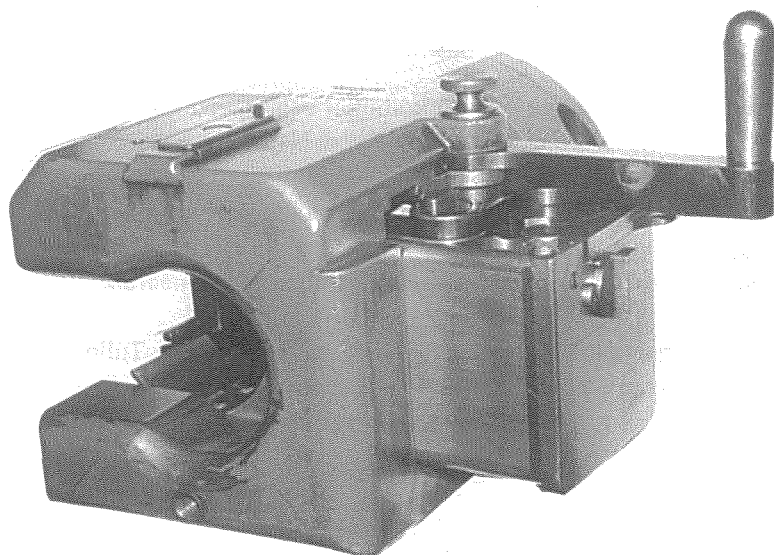
- **sulkukappaleen salpa**, joka estää lukon sulkeutumisen tai sulkemisen. Käytetään silloin kun asetta puhdistetaan lukon ollessa puoliautomaattikoneiston varassa,
- **laukaisuvarmistin**, joka estää aseisen iskukoneiston toiminnan
- **tiivistevarmistin**, joka estää lukon kiinnimenemisen, jos ampumatiivisteen tiiviste rengas ei ole paikoillaan
- **latauslaitteen varmistin**, joka estää heittävän latausimpen latauskammen liikkeen vahingossa

Lisäksi voi olla myöhäissyttymä- ja toimintakuntovarmistin.

Sulkujärjestelmän tehtävänä on sulkea ja tiivistää putken takapäätä laukauksen aikana sekä mahdollistaa ammuksen ja panoksen lataus. Järjestelmään kuuluu lukko, lukon käyttämiseen tarvittava sulkukoneisto, kiskurit ja tiivistysjärjestelmä.

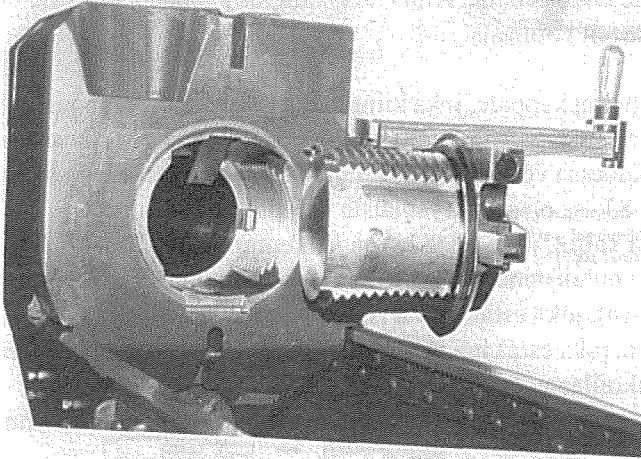
Sulkujärjestelmä perustuu **kiila- tai kierresulkuperiaatteeseen**.

Kiilasulkujärjestelmässä kiilamainen sulkukappale liikkuu joko pysty- tai vaakasuunnassa putkeen nähden ja sulkee putken takaosan ammuttaessa. Soveltuu erityisen hyvin nopean tuliryntäin asetyypeille. **Kuva 135.**



Kuva 135 Kiilasulkujärjestelmän lukko (105 H 61-37)

Kierresulkujärjestelmässä saman toiminnon tekee sylinterimäinen, pituus-akselinsa ympäri pyörähtävä ja kierteellisillä sulkusektoreilla varustettu **kierrelukko**. **Kuva 136.**



Kuva 136 Kierresulkujärjestelmän lukko (152 H 88-37)

Lukkoon kuuluu lukkorunko tai sulkukappale, laukaisukoneisto, lukon sulkukoneisto ja irtopanoslaukausjärjestelmässä nallilukko ja tiivistevaste. Uudemmissa tykeissä on myös puoliautomaattikoneisto, joka aukaisee lukon, kun putki palaa etuasentoon. Avauksen mahdollistaa peräkappaleessa oleva avauskoneisto, joka osuu kehdoissa olevaan avausvipuun. Samalla jännittyy lukon sulkujousi, jonka avulla lukko voidaan sulkea. Laukaisukoneistoon kuuluu viritys- ja iskukoneisto.

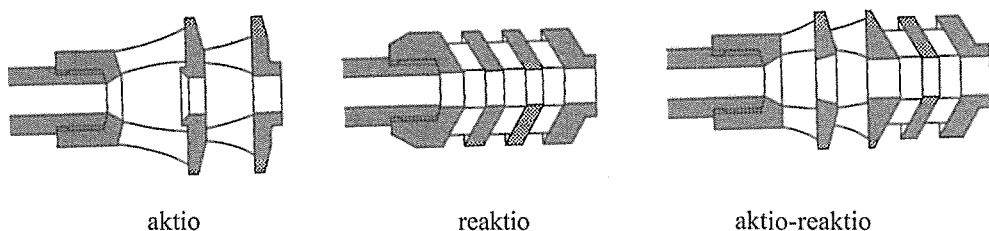
Irtopanoslaukausta ampuvan asen lukossa olevaan **nallilukkoon** laitetaan iskukulukkonalli, johon laukaustapahtumassa iskuri iskee ja josta lähtevä tulisuihku sytyttää lukon läpi menevän liekkiputken kautta virikepanoksen. Iskulukkonalli käsitellään tarkemmin luvussa III.

Tiivistevaste ja **tiivisterengas** ovat tärkeimmät osat irtopanoslaukan tykin tiivistejärjestelmässä. Tiivisterengas kuuluu putkeen, laajenee ruutikaasujen vaikutuksesta lähinnä säteettäin ja on siis oltava sitkeästä materiaalista. Tiivistevaste, joka kiinnittyy lukkoon, joutuu ainoastaan puristuspuheen vaikutuksen alaiseksi ja voi siis olla paljon kovempaa materiaalia kuin tiivisterengas. Käytännössä yksi tiivisterengas kestää keskimäärin noin 300 laukausta ja tiivistevaste kaksinkertaisen määrän.

Irtopanoslaukausjärjestelmä soveltuu erityisesti raskaille tykeille. Tulinopeuteen irtopanoslaukaukset eivät juuri vaikuta, vaan hyöty löytyy valmistus- ja kuljetuskustannuksista. Joissakin järjestelmissä käytetään palavaa hylsyä, joka laukaustapahtumassa palaa pois.

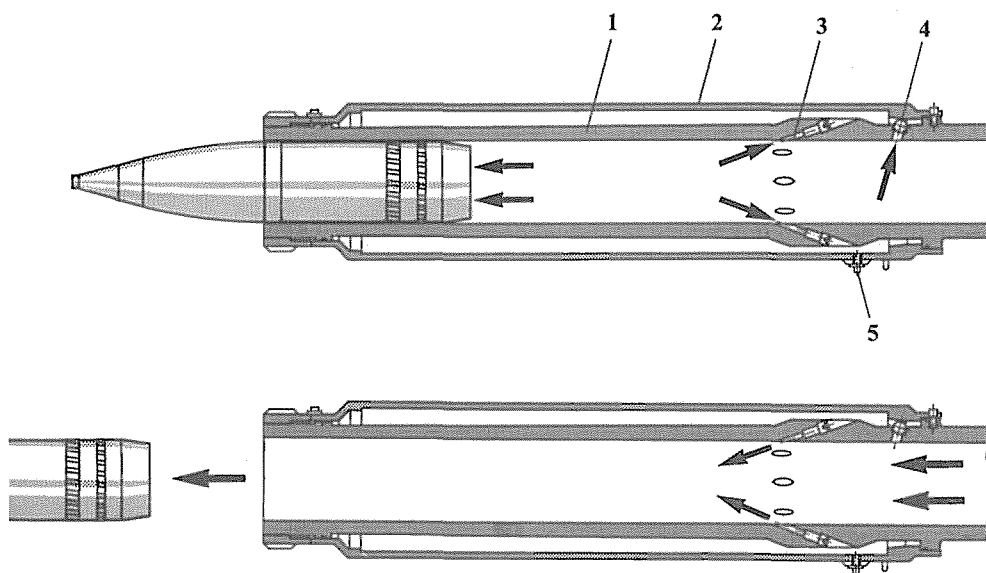
Suuhidastimen tehtävänä on pienentää tykin lavettiin kohdistuvia perääntymisvoimia sekä lyhentää rekyyliä pituutta suuntaamalla osa suupaineesta sivulle tai osittain taakse-

päin. Suuhidastimet toimivat aktio-, reaktio- tai aktioreaktioperiaatteella ja niitä on useita erilaisia malleja. **Kuva 137.**



Kuva 137 Erilaisia suuhidastinrakenteita

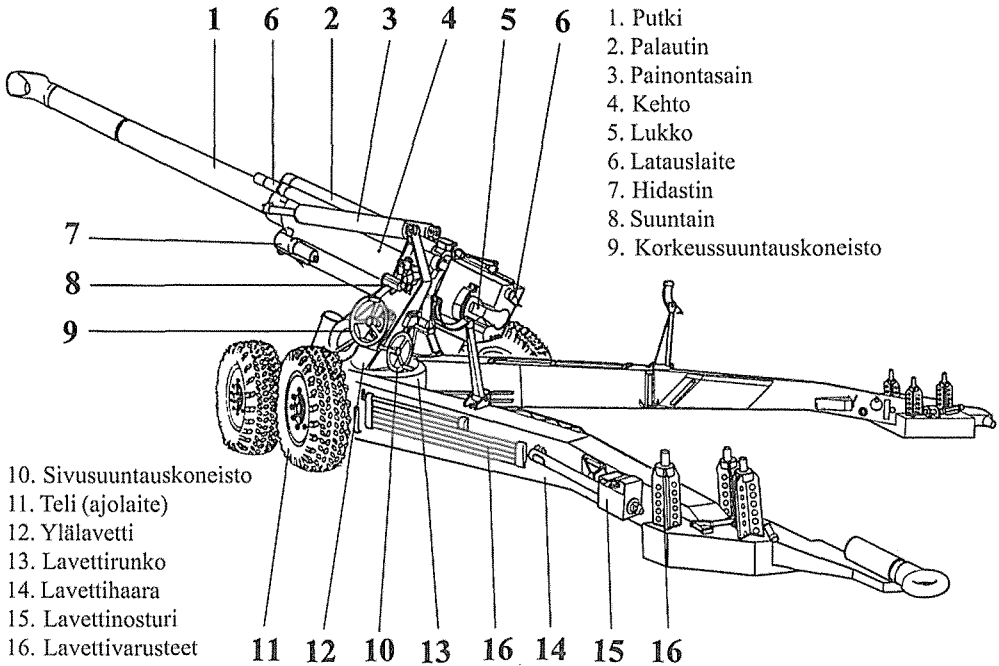
Savunpoistin on putken ympärillä ja sen tehtävänä on ohjata ruudin palamiskaasut putken suusta ulos. **Kuva 138.**



Kuva 138 Savunpoistimen toimintaperiaate

4 YLÄ- JA ALALAVETTI

Ylälavetti mahdollistaa tykin suuntaamisen sivusuunnassa. Ylälavettiin on kiinnitetty kehto, sivu- ja korkeussuuntauskoneistot, painontasaimien kiinnittimet, kilvet ja laukaisukoneiston osia (155 K 83). **Kuva 139.** **Kehto** toimii putken alustana ja mahdollistaa putken korkeussuuntauksen kehdon kannatintappiakselien varassa. Kehdossa on myös joustolaite, johon putki kiinnittyy. Luisutarttuimilla varustettu putki liikuu kehdon luisukiskoilla. Lieriömäisellä luisupinnalla varustettu putki liikuu kehdon luisuholkkien sisällä (putkikehto).



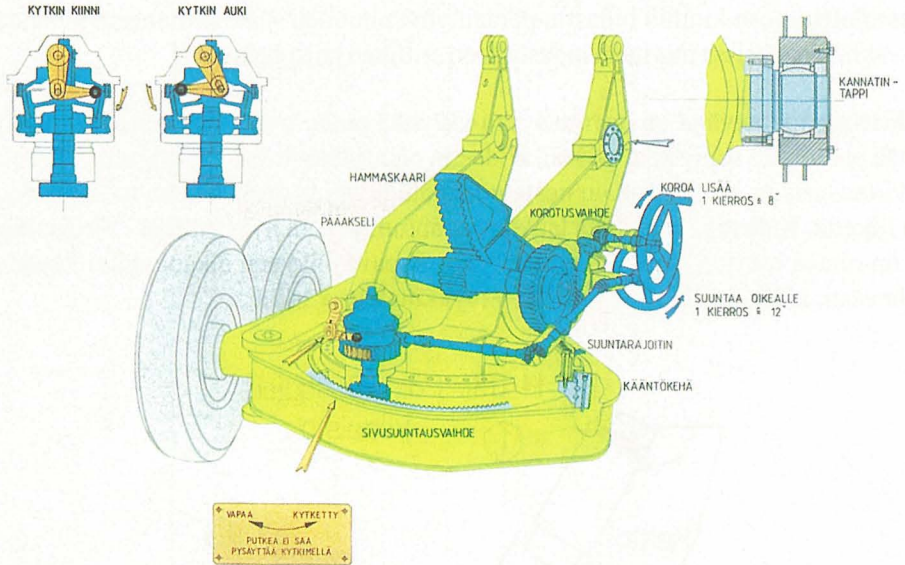
Kuva 139 Kenttätykin toiminnalliset kokonaisuudet (155 K 83)

Sivu- ja korkeussuuntauskoneistot ovat yleisimmin hammas- tai kierukkavaihteita, jotka välittävät ja moninkertaistavat suuntauskäsipyörien kiertovoiman putken suuntaamiseksi pysty- ja vaakasuunnassa. Vaihteiden tärkeä ominaisuus on itsepidättyvyyskyky, jotta annetut suuntausarvot eivät muuttuisi laukaustapahtuman aikana. Näin putken heilahdusliike laukaustapahtumassa ei aiheuta koneiston liikettä eikä myöskään suuntausarvojen muutosta. Joissakin tykeissä heilahdusliikkeen ottaa vastaan lamellikytkin.

Korkeussuuntaus tapahtuu hammaskaaren tai korotusruuvin avulla. Sivusuuntaus taas vastaavasti alalavetissa olevan hammaskaaren tai siirtoruuvien avulla.

Tykeissä, joissa on laaja sivusuuntausala tai joissa putki käännetään ajon ajaksi lavettihaarojen päälle, on irrotuskytkimellä varustettu sivusuuntauskoneisto. Kytkimen asentoa vaihtamalla voidaan putkea kääntää sivusuunnassa joko käsipyörällä tai käsin työntämällä (esimerkiksi 155 K 83). Tykin hinauksen suuntauskoneistoille aiheuttamien rasitusten välttämiseksi kehto ja/tai putki lukitaan kuljetuksen ajaksi tiukasti lavettihaaroihin tai ylä- ja alalavettiin.

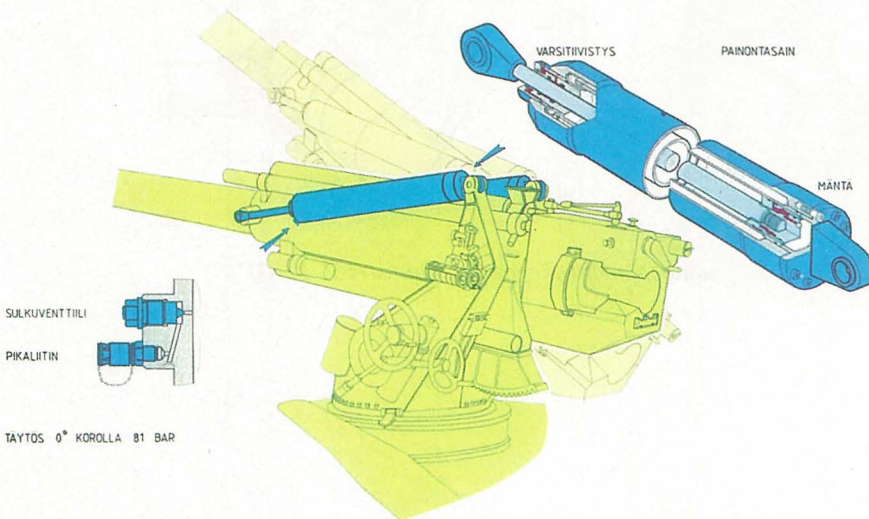
Korkeussuuntauskoneiston käsipyöran liike välittyy hammaspyörien välityksellä kehtoon kiinnitettyyn hammaskaareen, joka puolestaan kääntää kannatintapeilla ylälavettiin laakeroitua kehto-putki yhdistelmää. Sivusuuntauskoneiston käsipyöran liike välittyy hammaspyörien välityksellä alalavettiin kiinnitettyyn hammaskaareen ja kääntää ylälavettia ala-lavetin suhteen. **Kuva 140.**



Kuva 140 155 K 83 suuntauskoneistot

Kilven tehtävänä on suojata tykkimiehistöä putken suupainen vaikutuksilta sekä käsiaseiden luodeilta ja ammuksien sirpaleilta. Kilpi valmistetaan kovasta seosteräksestä.

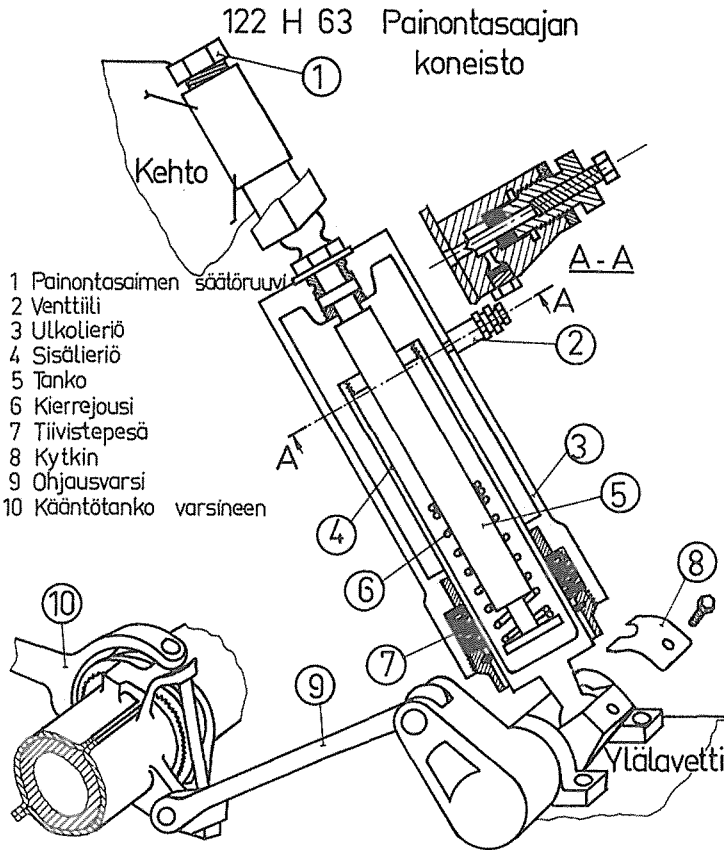
Painontasaimen tehtävänä on tasapainottaa putken massan korkeussuuntauskoneistolle aiheuttama painovoima niin, että korkeussuuntauskäsipyörästä kierrettäessä vääntövoima on likimain samansuuruinen korotuksesta ja kiertosuunnasta riippumatta. Painontasaimet jaetaan toimintaperiaatteen mukaan vetäviin ja työntäviin. Rakenteeltaan ne ovat jousi- tai kaasupaine toimisia. Kaasuna käytetään yleisesti typpeä. Syynä on sen vähäinen reagointi muiden aineiden kanssa ja tätä kautta hyvä korroosiokestävyys. Niitä on yksi tai kaksi kappaletta. **Kuvat 141 ja 142a.**



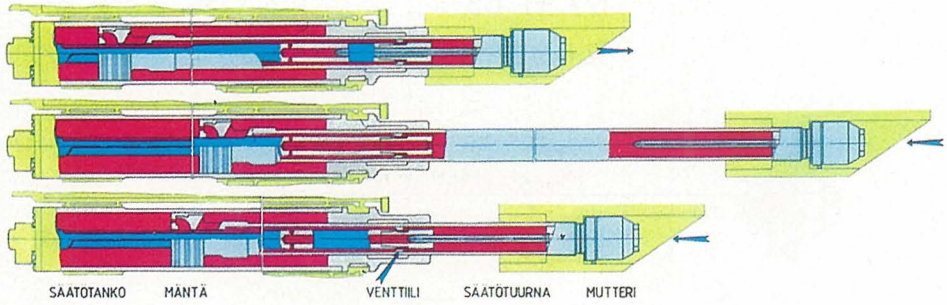
Kuva 141 Työntävän painontasaimen rakenne (122 H 63)

Joustolaitteeseen kuuluu hidastin perääntymispituuden säätölaitteineen ja palautin. Joissakin tapauksissa tarvitaan hidastimeen erillinen paisuntasäiliö.

Hidastimen tehtävänä on jarruttaa ja pysäyttää peräytyvien osien rekyyliliike sekä säätää paluuliike sopivan nopeaksi. Hidastin on nestetäytteinen sylinteri, jonka osissa on virtausuria ja -aukkoja. Kun neste virtaa aukkojen ja urien kautta, se hidastaa putken liikettä. Hidastimen tehtävä laukaustapahtumassa on hyvin tärkeä. Virtausaukkojen on oltava niin muotoiltuja, että rekyyli- ja paluuliikkeen aikana tykki käyttäytyy juohevasti. Liian rajut liikkeet rasittavat tykkiä. **Kuva 142a**



Kuva 142a Vetävän painontasaimen rakenne ja sijoitus (155 K 83)



Kuva 142b Nestehidastimen rakenne- ja toimintaperiaate

Hidastimen säätölaitteella muutetaan virtauksen suuruutta korotuskulman funktiona. Säätötangossa olevat virtausaukot pienenevät, kun korotusta lisätään. Tällä tavoin lyhennetään rekyylipituutta, jotta putki ei iskisi maahan.

Hidastimen paisuntasäiliö ottaa vastaan hidastimesta lämpölaajentuneen joustonesteeseen. Jousikuormitteinen mäntä palauttaa nesteen takaisin hidastimeen laitteen jäähtyessä.

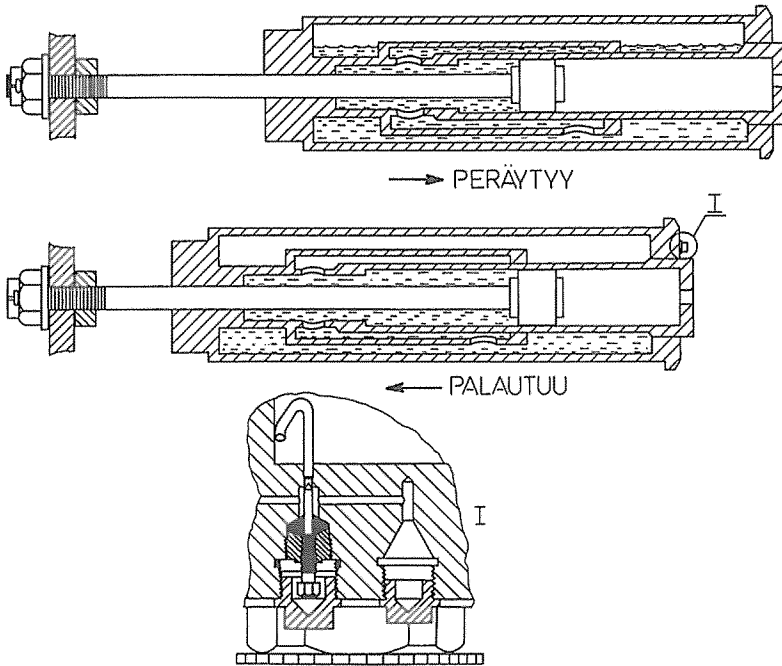
Laukaustapahtuman kokonaisenergia saadaan impulssin yhtälöstä (23).

Yhtälö (23)
$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

Voima aseeseen on sama, kuin voima ammukseseen ja puoleen ruudin massasta. Kokonaisvoima kumoutuu joustolaitteiden, suuhidastimen, rekyylimassan ja kitkavoimien avulla. Suuhidastin ottaa kokonaisenergiasta 20—55 % riippuen suuhidastimen muodosta ja koosta. Esimerkiksi 155 K 83:n lautasmallisen suuhidastimen osuus on noin 35 %. Hidastimen osuus on 40—70 %, palauttimen osuus 5—10 %, peräytyvän rekyylimassan osuus ja kitkavoimien osuus < 5 %.

Palautin palauttaa putken rekyylivaiheen jälkeen alkuasentoonsa, osallistuu rekyylivoiman kumoamiseen sekä pitää putken edessä laukaustapahtumaan saakka kaikilla korotuksilla. Palauttimet voivat olla rakenteeltaan jousi-, kaasui- tai kaasunestepalauttimia. **Kuva 143.**

122 H 63
PALAUTIN



Kuva 143 Palauttimen rakenne (122 H 63)

Alalavettiin kiinnittyvät lavettihaarat, ylälavetti, ajolaitteet ja mahdolliset nosturit. Tykkinosturin tehtävä on toimia tykin ammutatukena sekä helpottaa tykin ammunta- ja ajokuntoon laittamista (esimerkiksi 155 K 83). Lavettinostureiden avulla tykki voidaan nostaa vetäjän perään ja pois sekä auttaa kannuskiilojen irrottamista maasta. Nosturi voi olla pelkästään apuvälineenä laitettaessa tykkiä ampuma- ja ajokuntoon. Nosturit ovat joko mekaanisia tai hydraulisia — käsin tai koneellisesti toimivia. **Kuva 144.** Suurimassa osassa kenttälavettisia kenttätykkejä ase on kuitenkin ajolaitteen pyörien varassa ammunnan aikana.



Kuva 144 *Maalevyn varaan nostettu kenttätykki (152 H 55)*

Lavettirakenteet jaotellaan tykin alustan mukaisesti

- kenttälavetisiin ja
- telalavetisiin.

Kenttälavettisessa tykissä ajolaite on varustettu pyörillä ja tykkiä siirretään joko hinaamalla tai omalla moottorilla ajamalla. Telalavettisessa tykissä ase on sijoitettu moottoroidulle tela-alustalle.

Kenttälavettiset tykit jaetaan haara- ja ristilavetisiin tykkeihin. Haaralavettisessa tykissä on kaksi lavettihaaraa, jotka ovat ajon aikana kytketty yhteen ja ammunnessa levitettyinä. Ristilavetissa on kolme tai neljä käännettävää lavettihaaraa. Ristilavettisten tykkien suuntausalue on 360° ja haaralavettisten tykkien suuntausalueen maksimi on 90°.

Lavettihaarojen tehtävänä on tukea ampumatoiminnassa tykki maahan.

Ajolaitteet kiinnittyvät lavettihaaroihin, ylälavettiin tai alalavettiin. Ne voivat olla yksiakselisia tai telirakenteita. Ajojousituksina käytetään lehti-, kierre-, sauva- tai lautasjousia tai joissain teliratkaisussa pelkästään vapaavarsitelin jousto-ominaisuuksia. Tykin hinausnopeus määräytyy jarrujen, renkaiden ja jousituksen ominaisuuksien mukaan ja vaihtelee 40 km/h—80 km/h välillä.

Tykin renkaiden rakenteissa pyritään siihen, että ne kestäisivät kevytase- ja sirpalevaiikutukset. Aikaisemmin ovat olleet yleisimpinä erilaiset solukumitäytteet, joiden huono-

na puolena on niiden suuri paino (tiheys noin 1.0 kg/m^3) ja voimakas lämpeneminen ajossa. Nykyään käytetään yleisesti länsimaista Hutchinson-täytettä. Se on kevyt, 60—80 kg painava typpikennosolukoilla kevennetty renkaan sisus, joka on levypyörän päällä renkaan sisällä. Se mahdollistaa renkaan rikkouduttua vielä usean kymmenen kilometrin ajon 30—40 km/h nopeudella.

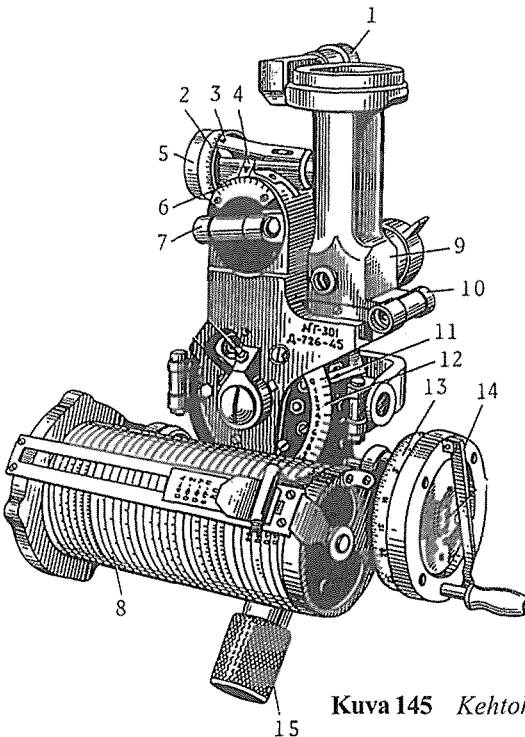
Tykki saadaan ampumatoiminnassa alemmaksi nostamalla tykin pyörät ylös (esimerkiksi 152 H 55) tai taittamalla teli ylös (esimerkiksi 155 K 83). Vastaavasti ajon aikana tarvitaan korkeaa maavaraa, jolloin pyörät tai teli ovat ala-asennossa.

Tykki kiinnitetään vetäjään joko putkessa tai lavettihaarojen päissä olevalla vetoaisalla tai **edeltäjän** avulla. Edeltäjää tarvitaan, jos vetäjän vetokoukkuun kohdistuva aisapaino tulee liian suureksi (esimerkiksi 130 K 54). Varsinaisena kiinnitysosana on vetosilmukka. Raskaissa tykeissä on oltava jarrut, jotka ovat 2-piirijärjestelmäiset paineilma-jarrut.

Tulitoiminnassa tykki tukeutuu maahan **kannuslevyillä**, jotka ovat joko irrallisina varusteina tai kiinteästi lavettihaaroissa. Kannuslevyt voivat olla lapiomallisia maahan upotettavia tai tasapohjaisia, jotka kiinnitetään maahan **maakiilojen** avulla.

Suuntainlaitteisiin kuuluu suuntain, kiertokaukoputki, tähtäyskaukoputki, varatähtäin ja kiinnityspistelaitteet sekä asteikkovalaisimet.

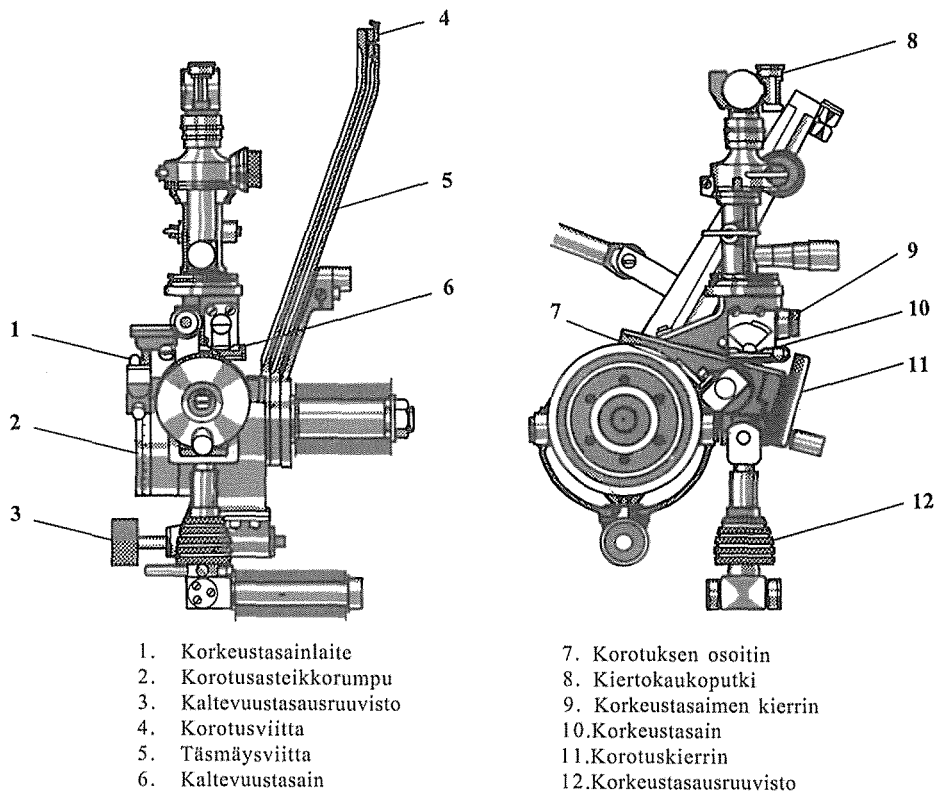
Suuntaimia on toimintaperiaatteiltaan kaksi; kehto- eli korotuksesta riippuva suuntain ja lavetti- eli korotuksesta riippumaton suuntain. **Kuvat 145 ja 146.**



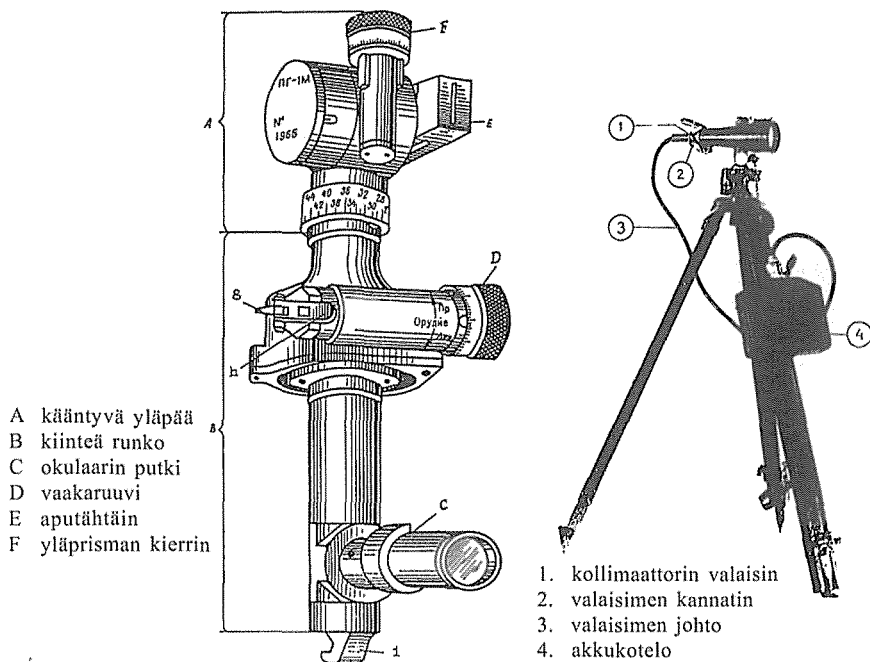
Putki suunnataan korkeussuuntauskoneistolla suuntaimelle asetetun korotuslukeman mukaiseksi. Kiertokaukoputkelle asetettu tykin sivusuunta kiinnitetään kiinnityspistelaitteeseen kääntämällä putkea sivusuuntauskoneistolla. Suora-ammunnassa tykki suunnataan maaliin tähtäyskaukoputken tai kiertokaukoputken avulla. **Kuva 147.**

1. Kiertokaukoputken kiristysruuvi
2. Korkeustasaimen asteikkorengas
3. 4., 11. Lukemamerkki
5. Korkeustasaimen kiinnitys
6. 12. 100v asteikko
7. Korkeustasain
8. Matkarumpu
9. Kiertokaukoputken istukka
10. Kaltevuustasain
13. Korotusasteikkorengas
14. Korotuskierrin
15. Kaltevuuskierrin

Kuva 145 Kehtokantainen suuntain (122 H 63)



Kuva 146 Lavettikantainen suuntain (152 H 88-40)



Kuva 147 Kiertokaukoputki ja kiinnityspistelaite (kollimaattori)

C RANNIKKOTYKIT

Rannikkotykit ovat joko kiinteästi tuliasemaan asennettuja tai vedettäviä. Kiinteät rannikkotykit on asennettu kallioon louhittuun tilaan, joka on katettu teräskuvulla. Tornitykin pääosat ovat

- torni
- putki laitteineen
- kehto joustolaitteineen
- suuntauskoneisto
- lataus- ja juontokoneisto
- lämpösuojat.

Tornitykin tyyppi ilmaistaan seuraavasti: **130 53 TK**. Lyhenteessä 130 on kaliiperi (mm), 53 on putken pituus kaliipereina (53 x 130 mm eli 6890 mm) TK on tornikanuuna.

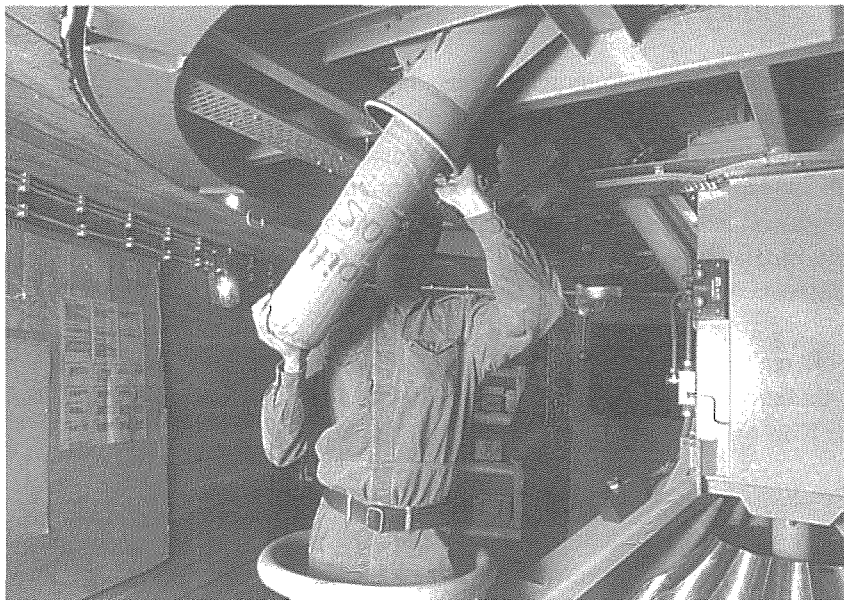


Kuva 148 *130 53 TK*

Kenttätykkien ja liikkuvien rannikkotykkien erot ovat

- kenttä- ja rannikkotykkien panosjärjestelmä on sama, mutta rannikkotykkistö käyttää ensisijaisesti täyspanoksia, koska tavoitteena on mahdollisimman laaka, suuren pyyhkäisyn omaava lentorata
- rannikkotykkien kiertokaukoputki mahdollistaa liikkuvan maalin ammunnan
- rannikkotykyissä on parannettu suuntaajan mahdollisuutta laukaista tykki suoraammunnassa sekä
- sivu- ja korkeussuuntauskoneistojen käyttö on jaettu kahdelle miehelle.

Tornitykit voivat toimia **kauko-, sähkö- tai käsiohjauksella**. Lataus- ja juontojärjestelmä on yleensä puoliautomaattinen. 130 53 TK:lla lataus- ja juontolaite vie kranaatin putkeen saakka automaattisesti. Kranaatit nostetaan ammusvarastossa ammusradalle ja edelleen tornin alaosassa olevaan ammuskaruselliin. Samoin panos nostetaan luukusta panoslataajalle, joka asettaa sen panoskammioon, kiinnittää iskulukkonallin nallilukkoon ja sulkee lukon.



Kuva 149 130 53 TK:n panostaja asettamassa panosta panoskammioon

Latausjärjestelmä toimii paineilmalla. Tykissä on **laser-etäisyysmittari ja lämpökamera** suora-ammuntaa varten. Tornin alaosassa säilytetään ampumatarvikkeita, tykin varusteita ja siellä on tilat myös tykin miehistölle.

Torni on valmistettu vahvasta erikoisteräksestä, joka suojaa miehistöä luoteja ja sirpaleita vastaan. Torni on laakeroitu kuulakehään ja sitä voidaan rajoituksetta pyörittää kumpaankin suuntaan. Torniin on kiinnitetty muun muassa laser-etäisyysmittari ja lämpökamera sekä useimmat ammunnanvalvontalaitteet.

Varsinaiseen **aseeseen** kuuluvat putki ja peräkappale, kehto (johon kuuluvat hidastin, palautin ja painontasain), torni (eli ylälavetti), lataus- ja juontolaitteet sekä suuntausjärjestelmä.

130 53 TK:n peräkappale sulkujärjestelmineen on samanlainen kuin 155 K 83:ssa. 100 56 TK:n tykki on samanlainen kuin T 55 M taistelupanssarivaunussa. Suurimmat erot aiheutuvat erilaisista latauslaitteista.

130 53 TK:n juontolaitteisto tuo kranaatin kerrallaan lataussillalle ja latauslaite työntää sen ylimenokartioon. Panos työnnetään panoskammioon käsin. 100 56 TK:n patruunalaucus ladataan käsin.

Sähköiset rajakytkimet ohjaavat kranaatin, latasimen ja lukon asemaa ja sijaintia juontojärjestelmässä sekä estävät väärät toiminnot ja tykin laukaisemisen, mikäli siitä aiheutuu vaaratilanne.

Tornitykin putkeen kuuluu olennaisena osana savunpoistin. Sen periaatteena on putken ympärillä oleva lieriö, joka on putkeen yhteydessä etu- ja takapäästään. Kun kranaatti ohittaa takapään reiät, pääsee ruutikaasujen paine lieriöön. Takapään reiät sijaitsevat putken yläpuolella ja ne ovat varustetut hauleilla, jotka toimivat takaiskuventtiilien tavoin. Kun kranaatti on poistunut putkesta, pääsee paine savunpoistimesta pois ainoastaan etummaisten reikien kautta ja saa aikaan putkeen alipaineen, joka vetää ruutikaasut putkesta ulospäin.

130 53 TK:ssa ei ole korotuksen mukaan säätävää perääntymispituuden säätölaitetta. Tornikanuunan perääntymispituus täyspanoksella 250v korolla on perussäädössä noin 940 mm. Korotuksen kasvaessa luisu pitenee aina noin 1000 mm saakka

Varsinaisen suuntauskoneiston tärkeimpänä osana on sähkömoottorin pyörittämä planeettavaihteisto, jolla suuntausnopeutta voidaan säätää portaattomasti. Jos tykki ei ole kaukosuuntauksessa, sitä voidaan suunnata käsiohjauksella sähköisesti. Viimeisenä vaihtoehtona on perinteinen suuntaus käsipyörien avulla. Suuntauksen apuvälineet ovat laserilla varustettu tähtäysperiskooppi ja lisäksi laser-etäisyysmittari sekä lämpökamera.

130 53 TK:n pääsuuntaustapa on **automaattinen kaukosuuntaus**, jossa tykki suuntautuu automaattisesti **patterilaskimen** ohjaamana. Patterilaskin voi saada tiedot esimerkiksi tutkalta, tulenjohtoaseman laser-etäisyydenmittarilta, Kotka-järjestelmältä tai ulkoisilta meritulenjohtoasemilta. Tykin prosessori ottaa oman tunnuksensa mukaisen patterilaskimen sanoman vastaan ja välittää sen edelleen suuntauslaitteille ja vertaa tykin tilaa sanoman ohjearvoihin.

Käsin sähköisillä hallintalaitteilla suunnattaessa ohjearvot saadaan patterilaskimelta. Suuntaajat muuttavat sivua ja korotusta oman näyttönsä ja oman suuntauslaitteensa avulla.

Kolmas suuntausmahdollisuus on **käsipyöräsuuntaus**. Arvot saadaan tässäkin tapauksessa patterilaskimelta ja suuntaajat muuttavat sivua ja korotusta valoristikkojen avulla.

Suuntaamisessa voidaan valita ja käyttää myös edellisten yhdistelmiä.

Käsiohjauksella tarkoitetaan tykkikohtaista suora-ammuntaa, jossa jokainen tykki toimii omana tuliyksikkönään. Sivusuuntaaja (yleensä tykinjohtaja) seuraa maalia lasermit-

tarilla varustetun tähtäysperiskoopin läpi suunnaten tykkiä niin, että maali pysyy ristikossa. Sivusuuntaaja tekee niin sanottuja osoitusmittauksia noin 2—4 sekunnin välein. Mittaustulokset välittyvät tykkilaskimelle. Samalla kun laserilla mitataan etäisyyttä maaliin, jokaisella mittauksella ilmestyy näyttöön mittaushetken suunta-arvo. Kun näitä osoitusmittauksia on riittävästi, esimerkiksi seitsemän kappaletta, tykkilaskin siirtyy tulimittaukseen ohjaten tykkiä. Korotus säätyy automaattisesti. Puhesyntetisaattori ilmoittaa sivulukeman (ennakon), jonka sivusuuntaaja tai apusuuntaaja asettaa periskoppiin.

Kuulakehä käsittää tukirakenteet, jotka kantavat tornia, ampumatasoa ja juontojärjestelmää, tietokonejärjestelmän sekä varusteet.

Lämpösuojien tehtävänä on helpottaa tykkien maastouttamista, estää tutkaheijastusta sekä estää kondessiveden muodostusta panssarikuvun alle.

D PANSsarOIDUT AJONEUVO- JA TELA-ALUSTAISET TYKIT, KRANAATINHEITTIMET JA RAKETINHEITTIMET

1 YLEISTÄ

Kenttätykistön ja eräissä maissa myös rannikkotykistön käytössä on pyörä- tai telalustalle rakennettuja raketinheitimiä ja kranaatinheitimiä sekä ajoneuvotykkeitä ja telatykkeitä. Ne jaetaan

- ase- ja sen ampumaominaisuuksien mukaan raketinheitimiin, kranaatinheitimiin, haupitseihin ja kanuunoihin
- alustan kannatinlaitteiden mukaan ajoneuvotykkeihin (pyörillä) ja telatykkeihin (teloilla) tai
- alustan rakenteen ja miehistön sijoituksen mukaan avoimiin tai suljettuihin (panssari-) tyyppeihin.

Suljetussa telatykissä, **panssarihaupitsissa** tai **panssarikanuunassa**, miehistö on tulitoiminnan aikana panssarin suojassa. Avoimessa telatykissä, **telahaupitsissa** tai **telakanuunassa**, miehistö toimii, osittain, vaunun ulkopuolella ilman tornin tai alustan antamaa panssarisuojaa. Telatykkien alustana on ohuehkösti panssaroitu kuljetuspanssarivaunun alusta tai raskaampi taistelupanssarivaunua muistuttava, mutta kevyemmin panssaroitu alusta. Telatykkien taktinen liikkuvuus on hyvä. Operatiivinen liikkuvuus ei ole yhtä hyvä johtuen alhaisemmasta tienopeudesta, mutta se vastaa yleensä panssaroitun yhtymän muun kaluston suorituskykyä. Eräissä maissa telatykkijärjestelmään kuuluu myös ampumatarvikkeiden kuljettamiseen ja telatykin lataamiseen tarkoitettu kuljetuspanssarivaunu.

Ajoneuvotykkiä, **ajoneuvohaupitsin** ja **ajoneuvokanuunan**, alustana on raskaan kuorma-auton tai työkoneen modifioitu alusta, joka voi olla osin tai kokonaan panssaroitu. Ajoneuvoalustan päällä on panssarihaupitsin tai -kanuunan torni tai pelkkä tykin ylälavetti ja siihen liittyvät osat. Ajoneuvotykkiä operatiivinen liikkuvuus on parempi kuin telatykeillä, mutta maastoliikkuvuus on vastaavasti heikompi.

Kranaatinheittimellä varustetut panssaroidut ajoneuvot ovat **kranaatinheitinpanssariajoneuvoja** tai **-vaunuja**. Niiden rakenne voi olla avoin tai suljettu. Kranaatinheittimet ovat yleensä perästä ladattavia. Raketinheittimellä varustetut panssaroidut telajoneuvot ovat raketinheitinpanssarivaunuja. **Raketinheitinpanssarivaunuihin** luetetaan kuuluvaksi myös tykistöörakettien laukaisualustat.

Jatkossa käytetään panssarihaupitseista ja -kanuunoista sekä telahaupitsista ja -kanuunoista yleisnimitystä telatykki, ellei erikseen haluta korostaa jonkin alalajin erityisominaisuuksia.

2 OMINAISUUDET JA YLEISRAKENNE

Telatykkien kehityksen tarkoituksena on ollut parantaa tykistön **tulenaloitusnopeutta, tulinopeutta, liikkuvuutta ja suojaa**. Järjestelmään kuuluvat ase, liikuttamiseen tarvittava alusta, tilat ja käsittelylaitteet ampumatarvikkeille, paikantamislaitte, viestivälineet ja mahdollisesti myös laskin tai tykkipääte.

Telatykki kykenee itsenäisenä asejärjestelmänä

- liikkumaan miehistönsä ja ampumatarvikkeiden kanssa toimintavalmiina tiellä ja maastossa
- määrittämään tuliasemansa koordinaatit ja pohjoissuunnan
- ottamaan vastaan ampuma-arvoja tai tulikomentoja ja muokkaamaan ne itselleen ampuma-arvoiksi ja
- ampumaan nopeassa rytmissä tarkkaa tulta.

Telatykeissä on **latausautomaatti** tai **latauslaite**, joiden avulla tulinopeutta voidaan nostaa. Telatykeillä voidaan ampua yhdestä tuliasemasta useita laukauksia lyhyessä ajassa (2—3 ls/10 s tai 4—8 ls/min). Automatiikan lisääntymisen myötä telatykkien **ammunnanhallinta- ja suuntausjärjestelmät** mahdollistavat useamman kranaatin ampumisen samaan maaliin samalla tuloajalla. Tulinopeuden nostamisen edellytyksenä on telatykeissä mukana kuljetettavat ampumatarvikkeet ja latauslaite tai -automaatti ja siihen liittyvä **muistilaitte**. Se rekisteröi telineissä olevat eri ammus- ja panoslajit mahdollistaen automaattisen latauksen valitulla yhdistelmällä. Tarvittaessa voidaan telatykillä ampua siten, että käytetään maasta **syöttölaitteen** avulla telatykin sisälle syötettyjä ampumatarvikkeita.

Telatykki vaihtaa yleensä tulitehtävän jälkeen tuliasemaa. **Paikantamislaitte** mahdollistaa teknisesti tulitoiminnan mistä tahansa paikasta ja siirtymisen seuraavaan tuliasemaan. Tehokkaan ja hajautetun toiminnan edellytyksenä on tulipatterin sisäisten puhe- ja dataviestiyhteyksien järjestäminen salattuna radioliikenteenä. Tykkikohtainen **laskin** mahdollistaa ampuma-arvojen itsenäisen laskemisen kussakin telatykissä, jolloin ei sitouduta ampuma-arvojen keskitettyyn laskemiseen ja viestitykseen.

Telalavetin hyvä **maastoliikkuvuus** mahdollistaa tuliasemien valinnan lähes maastosta riippumatta. Se poistaa ainakin osin tarpeen tuliasemien valmisteluun ja auraukseen lumiolosuhteissa ja mahdollistaa nopean tuliasemien vaihdon.

Suljettujen tela- ja ajoneuvotykkien **taistelunkestävyys** on parempi kuin avointen. Panssari antaa suojan laitteille, ampumatarvikkeille ja miehistölle säätä, taisteluaineita, ydinräjähdysen paineaaltoa ja säteilyvaikutusta sekä rajallisesti vihollisen tulta vastaan. Suljettu rakenne edellyttää tehokasta ilmanvaihtoa taistelutilassa.

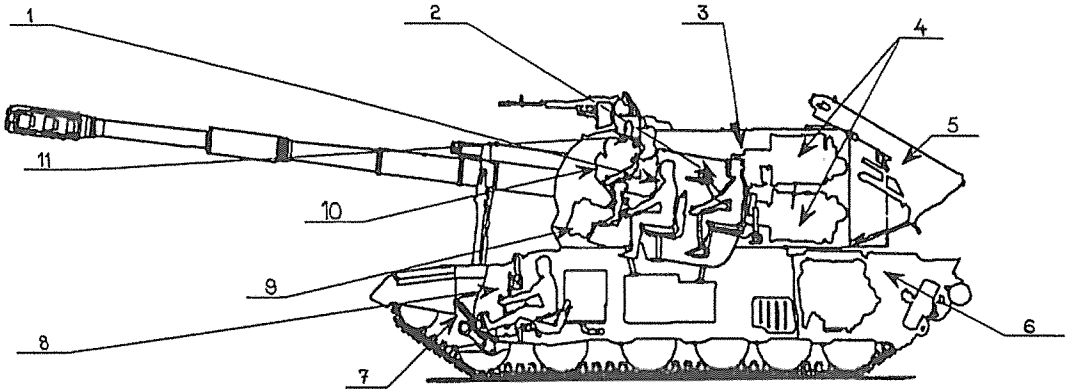
3 RAKENNE

a Yleistä

Telatykin rakennetta käsitellään lyhyesti vain tykin ja tornin osalta huomioiden poikkeamat ja erikoispiirteet vedettävään tykkiin ja panssarivaunuun nähden, joita sen rakenne monissa kohdin vastaa. Alustana olevan panssaroidun tela-ajoneuvon rakennetta koskevat piirteet on esitelty kohdassa F Panssarikalusto.

Suljettua rakennetta olevassa telatykissä erotetaan pääosina **torni** ja **alusta**. Torni ja osa alustaa muodostavat **taistelutilan**, jonka lisäksi alustassa ovat **ajajantila** ja **moottoritila** sekä toisinaan erillinen **voimansiirto-** tai **vaihteistotila**. **Kuva 150**.

Panssarihaupitsin miehistöstä ampuja ja lataaja istuvat tornissa tykin vasemmalla puolella, johtaja ja lataaja sen oikealla puolella sekä ajaja alustan etuosassa.



1 ampuja, 2 lataaja (kartussit), 3 lataaja (kranaatit), 4 ampumarviketelineet, 5 kranaattien syöttölaite maasta tapahtuvaa latausta tai täyttöä varten, 6 moottoritila, 7 hydraulinen iskunvaimennin, 8 ajaja, 9 sivusuuntauskoneisto, 10 suuntainlaite, 11 johtaja.

Kuva 150 Panssarihaupitsin yleisrakenne

b Tornii

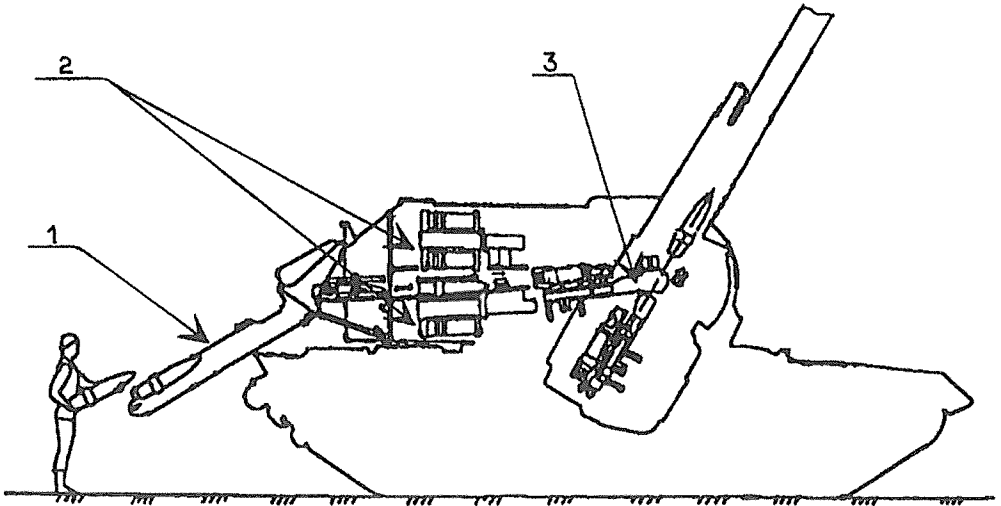
Ase on asennettu panssarihaupitseissa ja -kanuunoissa alustan päälle pyörivään **torniin**, joka mahdollistaa ammunnan kaikkiin suuntiin alustaa kääntämättä. Telahaupitsissa tai -kanuunassa ei ole tornia. Niissä alustan päälle on asennettu vedettävän tykin kaltaisen tykin ylälavetti ja muut sen yläpuoliset osat. Telahaupitsissa ja -kanuunassa sivusuuntaussektori on noin 30°. Sivusuuntaus tämän sektorin ulkopuolelle tapahtuu alustaa kääntämällä.

Tornissa on paikat vaunun (tykin) johtajalle ja ampujalle (suuntaaja) sekä lataajalle (ammusmiehelle). Torni on panssariteräslevystä hitsattu rakenne, joka muodostaa kiinnitysalustan aseelle, ammunnanhallintajärjestelmälle ja oheislaitteille. Tornin etuosassa on aukko, johon tykki on asennettu.

Ampumarvikkeiden sijoittaminen torniin mahdollistaa ammunnan mihin tahansa suuntaan, koska lataus voi tapahtua alustaan nähden mielivaltaisessa kulmassa. Tämä sijoittelu mahdollistaa myös latauslaitteen tai latausautomaatin hyödyntämisen.

Torni pyörii rungon päällä **kuulakehällä**. Kuulakehä on kuula- tai rullalaakeri, jonka toinen puoli on kiinni tornissa ja toinen rungossa. Toiseen puoliskoon on jyrskitty hammastus sivusuuntausta varten. Hammaspyöräparin toinen puolisko on **sivusuuntauskoneistossa**, joka on sähkö- tai hydraulikäyttöinen hammas- ja kierukkapyörävaihde. Varamenetelmänä on käsipyörä, josta tornia voidaan suunnata käsin. Tornin tahattoman pyörimisen estämiseksi ja sen lukitsemiseksi paikoilleen se lukitaan joko runkoon tai kuulakehään ajosalvalla. Vaihtoehtoisena ratkaisuna tornin paikallaan pysymiselle sivusuunnassa on kiinnittää torni putkesta alustaan putken ajotuen avulla.

Panssarihaupitsin ja -kanuunan rajallisen sisätilan vuoksi ja painavien ampumatarvikkeiden käsittelyn helpottamiseksi on ne varustettu **latauslaitteella**. Latausautomaatin päätehtävänä on avustaa lataajaa ampumatarvikkeen käsittelyssä tekemällä koko latausvaihe koneellisesti lataajan käyttämänä tai valvonnassa. Latauslaite vaatii jossakin latauksen vaiheissa lataajalta ammuksien tai kartussien manuaalista käsittelyä. Telakanuunassa on kuljetin, joka tuo ampumatarvikkeen varastopaikasta lataajan ulottuville käsin lataukseen siirtoa varten. Latauslaite on yleisimmin käytössä. **Kuva 152.**



Kuva 151 Panssarihaupitsin latauslaitteen toimintaperiaate

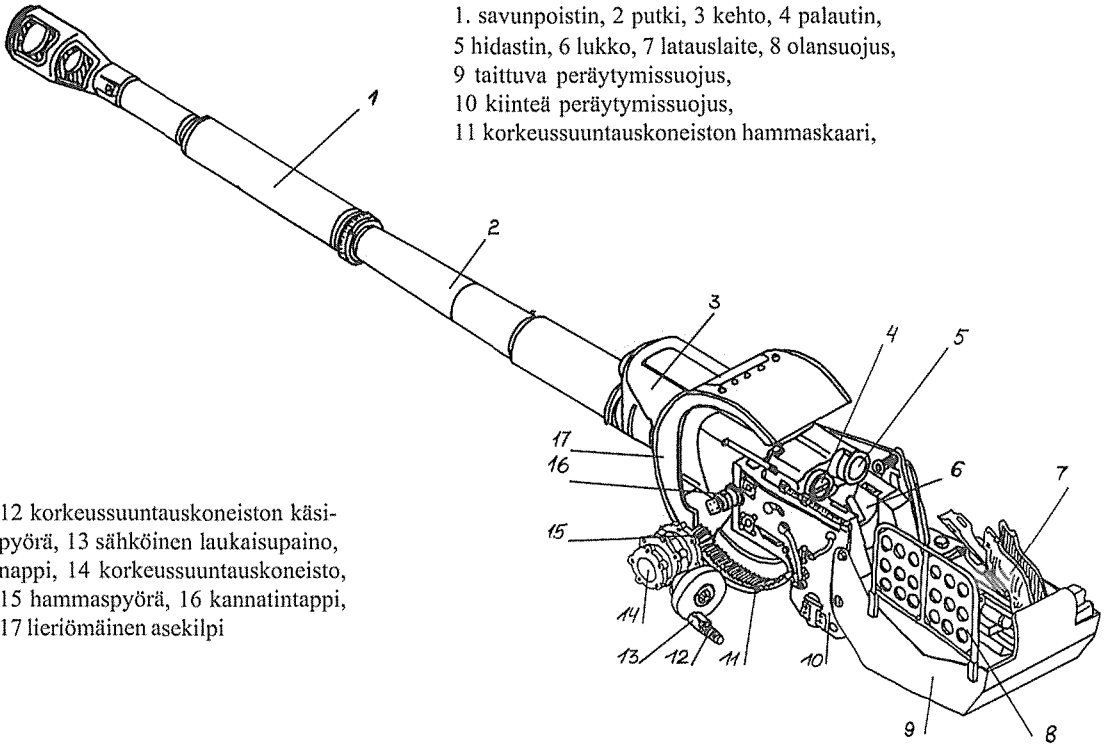
Kuvassa 151 kranaatit syötetään maasta syöttölaitteella (1) ampumatarviketelineiden (2) pyörivään kranaattikuljettimeen. Kartussit syötetään tornin vasemmassa takanurkassa olevasta aukosta erillisellä syöttölaitteella. Ampumatarviketeline, joita on 2 kpl, koostuu keskellä kiinteästi olevista kartussipitimistä ja niitä kiertävästä pyörivästä kranaattikuljettimesta. Tykin oikealla puolella liikkuu latausvarsi (3), josta kranaatti työnny peräkappaleen ympärillä olevaan koteloituun tilaan alempaan latauskouruun ja tästä edelleen putkeen. Lataus on mahdollista millä tahansa korotuskulmalla johtuen erillisestä latausvarresta. Kartussi työnnetään ylempään latauskouruun kotelon yläpinnassa olevasta luukusta, josta ketjulatasin työntää sen putkeen.

Latauslaitteen rakenne ja toiminta mahdollistavat ennen latausta ampumatarvikkeelle tehtävien syyttimen ja panoksen asettamisen.

c Ase

Telatykin ase on rihlattu **haupitsi** tai **kanuuna**. Aseen rekyyliamatkaa on lyhennetty panssarihaupitsissa ja -kanuunassa pienen sisätilan vuoksi. **Kuva 152.**

Suljetulla taistelutilalla varustettujen ajoneuvo- tai telatykkien aseessa on aina **savunpoistin** ruutikaasujen sisäänvientiä estämiseksi. Tulitoiminnan aikana tornin **painetuuletin** on toiminnassa puhaltaen puhdistettua raitista ilmaa taistelutilaan, joka edesauttaa savunpoistimen toimintaa ja viilentää ilmaa. Savunpoistimen toimintaperiaate on esitetty kohdassa B Kenttätykit, kuva 150, sivu xx) Ruutikaasujen hylsyn ohivirtaus on estetty uritetulla hylsyrakenteella.



12 korkeussuuntauskoneiston käsi-
pyörä, 13 sähköinen laukaisupaino,
nappi, 14 korkeussuuntauskoneisto,
15 hammaspyörä, 16 kannatintappi,
17 lieriömäinen asekiipi

1. savunpoistin, 2 putki, 3 kehto, 4 palautin,
5 hidastin, 6 lukko, 7 latauslaite, 8 olansuojus,
9 taittuva perätyymissuojus,
10 kiinteä perätyymissuojus,
11 korkeussuuntauskoneiston hammaskaari,

Kuva 152 Panzarhaupitsin aseeseen yleiskuva

Tykissä on **puoliautomaattinen kiilalukko**. Siinä on yleensä sähkökäyttöinen mekaaninen iskukoneisto. Varamenetelmänä on mekaaninen laukaisumahdollisuus.

Putki on asennettu kehtoon, jossa yleisimmin on lieriömäisesti asennetut luisupalat, joiden varassa putki liikkuu vaipan tai varsinaisen tuliputken lieriömäisellä osalla. Kehto on asennettu kannatintappiensa ja laakeriensa varassa tornin aukkoon. Kehdon takaosassa on **perätyymissuojus**, joka estää tornimiehistöä joutumasta perätyymislinjalle, ja mahdollisesti myös **olansuojus**. Kehdon takaosaan on kiinnitetty myös latauslaitteen osia.

Kehtoon on kiinnitetty korkeussuuntaushammaskaari, jolla torniin kiinnitetyn sähkö- ja käsikäyttöisen **korkeussuuntauskoneiston** käyttöhammaspyörä liikuttaa kehtoa (putkea). Korkeussuuntauskoneisto on hammas- ja kierukkapyörävaihe. Sekä korkeus- että sivusuuntauskoneistoissa on kitkakytkimet, jotka luistavat estäen putken ja suuntauskoneistojen vaurioitumisen putken kohdatessa esteen. Korkeussuuntauksen mahdol-

listamiseksi kaikilla korotuskulmilla on kehdon ja tornin kiinteän osan välissä **painotasain**. Marssien aikana korkeussuuntauskoneistoon tulevien rasituksien pienentämiseksi putki lukitaan **ajotuella** runkoon.

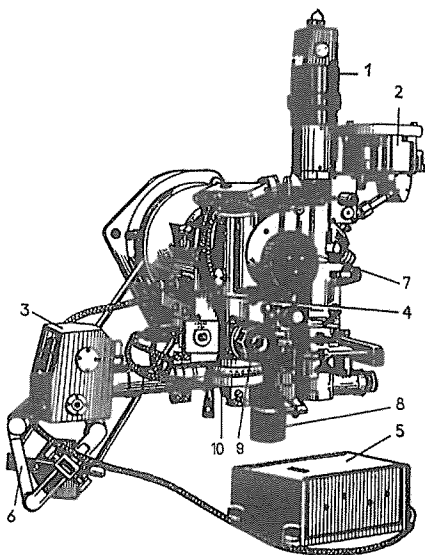
Peräkappaleeseen ja kehtoon kiinnittyvä **joustolaite** on rakenteeltaan perinteinen koostuen nestehidastimesta ja kaasunestepalauttimesta. Rajoitetun sisätilan johdosta on peräytymismatka vain 500—800 mm.

d Ammunnanhallintajärjestelmä

Ammunnanhallintajärjestelmällä määritetään ampuma-arvot ja suunnataan tykki. Tuli-toiminnan mahdollistamiseksi telatykissä on suuntaamislaitteet sivusuunnan kiinnitystä, ampuma-arvojen asettamista, tuliaseman kaltevuuden kompensointia ja tykin suuntaamista varten. Suora-ammuntaa varten on lisäksi laitteet maalin tähyttämistä, tähtäämistä ja ampuma-arvojen asettamista varten. Edellä mainitut laitteet sekä ohjelmistot ampuma-arvojen laskemista ja automaattista suuntaamista varten muodostavat **ammunnan-hallintajärjestelmän**. Se muodostuu optisista laitteista, suuntaimesta, suuntauslaitteesta (-kahvasta) ja -koneistoista sekä laskimesta.

Laskimella varustettu ammunnanhallintajärjestelmä ottaa huomioon ampuma-arvojen määrittämisessä laskimelle etukäteen syötettynä ampumataulukotiedot.

Telatykin suunta määritetään joko paikantamislaitteen pohjoishyrrän avulla tai erillisin mittalaittein. Vanhoissa telatykeissä sivusuunta kiinnitetään **kollimaattoriin** tai **kiinnityspistelaattaan** telatykin **kiertokaukoputkella**. Kiertokaukoputkea varten telatykin tornin katossa on aukko. Tykin korkeussuuntausarvot asetetaan **suuntaimeen**. Suora-ammunnassa tähtäminen maaliin tapahtuu **tähtäyskaukoputkella** tai kiertokaukoputkella, jolla asetetaan näkökentässä olevien asteikkojen avulla etäisyys ja ennakko. **Kuva 153.**



1. kiertokaukoputki
2. käyttöanturi,
3. tähtäyskaukoputki OP5-38,
4. suuntain,
5. virtalohko,
6. suunnikastangosto,
7. sivukallistuksen kierrin,
8. tähtäyskaukoputken matka-asteikon kierrin,
9. tasaimen kierrin,
10. korotuksen käsipyörä

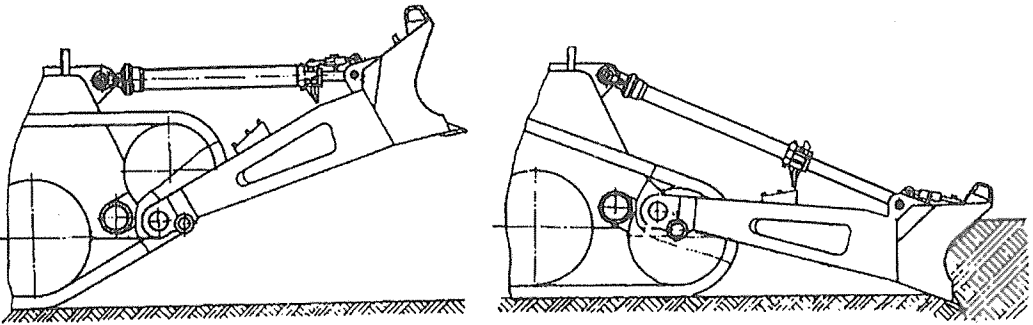
Kuva 153 Panssarihaupitsin suuntainlaite etuvasemmalta nähtynä

Koneellisella suuntauksella varustetussa telatykissä ampuja suuntaa tykkiä **suuntauslaitteella**. Suuntauslaite, ampujan käyttöliittymä, on ergonomisesti muotoiltu kahva, jossa on painikkeet ja vivut tärkeimmille toiminnoille. Koneellisella suuntauksella varustetuissa telatykeissä, joissa on laskin, voidaan määritetyt suuntausarvot säilyttää laskimen ja suuntauskoneistojen automaatiikalla.

Laukaisun sallimiseksi on telatykkeihin asennettu **suojustusjärjestelmä**. Suojastusjärjestelmä koostuu erilaisista aseeseen sijoitetuista sähköisistä ja mekaanisista varmistimista, asejärjestelmän sähköisistä varmistimista sekä rajakytkimistä. Niillä voidaan tarkastaa luukkujen ja suojuksien kiinniolo, ajotuen alhaalla olo, kannatinlaitteiden lukitus ja latauslaitteen asema .

e Alusta

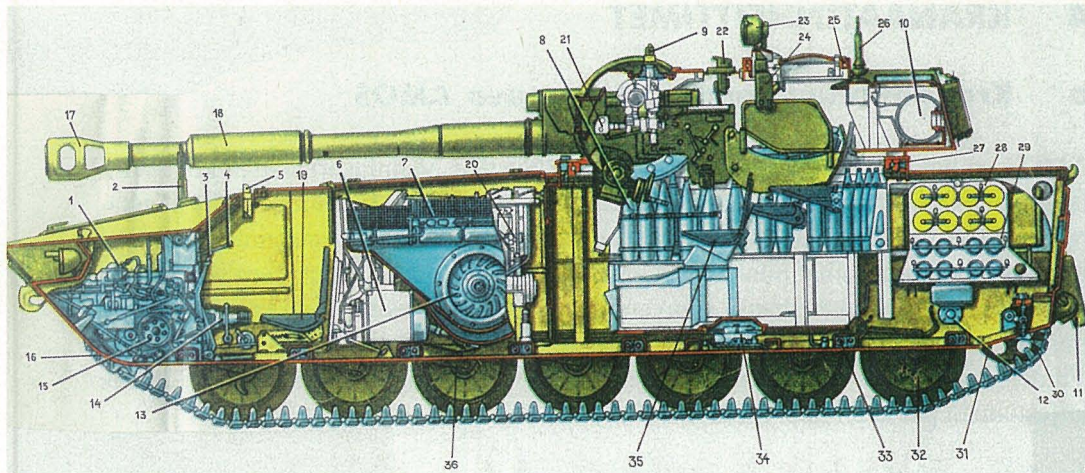
Telatykkien alusta on panssarivaunun alustan kaltainen. Raskaissa telatykeissä käytetään kannatinlaitteiden vaurioitumisen estämiseksi ja vakavuuden säilyttämiseksi joko **kannuksia** tai **jousituksen tukilaitetta**. Kannuksina toimii joko yksi iso kannuslevy tai kaksi pienempää kannusta. Kannuksen puuttuessa voidaan jousitus lukita sen tukilaitteella. **Kuva 154.**



Kuva 155 *Telakanuunan kannus. Johtopyörä lasketaan kannuksen kanssa maanpinnan tasoon lisäämään tukea*

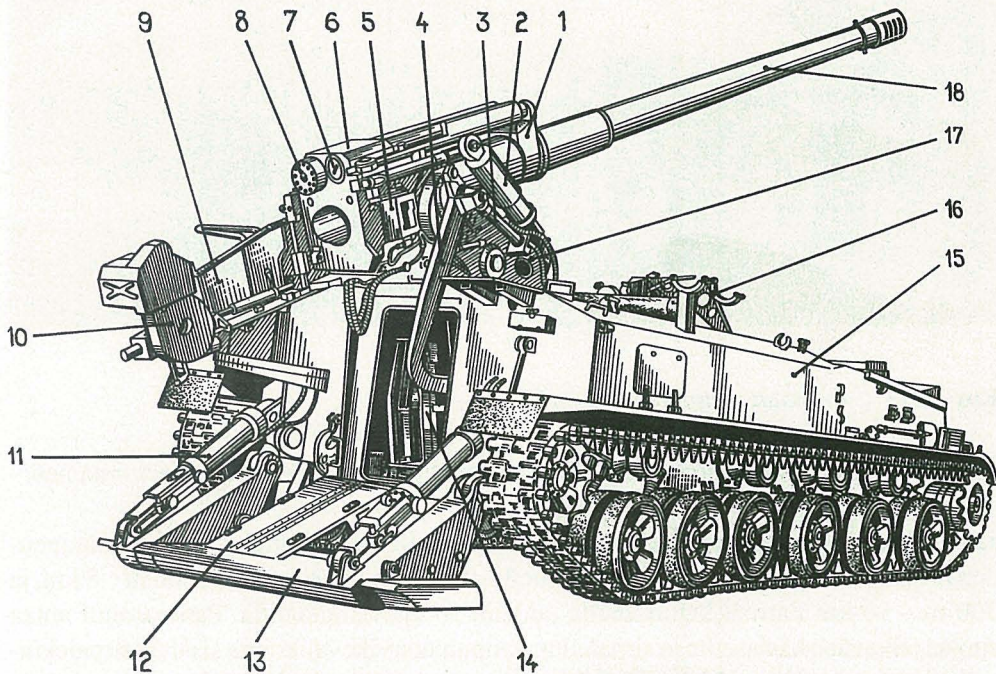
Telahaupitseissa ja -kanuunoissa on ampumatarvikkeet sijoitettu alustaan, jossa on niitä varten **säilytystelineet** ja **kuljettimet** niiden tuomiseksi latauslaitteen toimintapiiriin. Panssarihaupitseissa ja -kanuunoissa on osa ampumatarvikkeista sijoitettu alustaan.

Ampumatoiminnan aikana joudutaan panssarihaupitsissa ja telakanuunassa käyttämään moottoria sähkönsaannin varmistamiseksi. **Kuvat 155 ja 156.**



1 paineilmatehostin, 2 putken ajotuki, 3 ohjassauva, 4 vaihetanko, 5 ajajan tähytysperiskooppi, 6 moottorin esilämmityslaite, 7 öljynjäähdytin, 8 ammuspidin, 9 kiertokaukoputki, 10 painetuulettimen suodatin, 11 takalokasuoja, 12 nesteiskunvaimentimen yläpään kiinnitys, 13 päätuuletin, 14 nivelakseli, 15 vaihteisto ohjaukskoneistoinen, 16 vetopyörä, 17 suuhidastin, 18 savunpoistin, 19 ajajan istuin, 20 moottori, 21 tähtäyskaukoputki, 22 lataajan tähytysperiskooppi, 23 johtajan infrapunavalonheitin, 24 johtajan tähytysperiskooppi, 25 johtajan pyörvä luukku, 26 antennijalka, 27 kuulakehä, 28 kartussiteline, 29 ammusteline, 30 telankiristyslaite, 31 johtopyörä, 32 telapyörä, 33 sauvajousi, 34 liukukosketin, 35 suuntaajan istuin, 36 telapyörän polviakseli.

Kuva 155 Panssarihaupitsin yleisrakenne



1 kehto, 2 painontasain, 3 syöttölaitteen varren hydraulisylinteri, 4 syöttölaitteen varsi, 5 lukko, 6 peräkappale, 7 palautin, 8 hidastin, 9 latauslaitteen varsi, 10 latauskoneisto, 11 kannuksen hydraulisylinteri, 12 taistelutilan takaovi, 13 kannus, 14 syöttölaitteen kourut, 15 alusta, 16 putken ?? 17 ? 18 ?

Kuva 156 Telakanuunan yleisrakenne

4 KRANAATINHEITTIMET

a Kranaatinheitinpanssariajoneuvo AMOS

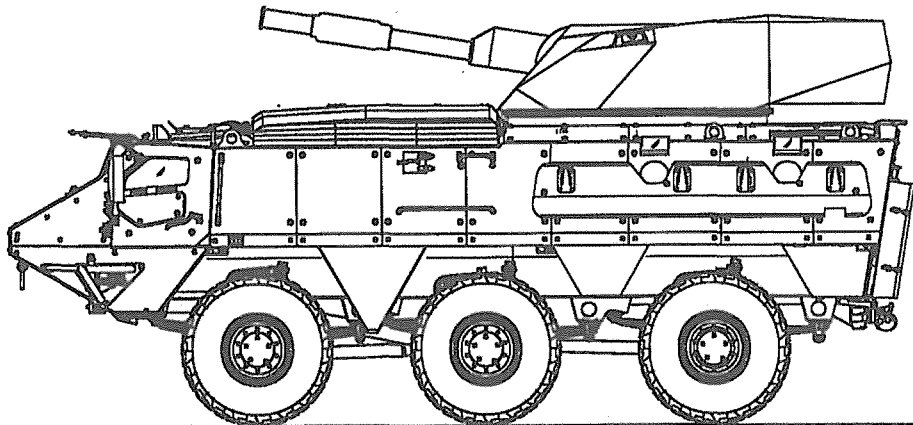
AMOS on lyhenne sanoista Advanced Mortar System. Valmiusprikaatien kranaatinheitinkomppanioiden AMOS-kranaatinheitinjärjestelmään on suunniteltu neljä panssaroitua ajoneuvoa, joihin kuhunkin on asennettu kaksi 120 mm:n kranaatinheitintä sekä itsenäinen ammunnanhallinta- ja paikantamisjärjestelmä. AMOS krh-tornijärjestelmä voidaan asentaa minkä tahansa sopivan alusta päälle. Järjestelmä on käytössä muun muassa ruotsalaisvalmisteisessa CV-90 taisteluajoneuvossa ja kotimaisessa Pasissa. Viimeksi mainitussa kaksoiskranaatinheitin on asennettu Pasi XA-203 alustalle, jolloin järjestelmän paino on 22,5 t. **Kuva 157a.**



Kuva 157a *Kranaatinheitinajoneuvo AMOS*

Kranaatinheitinpanssariajoneuvo on sirpalesuojattu, nopealiikkeinen ja tulivoimainen.

Järjestelmä mahdollistaa nopean tulenaloituksen (alle 30 sekuntia) ja suuren tulinopeuden molemmilla putkilla sekä suora-ammunnan. Ampumaetäisyys on 300 m – 8 km, ja 300 m – 10 km Patrian kehittämällä uudella 15 kg:n kranaatilla. Panssarointi antaa suojaa jalkaväen käsiaseilta ja sirpaleilta. Ampumatarvikevalikoima sisältää sirpalekranaatit sekä valo- ja savulaukaukset. Lisäksi on mahdollista käyttää kuorma-ammuksia sekä ohjautuvia panssarintorjunta-ammuksia. Heittimessä on puoliautomaattinen suuntaus- ja latauslaitteisto sekä manuaalinen varajärjestelmä.

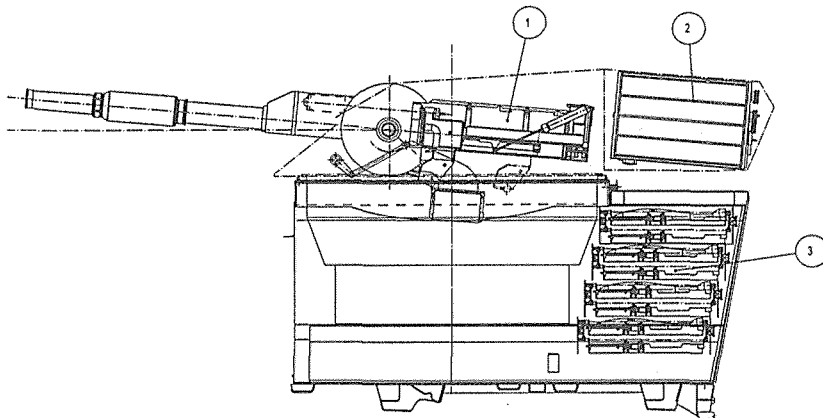


Kuva 157b Periaatekuva Pasiin asennetusta AMOS-järjestelmästä. Lataaja on vaunun takaosassa, johtaja ja ampuja ovat tornissa. Heittimellä voi ampua myös suora-ammuntaa.

Tulivoima taataan riittävän suurella ammusvarastolla, automaattisilla ammusmakasiineilla tornin takaosassa ja nopeatoimisella latauslaitteella. Tulivoimaa lisää mahdollisuus ampua ryöppyjä, jossa kahdeksasta kymmeneen kranaattia saadaan osumaan yhteen maaliin samanaikaisesti. Kranaatinheitinpanssariajoneuvon ammunnanhallinta-järjestelmä, joka myös tietää laitteiston sijainnin reaaliajassa ja maalien koordinaatit sekä visuaalisen sijainnin digitaalisella kartalla, laskee ryöpyyn arvot automaattisesti.

Ympäripyörivä torni ei aseta rajoituksia putken suuntaukselle tai rekyylimekanismeille. Tornirakenteen suunnittelussa on otettu huomioon stealth-ominaisuudet.

Ympäri pyörivän tornin massa on 4400 kg. Putken liike torniin nähden on $-3^{\circ} - +85^{\circ}$. Putken suuntaus tapahtuu sähköisesti tai käsin. Miehistöä on tornissa johtaja sekä ampuja. Ajoneuvon takaosassa oleva lataaja lataa runkomakasiinista. Lisäksi miehistöön kuuluu ajaja. Ampumatarvikkeita takamakasiiniin mahtuu 50–60 laukausta ja tornin takamakasiiniin 44 laukausta. Osa laukauksista voidaan korvata erikoisampumatarvikkeilla (kuorma-ammus tai ohjautuva pst-ammus).



Kuva 157c Leikkauskuva tornijärjestelmästä.
1. latauslaite, 2. tornimakasiini ja 3. runkomakasiini

Aseistuksena on kaksi puoliautomaattisesti ladattavaa 120 mm sileäputkista kranaatinheitintä. Putken pituus on 3000 mm. Rekyylin poistojärjestelmä on hydro-pneumaattinen. Kranaatinheitinpanssariajoneuvoon kuuluu lisäksi järjestelmään kuuluvat maastouttamisjärjestelmä ja savunheittimet. Lisäksi on mahdollista asentaa konekivääri..

Tulenaloitusnopeus on alle 30 sekuntia ja liikkeellelähtönopeus ammunnan jälkeen alle 10 sekuntia. Maksimi tulinopeus on 16 laukausta minuutissa. Neljä ensimmäistä kranaattia voidaan ampua alle 4 sekunnin ampumaetäisyyden ollessa yli 8 km. Pasi voidaan varustaa ajoneuvon sisältä käytettävällä 12,7 millin konekivääritornilla.

b 120 KRH TELAKUORMA-AUTO

NA-120 KRH on telakuorma-auto, jonka teräsrunkoiseen takavaunuun on asennettu 120 mm kranaatinheitin. **Kuva 157d.**



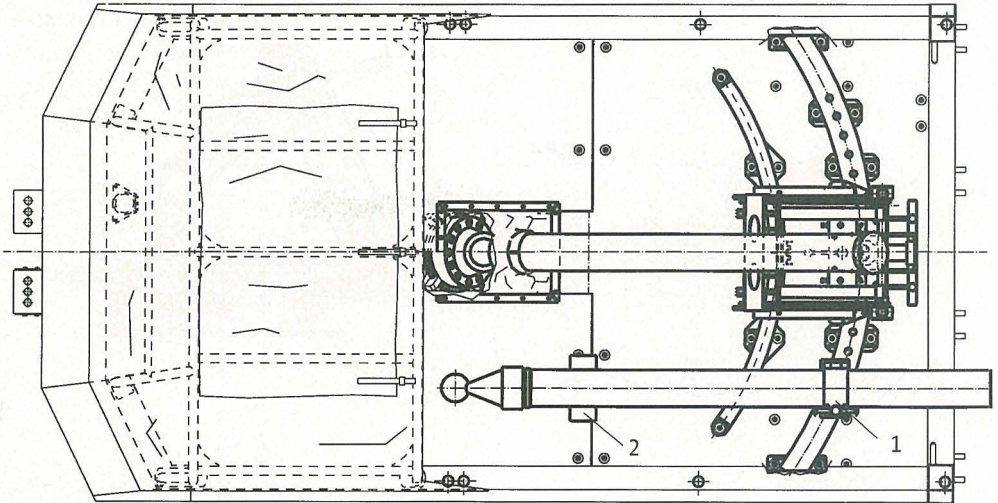
Kuva 157d NA-120 krh

Raskaan kranaatinheittimen putki 120 krh voidaan kiinnittää ajoneuvotukeen, joka on sovitettu 120 KRH TEKA maastojoneuvon takavaunuun.

Ajoneuvotuki koostuu seuraavista osista:

- kiinteä vastin eli vastinpesä
- johdesektorit
- säätökelkka
- putken tuki osineen (joustolaite, sivukoneisto, tasauskoneisto ja korotuskoneisto) koostuu kranaatinheittimen malli 120 krh 92:n komponenteista
- putken huoltokiinnitin (putken huoltoasentoon panoa varten)
- ajoneuvotuen mukana toimitetaan myös laukaisuvipu ja laukaisunaru. Laukaisuvipu vaihdetaan 120 krh tuliputkeen alkuperäisen tilalle.

Heittimen asennuspaikat takavaunuun nähden on esitetty **kuvassa 157e.**



Kuva 157e Heittimen asennuspaikat

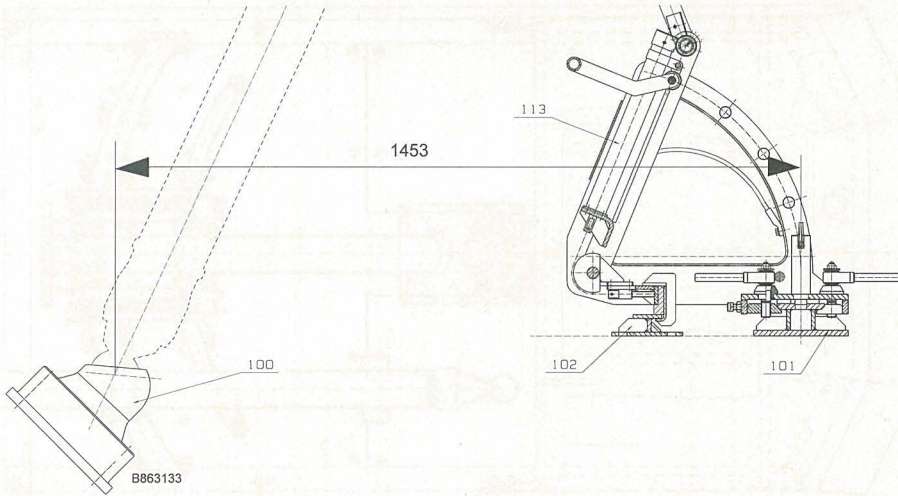
Kranaatinheittimen **putki** kiinnitetään tukeen kuten normaalisti ase-
n tukeen ja maale-
vyy-
n.

Ajoneuvotelineen ampumasektori o 54° ja korotus 45° – 85 ° tuelle ja aseelle. **Kuva 157f.**



Kuva 157f Ajoneuvotuki asennettuna

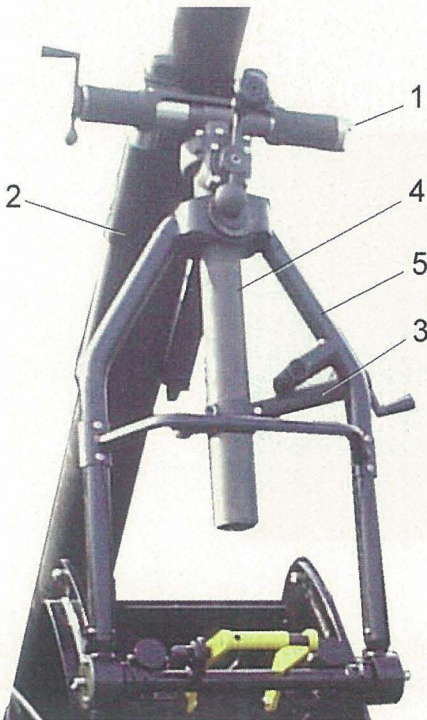
Vastinpesä asennetaan paikalleen ohjattiin avulla. Ojuri on kiinnitetty asennusalustaan keskeisesti vastinpesän pyörähdyksisakselle. Vastinpesän avaaminen on sallittu ainoastaan C-tason huollossa. **Kuva 157g.**



Kuva 157g Vastinpesä ja johdesektorit

Johdesektorit on kiinnitetty ruuviliitoksilla ajoneuvon lavalle. Ajoneuvon rakenteeseen kuuluu kierreholkit, joihin johdesektorit ruuvataan kiinni. Holkit on asennettu paikoilleen erikoistyökaluilla sarjan kokoonpanoa vastaavasti.

Kranaatinheittimen putken tuen jalat on kiinnitetty säätökelkan apujalan yläosassa olevan akselin päihin. Säätökelkan apujalalla voidaan ase- ja korotusta säätää portaittain 63° . Lautasjouset keventävät apujalan kääntämistä. Apujalka on kiinnitetty säätökelkassa olevaan pyörimättömään akseliin

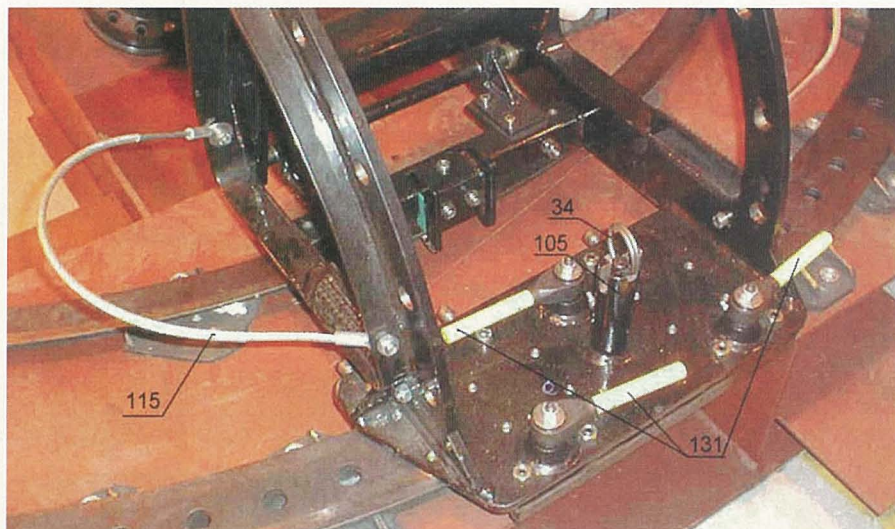


Putken tuen pääosat ovat sivukoneisto (1), joustolaite (2), tasauskoneisto (3) ja korotuskoneisto (4) sekä jalat (5). **Kuva 157h.** Tuen avulla putki tuetaan ampuma-asentoon ja tasataan tasauskoneistolla sekä suunnataan sivu- ja korotuskoneistolla. **Joustolaitte** käsittää rungon, jolla tuki kiinnitetään putkeen, sekä iskunvaimentimet, jotka vaimentavat putkesta tukeen siirtyviä rekylyliikkeitä.

Kuva 157h

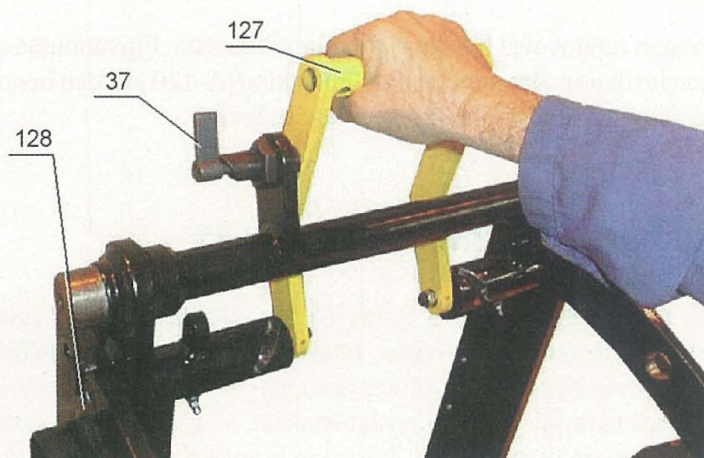
Putken tuki

Säätökelkan sivusuuntauskoneistossa on 16-portainen pikasäätö 3° välein korotuskoneistossa 5-portainen pikasäätö 4,5° – 67,7° välillä. **Sivusuuntauksen pikasäätö** tapahtuu avaamalla kiristyslevyt (131) ja vapauttamalla sivulukon kara (105) nostamalla sitä kahvasta (34) ja kääntämällä kahva poikittain, jolloin lukitus pysyy auki. Vetämällä ja samalla nostamalla vaijerista (115) työnnetään jalalla kelkkaa vastakkaisen puolen alareunasta haluttuun kohtaan. Siirron jälkeen sivulukon kara vapautetaan ja siirretään edelleen kelkkaa, kunnes se lukittuu. Lopuksi kiristysletkut lukitaan kiristimillä. **Kuva 157i.**



Kuva 157i Sivusuuntauksen pikasäätö

Korotuksen pikasäätö tapahtuu avaamalla kahvan lukitus (37) tukien samalla tuliputkea, ettei se nouse tai laske hallitsemattomasti. Tämän jälkeen työnnetään vipua kahvasta (127), jolloin koron lukituskarojen (128) avautuminen sallii apujalan kääntämisen korkeussuunnassa. **Kuva 157j.**



Kuva 157j Korotuksen pikasäätö

c NA-123 Logistiikka-ajoneuvo

NA-123 Logistiikka-ajoneuvo perustuu täysin NA-120 perusversion voimalinjaan, telakoneistoon ja pääkomponentteihin. Tavoitteena on ollut tehdä telakuorma-auoja käytettäville joukoille ajoneuvo, joka on käytöltään, maasto- ja maantieliikkuvuus ominaisuuksiltaan sekä huolloltaan, varaosiltaan ja muulta logistiikaltaan yhdenmukainen muiden ajoneuvojen kanssa, mutta sopii paremmin enemmän kuormankantokykyä vaativiin kuljetustehtäviin. Takavaunun kantavuus on maksimoitu siirtämällä nosturi etuvaunuun. Takavaunulla voi kuljettaa esimerkiksi polttoainesäiliöitä (2000 litraa) pumppuineen sekä voiteluaineita, erilaisia kontteja, erilaisia kuormalavoja tai ammuslaatikoita, taistelutarvikkeita, juomavettä ja ruokatarvikkeita yms. Kuva 157k.



Kuva 157k NA-123 logistiikka-ajoneuvo

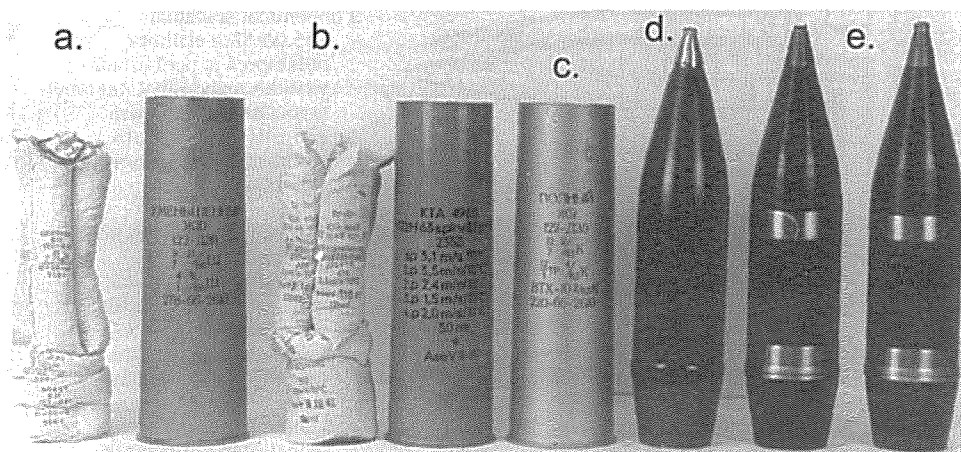
Etu- ja takavaunun rungot ovat hitsattua alumiinirakennetta. Etuvaunussa on joko lyhyt kahden miehen lasikuituvahvistainen hytti tai vakio NA-120 kuuden hengen hytti. Takavaunussa on kevyt avolava tai erikoisvarusteltu lava.

E TYKISTÖN AMPUMATARVIKKEET

Tykistön laukauksen elementtejä ovat kranaatti, panos, hylsy ja nalli. Tykistöllä on **patruuna-, kartussi-, kartussipatruuna-, irtopanos-, raketti- ja ohjuslaukauksia**. Patruunalaukauksessa elementit on koottu yhteen hylsyn avulla. Kenttätykistön laukaukset ovat yleensä kartussi- ja irtopanoslaukauksia, joissa kartussi-, nalli-, panos- ja ammusosat sekä sytytin ovat erillisiä. Joissakin kranaateissa käytetään kiinteää sytytintä.

Kartussilaukauksessa kranaatti ja kartussi, joka koostuu hylsystä, panoksesta ja nallista, varastoidaan ja ladataan aseeseen erillisinä. Kartussi-patruunalaukauksessa kranaatti yhdistetään toisiinsa ja yhdistelmä ladataan patruunan tapaan. Irtoanoslaukauksessa on irrallinen panos, lukkonalli ja kranaatti sytyttimiseen. Yleensä samaan käyttötarkoitukseen soveltuvia ammus- ja panostyypppejä on lukuisia eri versioita, joten käytännössä vaikeutena on hallita eri laukausyhdistelmien ja aseiden yhteensopivuus (painerajat, panoksen toiminta ja kranaatin mekaaniset ominaisuudet). Yhteensopivuus perustuu aina koeammuntaan. **Kuva 158.**

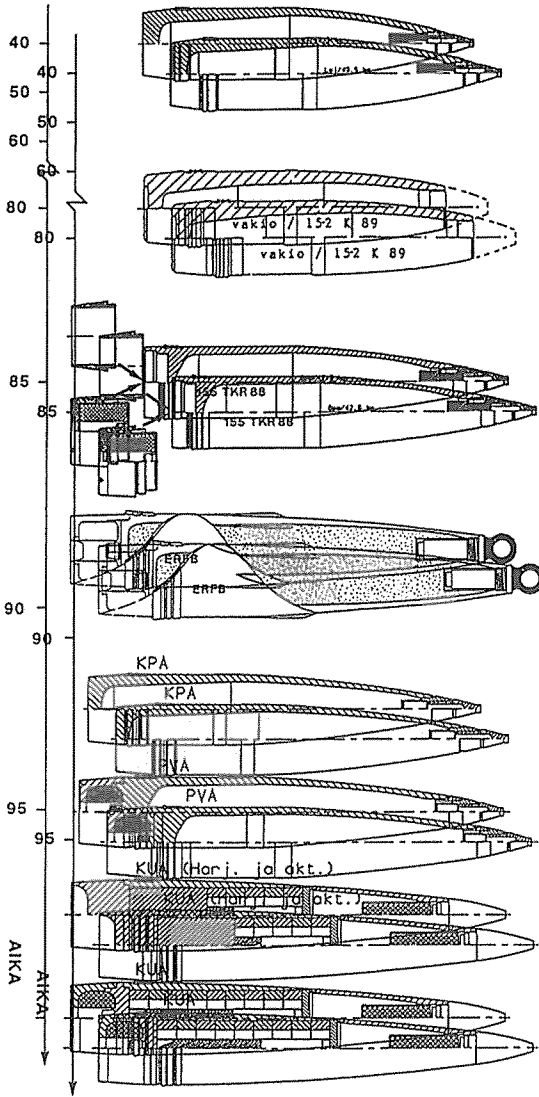
Laukauksen elementtejä ovat: ammus, sytytin, panos, hylsy ja nalli.



Kuva 158 Esimerkki kartussilaukauksen kokoonpanosta (122 H 63)

Tykistöasejärjestelmien (>20 mm) perinteisiä perusammuksia ovat sirpalekranaatit, joilla vaikutus kohteessa perustuu sirpalevaikutukseen. Räjähdysainetäytteenä on käytetty yleisimmin TNT:tä tai heksotolia. Perinteisessä tuotannossa pääpaino on ollut massatuotantoon soveltuva valmistustekniikka **Kuva 159**. Raaka-aineina käytettyjen terästen suuren laatuvarioinnin, matalien lujuusarvojen sekä kehittymättömien mittausmenetelmien vuoksi kranaateille on tyypillistä paksukuorisuus ja tylppäkärkisyyttä. Nykyaikaisen ampumatarvikkeen erikoisvaatimukset: vaikutus ja hajonta kohteessa edellyttävät kranaatilta hyviä ballistisia ominaisuuksia ja laukaukselta pientä lähtönopeushajontaa sekä lämpötilariippuvuutta. Vaikutus kohteessa edellyttää hyviä sirpaloitumisominaisuuksia, mikä on johtanut erikoisterästen käyttöön. Lujemmat ja pienemmän laatuvarioinnin omaavat teräslaadut ja kehittyneemmät suunnittelumenetelmät (mekaaninen suunnittelu, lujuuslaskenta ja sisäballistiikka) ovat mahdollistaneet ohuempikuorisat ratkaisut, mikä mahdollistaa suuremman hyötykuorman (räjähdysaineen, tytärammusten) sijoittamisen ammuksen sisälle. Ammusküoren ja elementtien valmistus sekä kokoonpano on erikoistuotantoa.

Perinteisesti on käytetty kartioperäammuksia, 1980-luvun puolivälissä otettiin käyttöön perävirtausammukset. **Kuva 160.** Uusinta tekniikkaa ovat kuorma-ammukset ja ohjautuvat ammuksset. **Kuva 160b.**



1940-1980-luvuilla ammusrakenteille ominaisia piirteitä:

- ”tylppä” kärki
- vahva seinämä
- teräksen matalat lujuusarvot

1985-luvulla homogeeninen, lujempi teräslaatu mahdollisti ohuimmat seinämät

- 155 tkr 88:n erillinen onteloperä ja perävirtausyksikkö mahdollisti muunneltavuuden kenttäoloissa
- 155 ERFB:n edullinen aerodynaaminen muoto ja perävirtauspanos

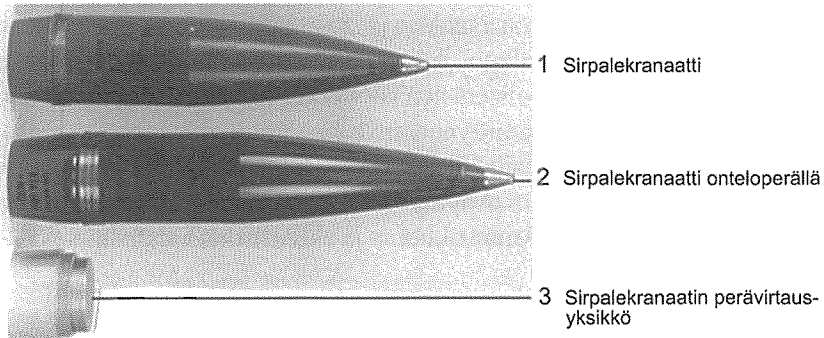
1995-luvulla otettiin käyttöön kuorma-ammukset

- teho vaikutus 10–15 kertainen sirpalekранаattiin verrattuna
- kuoressa hitsattu johtoringas ja lujempi teräslaatu
- kuoren tehtävänä toimia ballistisena kuljetuspakkauksena
- kuormana on joko miinoja tai tytärkранаatteja

2000-luvulla tytärkранаatit, joissa on

- sytyttimissä itsetuholaitte
- panssarin läpäisykyky 50–120 mm
- suunnattu räjähdysvaikutus
- ohjattu sirpaloituvuus

Kuva 159 Tykistökranaatin kehitysvaiheet



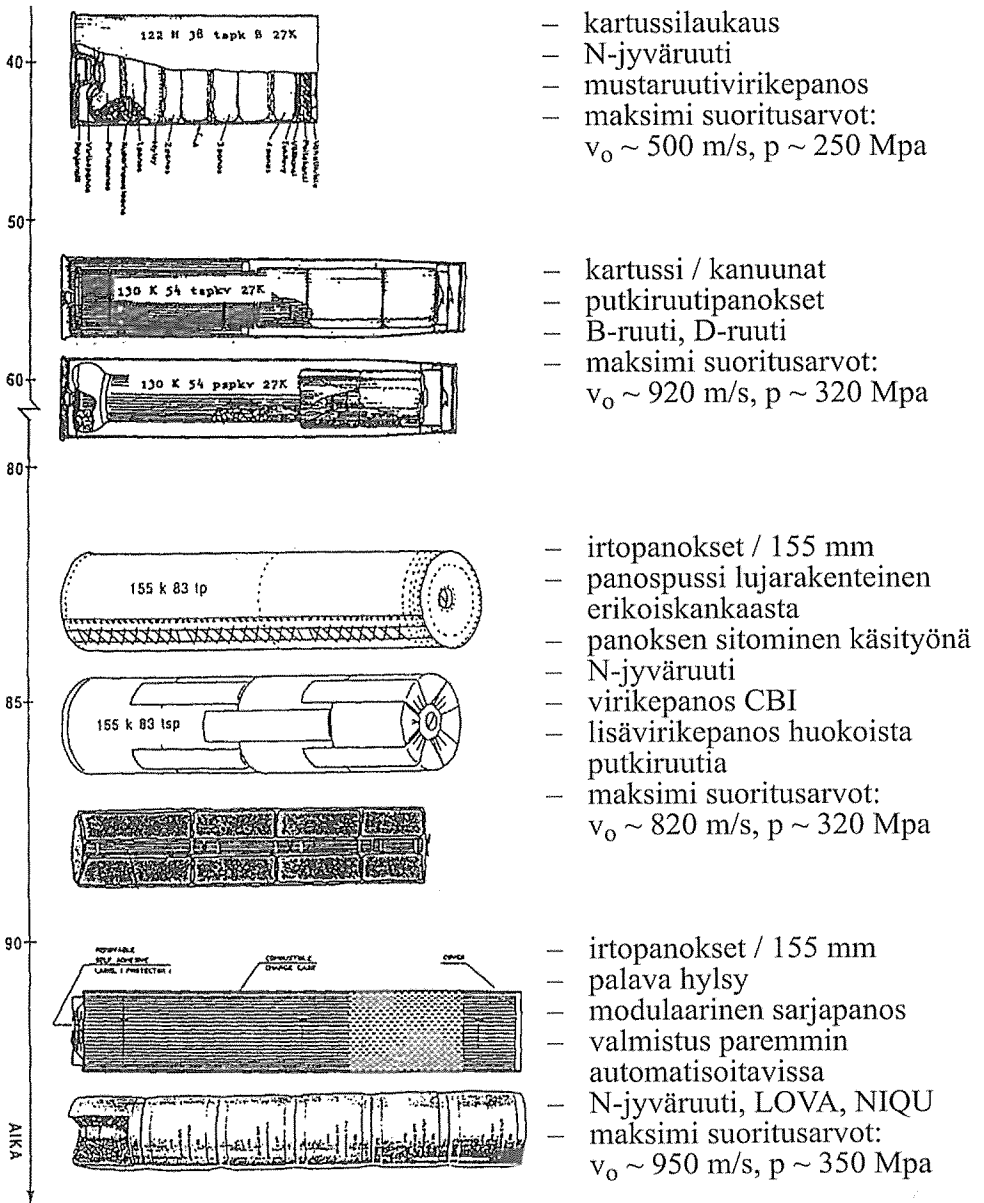
1 Sirpalekранаatti

2 Sirpalekранаatti onteloperällä

3 Sirpalekранаatin perävirtausyksikkö

Kuva 160 Esimerkki kenttätykistön ammusperheestä

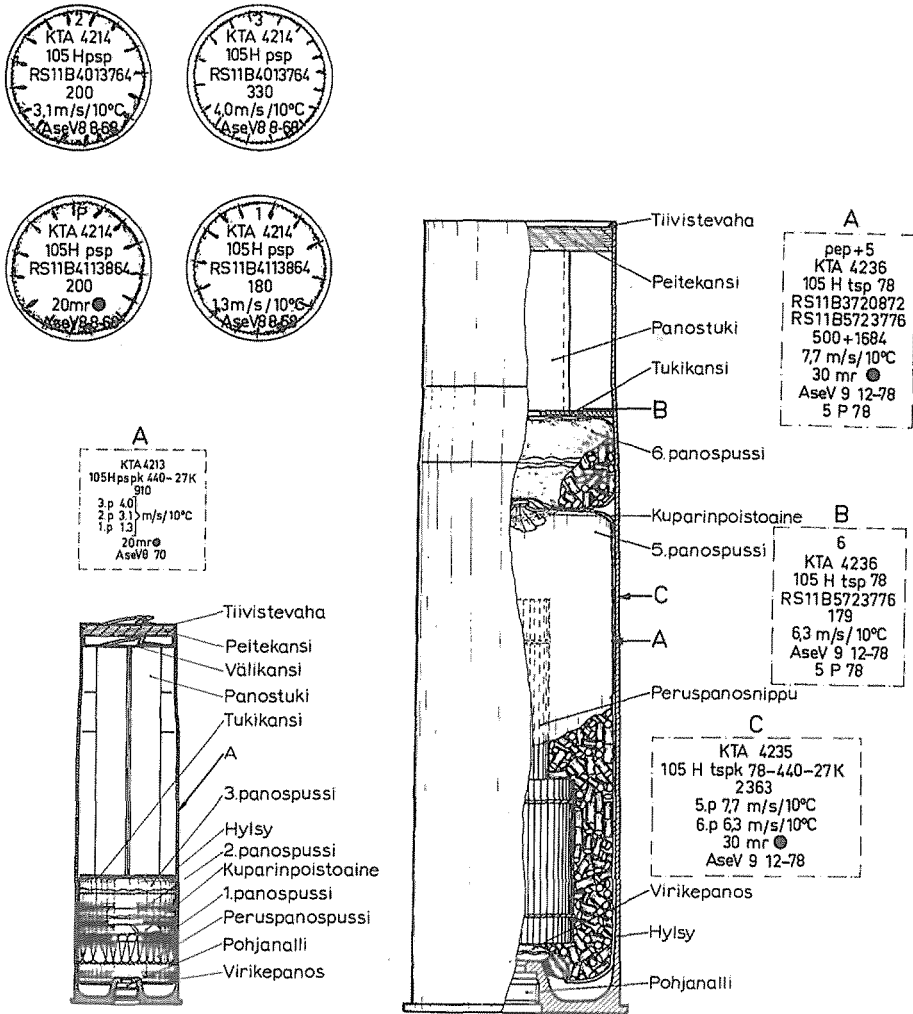
Tykistön panoksien kehittäminen on lisännyt ammuksen lähtönopeutta. **Kuva 161.**



Kuva 161 Tykistöpanosten kehitysvaiheet

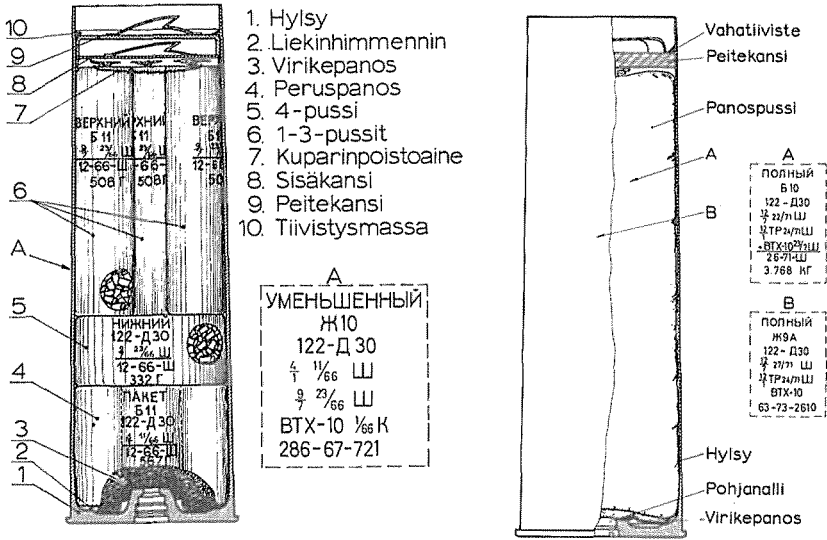
Esimerkkinä kotimaisesta sarjapanosjärjestelmästä on 105 H:n puolisarjapanos- ja täys-sarjapanoskartussit. **Kuva 162.** Kartussi koostuu hylsystä, pohjanallista, virikepanoksesta nallin päällä (mustaruutia), osapanospusseista, panostuesta ja peitekannesta. Kartussi suljetaan hermeettisesti peitekannen ja tiivistevahan avulla. 105 H 61—37:n panosjärjestelmä kattaa nopeusalueen 250—600 m/s. Panokset perustuvat kaksikan-

taisen (B-ruuti) jyvärudin ja putkiruudin käytölle. Puolisarjapanos on kokonaan jyvärutia ja siihen sisältyy osapanokset 1.—3.p. Täyssarjapanoksen keskiosassa on noin 800 g pitkää putkirutia sytytysliekin levimistä varten. Panospussin ulkoreunoilla ja putkiruudin päällä on jyvärutia. Täyssarjapanokseen sisältyy osapanokset 5.—6.p.



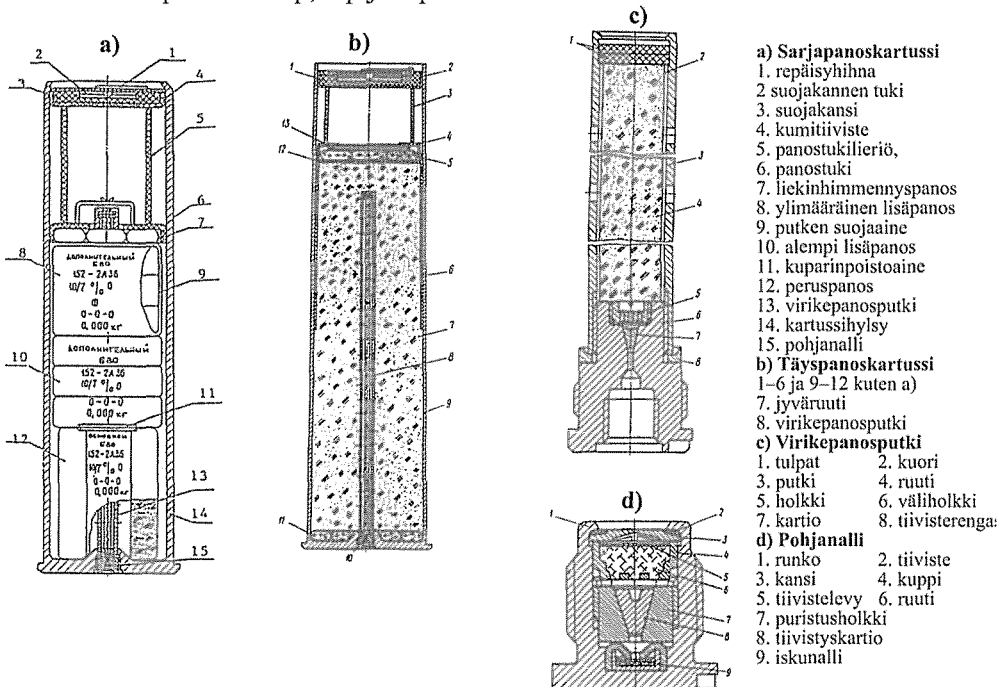
Kuva 162 Esimerkki kenttätükistön sarjapanosjärjestelmästä a) 105 psp ja b) 105 tsp 78

Venäläisessä järjestelmässä osapanosten numerointi (suurin panos on täyspanos, sarjapanos, kolmanneksi suurin 1.p. jne) on päinvastainen kuin kotimaisessa järjestelmässä. Esimerkkinä venäläisestä panosjärjestelmästä on 122 H 63:n täyspanos- ja sarjapanoskartussi. **Kuva 163.** Panosjärjestelmä sisältää seuraavat osapanokset/-nopeudet: tp/690, sp/561, 1.p./489, 2.p./418, 3.p./333 ja 4.p./275 m/s. 122 H 63:n täyspanos on jakamaton. 130 K:n ja 152 H:n panosjärjestelmissä täyssarjapanoksesta voidaan muodostaa täyspanos ja 1.panos.



Kuva 163 Esimerkki venäläisestä panosjärjestelmästä a) 122 H 63 spkv ja b) 122 H 63 tpkv

Toisena esimerkkinä venäläisestä panosjärjestelmästä on raskaan kanuunan täys- ja sarjapanoskartussit. **Kuva 164.** Kartussi koostuu hylsystä, nallista, musta-ruutivirikepanoksesta metallisen virikeputken sisällä, osapanospusseista, liekinhimmennyspanoksesta, kuparinpoistoaineesta ja putken suoja-ainelevystä. Panokset perustuvat yksikantaisen jyväruidin (NC) käytölle. Täyspanos on jakamaton ja sarjapanos sisältää seuraavat osapanokset: sp, l.p ja 6.p.



Kuva 164 Esimerkki venäläisestä raskaan kanuunan panosjärjestelmästä

F PANSSARIKALUSTO

1 YLEISTÄ

Panssarikalustoon kuuluvat panssariajoneuvot, telavetäjät ja panssariyökoneet, panssarihuolto- ja korjausautot, huolto- ja korjausvälineet sekä varaosat.

Panssariajoneuvoja ovat panssaroidut pyöriillä tai teloilla kulkevat ajoneuvot. Teloilla kulkevat panssariajoneuvot ovat **panssarivaunuja**.

Telavetäjät ovat panssarivaunun alustalla varustettuja ajoneuvoja, joita käytetään tykkien vetämiseen tai erikoisalustoina tutka-, viesti-, komentopaikka- ja esikunta-ajoneuvoissa sekä työkoneissa.

Panssariajoneuvot jaetaan käyttötarkoituksensa mukaan eri **tyyppeihin**. Panssariajoneuvotyyppinä ovat esimerkiksi taistelu-, ilmatorjuntaohjus- ja siltapanssarivaunu sekä tiedustelu- ja panssarintorjuntaohjuspanssariajoneuvo.

Panssariajoneuvot erotellaan **merkin** ja **mallin** perusteella. Panssariajoneuvon merkki ja malli voi olla esimerkiksi Sisu XA–180, Leopard 2 ja T–72M, joiden eri versioita ovat esimerkiksi Leopard 2A0, Leopard 2A1, Leopard 2A2 sekä T–72M, T–72M1, T–72M1K ja T–72M1K1.

Panssariajoneuvojen laitteiden monimutkaisuudesta johtuen niiden vian-määrittämisessä, huolto- ja korjaustoiminnassa käytetään tarkastus- ja korjaustyökaluja ja -laitteita, jotka useimmiten ovat laitemallikohtaisia. Kenttähuollon toimintaedellytysten parantamiseksi varaosat on ryhmitelty ajoneuvomallikohtaisesti yksikkötasokohtaisiin varaosasarjoihin.

2 PANSSARIAJONEUVOTYYPIT

Panssariyhtymällä ja sen aselajijoukoilla voi olla käytössään taistelupanssarivaunuja, kevyitä taistelupanssariajoneuvoja ja rynnäkköpanssarivaunuja.

Taistelupanssarivaunut kykenevät taistelemaan sekä panssarivaunuja että jalkaväkeä vastaan. Ne ovat tulivoimaisia ja vahvasti panssaroituja. Tulivoima koostuu pääaseena olevasta suurikaliiperisesta panssarivaununakanuunasta, sen monipuolisesta ampumatarvikevalikoimasta sekä konekivääreistä. Suojalla pyritään estämään vihollisen taistelupanssarivaunun tuhoava osuma etusektorista. Taistelu-panssarivaunuilla on hyvä maastoliikkuvuus. Ne ylittävät alle 1,5 m syvät kovapohjaiset ojat kahlaamalla ja 1,5—5 m syvät kovapohjaiset joet syväkahlaamalla.

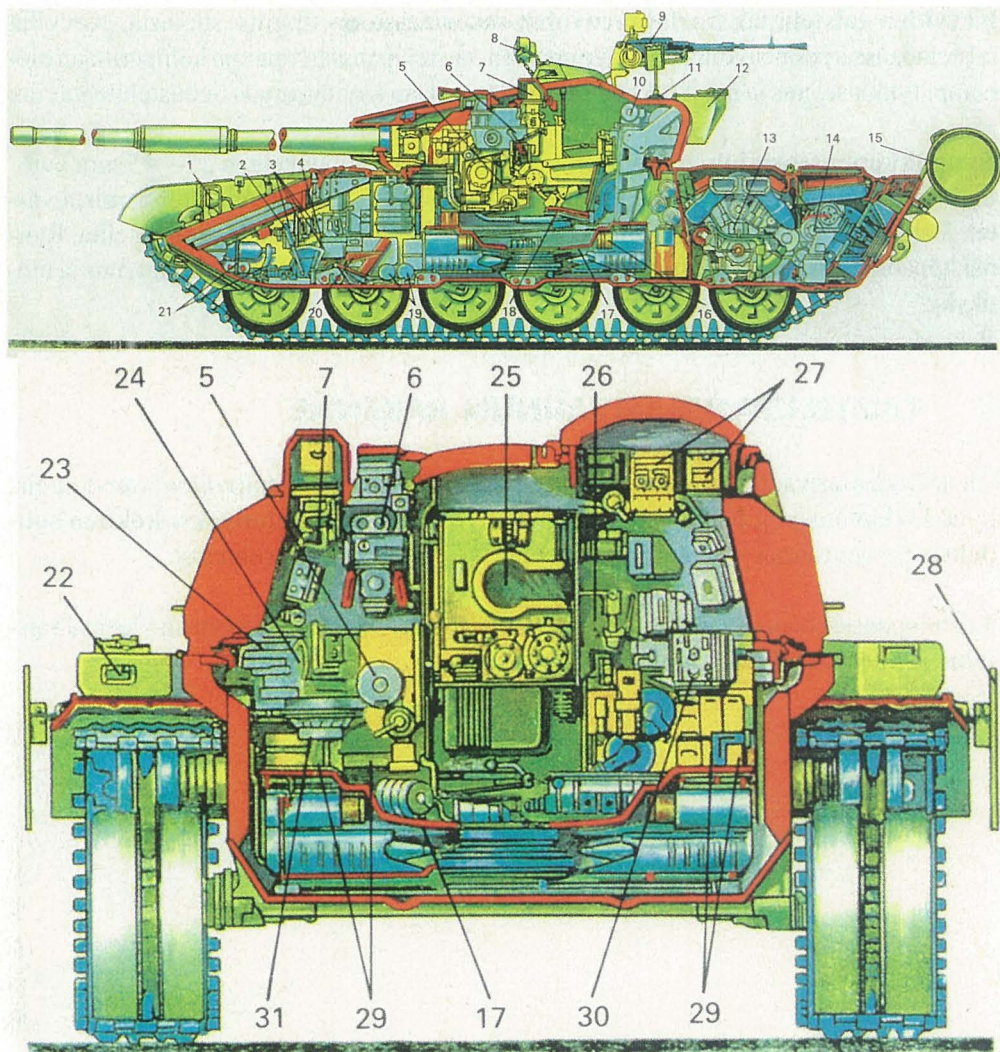
Kevyiden taistelupanssariajoneuvojen rakenteessa on tingitty suojasta. Kevyillä taistelupanssariajoneuvoilla on tulivoimainen, taistelupanssarivaunuja kaliiperiltaan pienempi tykkiaseistus ja hyvä liikkuvuus. Niitä voidaan käyttää myös tiedustelutehtäviin.

Rynnäkköpanssariajoneuvoissa on yleensä suuritulinopeuksinen 25—45 mm automaattikanuuna ja usein myös ohjusaseistus taistelupanssarivaunujen tuhoamista varten. Panssarointi antaa suojan vihollisen kevyen aseistuksen tulelta ja sirpaleilta. Rynnäkköpanssarivaunun liikkuvuuden avaintekijöitä ovat nopeus, maastoliikkuvuus ja uintikyky.

3 TAISTELUPANSSARIVAUNUN RAKENNE

Taistelupanssarivaunu on jalkaväen asejärjestelmä, jossa suuri tulivoima, vahva suoja, hyvä liikkuvuus ja johdettavuus yhdistyvät **yhtäaikaisesti toimivaksi kokonaisuudeksi**. Se voi toimia — ainakin rajoitetusti — kaikissa sääolosuhteissa.

Taistelupanssarivaunun pääosat ovat **torni** ja **alusta**. Alustassa erotetaan yleensä **taistelu-** ja **moottoritila**. Kuva 165.



1 infrapuna-ajovalonheitin, 2 ohjaussauva, 3 automaattinen kaasun- ja säteilyntiedustelumittari, 4 vaihdekeppi, 5 korkeussuuntauskoneiston käsipyörä, 6 tähtäinetäisyysmittari, 7 infrapunatähtäysperiskooppi, 8 johtajan infrapunaperiskoopin valonheitin, 9 ilmatorjuntakonekivääri, 10 ampumatarvikekasettien nostokoneisto, 11 antennijalka, 12 varustelaatikko, 13 dieselmoottori, 14 välityspyörästä, 15 lisäpolttoainetyynyri, 16 pyörivässä kuljettimessa oleva kasetti, jossa ylempänä panos ja alempana ammus, 17 pyörivä kuljetin, 18 ampujan istuin, 19 saasteenpuhdistussäiliö, 20 ajajan istuin, 21 jarrupoljin, 22 lokasuojan varustelaatikko, 23 sivusuuntauskoneisto, 24 tornikello, 25 panssarivaununukan luukko, 26 tykin suuntaisesti ampuva konekivääri, 27 johtajan tähtäysperiskoopit, 28 sivusuojalevyt, 29 konekiväärin vyölaatikot, 30 radio, 31 hydraulinen sivusuuntausmoottori

Kuva 165 Taistelupanssarivaunun halki- ja poikkileikkauskuvat esimerkkinä panssarivaunun rakenteesta

Jotta taistelupanssarivaunun alustan suunta ei rajoittaisi pääaseen tulitusmahdollisuuksia, on ase asennettu alustan päälle **pyörivään torniin**. Tornissa on paikat vaunun johtajalle ja ampujalle sekä lataajalle, ellei vaunussa ole latausautomaattia. Torni on valettu tai hitsattu rakenne, joka muodostaa kiinnitysalustan aseelle, ammunnanhallintajärjestelmälle ja muille laitteille. Taistelupanssarivaunun panssarisoija on suurimmitään tornin etuosassa, koska taistelupanssarivaunu joutuu ampuessaan paljastamaan aina vähintään tornin ollessaan valmistellussa kaivetussa tuli-asemassa tai vastarinne-asemassa. Tornissa on aukko, johon tykki on asennettu ja sen suojana on kehtoon kiinnittyvä **asekilpi**.

Torni pyörii rungon päällä **kuulakehän** varassa. Kuulakehä on kuula- tai rullalaakeri, jonka toinen puoli on kiinni tornissa ja toinen rungossa ja jonka toiseen puoliskoon on jyrstetty hammastus sivusuuntausta varten. Kuulakehän puoliskoiden välisessä saumassa on tiivistys vaunun saattamiseksi vesi- ja ilmatiiviiksi. Kuulakehän kuulaurien pinnanlaatu, pyöreys, mittatarkkuus ja kuulien samanmittaisuus vaikuttavat kuulakehän välkykseen ja juohevaan pyörimiseen. Hammaspyöräparin toinen puolisko on **sivusuuntauskoneistossa**, joka on sähkö- tai hydraulikäyttöinen hammas- ja kierukka-pyörävaihte. Sivusuuntauskoneiston tehontarve on suuri, koska tornin painaa 9—19 tonnia. Tornin painopiste ei tornin etuosan paksun panssaroinnin ja tykin vuoksi ole keskipisteessä ja tornin kiihdytys ja jarrutus vaativat suuren tehon. Lisäksi on huomiotava, että tornin tulee olla pyöritettävissä myös vaunun ollessa kallistuneena, jolloin painopisteen epäkeskeisestä sijainnista seuraa edelleen lisätehon tarve suunnattaessa ylärinteeseen päin. Varamenetelmänä on käsipyörä, josta tornia voidaan suunnata. Tornin tahattoman pyörimisen estämiseksi ja sen lukitsemiseksi paikoilleen se lukitaan joko runkoon tai kuulakehään **ajosalvalla**.

Tykkinä käytetään taistelupanssarivaunuissa yleensä sileäputkista **panssarivaunukanuunaa**. Ammuksen suuren lähtönopeuden ja muodostuvan paineen (putken konstruktioaine 600 MPa) takia putket tehdään erikoisteräksestä ($RM > 1200 \text{ N/mm}^2$). Tarvittaessa ne esijännitetään sekä vahvistetaan kutistusliitoksella kiinnitetyllä vaipalla. Alikaliiperiammuksien normaalia suurempi kuluttava vaikutus pyritään eliminoimaan kovakromauksella, joka vähentää myös putken syöpymää.

Putkessa on **savunpoistin**, jonka tehtävänä on estää ruutikaasujen virtaaminen taistelutilaan lukon avautumisen jälkeen. Savunpoistimen muodostavat putken ympärille kiinnitetty lieriömäinen säiliö, kuulaventtiilit ja vinosti putken suuhun päin avautuvat virtausaukot.

Ammuksen ohittaessa kuulaventtiiliin täyttyy kaasulieriö ammuksen edellä kulkevan ilmavirtauksen paineesta 3—4 MPa paineeseen ja kuula sulkeutuu. Ammuksen jätettyä putken ja lukon avaututtua syntyy putkeen kaasulieriön paineen purkautumisesta johtuen ulospäin suuntautuva virtaus, joka estää kaasujen joutumisen taistelutilaan.

Putken ympärillä on **suojaus**, jonka tehtävänä on tasata putken lämpötila taipumien estämiseksi. Pitkään putkeen syntyy ensimmäisen laukauksen osumatarkkuutta merkittävästi heikentävä erilaisista lämpötiloista aiheutuva lämpölaajenemisvirhe. Kun esimerkiksi hanki hohtaa kylmää alapintaan ja keväinen auringonpaiste lämmittää toista kylkeä, putki ei osoita tähtäyspisteeseen. Lämpötilaerot tasoittuvat muutaman laukauksen jälkeen putken lämmitessä.

Tykissä on **puoliautomaattinen kiialukko** ja siinä yleensä sähkötoiminen iskukoneisto. Sähkönallin sytyttävän virtapiirin varajärjestelmänä on nallien rakenteesta riippuen mekaaninen iskuri tai sähkölaukaisin. Mekaanisten värähtelyjen aiheuttama tahaton laukeaminen mekaanisella iskukoneistolla varustetussa lukossa on estetty lukkoon tehdyllä tärinävarmistimella.

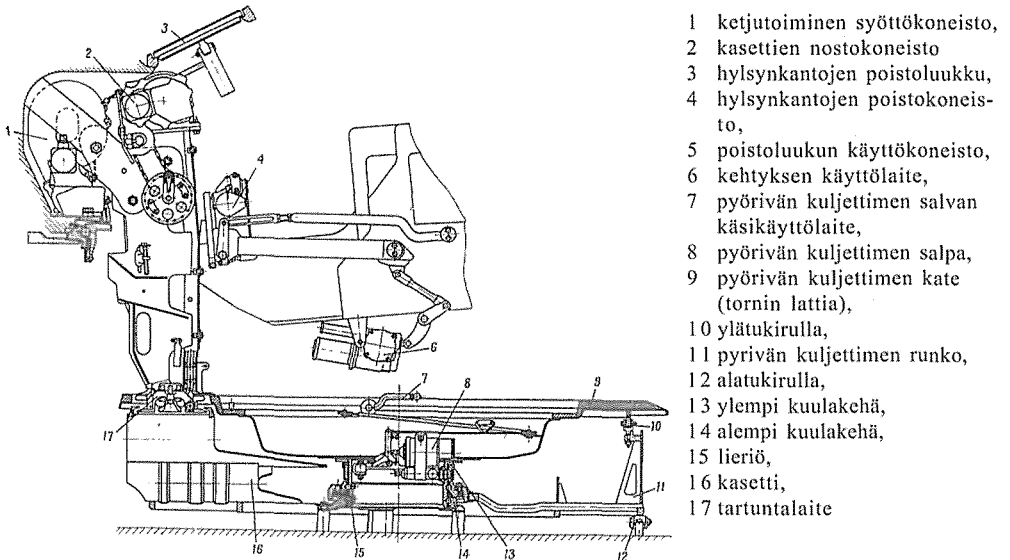
Putki asennetaan **kehtoon**, jossa on lieriömäisesti asennetut luisupalat, joiden varassa putki liukuu vaipan tai varsinaisen tuliputken lieriömäisellä osalla. Kehto on asennettu kannatintappiensa ja laakeriensa varassa tornin aukkoon. Vakaimen toiminnan tarkkuuden vuoksi tykki tasapainotetaan keinumaan vapaasti painontasaimella (jousi) ja lisäämällä tai poistamalla kehtoon asennettuja vastapainoja. Kehdon takaosassa on **perätymissuojaus**, joka estää tornimiehistöä joutumasta perätymislinjalle. Perätymissuojaus on takaosastaan taittuva ja siihen kiinnittyy yleensä irrotettava olansuojaus johtajan suojaamiseksi.

Kehtoon on kiinnitetty korkeussuuntaushammaskaari. Sen avulla torniin kiinnitetyn käsikäyttöisen **korkeussuuntauskoneiston** hammaspyörä liikuttaa kehtoa (putkea). Korkeussuuntauskoneisto on hammas- ja kierukkapyörävaihte ja siinä on irtikytkentämahdollisuus vakaimen käyttöä varten. Sekä korkeus- että sivu-suuntauskoneistoissa on kitkakytkimet, jotka luistavat estäen vaurioiden synnyn, jos putki kohtaa esteen. Marssien aikana korkeussuuntauskoneistoon tulevien rasituksien pienentämiseksi putki lukitaan **marssikannattimella** tornin kattoon tai **ajotuella** runkoon.

Taistelupanssarivaunuissa on kehtoon kiinnitetty **tykin suuntaisesti ampuva konekivääri**. Konekivääri on vyösyöttöinen. Patruunavyön osat ja eräissä tapauksissa myös hylsyt kerätään kokoojapusseihin tai kaukaloihin. Konekiväärissä on sähkölaukaisin ja sitä suunnataan samoilla laitteilla kuin tykkiä.

Peräkappaleeseen ja kehtoon kiinnittyvä **joustolaite** on rakenteeltaan perinteinen koostuen nestetoimisesta hidastimesta ja kaasunestetoimisesta palauttimesta. Rajoitetun sisätilan johdosta on putken peräty mismatka vain 300—550 mm. Tulen tarkkuuden lisäämiseksi joustolaitteet suunnitellaan siten, että peräty misliikkeeseen ei synny putkea kääntäviä momentteja ja että pääosa hidastuksesta tapahtuu vasta peräty mismatkan loppupuolella, jotta ammus ehtii jättää putken ennen hidastuksesta tulevia putkeen vaikuttavia voimia.

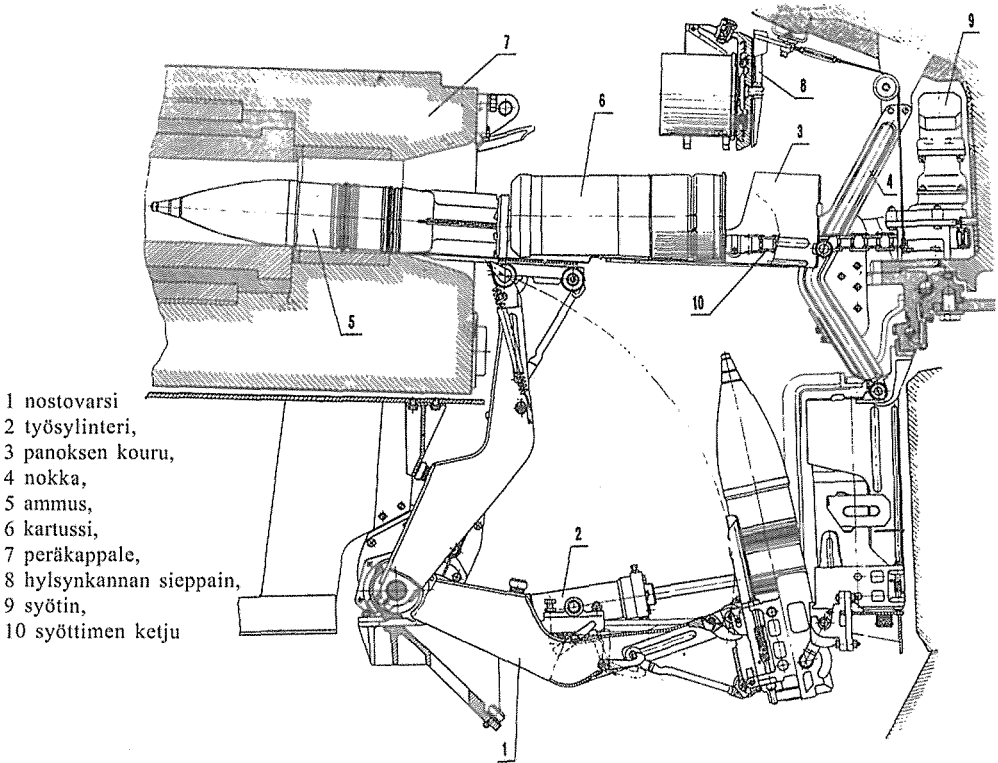
Taistelupanssarivaunun ahtaan sisätilan ja painavien ampumatarvikkeiden käsittelyn helpottamiseksi on panssarivaunut varustettu **latausautomaatilla**. Latausautomaatin päätehtävänä on korvata yksi vaunun miehistön jäsen (lataaja) ampumatarvikkeen käsittelyssä. Latausautomaatti noutaa ampujan valitseman ampumatarvikkeen säilytystilasta ja lataa sen putkeen. Latauslaitteen rakenne vaihtelee suuresti riippuen muun muassa ampumatarvikkeiden koosta, muodosta, määrästä, sijoituksesta, asennosta ja käytettävissä olevasta tilasta. Kuvissa 167 ja 168 on esitetty kahden erilaisen venäläisvalmisteisen taistelupanssarivaunun latausautomaattien rakenne. Venäläiset latausautomaatit poikkeavat perusratkaisussa länsimaisista, koska ampumatarvikkeet on sijoitettu taistelutilaan tornin alle ja koska käytössä on kartussilaukaukset. Venäläiset latausautomaatit ovat tästä syystä mekaanisilta ratkaisuiltaan länsimaisia monimutkaisempia. **Kuva 166 ja 167.**



- 1 ketjutoiminen syöttökoneisto,
- 2 kasettien nostokoneisto
- 3 hylsynkantojen poistoluukku,
- 4 hylsynkantojen poistokoneisto,
- 5 poistoluukun käyttökoneisto,
- 6 kehtyksen käyttölaite,
- 7 pyörivän kuljettimen salvan käsikäyttölaite,
- 8 pyörivän kuljettimen salpa,
- 9 pyörivän kuljettimen kate (tornin lattia),
- 10 ylätukirulla,
- 11 pyörivän kuljettimen runko,
- 12 alatukirulla,
- 13 ylempi kuulakehä,
- 14 alempi kuulakehä,
- 15 lieriö,
- 16 kasetti,
- 17 tartuntalaite

Kuva 166 Taistelupanssarivaunun latausautomaatti (vanhempi malli)

Toiminta-ajatuksena on pyörivän kuljettimen kasetteihin vaakasuoraan sijoitettujen ammuksien ja kartussien (22 kpl) nostaminen kasetissa syöttölinjalle ja työntäminen putkeen ketjun avulla. Latausautomaatti myös ottaa putkesta ulosheitetyn hylsynkannan sieppaimeen ja heittää sen ulos tornista poistoluukun kautta.



Kuva 167 Taistelupanssarivaunun latausautomaatti (uudempi malli)

Toiminta-ajatuksena on pyörivään kuljettimeen vaakasuoraan sijoitettujen ammuksien ja pystyyn kanta ylöspäin sijoitettujen kartussien (28 kpl) nostaminen syöttölinjalle ja työntäminen putkeen ketjun avulla. Sieppaimeen tarttunut hylsynkanta jää vaunuun kouruunsa.

Eräissä taistelupanssarivaunuissa ja telatykeissä on **latauslaite**, jonka tehtävänä on avustaa lataajaa ampumatarvikkeen käsittelyssä. Laitteen automatiikan asteesta riippuen se voi noutaa ampumatarvikkeen varastopaikasta ja ladata sen tai ampumatarvikke on nostettava telineestään latauskouruun käsin ja laite huolehtii vain lataamisesta. Eräs laitevaihtoehto on **kuljetin**, joka tuo ampumatarvikkeen varastopaikasta lataajan ulottuville käsin latausta varten.

Ampumatoiminnan mahdollistamiseksi taistelupanssarivaunussa on laitteet maalin tähtäystä, osoitusta, tähtäämistä ja etäisyyden mittausta varten, tykin suuntaamista ja liikkuvassa vaunussa tykin suunnan säilyttämistä varten. **Ammunnanhallintajärjestelmä** muodostuu optisista laitteista, etäisyysmittarista, suuntauslaitteesta ja -koneistoista, vakaimesta, antureista ja laskimesta. Ammunnanhallintajärjestelmän tehtävänä on määrittää ampuma-arvot ja suunnata tykki siten, että saavutetaan suuri ensimmäisen laukauksen osumatodennäköisyys, joka on tulitoiminnan tärkein päämäärä.

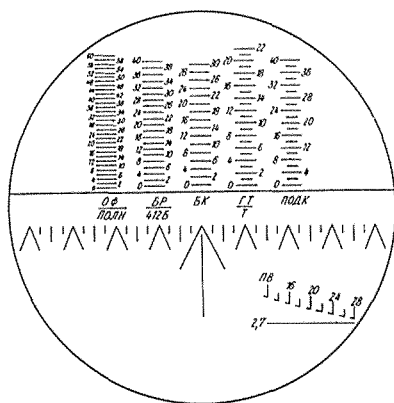
Ampuma-arvojen määrittämisessä ammunnanhallintajärjestelmä ottaa huomioon laskimelle etukäteen syötettynä yleiset sisäballistiikkaan vaikuttavat tiedot **putken kulumasta ja ruudin lämpötilasta**. Putken kuluma mitataan ampuma-kuntoisuustarkastuksessa. Putken kuluma voidaan huomioida myös lähtönopeuseroammuntojen tuloksista. Ruudin lämpötila mitataan. Ulkoballistisista tekijöistä laskin voi ottaa huomioon **ilmanpaineen, lämpötilan, tuulen suunnan ja nopeuden**. Sääanturi mittaa tuulen lisäksi myös ilmapaineen ja lämpötilan. Tuulianturin käytössä on huomioitava, että se mittaa tuulta vain vaunun sijaintipaikassa ja tuuliolosuhteet lentoradan varrella voivat olla erilaiset. Laitteiston kokonpanosta riippuen arvot syötetään etukäteen laskimeen tai laskin saa arvot reaaliaikaisina mittaustuloksina.

Etäisyys maaliin mitataan laseretäisyysmittarilla. Etäisyyden mitta-arvoja hyödynnetään laskettaessa maalin loittonemis- ja lähenemisnopeutta. Poikittaissuuntaiset nopeuskomponentit saadaan oman tähtäyssivukulmanopeuden perusteella.

Oman vaunun liiketila ja asento mitataan vaunuun sijoitetuilla antureilla. Tietojen perusteella laskin laskee ennakkopisteen valitulle ampumatarvikkeelle.

Edellytyksenä osumalle on tähtäyspisteen ja putken sisusakselin kohdistuksen oikeellisuus. Edellä on todettu lämpötilan vaikuttavan merkittäväällä tavalla ensimmäisten laukausten osumatodennäköisyyteen, koska putken sisusakseli on saattanut poiketa lämpölaajenemisen johdosta kohdistuspisteestä. Tämän virheen eliminoimiseksi on moderneissa ammunnanhallintajärjestelmissä **putkensuun paikan tarkistusjärjestelmä**. Se koostuu putken suuhun asennetusta peilistä, johon tähtäyspiste kohdistetaan tai tornin katolle sijoitetusta valolähteestä ja vastaanottimesta sekä putken suuhun asennetusta peilistä, jolla voidaan korjata havaittu virhettä aiheuttava poikkeama.

Vanhemmissa panssarivaunuissa on erillinen **tähtäyskaukoputki**, jolle asetetaan näkökentässä olevien asteikkojen avulla etäisyys ja ennako. **Kuva 168**.



Ylhäällä on 100 m:llä jaolliset korotusasteikot eri ampumatarvikkeille, keskellä piirujaollinen sivusuunta-asteikko ja alkaalla 100 m:lla jaollinen asteikko etäisyyden arviointia varten 2,7 metriä korkeillekohteille (tstpsv).

Kuva 168 Tähtäyskaukoputken näkökentän asteikot

Modernisoiduissa vaunuissa voi olla tähtäyskaukoputken lisäksi erillinen **laseretäisyysmittari**. Nykyaikaisissa vaunuissa on yhteen optiseen laitteeseen yhdistetty tähtäyspe-

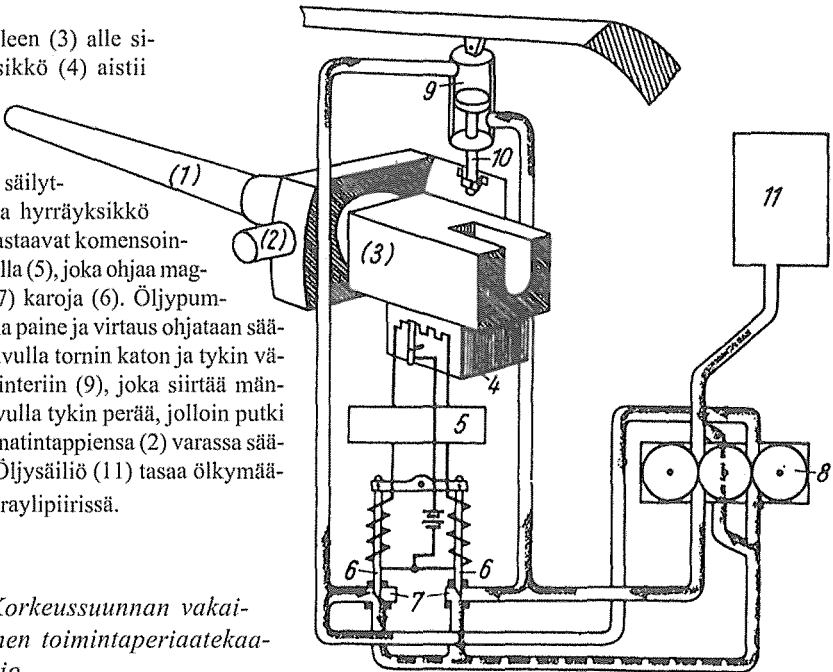
riskooppi ja laseretäisyysmittari. Laitteen toiminnan parantamiseksi se voi toimia **itse-näisen tähtäyslinjan periaatteella**, joka tarkoittaa, että ampuja voi pitää tähtäyskulmaketta koko ajan maalin kohdalla ja ammunnanhallintajärjestelmä suuntaa tykkiä lasketun ennakkokulman verran sivussa. Järjestelyllä eliminoidaan ampujan kulmakkeen siirto ennakkopisteen ja tähtäyspisteen välillä.

Pimeällä ja huonoissa sääolosuhteissa toimimista varten taistelu panssarivaunuissa tähtäimenä käytetään **lämpötähtäintä**, jolla voidaan havaita maalit niin pimeällä kuin myös sumun ja savunkin läpi. **Valonvahvistin** edustaa edellistä laitesukupolvea ja on lämpötähtäimen ohella passiivinen laite. Ensimmäisen sukupolven pimeänäkölaitteet ovat aktiivisia **infrapunaperiskooppeja**, jotka toimiakseen edellyttävät maalin valaisemista infrapunavalonheittimellä.

Tykin suuntaus tähtäyspisteeseen ja siirto ennakkopisteeseen laukausta ennen tapahtuu **vakaimella**. Vakain on sähköhydraulinen järjestelmä, jonka tehtävänä on pitää tykki ampujan määrittelemässä sivu- ja korkeussuunnassa riippumatta vaunun liikkeistä tai siirtää tykkiä ampujan haluamalla nopeudella haluamaan suuntaan. Korkeussuunnan vakaimen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 169. Sivusuunnassa vakain toimii vastaavalla tavalla, mutta se käyttää sähköistä tai hydraulista sivusuuntausko-neistoa.

Ampuja käyttää sekä vakainta että tähtäintään **suuntauslaitteella**. Suuntauslaite on ergonomisesti muotoiltu kahva, jossa on painikkeet ja vivut tärkeimmille toiminnoille. Ampujan painaessa laukaisupainonappia putki siirtyy ammunnanhallintajärjestelmän laskimen laskemaan ennakkopisteeseen. **Kuva 169.**

Tykin peräkappaleen (3) alle sijoitettu hyrräyksikkö (4) aistii vaunun pitkitäissuuntaisen heilunnan ja hyrrien pyrkiessä säilyttämään asentonsa hyrräyksikkö antaa heiluntaa vastaavat komensointiarvot vahvistimella (5), joka ohjaa magneettiventtiilien (7) karoja (6). Öljypumpun (8) aiheuttama paine ja virtaus ohjataan säätöventtiilien (7) avulla tornin katon ja tykin välissä olevaan sylinteriin (9), joka siirtää männänvaren (10) avulla tykin perää, jolloin putki (1) keinahtaa kannatintappiensa (2) varassa säädettyyn arvoon. Öljysäiliö (11) tasaa ölkymäärän vaihtelut hydrauliipirissä.

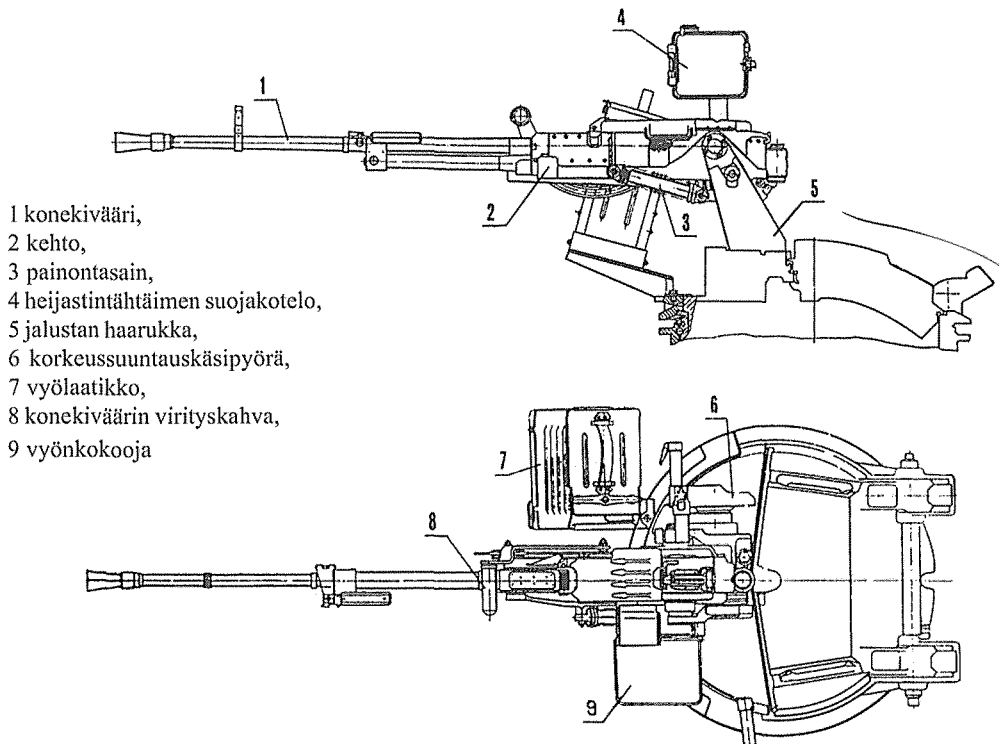


Kuva 169 Korkeussuunnan vakaimen toimintaperiaatekaavio

Ammunnanhallintajärjestelmän **laukaisuportti**-toiminto tarkastaa vielä ennen laukaisuvirran päästämistä iskukoneistolle vakaimen tykille antaman asennon ja vertaa sitä laskettuihin arvoihin. Mikäli vaunun heilahduksesta arvot eivät täsmää, ei laukaisuportti ”avaudu” eli päästökytkimet eivät sulje laukaisuvirtapiiriä, ennen kuin putki on laskeutussa asennossa. Päästökytkimien avulla estetään vakaimen toimintaviiveestä johtuvat harhalaukaukset.

Kun vaunun johtaja havaitsee maalin hän voi käyttää **maalinosoitustoimintoa**, jolloin vakain suorittaa tykin kääntämisen johtajan tähtäys- tai tähystyslaitteen osoittamaan suuntaan. Johtajan antama komento ohittaa ampujan komennot. Eräissä järjestelmissä johtajan periskooppi ja hallintalaitteet mahdollistavat myös tykin laukaisun ja/tai etäisyyden mittauksen.

Useimmissa taistelupanssarivaunuissa on tornissa **konekivääri** lähipuolustusta varten. Konekiväärillä ammuttaessa on sen käyttäjän oltava osa ylävartaloa ulkona. Konekivääri on usein asennettu siten, että sillä kyetään pinta-ammunnan lisäksi myös ilma-ammuntaan. Se on asennettu tornin luukkuun siten, että sillä on pyörintämahdollisuus kaikkiin suuntiin. Uusimmissa venäläisissä panssarivaunuissa ilmatorjuntakonekivääriä voidaan käyttää myös luukun alta luukun etuosan sivulla olevan tähtäimen ja kaukokäyttölaitteiden avulla. **Kuva 170.**



- 1 konekivääri,
- 2 kehto,
- 3 painontasain,
- 4 heijastintähtäimen suojakotelo,
- 5 jalustan haarukka,
- 6 korkeussuuntauskäsipyörä,
- 7 vyölaatikko,
- 8 konekiväärin virityskahva,
- 9 vyönkokoaja

Kuva 170 Tornin luukkuun asennettu ilmatorjuntakonekivääri

Alustaksi kutsutaan teräksestä tai muusta metallista valmistetun hitsatun ja/tai vale-tun rakenteen, rungon, ja siihen kiinnitettyjen laitteiden ja järjestelmien muodostamaa kokonaisuutta. Alustassa on paikka ajajalle. Alustan tärkein komponentti on **moottori**, joka on panssarivaunuissa monipolttoainedieselmoottori tai kaasuturpiini (teho 700—1500 hv). Dieselmoottorin toiminnan mahdollistamiseksi alustassa ovat:

- polttoainejärjestelmä (säiliöt, pumput, suodattimet, putkisto)
- voitelujärjestelmä (säiliö, pumput, puhdistimet, jäähdytin, venttiilit, putkisto)
- jäähdytysjärjestelmä (pumppu, jäähdytin, tuuletin, kaihdin, putkisto)
- esilämmitysjärjestelmä (lämmityslaite, siirtoputkisto, lämmitysputkisto ja -kanavat)
- ilmaottojärjestelmä (ilmanpuhdistin, putkisto, (ahdin,) imusarjat)
- pakokaasunpoistojärjestelmä (pakosarjat, (ahdin,) pakoputket, pölyn-poistoputkisto)
- paineilmajärjestelmä (kompressori, paineensäädin, venttiilit, suodattimet, ilmasäiliöt, moottorin ilmanjakolaite, muut ilmakäyttöiset laitteet, putkisto)
- hydraulijärjestelmä (säiliö, pumppu, suodattimet, venttiilit, toimilaitteet, putkisto).

Alustassa on edellä mainittujen järjestelmien lisäksi ajajan tilaan kuuluvat hallinta- ja valvontalaitteet sekä tangostot, putkistot ja kaapelointi laitteiden käyttämiseksi, joko mekaanisesti, hydraulisesti tai sähköisesti.

Moottorin tuottama voima siirretään mekaanisissa **voimansiirtoratkaisuissa** pääkytkimen, vaihteiston, ohjaukoneistojen ja sivuvälityksien kautta vetopyörille. Ohjaus ja jarrutus tapahtuu ohjauksauvoilla mekaanisesti ohjaus- ja telajarruja käyttäen. Voimansiirtoratkaisut perustuvat voimansiirtoon, jossa on momentinmuunnin, automaattivaihteisto siihen yhdistettyine hydrostaattisine ohjaukoneistoineen, mekaaninen tai hydraulijarru sekä sivuvälitykset. Panssarivaunun ohjaus tapahtuu ohjaustangolla tai ratilla ja toimilaitteita ohjataan sähköisesti ja/tai hydraulisesti.

Alustan liikuttamiseksi tarvitaan **kannatinlaitteet**, jotka koostuvat telakoneistosta ja jousituksesta. **Telakoneistoon** kuuluu telaketjujen lisäksi vetopyörät, ylä- ja alatelapyörät, johtopyörät ja niiden yhteydessä olevat telankiristyslaitteet. Telan sekä veto- ja johtopyörien kulumisesta johtuva telan löystymisen kompensointi ja eri ajo-olosuhteisiin tarvittava erilainen telankireys saadaan aikaiseksi telankiristyslaitteella, joka siirtää johtopyörän asemaa samalla muuttaen telan kireyttä. **Jousitukseen** kuuluvat jouset, hydrauliset heilahduksenvaimentimet, mekaaniset iskunvaimentimet ja kiinteät rajoittimet. Panssarivaunun jousituksen periaatteena on jokaisen alatelapyörän itsenäinen ripustus.

Edellä mainittujen laitteiden lisäksi alustassa on sähkön tuottamiseen ja varastointiin tarvittavat laitteet ja osa kulutuskohteista. Sähköä tuotetaan moottorista käyttövoimansa saavalla suuritehoista **latausgeneraattorilla** (teho 5—20 kW). Sähkö varastoidaan **akkuihin**. Eräissä vaunumalleissa on erillinen kaasuturpiini- tai dieselmoottorikäyttöinen generaattori tuottamassa sähköä silloin, kun ajomoottori ei ole käynnissä.

Tärkein panssariajoneuvossa oleva lisäjärjestelmä on sen **puhelulaite** ja siihen liittyvät radiot ja muut viestivälineet. Puhelulaitteeseen kytkettyjen **vaunupäähineiden** avulla miehistö voi keskustella keskenään ja olla puheradioyhteydessä toisiin vaunuihin. Pans-

sariajoneuvojen puheradiot toimivat VHF-alueella ja niillä saadaan marssiantennia käyttämällä normaaliolosuhteissa riittävä yhteys (10—15 km). Moderneissa panssariajoneuvoissa oleva teknisen kunnan informaatiokeruujärjestelmä ja panssariajoneuvojen väliseen taistelutilanne- ja maalitietojen välittämiseen tarkoitettu järjestelmä edellyttää ajoneuvon asennettuja datasiirtoon tarkoitettuja yhteyksiä ja dataliikenteeseen sopivaa radiokalustoa. Taistelu- ja maalitietojen esittämiseen on miehistöllä näyttö- ja käyttölaitteet.

Palontorjuntajärjestelmän tarkoituksena on optisten ja lämpöanturien avulla havaita liekit, ontelokranaatin läpäisyn aiheuttama tulisuihku tai liiallinen lämmön nousu. Se pysäyttää moottorin ja laukaisee sammutusainepullo(t), jolloin siinä oleva sammutusaine purkautuu suurella paineella ja nopeudella täyttäen vaunun sisätilat sekunnin murto-osassa. Näin estetään varsinaisen tulipalon syttyminen ja vaunun ampumatarvikkeiden räjähtäminen. Palontorjuntajärjestelmä on yhdistetty suojelujärjestelmään ja se pysäyttää tuulettimet sammutuksen ajaksi ja käynnistää ne sammutuksen jälkeen vaunun tuulettamiseksi. Moottorin ja tuulettimien pysäyttämisen tarkoituksena on paloa ylläpitävän hapen tulon estäminen vaunuun.

Suojelujärjestelmän tarkoituksena on mitata anturien avulla radioaktiivista säteilyä ja taisteluainepitoisuuksia. Raja-arvojen ylityksen jälkeen suojelujärjestelmä laukaisee vaunun tiivistyslaitteet ja käynnistää painetuulettimen. Tiivistyslaitteilla suljetaan vaunussa normaalisti aina auki olevia aukkoja. Miehistön on suljettava omat luukkunsa. Painetuuletin puhaltaa vaunuun aktiivihiihliisuodattimen läpi puhdistettua ilmaa ja saa aikaan ylipaineen, jolla estetään saasteiden pääsy vaunuun. Panssarivaunu voi suojelujärjestelmän ansiosta ylittää saastuneen alueen. Suojelujärjestelmään kuulumattomina osina vaunuun asennetut säteilysuojalevyt ja sisäpuoliset sirpalesuojalevyt vaimentavat myös panssaroinnin läpi tulevaa alkusäteilyä. Paksu panssarointi itsessään vaimentaa säteilyä merkittävästi. Ilmatiiiviisti suljettu vaunu suojaa miehistöä myös paineallolta.

Taistelupanssarivaunun ominaisuuksiin kuuluva **syväkahlaus** alle 5 m syvyisessä vedessä edellyttää vaunun tiivistämistä ja ilmanoton järjestämistä moottorille ja miehistölle. Kaikki vaunun aukot suljetaan tiivistein, peitelevyin tai tiivistysrasvalla. Torniin asennetaan syväkahlausputki, jota pitkin ilmanotto taistelutilaan miehistölle ja siitä edelleen moottorille tapahtuu. Moottorin jäähtytyksen puuttumisen johdosta syväkahlausmatka on rajoitettu noin yhteen kilometriin. Panssarivaunu suunnistaa veden alla suuntahyrrän avulla ja on vedestä noustuaan välittömästi taisteluvalmis.

Taistelupanssarivaunussa on huonoja näkyvyysolosuhteita ja syväkahlausta varten **suuntahyrrä**, jonka avulla voidaan tarkkailla kulkusuuntaa. Moderneissa vaunuissa ja erityisesti komentoversioissa on täydellinen pohjoishyrrällä varustettu **inertiapaikantamislaitte** karttanäyttölaitteineen tai **satelliittipaikantamislaitte**.

Panssarivaunun suojaamiseksi niissä voi olla kaksi erillistä suojasavujärjestelmää. **Pakokaasusavutusjärjestelmä** toimii siten, että sähköisellä pumpulla ruiskutetaan dieselpolttoainetta moottorin kuumiin pakosarjoihin, joissa se höyrystyy ja tuottaa runsaas-

ti vaaleanharmaata savua. Pakokaasusavutusjärjestelmän huonona puolena on savu-
verhon pysyminen vaunussa kiinni, purkautumisen tapahtuminen pakoputkesta tilan-
teeseen nähden kenties epäedullisesta suunnasta ja savuverhon antama suoja vain nä-
kyvän valon aallonpituudella. **Savunheittimillä** voidaan saada aikaiseksi heittimien
suuntaan 50—200 m päähän vaunua suojaava savuverho, jonka takana vaunu voi käänt-
yä ja ajaa suoja-asemaan. Savuheitteiden ainekoostumuksesta riippuen ne voivat an-
taa suojan myös lämpökameroita vastaan niiden toiminta-aallonpituusalueella. Savu-
heitteiden lisäksi heittimillä voidaan heittää lähipuolustukseen tarkoitettuja sirpalekra-
naatteja ja panssarintorjuntaohjuksen häirintä- ja valemaaliheitteitä.

Panssarivaunun miehistön varoittamiseksi sitä uhkaavasta vaarasta ovat panssarivau-
nut varustettu **laservaroittimilla**, jotka tunnistavat maalinvalaisu- ja etäisyydenmitta-
uslasereista lähtevän säteilyn. Varoittimet on sijoitettu ympäri vaunun tornia ja ne il-
moittavat näyttölaitteessa lasersäteilyn suunnan. Laite voi toimia puoliautomaattisesti
tai automaattisesti. Viimeksi mainitulla käytötavalla keskusyksikkö käynnistää suo-
jaustoimet kääntämällä tornin säteilylähteen suuntaan ja laukaisemalla suojasavunheit-
timet. Savuverhon suojassa vaunu voi nopeasti vaihtaa asemaa ja välttää osuman.

Panssarivaunuihin on kehitteillä myös akustisia varoittimia, jotka on erityisesti tarkoi-
tettu varoittamaan helikoptereista. Panssarintorjuntaohjusvaroittimet varoittavat vau-
nua kohti ammutusta panssarintorjuntaohjuksesta.

Maansiirtotöitä varten taistelupanssarivaunuissa on asennettuna tai niihin voidaan kiin-
nittää lisävarusteena **puskulaite**. Sen avulla panssarivaunu voi kaivaa pehmeähkään
maahan itselleen tuli- tai suoja-aseman, raivata ajouraa murresteisiin ja hävitteisiin sekä
valmistella kahlaamojen ranta-alueita veteenajoa varten.

Miinanraivausta varten panssarivaunujen keulassa oleviin kiinnittimiin voidaan kiinnit-
tää erilaisia raivausvälineitä kuten **miinajyrät**, **miina-aurat** ja/tai **heräteraivain** ja
perään raivatun uran **merkintälaitteet** (piirtokärjet ja merkkisoihtukasetti).

4 PANSsarIVAUNUKANUUNAN AMPUMATARVIKKEET

Maalin ja tulitehtävän laadun perusteella valitaan tehtävään soveltuva ampumatarvike,
jolla saadaan aikaiseksi haluttu vaikutus. Taistelupanssarivaunun vaikutus päämaalei-
hin saadaan aikaiseksi ampumatarvikkeilla, joilta edellytetään riittävää ballistista tark-
kuutta, lähtönopeutta, läpäisyä ja läpäisyn jälkivaikutusta tai sirpalevaikutusta. Lähtö-
nopeuden ja sen myötä lentoajan merkitys kaikilla ampumatarvikelajeilla kasvaa ampu-
maetäisyyden kasvaessa, koska lennon aikana maali saattaa poiketa ennakkoon laske-
tusta maalipisteestä ja osumatodennäköisyys pienenee. Ampumatarvikkeiden läpäisyy-
n vaikuttavat kemiallinen energia tai liike-energia, ammuksen materiaali ja kärjen muoto
sekä iskukulma.

Taistelupanssarivaunussa on perinteisesti käytetty patruunalaukauksia, koska niiden käsittely on nopeampaa ja yksinkertaisempaa vaunun sisällä. Mekaaniset latauksen apuvälineet helpottavat lataajan työtä ja nopeuttavat suoritusta. Automaattisella latauksella varustetuissa vaunuissa käytetään nykyisin kartussilaukauksia. Uudet ampumatarvikkeet on varustettu palavilla hylsyillä, joita käytettäessä vältytään vaunun sisälle jäävien hylsyjen ja niistä lähtevän myrkyllisten kaasujen tuomista ongelmista. Pääosa panssarivaunujen ampumatarvikkeista on varustettu valojuovapanoksella tähyystämisen helpottamiseksi. Ampumatarvikkeet on sijoitettu vaunun taistelutilaan telineisiin ja pitimiin tai tornin takaosaan erilliseen tilaan, joka on suunniteltu siten, että osuman saadessaan ampumatarvikkeiden räjähdyksestä syntyvä paine purkautuu ylös ja sivuille eikä vaurioita tornin sisäosaa. Ampumatarvikemäärä taistelupanssarivaunuissa vaihtelee 40—60 laukauksen välillä.

Taisteluampumatarvikevalikoimaan kuuluvat **maalien tuhoamiseen tarkoitetut laukaukset**

- nuolimainen pyrstövakavoitu alikaliiperiammuslaukaus irtoavilla ohjausosilla (APFSDS),
- alikaliiperiammuslaukaus irtoavilla ohjausosilla (APDS)
- alikaliiperiammuslaukaus kiinteillä ohjausosilla (HVAP)
- panssariammuslaukaus (AP)
- panssarikranaattilaukaus (APHE)
- ontelokranaattilaukaus (HEAT)
- sirpalekранаattilaukaus (HE-FRAG)
- tärykранаattilaukaus (HESH)
- sytytyskранаattilaukaus (HEI)
- fosforikранаattilaukaus (WP)
- nuolisrapnellilaukaus ja
- panssarintorjuntaohjuslaukaus.

Erikoisampumatarvikkeisiin kuuluu

- valaisuammuslaukaus (ILL).

Harjoitusampumatarvikkeina käytetään

- harjoituslaukaus (TP)
- paukkulaukaus (BL)
- latausharjoituslaukaus.

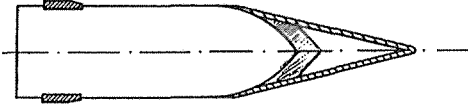
Panssari- ja alikaliiperiammukset läpäisevät panssarin pienen poikkipinnan alalle keskittetyyn liike-energian avulla. Suuretta sanotaan **poikkipintaenergiaksi** (I_E), joka on yhtälön (24) mukaisesti suoraan verrannollinen ammuksen massa (tiheyteen ja tilavuuteen) ja nopeuden neliöön sekä kääntäen verrannollinen ammuksen poikkipintaan.

Kuva 171.

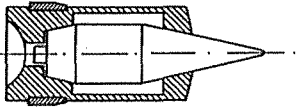
Yhtälö (24)
$$I_E = E_{kin}/A = m_a v^2/2A, \text{ jossa}$$

$$m_a = \text{ammuksen massa}$$

$$A = \text{ammuksen poikkipinta-ala}$$



Ballistisella kärjellä ja kärkikappaleella varustettu tasa-aineinen panssariammus



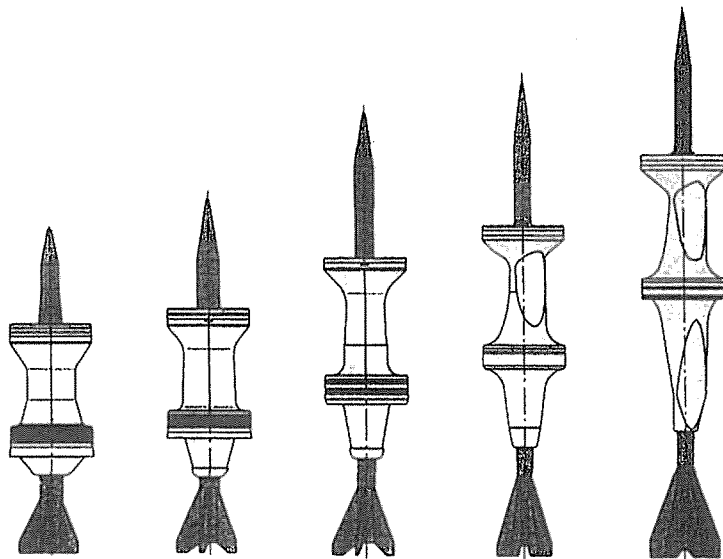
Irtoavalla ohjausosalla varustettu alikaliiperiammus



Pyrstövakavoitu nuolimainen irtoavilla ohjausosilla varustettu alikaliiperiammus.

Kuva 171 Liike-energiaan tuho vaikutuksensa perustavat ammustyypit

Panssariammukset ovat täyskaliiperisia erikoisteräksestä tehtyjä tasa-aineisia ammuksia. Niistä kehitys johti kovametalliytimellä varustettuihin täyskaliiperisiin ammuksiin ja edelleen alikaliiperiammuksiin. Alikaliiperiammuksen käyttöönotolla on saatu pienennettyä läpäisevän projektiilin poikkipintaa ja siten kasvatettua poikkipintaenergiaa. Alikaliiperiammuksien tehon lisäämiseksi on nostettu lähtönopeutta ja massaa sekä pienennetty poikkipinta-alaa. Näin ovat syntyneet nuolimaiset pyrstövakavoidut alikaliiperiammukset. Nopeutta kasvatetaan panoksen tehoa nostamalla ja käyttämällä rihlattomia, sileäputkisia pitkiä panssarivaunukanuunoita, joissa rihlojen aiheuttama kitka ja johtorenaan muokkautumiseen kuluva energia voidaan käyttää nopeuden eduksi. Rihlattoman tykin käyttöönotto edellyttää ammuksien vakavoimista pyrstön avulla. Pitkä, ohut ja painava nuoliammus menettää vähemmän nopeuttaan lennon aikana pienemmän ilmanvastuksen johdosta ja tulonopeus eli liike-energia on suuri maalissa. Nuoliammus on myös vähemmän herkkä sivutuulelle pienemmän sivupinta-alansa ja suuren nopeuden johdosta. Sen pituus ja suuri raaka-aineen tiheys antavat sille suuren massan, joka keskitettynä pienelle poikkipinnalle antaa hyvän läpäisykyvyn. Nuoliammuksien tehoa kuvaavana suureena on poikkipintaenergian lisäksi pituuden ja halkaisijan suhde eli L/D-suhde. **Kuva 172.**



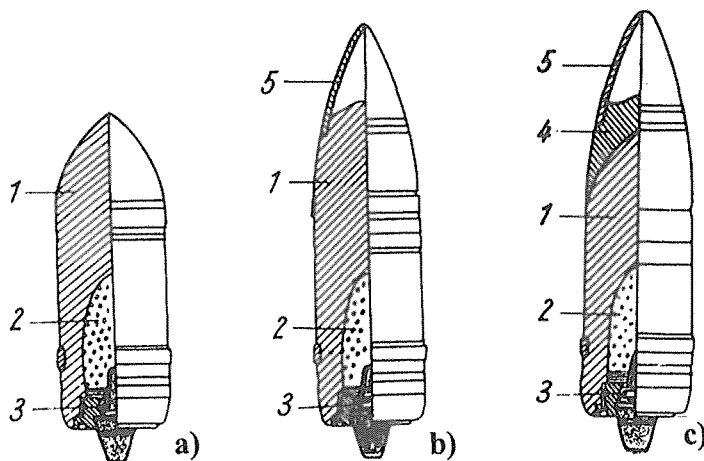
Kuva 172 *Pyrstövakavoitujen nuolimaisten alikaliiperiammusten kehittyminen. Nuoli-ammuksen oheneminen ja piteneminen sekä ohjausosien rakenteen muutokset ovat kuvassa selvästi havaittavissa. Ensimmäinen malli on 1970-luvun alusta ja viimeisin 1990-luvun puolivälistä.*

Modernien pyrstövakavoitujen nuoliammuksien lähtönopeus on 1500—1800 m/s, massa 4—8 kg, halkaisija 25—35 mm ja L/D-suhte 15—30. Nuoliammus on valmistettu yleensä wolframiseoksesta. Nuoliammuksen ohentamisella on raja-arvona läpäisyn jälkivaikutuksen pienentyminen, pitkästä L/D-suhteesta johtuva värähtely, mekaaninen lujuus ja tilantarve.

Panssarikranaatin teho perustuu ensin sen läpäisyvaikutukseen liike-energian avulla ja toiseksi pohjaiskusyttimen avulla tapahtuvaan räjähtämiseen panssarivaunun sisällä.

Kuva 173.

- 1 kuori,
- 2 räjähdysaine,
- 3 pohjaiskusyttin,
- 4 kärkikappale,
- 5 ballistinen kärki



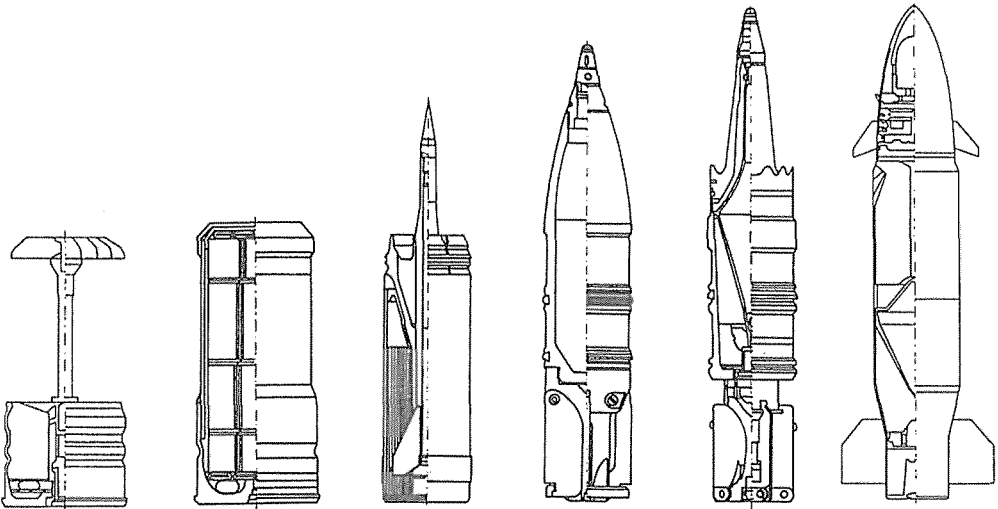
Kuva 173 *Panssarikranaatin eri malleja. a) panssarikranaatti, b) panssarikranaatti ballistisella kärjellä ja c) panssarikranaatti ballistisella kärjellä ja kärkikappaleella.*

Panssarikranaatin kimpoamisen estämiseksi niiden kärjen edullisin muoto on tylppä, joka ei kuitenkaan ole edullista ballistiikan kannalta. Tämän johdosta panssarikraanattien kärkeen on tehty ohuesta aineesta terävä ballistinen kärki ja sen taakse varsinaisen kovan kuoren eteen pehmeästä teräksestä tylppä kärkikappale, jonka tehtävänä on leikkautua kiinni panssariin ja estää kimpoaminen.

Panssarivaunun pääampumarvikkeena on nuolimainen alikaliiperiammus, jonka pyssyttäminen on mahdollista vain panssaroinnin paksuutta ja lujuutta lisäämällä. Sen suuri nopeus ja lyhyt lentoaika parantavat osumatodennäköisyyttä.

Toissijaisena ampumarvikkeena ovat ontelokraanaatit, jotka kehittyvät monitoimiammuksiksi ja niillä voidaan korvata tavanomaiset sirpalekraanaatit ammuttaessa panssarimattomiakin maaleja. Ontelokraanatin tehoa maalissa voidaan pienentää panssarin paksuntamisen lisäksi erilaisin aktiivisin lisäpanssarein, jotka heikentävät ontelohanoksen läpäisyä. Maalin rakenteesta, iskukohdasta ja iskukulmasta riippuen saattaa ontelokraanatin räjähdysetaisyys vaihdella ja ihanne-etaisyys ei päästä läheskään aina. Panssarivaunun kyljissä olevat sivusuojalevyt, varustelaatikot ja muut laitteet ja varusteet heikentävät ontelokraanatin tehoa. Alikaliiperiammukseen niillä ei ole juurikaan vaikutusta. Ontelokraanatin huonona puolena on myös pitkä lentoaika.

Lisäksi käytetään sirpale- tai tärykraanaattia. Eräiden taistelupanssarivaunujen ammunnanhallintajärjestelmää on kehitetty siten, että niillä voidaan ohjata myös tykin putkesta ammuttavia panssarintorjuntaohjuksia. Putkesta ammuttavan panssarintorjuntaohjuksen käyttöön lienee merkittävin syy parantaa osumatodennäköisyyttä pitkillä ampumetaisyyksillä ja lisätä maksimiampumetaisyyttä. **Kuva 174.**



1 pst-ohjuksen ulosheittopanos, 2 panos palavassa hylsyssä, jonka kantaosa (n 1/3 korkeudesta alhaalta) on teräksestä, 3 pyrstövakavoitu alikaliiperiammus lisäruutipanoksella, 4 pyrstövakavoitu iskusytyttimellä varustettu sirpalekraanaatti, 5 pyrstövakavoitu ontelokraanaatti, 6 lasersädeohjattu pst-ohjus

Kuva 174 Esimerkki 125 mm panssarivaununukuunan ampumarvikevalikoimasta

G RAKETINHEITTIMET

1 YLEISTÄ

Raketinheitimet ovat moniputki tai -laukaisukiskoisia aseita. Niiden kantama on 15—70 km. Taistelukärkenä voi olla myös ydinräjähdde. Niille on ominaista suuri hetkellinen tulinopeus. Ne ovat yleensä sijoitettu liikkuvalla alustalla (pyörä tai tela), jonka ansiosta ne ovat nopeasti siirrettävissä uuteen tuliasemaan. Varsinainen ase on aina moniputkinen ja laukaisu tapahtuu sähköisesti. Kalliiperit vaihtelevat 122 mm:stä yli 300 mm:iin.

Raketinheitin on rekyylitön ase, jossa voidaan erottaa seuraavat pääosat:

- **varsinainen ase**, johon sisältyy putkipakka tai laukaisukiskot
- mahdollinen **latauslaite**
- **käyttö- ja ohjausjärjestelmä**, johon sisältyy **suuntaus- ja laukaisujärjestelmä**
- **alusta**, johon sisältyy ajoneuvolavetti erilaisine valvonta- ja varojärjestelmineen

Esimerkkinä käytetään 122 mm raketinheitintä m/89. Putkipakassa on 40 rakettia, jotka voidaan laukaista 0.5 s välein eli 40 rakettia laukaistaan 20 s:ssä. Suurin kantama on noin 20 kilometriä. **Kuva 175.**



Kuva 175 122 Raketinheitin 89

Alustana on raskas maastokuorma-auto. Ajoneuvon ohjaamossa on **latauslaitteen ja laukaisujärjestelmän** ohjausyksikkö.

Putki on ohutseinäinen sileä putki, jossa on nousullinen ohjausura rakettia varten. Putken tehtävänä on suunnata raketti lentoradalleen ja pitää raketti paikoillaan, kunnes

työntö on sopiva säännönmukaisen lentoradan muodostamiselle. Putki toimii myös taistelukärjen kuljetustilana.

Lataaminen tapahtuu sähköhydraulisella **latauslaitteella**, joka sijaitsee ajoneuvon alustalla, putkipakan edessä. Koko **putkipakka** voidaan ladata yhdellä kertaa. Raketit asetetaan latauslaitteeseen käsin, joko erillisestä latausajoneuvosta tai kuljetuslavalta.

Raketit voidaan laukaista joko ajoneuvon ohjaamosta tai kaukolaukauslaitteen laukaisukaapelin välityksellä heittimen sivulta. Laukaiseminen tapahtuu sähköisesti kertatullella tai sarjatullella. Raketit eivät lähde putkipakasta riveittäin, vaan hajajärjestyksessä, jotta ne eivät häiritse toisiaan lennon alkuvaiheessa, jolloin raketin ruutipanos palaa. Samalla aseeseen kohdistuva vääntömomentti vähenee. **Kuva 176.**



Kuva 176 *Raketinheitin ammunnessa*

Käyttö- ja ohjausjärjestelmä on sähkötoiminen. Heittimen karkea suuntaus tapahtuu käsiohjatuna sähköllä ja hienosuuntaus käsisuuntauksena. Aseeseen kuuluu sähköinen rajoitinjärjestelmä, joka estää ampumisen suuntaan, joka ei ole turvallinen heittimen rakenteen ja käyttöhenkilöstön kannalta. Ampuma-arvot määritetään ja suunta kiinnitetään saman periaatteen mukaan, kuin kenttätäytteilläkin.

2 RAKETTI

122 mm:n rakettiin kuuluvat

- moottori
- taistelukärki
- sytytin

- ohjausosa ja
- jarrurenkaat.

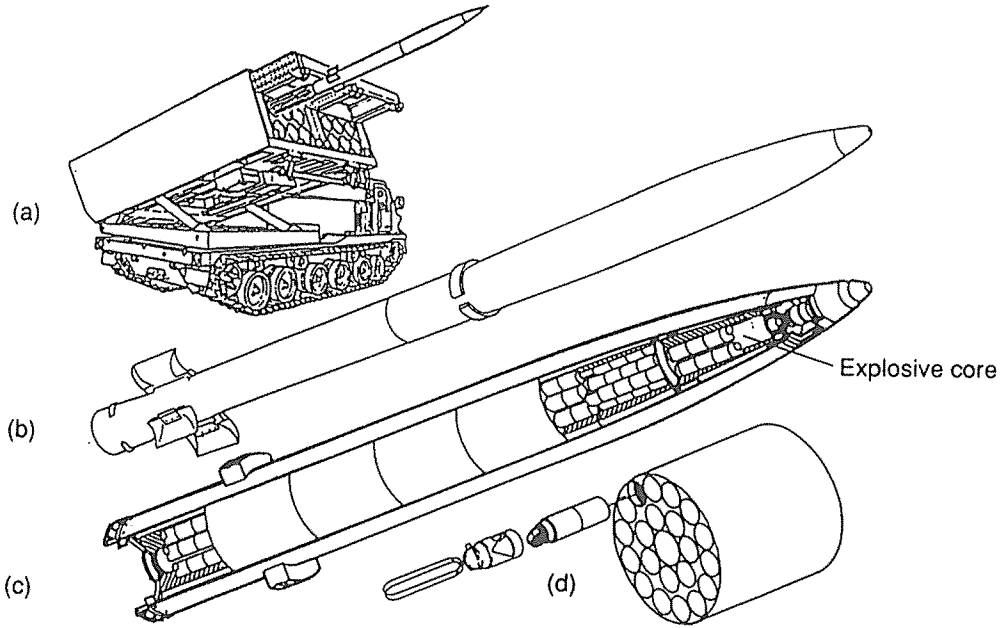
Jarrurenkailla säädetään raketin tulokulma sopivaksi eri ampumaetäisyyksillä. Raketissa ruuti syttyy runkoputkessa joka toimii panoskammiona synnyttäen paineen, joka on tarpeen irrottamaan raketti saksipidättimistä ja työntämään se ulos putkesta. Ajoaine jatkaa palamista lentoradalla ja ruudin polttaminen tapahtuu palokammiossa kiihtyvällä palamisella ja tasaisella paineella. Paine raketin palokammiossa on noin 60 MPa ja suuttimessa 10—20 MPa. Kiihdyttäminen loppunopeuteen (n. 700 m/s) tapahtuu 1,87 sekunnin palojalla, jolloin raketti on noin 1000 metrin etäisyydellä aseesta.

Aerodynaamisen vakavoinnin vuoksi raketin siivet on sijoitettu raketin takaosaan, massakeskipisteen ja aerodynaamisen painepisteen takapuolelle. Siivet ovat taittuvia ja ne avautuvat sekä lukittuvat raketin putkesta ulostulon jälkeen.

Raketti vakavoidaan lentoradalla antamalla sille putken nousullisen uran avulla 500 r/min pyörimisnopeus. Pyörimistä ylläpitävät lentoradalle kaltevaan asentoon kiinnitetyt pyrstösiivekkeet. Pyörimisvakavoidun raketin stabilointiin tarvittava pyörimisnopeus voidaan laskea vastaavasti kuin kranaateilla. Ulkomittojen aiheuttama rajoitus hyvälle pyörimisvakavonnille on pituus/halkaisija suhde: $L/D < 7$.

Rakettien etuna perinteiseen ammusetekniikkaan verrattuna on se, että hidas kiihtyvyys mahdollistaa mekaanisille rasituksille herkkien elektronisten laitteiden sijoittamisen hyötykuormaan. Sotilaskäyttöön tarkoitetuissa raketeissa käytetään kiinteää, vallettavaa komposiittiruutia. Ruuti on pitkää putkiruutia, jossa keskiaukko voi olla myös tähdenmuotoinen. Ulommaisena on eristekerros, jonka tehtävänä on ehkäistä palaminen ulkopinnolta. Ajoaine on sijoitettu tilaansa siten, että eristekerros on liimattu panoskammion pintaan kiinni.

Uusinta rakettitekniikkaa edustavat tytäkranaatteja sisältävät kuormaraketit. **Kuva 177.** Esimerkkinä on NATO:n MLRS -järjestelmä, jossa käytetään ohjautumattomia raketteja. Telavetoinen alusta koostuu kahdesta putkipakasta, joissa kummassakin on kuusi rakettia eristetyssä tilassa. Lataaminen toimii siten, että putkipakka vaihdetaan kerrallaan. Tällaisen asejärjestelmän etuna on kyky keskittää suuri tulivoima lyhyessä ajassa kaukana (30—40 km) oleviin maaleihin. Kukin raketti sisältää 644 tytäkranaattia. Kun järjestelmän maksimitulinopeus on 12 rakettia minuutissa, saadaan yhteensä 7728 tytäkranaattia kohteeseen minuutin aikana. Haittana on, että raketit ovat epätarkempia kuin kranaatit, ne ilmaisevat ampumapaikan sekä tarvitsevat suuremman latausajan ja niiden huolto on raskaampaa. Lisäksi raketissa on vain yksi ajopanos, joten ampumaetäisyyden muuttaminen perustuu lähtökulman säätämiseen. Raketin suuri lataustila mahdollistaa myös erityyppisten miina- ja häirintäammusten käytön.



Kuva 177 MLRS-kuormaraketin rakenneperiaate

H KRANAATINHEITTIMET

1 YLEISTÄ

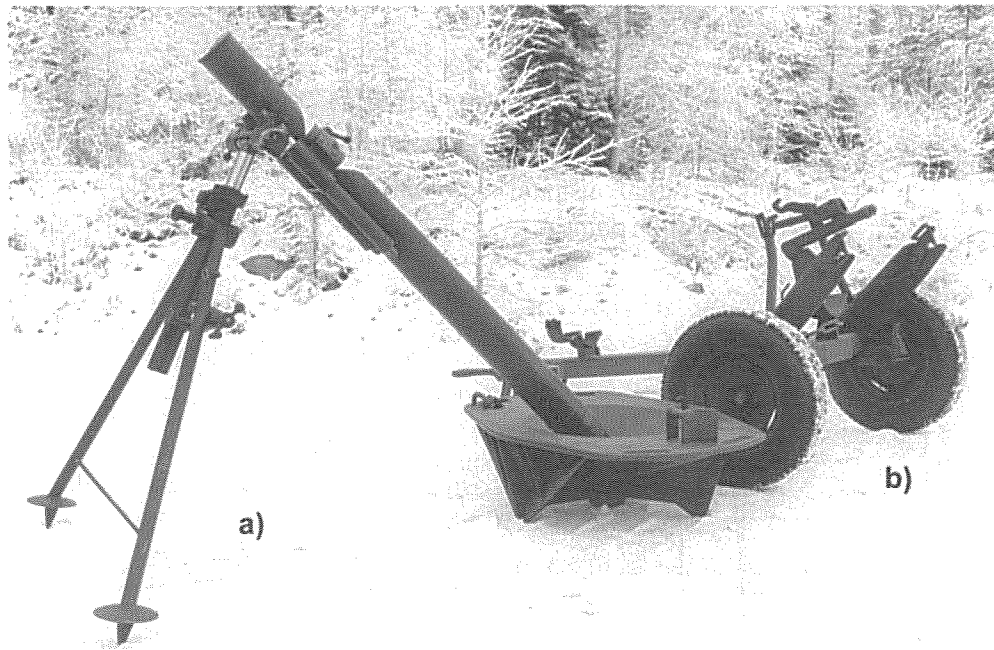
Kranaatinheittimille on ominaista suuri tulen teho suojautumatonta elävää voimaa vastaan. Se johtuu sekä kranaatin edullisesta iskukulmasta että aseiden suuresta tulinopeudesta. Aseen rakenne on yksinkertainen ja suhteellisen halpa. Ampumatarvikkeiden valmistus sopii hyvin tavanomaisille joukkotuotantomenetelmille.

Kranaatinheittimet ovat kehittyneet ensimmäisen maailmansodan aikaisista yksinkertaisista sileäputkisista miinanheittimistä. Tavallisesti kranaatinheittimen ammuksat ovat pyrstövakavoituja. Pyrstövakavoidun ammuksen aerodynamiikka ei ole edullinen pitkällä ampumaetäisyyksillä. Tämän vuoksi on kehitetty myös rihlattuja heittämiä, joiden ampumatarvikkeet ovat tykistön kranaattien kaltaisia varustettuna uritetuilla johtorenkailla. Näin voidaan lisätä ampumaetäisyyttä. Samalla kuitenkin menetetään asejärjestelmän yksinkertaisuus ja halpuus.

Liikkuvuuden parantamiseksi heittämiä on sijoitettu erilaisiin ajoneuvoihin. Tällöin voidaan joustolaitteen avulla pienentää ajoneuvon rasiuksia.

Kranaatinheittimet jaetaan sileäputkisiin ja rihlattuihin. Kokonsa puolesta ne jaetaan

- raskaisiin 120 mm
- kevyisiin 81 mm ja
- 40—60 mm pienoiskranaatinheittämiin. **Kuva 178.**



Kuva 178 a) 120 krh ja b) 120 krh:n ajolaite

2 RAKENNE JA KRANAATINHEITTIMEEN KOHDISTUVAT AMMUNNAN AIKAISET VOIMAT

Kranaatinheittimet ovat **kaliiperista riippumatta** rakenne-periaatteeltaan samanlaisia. Niissä on putki siihen kiinnitettyine peräkappaleineen, tuki ja vastin. Putkeen ja peräkappaleeseen kohdistuu panoksen palamisesta aiheutuva paine. Putken peräytymiseen vaikuttaa lisäksi vastimen tuenta ampuma-alustalle.

Kranaatinheittimien **putken ja peräkappaleen** raaka-aineina käytetään runsasseosteisiä nuorrutusteräksiä, jotka päästetään karkaisun jälkeen yli 500 °C lämpötilassa, jotta niissä ei tapahdu lujuusarvoja heikentäviä metallurgisia muutoksia ammunnan aikana esiintyvissä lämpötiloissa.

Ammuttaessa maksimipaine saavutetaan kun kranaatti on kulkenut putkessa noin 100—150 mm:n matkan jonka jälkeen paine alkaa laskea. Aseen putki mitoitetaan painekäyrän mukaisesti käyttäen mitoitustavusteena teräksen lujuutta 400 °C:n lämpötilassa. **Kuva 179.** Maksimipäävenymähypoteesin mukainen redusoitu vertailujännitys putken

sisäpinnalla saadaan yhtälöstä 25. Redusoitu vertailujännitys ei saa ylittää sallittua jännitystä.

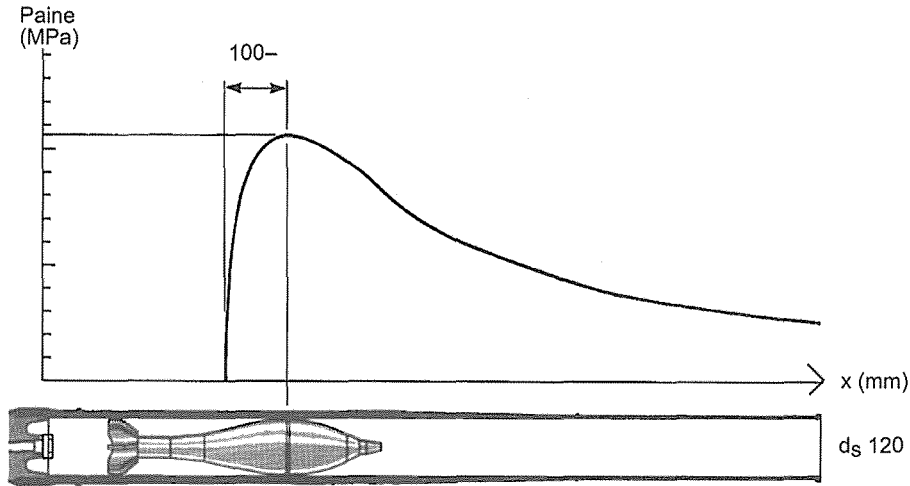
$$\text{Yhtälö (25)} \quad \sigma_{red} = \frac{(1,33 * (\frac{d_u}{d_s})^2 + 0,66)}{(\frac{d_u}{d_s})^2 - 1} * p, \text{ jossa}$$

σ_{red} = suurinsallittu repäisyjännitys (MPa)

d_u = putken ulkohalkaisija tarkastelukohdassa

d_s = putkensisähalkaisija tarkastelukohdassa

p = ruutikaasujen paine



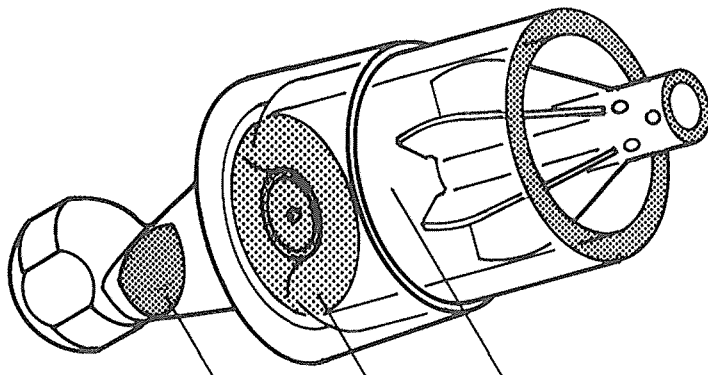
Kuva 179 Putken paine- ja mitoituspiirros

Peräkappaleissa suurin rasitus kohdistuu nivelpallon yläpuolella olevaan kaulaan. Karkea arvio kaulan jännitystasosta saadaan kertomalla maksimipaine putken poikkipinta-alan ja kaulan ohuimman kohdan poikkipinta-alan suhteella. **Kuva 180.** Kaula ei kuitenkaan ole symmetrinen, siinä on porauksia ja epäjatkuvuuskohtia, eikä vastimesta nivelpalloon tuleva tukireaktiokaan ole symmetrinen. Näistä aiheutuu normaalijännityksen lisäksi taivutusjännitys, jonka suuruus on noin 30 % normaalijännityksestä.

Peräkappaleen rasitukseen vaikuttaa painekuorman lisäksi ampuma-alustan jousto. Linnitusalustalta ammuttaessa rasitus on 20 % maksimipaineesta laskettua suurempi. Ammuttaessa kovalta maaperältä rasitus on laskennallinen ja ammuttaessa pehmeältä hiekka-alustalta rasitus on noin 20 % laskennallista pienempi.

Heittimen putken sisähalkaisijan ja kranaatin välinen välyys on oltava riittävän suuri, jotta se mahdollistaisi kranaatin nopean valumisen. Liian hidaskäyttö hidastaa tulitoimintaa ja kevyellä heittimellä se saattaa aiheuttaa laukeamattoman tai kaksoislahtauksen. Putken keventämiseksi ja jäähtymisen parantamiseksi sen ulkopinta voidaan urittaa.

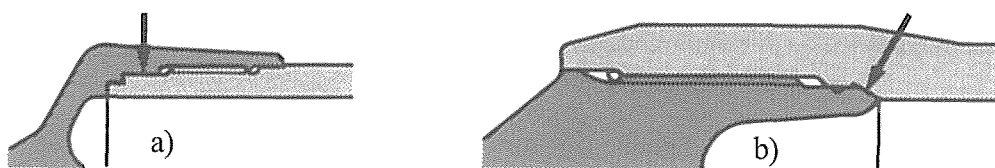
Kuluneiden putkien lähtönopeudet voidaan korjata laskennallisesti. Tulitoiminnan kannalta ja ampuma-arvojen laskemisen takia tulisi samaan komppaniaan tai joukkueeseen valita saman lähtönopeuden antavat putket.



Kuva 180 Peräkappaleen ruutikaasun painepinta-ala ja kaulan jännityspinta-ala

Peräkappaleen käsiteltävyyteen ja huollettavuuteen on kiinnitetty erityinen huomio, koska se joudutaan irrottamaan ja kiinnittämään useasti käsittelyn ja puhdistuksen yhteydessä. Raskailla heittimillä peräkappaleen kierteissä tulee olla roskaurat, joihin kierteisiin joutuneet epäpuhtaudet siirtyvät irrotuksen yhteydessä kiinnileikkautumisen estämiseksi. Kokemus on osoittanut urien tarpeellisuuden myös nivelpallossa.

Putken ja peräkappaleen välissä on kartiotiivistys. Kevyissä heittimissä tiivistys tapahtuu säteittäisellä paineen avulla laajentuvalla lieriömäisellä pinnalla. Huonosti kiinnitetty peräkappale tai käsittelyssä vioittunut tiivistepinta aiheuttaa ammuttaessa syvän paloarven, jonka korjaaminen vaatii erityislaitteet. **Kuva 181.**



Kuva 181 a) Lieriötiivistys

b) kartiotiivistys

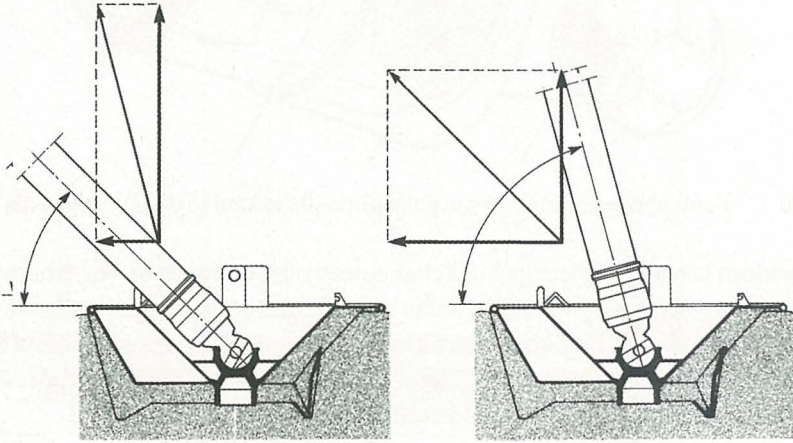
Kevyissä kranaatinheittimissä on kiinteä iskuri (pituus 1,8 mm). Raskailla kranaatinheittimillä on yleensä iskuvoimalla toimiva isku- ja varmistuskoneisto.

Tuki muodostuu joustolaitteesta, jaloista, sivusuuntaus-, korkeussuuntaus- ja tasauskoneistoista. Putki kiinnitetään tukeen joustolaitteen kiinnityssiteellä. Joustolaite on tuesta suurimman rasituksen kohteena vakautuslaukausten aikana vastimen suuresta peräytymisestä johtuen. Voimaa voidaan kuitenkin pienentää asettamalla tuen jalat niin eteen kuin mahdollista, siten että putken ja tuen välinen kulma olisi mahdollisimman suuri, ei kuitenkaan yli 90°. Tällöin tuki toimii joustolaitteen apuna ja jousien pohjaan

iskemiseltä vältytään. Sivusuuntauskoneiston päässä olevan suuntaimen istukan on oltava kohtisuorassa putken oletettua sisusakselia kohti.

Vastimen vakaus vaikuttaa ratkaisevasti osumatarkkuuteen. Vakauteen vaikuttavat oleellisesti vastimen muoto ja pinta-ala. Vastimilla tulisi kyetä ampumaan mahdollisimman suurilla panoksilla ilman, että vastimen alle tulevia maamassoja kaivettaisiin tai muuten käsiteltäisiin, tulen aloituksen ja asemien vaihdon nopeuttamiseksi.

Vastimeen kohdistuviin voimiin ja voimien suuntiin vaikuttaa panoksen suuruuden lisäksi putken korotuskulma. **Kuva 182.**

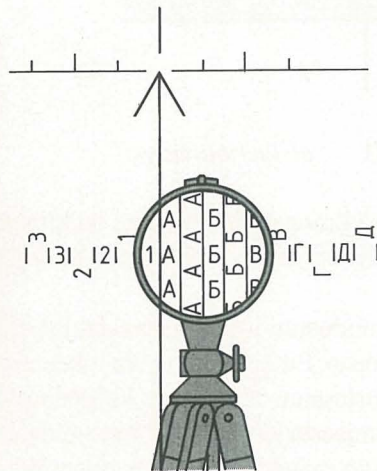


Kuva 182 Vastimeen kohdistuvat voimat

Suuntain on voitava kiinnittää toistuvasti helposti ja tarkasti. Suuntaimen ja sen kiinnityksen on kestävä ampunnan aikaiset tärähdykset ja rasitukset. Pimeätoimintaa varten suuntarummut valaistaan valokuidun avulla. Kranaatinheittimien suunnan määrittämisessä voidaan käyttää myös kollimaattori kiinnitystä, jonka edut ovat tarkkuus, kiinnitysnopeus ja pimeätoimintamahdollisuus. **Kuva 183.**



Kuva 183 a) kranaatinheittimen suuntain



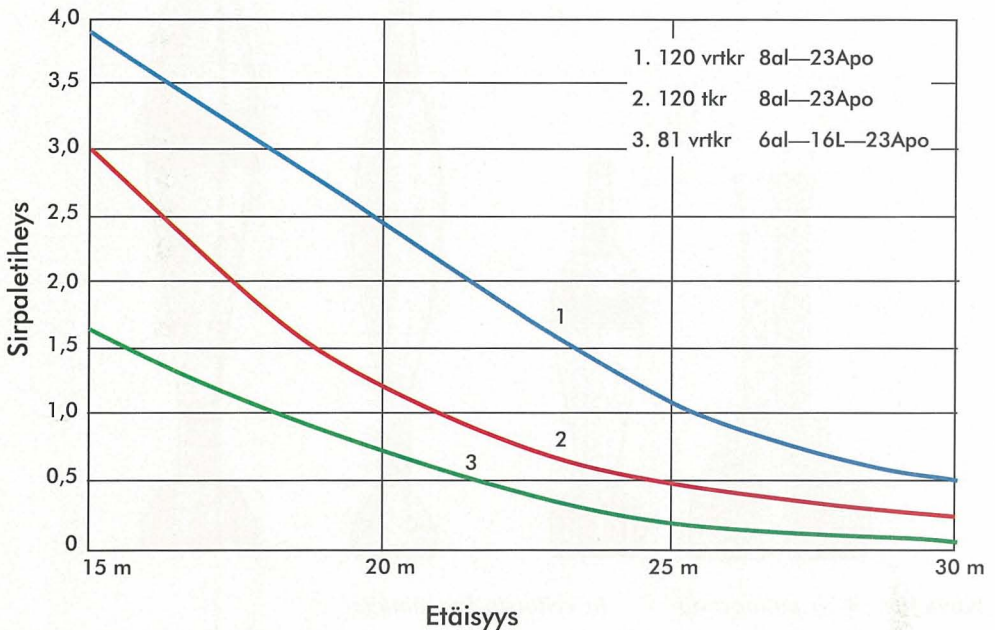
b) kiinnityskollimaattori ja suuntainasteikko

Ajolaitteen on oltava maastokelpoinen. Vastin voidaan kiinnittää myös kiinteästi ajolaitteeseen, jolloin putki ja peräkappale lepäävät ajon aikana ajolaitteen putkensiteen ja vastimen nivelkuopan varassa. Tasapainoiset ajolaitteet mahdollistavat aseiden helpon huoltamisen varasto- ja kenttäoloissa. Lisäksi niiden avulla voidaan heitin saattaa ampu- makuntoon. Ajokuntoon pantaessa ajolaitetta voidaan tarvittaessa käyttää nostoket- jun avulla vipuvartena ammunnan aikana maahan juuttuneen vastimen nostamiseen. Lopullinen nostaminen ajokuntoon tapahtuu vaunun nosto- ja kuljetuskoukkujen avulla. Ajoneuvoasenteisissa heittimissä ajoneuvo toimii ajolaitteena ja vastimena.

3 AMPUMATARVIKKEET

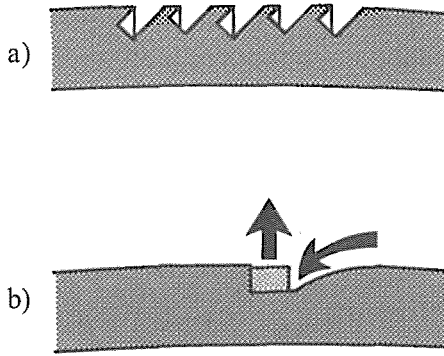
a Kranaatit ja ammukset

Kranaatinheittimen ampumatarvikkeita ovat sirpale-, savu- ja valaisuammuksesta sekä esimerkiksi panssarintorjuntaan tarkoitettuja ohjautuvia ammuksia. Sirpalekranaattien kuoriaineena käytetään yleisesti pallografiittivalurautaa, joka on lujaa ja sirpaloituu hyvin. **Kuva 184.**



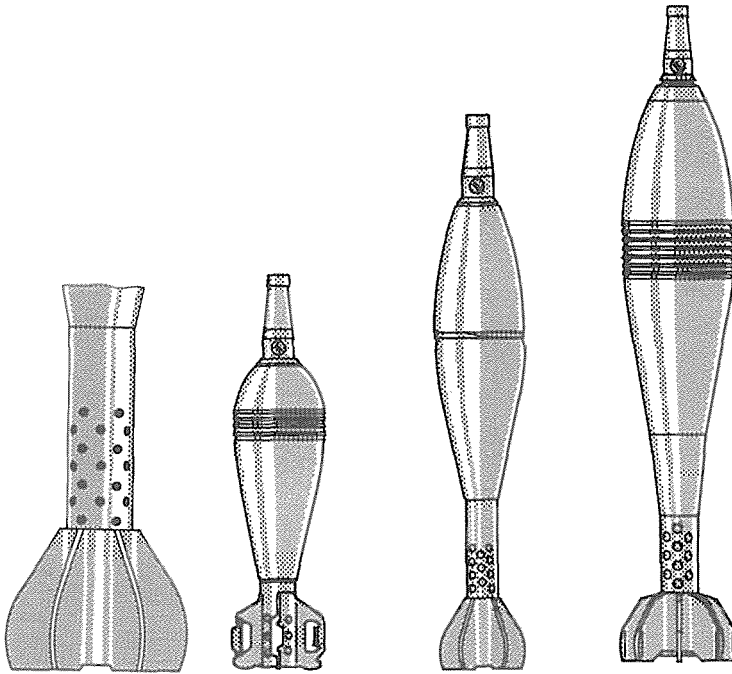
Kuva 184 Eräiden kranaattien sirpaleitiheys etäisyyden funktiona
1. pallografiittivalu, 2. teräs, 3. suomugrafiitti

Kranaatinheittimen tarkkuudelle on ominaista hyvä putkiaikainen vakaus, joka toteutetaan käyttäen joko ura- tai muovitiivistystä. Uritus aiheuttaa ohivirtausta vähentävää pyörteisyyttä. Muovitiivistyksellä voidaan ohivirtaus poistaa lähes täydellisesti. Muovitiivistys poistaa myös kulumisesta johtuvan lähtönopeuden korjaustarpeen. **Kuva 185.**



Kuva 185 a) vinouritustiivistys b) muovirengastiivistys

Lujien alumiinien käyttö pyrstömateriaalina on mahdollistanut ampumaetäisyyden kasvattamisen teräspyrstöisiin verrattuna. **Kuva 186.** Heittimen ammuksissa pyrstön sisällä oleva peruspanos sytyttää pyrstössä olevat lisäpanokset.

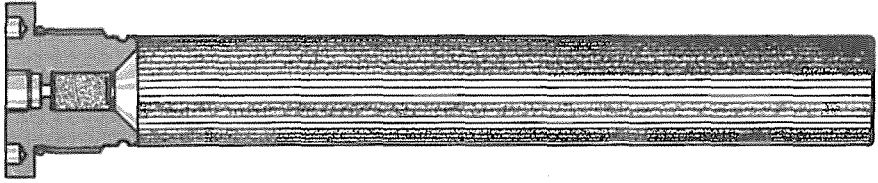


Kuva 186 a) pallopyrstö b) erilaisia kranaatteja

b Panokset

Kranaatinheittimen panos muodostuu perus- ja lisäpanoksista, jotka ovat yleensä identtisiä. Eräissä tapauksissa on kuitenkin pienten panosten syttymisen varmistamiseksi käytetty herkästi syttyvää 1. lisäpanosta.

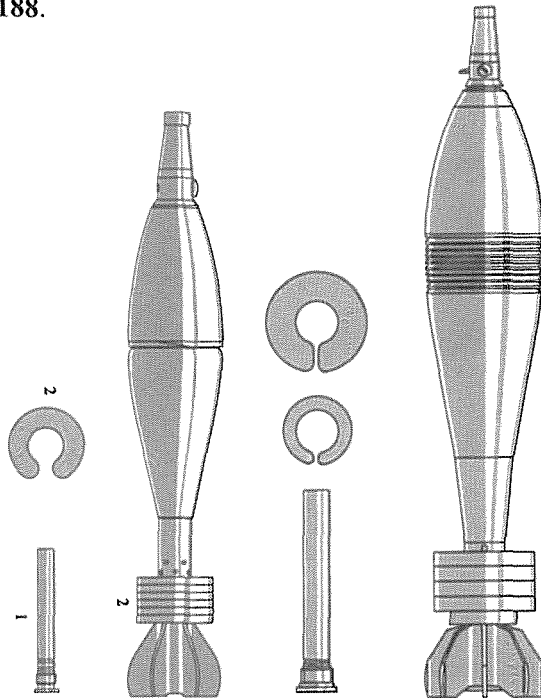
Peruspanokset ovat alumiini- tai pahvihylsyjä. Kantaosaan kiinnitetään nalli, välipanos (mustaruuti) ja panosputki, jonka sisällä on varsinainen peruspanoksen putkimainen tai ohuesta ruutilevystä putkimaiseksi kääritty korkealämpöinen nopeasti palava B-ruuti. Alumiinisten peruspanosten hermeettisyys ja varastointikestävyys on hyvä. Toisaalta palamisen aikana muodostuvaa ”alumiinihiekkä” kuluttaa putkea. **Kuva 187.**



Kuva 187 Peruspanos

Lisäpanoksina käytetään nitroselluloosaruudista nitroglyseriinillä gelatinoimalla valmistettua korkealämpöistä nopeasti palavaa B-ruutia, koska kranaatin vastus sileässä putkessa tasaisen palamisen saavuttamiseksi on liian pieni. Suomalaisessa panosjärjestelmässä kevyillä kranaatinheittimillä on kuusi samanpainoista lisäpanosrengasta. Raskeilla kranaatinheittimillä on viisi panosrengasta, joista ykköspanosrengas on muita pienempi. **Kuva 188.**

1 peruspanos
2 lisäpanos

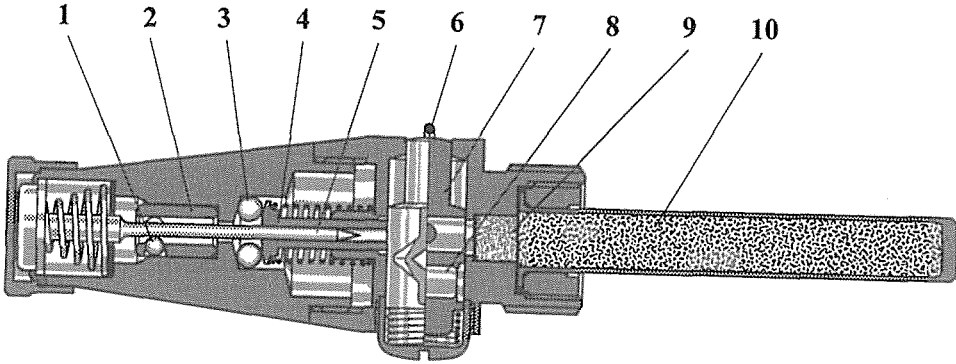


Kuva 188 a) 81 KRH:n panos

b) 120 KRH:n panos

Heittimen ampumatarvikkeissa käytetään heräte-, aika- ja iskusytyttimiä. Erikoisvaatimuksena heittimen sytyttimille on kaksoislatausturvallisuus. Tämän lisäksi edellytetään tavanomaisia putki-, naamio- ja kuljetusvarmistimia.

Sirpalekranaateissa käytetään pääasiassa kärki-iskusytyttimiä. Koska kranaatinheittimen kranaatti ei pyöri, on sytyttimen varmistukset poistettava lähtösäyksen hitausvoimien avulla. **Kuva 189.**



Kuva 189 Kärki-iskusytytin

1. varmistinpalan kuula, 2. varmistinpala, 3. varmistinkuula, 4. varmistinholkki, 5. iskuri, 6. kuljetusvarmistin, 7. nallipesä, 8. räjähdysnalli, 9. väliräjätin, 10. räjäytin

Lähtösäyksessä varmistinholkki (4) painuu alas puristaen varmistinjousta kokoon. Varmistinholkin tultua ala-asentoonsa varmistinkuulat (3) putoavat kärkikappaleen laajennettuun tilaan. Samanaikaisesti on myös iskuri (5) painunut alimpaan asentoonsa ja iskurin vastajousi jännittynyt. Lähtökiihtyvyyden lakattua iskuri ja varmistinholkki nousevat jousiensa työntämänä ylös. Nallipesä (7) vapautuu ja siirtyy jousensa työntämänä osittain ulos runkokappaleesta. Samalla räjähdysnalli (8) tulee väliräjätin (9) kohdalle. Sytytin on nyt virittynyt.

Esteeseen osuessaan iskuri iskee iskunalliin, jonka räjähdys välittyy väliräjätin ja räjäytin kautta kranaatissa olevaan räjähdysaineeseen.

Iskusytyttimien lisäksi on käytössä herätesytyttimiä, joiden optimaalinen toimintakorkeus on 1,5—3 metriä kohteesta tai maan pinnasta. Tarkemmin sytyttimet on kuvattu luvussa III ampumatarvikkeet.

I ILMATORJUNTA

1 YLEISTÄ

Ilmatorjunta-asejärjestelmä muodostuu johtamisjärjestelmästä sekä aseista ja ohjuksista.

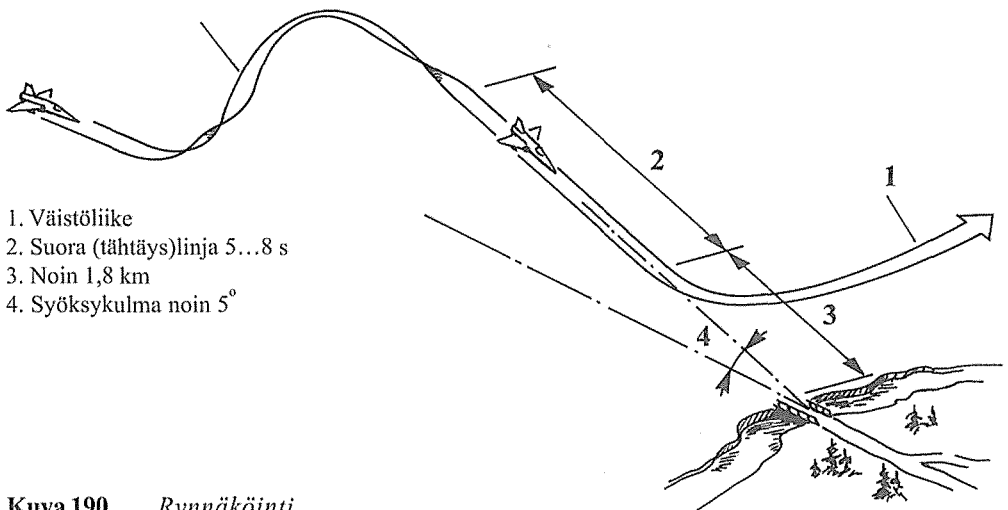
Ilmatorjunnan johtamisjärjestelmään tuottavat tietoa ilmatorjunnan tutkat ja aisti-ilma-
valvonta. Tiedonsiirtoon käytetään johdin-, linkki ja radioyhteyksiä. Ilmatilanne kerätään johtokeskukseen, josta annetaan tuliyksiköille maalinosoitukset. Tuliyksiköillä on käytössä tuliasepääätteet, joiden kuvaruudulta näkyy ilmatilannekuva, maalinosoitukset ja maaliparametrit.

Ilmatorjunta-asejärjestelmien toimintoihin kuuluvat aina

- maalin etsintä ja ilmaisu
- maalin tunnistus
- maalin seuranta
- ammusaseilla ennakon määrittäminen ja tulitus
- lämpöhakuisilla ohjuksilla maalin sieppaus ja laukaisu sekä
- tutkahakuisilla ohjuksilla laukaisu ja maalin valaisu ohjuksen lennon ajan.

Ilmamaalien erityispiirteinä ovat lyhyt 10—30 sekunnin näyttämisaika ja verraten suuri nopeus. Tänä lyhyenä aikana ilmatorjunnan on sekä havaittava vihollinen että tulitettava tehokkaasti. Tämän takia reagointiaikojia pyritään lyhentämään sekä lisäämään aseiden tulinopeutta ja ammusten lähtönopeutta.

Rynnäkkökone lähestyy tavallisesti matalalla maaston suojassa ja paljastuu vasta noustessaan hyökkäyskorkeuteen. Tähtäykseen liittyvän suoran lentoradan kesto on 3—8 sekuntia. Hyökkäyksen kokonaiskesto on 20—30 sekuntia. **Kuva 190.**



Kuva 190 Rynnäköinti

Helikopterin hyökkäys rynnäkkökoneen tavoin on mahdollista, mutta yhä yleisempää on nousta katveen takaa tulittamaan ja laskeutua takaisin suojaan. Helikopterin näyttämisaika riippuu sen käyttämästä aseistuksesta ja maalin etsintään tarvittavasta ajasta. Tykkiä ja raketteja käytettäessä näyttämistarve on alle 5 sekuntia ja ohjuksia käytettäessä 10—30 sekuntia riippuen siitä, tarvitseeko ohjus lentoaikanaan maalin valaisua ja paljonko siihen käytetään aikaa.

Rynnäköitä tehdään useina peräkkäisinä aaltoina, joissa 2—4 konetta hyökkää samanaikaisesti. Hyökkäys alkaa ja päättyy kaarto. Tähtäysvaiheessa **lentokone on vaakaassa lentotilassa vain 3—8 sekuntia**. Tänä aikana ilmatorjuntatykkien on määritettävä ennakkokulma, tulitettava ja kranaattien on ehdittävä maaliin tehokkaan tulivaiikutuksen saavuttamiseksi. Lähitorjuntaohjusten käytössä nopeus on yhtä tärkeää, sillä

aikavyöhyke onnistuneelle laukaukselle on lyhyt. Hyökkäysaallon aikana tuliyksikkö ehtii yleensä tulittaa vain yhtä maalia.

Ilmatorjunnan tulisi osua vihollisen lentokoneeseen tai helikopteriin jo ennen kuin se ehtii laukaista aseensa. Rynnäkkökoneen pommit tai raketit laukaistaan 1,5—2 km:n etäisyydeltä hyökkäyskohteesta. Helikopterin ohjusten laukaisuetäisyys voi olla jopa 10 km, mutta tavallinen toimintaetäisyys on 2—4 km johtuen vaikeudesta löytää maaleja kauempaa peitteisessä maastossa.

Ohjukset ja laserohjatut täsmäaseet ovat hankalia maaleja ilmatorjunnalle. Pelotevaikutuksella ei ole merkitystä pieniin ja nopeisiin ohjuksiin, joiden torjunta edellyttää tuhoamista. Merkittävin tulivaikutus saadaan ohjusmaaleihin ilmatorjuntaohjuksilla ja herättesytteisillä yli 40 mm:n ampumatarvikkeilla. Kohti tuleva meritorjuntaohjus on maalitilanteena yksinkertainen ja siksi alusten omasuojana käytetäänkin yleisesti automaattitykkeitä, joissa on suuri tulinopeus.

Ilmatorjuntaa vastaan kohdistetaan häirintää ja säteilyyn hakeutuvia ohjuksia. Kohteina ovat ensisijaisesti seurantatutkat ja ohjusten hakeutumisjärjestelmät. Vanhat suuritehoiset tutkat ovat näille vastatoimille helppoja kohteita. Uusimmat järjestelmät on suunniteltu häirintää sietäviksi ja niin hiljaisiksi, että säteilyyn hakeutuvan ohjuksen hakupää ei niitä havaitse riittävän kaukaa.

Passiivisten ja hiljaisten sensoreiden käyttöä suositetaan aina, kun se on mahdollista. Suuritehoisen seurantatutkan lukitseminen tai etäisyysmittarin laserpulssi varottaa maalia pian seuraavasta tulenavauksesta. Maali voi tällöin vähentää ammusaseiden tulivaikutusta kaarrolla.

Ilmatorjunnan ulottuvuus ammusaseiden kohdalla tarkoittaa etäisyyttä, jolta osutaan ja saadaan aikaan tehokas tulivaikutus maaliin riittävällä todennäköisyydellä.

Laskettaessa 250 m/s nopeudella kohti tulevalle 4 m² maalille se etäisyys, jolla 50 % todennäköisyydellä siihen osutaan ensimmäinen kerta, kun tulitus aloitetaan äärettömän kaukaa, saadaan vakionopeuksisella (500 m/s) ammuksella yksin-kertaistetuksi laskentakaavaksi

$$\text{Vaikutusetäisyys} = \frac{\text{tulinopeus} * \text{maalin pinta-ala} * 910}{(\text{aseen hajonta})}$$

Eri aseiden laskennallisia vaikutusetäisyyksiä on esitetty **taulukossa 13**.

Ase	lask.vaik.etäisyys (m)	kantama (m)
12,7 Itkk	480	1 000
23 ItK	1 700	2 000
35 ItK	>4000	4 000
57 ItK	600	4 000
57-2 ItK	1 200	4 000
57 ItK+hesy(4m)	>4000	4 000
57-2 ItK+hesy(4m)	>4000	4 000

Taulukko 13 Eri aseiden laskennallisia vaikutusetäisyyksiä

Ilmatorjuntatykkien vaikutusetäisyyttä kasvattavat

- suuri tulinopeus
- pieni hajonta sekä
- suuri maalin laskennallinen koko

Kaksi ensimmäistä kohtaa merkitsevät suurta tulen tiheyttä, josta seuraa suuri osumistodennäköisyys ja tulivaikutus. Tulinopeutta voidaan parantaa nykyisillä aseilla lähinnä lisäämällä tuliyksikössä käytettävien aseiden lukumäärää. Kolmatta ominaisuutta — maalin laskennallista kokoa asejärjestelmä kykenee lisäämään herätesytyttimien käytöllä. Jo neljän metrin toimintaetäisyydellä herätesytytintä käyttämällä vaikutusetäisyys kasvaa 57 mm ilmatorjuntatykeillä yli ammusten tehokkaan kantaman, kuten taulukon 13 lopusta näkyy. Pienten maalien lisääntyessä ammusaseiden ulottuvuus lyhenee ratkaisevasti, jos ei käytetä herätesytytteistä ampumarviketta.

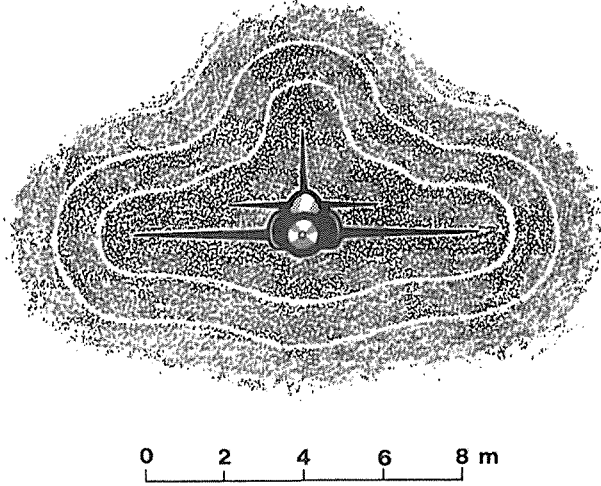
Ammuksen kantaman on oltava riittävä ja vaikutuksen maalissa tehokas koko lasketulle vaikutusetäisyydelle ja kaikille maalityypeille. Herätesytytteisten ammusten tehokas vaikutusetäisyys on käytännössä alle viisi kilometriä johtuen ammuksen nopeuden hidastumisesta ja lentoradan virhetekijöiden nopeasta lisääntymisestä yli neljän kilometrin etäisyydellä. Tähtäyksen ja ennakon määrittämisen virheet sekä maalin liikehdintä heikentävät käytännön vaikutusetäisyyttä paljonkin laskennallisesta optimiarvosta.

Ilmatorjunnan asejärjestelmät on optimoitu nopeiksi ja tulivoimaisiksi. Esimerkiksi nopeasti reagoivan 23 ItK:n hajontakuvio on suunniteltu niin laajaksi, että sen sisälle mahtuvat tyypilliset asejärjestelmän systemaattiset ja ampujasta johtuvat virheet. Tulitoiminnassa on virheet minimoitava lyhyen käytettävissä olevan aikaikkunan puitteissa. Asejärjestelmien ominaisuuksia tarkastellessa nopeuden ja tarkkuuden samanaikainen optimointi on selvästi havaittavissa.

Suuri lähtönopeus minimoi maalin ennakoimattoman liikehdinnän lentoajan lyhentyessä. Lähtönopeuden lisääminen on mahdollista alikaliiperilaukauksilla, mutta samalla vaikutus panssaroimattomaan maaliin heikkenee.

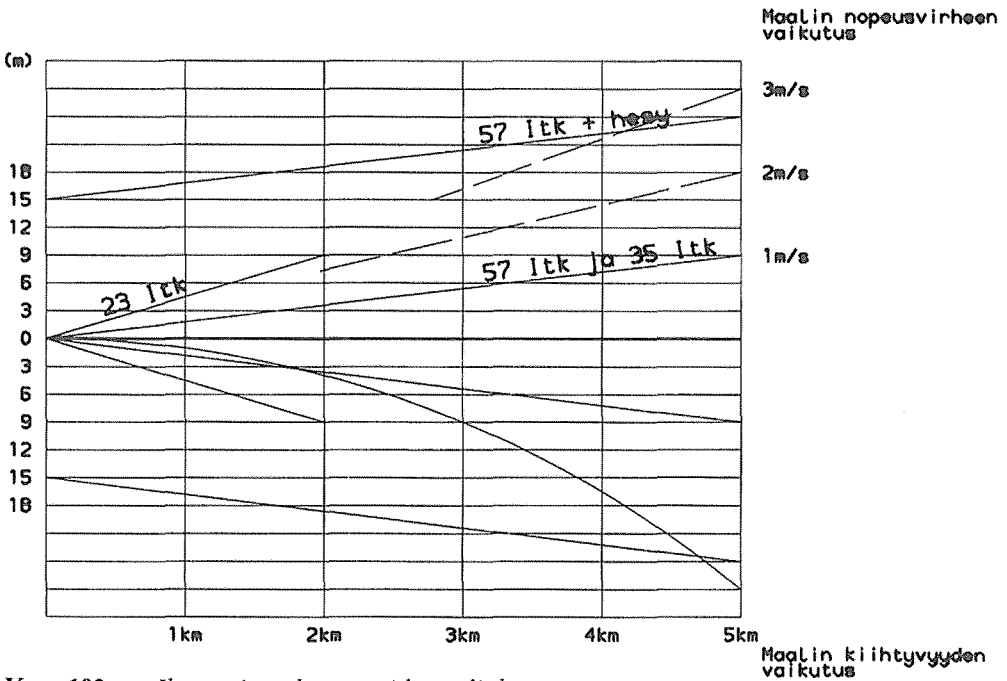
Ilmatorjuntatykeissä on kaksi periaatteellista rakennevaihtoehtoa. Suuren tulinopeuden omaavat pienikaliiperiset 23—35 mm aseet pyrkivät suoraan osumaan iskusytytteisellä ampumarvikkeella. Suurempikaliiperiset 40—57 mm ja tätä suuremmat aseet eivät

kykene suuriin tulinopeuksiin, mutta näiden kranaatit ovat riittävän tilavia tehokkaan herätesytytteisen ampumatarvikkeen käyttämiseen ja kantavat pidemmälle. Herätesy-
tytteisellä ampumatarvikkeella suoraa osumaa ei tarvita. **Kuva 191.**



Kuva 191 Herätesytyttimen toimintaetäisyys ja vaikutus

Suurikaliiperisille (57 Itk) ilmatorjunta-aseille herätesytyttimellä varustettu ampumatarvike on välttämätön aseiden alhaisen tulinopeuden johdosta. Tulen teho lisääntyy oleellisesti ja aseiden tulivoima sekä kantama on ylivoimainen pienempikaliiperisiin aseisiin verrattuna. **Kuva 192.**



Kuva 192 Ilmatorjuntakanuunoiden tulialueet

2 LIKKUVUUS

Ilmatorjunnan on kyettävä seuraamaan suojaamaansa joukkoa. Erityisesti tämä näkyy panssariprikaatien ilmatorjunta-aseiden asennuksessa panssaroituihin pyörä- ja telajoneuvoihin. Meillä itsenäisesti liikkumaan kykeneviä asejärjestelmiä ovat Crotale, Marksman ja ZSU 57–2. Marssirivistöjen suojaukseen käytettävät kevyet it-aseet on sijoitettu ajoneuvoihin (12,7 Itkk) tai ajoneuvojen lavoille (23 ItK ja keveät ohjukset) käyttövalmiiksi.

Liikkuvuus edellyttää asejärjestelmältä itsenäisyyttä. Viestiyhteyksiä ei kaikissa tilanteissa ole, joten oma maalien etsintä-, osoitus- ja seurantakyky on edellytys tehokkaalle toiminnalle. Näin saadaan parempi taistelunkesto ja tehokkuus sekasortoaisessa taistelutilanteessa, mutta se merkitsee sensorikustannusten osuuden kasvua.

Pääosa ilmatorjunnasta liikkuu ajoneuvojen vetämänä tai autojen lavalla. Nopea ryhmittäminen ja painopisteiden luominen tärkeisiin kohteisiin on kyettävä toteuttamaan.

3 TÄHTÄIMET

Ilmatorjunta-aseen nopeus- ja tarkkuusvaatimus yhdistyvät tähtäimessä. Eri tähtäinvaihtoehdot ovat rengastähtäin, mekaaninen laskin ja elektroninen laskin.

Rengastähtäin ei sisällä varsinaista laskinta, vaan ampuja arvioi kokemuksen perusteella tarvittun ennakon käyttäen apuna rengastähtäintä. Osuminen rengastähtäimellä riippuu ampujan henkilökohtaisesta kyvystä arvioida etäisyyksiä ja nopeuksia sekä harjaantumisesta. Moderni versio rengastähtäimestä on **peili-heijastustähtäin**, johon on merkitty ennakon muodostusta helpottava rengas- tai muu kuvio.

Mekaaninen laskin kääntää tähtäintä tarvittavan ennakon verran. Maalin etäisyys, nopeus ja liikesuunta asetetaan laskimeen käsin. Tähtäimen ennakkokulma on tarkka, mikäli asetetut lähtötiedot ovat oikein. Tuulen vaikutusta mekaaninen laskin ei ota huomioon. Tulen korjaus tehdään mekaanisella laskimella tyypillisesti muuttamalla maalin lentosuuntaa valjoovatähystyksen perusteella.

Etäisyys saadaan joko stereoetäisyysmittarilta, laseretäisyysmittarilta, tutkalta, tuliase-mapäätteeltä tai arvioimalla. Liikesuunta asetetaan näköhavainnon perusteella. Mekaanisen laskimen edut ovat nopeus, tulen helppo korjaus ja asettajan mahdollisuus ennakoida maalin liikesuunta. Haittoina ovat arviosuureiden virheet ja ulkopuolisten sensoreiden tarve tarkkojen laskimen asetusarvojen saamiseksi.

Elektroninen laskin kääntää joko tähtäintä ennakkokulman verran tai siirtää tähtäimen ristikköä vastaavalla tavalla. Elektroninen laskin on tyypillisesti käsin ohjatussa moottorisuunnatussa tykissä. Automaattiseurannan lisääminen TV:n tai lämpökameran kuvan perusteella on tavallisesti mahdollista. Laskin määrittää itsenäisesti maalin liike-

tilan seurattaessa maalia ja laskee tarvittavan ennakon. Elektronisen laskimen toiminnan edellytyksenä on maalin tarkka seuranta 3—5 sekunnin ajan ennen tulen avausta. Laskimen tarkkuus riippuu seurannan tarkkuudesta ja maalin liiketilasta. Ennakon laskennan ja tulituksen onnistumiseksi maalin on lennettävä suoraan vakionopeudella.

Tulenkohtolaite on itsenäinen tutkalla ja/tai optroniikalla varustettu maalin kiinniottoon, seurantaan ja ennakon laskentaan tarkoitettu järjestelmä. Tulenkohtolaitteeseen liitetään useita automaattitykkeitä ja nykyisin myös ohjussyksiköitä, joiden toimintaa tulenkohtolaite ohjaa. Suomessa on käytössä modernisoitu Super Fledermaus tulenkohtojärjestelmä, johon on liitetty kaksi 35 mm automaattitykkiä. Tulenkohtolaite määrittelee tarvittavan ennakon itsenäisesti seuraamalla maalia ennen tulenavausta kuten elektroninen laskin. Erona on lähinnä tulenkohtolaitteen parempi sensorivalikoima, suurempi automaatioaste ja kyky ohjata useita aseita samanaikaisesti.

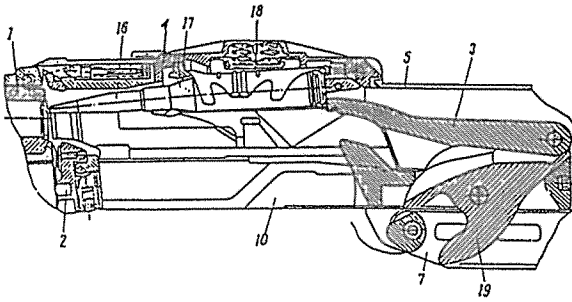
4 ILMATORJUNTA-ASEJÄRJESTELMIEN JAKO

Käytössä olevia ilmatorjunnan ohjus- ja ammusasejärjestelmiä on useita. Asejärjestelmät yhdistää ilmatorjunnan johtamisjärjestelmä.

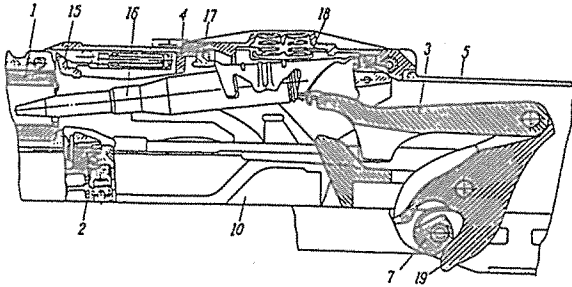
Ilmatorjuntaohjusjärjestelmät on esitetty luvussa VIII Ohjukset

Ilmatorjuntakanuunoilla tarkoitetaan tykkeitä kaliiperista 20 mm ylöspäin, joka suomalaisessa järjestelmässä tarkoittaa aluetta 23—57 mm.

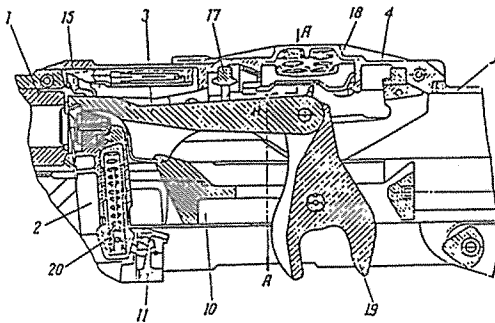
23 ItK 61 2 on venäläisvalmisteinen, kaksiputkinen ilmatorjuntakanuuna. Aseet toimivat kaasumäntäperiaatteella, ovat vyösyttöisiä ja yksinomaan sarjatuliaseiksi tarkoitettuja. Syötettävän vyön kapasiteetti on noin 50 laukausta. Teknisenä yksityiskohtana mainittakoon sekä patruunan latausliikkeen että hylsyn poistoliikkeen kiihdytetty toiminta, mikä selittää konstruktion suuren ominaistulinopeuden (noin 2 x 17 ls/s). **Kuva 193.** Lukko liikkuu luistin ohjaamana pystysuunnassa, virittyen ja laueten jokaisella luistin paluuliikkeellä automaattisesti.



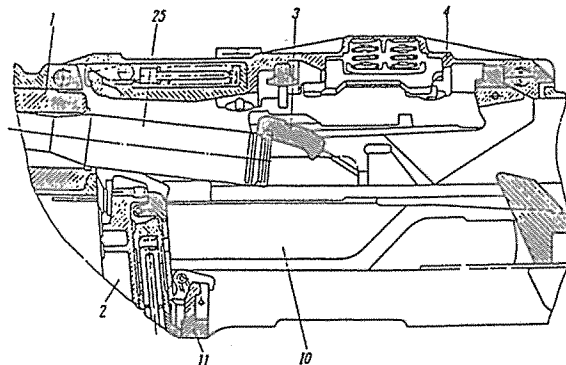
a) Ase on laukaistu, luisti (10) on matkalla eteen palautinjousen työntämänä ja kuljettimen (3) etupää on juuri osunut ottoaukolla olevan patruunan kantaan. Lukko (2) on alhaalla iskukoneiston perusasennossaan.



b) Kuljettimen vipu (19) on osunut ohjaimensa (7) epäkeskoon, jolloin kuljettimen (3) nopeus kasvaa luistinnopeuteen verrattuna noin 2,5 kertaiseksi.



c) Luisti (10) on perusasennossaan, lukko on kohotessaan nostanut kuljettimen (3) etupäätä, jolloin se pääsee työntymään painimensa (15) ja hylsyn kannan väliin. Kuljettimen takapää on kohonnut, jolloin etupää ohjainkorvakkeet nousevat laatikossa oleviin leikkauksiin. Lukko on noustessaan virittynyt ja lauennus.



d) Laukaus on tapahtunut. Luistin perääntymässä on lukko laskeutunut alas sinä aikana, mikä kuluu kuljettimen (3) ja vivun (19) välisen nivelen oikeenemiseen (kuva c). Kuljetin perääntyy vetäen hylsyn mukanaan. Hylsy irtautuu kuljettimesta ulosheittimen pakottamana.

Kuva 193 23 ITK 61 osien yhteistoimintaa

Tykki laskeutuu ampumakuntoon omalla painollaan (noin 950 kg). Laskeutumisnopeutta voidaan säätää alalavetissa olevien kahden nestesynterierin avulla. Tykin nosto pyörilleen tapahtuu käsivoimin 2—3 miehen toimesta. Ajojousituksena toimiva vääntösauvajousi tekee tykistä erittäin maastokelpoisen.

Liikkuvia- ja ilmamaaleja varten tykissä on mekaaninen tykkilaskin, kun taas kiinteitä pintamaaleja varten on erillinen tähtäinkiikari.

Tulen korjaus valjojuovatahystyksen perusteella on helppoa. Tykin ampumatarvikkeen kantama on kaksi kilometriä ja lähtönopeus noin 970 m/s. Aseiden hajonta on noin 6 piirua sivusuunnassa ja 12 piirua korkeussuunnassa. Suurehko hajontakuvio sietää nopean toiminnan virheitä ja maalin liikehdintää, mutta vastapainoksi sarjan on oltava pitkä riittävän osumatodennäköisyyden aikaansaamiseksi. Käytännön tulitoiminnassa ammutaan ajan salliessa ensin lyhyt kohdistussarja ja tulen korjauksen jälkeen varsinainen vaikutusammunta.

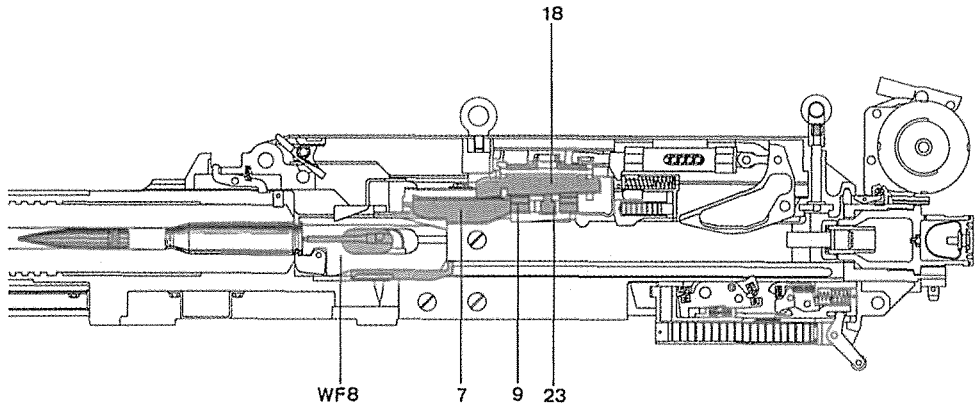
Pieniin maaleihin (noin 2 m²) yksittäisen tykin tehokasta vaikutusetäisyyttä rajoittaa tulen pieni tiheys. Tykkeitä on käytettävä jaoksittain riittävän tulen tiheyden saavuttamiseksi noin kahden kilometrin etäisyydelle. Suurempiin maaleihin tai pienemmille etäisyyksille tykkeitä on perusteltua käyttää myös yksitellen. **Kuva 194.**



Kuva 194 23 ITK 61 2

Kotimaassa modernisoidussa mallissa 23 ItK 95 on perustykin tehokkuutta parannettu uudella tähtäin- ja laskinjärjestelmällä sekä moottorisuuntauksella. Tykki on tähtäimenä käytettävän lämpökameran ansiosta myös pimeätoimintakykyinen.

35 ItK 88 on sveitsiläisvalmisteinen kaksiputkinen ilmatorjuntakanuuna. Aseet toimivat hieman poikkeuksellisesti periaatteella, missä kaasujärjestelmää on käytetty ainoastaan lukon jäykkäyhteyden avaamiseen, kun taas lukon peräytyminen noudattaa lukko-rekyyliperiaatetta. **Kuva 195.**



Kuva 195 Vaihekuva 35 ITK 88 aseiden toimintaperiaatteesta

Aseiden toimintavarmuutta on parannettu automaattisella voitelujärjestelmällä, jolloin aseiden lukot saavat jokaisella tulenavaushetkellä lisävoiteluannoksen molempiin kylkipintoihin.

Patruunoiden syöttö tapahtuu seitsemän patruunan siteistä, itse syöttöjärjestelmän toimissa sähkömekaanisesti.

Kevyesti panssaroitujen ja päältä täytettävien syöttimien kapasiteetti on 2 x 56 ls. Vajautuneen syöttimen lisätäyttö tapahtuu hydraulisesti toimivien automaattilataimien toimesta. Täyttöhetki voidaan määrittää joko automaattisesti tai ampujan toimesta tapahtuvaksi.

Automaattilataimen kapasiteetti on 2 x 84 ls, ja niiden täyttö tapahtuu manuaalisesti takakautta tulitaukojen aikana.

Rekyyliosien jarrutuksessa käytettävä joustolaite muodostuu asekohtaisesta nestehidastimesta ja jousipalauttimesta. Perääntymismatka on noin 30—60 mm käytetystä korotuksesta riippuen.

Tulenohtolaitteella ohjataan kahta tykkiä. Tykillä on oma voimakone, josta saadaan tarvittava teho sekä tulitoimintaan että aseiden saattamiseen ampuma- ja kuljetuskuntoon. Tykissä on käytössä sirpalekранаatti, pohjasytyttimellä varustettu panssarikranaatti, alikaliiperilaukaus sekä harjoituskranaatti. 35 ItK:n teoreettinen tulinopeus on 2 x 550 ls/min.

ItPsv 90 (Marksman) ilmatorjuntapanssarivaunussa käytetyt 35 mm:n aseet ovat periaatteeltaan samankaltaisia kuin kenttälavettiset tykit, mutta rakenteen yksityiskohdissa

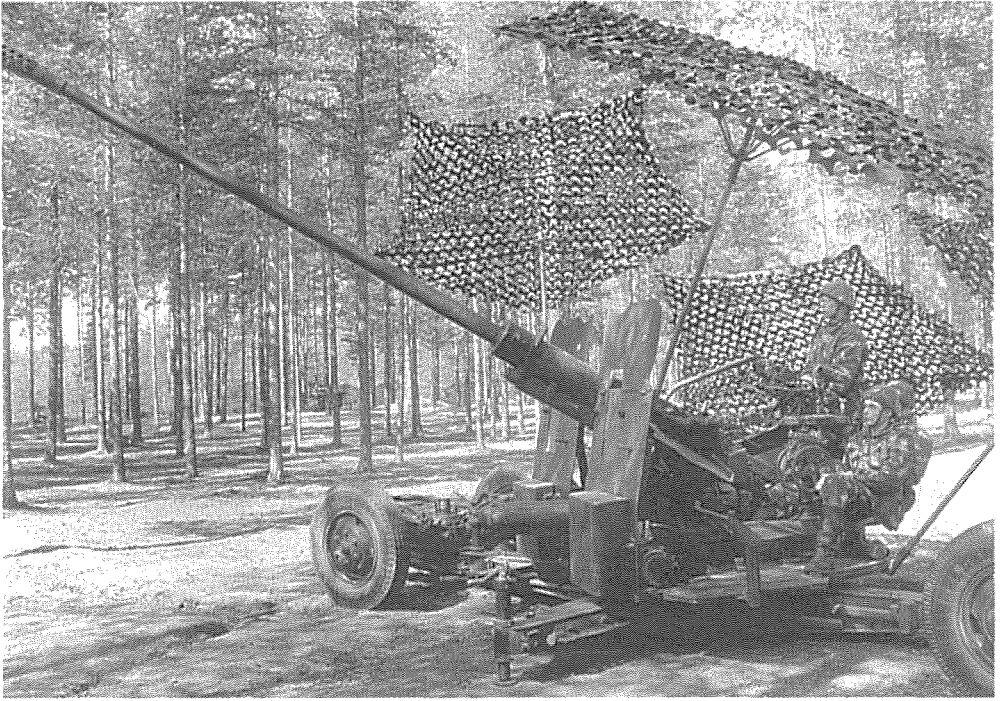
on oleellisia eroja. Aseiden suoritusarvot ovat käytännössä samat. Marksman on tehokas useimpia panssaroituja pintamaaleja vastaan. **Kuva 196.**



Kuva 196 35 ITK 88 ja Marksman

57 ItK 60 on venäläisvalmisteinen ilmatorjuntakanuuna. Perustekniikaltaan tykki on 40-luvun tuote, johon jälkeenpäin on lisätty keskuslaskinjärjestelmän edellyttämä sähköinen ohjaus, joka vanhentuneena uusittiin täydellisesti 1980-luvulla Tykin tulinopeus on kaksi laukausta sekunnissa. Ammuksen tehokas vaikutusetaisyys on yli neljä kilometriä ja lähtönopeus 1000 m/s. Ajoneuvon perässä vedettävän tykin paino on 4,9 tonnia. Ase on moottorisuunnattu ja se käyttää ulkoista voimalaitetta. Itsenäistä toimintaa varten ase on varustettu mekaanisella laskimella ja peiliheijastintähtäimellä. Laskimen periaate on sama, kuin 23 ItK:ssa. Tykissä on käytössä sirpale- ja panssarikranaatit, joiden teho pienestä tulinopeudesta johtuen on heikko. Herätesytytteisellä esisirpaloitulla kranaatilla tykin tulivoima ilmamaaleja vastaan olisi erinomainen.

ZSU 57-2 ilmatorjuntavaunussa on aseistuksena kaksi 57 mm automaattikanuuna. Aseparin toinen tykki on syöttimen asentoa lukuunottamatta sama kuin kenttälävetäinen ja toinen on peilikuva syöttimen ja siihen liittyvien aseiden osien suhteen. ZSU 57-2 vaunu on tehokas useimpia panssaroituja pintamaaleja vastaan. Ilmamaalien tehokas torjunta edellyttää herätesytytteisen a-tarvikkeen käyttöä. **Kuva 197.**



Kuva 197 57 ITK 60 ja ZSU 57-2 itpsv

5 AMPUMATARVIKKEET

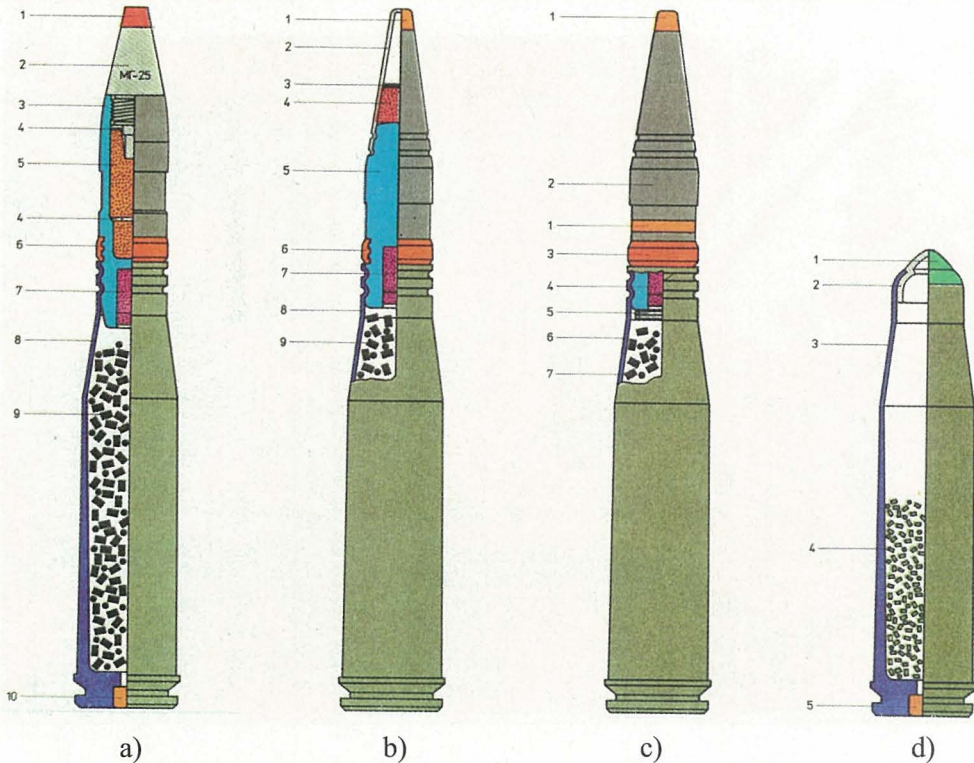
Ilmatorjuntakanuunoiden ampumatarvikkeet ovat patruunalaukauksia. Patruunalaukaukset ovat ammuslajista riippumatta muodoltaan yhtenäisiä, sillä kaikkien patruunoiden täytyy kulkea saman syöttö- ja latausmekanismin läpi. Rakenne on periaatteessa sama kaikilla kaliipereilla. Ilmatorjuntakanuunoilla käytetään yksinomaan metallihylsyisiä patruunoita. Suuri tulinopeus edellyttää hylsiltä suurta mekaanista lujuutta.

Ilmatorjuntakanuunan ammuksen vaatimuksia ilmamaaleja vastaan on

- suuri lähtönopeus (pieni lentoaika)
- sirpalekranaatilla paljon tehokkaita sirpaleita, sekä itsetuhojärjestelmä
- riittävä läpäisykyky sekä
- riittävä vaikutus läpäisyn jälkeen, sytytys- tai sirpalevaikutuksen kautta

Ilmatorjuntatykin käyttö perustuu nopeiden, lukuisten sarjojen ampumiseen, joissa kuluu paljon ampumatarvikkeita.

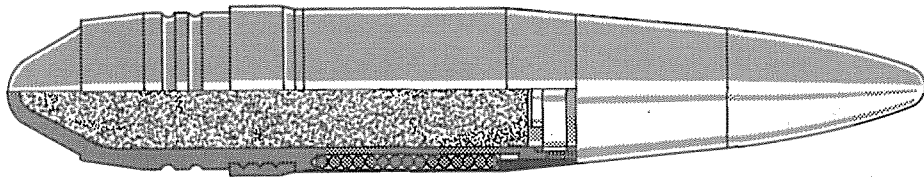
Suomessa ilmatorjuntakanuunoissa on käytetty yksinomaan rotaatiovakavoituja ammuksia. Kanuunan patruunavalikoima koostuu sirpalekranaateista sekä sirpale/sytytyspanos- ja panssarikranaateista. **Kuva 198.**



Kuva 198 Esimerkki 23 mm:n kanuunan ampumatarvikevalikoimasta

A. sirpalekranaatti valojuovalla, B. panssarisytytysammus valojuovalla, C. kuten edellinen, mutta panokseen on lisätty kuparipoistoaine (keltainen juova) ja D. paukkupanos-kartussi

Ilmatorjuntatykin peruskranaattina käytetään sirpalekranaattia. **Kuva 199.** Sirpalekranaatilta vaaditaan hyvää läpäisy-, sirpale-, paine- ja sytytysvaikutusta. Sirpalevaikutuksen parantamiseksi kranaatin kuori valmistetaan erikoisteräksestä, esisirpaloidaan tai sirpaloitumista ohjataan. Sytyttimenä on yleensä iskusytytin, joka voi olla hidasteinen. Suurempi kaliiperinen sirpalekranaatti voidaan varustaa herätesytyttimellä. Painevaikutuksen tehostamiseksi käytetään tehokasta räjähdysainetta, johon sytytysvaikutuksen tehostamiseksi lisätään yleensä hienojakoista alumiinia tai sytytyspanos. Tähestyksen helpottamiseksi kranaatti varustetaan yleensä valojuovapanoksella. Sirpalekranaatin sytyttimessä on itsetuholaite, joka tuhoaa kranaatin tietyn ajan kuluttua lähtöhetkestä.



Kuva 199 Ilmatorjuntatykin sirpalekranaatti

Johtorengas on kuparia, seoskuparia, sintrattua terästä tai pehmytterästä. Hylsy on terästä. Pienillä pääruudin massoilla nallin energia on riittävä pääruudin tasaiseen sytyttämiseen. Suuremmilla panoksilla tarvitaan ylimääräinen virikepanos, joka sijoitetaan nallikuppiin, jolloin nalli muodostaa yhden kokonaisuuden. Ammus ja hylsy liitetään yhteen puristussovituksella. Lisäksi hylsyn suu valssataan kiinni tai niipataan yhteen tai useampaan ammuksen peräosassa olevaan uraan. Tiukka liitos hylsyn ja ammuksen välillä estää ammuksen löystymisen hylsystä kuljetusten ja käytön aikana. Sen tulee kestää tärehdyksistä johtuvat rasitukset patruunaa ladattaessa. Ruutipanoksen toiminta edellyttää, että ammus ei lähde liikkeelle ennen kuin tietty painetaso on saavutettu.

Yhteenveto ilmatorjuntakanuunoiden ampumatarvikkeiden ominaisuuksista on esitetty **taulukossa 14.**

Kaliiperi	23	25	30	35	57
Ase:					
- putken pituus (kal)	81.5	70	81.3	90	48
- rihlakulma (aste)	6	7	6	6	6
- maks.paine/Cr. (MPa)	340	370	340	340	300
- lähtönopeus (m/s)	970	1100	1080	1175	1000
- tulinopeus (ls/min)	960	700	650	550	120/ putki
Patruuna:					
-pituus (mm)	236	223	285	385	536
- massa (kg)	.450	.513	.870	1.542	6.36
Ammus:					
- pituus (mm)	99.0	108	139	186.6	260
- massa (kg)	.188	.180	.360	.535	2.85
Hylsy:					
- pituus (mm)	151	135	170	228	347.5
- maks. halk. (mm)	34.5	38	42.9	54.6	95.8
Panos:					
- massa (kg)	.077	.092	.158	.325	1.16

Taulukko 14 Yhteenveto ilmatorjuntakanuunoiden ampumatarvikkeiden ominaisuuksista

J REKYLLITTÖMÄT ASEET

1 YLEISTÄ

Rekyyllittömien aseiden voimakas yleistyminen tapahtui toisen maailmansodan loppuvaiheen panssarintorjunta-aseissa, kun suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuvien onteloammusten käyttö edellytti kevyttä, rekyyllitöntä asetta.

Rekyyllittömyys voidaan toteuttaa kolmella eri periaatteella, jotka ovat

- rakettiperiaate
- vastamassa tai
- suuttimeksi muotoiltu ase peräkappale.

Ohjukset ovat pääosin syrjäyttäneet pitkille ampumaetäisyyksille tarkoitetut singot, mutta lyhyemmillä, alle 600 m ampumaetäisyyksillä ne ovat edelleen käyttökelpoisia. Sinkojen käyttöaluetta on laajennettu myös tulitukiaseeksi aikasytyttimellä varustetuilla sirpalekranaateilla.

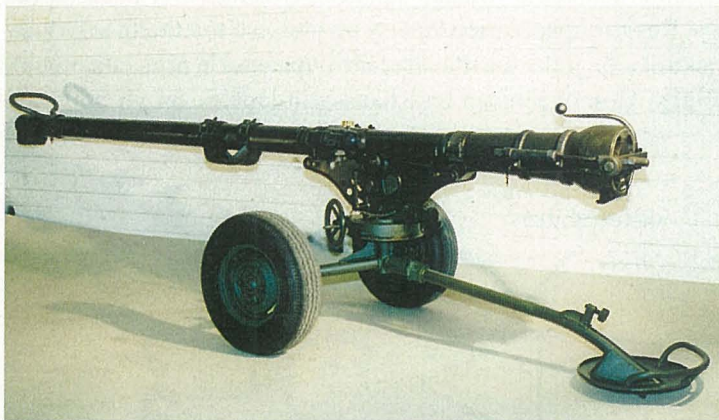
Vastamassa-aseella tai aseisen sisälle paineen rajoittavaa työmäntää käyttämällä voidaan ampua myös bunkkerista tai muista suljetuista tiloista ilman, että singoille muutoin ominainen paine tai polttovaikutus muodostaisi vaaraa ampujalle.

2 RASKAS SINKO

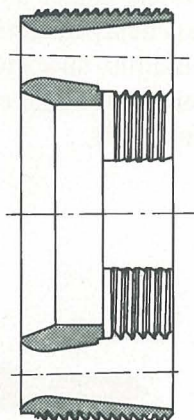
Kaliiperiltaan 106—95 mm raskaat singot ovat saman periaatteen mukaisesti rakennettuja rihlattuja, ohutputkisia aseita, joiden kranaatit rihlauksesta huolimatta ovat pyrstövakavoituja. Loiva rihla antaa kranaatille hitaan pyörimisliikkeen, mikä parantaa aseenn tarkkuutta. Pyörimisliike on tarkoituksella tehty pieneksi, koska se muuten heikentäisi läpäisyä.

Singon putkeen on kierteillä kiinnitetty kartiomainen peräkappale. Siinä on kierteellä kiinnitetty lukkopesä, missä on neljä virtausaukkoa. Kierrelukko, jossa on neljä virtausaukkojen leikkausta, sulkee lukon kääntyessään lukkopesän kierteisiin. Raskaan singon putkien, peräkappaleiden, lukkopesien ja sulkukappaleiden raaka-aineille asetetaan suuret lujuus- ja homogeenisuusvaatimukset koska sinkojen keventämisen vuoksi lujuusopillisissa laskuissa varmuuskerroin on melko pieni.

Vaikka raskas sinko on rekyylitön ase, on panoksien ja aseiden lukkopesän sekä lukon virtausaukkojen erilaisuuksista johtuen singoilla aina vähän etu- tai takarekyyliä. Lukkopesät ja lukot pyritään valmistamaan hiukan takarekyyliseksi, koska ammuttaessa kuumat ja nopeat palamiskaasut kuluttavat virtausaukkoja. Niiden kuluessa ase alkaa rekylöidä ja sen osumatarkkuus huononee. Nämä ongelmat alkavat esiintyä vasta erittäin suurilla laukaussmäärillä. Käytännössä peräkappaleet vaihdetaan noin 600 laukauksen jälkeen. **Kuva 200.**



Kuva 200 a) raskas sinko



b) lukkopesän ja lukon virtausaukot

Suomalaisten raskaiden sinkojen tehokkuutta on lisätty modifioimalla niihin vaihtoehtoisesti uudet käytettävät päivätahtimet tai valonvahvistimet suuntaamisen ja yötoiminnan parantamiseksi sekä kehittämällä ampumatarvikkeen panssarinläpäisyä.

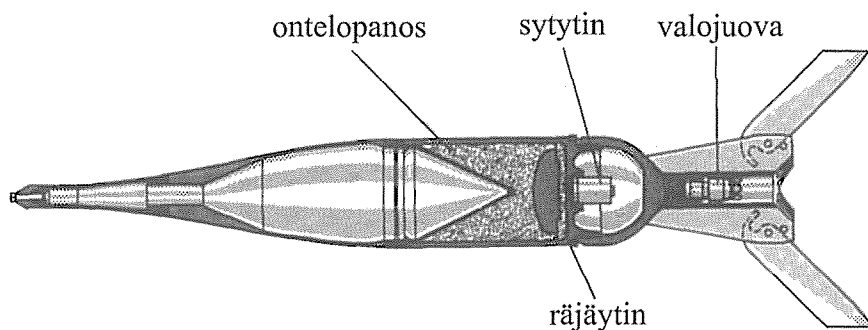
3 RASKAAN SINGON AMPUMATARVIKKEET

Raskaan singon tehokas ampumaetäisyys on noin 800 m ja toimiva tulokulma on noin 30°. Vanhemman mallinen ontelokranaatti läpäisee noin 3—400 mm panssaria. Aseen kaliiperi ja ontelokranaatin halkaisija vaikuttavat suoraan panssarin läpäisykykyyn.

Raskaan singon ontelokranaatti on patruunalaukaus, jossa on rei'itetty teräshylsy (seula), iskupohjanalli ja sähköllä toimiva kärki- tai pohjasytytin. Kranaatissa, joka on niipattu hylsyyn, on joko kiinteät tai avautuvat alumiiniprofiilipyrstöt. Ruutipanos sytytetään iskunallin välityksellä hylsyn sisäkantaan kiinnitetyllä rei'itettyssä putkessa olevalla mustaruutivirikepanoksella. Tasaisen syttymisen ja riittävän alkupaineen saamiseksi reiällisien hylsyjen sisäpintoihin on liimattu laminaattivuoraus, joka samalla toimii ruutipanoksien hermeettisinä suojina.

Hylsy toimii seulana ja siinä olevat reiät pitävät paineen putkessa oikeana koko palamistapahtuman ajan. Ruutikaasujen laajentuminen on oltava tasaista, jotta noin 600 m/s lähtönopeus saavutettaisiin mahdollisimman pienellä maksimipaineella pitkän putkivaiheen aikana singon pysyessä rekyylittömänä. Aseen toimintatavasta johtuen aseentaakse muodostuu purkautuvien kaasuvirtausten takia vaara-alue ja aseennuliasema on helposti paikannettavissa.

Raskaan singon uusilla ontelokranaateilla voidaan läpäistä myös reaktiivipanssareilla suojattuja panssarivaunuja. Reaktiivipanssarien läpäisy on yleisesti toteutettu joko kaksoiskartio- tai kovakärkitekniikalla, jotka rei'ittävät reaktiivipanssarin niin, että ontelopanoksen suihku ei häiriinny. Homogeenisen teräspanssarin läpäisy on yli 500 mm. **Kuva 201.**



Kuva 201 Raskaan singon ampumatarvikkeen rakenne

4 KERTASINGOT

Kertasingot ovat rakettiperiaatteella toimivia ampumatarvikkeita, joiden rakettipanos pääsääntöisesti palaa putkiaikana. Kuituvahvisteinen putki toimii sekä ampuma- että varastointiputkena. **Kuva 202.**

Kevyt kertasingo viritetään kuljetusasennosta ampumakuntoon aukivetämällä putki, jolloin sen tähtäimet avautuvat ja mekaaninen laukaisu- ja varmistinkoneisto virittyy.

Raskas kertasingo toimii sähkölaukauksilla. Se laitetaan ampumakuntoon poistamalla putken suunsuojus ja kääntämällä optinen tähtäin ja kasvonsuojus ampuma-asentoon. Sähköisen laukaisun virtalähteenä käytetään liittiumparistoja, jotka käytännön syistä varastoidaan irrallisina. Virtalähteen toimivuus on tarkistettava aina ennen ammuntaa singossa olevasta testivalosta.

Raskaan kertasingon päivätähtäimien tilalle voidaan tarvittaessa vaihtaa valonvahvistin pimeätoimintaa varten.

Kevyen kertasingon tehokas ampumaetäisyys on noin 150 metriä ja panssarin läpäisy noin 300 mm. Raskaan kertasingon tehokas ampumaetäisyys on noin 400 m ja panssarin läpäisykyky yli 600 mm. **Kuva 202.**



Kuva 202 Kevyt kertasingo 66 KES 75 orak ja raskas kertasingo 112 Rskes APILAS okr

Uuden sukupolven kertasingot eivät ole kaikilta osin kertakäyttöisiä. Uusissa vastamassasingoissa laukaisuputket ovat kertakäyttöisiä. Optisilla tähtäimillä varustetut laukaisukoneistot käytetään uudelleen.

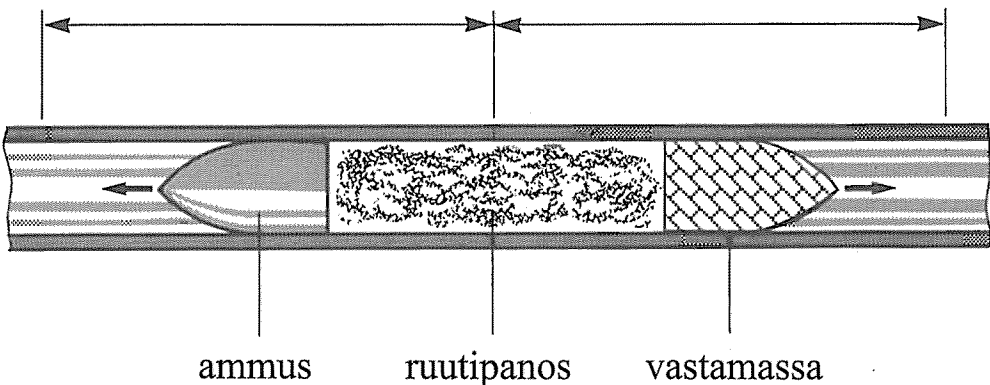
5 VASTAMASSASINKO

Yksinkertaisin rekyylittömän aseiden rakenne saadaan aikaan käyttämällä vastamassaa. Aseen putkeen sijoitetaan kranaatti ja sen kanssa saman painoinen vastamassa sekä näiden väliin ruutipanos. Panoksen syttyä kranaatti ja vastamassa liikkuvat paineen vaikutuksesta vastakkaisiin suuntiin itseisarvoltaan yhtä suurella nopeudella. Useissa käytännön tapauksissa vastamassan putkimatka on lyhyt ja sen tultua ulos putkesta ase toimii vastakaasuaseena. **Kuva 203.**

Vastamassa-aseessa ruudin syttyminen tapahtuu suljetussa tilassa. Paineen nousu on nopea ja maksimipaine kaasurekyyliasetta suurempi.

Takasuihkun haittoja on voitu välttää sijoittamalla aseiden ruutipanos putkessa liikkuevien mäntien väliin. Kranaatti ja muovinen vastamassa ovat mäntien ulkopuolella. Paineen kasvaessa männät liikkuvat kiihtyvällä nopeudella työntäen sekä kranaattia että vastamassaa. Kranaatin ja vastamassan tultua ulos putkesta männät pysähtyvät ja sulkevat pääosan ruutikaasuista putken sisään. Vastamassa hajoaa pieniksi palasiksi ilmanvastuksen vaikutuksesta ja menettää hyvin nopeasti nopeutensa.

Vastamassarakenteella rekyylittömyyden lisäksi saavutettavia etuja ovat suuliekittömyys, savuttomuus, vähäinen suupamahdus ja pieni takavaara-alue. Tämä mahdollistaa ampumisen sisätilasta tai bunkkerista. Heikkoutena on ampumatarvikkeen rakenteen monimutkaisuus, lyhyt ampumaetäisyys ja pieni panssarin läpäisy.



Kuva 203 Vastamassasingon periaatekuva

VIII LUKU OHJUKSET JA TÄSMÄASEET

A OHJUSJÄRJESTELMÄ

Ohjusjärjestelmä voi sisältää ohjuslaukauksen lisäksi valvonta-, maalinosoitus- ja tulenjohtojärjestelmän sekä lavetin. Ohjusten jaottelu on esitetty liitteessä 2.

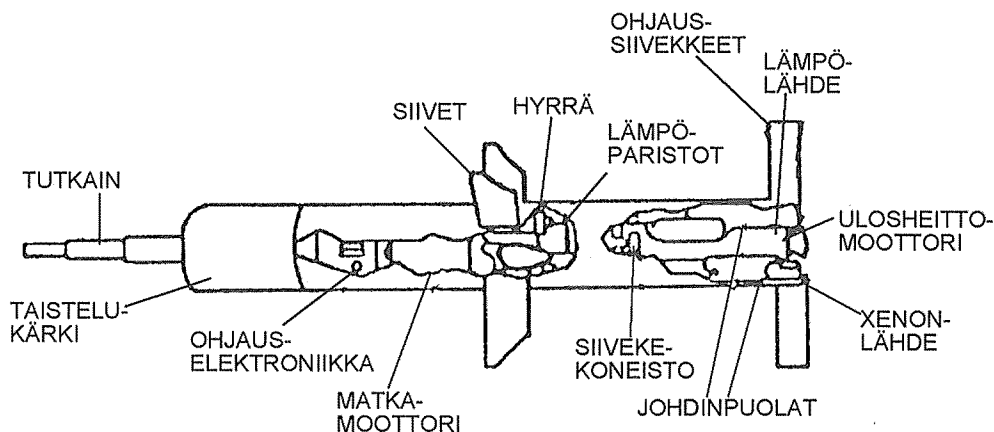
Mikäli kohde voidaan havaita ja tunnistaa maaliksi, pystytään ohjus matemaattisesti tarkastellen ohjaamaan miltei aina maaliin tai sen lähelle. Maalin liiketila, koko ja rakenne määrittävät ohjukselle asetettavat nopeus-, liikehtimiskyky-, ohjaustarkkuus- ja taistelulatauksen teho vaatimukset.

B OHJUSTEN RAKENNE

Eri käyttötarkoituksiin suunnitellut ohjukset ovat rakenteellisesti toisistaan selvästi poikkeavia. Kaikille ohjuksille yhteisiä rakennetekijöitä ovat:

- runko
- moottorit
- taisteluosa
- ohjautusjärjestelmä
- reititysjärjestelmä
- ohjaus- ja vakavointijärjestelmä sekä
- voimajärjestelmä.

Ohjuksen elementit kiinnitetään runkoon, jonka tulee kestää kiihtyvyydestä aiheutuvat rasitukset. Kuva 204.



Kuva 204 Esimerkki ohjuksen rakenteesta

1 MOOTTORIT

Moottorit jaetaan toimintaperiaatteen mukaan seuraavasti:

- raketimoottorit, jotka kuljettavat hapettimen mukanaan sekä
- ilmareaktiomoottorit, jotka käyttävät ulkoilman happea.

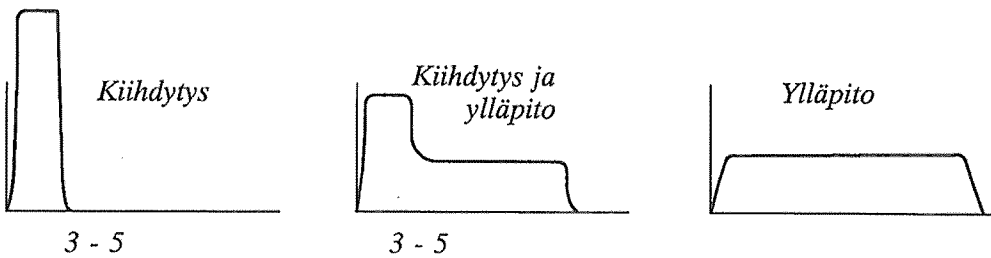
Raketimoottorit voidaan jakaa ruutiraketti- ja nesteraketimoottoreihin. Ilmareaktiomoottoreita ovat suihkutupiini-, ohivirtaus- ja patomoottorit.

Ulosheittomoottorit työntävät ohjuksen ulos laukaisuputkesta tai ohjussäiliöstä halutulla nopeudella sellaiselle etäisyydelle, että lähtö- tai matkamoottori voidaan käynnistää ampujan tai laukaisulavetin kannalta turvallisesti.

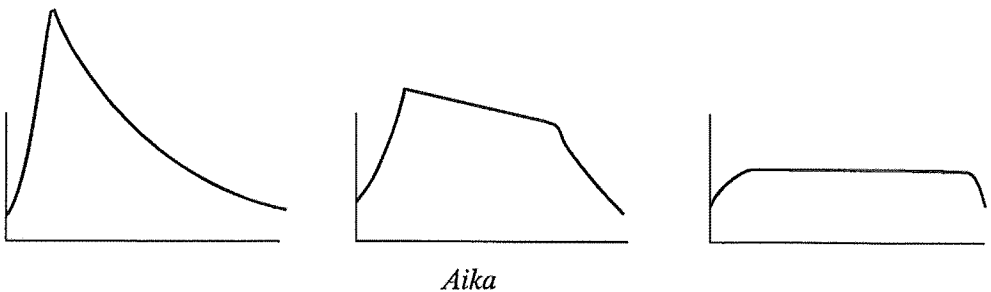
Lähtömoottorin tehtävänä on kiihdyttää ohjus sellaiseen nopeuteen, että matkamoottorin käynnistyminen ja/tai ohjuksen aerodynaaminen ohjaus on mahdollista.

Matkamoottorin tehtävänä on saattaa ohjus maksimimatkanopeuteen ja/tai ylläpitää haluttua matkanopeutta. **Kuva 205.**

Työntövoima



Nopeus



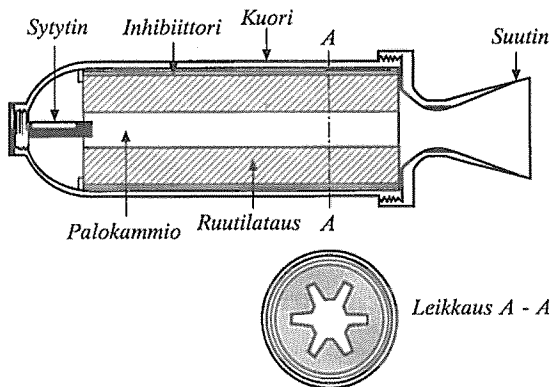
Kuva 205 Moottorin työntövoima ja ohjuksen nopeus ajan funktiona

Usein ruutiraketimoottori on suunniteltu siten, että se sisältää kaksi eri toiminnallista vaihetta, esimerkiksi lähtö- ja matkamoottorivaiheen. Tämä on toteutettu suunnittelemalla ruutilatauksen muoto sellaiseksi, että palopinta-ala on suurempi lähtövaiheessa.

Moottorityyppejä käytetään ohjuksissa eri toiminnoissa seuraavasti:

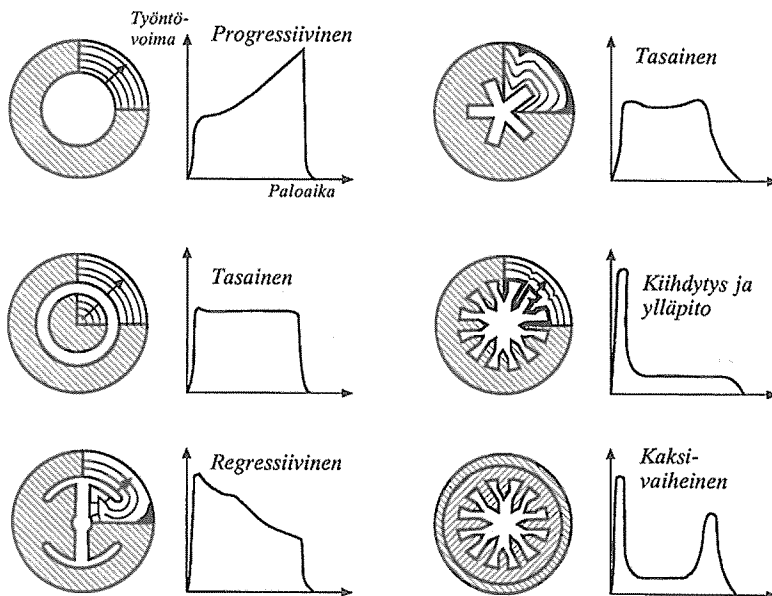
ulosheitto	ruutirakettimeoottori
lähtökiihdytys	ruutirakettimeoottori
nopea matkanteko	rakettimeoottori tai patomeoottori
hidas pitkäkestoinen matkanteko	suihkuturbiini tai ohivirtausmoottori

Ruutirakettimeoottori on yleisimmin ohjuksissa käytetty moottorityyppi. **Kuva 206.** Ruutilatauksen palaminen ulkopinnaltaan voidaan haluttaessa estää ruudin pinnalla olevalla inhibiittorikerroksella tai kiinnittämällä ruutilataus moottorin kuoreen.



Kuva 206 Ruutirakettimeoottorin perusrakenteeseen kuuluvat moottorin kuori, palokammio, suutin, ruutilataus ja sytytin

Ruutilatauksen muoto ja poikkileikkaus määrittävät moottorin työntövoiman ajan funktiona. **Kuva 207.**

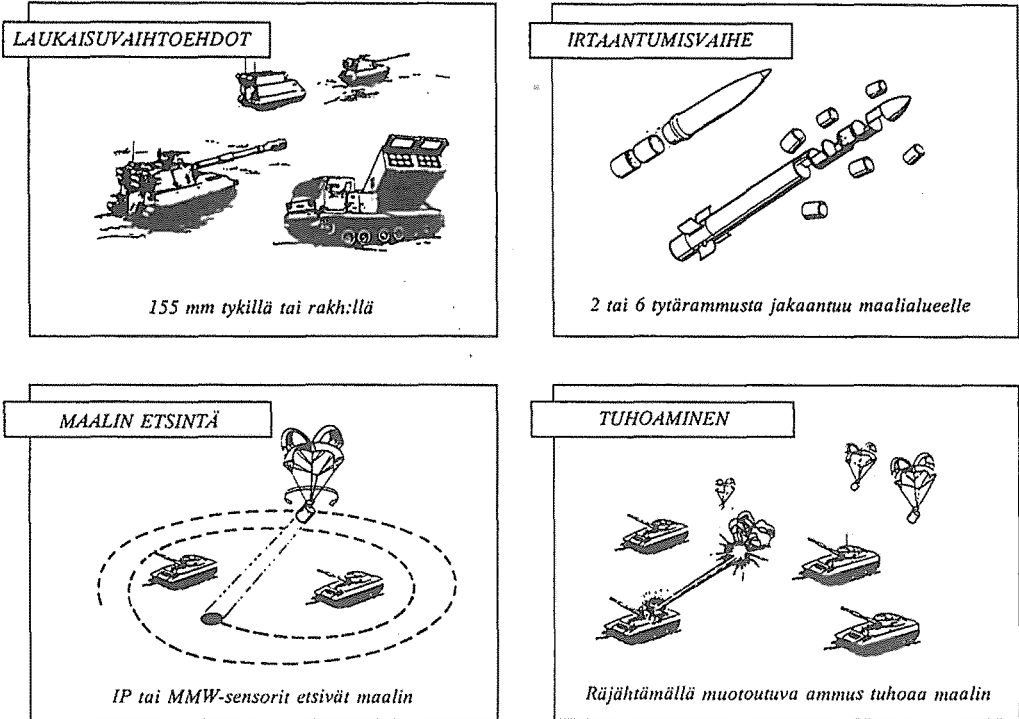


Kuva 207 Ruutilatauksen muodon vaikutus työntövoimaan

2 TAISTELUOSAT

Ohjuksen taisteluosaan kuuluvat taistelulataus tai muu hyötykuorma, sytytin sekä varmistus- ja viritysjärjestelmä. Ohjuksien yleisimmät vaikutusmekanismit ovat sirpalevaikutus ja suunnattu räjähdysvaikutus.

Kuormaohjuksessa taisteluosa muodostuu useista taistelulatauksista, joista käytetään nimitystä **tytärkranaatit**. Tytärkranaatit voivat olla joko tavanomaisia tai hakeutuvia. Tytärkranaattien vaikutusmekanismeina ovat sirpalevaikutus ja suunnattu räjähdysvaikutus. **Kuva 208.**



Kuva 208 Hakeutuvien tytärkranaattien toimintaperiaate

3 OHJAUTUSJÄRJESTELMÄ

Ohjautusjärjestelmällä saadaan lyhytviiveinen informaatio maalista ja ohjuksesta sekä niiden liiketilasta. Ohjautusjärjestelmä muodostaa ohjuksen ohjaukseen tarvittavat komennot. Käytetystä ohjautusmenetelmästä riippuen osa ohjautusjärjestelmästä voi olla ohjuksen ulkopuolella osana maassa olevaa tulenjohtojärjestelmää. Ohjautusjärjestelmän toimintatavan mukaisesti ohjukset ovat ohjattavia, hakeutuvia tai suunnistavia.

Ohjattavat ohjusjärjestelmät ovat joko komento-ohjattavia tai perustuvat säteen-seurantaan.

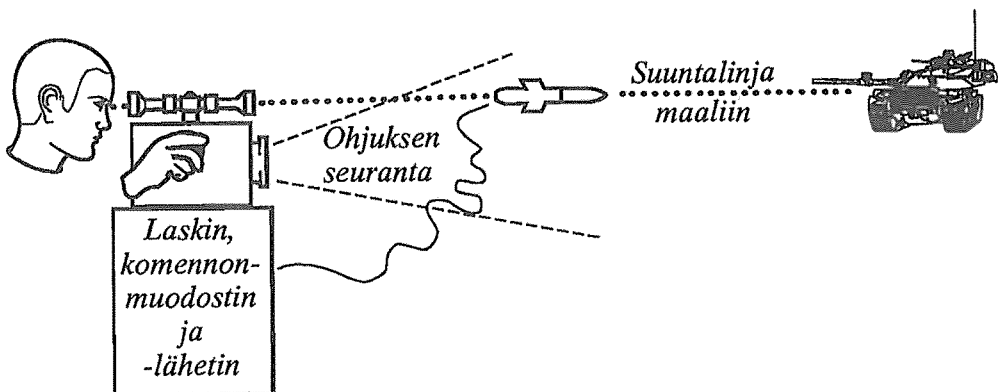
Ohjattavissa ohjuksissa ei ole maalin seurantajärjestelmää. Ne saavat ohjauskomennot ohjusjärjestelmän muilta osilta. Ohjauskomennot välitetään ohjuksille kuparijohtimella tai valokaapelilla. Ohjauskomennot voidaan lähettää myös tutkataajuisena säteilynä tai koodattuna lasersäteilynä. Maalitiedot saadaan lavetissa olevalta sensorilta, joka välittää tiedot laskimelle.

Komento-ohjattavat ohjusjärjestelmät jaetaan automaatiotason mukaan

- manuaaliseen
- puoliautomaattiseen ja
- automaattiseen komento-ohjaukseen.

Manuaalinen komento-ohjaus tarkoittaa menetelmää, jossa ohjusampuja tähyttää sekä maalia että ohjusta ja muodostaa ohjauskomennot ohjukselle liikuttamalla ohjausauvaa. Menetelmää ei enää sovelleta nykyaikaisissa ohjusjärjestelmissä.

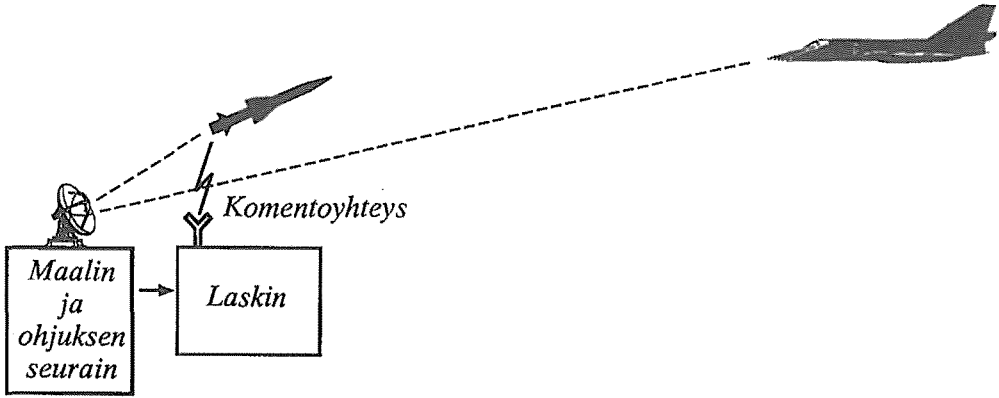
Puoliautomaattisesti komento-ohjatussa järjestelmässä on ohjausjärjestelmää kehitetty automatisoimalla ohjuksen seuranta ja ohjauskomentojen muodostaminen. **Kuva 209.**



Kuva 209 Puoliautomaattinen komento-ohjaus

Tähtäin seuraa ohjusta mittaamalla sen perässä olevan infrapunalähteen sijaintia. Ohjusampujan tarvitsee vain pitää maali tähtäimessä. Ohjus lentää tähtäysviivalla tai sen yläpuolella lavetilta lähetettävien ohjauskomentojen avulla. Infrapunalähteenä käytetään erilaisia lamppeja, palavia soihtuja tai laseria. Jos infrapunalähdettä ei ole moduloitu, ohjusjärjestelmää on helppo häiritä esimerkiksi soihtuilla. Puoliautomaattista komento-ohjausta käytetään useimmissa panssarintorjunta- ja eräissä kannettavissa il-matorjuntaohjusjärjestelmissä.

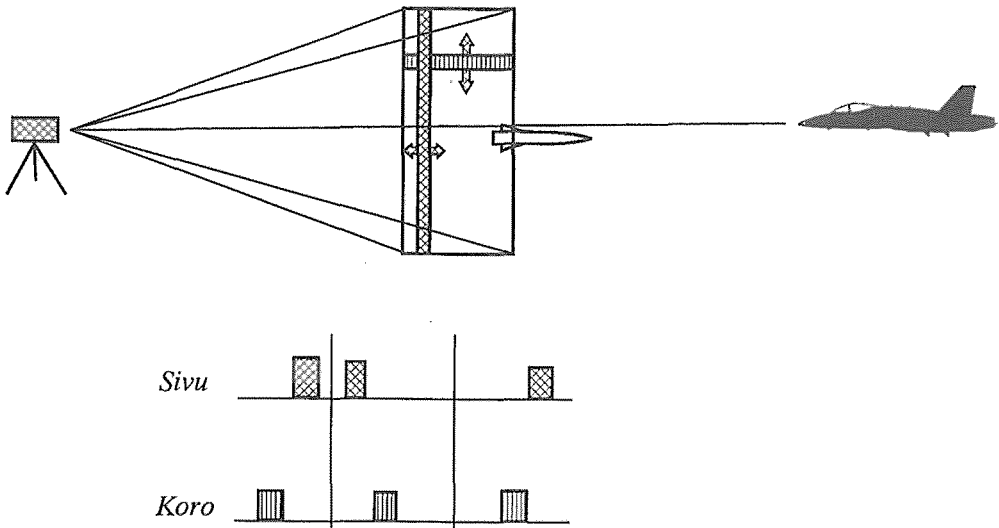
Automaattisesti komento-ohjatuissa ohjusjärjestelmissä ohjuksen ja maalin seuranta tapahtuu automaattisesti tutkalla, lämpö- tai videokameralla. **Kuva 210.**



Kuva 210 Automaattinen komento-ohjaus

Ohjusampujan ei välttämättä tarvitse käyttää järjestelmää ohjuksen laukaisun jälkeen. Automaattista komento-ohjausta käytetään yleisesti ilmatorjuntaohjusjärjestelmissä.

Säteenseuraantaan perustuvissa järjestelmissä lähetetään tähtäysviivan suuntaisesti moduloitua säteilyä, jonka perusteella ohjus pystyy itse paikantamaan sijaintinsa tähtäysviivan suhteen. **Kuva 211.** Ohjus korjaa tarvittaessa lentoreittiään siten, että se pysyy mahdollisimman tarkasti tähtäysviivalla. Lavetilta lähetettävä säteily on yleensä lasersäteilyä. Siten tätä ohjautusperiaatetta käyttäviä järjestelmiä kutsutaan **lasersäteen seuraajiksi**.



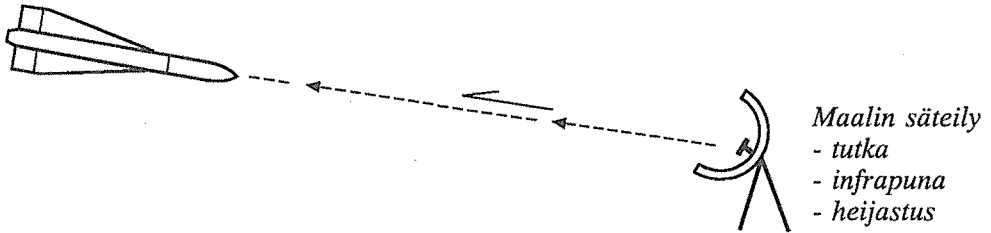
Kuva 211 Säteen seurantaan perustuva ohjausjärjestelmä

Hakeutuvat ohjukset sisältävät maalin seurantajärjestelmän. Kaikki liiketilän muutosten edellyttämät ohjauksen komennot muodostetaan ohjuksessa. Maalin seurantajärjestelmän perusosana on hakupää.

Hakeutuvat ohjusjärjestelmät jaetaan mitattavan säteilyn lähetyks- tai vastaanottooperaation mukaisesti

- passiivisiin
- puoliaktiivisiin ja
- aktiivisiin hakeutumisyjärjestelmiin.

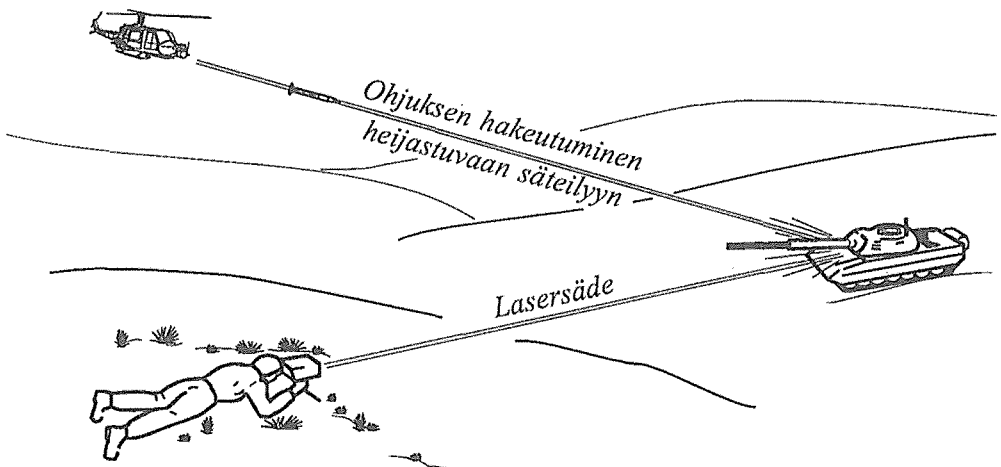
Passiiviset hakeutumisyjärjestelmät mittaavat maalin luonnollisesti emittoimaa säteilyä tai maalin itsensä lähettämää säteilyä. Näitä järjestelmiä ovat esimerkiksi lentokoneen infrapunasäteilyä mittaavat olalta ammuttavat ilmatorjuntaohjukset sekä tutkaan hakeutuvat ohjukset. **Kuva 212.**



Kuva 212 Tutkaan hakeutuva ohjus

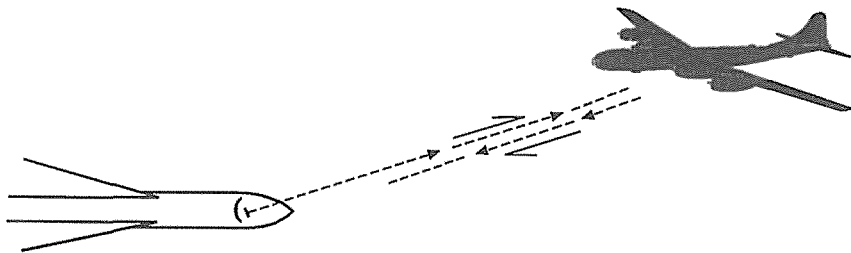
Puoliaktiivisessa hakeutumisyjärjestelmässä maalia valaistaan tutka- tai lasersäteillä. **Kuva 213.** Ohjuksen hakupää mittaa maalin sijainnin siitä heijastuvan säteilyn perusteella. Sen vuoksi tulenjohtojärjestelmä sitoutuu maalin valaisuun koko ammunnan ajaksi ellei ohjusta tai täsmäammusta saateta maalialueelle ballistisin perustein tai inertiaperusteisesti, jolloin vasta loppuohjaus tehdään hakeutuen valaisuun.

Puoliaktiivista tutkahakeutumista käyttäviä järjestelmiä on edelleen kehitetty pidemmän ampumaetäisyyden saavuttamiseksi. Ohjus lähettää hakupäällään mittaaman maalitiedon maassa olevalle tulenjohtojärjestelmälle, jossa on tehokkaampi laskentakapasiteetti. Ohjauskomennot lähetetään tämän jälkeen takaisin ohjukselle. Järjestelmiä kutsutaan ohjuksen kautta ohjattaviksi (TVM) järjestelmiksi.



Kuva 213 Puoliaktiivinen hakeutumisyjärjestelmä

Aktiivisesti hakeutuva ohjus lähettää säteilyä ja vastaanottaa maalista heijastuvan säteilyn. **Kuva 214.**

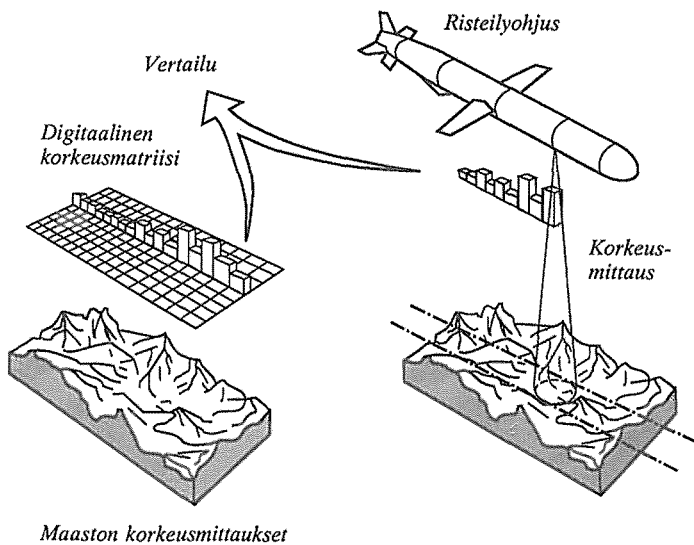


Kuva 214 Aktiivisesti hakeutuva ohjus

Passiiviset ja aktiiviset menetelmät mahdollistavat ohjusjärjestelmän käyttäjän irrottamisen maalitilanteesta välittömästi laukaisun jälkeen, jolloin ampuja voi hallita samanlaisesti useampia maaleja. Tällaisesta mahdollisuudesta käytetään nimitystä ”ammu ja unohda”.

Suunnistava ohjus sisältää järjestelmän, joka mahdollistaa ohjuksen lennon haluttua reittiä lähtöpisteestä asetettuun pisteeseen. Suunnistus perustuu ohjuksen liiketilojen mittaukseen asentohyrrien ja kiihtyvyyssantureiden avulla. Menetelmästä käytetään nimitystä inertiasuunnistus.

Suunnistamisessa käytetään myös muita menetelmiä. Maaston korkeuseroihin perustuva mittaus on yleinen. Ohjuksen suunnitellun lentoradan varrelta on tallennettu ohjuksen muistiin maaston kohtia, joissa on selvät korkeuserot. Ohjus mittaa alapuolella olevaa maastoa korkeusmittarilla ja vertaa tulosta muistissa olevaan korkeusmatriisiin. Lentoradan varrella voi olla useita tällaisia tarkastuspisteitä. **Kuva 215.**



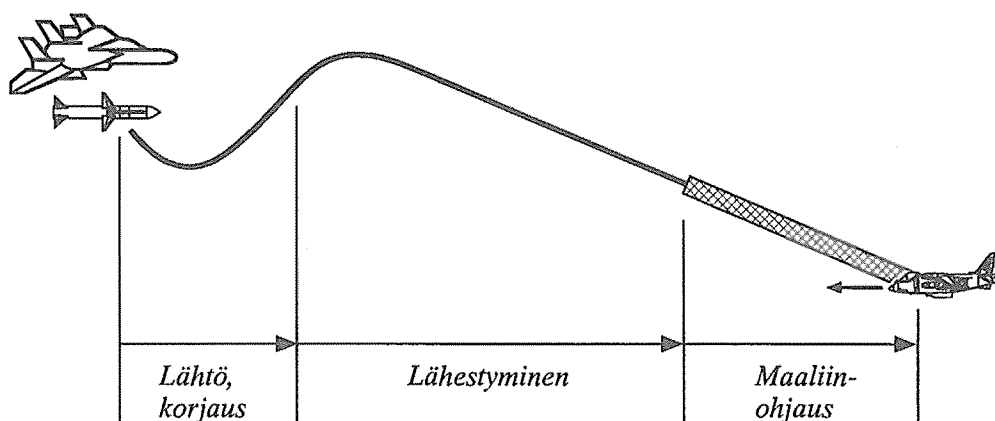
Kuva 215 Suunnistava ohjus

Suunnistamisessa voidaan käyttää hyväksi myös satelliittipaikantamisjärjestelmää. Näitä suunnistusmenetelmiä käytetään useiden kymmenien, jopa satojen kilometrien etäisyydelle ammuttavissa aerodynaamisissa ohjuksissa. Lennon lopussa voi käynnistyä suunnistavan ohjuksen apuna oleva hakeutumisyjärjestelmä. Esimerkkinä suunnistavasta ohjuksesta on risteilyohjus.

Eräät ohjukset voivat toimia reitin eri vaiheissa suunnistavana, ohjattavana ja hakeutuvana. Näitä toimintoja yhdistetään nykyaikaisissa pitkäkantamisissa ilmatorjunta- ja ilmataisteluohjusjärjestelmissä. Tällainen ohjus lähetetään lavetilta kohti ennakkopistettä inertiasuunnistukseen tukeutuen. Ennakkopistettä päivitetään komentolinkein avulla kunnes ohjus on lähellä maalia. Tällöin ohjuksen aktiivinen hakeutumisyjärjestelmä käynnistetään ja ohjus hakeutuu maaliin.

4 REITIT

Ohjuksen reitti jaetaan eri vaiheisiin, joissa voidaan käyttää joko yhtä tai useampaa reititysmenetelmää. **Kuva 216.**



Kuva 216 Ohjuksen reitin vaiheita

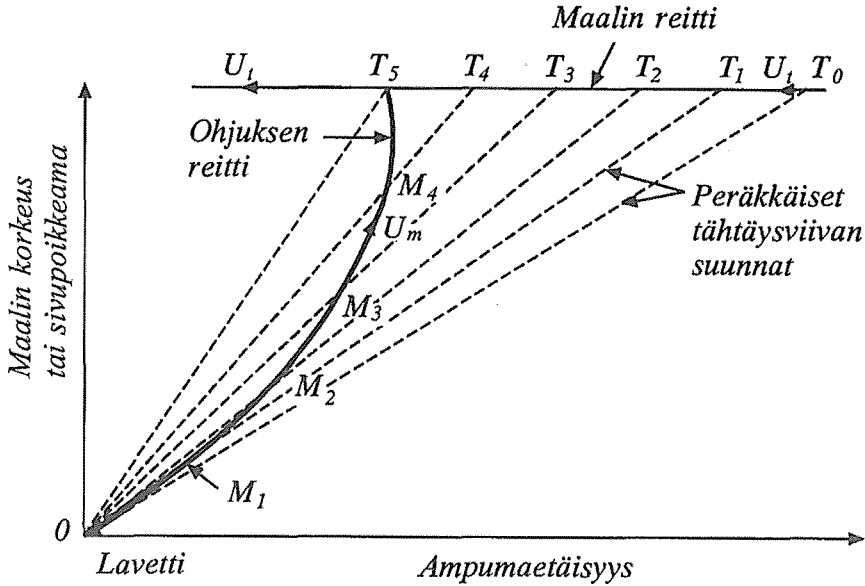
Lähtövaiheessa ohjus laukaistaan joko maalia kohti tai halutun poikkeutuksen mukaiseen suuntaan. Lähtövaiheen aikana ohjuksen aerodynaamiset ominaisuudet ja ohjattavuus muuttuvat nopeuden voimakkaasti muuttuessa. Ohjus ei tällöin yleensä ole tehokkaasti ohjattavissa.

Korjausvaihe on lähtöä seuraava vaihe, jonka aikana ohjus alkaa noudattaa sille annettuja komentoja ja ohjus saatetaan halutulle reitille. Lähtö- ja korjausvaiheiden kestot määrittävät ohjusjärjestelmän pienimmän tehokkaan ampumaetäisyyden.

Maalin lähestymisvaihe käsittää suunnistavilla ohjuksilla reitin korjausvaiheen siihen saakka, jolloin hakupää löytää maalin ja lukkiutuu siihen.

Maaliinohjausvaiheessa ohjaus perustuu jatkuvaan maalin mittaukseen ja tarvittaaviin reittimuutoksiin.

Ohjattavat ohjukset noudattavat maaliinohjausvaiheessa **suuntalinjareititystä**. Siinä ohjus pidetään ampujan tai tulenjohtolaitteen ja maalin välisellä suoralla. Ohjuksen nopeus voidaan siten jakaa kahteen komponenttiin, joista toinen vie ohjusta kohti maalia ja toinen pitää ohjuksen tulenjohtolaitteen ja maalin välisellä kääntyvällä suoralla. Ohjuksen reitti suhteessa maalin rataan muodostuu tällöin melko kaarevaksi nopeita maaleja ammuttaessa, jolloin ohjukselta edellytetään hyvää ohjattavuutta ja liikehtimiskykyä erityisesti lennon loppuvaiheessa ennen maaliin osumista. **Kuva 217.**

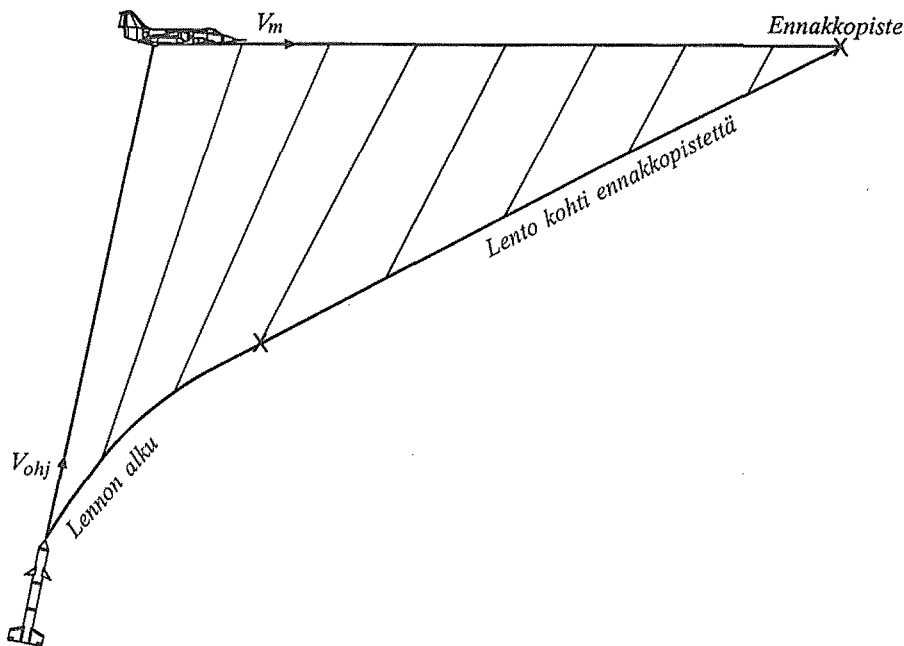


Kuva 217 Suuntalinjareititys

Hakeutuvat ohjukset noudattavat maaliinohjausvaiheessa kulmanopeusreititystä.

Kulmanopeusreitityksen periaate on se, että ohjuksen hakupää mittaa jatkuvasti ohjuksen ja maalin välistä suuntaa. Ohjus reagoi tämän suunnan muutoksiin muuttamalla etenemissuuntaansa siten, että suunnan muutos on jollain kertoimella verrannollinen havaittuun suuntaeroon. Tämä kerroin, kulmanopeuskerroin, voi olla kiinteä tai lennon aikana vaihteleva. Kertoimen suuruus määrittää siis sen, miten voimakkaita korjauskomentoja ohjus saa.

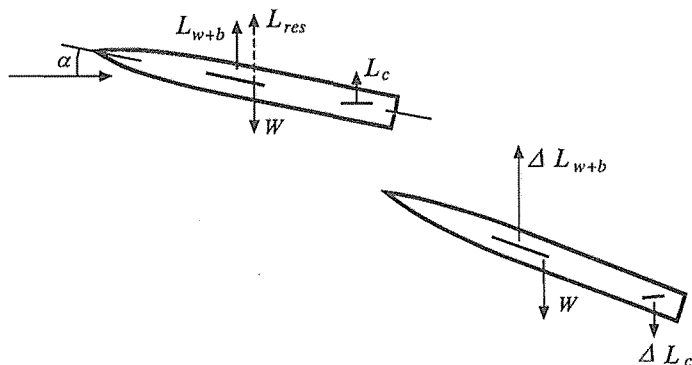
Kulmanopeusreitityksen tavoitteena on saattaa ohjus yhteentörmäysreitille maaliin nähden. Tämä tilanne on saavutettu silloin, kun hakupään kääntymiskulman muutosnopeus on nolla. Käytännössä tämä onnistuu vain, jos maalin liike säilyy tasaisena. **Kuva 218.**



Kuva 218 Kulmanopeusreitiyys

5 OHJUksen OHJAUS- JA VAKAVOINTIJÄRJESTELMÄ

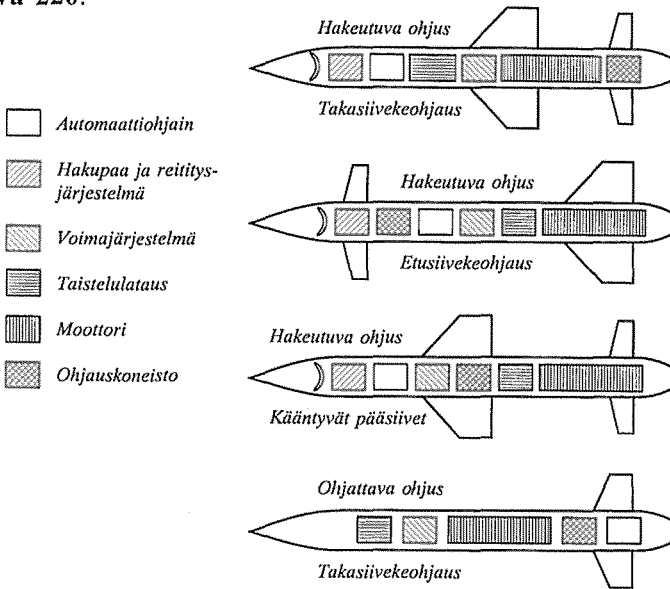
Ohjuksen asennon muutos saadaan aikaan siivekkeillä, suunnatulla suihkuvirtauksella, impulssimoottoreilla tai näiden yhdistelmällä. Kuva 219.



Kuva 219 Siivekkeet ovat kääntyviä ohjauspintoja

Vasemman puoleisessa kuvassa ohjus on vakaassa lentoasennossa. Tässä tilanteessa kokonaisnostovoima L_{res} on yhtä suuri kuin maan vetovoima W . Siivekkeen kääntymisen muuttaa voimavaikutusta siivekkeen pinnalla ΔL_c verran, joka muuttaa ohjuksen asentoa. Kulman muuttuminen muuttaa rungon ja siipien nostovoimaa ΔL_{w+b} verran. Koska rungon ja siipien nostovoima on suurempi kuin siivekkeiden, ohjus joutuu kiihtyvään liikkeeseen ylöspäin.

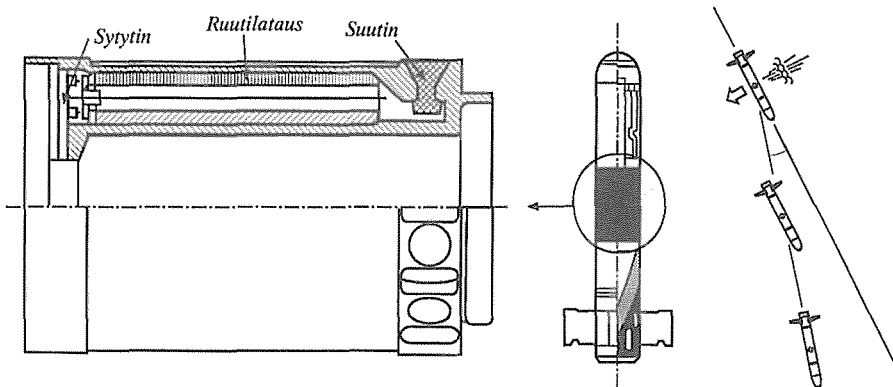
Siivekkeet voivat sijaita ohjuksen etuosassa, ohjuksen takaosassa tai lähellä ohjuksen painopistettä. Siivekerakenne määräytyy ohjuksen yleisen rakenteen ja käytön mukaisesti. **Kuva 220.**



Kuva 220 Ohjuksen rakenteita suhteessa ohjaussiviekkeiden sijaintiin

Suunnattu suihkuvirtausohjaus tarkoittaa ohjuksen moottorin ulosvirtaussuihkun suuntaamista siten, että ohjus kääntyy viistoon asentoon ilmapirtaukseen nähden. Ohjausvaikutus saadaan tämän jälkeen aikaan kuten siivekeohjauksessa.

Impulssimoottorit ovat yleensä ohjuksen painopisteen lähelle sijoitettuja pieniä raketimoottoreita, joiden sytyttäminen saa aikaan hetkellisen poikittaisvoiman. Nopeusvektorin suuntaisen voimavaikutuksen ja poikittaisvoiman yhdessä muodostama resultanttivoima kääntää nopeusvektorin suuntaa, jonka jälkeen ohjausvaikutus muodostuu kuten siivekeohjauksessa. Impulssimoottoreiden käytöllä yhdessä siivekeohjauksen kanssa saadaan aikaan huomattavia poikittaiskiihtyvyyksiä. **Kuva 221.**



Kuva 221 Impulssimoottoreiden käyttöperiaate

Vakavointijärjestelmä on suljettu säätöjärjestelmä, jonka mittausantureita ovat hyrrät ja kiihtyvyyssanturit. Ohjuksen ohjaus- ja vakavointijärjestelmän toimintaa ohjaa laskin. Laskimen ja vakavointijärjestelmän muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan automaattiohjaimeksi.

Ohjus saa tarvitsemansa sähköenergian yleisimmin lämpöparistoista tai kaasuturbiini-generaattorista.

6 LAVETIT

Lavetti toimii ohjuksen lähtöalustana. Lavetit ovat kannettavia, liikkuvia tai liikuteltavia.

Kannettavasta lavetista käytetään nimitystä **ampumalaite**.

Liikkuvat lavetit ovat yleensä ajoneuvoasenteisia. Ne ovat tyypillisiä keskipitkille etäisyyksille ammuttaville ilmatorjuntaohjuksille ja pitkille etäisyyksille ammuttaville panssaritorjuntaohjuksille.

Liikkuviin järjestelmälavetteihin voidaan sijoittaa muiden järjestelmien ohella 2—8 ohjuslaukausta. Ohjuslaukaukset on yleensä kiinnitetty täysympyräsektorissa kääntyvään ylälavettiin ja yhdensuuntaistettu tulenjohtojärjestelmän kanssa. Toinen ratkaisumalli on ohjuslaukausten pystysuora sijoittaminen. Niissä ohjuslaukaukset ovat säiliöissään käyttövalmiina ammuttavissa yhtä nopeasti kaikkiin eri suuntiin.

C OHJUSJÄRJESTELMÄT

1 PANSSARINTORJUNTAOHJUSJÄRJESTELMÄT

Ensimmäisten käyttöön otettujen panssaritorjuntaohjusjärjestelmien ohjautusperiaatteena oli **manuaalinen komento-ohjaus**. Esimerkkinä tällaisesta järjestelmästä on Maljutka-järjestelmä, joita edelleen on jonkin verran käytössä. Näiden järjestelmien haittana on ammutatekniikan vaikea oppiminen ja sen vuoksi suuri koulutustarve. Ampujan on seurattava koko lennon ajan sekä ohjasta että maalia. Ampuja antaa ohjauskomennot ohjukselle ohjaussauvaa kääntämällä. Komennot välittyvät ohjukselle sen perästä purkautuvia ohjausjohtimia pitkin. Manuaalista komento-ohjausta käyttävien järjestelmien etuna on niiden vaikea häiritseminen.

Toisen sukupolven panssaritorjuntaohjusjärjestelmien ohjautusperiaatteena on **puoliaktiivinen komento-ohjaus**. Tässä ohjautusmenetelmässä ampuja pitää koko lennon ajan tähtäimen hiusristikon maalissa. Järjestelmän infrapunaseurain mittaa ohjuksen perässä olevaa infrapunälähteen kulmapoikkeamaa tähtäysviivan suhteen. Järjestelmän laskin laskee tarvittavat ohjauskomennot, jotka lähetetään ohjukselle sen peräs-

tä purkautuvia ohjausjohtimia pitkin. Ohjus poikkeaa tähtäysviivalta enimmillään noin metrin.

Suurin osa käytössä olevista panssarintorjuntaohjusjärjestelmistä toimii tällä periaatteella. Esimerkkinä näistä järjestelmistä ovat panssarintorjuntaohjus 82 (Fagot), panssarintorjuntaohjus 83 M (TOW 2), Milan, HOT, Eryx ja BILL. **Kuva 222.**



Kuva 222 Panssarintorjuntaohjusjärjestelmä 83 M

Panssarivaunujen panssaroinnin kehittymisen myötä puoliautomaattisesti komento-ohjatut ohjukset on ohjelmoitu lentämään useissa järjestelmissä tähtäysviivan yläpuolella jopa kaksi metriä taistelulatauksen tyypistä riippuen. Näissä ohjuksissa taistelukärki on suunnattu viistosti tai suoraan alaspäin, jolloin sen vaikutus suuntautuu panssarivaunun ohuemmin suojattuihin yläpintoihin. Viistosti alaspäin suunnattujen ontelopanoksien suunnittelua vaikeuttaa se, että ohjuksen eteenpäin suuntautuva liike poikkeuttaa suihkua siten, ettei se vaikuta samaan pisteeseen maalin pinnalla. Ilmiötä on pyritty korjaamaan tekemällä panos epäsymmetriseksi.

Lasersäteen seurantaan perustuvia järjestelmiä voidaan myös pitää ohjattavina, sillä tätä ohjautusmenetelmää käyttävissä järjestelmissä ampujan on seurattava maalia koko ohjuksen lennon ajan. Ohjukselle ei kuitenkaan lähetetä komentoja, vaan ohjus paikantaa sijaintinsa ampumalaitteelta lähetettävässä ohjaussäteessä.

Ampumalaitteelta lähetettävä ohjaussäde voidaan havaita, mikäli kohteessa on laser-varoitin. Etuna on ohjusjärjestelmän vaikea häiritseminen elektro-optisilla menetelmillä. Ainoa mahdollinen häirintämenetelmä on savuttaminen joko tavallisia tai infrapunasavuja käyttäen.

Esimerkkinä lasersäteen seurantaan perustuvasta panssarintorjuntaohjusjärjestelmästä on venäläinen Kornet-järjestelmä sekä eurooppalainen Trigat-MR järjestelmä.

Puoliaktiivinen laservalaisuun hakeutuminen on myös pitkään käytössä ollut ohjautusmenetelmä. Tässä toimintaperiaatteessa maalia valaistetaan laserilla. Ohjus hakeutuu maalista heijastuvaan säteilyyn.

Käytössä olevat laserit toimivat yleensä lähi-infrapuna-alueella (1,06 μm). Esimerkkeinä ovat amerikkalainen Hellfire-ohjusjärjestelmä ja T-80 taistelu-panssarivaunuissa käytetty AT-11 järjestelmä.

Passiivinen hakeutuminen on uusin ohjautusmentelmä, joka on otettu käyttöön panssarintorjuntaohjusjärjestelmissä. Esimerkkinä on amerikkalainen Javelin pst-ohjusjärjestelmä. Ohjuksen kärjessä on kuvan muodostava hakupää, jonka ampuja lukitsee maaliin ennen laukaisua. Ohjus hakeutuu laukaisun jälkeen itsenäisesti maaliin. Ohjus lentää maaliin käyttäen epäsuoraa lentorataa. **Kuva 223.**



Kuva 223 Javelin panssarintorjuntaohjusjärjestelmä

Järjestelmän etuna on se, että ampuja pystyy suojautumaan heti ohjuksen laukaisun jälkeen. Haittana on hakupään jäähtymisestä johtuva lähtöviive sekä ohjuksen suhteellisen hidas lentonopeus.

Passiivisesti hakeutuvia panssarintorjuntaohjuksia on kehitetty edelleen siten, että hakupään kuva välittyy ampujalle valokaapelia pitkin, jolloin ampuja pystyy lennon aikana vaihtamaan maalia tai tarkentamaan osumapistettä maalissa.

Panssarintorjuntaohjusten taistelukärkenä on joko **ontelopanos tai räjähtämällä muotoutuva ammus** (EFP). Panssarivaunujen panssaroinnin kehittyminen on aikaansaanut sen, että perinteinen yhdellä ontelopanosella varustettu taistelukärki ei yleensä

kykene läpäisemään reaktiivipanssaroinnilla suojattuja vaunuja. Tämän vuoksi kaikissa uusissa järjestelmissä on kaksi erillistä ontelohanostusta, jotka toimivat pienellä, noin 100—200 μ s viiveellä toisiinsa nähden.

Panssarintorjuntaohjuksissa käytetään moottoreina lähes pelkästään **ruutiraketti-moottoreita**. Ohjusten tyypillinen lentonopeus on 150—300 m/s. Ohjusten ohjaus tapahtuu yleensä siivekkeillä, jolloin ohjusten poikittaiskiihtyvyydet ovat suurimmillaan noin 1,5—2 G. Niissä ohjuksissa, joissa ohjausvaikutusta saadaan myös suuntaamalla moottorin suihkuvirtausta, ohjuksen liikehtimiskyky on jopa 5 G. Tällöin pystytään ampumaan tehokkaasti myös liikehtiviä helikoptereita. Pyrkimys ampua pst-ohjuksia myös suljetuista tiloista edellyttää käytännössä pientä lähtönopeutta, jolloin ohjaus ainakin lennon alussa joudutaan toteuttamaan suihkuvirtausperiaatteella, koska aerodynaaminen ohjaus ei toimi.

2 ILMATORJUNTAOHJUSJÄRJESTELMÄT

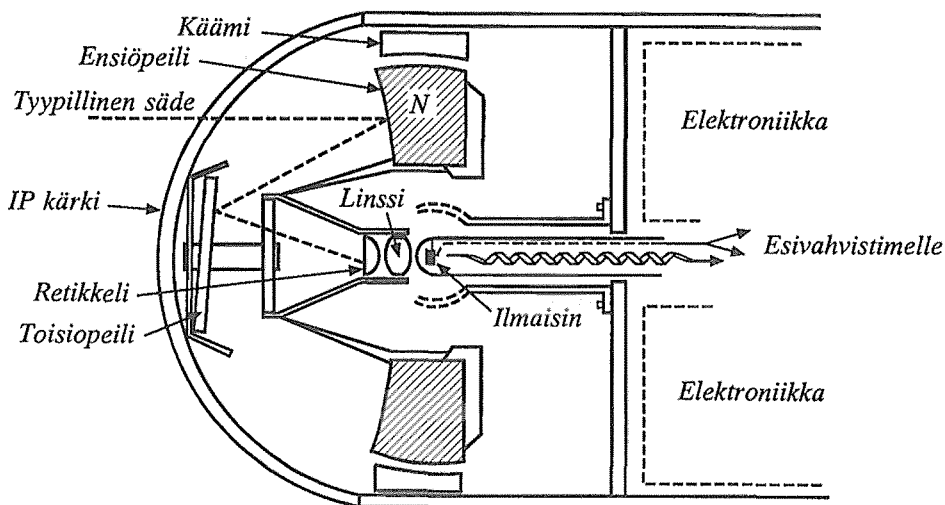
Ilmatorjuntaohjusjärjestelmät voidaan luokitella sekä kokonsa että ampumaetäisyyden perusteella yleensä lähi-, kohde- ja alueilmatorjuntaohjuksiin

Kevyet lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmät ovat joko passiivisesti hakeutuvia tai lasersäteen seurantaan perustuvia järjestelmiä. Niiden suurin ampumaetäisyys on noin viisi kilometriä ja pystytasossa noin kolme kilometriä. Esimerkkinä näistä järjestelmistä ovat amerikkalainen Stinger sekä lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmä 86 M eli Igla. Molemmilla voidaan ampua myös lähestyvää maalia. **Kuva 224.**



Kuva 224 *Lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmä 86 M*

Passiivisesti hakeutuvisa järjestelmissä ohjuksen hakupää lukitaan maaliin ennen ohjuksen laukaisua. Hakupää mittaa maalin lähettämää infrapunasäteilyä. **Kuva 225.** Vanhemmat järjestelmät toimivat lähi-infrapuna-aallonpituusalueella. Tämän alueen käytön haittana on auringon lähettämän säteilyn ja sen heijastuksien häiritsevä vaikutus. Uudemmat järjestelmät toimivat keski-infrapuna-alueella. Tämän alueen käyttö on edullista, koska lentokoneen moottorin pakokaasut säteilevät tällä alueella voimakkaasti ja toisaalta auringon ja ympäristön taustasäteily on suhteellisen vähäistä. Edistyneimmissä järjestelmissä hakupää toimii kahdella eri aallonpituusalueella, jolloin lentokoneiden häirintätarkoituksessa pudottamat palavat soihdut voidaan suodattaa pois.



Kuva 225 Lähi-ilmatorjuntaohjuksen hakupää

Keski-infrapuna-aallonpituusalueen käyttö edellyttää hakupään jäähdyttämistä noin -100°C :een. Jäähdytykseen käytetään yleensä paineistettua ilmaa, typpi- tai argonkaasua.

Hakeutuvat ohjukset käyttävät lähes pelkästään kulmanopeusreititystä. Lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmien ohjautusperiaatteena käytetään myös lasersäteiden seuranta. Tämän toimintaperiaatteen etuna on sen vaikea häiritseminen, vaikka maalin omasuojajärjestelmä pystyisikin ilmaisemaan siihen suunnatun lasersäteen.

Lämpötähtäimiä käytetään maalin havaitsemiseksi pimeässä. Huomattavaa kuitenkin on, ettei lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmiä pystytä käyttämään huonoissa sääolosuhteissa infrapunasäteilyn voimakkaan vaimenemisen vuoksi.

Lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmät ovat yleensä kannettavia. Kohdetorjuntaohjusjärjestelmät ovat kooltaan huomattavasti suurempia kuin lähi-ilmatorjuntaohjusjärjestelmät. Näissä järjestelmissä käytetään tutkia, jotka mahdollistavat toimintakyvyn säästä riippumatta.

Kohdetorjuntaohjusjärjestelmien yleisin ohjautusmenetelmä on automaattinen komento-ohjaus. Esimerkkinä näistä järjestelmistä ovat englantilainen Rapier ja ranskalainen Crotale. **Kuva 226.**



Kuva 226 *Automaattisen komento-ohjauksen periaatteella toimiva Crotale kohdetorjuntaohjusjärjestelmä*

Automaattisen komento-ohjauksen tehokasta käyttöä rajoittaa osumatarkkuuden pieneminen yli 10 kilometrin ampumaetäisyyksillä. Ohjuksen osumatarkkuuden pienemistä voidaan korvata tiettyyn rajaan asti kasvattamalla taistelukärjen vaikutusetaisyyttä.

Aluetorjuntaohjusjärjestelmien ohjautusmenetelmänä käytetään usein puoliaktiivista tutkahakeutumista. Näissä järjestelmissä maalia seurataan ja valaistaan tutkalla. Ohjus mittaa maalista heijastuvaa säteilyä ja laskee itse tarvittavat ohjauksen komennot. Esimerkkeinä näistä ovat BUK-M1, HAWK ja Seadart.

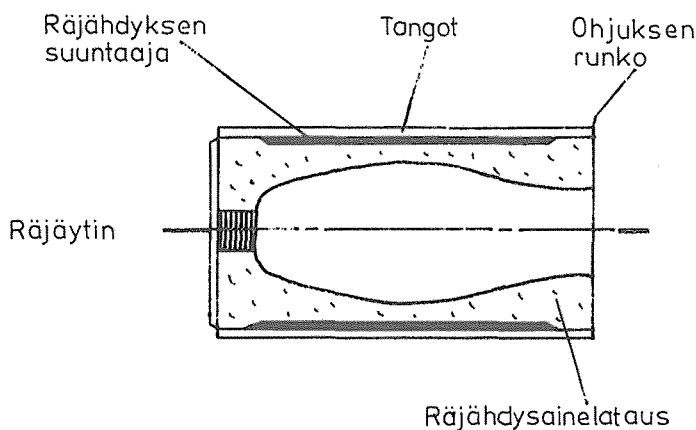
Esimerkkinä ohjusjärjestelmästä, jossa käytetään kahta eri ohjautusmenetelmää lennon eri vaiheissa, on amerikkalais-norjalaisena yhteistyönä kehitetty AMRAAM-ohjusta käyttävä NASAMS-järjestelmä. Lennon alkuvaiheessa ohjus lentää suunnistamalla maalin liiketilan perusteella laskettuun edulliseen lentosuuntaan. Loppuvaiheen ohjautusmenetelmänä käytetään aktiivista tutkahakeutumista. Jos maali muuttaa oleellisesti lentosuuntaansa ohjuksen suunnistusvaiheen aikana, järjestelmä lähettää ohjukselle ohjauksen komennot reitin muuttamiseksi.

Pitkän kantaman ilmatorjuntaohjukset käyttävät TVM-ohjautusmenetelmänä eli ohjuksen kautta ohjautusta. Esimerkkeinä ovat amerikkalainen Patriot ja venäläiset SA-10 ja SA-12. Järjestelmä toimii perustoiminnoiltaan kuten puoliaktiivinen tutkahakeutuminen. Ohjus ei kuitenkaan itse laske ohjauskomentojaan vaan lähettää maajärjestelmälle hakupään mittaustiedot. Maassa oleva tehokas laskin laskee ohjukselle lähetettävät komennot.

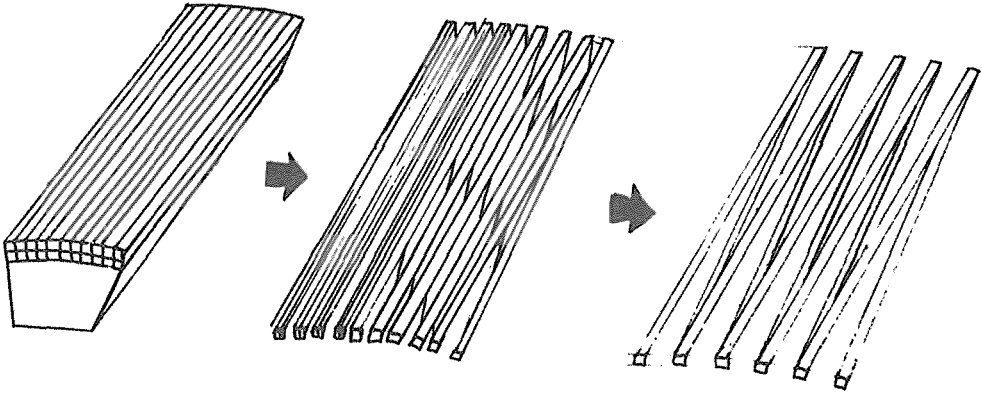
Ilmatorjuntaohjusten moottorina käytetään yleisimmin ruutirakettimoottoreita. Myös patomoottoreita on aikaisemmin käytetty esimerkiksi SA-6 ja Seadart ohjuksissa.

Ohjaussiivekkeet sijaitsevat yleisesti ohjuksen etuosassa. Tällöin saavutetaan ohjausvaikutus heti oikeaan suuntaan. Ohjuksilta edellytetään hyvää liikehtimiskykyä. Suuntalinjareititystä käytävissä komento-ohjatuissa järjestelmissä ohjuksen on pystyttävä 20—30 G:n kaarroksiin, mikäli maali liikehtii voimakkaasti. Ohjusten nopeus on yleensä 600—900 m/s.

Taistelukärkien vaikutusperiaatteenä käytetään lähes poikkeuksetta sirpalevaikutteista taistelulatausta. Eräissä ilmamaali-ohjuksissa on taistelulatauksen tuho vaikutusta pyritty keskittämään voimakkaasti. Vaikutuksen keskittämiseksi käytetään suunnatun sirpalevaikutuksen lisäksi **tankotaistelulatauksia**. **Kuva 227a**. Nämä voivat muodostua jatkuvasta tai epäjatkuvasta tangosta. Jatkuvassa tangossa on nippu toisiinsa molemmista päistä kiinnitettyjä metallitankoja kiedottu tiiviiseen pakettiin räjähdysaineen ympärille. Metallitangot voivat olla muodoltaan pyöreitä, neliön tai suorakaiteen muotoisia. Metallinippu muodostaa räjähdyksessä yhtenäisen rakenteen, jolla on ilmamaaliin osuessaan huomattava tuho vaikutus. **Kuva 227b**. Jatkuvan tangon haittapuolia ovat rakenteen monimutkaisuus ja kalleus, pieni lähtö- ja iskunopeus, rajoitettu ulottuvuus sekä tehon riippuvuus rakenteen koossapysymisestä. Viimeksimainitun ongelman välttämiseksi on eräät tankotaistelulataukset tehty sellaisiksi, että tangot eivät jää räjähdysten jälkeen toisiinsa kiinni. Tällaista rakennetta kutsutaan epäjatkuvaksi tangoksi.



Kuva 227a Tankotaistelulatauksen rakenne



Kuva 227b Jatkuvaan tankoon perustuva taistelulataus

3 RANNIKKO-OHJUSJÄRJESTELMÄT

Nykyisin käytössä olevat rannikko-ohjusjärjestelmät perustuvat puoliaktiiviseen laser-valaisuun hakeutumiseen. (**Kuva 213**). Esimerkkinä tällaisesta ohjusjärjestelmästä on RBS-17 järjestelmä. Tämä on kehitetty amerikkalaisesta Hellfire ohjusjärjestelmästä, jossa on sirpalevaikutteinen taistelukärki.

Ohjuksen ampumaetäisyys on noin seitsemän kilometriä. Koska maalin valaisuun käytetään lähi-infrapuna-aallonpituusalueella toimivaa laseria, järjestelmän käytön edellytyksenä ovat hyvät näkyvyysolosuhteet ja suhteellisen korkea minimipilvikorkeus, sillä ohjus lentää maksimiampumaetäisyyksillä jopa 600 metrin korkeudella. Ohjuksen käyttöä rajoittaa myös maalin valaisun ja ohjuksen lentoradan välinen kulma, joka on maksimissaan hyvissä olosuhteissa noin 30 astetta. Maalin valaisun ja ohjuksen laukaisun on tapahduttava synkronissa keskenään. Yleensä maalia on pystyttävä valaisemaan vähintään noin 4—8 sekuntia ennen ohjuksen osumista maaliin.

Rannikko-ohjuksissa on käytössä myös IP-hakupää (esimerkiksi norjalainen Penguin) ja mm-aaltoalueen tutkahakupää (esimerkiksi Hellfire). Taistelulatauksina käytetään myös ontelopanosta yhdistettynä sirpalelataukseen.

Kehitteillä olevissa valokuitukaapelin välityksellä ohjattavissa ohjusjärjestelmissä ohjuksen kärjessä olevan CCD- tai lämpöhakupään kuva välittyy valokaapelia pitkin ampujan näytölle. Ohjus lentää lennon alkuvaiheessa haluttuun suuntaan joko suunnistamalla tai siten, että sen hakupää on lukittuna maaliin tai muuhun edulliseen kohteeseen. Lentokorkeus on yleensä noin 150—300 metriä. Kun maali havaitaan, hakupää lukitaan maaliin, ja tämän jälkeen loppulento tapahtuu automaattisesti. Maalin vaihto tai tähtäyspisteen tarkentaminen on mahdollista myös lukituksen jälkeen.

4 MERITORJUNTAOHJUSJÄRJESTELMÄ

Meritorjuntaohjuksien kantama on yleensä noin 50—100 kilometriä. Matkalentovaiheen ohjaustusmenetelmänä on inertiasuunnistus. Meritorjuntaohjukset käyttävät yleensä lennon loppuvaiheessa aktiivista tutkahakeutumista.

Meritorjuntaohjuksissa on yleensä suihkaturpiinimoottori. Matkalento tapahtuu tavallisesti aliaääninopeuksilla, mutta esimerkiksi venäläisen Jahont ohjuksen nopeus on noin kaksi Machia.

5 RISTEILYOHJUKSET

Risteilyohjuksien ohjautusjärjestelmän perustana on inertiasuunnistus, jota täydennetään yleensä myös muilla järjestelmillä, kuten maaston korkeusmittauksella, maastotyypejä vertaamalla tai satelliittivastaanottimien avulla. (Kuva 215).

Risteilyohjuksissa käytetään ohivirtausmoottoreita, jotka mahdollistavat edullisen polttoainekulutuksen vuoksi suuren kantaman.

Meritorjuntaohjusten ja risteilyohjusten ero on häilyvä. Edellinen on tarkoitettu merimaaleja ja jälkimmäinen maamaaleja vastaan. Risteilyohjuksiin on lisäksi tulossa mahdollisuus päivittää maalitietoja lennon aikana.

IX LUKU MIINA-ASEET

A YLEISTÄ

Miinat ovat sytyttimellä ja laukaisimella varustettuja räjähdyspanoksia. Niiden vaikutus perustuu räjähdyspaineeseen, sirpaleisiin, suunnattuun räjähdysvaikutukseen, iskumas- saan, kemialliseen tai polttovaikutukseen sekä niiden yhdistelmiin.

Miinoja asennetaan miinoitteiksi estämään ja hidastamaan vihollisen liikkumista tai suun- taamaan sitä oman asevaikutuksen kannalta edulliselle alueelle. Miinoittamisjärjestel- mä muodostuu miinoista ja miinoittamisvälineistä.

Miinoittaminen on osa muuta suluttamista ja siihen voi liittyä tien katkaisu sekä siltojen hävittäminen. Miinoittaminen liittyy aina taistelevan joukon tulenkäyttöön ja on osana panssarintorjunnassa ja epäsuoran tulenkäytössä. Miinoitteista tehdään kirjallinen se- loste ja oman ryhmyksen sisällä ne aidataan.

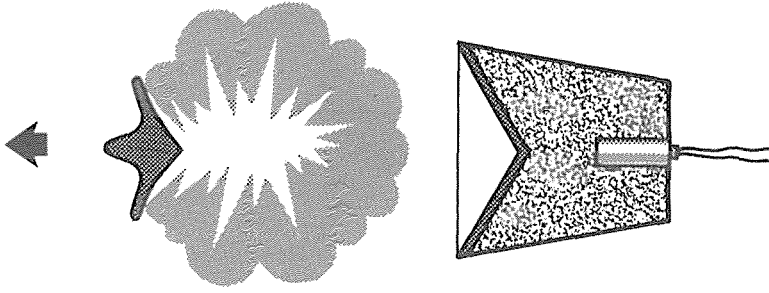
Työkalujen ja -koneiden avulla suoritettavan miinoittamisen lisäksi miinoitteita voidaan rakentaa ajoneuvoista miinoittamiskoneilla. Miinoittamisesta helikoptereista, epäsuo- ran tulenkäytön kuorma-ammuksista ja erityisistä miinoittamiseen suunnitelluista heitti- mistä käytetään nimitystä sirote-miinoittaminen.

B RÄJÄHDYSAINEET JA PANOKSET

Räjähdysaineet jaetaan erityisesti hävittämiseen kehitettyihin sotilasaräjähdysaineisiin ja siviilikäytössä oleviin työräjähdysaineisiin. Räjähdysaineita on käsitelty tarkemmin lu- vussa IV.

Sotilaskäyttöön on kehitetty valmiita panostyypppejä, joiden teho on tavanomaista räjä- hdysainetta suurempi ja käyttö yksinkertaisempaa. Yleisimpiä ovat valamalla ja purista- malla eri tarkoituksiin muotoillut hävittämispänsokset, joiden teho perustuu tavanomais- ta jauhemaista räjähdysainetta suurempaan tiheyteen.

Suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuvia panoksia ovat ontelo- ja katkaisupanos, joissa räjähdys- teho voidaan suunnata kohteeseen. Ontelopanos on käytössä routa- ja hävittämispänsoksissa sekä miinoissa ja ampumatarvikkeissa, joiden on läpäistävä metallia, betonia tai kovaa maaperää. **Kuva 228.**

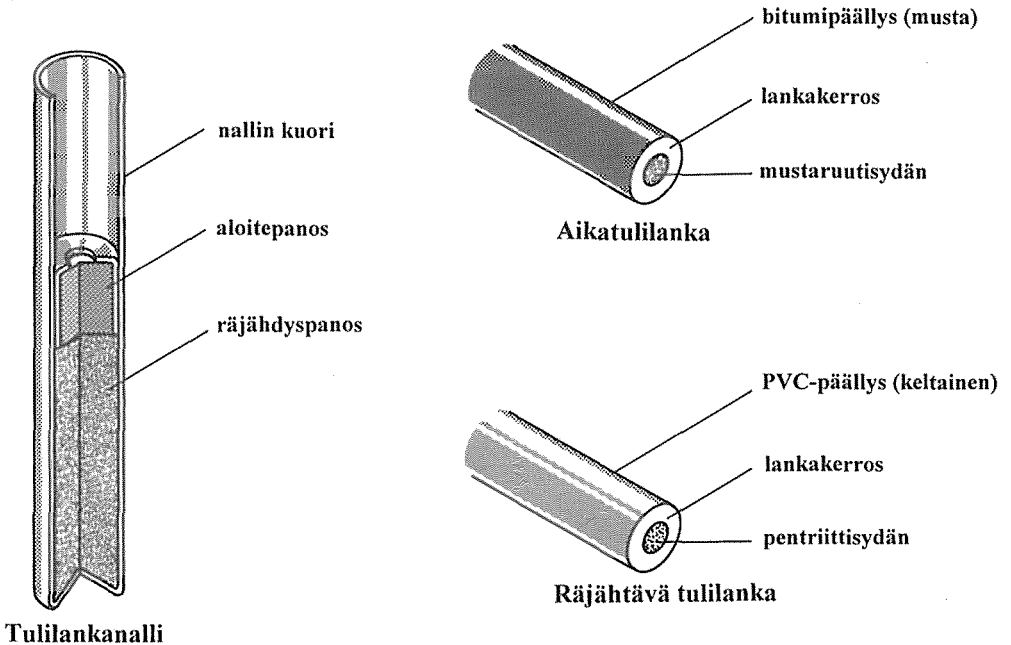


Kuva 228 Suunnatun räjähdysen periaate

C SYTYTYSVÄLINEET

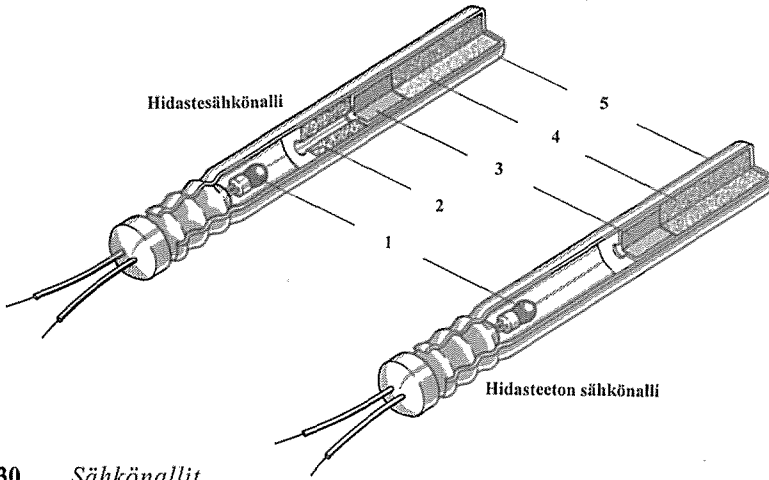
Sytytysvälineitä käytetään räjähdystapahtuman aloittamiseksi panoksissa tai miinoissa. Tavanomaisia sytytysvälineitä ovat tulilanka- ja sähkösytytysvälineet. Panosten ja miinojen laukaisua varten on kehitetty eri käyttötarkoituksiin sytyttimiä ja sytytysvälineitä.

Tulilankasytytysvälineisiin kuuluvat tulilankanalli, aikatulilanka ja räjähtävä tulilanka. Lisävarusteina voidaan käyttää erilaisia tulilangan sytyttimiä ja räjähtävän tulilangan liittimiä. Kuva 229.



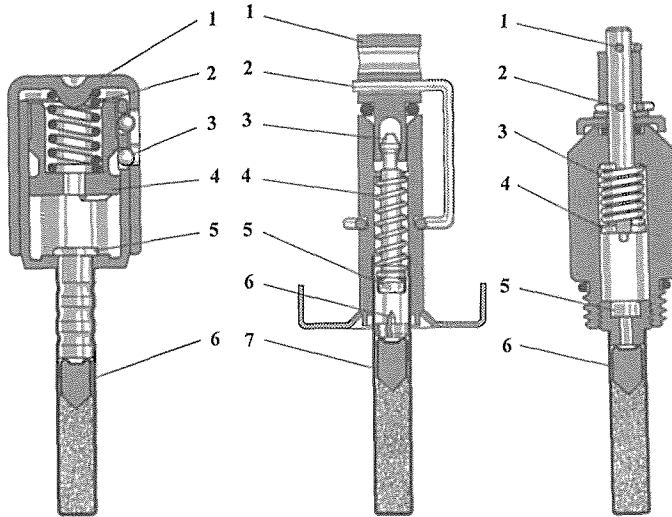
Kuva 229 Tulilankasytytysvälineet

Sähkösytytysvälineitä ovat sähkönalli, sähköjohdin ja sytytyskoje. Niitä kaikkia voi olla useita erilaisia. **Kuva 230.**



Kuva 230 Sähkönallit
1. sytykepää, 2. hidaste, 3. aloitepanos, 4. nallin kuori ja 5. runko

Sytyttimet voidaan rakenteellisesti jakaa mekaanisiin ja elektronisiin sytyttimiin. Mekaanisen sytyttimen toiminta perustuu iskurin lyömiseen iskunalliin, joka sytyttää varsinaisen räjäytysnallin. **Painosytyttimissä** maalin paino voi jännittää ja vapauttaa jousen tai katkaista muotosokan, jolloin jousi vapautuu ja iskuri iskee aloitenalliin. Esimerkkinä on painosytytin 77, jota käytetään muun muassa telamiinassa 65 77. **Vetosytyttimissä** iskuri saa liikkeensä jousen voimalla, kun laukaisusokka irrotetaan. Esimerkkeinä ovat vetosytytin 84 ja 86, joita käytetään putkimiinoissa, viuhkamiinoissa ja kylkimiinoissa. **Kuva 231.**



Kuva 231 Erilaisia mekaanisia sytyttimiä

- a) 1. ulkokuppi, 2. iskurin jousi, 3. kuulat, 4. iskuri, 5. iskunalli ja 6. tulilankanalli
b) 1. vetotappi, 2. varmistussokka, 3. iskunallikara, iskujousi ja 5. iskunalli
c) 1. varmistussokka, 2. vetosokka, 3. iskurin jousi, 4. iskuri, 5. iskunalli ja 6. tulilankanalli

Elektroniset sytyttimet toimivat kohteen aiheuttaman magneettikentän muutoksen, värinän, äänen tai muun vastaavan herätteen tai niiden yhdistelmän vaikutuksesta. Elektronisia laukaisimia käytetään miinojen ja panosten räjäyttämiseen ilman johtimia. **Kuva 232.**



Kuva 232 *Kylkimiinan herätelaukaisin*

D MIINAT

Miinan rakenteeseen kuuluvat panos, laukaisin ja sytytin. Panososan muodostavat tavallisesti kuori sekä lataus eli räjähdysainetäyte. Laukaisimeen voi kuulua erillinen sytytin tai räjäytysnalli (-nalleja). Räjähdysten varmentamiseksi panososaan tai laukaisimeen voi kuulua myös räjäytin. Sytyttimeen tai laukaisimeen voi kuulua erilaisia käsittely- ja kuljetusturvallisuutta lisääviä varmistimia.

Nykyaikaisen miinan laukaisin mahdollistaa miinan virittymisen sekä varmistumisen tai itsetuhon aikautuksen miinaa asennettaessa. Miinassa voi olla laskuri säätämään miina toimimaan muuhunkin kuin ensimmäiseen kohteeseen. Miinassa voi olla myös ilmaisin, joka osoittaa miinan olevan aktiivinen tai varmistettu.

**MIINOJEN ON PYSYTTÄVÄ TOIMINTAKUNTOISINA MAAPERÄÄN TAI
MAASTOON ASENNETTUNA KAIKKINA VUODENAIKONA JA KAIKISSA
SÄÄOLOSUHTEISSA**

**VIHOLLISEN SUORITTAMAA PANSRARIMIINOJEN RAIVAAMISTA PYRI-
TÄÄN VAIKEUTTAMAAN LAUKAISIMESSA OLEVALLA RAIVAUKSEN
ESTOLAITTEELLA, ANSOITTAMALLA JA NAAMIOIMALLA**

1 PANSSARI- JA AJONEUVOMIINAT

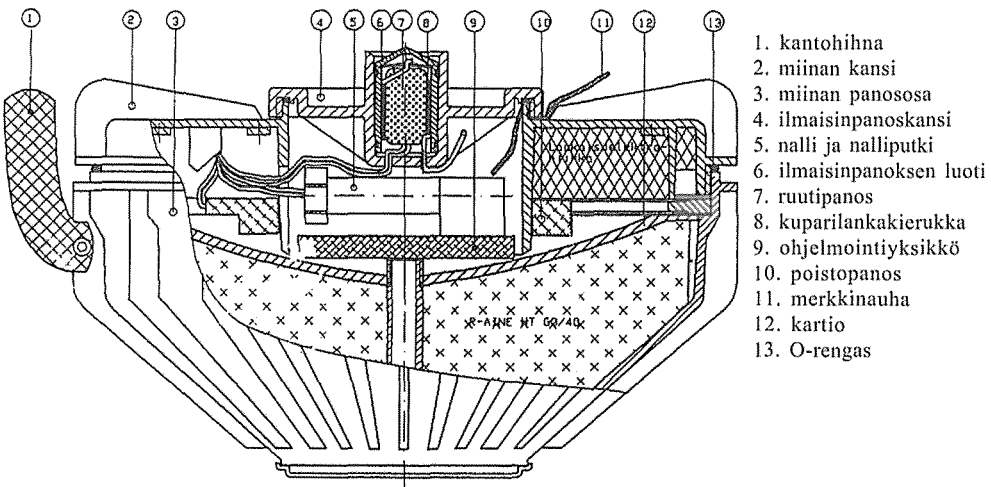
Panssari- ja ajoneuvomiinat asennetaan maaperään, maanpinnalle tai lumeen. Paine-vaikutteiset miinat katkaisevat telaketjun tai irrottavat pyörän sekä aiheuttavat voimakkaan paineiskun. Suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuva miina tekee lisäksi reiän ajoneuvon pohjaan ja aiheuttaa ajoneuvon sisälle paine-, sirpale- ja sytytysvaikutuksen.

a Pohjamiina 87 94

Pohjamiina 87 94 on suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuva heksotolitäytteinen panssarimiina. Miina irrottaa ajo- tai telapyörästä alla räjähtäessään pyörän tai katkaisee telaketjun. Pyörien tai telojen välissä räjähtävä miina läpäisee ajoneuvon pohjan ja aiheuttaa sisällä sirpale-, paine- ja sytytysvaikutuksen.

Pohjamiinassa on elektroninen laukaisin, jonka avulla miinan virittyminen ja varmistuminen voidaan ajoittaa etukäteen. Lisäksi laukaisimessa on yliajolaskin, jolla voidaan säätää miina räjähtämään haluttaessa jälkeentulevien ajoneuvojen kohdalla. Virittyneenä miina räjähtää, jos sitä yritetään raivata. Toiminta-ajan päätyttyä miinan ilmaisipanos laukeaa ja nostaa miinasta pystyyn kuparilangan, jonka avulla miina on löydettävissä.

Miinan laukaisimessa on paristo, joka on miinan huollon yhteydessä vaihdettava noin 10 vuoden välein. Asennettuna ollut ja toiminta-aikansa jälkeen ilmaisipanoksen laukaissut pohjamiina voidaan asentaa uudelleen pariston ja ilmaisipanoksen vaihtamisen jälkeen. **Kuva 233.**

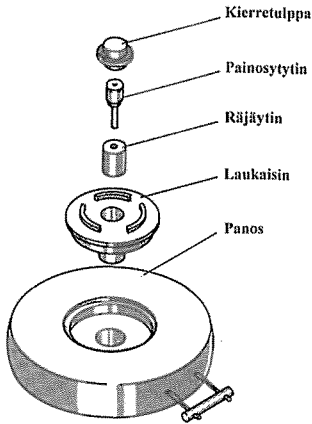


1. kantohihna
2. miinan kansi
3. miinan panososa
4. ilmaisipanoskansi
5. nalli ja nalliputki
6. ilmaisipanoksen luoti
7. ruutipanos
8. kuparilankakierukka
9. ohjelmointiyksikkö
10. poistopanos
11. merkkinauha
12. kartio
13. O-rengas

Kuva 233 Pohjamiina 87 94

b Telamiina 65 77

Telamiina 65 77 on painevaikutukseen perustuva panssari miina, jossa on lasikuitukuoreen valettu 9.5 kg:n painoinen TNT-panososa. Räjähätäessään miina katkaisee telaketjun tai irrottaa pyörän.



Miinassa on laukaisin, jossa on räjäyttimenä heksotoliporapatruuna. Laukaisimeen asennettava painosytytin on mekaaninen ja vaatii toimiakseen yli 100 kilogramman kuormituksen. **Kuva 234a.**

Kuva 234a *Telamiina 65 77*

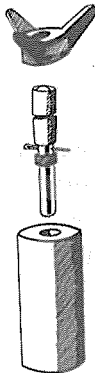
2 JALKAVÄKIMIINAT

Jalkaväkimiinoja käytetään estämään, hidastamaan tai suuntaamaan henkilöstön liikumista tai vaikeuttamaan panssari miinojen raivaamista. Jalkaväkimiinat jaetaan polkumiinoin ja lankamiinoin.

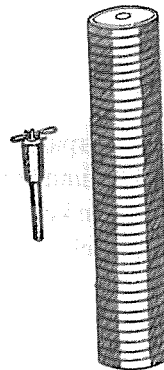
Kansainvälisen sopimuksen mukaisesti jalkaväkimiinoissa on oltava vähintään 8 grammaa metallia raivaamisen mahdollistamiseksi.

Polkumiinat asennetaan maahan ja niiden teho perustuu painevaikutukseen siten, että miinan laukaissut ruumiinosa silpoutuu. **Kuva 234b.**

Lankamiinat asennetaan yleensä puihin ja niillä on sirpalevaikutus. Miina laukeaa yleisimmin laukaissulangan kiristyessä tai se laukaistaan tähyksiinana. **Kuva 234c.**



Kuva 234b *Polkumiina*



Kuva 234c *Lankamiina*

Hyppymiinat asennetaan maahan. Miina laukeaa päälle astuttaessa, jolloin panos heittää varsinaisen miinan ilmaan. Sirpalevaikutus perustuu miinan räjähtämiseen ilmassa. Suomessa hyppymiinoja ei ole enää käytössä.

Viuhkamiinat perustuvat suunnattuun räjähdysvaikutukseen, jolla sirpaleet saadaan leviämään haluttuun suuntaan. Viuhkamiinat laukaistaan yleensä tähysteisesti. **Kuva 234d.**



Kuva 234d *Viuhkamiina*

Sirotemiinat ovat kaukolevitteisiä miinoja, joita levitetään ilma-aluksesta, kuorma-ammuksesta tai -ohjukselta vapaasti putoavina miinasiroitteina. Levitykseen voidaan käyttää myös maastoitsee etenevää sirottelulaitetta. Yksittäisen sirotteen teho on yleensä melko pieni, joten vaikutus perustuu sirotteiden suureen määrään.

3 ERIKOISMIINAT

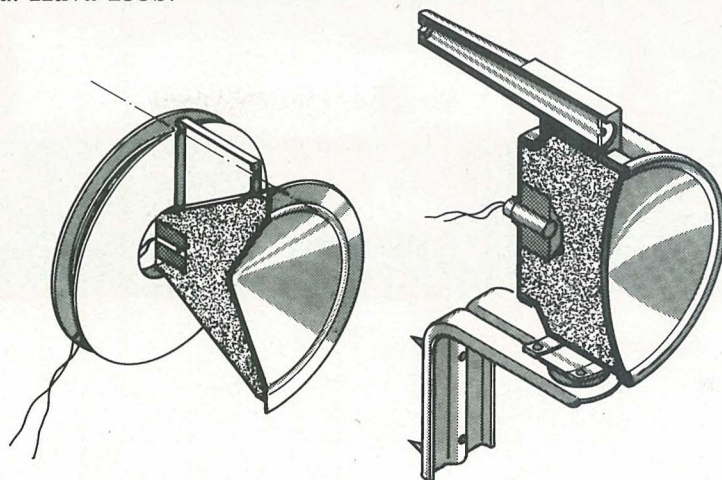
Erikoismiinoja käytetään sissitoiminnassa, ylläkössä ja rynnäkön, maihinnousun tai maahanlaskun torjunnassa. Erikoismiinoina voidaan käyttää viuhka- ja kylkimiinoja sekä tilapäisvälineitä, esimerkiksi kranaatteja tai pommeja.

a Kylkimiinat

Kylkimiinojen toiminta perustuu sirpaloituvan metallikartion suunnattuun räjähdysvaikutukseen. Miinoja käytetään yleisimmin tähysmiinoina ajoneuvoja vastaan niiden kulku-uran sivulta. Miinat suunnataan kohteeseensa miinassa olevan tähtäimen avulla ja ne räjäytetään sähköllä, elektronisella kauko- tai herätelaukaisimella tai vetolangalla.

Kylkimiina 81 (raskas kylkimiina) painaa 19 kg ja sen lataus on 12 kg valettua heksoolia. Miinan kuparikartiosta muodostuvat sirpaleet läpäisevät terästä 150 mm 15 metrin etäisyydeltä ja 80 mm 50 metrin etäisyydeltä. **Kuva 235a.**

Kylkimiina 87 (kevyt kylkimiina) painaa 2,6 kg ja on ladattu 1,5 kg:lla valettua heksotolia. Miinan kuparikartiosta muodostuvat sirpaleet läpäisevät terästä 30 mm 30 metrin etäisyydeltä. **Kuva 235b.**



Kuva 235a *Kylkimiina 81 (a) ja kylkimiina 87 (b)*

b Vesimiinat

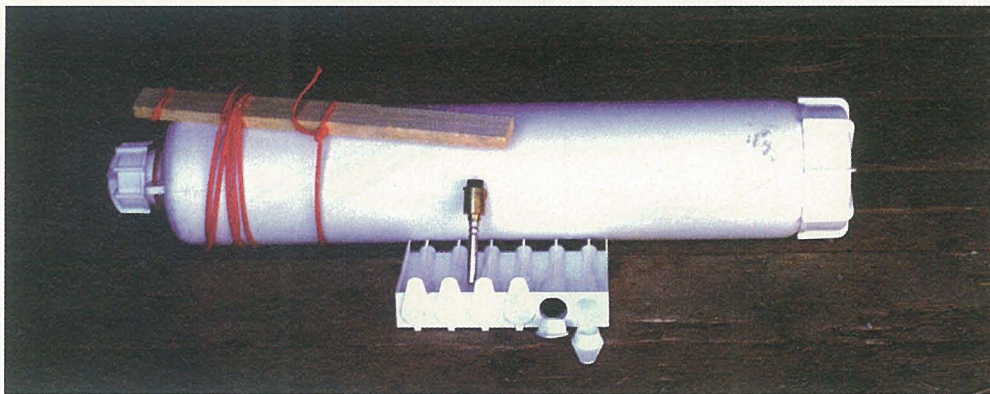
Rannikkomiinat ovat veteen laskettavia miinoja, joilla torjutaan aluksilla tai uivilla ajoneuvoilla tapahtuvia miihinousuja. Miinojen teho perustuu veden välittämään paineiskuun ja ne voidaan laukaista herätteisesti tai tähysmiinojen tapaan.

Kuva 235c.



Kuva 235c *Rannikkomiina*

Jäämiinat ovat jään alle avantoihin riviin asennettavia miinoja. Räjätetty miinoite tekee railon, joka vaikeuttaa vihollisen liikkumista jäällä. Miinojen räjähtäminen saadaan aikaan laukaisemalla tähysteisesti sähkösytytyksellä yksi miina tai panos, joka aiheuttaa veden paineen välityksellä muiden miinojen laukeamisen. **Kuva 235d.**



Kuva 235d Jäämiina

X LUKU JOUKKOTUHOASEET

A YLEISTÄ

Joukkotuhoaseet ovat aluevaikutteisia ja niitä kutsutaan ABC-aseiksi. Niitä voidaan levittää tavanomaisilla aseilla. B- ja C-aseita voidaan lisäksi levittää aerosolina maa- ja metsätalouden torjunta-aineiden tapaan.

B- ja C-aseita voidaan käyttää tuholaistoiminnassa veden ja elintarvikkeiden saastuttamiseen

B YDINASEET (A-ASE)

Ydinaseella tarkoitetaan räjähdettä, jonka tuho vaikutus aiheutuu atomiytimen halkeamis- tai yhtymisreaktiosta.

Ydinräjähdde voidaan saattaa maaliin monilla eri tavoilla. Yleisimmin käytetään ohjuksia, mutta tykistön ja heittimistön kranaatteja sekä lento- ja syvyyspommejakin voidaan käyttää. Ydinräjähdys vaikuttaa ympäristöönsä **lämpösäteilynä, paineaaltona, ydinsäteilynä, ionisaationa** ja **sähkömagneettisena pulssina**. Ydinräjähdysten energia jakautuu paine- ja polttovaikutukseen sekä alku- ja jälkisäteilyyn.

Lämpötila ydinräjähdyksessä nousee miljooniin asteisiin ja paine miljooniin Pascaleihin, jolloin syntyy nopeasti laajeneva tulipallo. Laajetessaan se kohoaa ylöspäin ja synnyttää perässään ilmapirran, joka imee maaperästä hienojakoisia aineksia ja muodostaa radioaktiivisen räjähdyspilven. Huomattava osa ydinräjähdysten tehosta kuluu lämpösäteilyyn, joka ilmenee ensin voimakkaana sokaisevana välähdyksenä ja sen jälkeen lyhytkestoisena polttavana vaikutuksena.

Ydinräjähdysten paineaalto aiheuttaa huomattavasti voimakkaamman paineiskun kuin tavanomainen räjähdys ja sitä seuraa kauemmin kestävä alipainevaihe. Ydinaseen energiasta noin puolet on painevaikutusta.

Radioaktiivisella alkusäteilyllä tarkoitetaan välittömästi räjähdyksestä suoraan tapahtuvaa säteilyä ja jälkisäteilyllä pitkän ajan kuluessa maan pinnalle laskeutuneista radioaktiivisista hiukkasista tulevaa säteilyä.

Ydinräjähdys aiheuttaa sähkömagneettisen pulssin (EMP). Sillä on suuri elektronisia laitteita tuhoava vaikutus erityisesti, jos räjähdys tapahtuu korkealla maan pinnasta.

Ydinräjähdykset voidaan jakaa ilma-, pinta- ja syvyysräjähdyksiin. Sotilaallisesti todennäköisin on **ilmaräjähdys**, jossa syntyvä tulipallo ei kosketa maata ja teho perustuu ensisijaisesti paineiskuun, lämpö- ja alkusäteilyyn. **Pintaräjähdys** synnyttää maahan kraaterin ja sen painevaikutus on pienempi, mutta radioaktiivinen vaikutus suurempi kuin ilmaräjähdyksellä. **Syvyysräjähdyksellä** on tärinäaallostta johtuva tuho vaikutus. Veden alla tapahtuessaan se aiheuttaa voimakkaan hyökyaallon.

Ydinräjähdysten tuho vaikutus tavanomaisiin aseisiin verrattuna on moninkertainen. Ydinräjähteen tehoa verrataan TNT-tonnin räjähdysvoimaan siten, että kilotonnin räjähdys vastaa 1 000 ja megatonnin räjähdys 1 000 000 TNT-tonnin räjähdystehoa.

C BIOLOGISET ASEET (B-ASE)

Biologisten aseiden käytön päämääränä on mikrobeja tai pieneliöitä levittämällä saada aikaan sairastumiseen tai kuolemaan johtava tartunta. Se voi tapahtua hengityselimien tai ruoansulatuksen kautta ja tartunnan saaneet voivat levittää sitä edelleen.

B-aseen käyttöä rajoittaa vaikeasti ennakoitavissa oleva leviäminen, minkä vuoksi omatkin joukot on suojattava. Biologisen aseiden käyttöön soveltuvat useat bakteerit, virukset ja toksiinit, joita voidaan saada aikaan keinotekoisesti erittäin nopeasti.

Biologisen taisteluaikkeen levitys on helppoa, sillä se voi olla nesteinä pullossa tai kuivattuna muovipussissa. Pienellä määrällä voidaan saastuttaa esimerkiksi kaupungin juomavesijärjestelmä.

D KEMIAALLISET TAISTELUAIKKEET (C-ASE)

Kemiallinen taisteluaikkeen on useimmiten nestemäinen aine, joka iholla tai kaasuuntuneena keuhkojen kautta aiheuttaa toimintakyvyttömyyden, vammautumisen tai kuoleman.

Kuolettavat	Toimintakykyä alentavat	Kasvintuhoaineet
Hermokaasut	Ärsyttävät	Lehdenpudottajat
Yleismyrkylliset kaasut	Tukahduttavat	
	Syövyttävät	Kasvien hävittäjät
Toksiinit	Psykoaineet	

Taulukko 15 Kemiallisten aineiden ryhmittely

Hermokaasut ovat erittäin myrkyllisiä ja nopeavaikutteisia taistelukaasuja, jotka lamauttavat hermojärjestelmän. **Yleismyrkylliset** aineet estävät normaalin hapenoton. **Toksiinit** ovat eliöissä muodostuneita hyvin voimakkaita myrkkyyjä, jotka aiheuttavat yleismyrkytyksen. **Ärsyttävät** kaasut vaikuttavat silmiin ja hengityselimiin. **Tukahduttavat** aineet aiheuttavat keuhkovaurioita. **Syövyttävät** aineet vaikuttavat silmiin ja ihoon. **Psykoaineet** vaikuttavat huumausaineen tapaan. **Kasvituhoaineilla** tuhotaan viljapeltoja ja peitteistä kasvillisuutta.

Ilmakaasut ovat helposti kaasuuntuvia yhdisteitä, jotka sekoittuvat nopeasti ilmaan ja haihtuvat. Niitä käytetään tilanteissa, joissa maaston tulee olla nopeasti jälleen käytettävissä. Suojanaamari antaa niitä vastaan yleensä riittävän suojan.

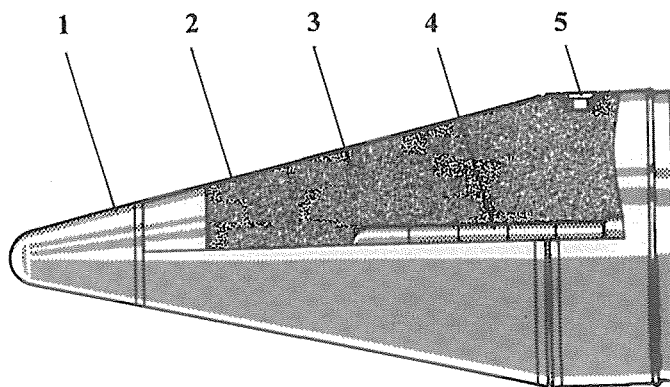
Maastokaasut ovat öljymäisiä, huonosti haihtuvia ja maastossa jopa kuukausia pysyviä aineita. Saastuneella alueella tarvitaan täydellinen suojarustus.

Kemiallisia taisteluaineita voidaan levittää käyttötarkoituksen mukaan kaasuna tai pisaroina. Levittämistapoina käytetään lentokoneisiin tai helikoptereihin sijoitettuja säiliöitä, ohjuksia, raketteja, tykistön tai heittimistön kranaatteja, miinoja tai lentopommeja.

Kaasun pysyvyys maastossa riippuu tuulen nopeudesta, ilman kosteudesta, sateesta, maaston peitteisyydestä ja lämpötilasta.

Ilmapommituksissa voidaan käyttää 10—1000 kg taisteluainetta sisältäviä isku- tai aikasytyttimellä varustettuja pommeja. Rypälepommit soveltuvat tehokkaaseen tärkeän kohteen saastuttamiseen. Esimerkiksi 30*36 kg:n sitkostetulla taisteluaineella täytetyt pommit räjäytetään 300 m:n korkeudessa, jolloin noin 2—3 hehtaarin alue saastuu. Maassa hyökkäys havaitaan lyhyenä sateena.

Ohjukset soveltuvat tärkeiden kohteiden saastuttamiseen. **Kuvassa 236** esitetyllä ohjuksella voidaan saastuttaa esimerkiksi lentokenttä. Ohjuksen lähestyessä maata laukaistaan radiolla lataus, joka rikkoo ohjuksen kuoren. Ilmavirtaus hajottaa ja levittää taisteluaineen pieniksi pisaroiksi.



Kuva 236 SCUD-ohjuksen kärjen rakenne

1. sytytin, 2. kuori, 3. taisteluaine, 4. räjäytin ja 5. täyttöaukko

Tykistön kranaatit voivat olla isku- tai aikasyttyisiä. Yllättävässä tilanteessa ilmakaasu levitetään tehokkaimmin niin, että kranaatti räjähtää metrin korkeudella maasta. Muutamien kymmenien metrien korkeudella räjäytettävissä kranaateissa käytetään sitkostettuja taisteluaaineita. Kranaatin taisteluainemäärä on muutama kilogramma ja tehollinen vaikutussäde kymmeniä metrejä. Massiivisessa ilmakaasun levityksessä lieviä vaikutuksia voi olla tuulen alapuolella vielä kymmenien kilometrien päässä.

XI LUKU

SUOJA

A TAISTELIJAN SUOJAVARUSTUS

1 AMMUSVAIKUTUKSET

a Yleistä

Ammukset suunnitellaan taistelukentän erilaisia maaleja tai olosuhteita varten. Vaikutus maalissa voidaan jakaa välittömään (liike- tai kemiallinen energia) ja välilliseen vaikutukseen. Vaikutus kemiallisen energian kautta perustuu kranaatin sisällä olevan räjähdysainepanoksen räjäyttämiseen maalissa. Detonaatiossa vapautuva energia vaikuttaa kohteeseen usealla vaikutustavalla seuraavasti

- sirpale-
- paine-
- poltto-
- täry-
- iskuvaikutus
- suunnattu räjähdysvaikutus

Suunnattu räjähdysvaikutus liittyy ontelopanosten toimintaan. Lisäksi erikoisammuksiin liittyy mm. seuraavantyyppiset vaikutukset

- savu-
- valaisuvaikutus

Räjähtämällä sirpaloituvien ampumatarvikkeiden vaikutusmekanismi perustuu sirpaleiden liike-energiaan. Sirpaleiden kokojakauma vaihtelee ammuksesta riippuen siten, että vaikutuksen katsotaan olevan tehokasta henkilöstöä, aseita, ajoneuvoja, lentokoneita, helikoptereita, jne vastaan. Raskaampien tykkien sirpalekranaateilla pystytään vaikuttamaan myös kevyesti panssaroiuihin maaleihin.

Sirpaloituvat ampumatarvikkeet on ensisijaisesti tarkoitettu suojaamatonta, elävää voimaa vastaan. Tulevaisuudessa on yhä tärkeämpää pystyä vaikuttamaan sirpaleilla tehokkaasti myös sirpaleliiveillä suojattuun henkilöstöön sekä muihin suojattuihin maaleihin. Sirpalevaikutuksen tehon parantuessa kiinnitetään entistä enemmän huomiota suojaukseen. Henkilöstölle kehitetään kevytrakenteisia suojaliivejä, jotka pysäyttävät suurinopeuksisenkin sirpaleen tai luodin. Panssaroitujen kohteiden suojaukseen käytetään metallista, muovista tai keraamista panssarointia sekä tekstiili- ja kerroskanssarointia.

Haavaballistiikka tutkii ammusvaikutusta ihmiskehossa ja elimistön reaktioita vammoihin. Usein haavoittumisessa kysymys on eri vammojen yhteisvaikutuksesta. Perustuen kokemukseräiseen tietoon, on todettu, että vammoista noin kolmeneljäsosaa on kohdistunut raajoihin. **Suojavarusteiden** tarkoituksena on heikentää tai estää taisteli-

jaan kohdistuvia ammusvaikutuksia. Yleisimmät taistelijan suojarusteet ovat suojaliivi ja kypärä.

b Luodin iskuvaikutus

Rakenteensa ja vaikutuksensa perusteella luodit jaetaan tavallisiin ja erikoisluoteihin (valojuova-, panssari-, panssarisytytys- ja räjähtävät luodit). Ensinmainittu on suunniteltu vaikuttamaan elävään kohteeseen iskuenergiallaan. Vaikutus on tehokkain kun koko liike-energia purkautuu kohteeseen, eli kun luoti pysähtyy kohteen sisälle. Toisaalta luodilla tulee olla sellainen läpäisykyky, että se pystyy läpäisemään kohteen suojana olevat esteet kuten taisteluvälikorin ja heikot suojarakenteet. Luodin pysähtymistä kohteeseen voidaan edistää mm. konstruoimalla luoti siten, että se muotoutuu ja/tai menettää vakavuutensa tunkeutumisen jälkeen.

Luodin iskuvaikutuksella pyritään vaikuttamaan elävään voimaan. Kiväärikaliiperisilla aseilla vaikutus kevyesti panssaroituihin kohteisiin perustuu erikoisluotien käytölle. Luodin tunkeutuessa kohteeseen se pyrkii säilyttämään läpäisylle edullisen muotonsa. Kun tunkeutumistulos kohteessa ylittää luodin muotoutumisvastuksen, vaippa rikkoutuu ja kuoriutuu pois sydämen päältä. Kohteen laadusta riippuen lyijy- tai terässydän jatkaa vielä tunkeutumistaan.

Ampumavamman vaarallisuuteen vaikuttavat luodin

- muoto ja rakenne
- tulokulma vartaloon ja osumakohta
- deformatioituminen tai pirstoutuminen osuessa
- kaatuminen kudoksessa ja ballistinen haavanmuodostus sekä
- kudoksen tiheys ja luodin nopeus osumahetkellä.

Kudokseen osuessaan nopea luoti synnyttää siihen **isku- eli shokkiaallon**, jonka etenemisnopeus pehmeissä kudoksissa on 1500 m/s ja joka voi vaurioittaa kudosta kaukanakin luodin kulkureitiltä. Normaali kokovaippaluoti, jonka ydin (lyijy) ja vaippa (kuparisinkki tai teräs), ovat pehmeää ainetta voi muokkautua törmäyksessä suojamateriaaliin, jolloin alkuperäinen poikkipinta-ala saattaa kasvaa ja tunkeutuminen kohteeseen muuttua. Lisäksi luoti voi sirpaloitua törmäyksessä. Haavaontelon muoto riippuu rakenteen lisäksi luodin ballistisista ominaisuuksista siten, että epävakaa luoti voi kaatua ja muuttaa suuntaansa herkemmin kuin vakaa luoti, mikä edelleen saa aikaan suuremman ontelon. Ihmisen ihon läpäisevä luodin liike-energia on noin 10 J, joten kiväärin luoti on aina vaarallinen kaikilla ampumaetäisyyksillä.

Luotisuojaliivi tai kypärä on spesifioitu yleisimmän sotilaspistoolinpatruunan (9x19 mm) kokovaippaista lyijy-ydinluotia vastaan. Suoja ei kuitenkaan varmuudella pysäytä teräsvaippaisia tai uusia läpäisemään suunniteltuja pienikaliiperisia (esim. 5,7x28) pistoolinluoteja. Kaikki kokovaippaiset kiväärinluodit läpäisevät tehokkaalta ampumaetäisyydeltään (noin 500 m) kypärän ja suojaliivin, jossa ei ole lisälevyä. Vaikka luotisuojaliivi

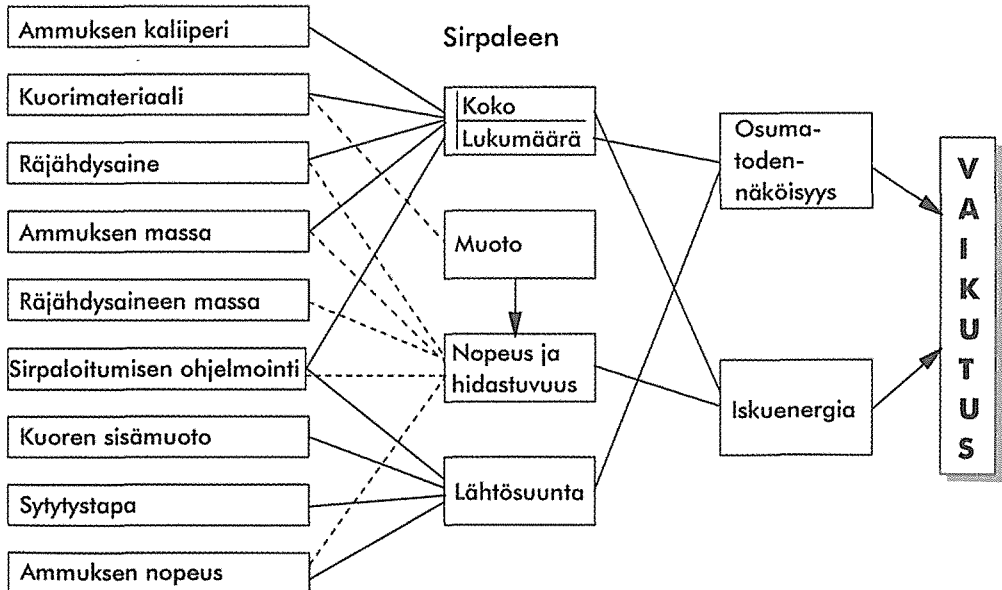
lisäsuojalevyn kanssa voi pysäyttää luodit, tästä huolimatta liivistä elimistöön välittyvä shokki-isku voi saada aikaan vammoja. Henkilön suojaaminen luoteja vastaan on varusteiden painavuuden vuoksi mahdollista vain noin 4 kJ liike-energiaan asti.

c Sirpalevaikutus

Sirpalevaikutteisia ampumatarvikkeita ovat sirpalepommit, -kranaatit ja -miinat sekä käsikranaatit, kivääriskranaatit, rakettien ja ohjusten sirpaloituvat taistelukärjet. Sirpalekranaatin räjähtäessä syntyy paine, jonka vaikutuksesta kranaatin teräksinen tai valurautainen kuori sirpaloituu 0.1–0.3 millisekunnissa. Ennen halkeamistaan kuori paisuu, kunnes aineen murtoraja ylittyy. Kranaatin eri osista syntyy eri kokoisia sirpaleita riippuen kuoriaineen laadusta, lujuudesta ja paksuudesta, räjähdysaineen detonaatio-nopeudesta ja räjähdysenergiasta. Luonnollisen sirpaloitumisen massajakauma on laaja ($<0,5 - >16$ g). Sirpaleet ovat rosoreunaisia ja keskimääräinen sirpalekoko on verrannollinen ammuksen kaliiperiin. Sirpaloitumiseen voidaan vaikuttaa muun muassa

- sirpaloituvan materiaalin laadulla
- taistelukärjen muotoilulla
- räjähdysaineen laadulla ja määrällä
- ohjatulla sirpaloitumisella ja
- esisirpaloinnilla.

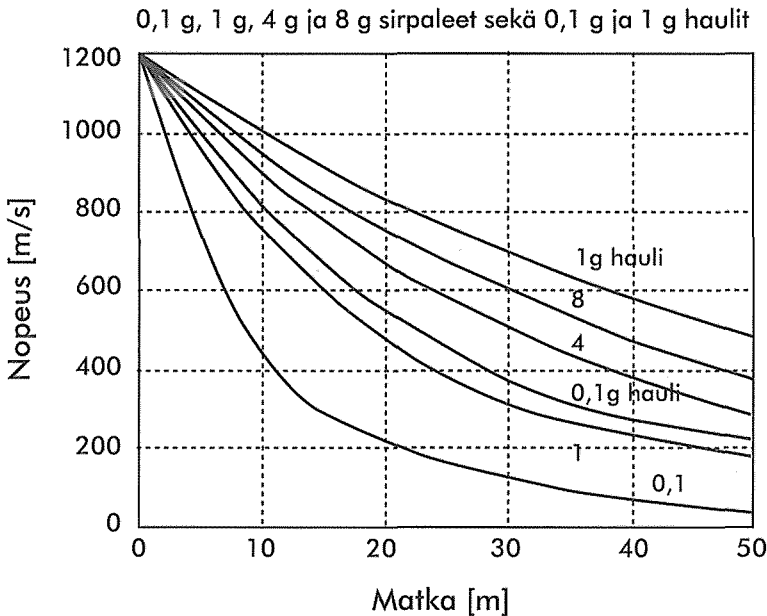
Sirpaletehoa rajoittavia tekijöitä ovat sisä- ja ulkoballistiikan asettamat rajoitukset, käytöturvallisuus ja soveltuvuus massatuotantoon. Ammuksen suunnittelussa pyritään vaikuttamaan niihin tekijöihin, joiden ansiosta syntyy mahdollisimman monta tehokasta sirpaletta. **Kuva 237.**



Kuva 237 Sirpalevaikutuksen osatekijät

Tarkoituksenmukainen sirpalekoko saadaan aikaan ohjatulla sirpaloinnilla tai esisirpaloinnilla. **Ohjattua sirpalointia** säädellään ammuskuoren urituksella tai muotoilulla. Esimerkiksi raketinheittimen kranaatin kuoressa olevan ristikkäisen urituksen vaikutuksesta eniten sirpaleita muodostuu urajaotuksen määräämälle massa-alueelle 2—4 g. Ohjatusti sirpaloituvan kuorma-ammuksen tytärkranaatin sirpaleiden lukumääräjakaman maksimi on massa-alueella 0,1—0,2 g. Tämäkin on tarkoituksenmukaista, sillä yhden tytärkranaatin vaikutusalueen ei tarvitse olla laaja.

Esisirpaloinnilla tarkoitetaan esimerkiksi teräs- tai raskasmetallihaulien sijoittamista kranaatin sisälle siten, että ne räjähdystapahtumassa leviävät suurella nopeudella ympäristöön. Käsi- ja kivääriskraaateissa sirpaleen massa on noin 50 mg ja viuhkamiinoissa noin yksi gramma. Sirpaleiden keskimääräinen lähtönopeus on nykyaikaisilla, luonnollisesti sirpaloituvilla ammuksilla noin 1200 m/s, vanhoilla noin 1000 m/s ja esisirpaloiduilla kranaateilla noin 1400 m/s. Räjähdyksessä syntyneiden tuotteiden hidastuvuus ilmassa lentomatkan kasvaessa on esitetty **kuvassa 238**.



Kuva 238 Teräshaulien ja -sirpaleiden hidastuvuus ilmassa lähtönopeudella 1200 m/s

Sirpalevaikutus perustuu siihen, että syntyneet sirpaleet osuvat kohteeseen, läpäisevät mahdolliset suojarakenteet ja tunkeutuvat kohteeseen aikaansaaden vaikutuksen. Tällaisia sirpaleita kutsutaan tehokkaiksi sirpaleiksi. Sirpalevaikutuksen tehokkuuteen vaikuttavat kranaatin räjäytyskorkeus, tulonopeus ja -kulma. Sytytintyyppin valinnalla kranaatti saadaan räjähtämään joko kohteessa, sen sisäpuolella tai halutulla korkeudella kohteen päällä (heräesytytin). Kranaatin räjähtäessä sirpaleviuhka suuntautuu sivulle, joten iskukulman ja räjähdyskorkeuden kasvaessa tehokkain sirpaleviuhka kohdistuu ympäristöön. Iskusytyttimellä toimivan sirpalekranaatin tehokkuuteen vaikuttavat maasto ja maaperä. Mitä kovempi maaperä on, sitä vähemmän sirpalekranaatti

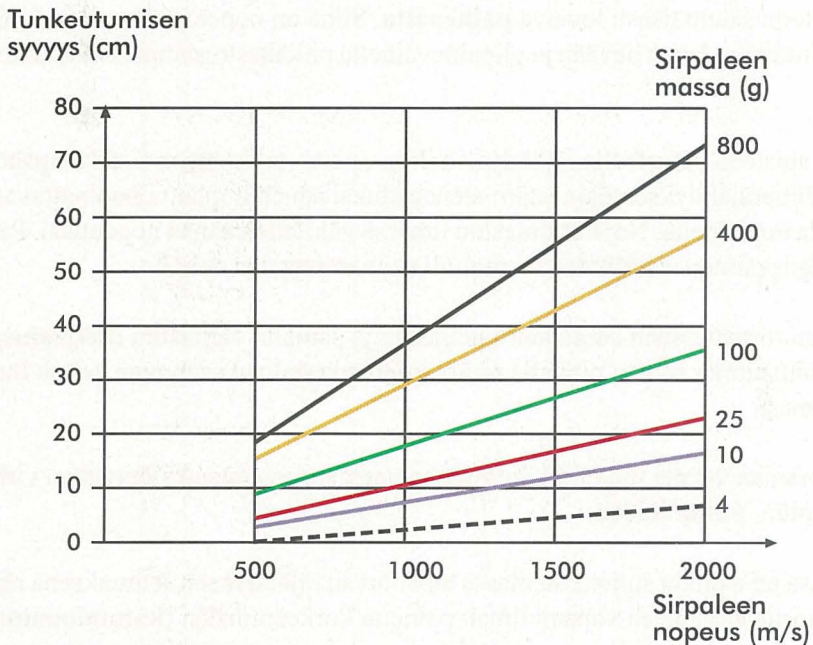
tunkeutuu maahan ja sitä suurempi on sirpalevaikutus räjähdyspisteen ympäristössä. Kallioinen ja kivikkoinen maaperä ovat sirpalevaikutuksen kannalta edullisia, kun taas paksu lumipeite ja hyvin pehmeä maaperä ovat epäedullisia.

Suojauksen kannalta rajana tehokkaalle sirpaleelle elävää voimaa vastaan pidetään meillä 80 Joulen liike-energiaa, mutta muitakin arvoja käytetään (40 J Ranskassa, 240 J Venäjällä, 150 J Ruotsissa). Sirpalekoosta riippuen 80 J vastaa 1,5—3,0 mm teräslevyn läpäisyä. **Taulukossa 16** on esitetty tätä liike-energiaa vastaavat nopeudet ja etäisyydet luonnolliselle sirpaleille 1200 m/s lähtönopeudella.

Sirpale (g)	Etäisyys (m)	Nopeus (m/s)
0,5	13	560
1	25	400
2	40	280
4	70	200
8	120	140

Taulukko 16 80 Joulen energiaa vastaavat etäisyydet ja nopeudet luonnolliselle sirpaleelle 1200 m/s lähtönopeudella

Terässirpaleen tunkeutuvuus panssarilevyyn on esitetty **Kuvassa 239**. Tunkeutuvuus muihin aineisiin saadaan kuvan 43 käyrästä kertomalla **taulukosta 2** saatavilla ainekertoimilla.



Kuva 239 Terässirpaleen tunkeutuvuus panssarilevyyn

Aine	Kerroin
Panssaripelti	0,75
Teollisuusrauta (STS 1311)	1
Duralumiini	2
Lasikuituvahvistettu muovi	4
Polykarbonaatti	4
Pleksilasi	5
Teräsbetoni K 400	6
Honkapuu	15
Hiekka	18
Vesi	50
Lumiräntä ja poljettu lumi	70
Kuiva lumi	140

Taulukko 2 Eri väliaineiden ainekertoimet

d Painevaikutus

Eräät miinat, miinakranaatit, aerosoli- ja syvyyspommit, torpedot ja osin ydinräjähteet vaikuttavat kohteessa räjähdysen aiheuttamalla paineella. Sirpale- ja suunnattuun painevaikutukseen sekä täryvaikutukseen liittyy painevaikutus kohteen välittömässä läheisyydessä. Painevaikutus johtuu energian nopeasta vapautumisesta kemiallisissa reaktioissa tai massan muuttumisesta ydinräjähdyksessä, josta on seurauksena voimakas ja äkillinen paineen nousu. Räjähdyksestä tai amunnasta aiheutuu vapaassa tilassa ympäristöön säteittäisesti leviävä **paineaalto**. Siinä on nopea paineen nousu ja tämän jälkeen hitaampi lasku lievään ja ylipainevaihetta pitkäkestoisempaan alipainevaiheeseen.

Räjähdyksen perusteella räjähdys on ilma-, pinta- tai kohteen sisällä tapahtuva räjähdys. Ilmaräjähdyksen paineaalto etenee aluksi äänen nopeutta huomattavasti suuremmalla nopeudella. Nopeus hidastuu ilmassa vähitellen äänen nopeuteen. Paineaallon energia vaimenee kääntäen verrannollisena etäisyyden neliöön.

Esteeseen törmätessään suora aalto heijastuu ja samalla vahvistuu (**heijastuspaine**). Se on kohtisuoran seinän pinnalla noin kymmenkertainen saapuvan aallon huippuun verrattuna.

Painerintaman takana ilma liikkuu rintaman etenemissuuntaan synnyttäen virtauksen niin sanotun **patopaineen**.

Suljetussa tai osittain suljetussa tilassa tapahtuvan räjähdysen seurauksena räjähdyskaasut nostavat paineen vapaan ilman painetta korkeammaksi (**kammiopaine**).

Akustiikassa (tässä kuulonsuojainten ja meluvammojen yhteydessä) paineen yksikön pascal [Pa] tilalla tai sen kanssa yhdessä käytetään suhteellista yksikköä bel [B] ja varsinkin sen kymmenesosaa desibel [dB].

Erotuksena tasaisesta ja pitkäkestoisesta melusta räjähdys- ja laukauseroille käytetään termiä **impulssimelu**. Impulssimelumittarilla mitatun paineiskun [Pa] impulssimelutaso L_p [dB] saadaan yhtälöstä (27).

$$L_p = 20 * \log_{10}(p/p_0), \text{ jossa}$$

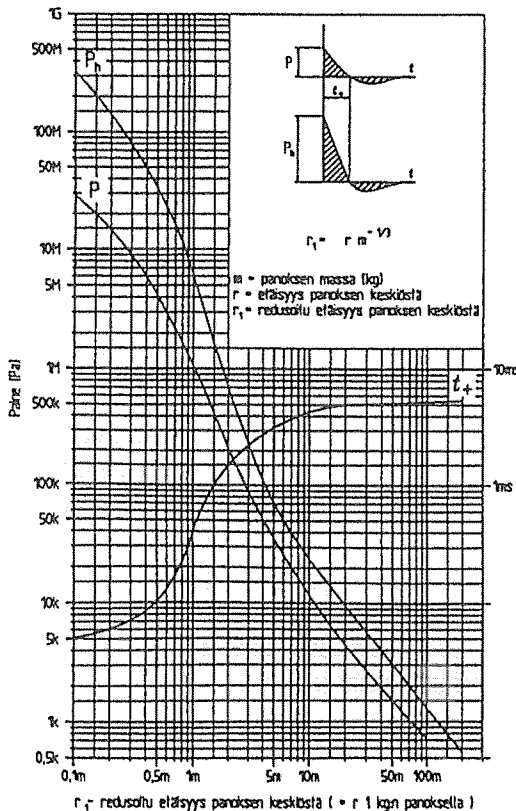
Yhtälö (27)

$$p = \text{maksimipaine (Pa)}$$

$$p_0 = 20 \mu\text{Pa} = \text{vertailupaine}$$

Yksittäinen paineaalto koostuu eri taajuuksisista niin sanotuista harmonisista värähtelyistä, joiden voimakkuus ja taajuusalue riippuvat paineaallon ajallisesta muodosta. Tätä voimakkuuden taajuusriippuvuutta sanotaan **taajuusspektri**ksi. Terveiden kannalta merkittävin laukauseron taajuussisältö on alueella 0—4 kHz ja spektrimuoto riippuu aseesta ja ampumatarvikkeesta.

Paineaalto etenee myös maaperässä ja vedessä, missä se etenee vaarallisena pidemmälle kuin ilmassa. Vedessä yhden kilogramman TNT-räjähdyksen vaara-alueen säde on 270 metriä ja ilmassa kolme metriä, kun vammautumiskriteerinä on 100 kPa ylipaineisku.



Räjähdyksen synnyttämän heijastutoman paineaallon ylipaineen eli **rintama-paineen** kesto ilmassa on lähietäisyyksillä alle viisi millisekuntia. Välittömästi räjähteen vieressä, kosketusetäisyydellä, ylipaine on hyvin suuri, esimerkiksi yhdellä kilogrammalla TNT:tä noin 30 MPa ja 100 g:lla noin 15 MPa. **Kuva 240.** Maamiinojen repivä vaikutus perustuu tähän.

Kuva 240 TNT-panoksen aiheuttaman paineaallon ominaisuuksia. p_h = heijastuspaine

Esimerkiksi 2,0 kg TNT:tä räjähtää 2,5 m päässä ($m=2,0$ ja $r=2,5$). Kuvan kaavasta saadaan $r_1=2,0$ koska $m^{-1/3}=0,794$. Ylipaineen huippuarvoksi saadaan $p=200$ kPa ja ylipaineen kestoajaksi $t_+ = 1,5$ ms sekä kohtisuorasta seinämästä heijastuspaineen huippuarvoksi välittömästi heijastuksen jälkeen 700 kPa.

Panssaroidun ajoneuvon sisällä, miinan tai onteloammuksen puhkaisemasta reiästä syöksyvät räjähdyskaasut saavat aikaan — osaltaan räjähdysten lähietäisyydestä johtuen — kammioipaineen kaltaisen ylipaineen, jonka kestoaika riippuu muun muassa vaunun tiiveydestä. Onteloammuksilla ylipaineen kestoajaksi on mitattu melkein puoli sekuntia ja paineeksi noin 200 kPa. Paineen pitkä kestoaika ja terveydelle haitalliset räjähdyskaasut tehostavat vaikutuksia.

Painevaikutuksen takia sinkoaseilla ampumiselle bunkkereista on rajoituksia.

Paineiskuvamma voi aiheutua paineaallosta tai patopaineen lennättämien kappaleiden osumisesta tai henkilön lentämisestä paineen heittämänä päin kiinteää estettä. Paineaallon aiheuttamana vammautumisen riski riippuu ylipaineen suuruudesta, ylipaineen aikaintegraalista eli **ylipaineimpulsista** ja paineiskujen lukumäärästä. Myös alipainevaiheella on vammaa pahentavaa merkitystä.

Aseen **laukausäänelle** ampujan korvan kohdalla tai yhden metrin etäisyydellä sivussa aseiden piipun suusta on saatu seuraavia rintamapainearvoja (impulssimeluarvoja): Rynnäkkökivääri 1,8 kPa (159 dB), 23 Itk 2 kPa (160 dB), 81 krh 1,8 kPa (159 dB), 120 krh 14 kPa (177 dB), raskaat singot ja kenttätykit 28 kPa (183 dB). Yksittäistapauksissa raskaiden sinkojen ja kenttätykkien melutaso voi olla 193 dB ja muidenkin aseiden lueteltuja keskimääräisiä arvoja noin 10 dB suurempia. Työlainsäädännössä on asetettu hetkelliselle äänenpaineelle raja-arvo 0,2 kPa (140 dB). Päivittäistä altistumista kahdeksan tunnin ajan yli 80 dB melulle tai sitä vastaavalle annokselle pidetään vakavan kuulovaurion vaaraa aiheuttavana.

Ylipaineen kestoaika vaihtelee samoin asetyypistä riippuen rynnäkkökiväärin 0,3 ms:sta sinkojen ja tykkien noin 5 ms:iin.

Vaarattoman kertaluontoisen paineiskun ylärajana pidetään 3 kPa (164 dB). Herkimmin vaurioituvia ovat kuulotelimet. Kuulon heikkeneminen alkaa jo 85 dB ylittävällä pitkäaikaisella jatkuvalla melulla. Lyhyellä (muutama millisekunti) paineiskulla tärykalvon repeämiskynnys on 32 kPa (184 dB) ja 50 %:lle ihmisistä 100 kPa (194 dB). Keuhkovaurion rajana pidetään 200 kPa paineiskua.

Tykistö- tai kranaatinheittimen kranaatin räjähdyksessä vammojen aiheuttajina ovat sirpaleet, sillä 100 kPa raja alittuu jo viiden metrin päässä kranaatin räjähdyspaikasta. Paineaseita ovat aerosolipommi, lentopommi, maamiinat ja matalataajuisia infraääniä (<20 Hz) tuottavat aseet.

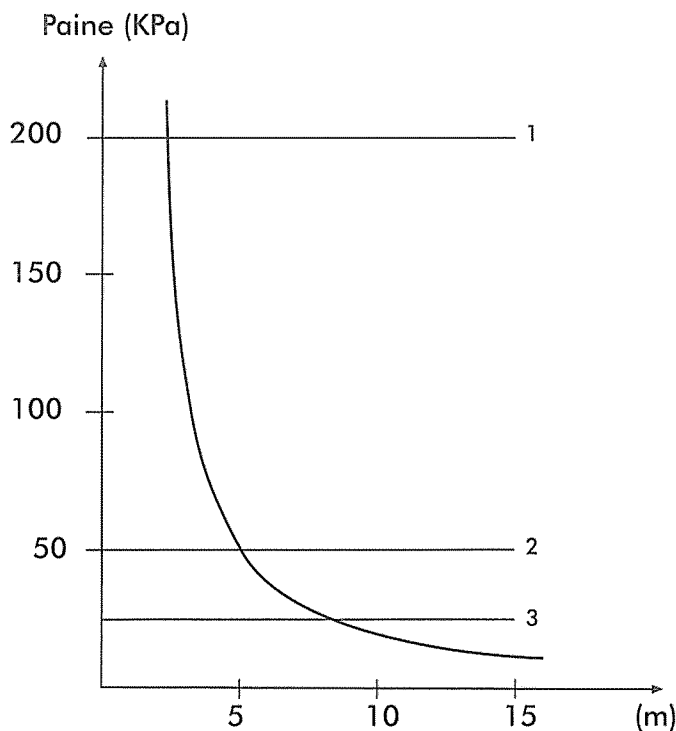
Kuulonsuojaimilla, kypärällä ja suojaliivillä on paineiskuvammaa lieventävä vaikutuksensa. Nykykäsityksen mukaan taistelijalle ei ole mahdollista valmistaa käyttökelpoista painesuojavarustusta, ei edes raajojen suojaksi maamiinoja vastaan.

Yhteenvedo painevaikutuksesta ihmisiin ja rakennuksiin on esitetty **taulukossa 1**.

Paine kPa	Vaikutus ihmisiin
0,2	Pysyvä kuulovamma mahdollinen
35	Raja rumpukalvon repeämislle
100	Korvavaurioita, 50 % rumpukalvorepeämiä
250	Noin 1 % kuolleisuus, jos ylipaineen kesto 0,4-1 s
300	Noin 50 % kuolleisuus, jos ylipaineen kesto 0,4-1 s
Paine kPa tai paineen kesto Pa*s	Vaikutus tavallisiin rakennuksiin
1 kPa	Ikkunaruudut alkavat särkyä
5 kPa/100 Pa*s	Pienehköjä vaurioita taloissa
20 kPa/300 Pa*s	Suurehkoja vaurioita taloissa
40 kPa/400 Pa*s	Osittain täydellisiä asuintalojen sortumisia
50 kPa	Lamellilasi (0,6*0,6 m ²) särkyy
100 kPa	Pleksilasi (0,6*0,6 m ²) särkyy
10 000 kPa	Kevytbetoniseinät sisällä kaatuvat

Taulukko 1 Painevaikutus ihmiseen ja rakennuksiin

Sirpalekранаattien painevaikutus rajoittuu muutamien metrien päähän räjähdyspisteestä. 105 mm:n sirpalekранаatin, jonka ammustäyteenä on 1,8 kg trotyyliä, tappava, yli 300 kPa:n painealue rajoittuu vain kранаatin välittömään läheisyyteen. Täysin ilman orgaanisia vaurioita paineesta selviää 4—5 m:n säteellä räjähdyspisteestä. **Kuva 241.**



Kuva 241 Esimerkki sirpalekранаatin paineaallon painevaikutuksista (105 kr)
1. tappava, 2. orgaanisia vaurioita ja 3. ei pysyviä vammoja

e Polttovaikutus

Polttovaikutus syntyy joko säteily- tai johtumislämpönä tai molempien yhteisvaikutuksena.

Ensimmäisen asteen palovamma rajoittuu noin 0,1 mm syvyydelle ihon pinnasta, iho punoittaa, mutta paranee täysin. **Toisen asteen palovammat** ulottuvat samalle syvyydelle, mutta suuremman lämpömäärän vuoksi solut kuolevat. Seurauksena on rakkuloiden muodostuminen. Jos vauriot ulottuvat juuritoppien syvyydelle (0,5—2 mm), kyseessä on **kolmannen asteen palovamma** ja se vaatii parantuakseen kudossiirtoja. Toisen asteen vammaan tarvitaan säteilylämpönä yli 2000 K lähde, jonka energiatiheys iholla 0,1 s aikana on noin 200 kJ/m² tai matalalämpötilainen lämmön johtumisesta aiheutuva annos, jonka suuruus 10 s aikana on noin 100 kJ/m².

Räjähdysleimauksen välitön polttovaikutus kohdistuu vain ihon paljaisiin osiin. Kranaattiräjähdyksen tulipallon halkaisija on pienempi kuin sirpaleiden tai paineaallon vahingollinen ulottuvuus. Aerosoliräjähdyksessä polttoalueen laajuus riippuu räjähteen voimakkuudesta ja voi olla tuhansia neliömetrejä.

Panssaroidun ajoneuvon sisällä onteloammuksen puhkaisemasta reiästä syöksyvien räjähdyskaasujen lämpövaikutus vajaan metrin etäisyydellä sivussa suihkusta vaihtelee vaarattomasta kolmannen asteen palovammoja tuottavaksi. Vaunun sisällä syttyneestä palosta selviämiseen vaikuttavat ratkaisevasti vaatetuksen palo-ominaisuudet.

Polttovaikutuksen lisäksi voidaan aiheuttaa **sokaisuvaikutus**. Eräissä panssarintorjunta-ammuksissa on pyritty tehostettuun sokaisuvaikutukseen. Minuutteja kestävä sokaisu saadaan aikaan räjähdyspanoksessa olevilla lisäaineilla, joiden ansiosta vaunun seinän läpäisseen suihkun kirkkaus ylittää satatuhattokertaisesti auringonvalon valaistuksen. Laseraseet ja -laitteet voivat alentaa näön tarkkuutta pysyvästi tai jopa **sokeuttaa** ihmisen.

f Täryvaikutus

Täry- eli shokki-iskuvaikutus on lyhykestoinen kiihtyvyyssrasitus, joka välittyy taistelijaan esimerkiksi panssariajoneuvon rungon välityksellä siihen osuneen ammuksen tai miinan räjähdyksen seurauksena. Voimakas täry rikkoo luita ja kudoksia. Myös räjähdyksen paineaallon isku kehoon aikaansaa siihen kiihtyvyyssrasituksen ja tämän seurauksena sisäelimiin painerasituksen.

Jos ihmiskehossa päähän kohdistuva kiihtyvyyssrasitus vaikuttaa yli 3 ms ja on yli 800 m/s² (80 G), seurauksena voi olla aivovamma. Jos kesto-aika on tätä lyhyempi, kiihtyvyydensieto on korkeampi ja jos kesto on pitempi, sieto on alempi.

2 BALLISTISET SUOJAMATERIAALIT

a Kehitysvaiheet

Uuden ajan alussa kypärä ja haarniska jäivät laajamittaisesti pois käytöstä, koska ne eivät pysäyttäneet tuliaseiden luoteja. Teräskypärän ottivat ensimmäisinä uudestaan käyttöön saksalaiset vuonna 1915, kun huomattiin, että haavoittuneiden ja kaatuneiden joukossa oli hälyttävän suuri määrä kallovammoja saaneita.

II maailmansodan aikana yritettiin uudelleen kehittää metallista suojaliiviä, mutta sitä ei saatu tarpeeksi kevyeksi. Muun muassa Normandian maihinnousussa käytettiin luoti-suojaliivejä.

Kevyiden tekokuitujen tulo markkinoille johti heti kokeiluihin niiden sopivuudesta suojaruustemateriaaliksi. Nailonkypärä saatiin jo teräskypärää kevyemmäksi. Vasta aramidikuidun keksiminen vuonna 1965 teki mahdolliseksi siedettävän painoisten suojaruusteiden valmistamisen. USA:ssa aramidiliivien valmistus aloitettiin vuonna 1974 ja palveluskäyttöön ne otettiin vuonna 1980. Samoihin aikoihin valmistui myös aramidikypärä.

b Pehmeät materiaalit

Pehmeillä materiaaleilla tarkoitetaan **ballistisista kuiduista** valmistettuja huopia, kangaita tai joustavia kalvoja.

Tavallisin pehmeä suojuusrakenne on kangas ja siitä valmistetut monikerrokset eli paneelit. Pakan kangaskerrokset on tikattu yhteen joko pelkästään reunoistaan (sirpalesuojaliiveissä) tai usealla ristikkäisellä tikkauksella (luotisuojaliiveissä).

Huopapaneelien, jotka muuten parhaiten pysäyttävät sirpaleet, heikkoutena on suuri traumapullistuma.

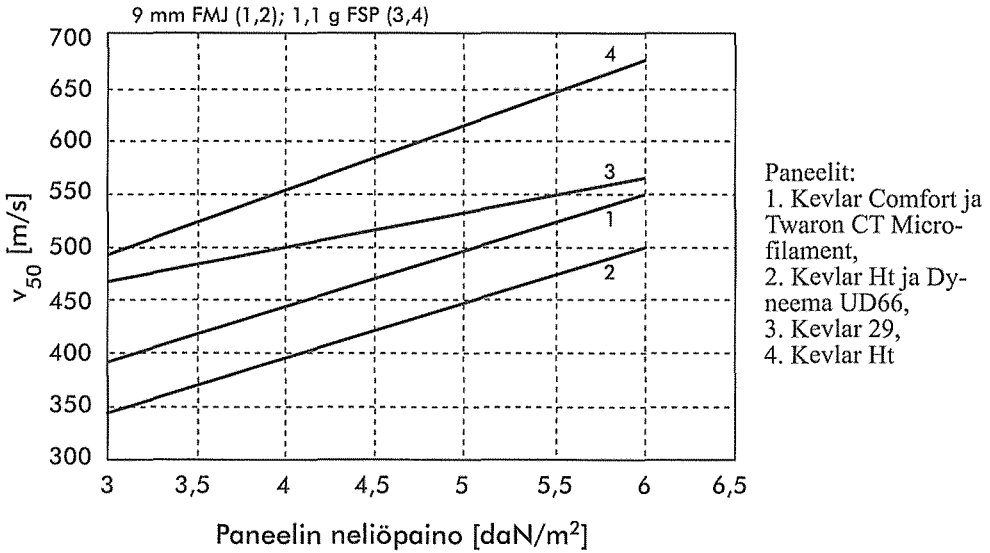
Ballististen kuitujen tehokkuus luotien ja sirpaleiden pysäyttäjänä perustuu kuidun keveyteen, suureen vetomurtolujuuteen ja kimmokertoimeen. Murtovenymä sen sijaan on pieni, nailonia lukuunottamatta. Parhaat suojausominaisuudet ovat erikoislujalla polyeteenillä ja aramidilla. Edellinen ei kestä korkeita lämpötiloja. Sen ylin käyttölämpötila on noin +100°C.

Kemiallinen rakenne	Tuotenimi (valmistaja)	Käyttökohteita
Lasi (E-lasi, S2-lasi)		Kovat panssarit suojalevyt
Hiili	Tenax (Akzo)	Ei henkilö- suojaimissa
Polyamidi 6.6 (PA)	Nylon (Du Pont)	Kypärät, suojaliivit
Aramidi	Kevlar (Du Pont), Twaron (Akzo)	Kypärät, suojaliivit, kovat panssarit
Polyeteeni (UHMWPE)	Dyneema (DSM) Spectra (Allied Signal)	Suojaliivit, suojalevyt, kypärät

Taulukko 17 Ballistiset kuidut

Taulukossa 17 on luettelo lujakuitutyypeistä ja taulukossa 18 niiden ominaisuuksia. Kuvassa 242 on esitetty pehmeiden suojapaneelien v_{50} -arvoja. (Katso kohta d).

Iskussa kangas absorboi energiaa lankojen katkomis- ja venytystyönä, kankaan liike-energiانا iskukohtaan ympäriltä kohti iskukohtaa ja projektiiliin liikesuunnassa sekä lankojen välisenä kitkana.



Kuva 242 Eräiden pehmeiden suojapaneelien v_{50} -arvon riippuvuus paneelin neliöpainosta. Annuksena on 9x19 mm messinkivaippaluoti (viivat 1 ja 2) tai 1,1 g standardisirpale (viivat 3 ja 4)

c Kovat materiaalit

Kovia suojamateriaaleja ovat luonnostaan muovi-, metalli-, lasi-, lasikeraami- tai keraamilevyt sekä näiden yhdistelmät. Niitä käytetään kypäriin, suojaliivien lisäsuojalevyihin, suojakilpiin ja visiireihin.

Ominaisuus	Teräs	E-lasi	PA 6.6 (nailon) Hifil	Aramidit Twaron HM	UHMWPE Dyneema SK66
Tiheys ρ (g/cm ³)	7,8	2,54	1,14	1,45	0,97
Vetolujuus R_m (GPa)	0,34-2,1	2	0,95	3,15	3,1
Kimmoinkerroin E (GPa)	210	73	6	121	100
Murtovenymä e (%)	10	2	20	2,1	3,5

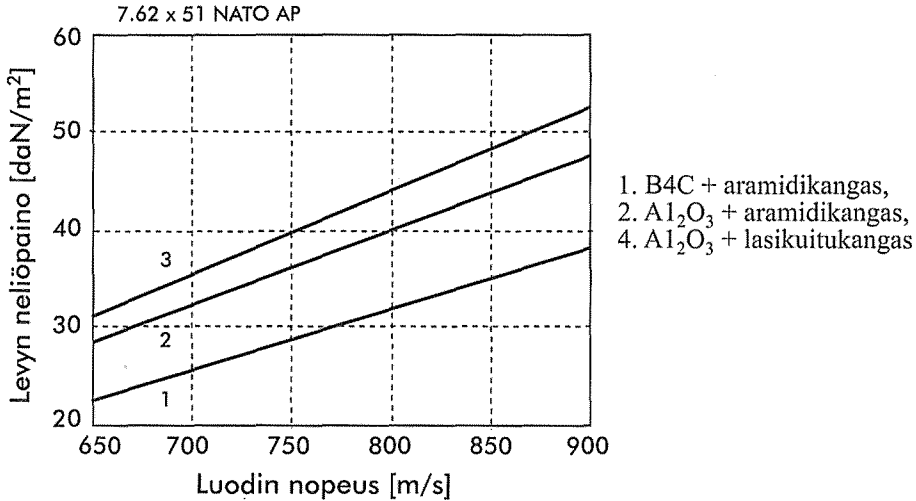
Taulukko 18 Ballististen kuitujen ominaisuuksia, vertailuaineena teräs

Pehmeästäkin kuitumateriaalista saadaan kova panssari sitomalla kuidut hartsimatriisiaineella lämmön ja paineen avulla jäykäksi komposiittilaminaatiksi. Siinä kuitujen osuus on tavallisesti 80—85 prosenttia materiaalin painosta. Taistelijan suojarusteissa tällaisia ovat komposiittikypärät ja eräät suojaliivien lisälevytyypit.

Kovaa materiaalia henkilösuojaimissa tarvitaan, kun vaaditaan kiväärinluodin pysäyttämistä. Suojus muodostuu tällöin kovan ja pehmeän paneelin yhdistelmästä. Kovin aine on aina luodin iskupintana. Parhaiten kovana kerroksena toimivat ballistiset keraamit, kuten boorikarbidi, piikarbidi ja alumiinioksidi. Viimeksi mainittu on halvin ja siksi yleisimmin käytetty.

Kova levy levittää tai murskaa luodin. Se saa aikaan iskuenergian jakaantumisen luodin alkuperäistä poikkipintaa laajemmalle alalle tai keraamiaineeseen lisäksi muodostaa siihen eteenpäin levenevän murskaantumiskartion. Tällä tavalla iskuenergia jakaantuu laajalle pinnalle. Pehmeän paneelin tehtävänä on pysäyttää muodostuneet sirpaleet.

Komposiiteilla pienennetään oleellisesti suojarusteiden painoa teräkseen tai alumiiniin verrattuna. Teräskypäriin verrattuna aramidikomposiittikypäri on noin kolmanneksen kevyempi, kun molemmilla on sama suojaus. Rynnäkkökiväärin luodin (S309) pysäyttämiseen lähietäisyydeltä tarvitaan panssariterästä 48 kg/m², mutta alumiinioksidikeraamia ja aramidilaminaattia yhteensä vain 28 kg/m². Erikoislujaa ballistista polyeteenilevyä (Dyneema) tarvitaan vain 19 kg/m². NATO-panssariluodille (7,62x51 AP / 9,8 g) vastaavat arvot ovat 105 kg/m² ja 43 kg/m². **Kuva 243.**



Kuva 243 7,62 x 51 NATO-panssariluodin pysäyttämiseen tarvittava ainemäärä

d Ballistinen suojaustasoluokitus

Suojavarusteen suojauskyky projektiileja vastaan ilmoitetaan joko standardin mukaisena v_{50} -nopeutena tai suojausluokkana.

v_{50} -nopeus on nopeus, jolla sirpale tai luoti läpäisee suojaimen 50 % todennäköisyydellä. Jos suojaruste on spesifioitu sirpaleita vastaan, v_{50} -nopeus määritetään keino-tekoisella standardin mukaisella terässirpaleella. Se on pyöreä sauva, jonka toisen pään reunaa on viistetty kahdelta vastakkaiselta puolelta. Suojaliivi ja kypärä testataan 1,1 g (läpimitta 5,39 mm) sirpaleella, visiiri 0,237 g (läpimitta 3,25 mm) kokoisella sirpaleella.

Suojausluokka määräytyy sen mukaan, minkä tyyppisen ja millä nopeudella lentävän luodin suojaruste pysäyttää. Yleisimmin käytetyssä amerikkalaisessa standardissa on kuusi luokkaa. Ne kattavat aseet ja patruunat pienoispistoolista kaliiperin 30—06 panssariluotiin. Myös eurooppalaiset ovat saamassa yhteisen alan standardin.

Luotisuojaliiville ja usein myös kypärälle spesifioidaan suurin sallittu projektiilin törmäyksestä aiheutuva pullistuma suojarusteen sisäpuolella (traumapullistuma).

3 KYPÄRÄT

Kypärän tehtävänä on suojata päätä luodeilta, sirpaleilta ja muilta pienikoisilta heitteiltä sekä iskuilta. Verrattaessa noin 1,2 kg painavaa teräskypärää ja noin 1,0 kg painavaa aramidikomposiittikypärää edellisen v_{50} -arvo 1,1 g standardisirpaleelle on 320—370 m/s ja jälkimmäisen 600 m/s. Komposiittikypärä pysäyttää myös 9x19 / 7,5 g messinkivaippaisen pistoolinluodin nopeudella 420 m/s, mitä teräskypärä ei varmuudella tee.

Uusien komposiittikypäröiden kanssa on kuulonsuojainten ja kuulokkeiden käyttö mahdollista ja niihin on kiinnitettävissä naamiointi. Kypärä täyttää myös työsuojelumääräykset iskunkestävyydeltään (SFS 2465).

4 VISIIRIT, SILMÄSUOJALASIT JA KUULONSUOJAIMET

Visiiri suojaa sekä kasvoja että silmiä. **Silmäsuojalasit** suojaavat pelkästään silmiä pienikokoisilta siruilta. **Kuulonsuojaimilla** pyritään estämään meluvamma.

Visiiri valmistetaan yleensä polykarbonaatista (PC). Sen v_{50} -arvo on alueella 240—280 m/s testattuna 1,1 g sirpaleella.

Silmäsuojalasien on pysäytettävä 6 mm teräskuula nopeudella 115 m/s.

Kuulonsuojaimia ovat kupu-, tulppa- ja kommunikaatiosuojaimet. Kuposuojain peittää koko ulkokorvan ja tulppa sulkee korvakanavan. Kommunikaatiosuojain on aktiivinen. Sen mikrofoni, vahvistin ja kuuloke vahvistavat heikkoja ääniä, mutta estävät yli 83 dB tasoisten äänten johtumisen sisään.

Kuulovaurion riski kasvaa jyrkästi, jos melutaso ylittää 140 dB (200 Pa). Mikään suojaintyyppi ei yksinään takaa riittävää vaimennusta raskaiden aseiden melulle ja suupaineelle. Niiden vaimennus on vain 4—37 dB suojaintyyppistä riippuen. Se edellyttää suojainten yhdistelmäkäyttöä ja riittävää etäisyyttä.

5 SUOJALIIVIT

Suojaliivin aiheuttamien haittojen minimoimiseksi valmistetaan sirpalesuoja- ja luotisuojaaliivejä. Edelliset ovat ohuempia, taipuisampia ja kevyempiä. Suojaustaso on tästä syystä sirpalesuojaaliiveillä luotisuojaaliivejä heikompi.

Suojaliivien suojauskyky perustuu monikerroksisiin pakkoihin eli paneeleihin. Ne on koottu ballistisista kuiduista, kudotuista kankaista tai muunlaisista kerroksista. Paneelit suojataan erillisiin tiiviisiin kangaspusseihin, sillä auringonvalo heikentää pysyvästi varsinkin aramidikuituja. Myös veden pääsy paneeliin heikentää sen suojauskykyä. Liiveissä on rintatasku, johon voidaan sijoittaa suojausta lisäävä levy.

Suomalaisen sirpalesuojaaliivin M91 v_{50} -arvo (1,1 g standardisirpale) on 450 m/s kuivana ja 430 m/s märkänä, luotisuojaaliivin (M91) 600 m/s. Luotisuojaaliivi pysäyttää 9x19 mm / 7,5 g messinkivaipaisen pistoolinluodin nopeudella 420 m/s ja traumapullistuma on alle 44 mm. Sirpalesuojaaliivin enimmäispaino on 3,56 kg ja luotisuojaaliivin 6,6 kg, molemmat kokoa M ja ilman lisälevyä. Luotisuojaaliivin lisälevyn maksimipaino on 2,85 kg.

Keraamilevyn kanssa M91-liivit pysäyttävät myös normaalin rynnäkkökiväärin luodin, luotisuojaliivi myös panssariluodin.

Suojaliivi vähentää ylävartalon lämmönhukkaa, mikä on kesällä haitta ja talvella etu. Lisäksi se lieventää paineaalosta aiheutuvia vammoja, mutta saattaa aiheuttaa paineiskuvamman pysäyttämänsä ammuksen törmäyksen seurauksena.

Materiaalien kehittyessä ballististen suojarusteiden suojaus tulee paranemaan tai vastaavasti painot kevenemään. Kypärällä korkeimmat v_{50} -arvot ovat jo 700 m/s suuruusluokkaa.

Erikoislujan polyeteenin (UHWPE) käyttö sekä suojaliiveissä että kypärissä yleistyy. Polyeteenin alhainen lämmönkesto ja huono mekaaninen jäykkyys aiheuttavat ammustörmäyksessä suuren pullistuman. Tämä on rajoittanut sen käyttöönottoa kypärämateriaalina. Polyeteeniä ja aramidia lujempaa uutta kuitua, PBO:ta, joka on lisäksi erittäin lämmönkestävää, saatetaan ruveta käyttämään ballistisissa suojarusteissa.

Kypärään tullaan integroimaan viestintälaitteita ja kuulonsuojaimet. Taisteluvyö integroidaan suojaliiviin.

Suojaliiville voidaan sallia suurempi pullistuma, mikäli ne on varustettu joustavalla traumasuojalevyllä. Liivien suojauskykyä pieniä sirpaleita vastaan parannetaan.

Lisäsuojalevyinä keraamien, kuten piikarbidi ja boorikarbidi, aleneva hintakehitys lisää niiden käyttöä suojalevyihin. Myös lasikeraamin sekä titaanin ja polyeteenilaminaatin käyttö tulevat lisääntymään.

Läpinäkyvien lasikeraamien tulo markkinoille merkitsee suurta edistystä visiirien suojaustasossa.

B AJONEUVOJEN PANSSAROINTI

1 AMMUSVAIKUTUKSET

Ammusvaikutukset panssaroituja kohteita vastaan ovat

- isku-
- täry-
- sirpale- ja
- suunnattu räjähdysvaikutus.

Iskuvaikutukseen perustuvia ammustyyppejä ovat **panssariluodit ja -ammukset**. Luodit ja pienikaliiperiset ammuksset ovat rotaatiovakavoituja. Tästä syystä niiden pituus/halkaisija-suhde voi olla korkeintaan viisi. Niiden nopeus törmäyshetkellä on alle 1000 m/s. Olennaista on paljonko ammuksella on liike-energiaa poikkipinta-alaa koh-

den. Poikkipinta-ala ei ole suoraan laskettavissa luodin tai ammuksen kaliiperista vaan muodonmuutos törmäyksessä on otettava huomioon. Panssariluodeissa on kovametalista valmistettu sydän, jonka tiheys on noin $14\,000\text{ kg/m}^3$. Se ei deformeudu törmätesään teräs-panssariin ja energia jakautuu luodin kaliiperia pienemmälle pinta-alalle. Panssariluotien läpäisy on maalista riippuen 1—2 kertainen tavallisiin luoteihin verrattuna. Ne eivät voi olla kustannussyistä jalkaväkisotilaiden pääasiallinen ampumatarvike, mutta niiden olemassaolo on otettava huomioon panssarointia suunniteltaessa.

Tärkeimpänä ryhmänä panssariammuksiin kuuluvat nuoli- ja alikaliiperiammukset. **Nuoliammus** on pyrstövakavoitu alikaliiperiammus, joka on valmistettu joko köyhdytetystä uraanista tai wolframista. Sen tiheys on noin $18\,000\text{ kg/m}^3$ ja lähtönopeus noin $1\,700\text{ m/s}$. 120 mm:n tykistä voidaan ampua 500—600 mm pitkä ammus, jonka halkaisija on 20—30 mm.

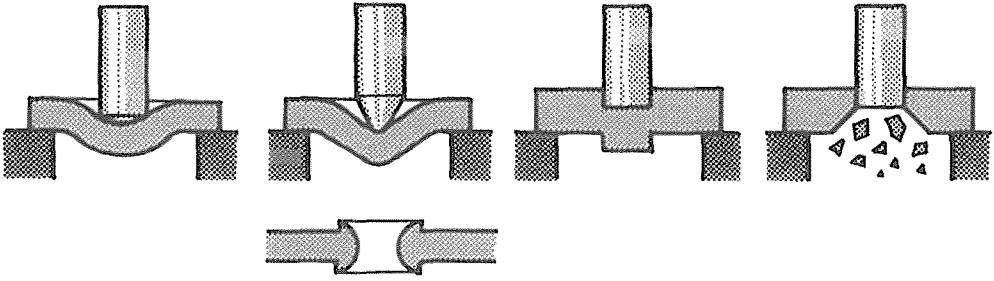
Täryvaikutukseen perustuva ammus on täryammus. Täryvaikutus esiintyy sivuefektiinä myös muilla panssarintorjunnan ampumatarvikkeilla.

Sirpalevaikutukseen perustuvat ammuslajit ovat sirpale- ja panssarikranaatti, joiden vaikutus perustuu panssari- ja merimaalien torjunnassa iskuenergiaan sekä läpäisyn aikaiseen tai jälkeiseen räjähdykseen. Nykyaikaisilla ontelokranaateilla on myös sirpalevaikutus. Kranaattien toiminta perustuu yleensä pohjaan asennetun sytyttimen toimintaan viiveellisenä sekä paksukuoriseen kärkiosaan, jotta se kestää panssarilevyn läpäisyn aiheuttaman rasituksen. Suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuva läpäisy saadaan aikaan tykkien ja sinkojen ontelokranaateilla, kuorma-ammusten tytärkranaateilla, räjäyttämällä muotoiltavilla ammuksilla (EFP), panssarintorjuntaohjuksilla ja miina-aseilla. Näitä on käsitelty tämän kirjan lukujen VII ampumatarvikkeita, VIII ohjuksia ja IX miina-aseita kuvaavissa kohdissa.

Panssaroitujen ajoneuvojen etusektori on yleensä sivuja ja yläpintoja paremmin panssaroitu. Uuden polven asejärjestelmillä pyritään läpäisemään panssariajoneuvon yläpinta, koska se on pinta-alaltaan suuri ja heikosti panssaroitu. Sen vahvistaminen on vaikeaa rakenteellisten seikkojen ja massan lisääntymisen vuoksi. Nykyään käytettävien monikerroksisten ja eri materiaaleista koostuvien panssarirakenteiden läpäisy voi olla mahdollista vain nuoliammuksilla, ontelokranaateilla ja ontelopanoksilla.

a Iskuvaikutus

Iskuvaikutus perustuu ammuksen liike-energiaan, mikä näkyy panssarissa painautumisena, puhkaisuna, leikkautumisena tai murtumisena. **Kuva 244**. Panssarin laadusta ja paksuudesta riippuen läpäisy tapahtuu näiden yhdistelminä. Panssarilevyn läpäisyyn vaikuttavat liike-energian lisäksi ammuksen ja panssarin raaka-aineiden fysikaaliset ominaisuudet (kovuus, sitkeys, tiheys) sekä ammuksen iskukulma ja läpäisevän osan mitoitus. Ammuksen kyky läpäistä panssaria on sitä suurempi mitä pienemmälle pinta-alalle liike-energia kohdistuu. Tämä saadaan aikaan käyttämällä alikaliiperiammuksia.



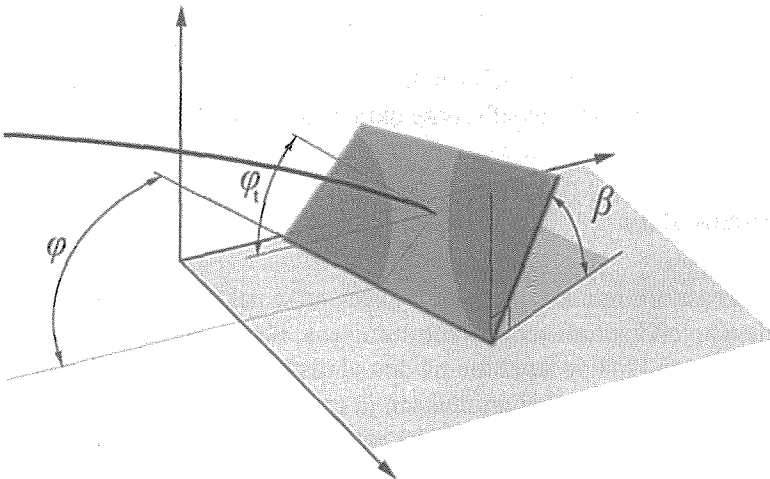
Kuva 244 Iskuenergiaan perustuvat läpäisytavat

Panssariammuksen panssarinläpäisykyky pyritään mitoittamaan siten, että ammus läpäisee panssarin ja että sillä ja läpäisyssä panssarista irtoavilla kuumilla sirpaleilla on tuhovaikutusta panssaroidun kohteen sisällä. Jos ammus pirstoutuu tai muokkaantuu panssarissa, saavutettavissa oleva läpäisy pienenee merkittävästi. Täyskaliiperinen ammus voi olla varustettu kärkikappaleella. Kova, sitkeä ja läpäisyn kannalta oikein muotoiltu kärkikappale parantaa läpäisyä ehkäisemällä kärjen tyssäntymistä ja pienentää ammuksen kimpoamisen todennäköisyyttä. Nuoliammuksen läpäisykyky perustuu suureen liike-energiaan (kokoonsa nähden suuri massa, suuri lähtönopeus ja pieni hidastuvuus), lennon vakavuuteen, nuolen materiaaliin (tiheys, kovuus, sitkeys) sekä suureen pituus- ja poikkipinta-alasuhteeseen.

Kokemusperäisesti eri panssariammuslajit läpäisevät panssariterästä seuraavasti:

- täyskaliiperiammus 1—2 * kaliiperi
- alikaliiperiammus 2—3 * tykin kaliiperi
- nuoliammus 3—4 * tykin kaliiperi.

Iskukulma (α) muodostuu ammuksen tulokulmasta (φ_1), maalipinnan viistokulmasta (β) sekä ammuksen ja maalin keskinäisestä asentokulmasta (φ) kuvan 245 mukaisesti. Katso myös kuva 264.



Kuva 245 Iskukulman määrittely

Tulokulma on suora-ammunnassa yleensä niin pieni, että se voidaan jättää huomiotta. Suurin läpäisy saavutetaan 90 asteen iskukulmalla, mikä vastaa NATO-määrittelyssä 0 astetta. Käytännössä panssarit muotoillaan viistopintaisiksi, jotta iskukulmat ovat mahdollisimman pieniä. Tällöin läpäistävä matka pitenee ja ammuksilla on suurempi todennäköisyys kimmota pinnasta. Rajaiskulma, jolla ammus kimpoaa panssarin pinnasta on keskimäärin 25 astetta. Täyskaliiperisen teräväkärkisen panssariammuksen kimpoamiskulma voi olla noin 40 astetta ja alikaliiperiammuksen vain 10—15 astetta.

b Tärävaikutus

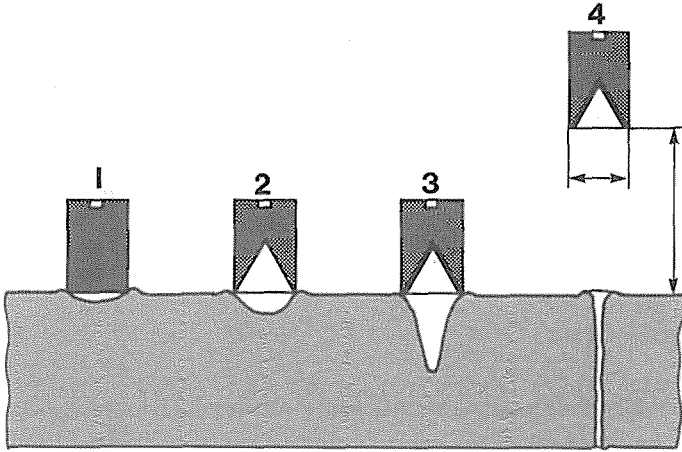
Tärävaikutuksella tarkoitetaan panssarilevyn sisäpinnalta irtoavien sirpaleiden vaikutusta ilman läpäisyä. Tärävaikutus on toteutettu perinteisesti täräyksellä ja -kranaatilla. Täräyksellä sirpalevaikutus saadaan aikaan liike-energialla ja täräkranaatilla liike- ja kemiallisella energialla. Täräkranaatin ja -ammuksen iskeytyessä panssariin kärki muotoutuu pienentäen kimpoamisen todennäköisyyttä. Täräkranaatin räjäyttäminen toteutetaan yleensä pohjasytyttimellä. Detonaatio aiheuttaa panssarissa voimakkaan, jopa 6000 m/s nopeudella etenevän paineaallon, joka vahvistuessaan heijastuvan aallon kanssa irrottaa panssarin sisäpinnasta sirpaleita tai panssarin palasia. Ironneiden kappaleiden halkaisija voi olla jopa 30 cm, paksuus 2—3 cm ja nopeus 200—300 m/s.

c Sirpalevaikutus

Sirpaleilla pyritään vaikuttamaan elävän voiman lisäksi panssaroihmissiin ja panssaroihmiin kohteisiin. Sirpalevaikutus voi olla primäärinen ja/tai sekundäärinen. Primäärinen vaikutus perustuu sirpaloituvan kranaatin sirpaleisiin, jotka osuvat ja vaurioittavat kohdetta tai läpäisevät panssarin. Sekundäärisiä sirpaleita irtoaa panssarista läpäisytaantumassa. Läpäisseet primääriset sirpaleet ja sekundääriset sirpaleet vaurioittavat panssaroidun kohteen sisällä olevia laitteita, ampumatarvikkeita ja henkilöitä.

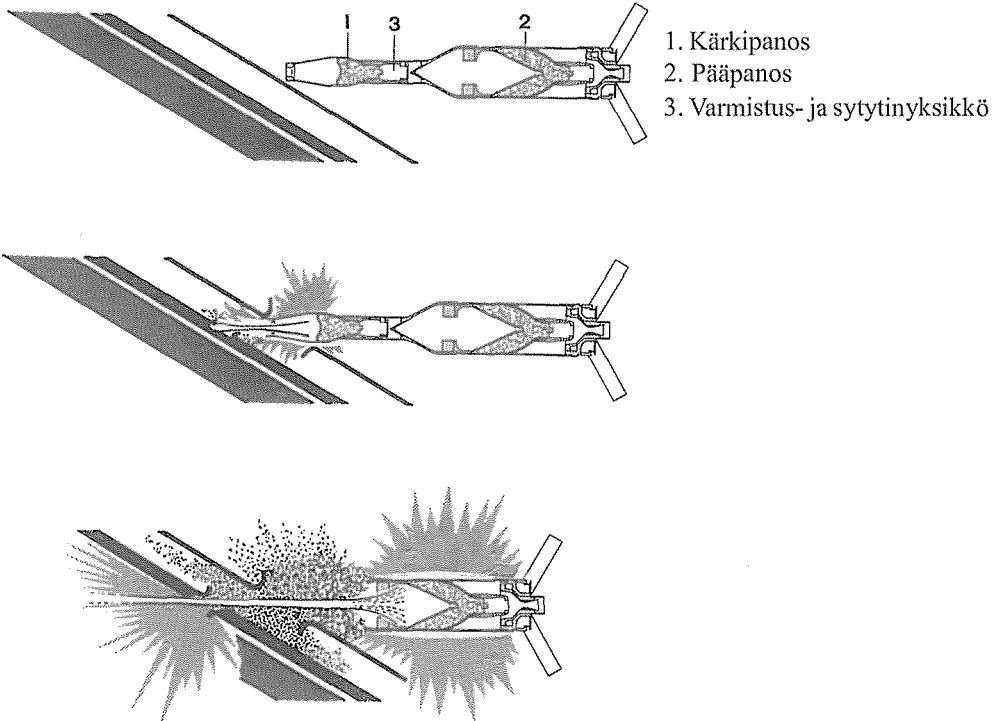
d Suunnattu räjähdysvaikutus

Suunnattu räjähdysvaikutus saadaan aikaan ontelokranaatilla muotoilemalla räjähdysainekappaleen kohteen puoleiselle sivulle puolipallon, kartion muotoinen ontelo ja vuo-
raamalla ontelon seinämä metallilla. **Kuva 246.**



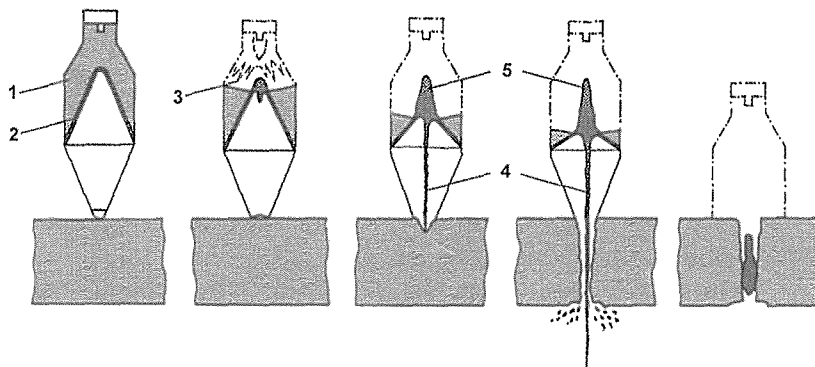
Kuva 246 *Suunnattu räjähdysvaikutus, eri tyyppisten ontelopanosien tunkeuma panssariin*
 1. sylinterimäinen vertailupanos, 2. panoksessa kartiomainen ontelo, 3. ontelo pinnoitettu metallilla, 4. räjähdysetaisyys optimoitu

Ontelopanos sytytetään pohjasytyttimellä, johon sytytysimpulssi välittyy kärjen kosketuksesta panssariin. **Kuva 247.**



Kuva 247 *Ontelokranaatti, jossa on kärkipanos*

Ontelokranaatin räjähdysaineen detonaationopeus on noin 7000 — 9000 m/s. Räjähdyksessä räjähdysrintamassa muodostuu useiden kymmenien MPa:n paine. **Kuva 248.** Edetessään räjähdysrintama muokkaa voimakkaasti metallikartiota ja muodostaa siitä pituusakselin suunnassa purkautuvan metallisuihkun. Kartiometalli on suihkussa kiinteässä olomuodossa, joskin sen lämpötila on muokkausprosessissa huomattavasti nousnut. Suihku jakaantuu kärki- ja jälkisuihkuun. Kärkisuihku muodostuu kartion sisäpinnoilla olevista metallihiukkasista. Suihkun kärjen nopeus on noin 8000 m/s ja jälkisuihkun noin 2000 m/s. Kärkisuihkussa on noin 10 % kartion massasta.

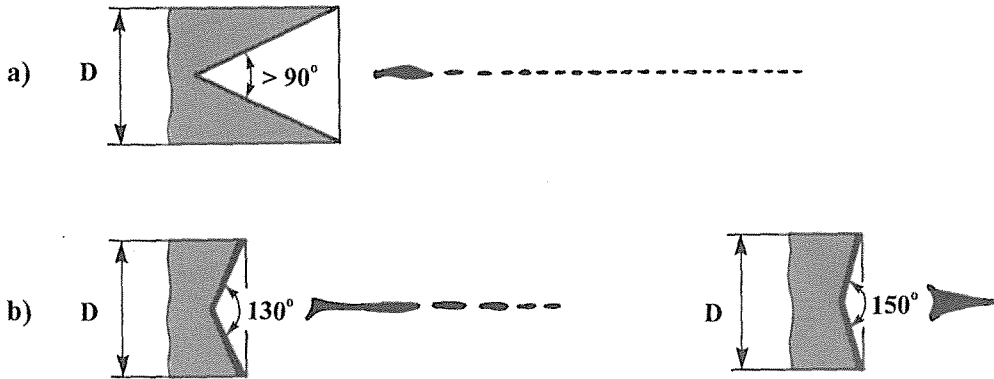


Kuva 248 *Ontelopanoksen toimintaperiaate*
1. räjähdysaine, 2. metallikartio, 3. räjähdysrintaman etenemissuunta, 4. kärkisuihku ja 5. jälkisuihku

Kärki- ja jälkisuihkun nopeuseroista johtuen suihku venyy edetessään. Kärkisuihkun iskiessä panssariin kohdistuu siinä erittäin pienelle pinta-alalle suuri paine. Käytettävien panssarimetallien lujuudet ovat pienempiä kuin ontelokranaatin kärkisuihkun paine, joten ne on läpäistävissä tiettyyn syvyyteen saakka. Ontelopanoksen räjähtäessä metallikartiosta muodostuu suihku, jonka kärkiosa koostuu nopeista partikkeleista ja niitä seuraavasta yhtenäisestä suihkusta. Läpäisy perustuu siihen, että yhtenäinen suihku tunkeutuu panssarin sisäpuolelle. Läpäisyn kannalta on tärkeää, että suihku pysyy suorana ja että partikkelit osuvat pienelle alalle kraaterin pohjalle. Vain suuntautuvan suihkun partikkelit osuvat kraaterin seinämiin, eivätkä syvennä sitä. Paras läpäisy saavutetaan, kun kärkisuihku on venynyt mahdollisimman ohueksi mutta ei vielä ole katkeillut erillisiksi partikkeleiksi. Jälkisuihku, jossa on pääosa kartion massasta, lentää yhtenä pitkulaisena kappaleena, joka on läpäisyn kannalta vähemmän merkityksellinen.

Ontelopanoksesta on käytössä kaksi pääversiota sekä näiden muunnelmia ja yhdistelmiä: a) teräväkulmainen kartiokulma < 90 astetta, b) tylppäkulmainen noin $90 <$ kulma < 120 astetta tai c) kulma > 120 , pallokalotti, josta käytetään nimitystä räjähtämällä muotoutuva ammus. Paras läpäisykyky saadaan teräväkulmaisella noin 50 asteen kartiolla varustetulla panoksella. **Kuva 249.** Kartiosta syntyy suihku, jossa on noin 15% kartion massasta. Optimiläpäisy saadaan, kun panoksen etäisyys maalista räjähdysketkellä on noin 5—7 kertaa kaliiperi. Pitkästä ja moniin partikkeleihin jakautuneesta suihkusta johtuen läpäisyteho putoaa ratkaisevasti, jos kranaatti on pyörimisliikkeessä. Tästä

johtuen lähes kaikki ontelokranaatit ovat pyrstövakavoituja, tai niissä on vain pieniä valmistusepätkätkkuuksia tasoittava kiertoliike. Rihlatuilla aseilla käytetään ontelokranaatteja, joissa on johtorengas laakeroitu pyöriväksi.



Kuva 249 Ontelopanostyyppit ja toimintaperiaate
a) teräväkulmainen, b) tylppäkulmainen ja c) räjäyttämällä muotoiltava ammus

Lentokone- ja helikopteritykeissä käytetään tylppäkulmaisia noin 130 asteen progressiivisella kartiolla varustettuja 30—40 mm:n ontelokranaatteja, joilla pyritään vaikuttamaan vaunun ohueen kansipanssariin. Massavalmistuksessa ja pienestä kaliiperista johtuen ammuksiin ei ole järkevää rakentaa pyörimisliikkeen estävää laakerointia. 130 asteen kartiolla varustetun panoksen suihku on huomattavasti lyhyempi kuin edellisen panostyyppin ja siksi pyörimisliike pienentää vain vähän sen läpäisyä.

Ammuksen muodostavan ontelopanoksen kartiokulma on 150—160 astetta. Tässä panostyyppissä koko kartio muotoillaan räjäyttämällä symmetriseksi ammuksiksi, joka lentää vakaasti panoksen pituusakselin suunnassa suurella nopeudella.

Tylppäkulmaisia ontelopanoksia ovat esimerkiksi tykistöillä ammuttavat panssarintorjunta-ammukset, jotka kohteen yläpuolella eroavat 2—3 erilliseksi, epäsymmetrisen jarruvarjon avulla maahan putoaviksi tytärkraanaateiksi. Laskeutuessaan kraanaatti hakee kohdetta tietyltä hakualueelta. Havaitessaan panssaroidun maalin räjäyttämällä muotoiltu ammus räjähtää noin 200 m etäisyydellä kohteesta.

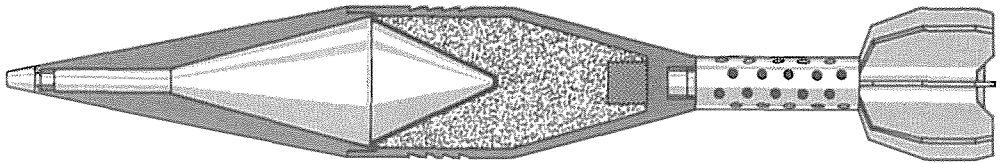
Ontelopanoksen panssarin läpäisykyky riippuu:

- räjähdysaineen laadusta, määrästä ja sytytystavasta
- ontelopanoksen halkaisijasta
- panoksen homogeenisuudesta
- panoksen ja metallivaipan symmetrisyydestä ja valmistustarkkuudesta
- kartion avauskulmasta, metallista ja metallisuppilon muodosta sekä
- räjähdysetaisyydestä.

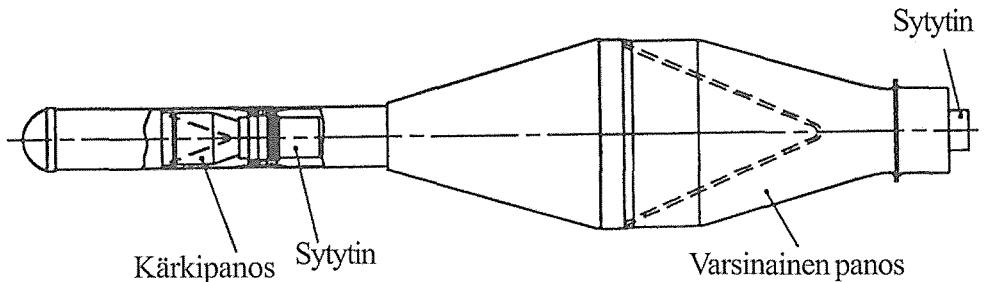
Ontelokranaattien kaliiperialue on kasvanut lisääntyneiden läpäisyvaatimusten myötä. Kertasingoissa kaliiperi voi olla 50—130 mm. Panssarintorjuntaohjusten ontelopanok-

sen kaliiperit ovat yleensä 80—200 mm. Räjähdyksineena käytetään yleisesti heksotolia, oktolia tai muovisidosteista oktogeenia. Niille on tunnusomaista suuri ominaisenergia ja räjähdysnopeus. Räjähdyksineen sytytykselle on olennaista, että se tapahtuu symmetrisesti panoksen pituusakselin suhteen. Sytytys voi tapahtua, joko keskeis- tai reunasytytyksenä. Keskeissytytys on helpompi toteuttaa kun taas reunasytytys merkitsee muuten samanlaisilla ontelokranaateilla 10—15 %:n nopeuden ja läpäisyn lisääystä.

Räjähdyksivälin optimointi ontelokranaateilla on monitahoista. Lyhyt räjähdysväli johtaa pieneen läpäisyyn, mutta hyvään sirpale- ja painevaikutukseen vaunun sisällä. Pitkällä räjähdysvälillä asia on päinvastainen. Monipuolisessa ampuma-tarvikkeessa räjähdysväliä voidaan säätää. Korkealaatuisilla ontelokranaateilla tyypillinen räjähdysväli on noin 5—7 kertaa kaliiperi ja sitä voidaan parantaa aina 10 kaliiperimittaan saakka. Kranaatilla läpäisyn optimointi vaatii pitkän räjähdysvälin. Tällöin sytytin joudutaan sijoittamaan kranaatin kärjestä lähtevän putken päähän. **Kuvat 250a ja 250b.**



Kuva 250a *Ontelokranaatin periaatteellinen rakenne. Räjäytysväli noin kolme kaliiperia*



Kuva 250b *Kaksoisontelokranaatti*

Kartiomateriaalina käytetään yleensä puhdasta kuparia. Kartion metallin on kyettävä muokkaantumaan murtumatta mahdollisimman paljon ja se ei saa sulaa eikä höyrystyä muokkauksesta tai räjähdyksestä syntyneen lämmön vaikutuksesta. Räjähdyksineen homogeenisuus sekä panoksen ja kartion tarkka symmetrisyys auttavat pitämään kärkisuihkun suorana, jolloin suihku keskittyy parhaiten läpäisyreikään. Läpäisyn ja räjähdysvälin optimointi perustuu paljolti kokeelliseen testaukseen. Ontelokranaatilla katsotaan olevan vaikutusta kohteeseen, jos sen läpäisyteho on 20—30 % suurempi kuin läpäistävä panssari. Tällöin jälkisuihkulla ja läpäisyreiästä irtoavilla sirpaleilla on riittävä teho myös panssarin takana oleviin kohteisiin.

Reaktiivipanssarit vähentävät tuntuvasti räjähtäessään tavanomaisien yksionteloisten kranaattien läpäisyä. Tämän johdosta on kehitetty kaksoisontelokranaatteja, joissa ensimmäiset pienemmät ontelolataukset räjäyttävät reaktiivipanssarit tehden tietä varsinaiselle ontelokranaatin suunnatulle räjähdykselle. Reaktiivipanssareiden ja ensimmäisten ontelolatausten räjähdyksistä muodostuvat paineaallot ja panssarista irtoavat partikkelit vähentävät kuitenkin varsinaisen ontelokranaatin läpäisyä.

2 PANSSAROINNIN PERUSKÄSITTEITÄ

a Hydrodynaaminen läpäisyteoria

Ammuksen osuessa maaliin suurella nopeudella (yli 5 000 m/s) muodostuu paine törmäyskohdassa niin suureksi, että materiaalien lujuuksilla ei enää ole ratkaisevaa merkitystä. Aineita voidaan käsitellä nesteinä, jolloin läpäisylle voidaan johtaa teoreettinen kaava. Läpäisyn (P) laskenta perustuu yleisesti yhtälöön (28).

$$\text{Yhtälö (28)} \quad P = \eta * L * \sqrt{\frac{\text{tiheys}_{\text{ammus}}}{\text{tiheys}_{\text{maali}}}}, \text{ jossa}$$

η = tehokkuuskerroin

L = läpäisevän ammuksen tai suihkun pituus

Panssarintorjunnan ampumatarvikkeilla nopeusalue on alle 2000 m/s, mikä on hydrodynaamisista läpäisyteoriaa ajatellen liian pieni. Kaavaa sovelletaan käytännössä tukeutumalla tehokkuuskertoimiin, esimerkiksi onteloammuksen tehokkuuskerroin (η) on 0,9 ja nuoliammuksen 0,66.

b Massatehokkuusluku

Verrattaessa panssarien suojaa ampumatarvikkeita vastaan referenssinä käytetään perinteistä teräspanssaria RHA (tiheys ρ_{Fe}). Eri panssarointien (tiheys ρ_{maali}) tehokkuutta verrataan toisiinsa massatehokkuusluvun E_M avulla, joka on ampumatarvikekohtainen. Eri suojamateriaalien paksuus mitoitetaan siten, että ne antavat saman suojan samalla ampumatarvikkeella. Tällöin esimerkiksi nuoliammusta ja onteloammusta vastaan lasketut materiaalien massatehokkuusluvut poikkeavat toisistaan. Massatehokkuusluku lasketaan hydrodynaamisen läpäisyteorian avulla. **Yhtälö (29).**

$$\text{Yhtälö (29)} \quad E_M = \sqrt{\frac{\rho_{Fe}}{\rho_{\text{maali}}}}$$

Yhtälön mukaan terästä kevyempien materiaalien massatehokkuus on aina yhtä suurempi. Esimerkiksi dieselpolttoaine, jonka tiheys on 820 kg/m³ antaa yhtälön (29) mukaan kolme kertaa paremman suojan painoonsa verrattuna kuin panssariteräs. Todelli-

set materiaalit eivät aina noudata yhtälöä (29) ja panssaroinnin suunnittelussa etsitäänkin materiaaleja, jotka antavat paremman suojan kuin hydrodynaaminen läpäisyteoria edellyttää.

3 PANSSAROINNISSA KÄYTETTÄVIÄ MATERIAALEJA

a Panssariteräs RHA

Teräspanssarin perustyyppinä pidetään standardin MIL-A-12560H mukaan määritettyä valssattua homogeenista panssarilevyä, josta yleisesti käytetään lyhennettä RHA. Tähän levyyn yleensä verrataan muita panssariteräksiä ja myös muita panssarointeja. Normi kattaa teräslevyt, joiden paksuus vaihtelee 6—300 mm. Suuresta paksuusvaihtelusta johtuen kemiallista analyysia ei määrätä. Hiilipitoisuudelle määritellään yläraja 0,30—0,35 % levyn paksuudesta riippuen, samoin määritellään epäpuhtauksien ylärajat. Mekaanisia vaatimuksia asetetaan iskusitkeydelle, tiettyjen ammusten v_{50} -nopeudelle ja kovuudelle siten, että kovuus riippuu levyn paksuudesta. Vaatimukset on kerätty taulukoihin 19 ja 22.

Levyn paksuus (mm)	Kovuus (HB)	Iskusitkeys (J)
6-12	341-388	30-22
12-18	331-375	34-22
18-32	321-375	38-22
32-50	293-331	53-34
50-100	269-311	54-42

Taulukko 19 RHA:n kovuus ja sitkeysvaatimukset

b Kova panssariteräs HH-RHA tai HHS

Kova teräs pysäyttää hyvin ammuksen, mutta haurautensa vuoksi se särkyi iskusta lasin tavoin. Eräs tapa sitkeyden kohottamiseen on teräksen valmistustekniikan parantaminen ja epäpuhtauksien määrän vähentäminen. Standardi MIL-A-46100D määrittelee kovan valssatun panssarilevyn. Standardin mukaisten levyjen suurin paksuus on 50 mm. Hiilipitoisuudelle asetetaan yläraja 0,32 % ja epäpuhtauksia sallitaan vähemmän kuin RHA-teräksessä. Varsinaista seostusta, jolla vaadittu kovuus 477—534 HB saavutetaan, ei määritellä. Iskusitkeysvaatimus on -40°C:ssä poikittain 14 J ja pitkittäin 15 J. Lisäksi asetetaan vaatimuksia taivutettavuudelle. Eri ammusten läpäisyarvoja HH-HRA-teräkseen on esitetty taulukossa 22.

c Panssarialumiinit

Puhtaan alumiinin tiheys on $2\,800\text{ kg/m}^3$, eli noin kolmannes teräksen tiheydestä. Keveytensä vuoksi alumiinia käytetään panssarointimateriaalina seostettuna magnesiumilla ja muilla metalleilla. **Taulukko 21.** Haittana alumiiniseosten käytölle panssaroinnissa on niiden pehmeys. Luodit eivät muokkaudu lävistäessään alumiinia eikä niiden energia jakaudu kalliiperia laajemmalle alueelle. Alumiinirunkoisten ajoneuvojen kunnollinen luotisuus edellyttää erillisten kovien, teräksisten tai keraamisten pintalevyjen käyttöä. Sirkaleet ovat epämääräisen muotoisia ja niitä vastaan panssarialumiini toimii paremmin kuin luoteja vastaan. Eräs panssarialumiinin käyttökohde on M 113 miehistönkuljetusvaunu, jota on valmistettu yli 70 000 kappaletta. Tällaisissa rakenteissa hitsattavuus on ehdoton vaatimus. Panssarialumiinin läpäisyarvoja on esitetty **taulukossa 22.**

Tavallisimmat **hitsattavat panssarialumiiniseokset** sirkaleita vastaan ovat muokkaamalla lujitettavia, magnesiumilla ja mangaanilla seostettuja laatuja (5083 ja 5456). Ne on esitetty standardissa MIL-A-46027H. Standardin mukaiset lujuusarvot vaihtelevat vähän levyn paksuudesta riippuen. Tyypilliset arvot ovat: murtolujuus on 310 N/mm^2 , myötölujuus 240 N/mm^2 ja murtovenymä 8 %. Standardi ei aseta kovuusvaatimusta mutta se on noin 90 HB. **Taulukko 21.**

Al-laatu	% Mn	% Mg	% Cr	% Zn
5 083	0.40-1.0	4.0-4.9	0.05-0.25	max 0.25
5 456	0.50-1.0	4.7-5.5	0.05-0.20	max 0.25
7 039	0.10-0.40	2.3-3.3	0.15-0.25	3.5-4.5

Taulukko 21 MIL-normien mukaisten alumiinipanssarien analyysit

Joissakin ajoneuvoissa on käytetty standardissa MIL-A-46063G määritettyä 7039-panssarialumiiniseosta, joka on **erkaumakarkeneva** ja ei-hitsattava seos. Käyttöä hankaloittaa huono sitkeys, joka tulee esiin sirkaloitumisena läpäisytapauksissa. Seos on lisäksi taipuvainen jännityskorroosioon, jolloin metalli murtuu lievästi Korolaisissa olosuhteissa alhaisella rasitustasolla. Mekaaniset ominaisuudet muuttuvat levyn paksuuden mukaan. Tyypilliset arvot ovat: murtolujuus 400 N/mm^2 , myötölujuus 350 N/mm^2 ja murtovenymä 9 %. Alumiiniseoksen 7039 kovuus on 100–110 HB.

d Panssarititaani

Puhtaan titaanin tiheys on $4\,500\text{ kg/m}^3$ eli noin 60 % teräksen tiheydestä. Titaanilla esiintyy raudan tapaan faasimuutos, johon voidaan vaikuttaa seostuksella. Tämä mahdollistaa monipuolisen seosvalikoiman. Panssarititaaniin on seostettu 6 % alumiinia ja 4 % vanadiinia standardin MIL-A-46077E (Armor plate, titanium alloy, weldable) mukaan. Standardin mukaiset lujuusarvot 25 mm:ä ohuemmillä levyypaksuuksilla ovat: murtolujuus 900 N/mm^2 , myötölujuus 835 N/mm^2 ja murtovenymä 14 %. Kovuudeltaan panssarititaani vastaa perinteistä panssariterästä RHA. Panssarititaanin haittana

on kovien panssarialumiinien tavoin herkkä sirpaloituminen levyn takapinnalta. Sirpaloitumista pyritään vähentämään pienentämällä kaasumaisia epäpuhtauksia, joita valmistusprosessissa liukenee helposti sulaan titaaniin heikentäen sen sitkeyttä

Panssarititaanin hyvistä lujuusominaisuuksista ja keveydestä johtuen siitä on tullut kalteudesta huolimatta lentokoneiteollisuuden rakennemateriaali. Sotilasajoneuvoissa panssarititaania käytetään lisäpanssareissa.

Patruuna	0.3 AP M2		0.5 AP M2		14.5 API B32		14.5API B541	
Kulma	90°	60°	90°	60°	90°	60°	90°	60°
RHA	14		25					
HH-RHA		8		15		18		23
DUAL		6		12				
Al 5083	46		74					
Al 7039	37		61				75	
Ti	18		32					

Taulukko 22 Eräiden luotien läpäisy (mm) panssarimetalleihin MIL-standardin mukaan 90° ja 60° iskukulmalla. Luodin nopeus on 800 m/s.

e Kahden materiaalin yhdistäminen

Kahden mekaanisilta ominaisuuksiltaan erilaisen levyn käyttö yhteenliitettynä panssaroinnissa perustuu siihen, että ulompi kova levy rikkoo ammuksen ja sisempi pehmeä ja sitkeä materiaali vähentää sirpaloitumista. Kova materiaali voi olla keraami tai kova metalli. Sisempi kerros voi olla komposiittia tai pehmeää metallia. Sotilasajoneuvoissa käytetään yleisimmin metalli-metalli ja metalli-komposiitti yhdistelmiä.

Kahden eri analyysin omaavan teräksen liittäminen yhteen, dual hardness, on ehkä paras tapa saada aikaan kova teräslevy, joka vähentää taipumusta sirpaloitumiseen luotiaseita vastaan. Tällainen teräs on spesifioitu standardissa MIL-A-46099C. Terästen analyysistä ei ole määräystä. Käytännössä teräkset on valittava siten, että pintalevyllä on merkittävästi parempi päästönkestävyys kuin pohjalevyllä. Tämä edellyttää kromi, molybdeeni tai volframi seostusta. Standardi koskee vain ohuita, luotisuojaukseen tarkoitettuja levyjä paksuudeltaan 4,8—17,8 mm.

Pintalevyn kovuus on noin 700 HB ja sisemmän levyn noin 250 HB. Levyjen liitoksen tulee olla metallurginen. Kovana pintalevynä käytetään yleensä H11-terästä, joka monissa standardeissa tunnetaan 5 %:na kromiteräksenä. Se on varsinaisesti työkaluteräs, jota käytetään esimerkiksi kuumataontamuoteissa. Runsaasta seostuksesta johtuen se karkenee hyvin ja on päästönkestävä. Päästöissä sen kovuus säilyy lähes muuttumattomana, samalla kun vähemmän seostettu takalevy pehmenee. Dual hardness teräkset ovat niin kovia, että niitä ei voi käyttää kantavana runkorakenteena. Sensijaan niitä voi käyttää esimerkiksi alumiinisen runkorakenteen luotisuojana.

Eriyryppisten teräslevyjen koostumus on esitetty **taulukossa 20**. Mars DD 70 mm:n pintalevyn kovuus on 720 HV ja taustalevyn 430 HV. Taustalevy on pehmeämpi kuin MIL-normi edellyttää, mutta levy onkin huomattavasti paksumpi kuin normin pätevyysalue.

Kauppanimi	% C	% Si	Mn	% Cr	% Ni	% Mo
Krupp 20 mm	0,35	0,6	1	2,2	-	0,35
Mars DD 30/70 mm	0,51	0,75	0,45	5,3	0,56	1,4
Mars DD 40/70 mm	0,37	0,28	0,46	1,82	3,87	0,34
Stu40 35 mm	0,46	0,19	0,69	1,54	1,64	-
Hardox 500 5-20 mm	0,25	0,5	1,2	0,6	-	-
Hardox 400 5-20 mm	0,13	0,45	1,4	-	-	-
Saksalainen teräs- kypärä	0,31	1,95	0,55	0,85	1,27	0,41
Suomalainen teräs- kypärä	0,35	0,54	0,65	0,7	-	-

Taulukko 20 Panssariterästen analyysieja

f Keraamit

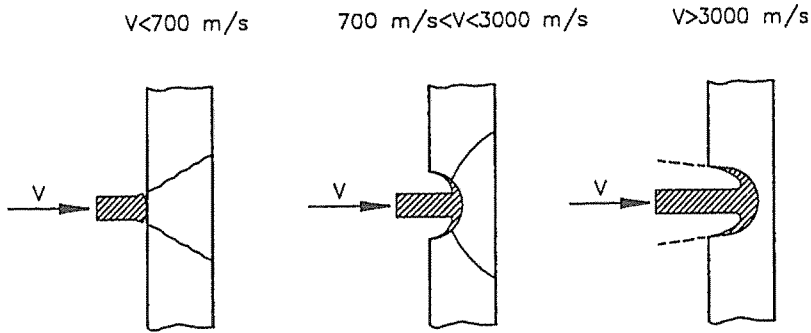
Termi keraami on yleisnimi ei-metallisille materiaaleille. Panssaroinnin yhteydessä keraameilla tarkoitetaan kovia oksideja, karbideja, nitridejä tai borideja. Panssarikeraamit ovat huomattavasti kovempia kuin panssariteräkset (Vickers-asteikolla enintään 800 HV). Panssarikeraamien kovuudet vaihtelevat välillä 1800 – 3000 HV. Kovuudesta johtuen panssarikeraamit ovat hauraita. Peruskeraamina pidetään alumiinioksidia. **Taulukko 23**. Muita taulukossa esitettyjä keraameja käytetään harvemmin. Panssarikeraameja käytetään sotilasajoneuvojen lisäpanssaroinnissa. Hauraudesta johtuen panssarikeraami voi rikkoutua jopa kiven iskusta, joten sitä ei voida käyttää uloimpana levyinä. Keraamia käytetään pieninä levyinä, koska koko levy rikkoutuu osumasta ja menettää suojausominaisuutensa. Lentokoneiden ja helikoptereiden panssaroinneissa käytetään keveimpiä keraameja.

Aine	Kemiallinen koostumus	Tiheys kg/m ³	Kovuus HV	Taivutuslujuus N/mm ²
Alumiinioksidi	Al ₂ O ₃	3 900	1 800	600
Piikarbidi	SiC	3200	2600	500
Boorikarbidi	B ₄ C	2500	3300	600
Titaaniboridi	TiB ₂	4500	3000	-

Taulukko 23 Panssarikeraamien ominaisuuksia.

Keraami on hauras materiaali. Osumasta johtuva säröily laajuus riippuu keraamin kemiallisesta puhtausasteesta. Mitä puhtaampi, pienirakeisempi ja vähemmän huokoinen keraami on koostumukseltaan, sitä vähemmän siinä syntyy säröjä. Haurautensa vuoksi keraami ei voi muodostaa koko panssarointia vaan tarvitaan erillinen tukirakenne, johon keraamitiilet kiinnitetään yleensä liimalla. Tukirakenne on olennainen osa pans-

saria, jolla otetaan vastaan pääosa ammuksen iskuenergiasta. Ammuksen iskeytyessä keraamilevyyn vuorovaikutuksesta aiheutuu puristusjännitysaaltoja sekä heijastamalla syntyviä vetojännitysaaltoja. Jännitysaaltojen muodostuminen keraamissa riippuu ammuksen tyypistä ja nopeusalueesta. Alin nopeusalue edustaa luodin osumaa, keskimäinen nuoliammuksen tai räjäyttämällä muotoutuvan ammuksen (EFP) osumaa ja nopein onteloammuksen kärkisuihkun osumaa keraamiin. **Kuva 251.**

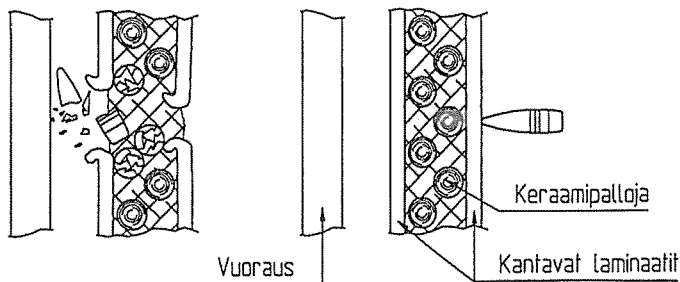


Kuva 251 Ammuksen nopeuden vaikutus keraamin käyttäytymiseen

g Keraami ja erityyppiset ammukset

Luotisuojauksessa keraamin tehtävänä on deformaoida luoti ja jakaa sen energia mahdollisimman suurelle alueelle. Tyypillinen keraamilevyyn paksuus luotisuojauksessa on 8 - 12 mm. Keraamin takana on tukirakenne, joka deformoituu ja ottaa vastaan noin 70 % ammuksen energiasta. Loput energiasta kuluu keraamiin syntyvän murskautuneen alueen syntymiseen ja ammuksen deformoitumiseen. Luotisuojauksessa parhaaseen massatehokkuuteen päästään keveillä keraameilla ja kuitulaminaateista valmistetuilla tukirakenteilla. Alumiinioksidia käytettäessä massatehokkuus 7,62 AP-luoteja vastaan on noin 2,5. Keveillä keraameilla päästään arvoon 3,5.

Keraami voidaan sijoittaa panssarirakenteeseen myös palloina. **Kuva 252.** Kuvassa kahden kantavan laminaatin välissä on keraamipalloja vaahtomaiseen matriisiin upotettuna. Ratkaisulla kyetään 38 kg/m² neliöpainolla pysäyttämään 7,62 AP-luodit. Massatehokkuus on tällöin noin 3.



Kuva 244 Panssarirakenne, jossa keraami on palloina

Alumiinioksidin massatehokkuus **nuoliammusta vastaan** on noin 1,5, joka on vain vähän suurempi kuin tiheyden perusteella laskettu. Massatehokkuutta pienentää suuresta iskuenergiasta johtuva massiivinen tukirakenne. Raskaita ammuksia vastaan keeramipanssaria kannattaa käyttää vain jos on tilaongelma. Suunnilleen samaan massatehokkuuteen pääsee teräksisillä rakenteilla, joissa on tyhjää tilaa välissä. Keraami käyttäytyy puoliammusta vastaan samalla mekanismilla kuin luotia vastaan. Puoliammuksen deformatiivisuus keeramissa on vähäisempi ja iskuenergia oleellisesti suurempi verrattuna luotiin. Puoliammuksia vastaan käytetään monikerrospanssareita, joissa yhtenä materiaalina voi olla keraami.

Keraamin teho onteloammusta vastaan perustuu siihen, että keraami hajottaa ontelopanoksen suihkun ja kraateri jää halkaisijaltaan pieneksi. Ontelopanoksen suihkussa on hajontaa, joten ahtaassa kraaterissa osa siitä osuu kraaterin seinämiin eikä sen pohjaan. Hajoamiseksi voidaan tehostaa tukemalla keraamikappale sivuiltaan vahvalla metallikuorella. Tällöin ammuksen iskun aiheuttama jännitysälto heijastuu tehokkaasti takaisin keraamiin. Kun heijastunut aalto kohtaa kraaterin seinän, irrottaa se siitä siruja, jotka häiritsevät suihkua ahtaassa kraaterissa. Hyvin valmistettu onteloammus, jonka suihku on lähes suora, menettää keeramissa vähemmän tehostaan kuin huonosti valmistettu ammuks. Pelkän alumiinioksidin massatehokkuus onteloammusta vastaan on noin kolme, mutta kun tarpeellinen tukirakenne lasketaan mukaan, pienee massatehokkuus noin kahteen.

h Komposiitit

Ballistisia komposiitteja ja niiden ominaisuuksia on käsitelty myös kohdassa A ”Taistelija suojavarustus”.

Ballistiset komposiitit koostuvat kuiduista ja niitä sitovasta sideaineesta eli matriisista. Kuidut on kudottu kankaaksi ja ne pinotaan kerroksiksi, jotka lujitetaan sideaineella. Kuitumateriaaleina käytetään mm. aramidia, lasia ja polyeteeniä ja kuidut lujitetaan sideaineella eli matriisilla. Näitä ovat mm. polyesteri, epoksi ja fenolihartsit. Kuituja ja sideaineita voidaan yhdistää mm. laminoimalla.

Ballistiseen suojaukseen optimoidut ja yleisiltä lujuusominaisuuksiltaan optimoidut rakennekomposiitit eroavat selvästi toisistaan. **Taulukko 24.** Jäykkä kantava rakenne ei samalla voi olla hyvä ballistinen suoja. Runkorakenteita laminoitaessa tavoitteena on painon säästö sekä materiaalin että muotoilun avulla.

Komposiitti	Ballistinen komposiitti	Rakennekomposiitti
Kuituja (til %)	80-85 %	50-60 %
Kuitujen ja matriisin liitos	kohtalainen	hyvä

Taulukko 24 Ballistisen suojauksen ja mekaanisten ominaisuuksien kannalta optimoitujen komposiittien erot.

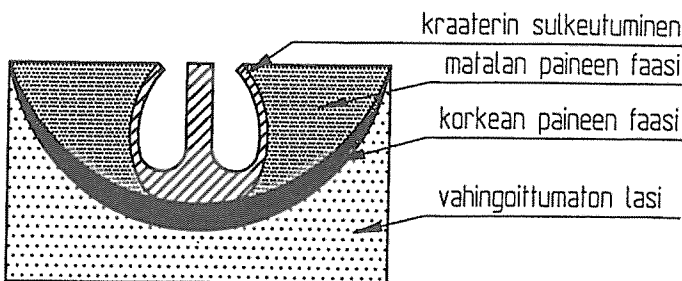
Ballistisen komposiitin käyttö perustuu siihen, että luodin energia sitoutuu kuitujen venymiseen ja kangaskerrosten delaminoitumiseen. Suojauksen tehokkuutta voidaan parantaa monikerroksisten ristikkäin kudottujen kuitujen avulla. Luodin pysäyttäminen tapahtuu pitkällä matkalla jolloin kuituja leikkaava voima jää pieneksi. Kuidut kestävät hyvin vetoa mutta huonosti leikkausta.

Aramidilaminaatteja käytetään ajoneuvon sisäpuolisessa vuorauksessa (spall liner), joka rajoittaa pääpanssarista läpi päässeen ammuksen vaikutusta ajoneuvon sisällä. Vuoraus pysäyttää ammuksen pääkulkusuunnasta poikkeavat sirpaleet. Lisäksi aramidilaminaattia voidaan käyttää ajoneuvon suojauksessa keraamin tukirakenteena. Aramidilaminaatti imee itseensä nopeasti kosteutta, jos sen pinta rikkoutuu. Tällöin se laajenee ja menettää ballistiset ominaisuutensa. Kahdeksasta millimetristä alumiinioksidia ja 18 aramidi-kangaskerroksesta laminoitu yhteensä 16,5 mm paksu rakenne pysäyttää 7,62 AP-luodin. Tällaisen rakenteen neliöpaino on 42 kg/m² ja massatehokkuus 2,6.

Polyeteenikuitu on liukasta, siksi parhaita luotisuojia ei tehdä kankaasta vaan puolivalmisteesta, jossa kuidut ovat samansuuntaisia. Tällaisia puolivalmisteita laminoidaan ristikkäin haluttu määrä. Pakka puristetaan yhteen teräsmuotissa samalla lämmittäen. Polyeteenin keveydestä johtuen tällaisen laminaatin tiheys on 1 000 kg/m³. 23—25 mm paksu laminaatti pysäyttää 7,62 RK:n teräsvaippaluodin mutta ei panssariluotia. Rakenteen neliöpaino on 25 kg/m².

Lasikuiduista ballistisessa suojauksessa käytetään S-lasikuitua, joka on lujempaa kuin tavallisissa rakenteissa käytetty E-lasi. S-lasin tiheys on 2 500 kg/m³, vetolujuus noin 4 500 N/mm², murtovenymä noin 5 % ja kimmomoduli 86 000 N/mm². Lasikuidun haittana on sen suuri tiheys ja etuna muihin ballistisiin kuituihin verrattuna halpa hinta. Lasikuitusuojasta on käytetty muun muassa maastoajoneuvojen suojaamiseen käsiaseiden tulelta ja pieniltä sirpaleilta. Lasikuidun massatehokkuus käsiaseiden luoteja vastaan on vain 1,2.

Lasikuitua käytetään myös taistelupanssarivaunujen kerrospanssarissa. Lasikuitulaminaatti estää ontelopanoksen suihkun etenemistä paremmin kuin sen hydrodynaamisen läpäisyteorian mukaan pitäisi. Lasi käyttäytyy samaan tapaan kuin keraami. Sillä on lisäksi eräs erikoispiirre. Korkeassa paineessa lasin tilavuus on 10 % pienempi kuin normaalipaineessa. Tilavuuden muutos aiheuttaa joustoilmiön, joka sulkee kraaterin suihkun kärjen takana. **Kuva 253**. Tämä häiritsee suihkun etenemistä. Ominaisuus esiintyy myös lasikuitulaminaateissa, joiden lasipitoisuus on suuri.



Kuva 253 Lasin joustoilmiö ontelopanoksen suihkun törmäyksessä

5 LISÄPANSSAROINTIVAIHTOEHTOJA

a Liikkeeseen perustuvat panssarit eli reaktiivipanssarit

Liikkeeseen perustuvat panssarit eli reaktiivipanssarit (ERA) pienentävät merkittävästi etenkin onteloammusten läpäisyä, mutta myös nuoliammusten läpäisyä. Niillä on ollut vaikutusta panssarintorjunta-ammusten kehittämiseen. Kaikki liikkeeseen perustuvat panssarirakenteet on sijoitettava vinosti ampumasuuntaan nähden.

Reaktiivipanssarin yleisesti tunnetussa rakenteessa, **kevyessä reaktiivipanssarissa**, on kahden noin 2 mm:n teräslevyn välissä noin 3 mm:n paksuudelta räjähdysainetta. **Kuva 254.** Tavallisesti kaksi tällaista elementtiä sijoitetaan teräslaattikkoon, joka kiinnitetään panssarivaunuun. Panssari on erittäin tehokas onteloammuksen suihkua vastaan, mutta nuoliammukseen sillä ei ole merkittävää vaikutusta. Tämä johtuu panssarin lyhyestä ”eliniästä”, keveiden teräslevyjen suuresta nopeudesta johtuen se on noin 60 µs. Lisäpanssari voidaan keveytensä vuoksi sijoittaa myös vanhoihin vaunuihin. Panssari saadaan tehottomaksi onteloammukseen sijoitetulla kärkipanoksella tai valmistamalla ammuksen kärki niin lujaksi, että se lävistää reaktiivipanssarin ennen pääpanoksen räjähtämistä.

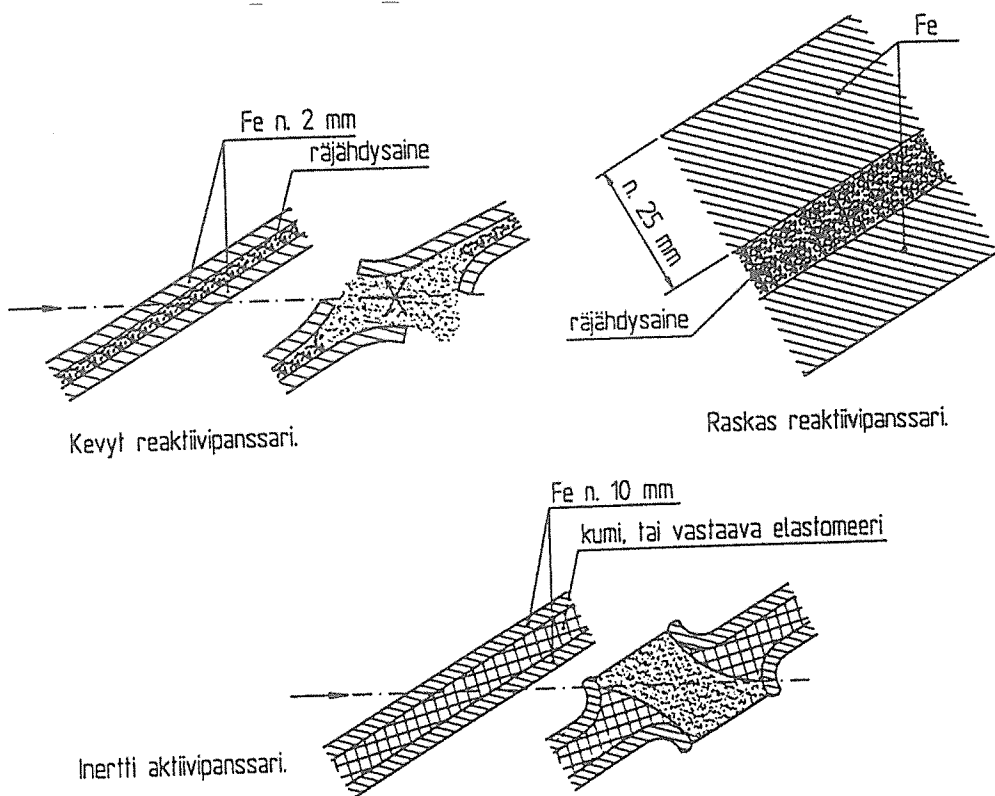
Raskaan reaktiivipanssarin päällimmäisen levyn paksuus on samaa suuruusluokkaa kuin siihen osuvan ammuksen kaliiperi. **Kuva 254.** Koska päällimmäinen levy suojaa räjähdysaineen luodeilta ja sirpaleilta, voidaan räjähdysaine valita siten, että se detonoi nuoliammuksen osumisnopeudella. Paksut levyt lähtevät hitaasti liikkeelle ja vaikutusaika on pitkä, noin 400 µs. Panssarilla voidaan vaikuttaa merkittävästi myös nuoliammusten läpäisyyn. Panssarista tulee kuitenkin niin raskas, että käytännössä se voidaan sijoittaa vain uusiin vaunutyyppeihin. Paksujen levyjen jäykkyys ja liikemäärä ovat riittäviä nuoliammuksen poikkeuttamiseen, taiputtamiseen tai murtamiseen sirpaleiksi.

b Osittain räjähtävät reaktiivipanssarit

Käytettäessä räjähdysainetäytteisiä lisäpanssareita on teräslevyjen aiheuttama tuho vaunun laitteille ja ympäristölle merkittävä. Inertillä väliaineella ei saada riittävän tehokasta ratkaisua. Tästä on luonnollisena seurauksena tarve kehittää räjähdysaineen kaltainen aine, joka reagoi vain paikallisesti osumakohdassa. Kemiallinen reaktio pysähtyy, kun enää ei ole käytettävissä ammuksen iskun tuomaa lisäenergiaa. Kehittyneimmät reaktiivipanssarit rakennetaan tällä periaatteella. Niiden täytemateriaalista käytetään nimitystä **energeettinen elastomeeri**.

c Inerti kerroslisäpanssari, monikerrospanssarit

Inertissä kerroslisäpanssarissa onteloammuksen suihku tai nuoliammus tuhotaan omalla energiallaan. Panssari muodostuu kahdesta noin 10 mm:n teräslevystä, joiden välissä on inerttiä ainetta. **Kuva 254.** Inertin aineen voi kuvitella toimivan puristusjousen tavoin. Ammuksen osuessa ensimmäiseen levyyn jousi painuu kasaan. Kun levyyn tulee reikä, poistuu puristus ja puristunut jousi työntää teräslevy liikkeelle. Panssarirakenne toimii useilla väliaineilla, muun muassa vedellä, erilaisilla kumeilla ja teräksellä. Se ei ole yhtä tehokas kuin räjähdysainetäytteiset panssarirakenteet, mutta sillä on vaikutusta sekä nuoli- että onteloammukseen. Lisäpanssarin ja pääpanssarin välissä on oltava riittävästi tilaa, jotta nuoliammus mahtuu kääntymään.



Kuva 254 Erilaisia liikkeeseen perustuvia panssarirakenteita

d Aktiiviset suojajärjestelmät

Kohdissa a – c kuvatut panssarointimenetelmät ovat passiivisia siinä mielessä, että niiden toiminta alkaa vasta ammuksen osuttua kohteeseen. Aktiivisella suojajärjestelmällä (panssaroinnilla) tarkoitetaan menetelmää, jolla tuhotaan tai estetään taistelukärjen toiminta ennen osumaa. Suojajärjestelmät sisältävät tyypillisesti antureita uhkan

havaitsemiseen ja seurantaan, ohjausyksikön sekä aktiivisina elementteinä taistelukärkiä, heitteitä, suojasavuja tai elektro-optisia häirintälaitteita.

Infrapuna-alueella toimivien pst-ohjusten ohjausjärjestelmää voidaan häiritä joko elektro-optisella häirintälaitteella tai aerosolisavulla. Laitteet ovat palveluskäytössä. Ampumatarvikkeista, joiden ohjauksessa tai etäisyydenmittauksessa käytetään laseria, saadaan ainakin varoitus vastatoimenpiteiden aloittamista varten. Laitteet ovat palveluskäytössä.

Laukaistaviin vastataistelukärkiin tai heitteisiin perustuvat aktiiviset järjestelmät ovat voimakkaasti kehitymässä. Ensimmäisiä järjestelmiä on asennettu esittelytarkoituksessa ajoneuvoihin.

Massaan perustuvilla panssaroinneilla saadaan suoja kaikkia uhkia vastaan. Passiiviset, liikkeeseen perustuvat panssarit on suunniteltava ammustyypin ja kaliiperin mukaan. Aktiivisten suojajärjestelmien selektiivisyys on kaikkein suurin. Ne on viritettävä yhtä ampumatarviketta vastaan, eikä järjestelmällä kyetä torjumaan muita uhkia. Vaunu ja sen peruspanssarointi hankitaan vähintään 20 vuoden käyttöä ajatellen. Peruspanssaroinnin lisäksi hankittavaa suojaa on kyettävä muuttamaan yhtä nopeasti kuin uusia ampumatarviketyyppejä voidaan tuoda taistelukentälle.

e Sähköiset panssarointivaihtoehdot

Panssariaseen ja panssarintorjunnan välisessä kilpajuoksussa on jo kehitteillä uusia sähköisiä panssarointimenetelmiä. 2000-luvulla on jo kokeiltu sähkömagneettisiin-, sähkötermisiin- ja sähkökinetiikkaan perustuvia panssareita. Nämä ovat kuitenkin vielä voimakkaan kehitystyön alla.

6 PANSSAROINNIN SUOJAUSKYKY

a Taistelupanssarivaunu

Toisen maailmansodan alkaessa panssarilevyt vastasivat nykyistä RHA-tasoa mutta niiden paksuus ei ylittänyt 15 mm:ä eli vaunut oli suojattu jalkaväen käsiaseita vastaan. Sodan aikana panssareiden paksuus kasvoi nopeasti ja sodan loppuvaiheessa vahvimmat panssarit olivat 250 mm paksuja. Yksittäisten panssarilevyjen paksuus ei tästä enää ole kasvanut vaan panssaroinnin suojaustasoa on parannettu seuraavilla keinoilla:

- on nostettu panssarilevyn kovuutta tai asetettu sen eteen toisesta aineesta tehty kova kerros
- on vaikeutettu läpäisyä muotoilulla ja käyttämällä ohuiden teräspanssarikerrosten välissä joko tyhjää tilaa tai terästä kevyempiä aineita, joilla on jokin erikoisominaisuus sekä

- on saatettu panssarilevyt liikkeeseen, joka särkee ammuksen ja syöttää uutta ainetta lävistävän ammuksen kulkureitille.

Vuosina 1965—1980 kehittyivät kerrospanssarit. Kerrospanssarilla tarkoitetaan rakenetta, jossa osa teräksestä on korvattu kevyemmällä aineella, joka antaa paremman suojan kuin hydrodynaaminen läpäisyteoria edellyttäisi. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi keraamit, lasi ja lasikuitulaminaatit. T-72 panssarivaunu on tyypillinen tämän kauden tuote. Kerrospanssareilla kyettiin suojaamaan vaunun etusektori pienikaliiperisia ontelokranaatteja vastaan. Seurauksena oli jalkaväen käyttämien ontelokranaattien kaliiperin merkittävä kasvu.

Vuosina 1980—1995 panssarimateriaalit saatettiin liikkeeseen. Pohjan liikkeeseen perustuville panssareille loi Heldin patentti vuodelta 1970. Panssarityyppi oli ensimmäisen kerran taistelukentällä israelilaisvaunuissa Libanonin sotaretkellä vuonna 1982. Vasta tämän jälkeen tieto panssarityypin olemassaolosta ja rakenteesta alkoi levitä Suomeen. Reaktiivipanssarista voidaan rakentaa erilaisia versioita, joita käsiteltiin edellä. Kevyt reaktiivipanssari on tehnyt tehottomiksi 70-luvun kaliiperiltaan noin 100 mm:n ontelokranaattikonstruktiot. Uusissa ontelokranaateissa keveisiin reaktiivi-panssareihin on vaurauduttu lisäämällä niihin kärkipanos.

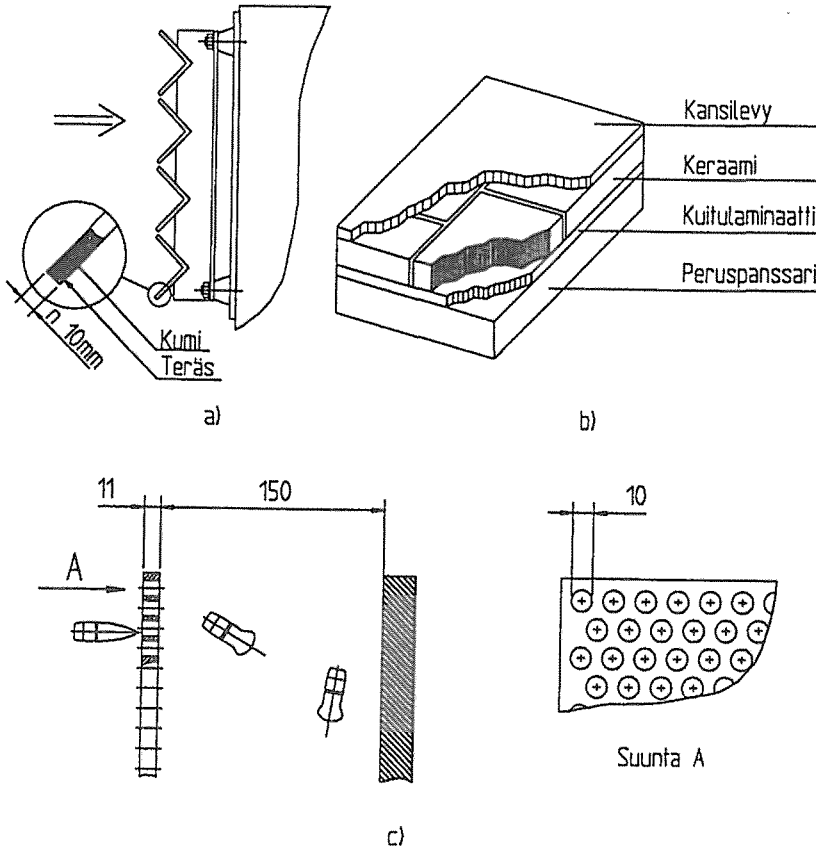
b Miehistönkuljetusvaunu ja muut ajoneuvot

Yleinen periaate on, että vaunun etuosa suojataan sen oman pääaseen läpäisyä vastaan ja sivusuojaus tehdään astetta tai kahta huonommaksi. Miehistön-kuljetusvaunuissa tämä merkitsee, että etuosa suojataan noin 15 mm:n ammuksia vastaan ja sivut rynnäkkökiväärin tulta vastaan. Varsinaisessa taistelutehtävässä perussuoja saattaa olla liian heikko. Silloin vaunun suojausta tehostetaan lisäpanssarein. Esimerkiksi alunperin 7,62 mm:n luoteja vastaan rakennetut sivut suojataan 12,7 mm:n luoteja vastaan. Vaunun rakenteessa pitää olla varaa tällaiseen painonlisäykseen. Vaunujen käyttöikä on vähintään 20 vuotta ja lisäpanssarirakenteiden kehitys on nopeata. Siksi ei ole järkevää sitoutua rakentamishetken teknologiseen tasoon. Rauhanajan harjoituksissa voidaan ajaa myös ilman lisäpanssareita ja siten vähentää vaunun rakenteisiin kohdistuvia rasituksia.

Suojautuminen 7,62 AP-luoteja vastaan edellyttää taulukon 22 mukaan 14,5 mm RHA-terästä, 12,5 mm HH-RHA-terästä tai 9 mm dual-hardness-terästä. Vaunu tarvitsee runkorakenteen, johon moottori, voimansiirto, akselistot ja muut laitteet voidaan kiinnittää. Perussuoja voidaan yhdistää runkorakenteeseen. Runko voidaan rakentaa myös terästä kevyemmästä metallista esimerkiksi alumiinista, mutta luotisuojauksen vuoksi alumiini joudutaan päällystämään kovalla materiaalilla. Lisäsuojan rakentamisessa sen sijaan on enemmän vaihtoehtoja. Räjähdysainetta sisältäviä lisäpanssareita miehistönkuljetusvaunussa ei kuitenkaan voi käyttää, koska lisäpanssarin sirpaleet lävistävät vaunun oman panssaroinnin.

c Miehistönkuljetusvaunun lisäpanssarointeja

Miehistönkuljetusvaunuihin on kehitetty erilaisia lisäpanssarointiratkaisuja. Kuva 255.



Kuva 255 Miehistönkuljetusvaunun lisäpanssarointiratkaisuja

Lisäpanssarirakenteessa (a) kaksi kovaa panssariteräslevysuikaletta on taivutettu 90° kulmaan ja niiden väliin on laminoitu kumikerros. Kyseessä on siis inertti aktiivipanssari. Sen tarkoituksena on antaa luodille epäsymmetrinen kuormitus, kääntää se poikittain ja särkeä luoti. Lisäpanssari vaikuttaa myös ontelokranaatteihin, mutta se ei yhdessä miehistönkuljetusvaunun sivupanssarin kanssa kykene täysin pysäyttämään edes pienimpien kertasingojen ontelokranaattia.

Lisäpanssarirakenne (b) koostuu kuitulaminaatin ja keraamin yhdistelmästä, joka kiinnitetään runkopanssariin. Keraamilevyjen päälle voidaan sijoittaa suojalevy, joka tekee lisäpanssaroinnin huomaamattomaksi.

Rakenteessa (c) lisäpanssarin muodostaa rei'itetty HH-RHA panssarilevy. Levyn tehtävänä on antaa ammukselle epäsymmetrinen kuormitus, joka joko särkee ammuksen tai ainakin kääntää sen poikittain jolloin se kohtaa varsinaisen panssarin epäedullisessa asennossa. Levyn paksuus, reikäkoko ja etäisyys pääpanssarista valitaan uhkana ole-

van ammuksen mukaan. Kuvassa 239c oleva lisäpanssari on mitoitettu 12,7 mm:n luotia vastaan.

C NAAMIOINTI JA MAASTOUTTAMINEN

1 PERUSTEITA

Toimintakyvyn säilyttäminen taistelukentällä edellyttää suojautumista vihollisen tiedustelulta ja asevaikutukselta. Omien kohteiden maastouttaminen ja naamiointi vaikeuttavat oleellisesti vihollisen toimintaedellytyksiä. Pimeys ja huonot sääolosuhteet eivät estä nykyaikaisia tiedustelumenetelmiä eivätkä kehittyneiden ampumatarvikkeiden aktiivisia hakupäitä tai aseiden tähtäimiä löytämästä kohdettaan.

Suojautuminen voidaan jakaa kahteen tasoon:

- kohdetta ei voi havaita tai
- kohdetta ei voi tunnistaa.

Suojautumisen onnistumiseen vaikuttavat useat tekijät, joista tärkeimmät ovat

- ympäröivän maaston peitteisyys ja muoto
- hajauttaminen
- kohteen liike
- havainnointiin käytettävien sensoreiden laatu
- aktiivisten suojautumistoimenpiteiden määrä ja taso sekä
- havainnointietäisyys.

Yleensä voidaan todeta, että liikkuva kohde voidaan aina havaita, mutta hyvin suojattua kohdetta ei voida tunnistaa.

2 SUOJAUTUMINEN

Suojautumisen peruslähtökohta on saattaa kohteen ultravioletti-, infrapuna- ja näkyvä valo sekä lämpösäteilyn taso taustaa vastaavaksi, jolloin kohteen havaitseminen vaikeutuu. Suojautumiseen on olemassa sekä materiaalitekniisiä että harhauttavia ratkaisuja.

Materiaalitekniisiä ratkaisuja ovat

- kohteen rakenteelliset muutokset
- naamioamaalaus
- luonnonmateriaalit sekä
- naamioverkot ja maastouttamisjärjestelmät.

Harhauttavia ratkaisuja ovat

- valelaitteet

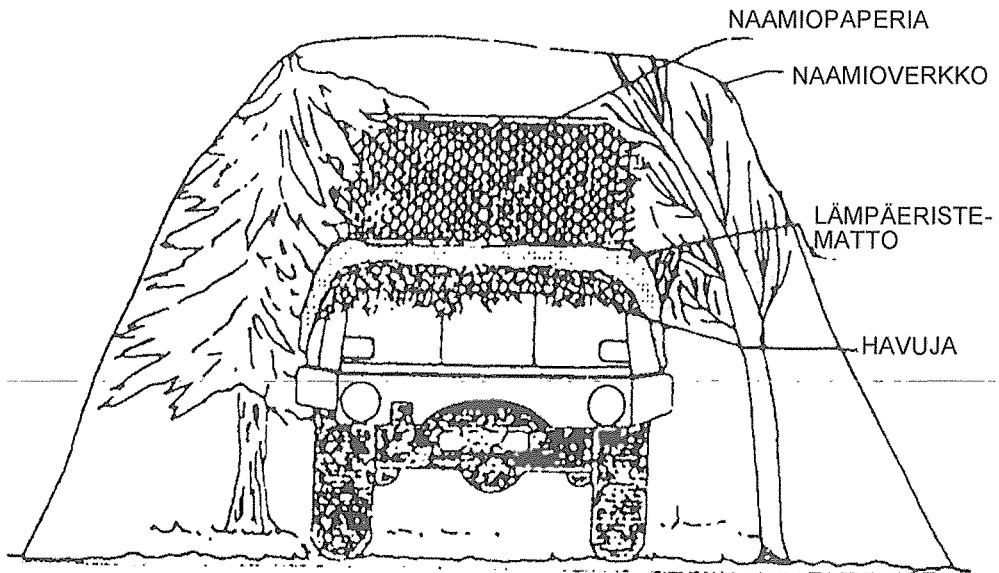
- muotouttaminen sekä
- rakennusten käyttö suojana.

3 MAASTOUTTAMIS- JA NAAMIOINTITEKNIikka

Maastouttamisen peruselementit ovat maaston hyväksikäyttö, muotouttaminen ja naamiointi, jotka on suojan kannalta otettava aina huomioon.

Yksinkertainen tapa naamioida ajoneuvoja ja laitteita on niiden naamiomaalaus maaston väriseksi vuodenajan mukaan. Maalilla voidaan kuitenkin naamioida kohde vain visuaalisella ja infrapuna-alueella.

Kohteesta irti olevista menetelmistä tärkeimpiä ovat naamioverkot ja -varjot. Paremman suojan antaa kohdetta varten suunniteltu ja siihen kiinteästi kuuluva maastouttamisjärjestelmä. **Kuva 256.**



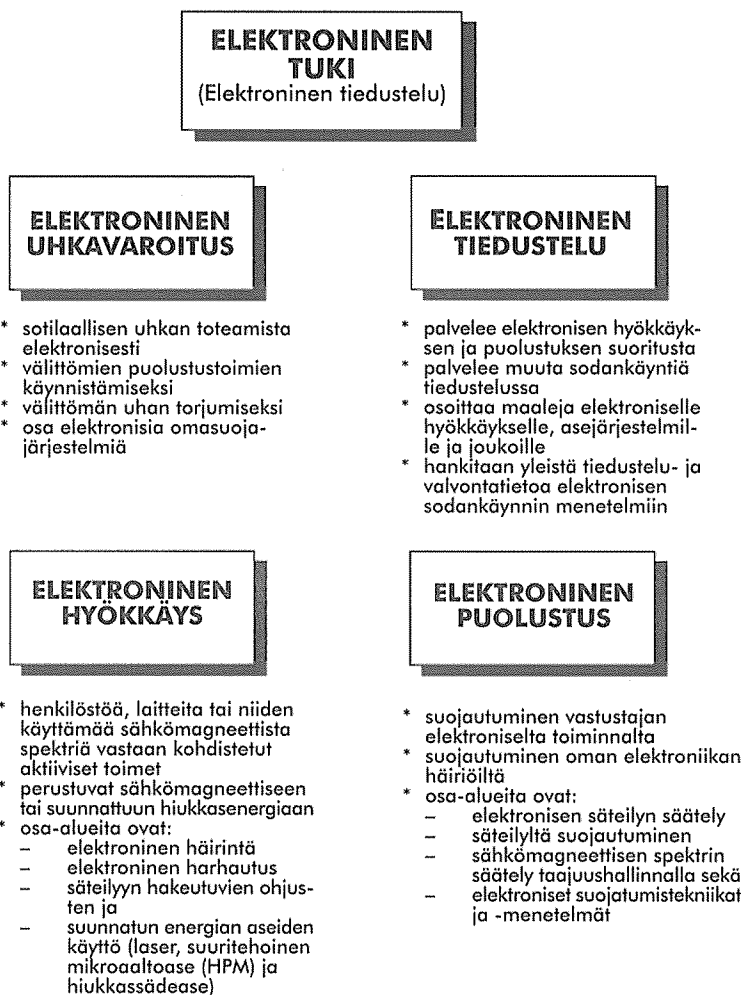
Lämpimät kohdat, erityisesti moottoritila, eristetään havuilla tai lämpöeristematoilla.

Kuva 256 Ajoneuvon maastouttamisen periaate

D ELEKTRONINEN SUOJAUTUMINEN

1 ELEKTRONINEN SODANKÄYNTI

Sodankäyntiin on tullut neljäs ulottuvuus, elektroninen sodankäynti eli ELSO. Elektroninen sodankäynti jaetaan elektroniseen tukeen, hyökkäykseen ja puolustukseen. Elektroninen tuki käsittää elektronisen uhkavaroituksen ja elektronisen tiedustelun. **Kuva 257.**



Kuva 257 Elektronisen sodankäynnin jako ja määrittelyt

Asejärjestelmissä käytetään yleisesti elektroniikkaan perustuvaa tiedustelu-, paikannus- tai johtamistekniikkaa. Elektronisen sodankäynnin ensisijaisia kohteita ovat sähkömagneettista spektriä käyttävät järjestelmät. Elektroniikkaa hyödyntämällä on mahdollista

- parantaa teknisesti miehen tai joukon suorituskykyä

3 UHKAKUVA

Lähes kaikkialla lisätään elektronisen sodankäynnin kykyä. On huomattu, että häiritäessä viestiyhteyksiä ja johtamista, saadaan kokonainen joukko aseita ja asejärjestelmiä tehottomiksi. Toiminta johtamispaikkoja ja viestiyhteyksiä vastaan on organisoitu C³CM tai vastaavaksi toiminnaksi. Se käsittää johtamispaikkojen ja viestiyhteyksien tuhoamisen, häiritsemisen, harhauttamisen sekä omien yhteyksien ja johtamispaikkojen suojauksen.

Viestijärjestelmiin kohdistuvat uhat ovat lisääntyneet myös selustassa. Tällaisia uhkia ovat muun muassa OMG-yhtymät, erikoisjoukot ja tuholaistoiminta, lentokoneiden ja ohjusten kantomatkan ja tarkkuuden kasvu, viestihäirintä- ja viestiharhautusjärjestelmät ja erilaiset ohjelmistovirukset sekä elektroniikan elektroninen tuhoaminen.

Uusien tiedustelujärjestelmien, syvälle selustaan ulottuvien asejärjestelmien, C³CM-toiminnan ja uusien aseiden muodostama uhka tulee ottaa huomioon kaikissa joukoissa ja johtamispaikoissa. Joukon tuottama sähkömagneettinen monisignaalispektri (näkyvä valo, infrapuna, ultravioletti ja radiotaajuinen) on pääasiallisena syynä siihen kohdistuvaan uhkaan. Tulivoimaa voidaan korvata esimerkiksi häirinnällä, joka keskitetään ajallisesti ja paikallisesti. Toimintana tämä on välittömästi käytettävissä uudelleen, toisin kuin esimerkiksi ohjukset.

Elektroniselle sodankäynnille on välttämätöntä vastapuolen käyttämän tekniikan, sen ryhmityksen ja aikeiden tunteminen. Tällöin pystytään nopeasti siirtämään häirinnän painopistettä ja löydetään oikea aikaväli niistä eri järjestelmistä ja johtamistasoista, joissa tietoa ei saa kulkea tietynä aikana. Tämä asettaa kovat vaatimukset tiedustelulle.

Voimavarojen käyttö on aina optimoitava. Tästä seuraa se, että vastustajan organisaatio ja välineet on pyrittävä selvittämään mahdollisimman tarkoin ja toiminta suunnataan keskitetysti suhteellisesti suurimman edun antaviin kohteisiin.

4 ELEKTRONISEN SUOJAUTUMISEN KEINOT

Elektronisen suojautumisen tavoitteena on estää vihollista saamasta tietoa elektronisten järjestelmiemme ja laitteidemme sijainnista, käyttöperiaatteista ja yksityiskohtaisista ominaisuuksista.

Taktisesti on pyrittävä käyttämään niitä johtamismenetelmiä, jotka eivät helposti paljastu tiedustelulla. Tällaisia ovat esimerkiksi ennakkosuunnitelmat, tapaamiset ja lähettytyhdet. Johtamispaikat on valittava siten, että tähän pystytään. Muuten pyritään käyttämään vähän säteileviä yhteyksiä, kuten kauko- ja valokaapelit.

Maastoa hyväksikäyttäen luodaan tiedusteluetäisyyttä lyhentävää vaimennusta, sijoittamalla sähkömagneettista säteilyä lähettävät laitteet esimerkiksi katveeseen. Laittei-

den siirtäminen satunnaisessa järjestyksessä ja jopa niiden keskinäinen kierrättäminen pienentävät niiden paljastumisriskiä. Tarvittaessa noudatetaan ”sähkömagneettista hiljaisuutta” eli rajoitetaan välineiden käyttöä.

Teknisesti käytetään pienintä mahdollista lähetystehoja tai levitetään teho suuremmalle taajuusalueelle hajaspektritekniikkaa käyttäen. Suunta-antennit antavat tehokkaan suojan havaitsemista ja suuntimista vastaan varsinkin vaakapolarisaatiossa VHF-alueella. Sanomalaiteliikenne sellaisenaan on melko anonyymiä ja kun kaikki liikenne vielä salataan, vaikeutetaan vihollinen tiedustelu.

Kaukokäyttölaitteiden avulla voidaan laitteet sijoittaa vihollisen tiedusteluun nähdessä epäedullisesti. Niiden avulla vaikeutetaan johtamispaikkojen paikantamista hajauttamalla radiolaitteet ja hidastetaan vihollistiedustelun johtopäätösten tekoa.

Omaa viestiliikennettä on tarkkailtava laitevikojen ja poikkeamien havaitsemiseksi. Ajo-neuvoasemassa on lämpökuvauksella näkyvät jäljet pyrittävä sotkemaan.

Vähän säteilevien yhteyksien rakentaminen on hitaampaa ja vaivalloisempaa kuin radioyhteyksien, mutta tilanteen ollessa rauhallinen niitä on aina rakennettava. Viestiliikenteen järjestelyillä on vaikeutettava tiedustelua antamalla oikeat viestiliikenneperusteet ja valvomalla liikennekurin noudattamista.

Radioverkkojen rakenteilla voidaan vaikeuttaa vihollisen tiedustelukuvan syntyä. Esimerkiksi keskussanomalaittein toteutettu radioverkko sopii tähän tarkoitukseen hyvin. Sijoittamalla kaukokäyttölaitteet toisiaan vastaan, saadaan yhteysetäisyyksiä lyhennettyä, mahdollistetaan pienempien lähetystehojen käyttö ja näin parannetaan yhteyksien laatua sekä häirinnän sietoa.

Harhauttamisella häiritään vihollisen elektronista tiedustelua. Se on toteutettava suunnitellusti, riittävällä volyymillä ja ammattitaitoisesti. Valeantennein ja naamioinnein vihollinen voidaan saada paikantamaan johtamispaikka useita satoja metrejä sivuun todellisesta.

Asemat ja järjestelmät on **maastoutettava** niin että ne ovat suojassa sekä optiselta että elektro-optiselta tiedustelulta.

5 VALVONNAN JA TULENKÄYTÖN ELEKTRONISTEN VÄLINEIDEN KÄYTÖN SUOJAAMINEN

Järjestelmien **siirtäminen** vaikeuttaa aina tiedustelua. Niiden käyttö on rajoitettava niin, että vain välttämättömimmät säteilevät järjestelmät ovat käytössä. Suojautumiskeinot pyritään **salaamaan**. Tällöin ei paljasteta järjestelmien elektronisen sodankäynnin kestävyyttä parantavia aktiivisia ominaisuuksia.

Rinnakkaisten järjestelmien käyttöön varaudutaan ja käytetään myös niitä, jos ne eivät paljastu esimerkiksi elektronisella tiedustelulla.

Vastaanotin- ja lähetintekniikka on ratkaisevaa elektroniikkaan tukeutuvien järjestelmien ELSO-kestävyyden kannalta. Tekniikalla ei välttämättä estetä, mutta hidastetaan paljastumista ja kyetään heikentämään vihollisen elektronisen hyökkäyksen tehoa.

Antennit suunnitellaan niin että sivu- ja takakeilat ovat mahdollisimman pienet. Tämä kaventaa pääkeilaa ja lisää vahvistusta toimintasuuntaan. Tällöin voidaan joko käyttää pienempää lähetystehoa, tai pienempää antennia. Samoin sivu- ja takakeilojen kautta tapahtuva tiedustelu ja häirintä vaikeutuvat.

6 TOIMIMINEN VIHOLLISEN ELSO-HÄIRINNÄN ALAISENA

Tavoitteena on mahdollistaa omien järjestelmien toiminta vihollisen suorittamasta häirinnästä ja harhautuksesta huolimatta sekä vähentää vihollisen mahdollisuuksia saada tietoja elektronisella tiedustelulla.

Uhkaa vähentävät johtamismenetelmät ja -paikkojen sijoittaminen sekä vähän säteilevien yhteyksien ja maaston hyväksikäyttö. Lisäksi niillä voidaan heikentää vihollisen häirinnän vaikutusta. Omien taajuuksien valvonnan perusteella tehostetaan häirinnän väistökkyä ja elektroniselta tiedustelulta suojautumista.

Suunta-antennien käyttö lyhentää vihollisen tiedusteluetäisyyttä ja heikentää sen häirinnän tehoa. Kun tunnetaan antennin suuntakuviot, voidaan sen pienitehoisin keila kääntää häiritsevän signaalin suuntaan. Usein tämä riittää tarvittavan tehoylivoinnan saavuttamiseen. Vastaavasti lähettävän antennin tarkka suuntaus lyhentää häirinnän vaikutusetäisyyttä.

Adaptiiviset, nollaavat antennijärjestelmät ovat elektronisesti suuntakuviotansa säätäviä. Nämä voivat asettaa vastaanottavalla radioasemalla automaattisesti tehominimissä häiritsevän signaalin suuntaan. Järjestelmä voi heikentää häirinnän tehon jopa sadanteentuhanteen osaansa, mikä tarkoittaa sitä että 10 000 W häirinnän lähetysteho vaikuttaa kuten 0.1 W.

Hajaspektriradiot käyttävät uusinta tekniikkaa, jolla lähetteen spektri levitetään niin että sen tiedustelu ja häirintä vaikeutuvat. Menetelminä ovat lähettimen taajuuden hyp-päyttämisen ja suorasekvenssimodulaatio. Vastaanottimen taajuuden on hypittävä samassa tahdissa lähettimen taajuuden kanssa. Suorasekvenssimodulaatiossa taajuuskaista levitetään ja hävitetään signaali kohinaan. Ongelmana on verkkojen tahdistus.

Hybridiradiot eli monialueradiot käyttävät useita taajuusalueita ja/tai modulaatiolajeja yhtäaikaan tai niitä nopeasti vaihtaen. Näin vaikeutetaan tiedustelua sekä varsinkin häirintää.

Lähetystehon lisäys on yleisin tapa parantaa tilannetta häirinnän vaikutuspiirissä. Mikäli yhteydet on suunniteltu niin, että tehoreserviä on käytettävissä, se on myös yksinkertainen menetelmä. Tehon lisäys ei kuitenkaan auta kuin hetkeksi, sillä vihollinen on varmasti varautunut häirintätehon lisäykseen. Lähetystehon noston haittana on erikoisesti vihollisen elektronisen tiedustelun helpottuminen, kun se häiritsee jotain taajuutta selvittääkseen verkon yksityiskohtaisen rakenteen. Tämä pätee erikoisesti taktisiin linkkiverkkoihin, joissa käytetään adaptiivisia radiolinkkejä (automaattinen lähetystehon säätö, joka perustuu siirtovirheiden mittaamiseen). On helppoa häiritä havaitulla linkkitaajuudella toista siirtosuuntaa ja ärsyttää toinen kaukana oleva kohinaan piiloutunut adaptiivinen linkki nostamaan tehoa niin että se saadaan paikannettua ja selvitettyä todellinen linkkijänne.

Salaamisvälineiden käyttö on edelleen välttämätöntä, ei ainoastaan asian salaamiseksi vaan myös ja yksittäisen aseman tunnistamisen vaikeuttamiseksi ja viestijärjestelmää analysoivan vihollisorganisaation kuormittamiseksi.

Järjestelmien kaukokäyttö suojaa käyttäjiä tehokkaasti vihollisen suoranaishetkeltä asevaikutukselta.

Sanomalaiteverkko, jossa viesti ohjautuu tarvittaessa vaihtoehtoista tietä, on myös tehokas, edellyttäen ettei se tukkeudu vihollisen harhaviesteistä.

Digitaaliset läheteet parantavat häirinnän sietoa, koska ne voidaan koodata virheitä korjaaviksi.

Häirinnältä suojaavien yhteyksien käyttö eli johdin ja valokuituyhteydet tulevat tässä yhteydessä tärkeiksi. Ne ovat silti erikoisjoukkojen iskujen, sekä vihollisen tulen armoilla tai niitä ei kyetä siirtämään riittävän nopeasti joukon liikkuessa.

Viestien välitykselle voidaan muodostaa riittävän lyhyitä yhteysvälejä. Häirinnän alla radioyhteys lyhenee niin paljon, ettei muuta mahdollisuutta ole. Tämän vuoksi tulee viestivälineiden käyttäjät kouluttaa myös viestin välitykseen ja releointiin. Liikennettä voidaan myös jatkaa harhauttavana eli annetaan viholliselle väärä kuva sen häirinnän vaikutuksesta ja suoritetaan oma viestintä muilla välineillä.

Varataajuuksien käyttö onnistuu häirinnän alaisena oikeastaan vain puhe-radioverkoissa. Se auttaa vain hetkeksi. Taajuudenvaihto kertoo kuitenkin viholliselle, että sen häirintä todennäköisesti tehoi ja myös sen että sen ELSO on huomattu. Sanomalaiteverkossa voi olla vaikeaa sopia yhteisestä taajuudenvaihtohetkestä, mikäli häirintä on voimakasta.

Rinnakkaisten yhteysvälien käyttö on hyvä menettely, mutta se sitoo paljon kalustoa. Silmukoitujen verkkojen käyttö lyhentää yhteysvälejä ja suojaa osaltaan tehokkaasti häirinnältä. Asemien siirtäminen on välttämätöntä. Valvonnan ja tulenkäytön järjestel-

miin vihollinen kohdistaa välittömästi asevaikutuksen. Tällöin on otettava käyttöön rinnakkaiset järjestelmät.

Teknisten suojautumiskeinojen käyttöönotto tulee käskää erikseen. Vaikka ne paljastavat omien järjestelmien suorituskyvyn ne ovat usein eloonjäämisen edellytys. On kuitenkin löydettävä kompromissi käytön ja suojautumisen väliltä. Esimerkiksi ilmatorjunnan tulenjohtotutkia ei tule jättää käyttämättä vain ohjushyökkäyksen pelossa. Seurauksena saattaa olla simuloitu radioliikenne, joka lamauttaa ilmatorjunnan.

Monisensorijärjestelmät, joissa yhdistetään aktiivisten ja passiivisten antureiden tiedot, ovat tehokkaita, kunhan niitä käytetään taktisesti oikein. Yleensäkin kaikkia passiivisia järjestelmiä tulee voimakkaasti kehittää.

Tehon lisäys tuo toimintamahdollisuuksia. Uhkana ovat kuitenkin läheteeseen hakeutuvat ohjukset ja kranaatit. Valvonta- ja maalinosoitustutkia käytetään vain lyhyitä jaksoja kerrallaan ja vuorottaen. Tulenjohtotutkat ovat suojassa vain ollessaan pois käytöstä. Tutkiin pohjautuvia asejärjestelmiä tulee suojata harhauttaen, passiivisia ja aktiivisia valemaaleja käyttäen.

Taajuushyppely on tavanomainen keino välttää tehokasta pistetaajuista häirintää, mutta lähetteen havaitseminen ja laitetyypin tunnistaminen ei aiheuta viholliselle vaikeutta.

Muita lähetin- ja vastaanotinteknisiä keinoja on kehitetty elektronisiin järjestelmiin ja ne kukin antavat suojaa eri tyyppistä vaikutusta vastaan.

Elektronista sodankäyntiä paremmin kestäviksi on kehitetty bi- ja multistaattisia tutka-järjestelmiä, joissa lähetin- ja vastaanotinlaitteistot sijaitsevat erillään. LPI-tutkat hyödyntävät kaikki mahdolliset elektronisen sodankäynnin vastakeinot. Näihin voidaan yhdistää akustisia, infrapuna- ja optisia järjestelmiä.

Käyttäjää tulee **kouluttaa** hallitsemaan eri asejärjestelmien tekniset elektronisen sodankäynnin suojauskeinot ja harjaannuttaa niiden käyttöön. Mitään automaattista tai yleispätevää menetelmää ei ole.

7 SUUNNATUN ENERGIAN ASEET JA NIILTÄ SUOJAUTUMINEN

a Elektromagneettinen pulssi

Elektromagneettinen pulssi syntyy joko ydinräjähdyksessä (NEMP) tai suuritehoisen mikroaalto-aseen (HPM) tuottamana. Hyvin korkealla räjähtävä ydinpommei aikaansaakaan kaukanakin maanpinnalla muutamassa sekunnin miljardisosassa nousevan noin 300 nanosekuntia kestävä pulssin, jonka kentänvoimakkuus voi olla noin 50 000 Volttia/metri.

Ydinräjähdysten hallinnalla voidaan säteilyn vaikutusalueita suunnata jonkin verran. Tällaisen pulssin energia tuhoaa herkkää ja suojaamatonta elektroniikkaa. Laitekotelot ja -tilat on siksi EMP-suojattava. Kaikki tiloihin tulevat johtimet varustetaan **suodat-timin ja nopealla suojauslektronikalla**. Ovet ja ikkunat sekä ilmastointiin tarvittavat aukot varustetaan **suurtaajuustiivistyksin**. Suojausvaatimus koskee myös ajoneuvojen sähkölaitteita, jos liikkuvuus halutaan taata. NEMP-pulssin taajuusalue ulottuu muutamiin kymmeneen MHz:iin, joten suojautumistekniikka on varsin tavanomaista, joskin kallista.

Mikroaaltoaseen muutaman kilometrin päästä lähettämä hyvin suuritaajuinen (GHz luokkaa) ja suuritehoinen (GW) pulssi tunkeutuu laitetiloihin pienistäkin rei'istä, jotka NEMP-in suhteen ovat vaarattomia pulssin matalamman taajuusalueen takia. Laitteiloissa käytettävät yhtenäiset **metallipinnat ja -foliot** antavat kuitenkin kohtuullisen suojan.

Koska aseiden toimintataajuusalue on sama kuin tutkilla ja mikroaaltolinkeillä, ne ovat aseiden luonnollisia kohteita. Mikroaaltoaseiden koon pienentyessä, esimerkiksi ohjukseen tai matkalaukkuun soveltuviksi, voidaan niitä olettaa käytettävän vaurioittamaan arvokkaita kohteita sellaisissa tilanteissa, joissa tavanomaisia aseita ei vielä haluta käyttää. Myös terrori- ja sabotaasitoimintaan tällaiset aseet olisivat käyttökelpoisia.

b Laserase

Kehittyneellä suuntauslaitteistolla varustettu laserase on tehokas ohjusten ja elektroniikalla varustettujen ammusten ja pommien torjumisessa ja myös ilmassa toimivien häirintälaitteiden vioittamisessa. Lämpöshokkiin perustuvan vaikutuksen vuoksi paras suojaus saavutetaan **mekaanisesti**. Laseraseen käyttöä elävää voimaa vastaan ollaan kansainvälisin sopimuksin kieltämässä. Käytössä on tällä hetkellä kuitenkin pysyvästi tai tilapäisesti sokaisevia järjestelmiä. Silmien suojaus on ongelmallista, koska kutakin aallonpituusalueita varten tulee olla oma suoja visiiri.

c Hiukkassädease

Hiukkassädeaset perustuvat hiukkasten kiihdyttämiseen, kuten perinteisissä elektroniputkissa tai hiukkaskiihdyttimissä. Kun riittävän suurienerginen hiukkassäteily, noin 1 MeV, osuu kiteiseen materiaaliin, syntyy siinä kidehilavirheitä. Elektroniikan käyttämisessä, piistä valmistetuissa puolijohteissa, tämä aikaansaa vuotovirtoja sähköisen vastuksen muuttuessa ja näinollen se aiheuttaa elektronisten laitteiden toimintahäiriöitä ja selviä vikoja.

Hiukkassäteilyä voidaan vaimentaa tehokkaasti **rakenteellisilla ratkaisuilla**. Esimerkiksi protonihiukkanen tarvitsee 10 MeV tunkeutuakseen yli 1 mm syvyyteen alumiiniin.

Aseissa ja asejärjestelmissä lisääntyvä elektroniikka tekee ne haavoittuviksi elektronisen sodankäynnin kohteiksi. Tämä vaikuttaa niin yksityisen taistelijan kuin joukonkin toimintaan. Kehittämällä omaa elektronista hyökkäystä voidaan taata myös riittävä elektroninen puolustus.

Sotilaallisissa harjoituksissa ELSOa pitää käyttää koko omalla volyyymilla, silläkin uhalta, että harjoituksen muut tavoitteet jäävät **aluksi** saavuttamatta. Elson etuna on, että sitä voidaan aina harjoitella ja siten saavutetaan todenmukainen tilanne.

Tulevaisuudessa on kyettävä simuloimaan erilaisia sähkömagneettisessa spektrissä käytäviä taisteluita ja löydettävä heikot kohdat sekä omasta että vihollisen elektronisesta hyökkäyksestä että puolustuksesta.

E SUOJAUTUMINEN JOUKKOTUHOASEILTA

1 PERUSTEITA

Suojautuminen taisteluaineilta (ABC-suojaus) poikkeaa suojautumisesta tavanomaisten aseiden vaikutukselta, koska taisteluaineet ovat usein näkymättömiä ja kuitenkin äärimmäisen myrkyllisiä ja nopeavaikutteisia.

Suojautumisen kannalta on tärkeää saada ilmaisu ennen altistumista taisteluaineiden vaikutukselle.

2 TAISTELIJAN HENKILÖKOHTAINEN SUOJAUS

Taistelijan ABC-suojaus toteutetaan eristämällä henkilö taisteluaineiden vaikutukselta suojanaamarilla, suojaupuvulla tai aktiivihiiliasulla. Tavanomaista vaatetusta paremman suojan antaa sadeasu tai suojaviitta.

Tärkein henkilökohtainen suojaruste on suojanaamari, joka kuuluu jokaisen sotilaan varustukseen. **Kuva 259**. Täydellinen suojarustus mahdollistaa toiminnan saastealueella vuorokauden ajan.

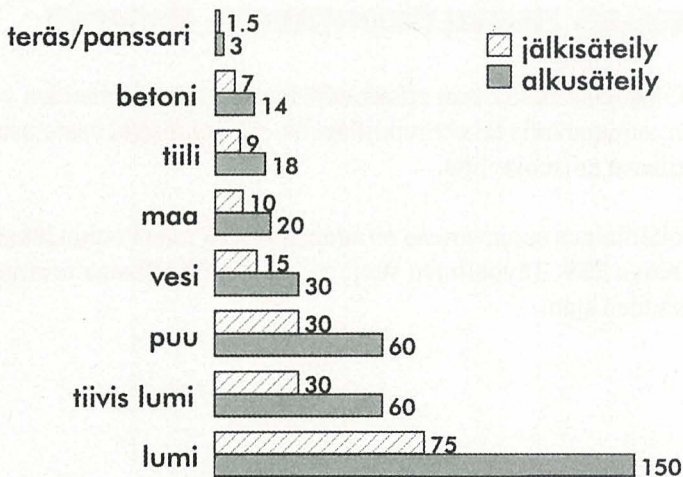


Kuva 259 Suojanaamari M-95

3 RAKENTEELLINEN SUOJAUS

Paras suoja taisteluaineilta saadaan suodatinjärjestelmillä varustetuissa väestönsuojissa tai kantalinnoitteissa. Tavanomaisten rakennusten, linnoitteiden ja ajoneuvojen rakenteellista suojaustehoa voidaan parantaa tiivistämällä ne ja varustamalla suodatinjärjestelmällä.

Rakenteellisen suojaus teho radioaktiivisen laskeutuman suhteen ilmaistaan puoliintumispaksuutena eli ainevahvuutena, jonka läpäistessään säteily vaimenee puoleen alkuperäisestä.



Kuva 260 Gammasäteilyn puoliintumispaksuudet alku- ja jälkisäteilylle

F LINNOITTAMINEN

1 LINNOITTEILLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET

Tilanne ja olosuhteet asettavat linnoitteelle erilaisia vaatimuksia. Linnoitteen on oltava rakenteeltaan, laadultaan ja toiminnoiltaan sellainen, että se soveltuu hyvin suunniteltuun tarkoitukseen. Muita linnoitteelle asetettavia vaatimuksia ovat

- suoja asevaikutukselta ja säältä
- yksinkertainen ja luja
- mahdollisuus rakentaa vaihteittain
- voitava pitää kuivana
- voitava maastouttaa hyvin.

Linnoitteen antaman suojan taso on mitoitettava siten, että se antaa riittävän suojan. Käyttötarkoitus, linnoittamismateriaali, olosuhteet ja aika vaikuttavat suojatasoon seuraavasti:

- avoimet linnoitteet suojaavat laakatulelta sekä osittain sirpalevaikutukselta ja ydinräjähdysten säteilyvaikutukselta
- katetut linnoitteet suojaavat laakatulelta, sirpaleilta, polttoaisteluaineilta ja ydinräjähdysten poltto- ja säteilyvaikutuksilta
- korsut, joihin on rakennettu osumankestävä kattorakenne, suojaavat lisäksi kranaattien, pienehköjen pommien ja raketin täysosumien vaikutuksilta sekä ydinräjähdysten poltto- ja painevaikutuksilta
- majoituskatteet suojaavat säältä kaikkina vuodenaikoina ja taistelupoterot ainakin kesällä ja syksyllä.

2 LINNOITTAMISEN SUOJATASOT

Linnoittaminen jaetaan suunnittelun ja johtamisen perustaksi

- kenttälinoittamiseen (suoja-taso 4)
- kevytosalinoittamiseen (suoja-taso 3)
- raskasosalinoittamiseen (suoja-taso 2)
- kantalinoittamiseen (suoja-taso 1), **Taulukko 25.**

LINNOITTAMISEN		SUOJAVAIKUTUS
TASO	MENETELMÄ	
4	Kenttälinoittaminen	Suoja aluevaikutukselta aseilta ja sirpaleilta. Linnoitteet rakennetaan siten, että suojaa kehitetään alkaen suojasta laakatulelta. Majoituslinnoitteet rakennetaan kestäväksi kranaattien pintaräjähdykset
3	Kevytosalinoittaminen	Suoja vähintään kranaatin pintaräjähdykseltä. Yksittäisen linnoitteen suojan tasoa voidaan räjäyttävää kerrosta lisäämällä nostaa 155 mm:n sirpalekranaatin osuman kestäväksi
2	Raskasosalinoittaminen	Suoja tykistön hidasteisen iskutoiminnan syyttimellä varustetun kranaatin vaikutuksilta ja 100 kg lentopommita. Yksittäisissä kohteissa suojatasoa voidaan parantaa kattokerroksen vahvuutta lisäämällä
1	Kantalinoittaminen	Suoja ainakin 250 kg:n lentopommin osumalta

Taulukko 25 Linnoittamisen jako

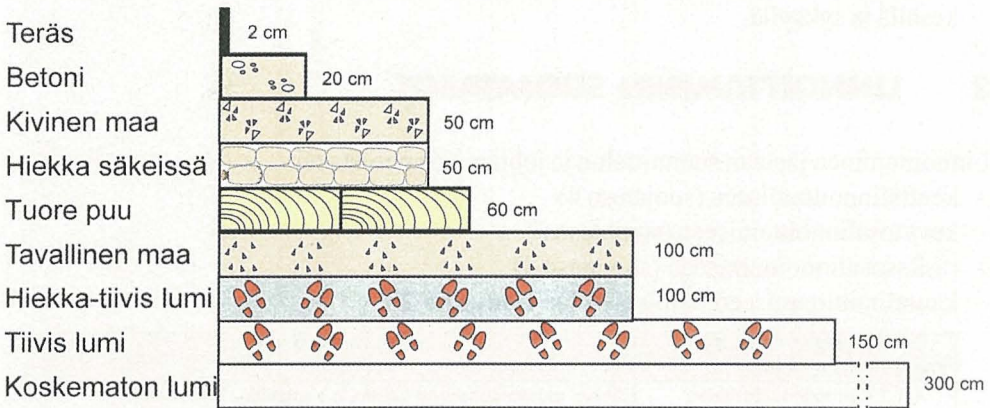
Ryhmytyksen suojataseo määrättyy hajauttamisella, maastouttamisella ja linnoittamisella saatavan suoja, eikä vain pelkästään linnoitteiden rakennusaineen mukaan. **Taulukossa 26** on esitetty linnoittamisen aika-arvioita.

	LINNOITTIMISEN	LINNOITTIMISEEN TARVITTAVA AIKA
TASO	VAIHE	
4	Kenttälinoittaminen	Pesäke 3-5 vrk Tukikohta 3-7 vrk Puolustuskeskus 1-2 vko
3	Kevytosalinoittaminen	Riippuu linnoitteista ja rakentamisen voimavaroista
2	Raskasosalinoittaminen	Riippuu linnoitteista ja rakentamisen voimavaroista
1	Kantalinnoittaminen	Viikkoja, riippuu kohteesta ja rakentamistavasta

Taulukko 26 Linnoittamisen aika-arvioita

3 SUOJAVAHVUUDET

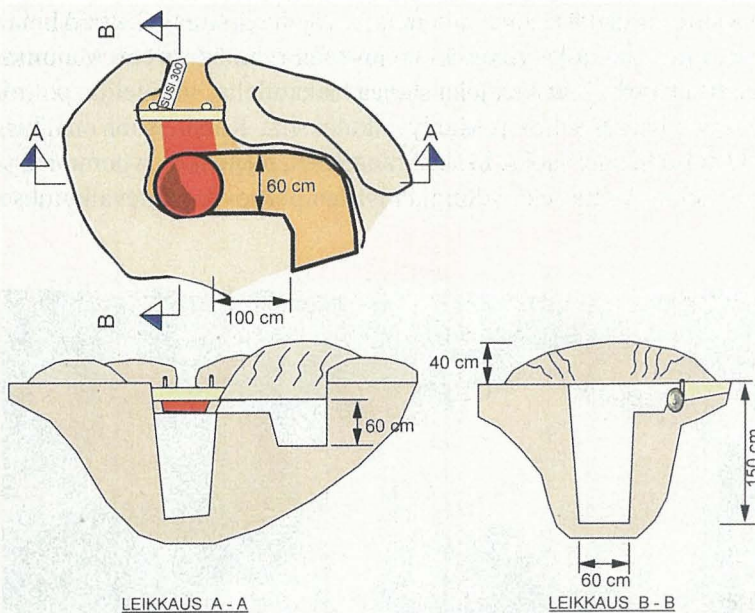
Suojavahvuudella tarkoitetaan sellaista ainevahvuutta, joka kestää eri aseiden luotien tai sirpaleiden läpäisyvaikutuksen säilyttäen suojautuneen henkilöstön toimintakyvyn. Tärkeimmät ovat ne ainevahvuudet, jotka suojaavat käsiaseiden luodeilta ja 150 mm kranaatin sirpaleilta. **Kuva 261 ja 239, Taulukko 2.**



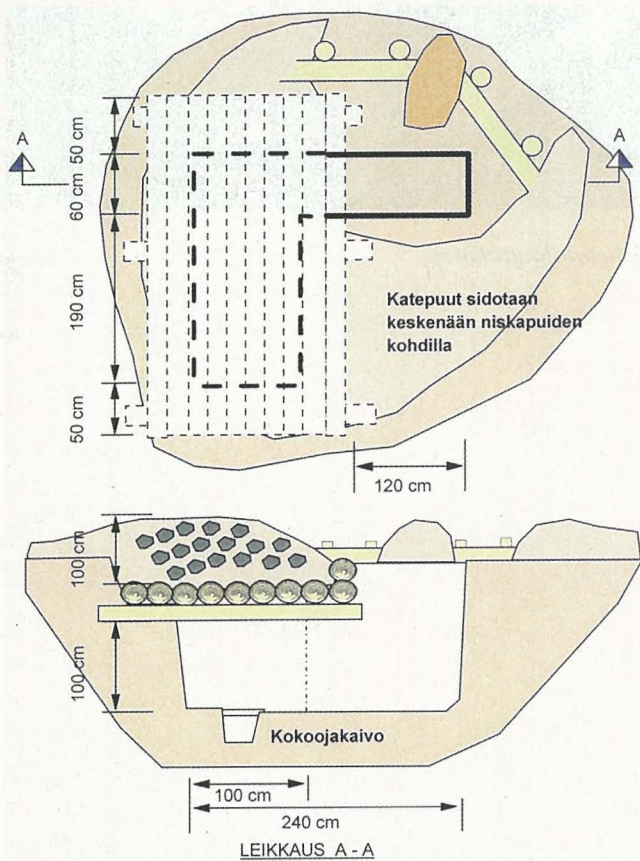
Kuva 253 Käsiaseiden luodeilta suojaavia ainevahvuuksia

4 LINNOITTEET

Taistelupoteroon kuuluvat laakatulelta suojaava taistelutila ja katettu tila, johon suojaudutaan epäsuoralta tulelta ja polttotaisteluauneilta. Käyttäjistä riippuen rakennetaan erilaisia taistelupoteroita esimerkiksi taistelijaparia, sinkoa, kranaatinheitintä tai panssarivaunua varten. **Kuvat 262a ja 262b.**

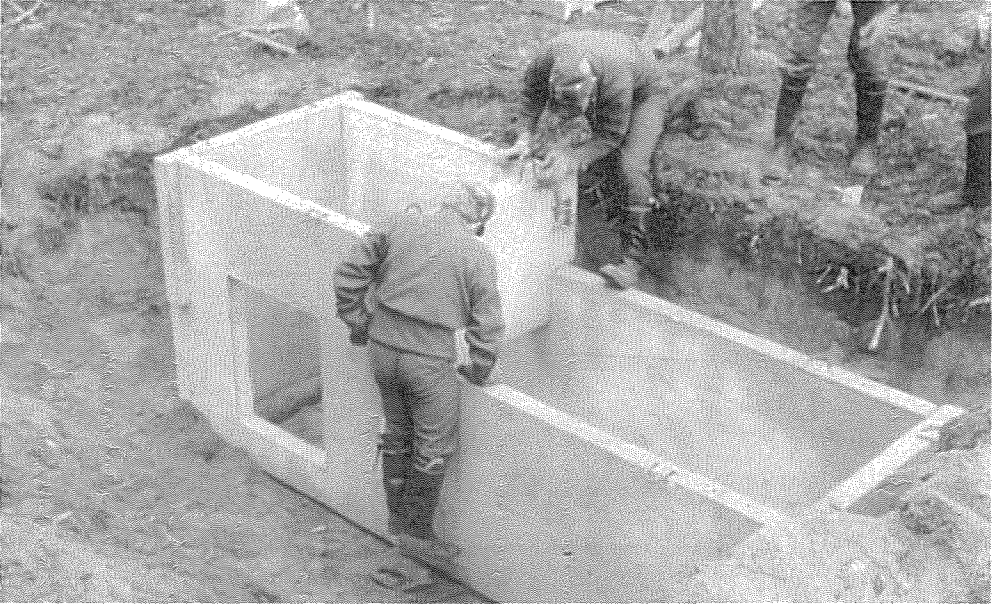


Kuva 262a Taistelijanpoteron rakenne



Kuva 262b Taistelijan L-potero suojakololla

Majoituslinnoite on säältä ja aluevaikutteisilta aseilta ja sirpaleilta kaikkina vuodenaikoina suojaava linnoite, joka yleensä rakennetaan ryhmää varten. Majoituspotero on maahan kaivettu katettu linnoite, joka suojaa laakatulelta, sirpaleilta, polttotaisteluvälineiltä ja ydinräjähdysten poltto- ja säteilyvaikutuksilta. Korsu, johon on rakennettu osu-mankestävä kattorakenne, suojaa lisäksikranaattien, pienehköjen pommien ja rakettien täysosumien vaikutuksilta sekä ydinräjähdysten poltto- ja painevaikutukselta. **Kuva 263.**



Kuva 263 *Teräsbetonilaattakorsu*

KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

Aikautus on

1. aikasytyntökohtainen lentoajan mukaan määritetty lukema, joka määrää aikasytyttimen toimintahetken.
2. ampuma-arvo aikasytytinammunnassa.

Aikautushajonta on aikasytyttimen toimintahetken hajonnasta johtuva räjähdyspiteen hajonta metreinä.

Aktiivipanssari on inertti, panssarilevyjen liikkeeseen perustuva rakenne, jossa onte-lopanoksen suihku tai nuoliammus tuhotaan sen omalla energialla. Panssari muodostuu kahdesta levystä ja niiden väliin sijoitetusta inertistä aineesta, joka joustaa ja saa teräslävyt liikkeelle ammuksen voimasta.

Alakulmilla ammutaan yleensä käsiaseilla ja tykeillä. Alakulma-ammunnassa ammuksen lähtökulma on pienempi kuin suurinta ampumaetäisyyttä vastaava lähtökulma.

Ammunnalla tarkoitetaan ampumatarvikkeen saattamista aseeseen avulla kohteeseen.

Ampuma-arvot ovat sivulukema, korotuslukema, tasainlukema sekä aikasytytinammunnassa lisäksi aikautus (SIVU, KORO, TASAIN, AIKAUTUS).

Ampumasuunta on suuntakulma pohjoislukuna mittaripisteestä maalipisteeseen.

Ampumatarvike on yhteiskäsite ammuksille, sytyttimille, panoksille, hylsyyille ja nalleille. Käytetään myös termiä ampumatarvike-elementti.

Ampumatarvikekorjaus on ampumasuunnasta riippumattomien ampumaetäisyyden korjausten summa.

Ampumaviiva on mittaripisteestä maalipisteen kautta kulkeva suora.

Asejärjestelmä on kokonaisuus, johon kuuluu aseeseen lisäksi laitteita ja välineitä aseeseen suuntaamiseksi ja vaikuttavan osan ohjaamiseksi kohteeseen, ja jonka toiminta riippuu järjestelmän kunkin osan toiminnasta.

Asekoordinaatisto on napakoordinaatisto, jonka origo on mittaripiste ja 0-suunta yhtenäiskoordinaatiston p-akselin suunta.

Ballistiikka on oppi heitetyn tai ammutun kappaleen taikka raketin liikkeestä sekä kaikista niistä tapahtumista, jotka välillisesti tai välittömästi liittyvät tähän liikkeeseen.

Ballistinen lämpötila on laskennallinen maanpintalämpötila, jonka vaikutus tulopisteen sijaintiin on sama kuin todellisuudessa maanpinnasta lentoradan lakikorkeuteen vallitsevalla lämpötilalla.

Ballistinen tuuli on laskennallinen vakiotuuli, jonka vaikutus tulopisteen sijaintiin on sama kuin todellisuudessa maanpinnasta lentoradan lakikorkeuteen vallitsevalla tuulella.

Binääriammus on taistelukaasujen levittämiseen tarkoitettu kaasuumus, jossa taistelukaasun komponentit ovat ammuskuoren sisällä väliseinän erottamissa säiliöissä. Väliseinä hajoaa ja reagenssit pääsevät ammuksen pyörimisliikkeen vaikutuksesta sekoittumaan.

Biologiset taisteluaineet ovat helposti tarttuvien ihmis-, eläin- tai kasvitautien aiheuttajia, joiden vaikutus perustuu lisääntymiseen kohdeorganismeissa. Tärkeimpiä biologisia taisteluaineita ovat aerosolina tai pölyinä ilmoitset levitettävissä olevat mikrobit.

Brisanssi on räjähdysaineen pirstomisvaikutus, joka saadaan räjähdysaineen ominaisenergian, lataustiheyden ja detonaatiopaineen tulona.

Deflagraatio on aliaänen nopeudella tapahtuva räjähdysilmiö. Käytetään myös käsitettä humahdus.

Detonaatio on yliaänen nopeudella tapahtuva räjähdysilmiö.

Elektroninen häirintä on sähkömagneettisen säteilyn lähettämistä tai heijastamista elektronisen sodankäynnin kohdejärjestelmän toiminnan vaikeuttamiseksi.

Elektroninen mittaustiedustelu on elektronista tiedustelua, jonka pääkohteina ovat tutka-, mittaus- ja ohjusjärjestelmät.

Elektroninen sodankäynti on sotilaallista toimintaa, jossa hankitaan tietoja vieraiden asevoimien sähkömagneettisen säteilyn järjestelmistä ja niiden käytöstä, vaikeutetaan tai estetään näiden järjestelmien toimintaa ja suojataan omien vastaavien järjestelmien käyttöä. Elektroniseen sodankäyntiin kuuluvat elektroninen tiedustelu, elektroninen häirintä ja harhautus sekä elektroninen suojaaminen.

Elektroninen suojaaminen on omien järjestelmien suojausta elektronisen sodankäynnin vaikutuksista.

Ennakkopiste on piste, johon ampuma-arvot määritetään liikkuvaa maalia tulitettaessa.

Epäsuorassa amunnassa aseelle määritetään kohteen ja aseiden keskinäisen sijainnin sekä muiden tietojen (muun muassa ballistinen sää, ampumatarvike) avulla ampuma-arvot, sivu(suunta) ja korotuskulma.

Hajonta on satunnaisten poikkeamien esiintymisilmiö.

Hakeutuvat tytärkranatit tai -ohjukset ovat kuorma-ammuksista, -raketeista tai -ohjuksista aikautuksella irrotettavia, yleensä panssarintorjuntaan tarkoitettuja pienehköjä ammuksia tai ohjuksia. Hakeutuvat tytärammukset tai -ohjukset pyrkivät joko hakeutumaan hakupäänsä avulla maaliin tai määrittämään hakupäänsä avulla taistelukärjen oikean räjäytysketken.

Hakeutuvia pommeja ovat muun muassa maaliin osoitettuun ja siitä heijastuvaan lasersäteilyyn hakeutuvat lentokonepommit.

Hakeutuva kranaatti hakeutuu kohteeseensa aktiivisella, puoliaktiivisella tai passiivisella menetelmällä. Käytetään myös käsitettä ohjautuva ammus.

Havainto on tulen osuvuuteen liittyvä käsite, jolla ilmaistaan iskemien paikka maalin suhteen.

Herkkyydellä tarkoitetaan sitä helppoutta, millä ruudin tai räjähdysaineen syttymisreaktio saadaan aikaan.

Iskemä on ammuksen räjähdys tai osuma.

Iskemähajonta on iskemien hajaantuminen iskemäkeskipisteen ympärille.

Iskemäkeskeispiste on keskimmäisen iskemän paikka tai parillisen iskemämäärän kyseessäolleen kahden keskimmäisen iskemän keskeisarvopiste.

Iskemäkeskipiste on iskemien keskiarvopiste.

Iskukulma on lentoradan tangentin ja kohdetason välinen kulma iskupisteessä. HUOM! Eräissä maissa on käytössä komplementtikulma!

Iskupiste on lentoradan ja maalin pinnan leikkauspiste.

Kaltevuuskulma on kahden pisteen kautta kulkevan suoran ja vaakatason välinen kulma.

Kaukolevitteinen miina on tytärammus, joka on tyypiltään miina. Käytetään myös käsitettä sirote miina.

Kehto on aseiden kokonaisuus, jonka varassa tapahtuvat peräytyvien osien liikkeet, ja jonka asentoa muuttamalla vaihdellaan putken korotuskulmaa.

Kemiallisella pysyvyydellä (stabiilitetti) tarkoitetaan ruudin ja räjähdysaineen kemiallisen molekyyliarakenteen pysyvyyttä.

Kerrospanssari on kerrosteinen panssari, jonka rakenneaineita voivat olla teräs- ja alumiiniseokset, keraamiset materiaalit sekä myös muovit, kumit, dieselöljy ja räjähdysaineet. Käytetään myös käsitettä monikerrospanssari.

Kiinnityspiste on suunnanmittausvälineen tai aseiden suunnan säilyttämiseksi valittu kiinteä piste, johon suunta kiinnitetään.

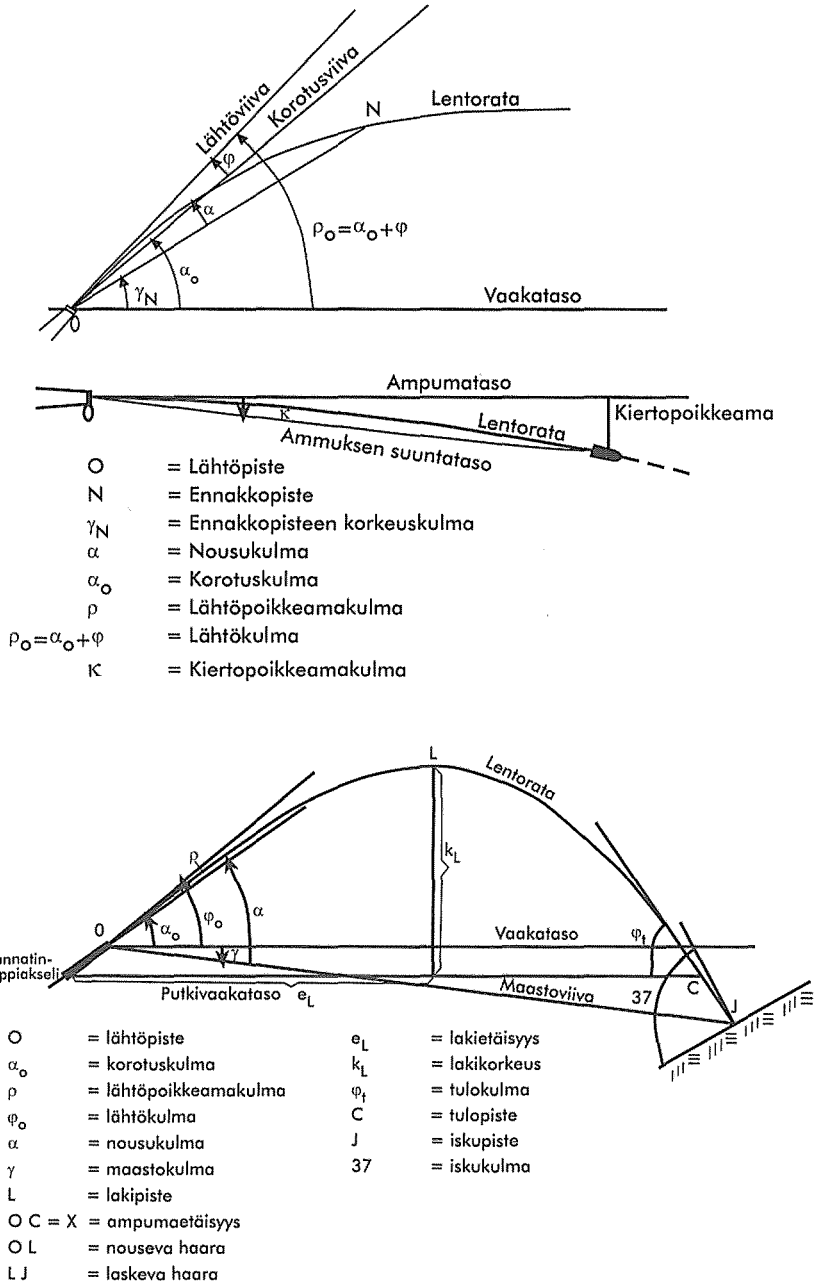
Kuorma-ammus kuljettaa mukanaan kohdealueelle purkautuvia tytärammuksia, jotka voivat olla ontelokranaatteja tai miinoja.

Lataustilavuus on pansoskammion tilavuus vähennettynä ammuksen perän tilavuudella.

Laukaus on laukausyhdistelmää varten tarvittavien ampumatarvikkeiden muodostama kokonaisuus.

Lenkki on miehittämätön, kauko-ohjattu pienikokoinen lentokone tai helikopteri. Lenkkejä käytetään yhä enemmän erilaisiin sotilaallisiin tehtäviin.

Lentorata on ammuksen reitti ilmassa lähtöpisteestä iskupisteeseen. Ballistinen lentorata on ammuksen laskennallinen reitti ilmassa lähtöpisteestä tulopisteeseen.



Kuva 264

Lentoradan ja ballistisen lentoradan käsitteet

Ampumaetäisyys on lähtöpisteen ja tulopisteen välinen etäisyys

Ampumataso on korotusviivan kautta kulkeva pystytaso

Iskukulma on iskupisteen kautta kulkevan lentoradan sivuajan ja iskupisteen kautta kulkevan maalipinnan sivuajatason välinen pienin terävä kulma. Jos sivuajatason ei ole määriteltävissä korvataan se vaakatasolla.

Iskunopeus on ammuksen nopeus iskupisteessä

Iskupiste on iskemän paikka

Kiertopoikkeama on ammuksen lennon aikaisen liiketilan aiheuttama ammuksen siirtyminen ampumatasosta sivuille metreinä

Korotuskulma on vaakatason ja korotusviivan välinen kulma

Lakikorkeus on lakipisteen etäisyys metreinä putkivaakatasosta. Sen likiarvo lasketaan kaavalla $L=1,25 \cdot T^2$

Korotusviiva on suunnatun putken sisusakselin suunta.

Lakipiste on lentoradan korkein piste

Lentoaika on aika, jonka ammus lentää lähtöpisteestä tarkastelun kohteena olevaan lentoradan pisteeseen.

Lentoradan laskeva haara on lakipisteen jälkeinen lentoradan osa

Lentoradan nouseva haara on lähtöpisteen ja lakipisteen välinen lentoradan osa.

Leveyshajonta on iskemien hajonta leveys suunnassa.

Lähtönopeus on ammuksen nopeus lähtöpisteessä.

Lähtöpiste on asean putken tai piipun suun keskipiste.

Lähtökulma on putkivaakatason ja lähtöviivan välinen kulma.

Lähtöpöikkeamakulma on lähtöviivan ja korotusviivan välinen kulma.

Maastokulma on putkivaakatason ja maastoviivan välinen kulma.

Putkivaakataso on lähtöpisteen kautta kulkeva vaakataso.

Tulokulma on tulopisteen kautta kulkevan lentoradan sivuajan ja vaakatason välinen terävä kulma.

Tulopiste on putkivaakatason ja ballistisen lentoradan kohtaamispiste laskevalla haaralla.

Luoti on pienikaliiperisen asean yleensä vain iskuenergialla vaikuttava ammus tai suurempikaliiperisen ammuksen luotimainen osa.

Lyhytkantama-ampumatarvike on harjoitusampumatarvike, jonka yleensä massiivinen ammus menettää ratavakavuutensa suhteellisen nopeasti massansa tai muotonsa takia.

Lähtönopeusero on ammuksen lähtönopeuden ja vertailuarvona olevan lähtönopeuden erotus etumerkkeineen. Kun vertailuarvona on taulukkonopeus, sanotaan lähtönopeuseroa taulukkoeroksi.

Lähtönopeus on ammuksen nopeus lähtöpisteessä (= putken suun keskipisteessä)

Lämpötilakerroin on kerroin, jonka avulla lasketaan ruudin lämpötilasta johtuva lähtönopeusero

Lämpöherkkyyden ilmaisee aineen hulahduspiste, jolla tarkoitetaan sitä lämpötilaa, johon kohotettuna aine syttyy tai räjähtää.

Maali on kohde, johon vaikutetaan tulella.

Maalikulma on ampumasuunnan ja tähystyssuunnan välinen terävä kulma.

Maalipiste on piste, johon ampuma-arvot määritetään (tulitettavaksi aiotun maastonkohdan koordinaatit).

Merimiina on kosketusmiina, joka laukeaa aluksen koskettaessa laukaisinta tai herätemiina, joka toimii magneetti-, paine- tai ääniherätteestä.

Miina on maahan tai veteen asennettava taisteluväline, jonka kohde, käyttäjä tai aikautusmekanismi laukaisee.

Miinoittamisjärjestelmä muodostuu miinoista ja miinoittamisvälineistä ja-henkilöstöstä.

Miinoittamisvälineitä ovat miinojen asentamisessa käytettävät erikoisvälineet, joita ovat esimerkiksi miinoittamiskoneet, -ajoneuvot, heittimet, pommit ja ampumatarvikkeet.

Mittaripiste on ampuma-arvojen laskennallinen lähtöpiste.

Nalli on ampumatarvike-elementti, joka muuttaa laukaisukoneistolla aikaansaadun impulssin toisen nallin, panoksen tai räjäyttimen sytyttäväksi ilmiöksi.

Normaalilentorata on lentorata, joka muodostuu, kun taulukkoammus lentää taulukko-olosuhteissa.

Ohjattu sirpaloituminen tarkoittaa sirpaleiden muodostumisen ohjausta kranaatin kuoren tai sen sisäpuolella olevansirpaloituvan aineen urituksella, räjähdysaineen muotoilulla tms tavalla.

Ohjausjärjestelmä on kokonaisuus laitteista ja välineistä, jotka ovat välttämättömiä ohjusammunnan ja siihen liittyvien esivalmistelujen suorittamiseksi teknisesti ja taktisesti tarkoituksenmukaisella tavalla

Ohjautuva ammus Katso Hakeutuva ammus.

Ontelokranaatti on suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuva kranaatti.

Onteloperäinen ammus on ammus, jonka pohjan muotoilu on ontelomainen alipainevastuksen pienentämiseksi pyörrevirtauksia ohjaamalla.

Ominaislämmöllä tarkoitetaan palamis- tai räjähdysprosessissa vapautuvaa energiamäärää massayksikköä kohti.

Paikantaminen tarkoittaa pisteen koordinaattien mittaamista tai määrittämistä.

Painoluokka, asetettujen massarajojen sisälle kuuluvat ammuksset.

Panos on ampumatarvike, joka aseeseen putkessa palaessaan antaa ammukselle sen liike-energian.

Panosjärjestelmiä käytetään raskailla aseilla eri etäisyyksille ammuttaessa. Näillä säästetään putkea käyttämällä kuhunkin ammuntaan tarvittavissa laukauksissa niin vähän ruutia kuin mahdollista. Lisäksi käyttämällä sopivan pientä panosta päästään sirpalekranaatin sirpalevaikutukselle edulliseen tulokulmaan. Laa'an lentoradan tarjoamaa pyyhkäisyypituutta tarvitsevat aseet käyttävät suuria panoksia myös lähelle ammuttaessa.

Panostuspaine on aseiden suurimman panoksen eri laukauksilla mitattujen ja +200C korjattujen huippupaineiden keskiarvon suurin sallittu arvo.

Panssariammus on massiivinen ammus, jonka vaikutus perustuu sillä iskuhetkellä olevaan liike-energiaan.

Patruuna on yhtenä kokonaisuutena ladattava laukaus, jossa ammus tarpeen mukaan sytyttimiseen, hylsy, panos ja nalli on liitetty yhdeksi kokonaisuudeksi. Käytetään myös käsitettä patruunalaukaus.

Peruspiste on piste, johon mittausten perustana olevat suunta ja tarvittaessa koordinaatit ovat kiinnitetyt.

Perussuunta on ennalta satoina piiruna käsketty pohjoisluku tuliportaan taisteluasemasta keskimääräiseen toimintasuuntaan.

Peräkappale on aseiden osakokonaisuus, johon on sijoitettu sulku-, laukaisu-, varmistin- ym koneistot ja jolla voidaan putki kytkeä joustolaitteeseen tai suoraan lavettiin.

Perävirtausammus on ammus, jonka peräosassa on ratavaiheen alkuosalla toimiva, perätyhjiötä täyttävä ja näin ollen alipainevastusta pienentävä kaasugeneraattori.

Pituushajonta on iskemien hajonta ampumaetäisyydestä.

Pituuskorjaus on tulenjohtajan napakoordinaatistossa tähytysetäisyydestä tekemä tulenkorjaus.

Pituuspoikkeama on pituushajonnan poikkeama

Putkivaakataso on ulkoballistisessa tarkastelussa käytetyn koordinaatiston perusvaakataso. Aseessa putkivaakataso kulkee aseeseen ladatun ammuksen massakeskipisteen kautta.

Pyroteknisellä aineella tarkoitetaan sytytys-, merkinanto-, ilotulitus-, tulensytytys tai savutusainetta tai muita näihin verrattavia aineita, jotka räjähtäessään tai syttyessään ilman, että tähän yleensä tarvitaan ulkopuolista vapaata happea, synnyttävät valoa, lämpöä, ääntä, savua, sumua, kaasua tai muita tähän verrattavia ilmiöitä.

Pyrstövakavointi on ammuksen vakavointitapa, jossa pyrstöä käyttäen saadaan ilmanvastuksen vaikutuspiste ammuksen painopisteen ja perän välille, jolloin ammus kääntyy lentoradan suuntaiseksi.

Pyyhkäisy-pituudella tarkoitetaan lentoradan sitä osaa, jolla millä tahansa etäisyydellä kohde ja lentorata kohtaavat. Pyyhkäisy-pituudella on suuri merkitys erityisesti käsi- ja panssarintorjunta-aseiden tehoa arvioitaessa.

Rajalatauksella tarkoitetaan pienintä aloiteräjähdyksainemäärää, joka kykenee räjäyttämään varsinaisen räjähdysaineen.

Rannikkomiinat ovat satamissa ja rantavesissä käytettäviä miinoja.

Reaktiivipanssari on kerrospanssari, jossa panssarissa olevalla räjähdysaine-panoksella vaikutetaan ontelopanoksen suihkun tehoon, muotoon ja läpäistävän panssarin määrään.

Rotaatiovakavointi on ammuksen vakavointitapa, jossa ammus saatetaan pyörimisliikkeeseen pituusakselinsa ympäri.

Ruudin hygroskooppisuudella tarkoitetaan kuivan ruudin ominaisuutta imeä kosteutta. Hygroskooppisuus ilmoitetaan prosentuaalisena painonlisäyksenä tietyissä määrittelyolosuhteissa (ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila).

Räjähdystarvikkeella tarkoitetaan 1. räjähdysaineita ja niistä tehtyjä esineitä (1a luokka) 2. räjähdysaineita sisältäviä esineitä (1b luokka) ja 3. pyroteknisiä valmisteita (1c luokka)

Räjähdy- ja palamisnopeudella tarkoitetaan reaktiorintaman kohtisuoraa etenemisnopeutta väliaineeseen (=lineaarinen palonopeus) tai tilavuus-palamisnopeutta, jolla tarkoitetaan massan pienenemisnopeutta.

Räjähdysaineella tarkoitetaan ainetta, joka saadaan palamaan (tai räjähtämään) liekkisytytyksellä, kuumentamalla, iskulla tai hankauksella ilman, että tähän tarvitaan ulkopuolista vapaata happea.

Räjähdysaineen kemiallisella ja fysikaallisella stabiilitetilla tarkoitetaan molekyyliarakenteen ja (palamis-)ominaisuuksien säilymistä käytön ja varastoinnin aikana. Kemiallinen pysyvyys tarkoittaa, että aine ei hajoa muiksi aineiksi ja ettei aine reagoi muiden sen kanssa kosketuksissa olevien aineiden kanssa eikä menetä ominaisuuksiaan tai muodosta fysiologisesti herkkiä aineita.

Räjähde on räjähdysainetta, pyroteknistä ainetta tai niitä sisältävä räjähdystarvike.

Räjäytin on sytyttimen tai kranaatin yleensä puristetusta brisanttisesta räjähdysaineesta muodostuva osa, joka välittää räjähdysainetta räjähdysainetäytteeseen.

Siipivakavointi on pyrstövakavointitapa, jossa siivet on kiinnitetty suoraan ammuksen.

Sirotemiina Ks kaukolevitteinen miina

Sivukorjaus on tulenjohtajan napakoordinaatistossa tähystyssuunnan suhteen tekemä korjaus.

Sotilasräjähdysaine on sotilaallisissa tarkoituksissa käytettävä räjähdysaine.

Sulkujärjestelmä on järjestelmä aseiden peräpäähän sulkemiseksi laukaustapahtuman ajaksi rekyyliaseissa kokonaan ja rekyyllittömissä aseissa osittain.

Suora-ammunnassa kohde paikannetaan aseella ja ase suunnataan tähystämällä kohdetta aseiden tähtäinlaitteella. Tähtäinlaitteisiin voidaan asettaa sivu- ja korotuslukema, jolla korjataan ampumaetäisyyttä säästä ja ampumatarvikkeesta johtuvia lentoradan häiriötekijöitä.

Sähkömagneettinen pulssi (EMP) on ydinräjähdyksessä vapautuva gammasäteilyn aiheuttama äkillinen ja suuren energian omaava sähkömagneettinen aaltoimpulssi, josta voi indusoida sen vaikutuspiirissä oleviin johtimiin ja antenneihin sellaisia virtoja ja jännitteitä, mitkä kykenevät vaurioittamaan sähköisiä ja varsinkin elektronisia laitteita.

Taisteluaineilla eli ABC-aseilla tarkoitetaan ydinaseita, biologisia aseita ja kemiallisia aseita.

Tarkkuus kuvaa muuttujan arvon oikeellisuutta . Tarkkuus ilmoitettuna pelkkänä lukemana tarkoittaa suurinta poikkeamaa suurella (noin 99 %) varmuudella. Se voidaan ilmoittaa myös keskihajontana tai todennäköisenä poikkeamana ja samalla saadaan kuva myös kokonaishajonnasta.

Taulukkonopeus 1. lähtönopeus, jonka mukaan ampumataulukko on laskettu. 2. lähtönopeus, jonka kulumattoman aseenn tulisi ko panoksella antaa taulukko-oloissa taulukon mukaiselle normaalipainoiselle ammus-sytytynyhdistelmälle.

Tehokas sirpale on sirpale, jolla on riittävä nopeus ja massa halutun vaikutuksen aikaansaamiseksi kohteessa.

Topografiset ampuma-arvot ovat topografinen etäisyys ja sivuluku.

Topografinen etäisyys on maalipisteen etäisyys asekoordinaatistossa.

Topografinen sivuluku on aseenn kiinnityspisteluku + topografinen suunta - perussuunta.

Tytärammus on kuorma-ammuksen hyötykuormana kohteelle kuljetettava ja levitettävä itsenäisesti toimiva aliräjähde.

Tähtäysviiva on suora aseenn tähtäimestä kohteeseen.

Tähysmiinaksi sanotaan miinaa tai tilapaisvälineenä käytettävää kranaattia, jonka käyttäjä laukaisee sopivaksi katsomallaan hetkellä.

Täsmäammus on lentoradan loppuvaiheessa itsenäisesti kohteeseen hakeutuva tai tulenjohtajan kohteeseen ohjaama ammus.

Yhdistelmäpanssari on kerrospanssari, jonka suojavaikutus on optimoitu sekä onte-lopanoksia että iskuammuksia vastaan.

Yläkulma, lähtökulma on suurempi kuin suurinta ampumaetäisyyttä vastaava lähtökulma. Kranaatinheitimet ampuvat yläkulmilla. Myös 122 H 63 ja 155 K 83 kenttätykeillä voidaan ampua yläkulmilla.

OHJUKSET JA TÄSMÄASEET

a Yleistä

Kaikkia niitä asejärjestelmiä, joissa ammuksen vaikutusosan lentorataan voidaan vaikuttaa laukaisun jälkeen osumatarkkuuden parantamiseksi, kutsutaan yhteisellä nimellä ohjattaviksi asejärjestelmiksi.

Ohjattavat asejärjestelmät voidaan jakaa **ohjuksiin** ja **täsmäaseisiin**.

Ohjus on taistelulatauksen tai muun sotilaallisen hyötykuorman kuljettava miehittämätön taisteluväline, joka reaktiomoottorin kuljettamana tai liikkeeseen saattamana liikkuu kohteeseensa ohjattuna tai hakeutuen joko kokonaan tai osittain maanpinnan yläpuolella olevalla, ennalta ohjelmoidulla tai jatkuvaan mittaukseen perustuvalla, tiettyä mallia noudattavalla reitillä.

Ohjuslaukaus on laukaisuputkena toimivien ohjussäiliön ja siinä olevan ohjuksen muodostama kokonaisuus, joka ampumalaitteeseen liitettynä mahdollistaa ohjuksen laukaisun.

Täsmäase on maamaaliin hakeutuva asejärjestelmän vaikutusosa. Täsmäaseisiin sisällytetään *hakeutuvat pommit, hakeutuvat ammuks* sekä *hakeutuvat tytärammukset* ja *-ohjukset*.

Hakeutuvia pommeja ovat muun muassa maaliin osoitettuun ja siitä heijastuvaan lasersäteilyyn hakeutuvat lentopommit.

Hakeutuvia ammuksia ovat muun muassa kauaskantoiseen epäsuoraan panssarintorjuntaan tarkoitettut kenttätykistön ja kranaatinheittimistön kranaatit, jotka lennon loppuvaiheessa pyrkivät hakeutumaan hakupäänsä avulla maaliin.

Hakeutuvat tytäkranaatit tai *-ohjukset* ovat kuorma-ammuksista, -raketeista tai -ohjuksista aikautuksella irrotettavia, yleensä panssarintorjuntaan tarkoitettuja pienehköjä kranaatteja tai ohjuksia. Hakeutuvat tytäkranaatit tai -ohjukset pyrkivät joko hakeutumaan hakupäänsä avulla maaliin tai määrittämään hakupäänsä avulla taistelukärjen oikean räjäytysketken.

Ohjattavien asejärjestelmien jako ohjuksiin ja täsmäaseisiin ei ole yksiselitteinen, sillä myös hakeutuviin pommeihin voidaan kiinnittää rakettimoottori kantaman kasvattamiseksi. Tällöin täsmäase täyttää myös ohjuksen määritelmän.

Täsmäaseiden hakupäissä käytetään samoja teknisiä ratkaisuja kuin ohjuksilla.

b Aerodynaamiset ja ballistiset ohjukset

Aerodynaamisiin ohjuksiin kuuluu pääosa **taktisista ohjuksista**. Niiden koko lentorata on ilmakehässä. Pitkän kantaman aerodynaamiset ohjukset voivat kuulua myös **strategisiin ohjuksiin**. Tällöin niiden taistelulatauksena on yleensä ydinräjähdde. Strategisia aerodynaamisia ohjuksia ovat esimerkiksi risteilyohjukset ja ballististen ohjusten torjuntaohjukset.

Aerodynaamisten ohjusten lentoradasta käytetään nimitystä **lentoreitti**, koska se on vain poikkeustapauksessa kokonaan säännöllinen. Aerodynaamisten ohjusten lentoreitti voi olla osittain ballistinen. Tämä on tyypillistä sellaisille ohjusjärjestelmille, joiden ulottuvuutta halutaan lisätä suurentamatta ohjuksen moottoria tai polttoainesäiliötä. Tällaisia **puoliballistisia** lentoreittejä käytetään kauaskantoissa taktisissa maataisteluhjusjärjestelmissä. Ilmalla ja sen tiheydellä on ratkaiseva merkitys aerodynaamisten ohjusten toiminnalle.

Ballistisiin ohjuksiin kuuluvat strategiset, **mannertenväliset ohjukset**. Tosin niidenkin lentorata on kiihdytys- ja maaliinohjausvaiheessa (ilmakehässä) aerodynaaminen ja vain lentoradan muilla osilla (ilmakehän ulkopuolella) ballistinen.

c Ohjusten ryhmittely laukaisulavetin ja maalin sijainnin mukaan

Ohjusten laukaisulavetti voi sijaita ilmassa, maalla, merellä tai meren pinnan alla. Ilmassa laukaisulavettina voi olla lentokone tai helikopteri. Maalla laukaisulavetti voi olla kannettava, ajoneuvo- tai taisteluajoneuvoasenteinen, liikuteltava tai kiinteästi asennettu. Merellä laukaisulavettina voi olla pinta-alus tai sukellusvene. Kannettavasta laukaisulavetista käytetään nimitystä **ampumalaite**.

Ohjuksen laukaisulavetin mukaiseen luokitteluun liitetään usein maalin sijainti. Aerodynaamiset ohjusjärjestelmät jaetaan tällöin ilmamaali- ja pintamaali-ohjusjärjestelmiin.

Ilmamaali-ohjusjärjestelmät jaetaan

- ilmasta laukaistaviin ja
- pinnasta, joko maalta tai mereltä laukaistaviin.

Pintamaali-ohjusjärjestelmät jaetaan

- ilmasta maalle ja merelle laukaistaviin sekä
- maalta tai mereltä maalle tai merelle laukaistaviin.

Ballistiset ohjukset ovat maalta tai mereltä laukaistavia pintamaali-ohjuksia.

d Ohjusten ryhmittely käyttötarkoituksen mukaan

Laukaisulavetin mukaista luokittelua tukee ohjusjärjestelmän tehtävän mukainen jako. Se voidaan tehdä joko maaliin kohdistuvan käyttötarkoituksen tai operatiivis-taktisen käyttöajatuksen mukaisesti.

Maaliin kohdistuvan käyttötarkoituksen mukaan ilmamaaliohjusjärjestelmien vaikutusosat jaetaan

- **ilmataisteluojuksiin**, jotka laukaistaan ilma-aluksesta kohti ilma-alusta,
- **ilmatorjuntaohjuksiin**, jotka laukaistaan pinnasta kohti ilma-alusta tai meritorjuntaohjusta sekä
- **ohjusten torjuntaohjuksiin**, jotka laukaistaan yleensä pinnasta kohti ballistisia ohjuksia.

Järjestelmät, jotka soveltuvat sekä ilma- että ohjusten torjuntaan, kuuluvat ilmatorjuntaohjusjärjestelmiin.

Operatiivis-taktisen käyttöajatuksen mukaisesti ilmamaaliohjusjärjestelmillä voidaan suojata joko suppealla alueella olevaa kohdetta tai laajalla alueella olevia useita kohteita. Tällöin käytetään käsitteitä **kohde-** tai **aluesuojaus** sekä **kohde-** tai **aluetorjunta**.

Maaliin kohdistuvan käyttötarkoituksen mukaan pintamaaliohjusjärjestelmien vaikutusosat jaetaan

- **maamaaliojuksiin**, jotka laukaistaan pinnasta kohti maamaalia
- **maataisteluojuksiin**, jotka laukaistaan ilma-aluksesta kohti maamaalia sekä
- **merimaaliojuksiin**, jotka laukaistaan joko pinnasta tai ilma-aluksesta kohti merimaalia. Merimaaliohjukset voidaan jakaa isompia maaleja vastaan tarkoitettuihin **meritorjuntaohjuksiin** ja pienempiin **rannikko-ohjuksiin**.

Ohjuksen tehtävä voi olla useiden erillisten taistelulatauksien toimittaminen kohteen lähetyville. Tällöin ohjusta kutsutaan **kuormaohjukseksi**. Kuormaohjuksesta purkautuvia taistelulatauksia kutsutaan **tytärojuksiksi**.

e Ohjusten ryhmittely ulottuvuuden mukaan

Ohjusjärjestelmien kantamat voidaan ilmaista joko vaaka- tai pystykantamina. Suurinta pystykantamaa kutsutaan myös suurimmaksi käyttökorkeudeksi. Ilma- ja panssaritorjuntaohjusjärjestelmät voidaan suurimman kantaman perusteella jakaa lähi-, keski- ja kaukotorjuntaohjusjärjestelmiin.

Ohjusjärjestelmien strategisessa luokittelussa käytetään myös käsitteitä **hyökkäyksellinen** ja **puolustuksellinen** järjestelmä. Hyökkäyksellisiä ohjuksia ovat ydinräjäh-

teellä varustetut pintamaali-ohjukset sekä tavanomaisella taistelulatauksella varustetut risteilyohjukset ja muut suuren kantaman maamaali-ohjukset, joita voidaan kutsua myös nimellä **etäohjukset**. Muut aerodynaamiset ohjukset, esimerkiksi ilma- ja panssarintorjuntaohjukset, ovat puolustuksellisia.

ENGLANNINKIELISIÄ LYHENTEITÄ

Alaa käsittelevässä englanninkielisessä kirjallisuudessa, lehtiartikkeleissa ja esitteissä käytettäviä tavanomaisia lyhenteitä selitteineen ja suomenkielisinä vastineineen.

LYHENNE JA SELITE	SUOMENKIELINEN VASTI- NE TAI SELITE
AAAG automatic anti-aircraft gun	automaatti-ilmatorjuntatykki
AA anti-aircraft	ilmatorjunta
AALMG anti-aircraft light machine gun	kevyt it-konekivääri (-tykki)
AAM air-to-air missile	ilmasta ilmaan ilmataisteluohjus
ABM anti-ballistic missile	torjuntaohjus
ACM anti-armour cluster munition	rypäleammus
ADAM area denial artillery munition	tytärämmus (-kranaatti)
ADAMS advanced medium range anti- tank missile system	keskikantaman panssaritorjunta- ohjusjärjestelmä
AGM air-to-ground missile	rynnäkköohjus
AIM air intercept missile	hävittäjäohjus
ALCM air-launched cruise missile	ilmasta laukaistava risteilyohjus
ALBM air-launched ballistic missile	ilmasta laukaistava ballistinen ohjus
AMMO ammunition	ampumatarvikkeet
AN	ammoniumnitraatti
APBC armour-piercing ballistic cap	
AP armour-piercing	panssariammus, panssaripatruuna

AP	anti-personel	sirpale (-kranaatti)
APC	armour-piercing capped	panssariammus
APCABC	armour-piercing carbide ballistic cap	panssariammus
APCHE	armour-piercing capped high-explosive	panssarikranaatti
APC-T	armour-piercing capped tracer	panssariammus valojuovalla
APDS-T	armour-piercing discarding sabot with tracer	panssariammus, alikaliiperi
APFSDS-T	armour-piercing fin stabilized discarding sabot tracer	nuoliammus valojuovalla
APHE	armour-piercing high-explosive	panssarikranaatti
APHEI	armour-piercing high-explosive incendiary	panssarisytytyskranaatti
API-T	armour-piercing incendiary tracer	panssarisytytysammus valojuovalla
APP	armour-piercing projectile	panssariammus (-luoti)
AR	assault rifle	rynnäkkökivääri
AR	antireflection	heijastuksen poisto
ARM	anti-radiation missile	tutkaan hakeutuva ohjus
ASM	air-to-surface missile	ilmasta maahan ohjus
ASSM	anti-ship supersonic missile	meritorjuntaohjus
ATAR	anti-tank air rocket rintorjuntaraketti	ilmasta laukaistava panssarintorjuntaraketti
ATG	anti-tank gun	panssarintorjuntatykki
ATGM	anti-tank guided missile	panssarintorjuntaohjus

ATASM	advanced tactical air-to surface missile	taktinen ilmasta maahan ohjus
ATBM	advanced tactical ballistic missile	taktinen ballistinen ohjus
BALL	ballistite	ballistiitti ruuti
BB	base bleed	perävirtaus (-ammus)
BE	base ejecting	perästä irtoava
C	composition c	muovailtava heksogeeni
CBS	plastic explosive	muovailtava räjähdysaine
CCD	charge coupled device	CCD-ilmaisim on mikroskooppisen pienistä valoherkistä puolijohde-elementeistä tehty ilmaisim
CEP	circular error probable	todennäköinen sädepoikkeama
CM	cruise missile	risteilyohjus
C ³ CM	Command, Control and Communicatios Counter Measures	johtamis, valvonta ja tiedustelu
CTA	case telescoped ammunition	teleskooppiammus
DEGDN		dietyleeniglykolidinitraatti
DOT	designated optical tracker	optinen seurantavalaisin
EO	elektro-optical	optroninen
EFP	explosively formed projectile	muotoutuva ammus
ERBM	extended range ballistic missile	pitkän kantaman ballistinen ohjus
ERA	explosive reactive armour	liikkeeseen perustuvat panssarit eli reaktiivipanssarit

ERAM	extended range antiarmor munition	pitkän kantaman panssarin- torjunta-ammus
ERFB	extended range full bore	pitkän kantaman kranaatti
ERFB-BB	extended range full bore base bleed	pitkän kantaman perävirtaus- kranaatti
ERFB-BT	extended range full bore boat tail	pitkän kantaman onteloperäkranaatti
EW	electronic warfare	elektroninen sodankäynti
FAM	field artillery missile	tykistöohjus
FAPDS-T	frangible armour-piercing discarding sabot with tracer	sirpaloituva panssariammus alikaliiperi
FG	field gun	(kenttä)kanuuna
FH	field howitzer	(kenttä)haupitsi
FLIR	forward looking infra-red	lämpökamera(-kuvalaite)
FOW	field-of-view	näkökenttä
GH	gun howitzer	kanuunahaupitsi
GM	guided missile	ohjus
GPS	global positioning system	satelliittipaikantamisjärjestelmä
GSRS	general support rocket system	raketinheitin järjestelmä
HAR	heavy assault rifle	rynnäkkökivääri
HE	high explosive	räjähdysaine, sirpalekranaatti
HEAFS	high-explosive anti-tank finstabilized	pyrstövakavoitu ontelokranaatti
HEAP	high-explosive armour- piercing	panssarikranaatti

HEAP-T	high-explosive armour-piercing tracer	panssarikranaatti valojuovalla
HEAT-T-SD	high-explosive armour-piercing tracer self-destructing	panssarikranaatti valojuovalla ja itsetuhoojalla
HEAT	high-explosive anti-tank	ontelokranaatti
HEAT-FS	high-explosive anti-tank fin stabilized	pyrstökavoitu ontelokranaatti
HEAT-PT	high-explosive anti-tank practise tracer	harjoituskranaatti valojuovalla
HEAT-T	high-explosive anti-tank tracer	ontelokranaatti valojuovalla
HEAT-T-MP	high-explosive anti-tank tracer multipurpose	yhdistetty ontelo- ja sirpalekranaatti valojuovalla
HEDP	high-explosive dual purpose	yhdistetty ontelo- ja sirpalekranaatti
HEFS	high-explosive fin-stabilized	pyrstövakavoitu sirpalekranaatti
HEI	high-explosive incendiary	sirpalesytytyskranaatti
HEISD	high-explosive incendiary self-destructing	sirpalesytytyskranaatti itsetuhoajalla
HEI-T	high-explosive incendiary with tracer	sirpalesytytyskranaatti valojuovalla
HEITSD	high-explosive incendiary tracer self-destructing	sirpalesytytyskranaatti valojuovalla ja itsetuhoajalla
HEL	high energy laser	suurteholaser
HEP	high-explosive plastic	tärykranaatti
HEPAT	high-explosive plastic anti-tank	tärykranaatti

HEPFS	high-explosive plastic fin-stabilized	pyrstövakavoitu tärykranaatti
HEP-T	high-explosive plastic tracer	tärykranaatti valokuovalla
HERA	high-explosive rocket-assisted	rakettilisäpanoksella varustettu sirpalekranaatti
HES	high-explosive shell	sirpalekranaatti
HE-SD	high-explosive self-destructive	itsetuhoojalla varustettu sirpalekranaatti
HE-SD-T	high-explosive self-destructive tracer	itsetuhoojalla ja valosuovalla varustettu sirpalekranaatti
HESH	high-explosive squash head	tärykranaatti
HESH-T	high-explosive squash head tracer	tärykranaatti valokuovalla
HE-T	high-explosive tracer	sirpalekranaatti valokuovalla
HMG	heavy machine gun	raskas konekivääri
HOB	height of burst	räjähdyskorkeus
HPM		mikroaaltoaseen aiheuttama elektromagneettinen pulssi
HV	hyper-velocity	suurinopeuksinen
HMX		oktogeeni
HT		heksotoli
HTA		heksotonaali
HVAP	hyper-velocity armour piercing	suurinopeuksinen panssari-ammus
HVAPDS	hyper-velocity armour piercing discarding sabot (shot)	suurinopeuksinen alikaliiperi ammus

HVAPFSDS	hyper-velocity armour piercing fin stabilized discarding sabot	suurinopeuksinen pyrstövakavoitu alikaliperiammus
HVAPSS	hyper-velocity armour piercing spin stabilized	suurinopeuksinen kierrevakavoitu panssariammus
HVAP-T	hyper-velocity armour- piercing tracer	suurinopeuksinen panssari- ammus valojuovalla
HVAR	high velocity aircraft rocket	nopea lentokoneraketti
HVAT	high velocity anti-tank	nopea panssariammus
ICA	improved conventional munition	toisen sukupolven ammuksset
ICBM	intercontinental ballistic missile	mannertenvälinen ohjus
IF	impact fuze	iskusytytin
IFV	infantry fighting vehicle	jalkaväen taistelujoneuvo
ILL	illumination	valaisuammus
IR	infra-red	infrapuna
IRBM	intermediate range ballistic missile	keskimatkan ballistinen ohjus
LASER	light amplification by stimulated emission of radiation laser	laservalo
LAV	light armoured vehicle	miehistönkuljetusvaunu
LAW	light anti-tank weapon	kevyt panssarintorjunta-ase kertasinko
LE	low explosive	matalanopeuksinen räjähdysaine
LED	light-emitting diode	valodiodi
LFH	light field howitzer	kevyt haupitsi

LGB	laser-guided bomblaser	ohjattu pommi
LGM	land-based guided missile	maasta laukaistava ohjus
LLTV	low light (level) TV	vähävalo TV
LMG	light machine gun	kevyt konekivääri
LOVA	Low-vulnerability ammunition	
LPI	low probably intercept	multistaattinen tutkajärjestelmä
LR	long range	pitkän kantaman ammus
LRBB	long range base bleed	pitkän kantaman perävirtausammus
LRBT	long range boat tail	pitkän kantaman onteloperä- ammus
LRF	laser range finder	laseretäisyysmittari
LRG	long range gun	pitkän kantaman tykki (ase)
MANPAD	man-portable air defence	kannettava ilmatorjunta (järjestelmä)
MBT	main battle tank	taistelupanssarivaunu
MCT	mercury cadmium telluride	ilmaisainmateriaali
MG	machine gun	konekivääri
MLBM	modern large ballistic missile	mannertenvälinen ballistinen ohjus
MLRS	multiple launcher rocket system	keskiraskas raketinheitin- järjestelmä
MOFA	multi option fuze for artillery	tykistön monitoimisytytin
MP	multipurpose	monikäyttö(ammus)
MRTD	minimum resolvable temperature difference	infrapunalaitteen kyky ilmaista taustasta erottuvia kohteita

MPHC-T	multipurpose high capacity with tracer	monikäyttöammus, läpäisy-ydin
MPLD	multipurpose low drag	monikäyttöammus, pieni vastuksinen
NC	nitrocellulose	nitroselluloosa
NEMP		ydinräjähdysen aiheuttama elektromagneettinen pulssi
NGL	nitroglycerol	nitroglyseroli
NIGU	nitroguanid	nitroguanidi
NOD	night observation device	pimeänäkölaite
OMG	operative maneuver group	operatiivinen iskuryhmä
PBX	plastic bonded explosive	muovisidosteinen räjähdysaine
PD	(-fuze, point detonation (-fuze, -function)	Isku (-sytytin, -toiminta)
PETN		pentriitti
PF	proximity fuze	herätesytytin
PFHE	proximity fuzed high explosive	herätesytyttimellä varustettu sirpelekranaatti
PGM	precision guided munition	täsmäammus
PGMM	precision guided mortar munition	krh:n täsmäammus
PHEI	penetrating high explosive incendiary	panssarisytytyskranaatti
RAP	rocket-assisted projectile	rakettilisäpanoksella varustettu ammus
RDX		heksogeeni
RHA	rolled homogenous armor	valssattu homogeeninen panssari
RFG	rapid fire gun	sarjatuliase

SADARM	sense and destroy armour	hakeutuva panssarintorjunta-ammus
SAPHEI	semi armour-piercing high explosive incendiary	panssarisytytyskranaatti
SAM	surface-to-air missile	ilmatorjuntaohjus
SC	shaped charge	ontelopanos
SLAP	saboted light armour penetrator	alikaliperiluoti
SMK	smoke	savu
SPAAG	self-propelled anti-aircraft gun	telalavettinen ilmatorjunta- tykki
SPH	self-propelled howitzer	telahaupitsi
SS	surface-to surface	maasta maahan (ohjus)
SSKP	single shot kill propability	yhden laukauksen tuhoamis- todennäköisyys
	Ttracer	valojuova
TGW	terminally guided warhead	lämpöhakuinen taistelukärki
TNT		trottyyli
TOF	time of flight	lentoaika
TOW	tube-launched optically- tracked wire-guided anti- tank missile	lankaohjattu panssarintorjunta- ohjus
TP-T	target practice with tracer	harjoitusammus
TPDS-T	target practice discarding sabot with tracer	harjoitusammus, alikaliperi
TVM	track via missile	ohjuksen kautta ohjattava
WP	white phosphorous	valkoinen fosfori



Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus
Oppimateriaaliosasto
2001