

Luodinvalmistuslaitteiston asetusvaihdon tehostaminen



Konetekniikan insinööri opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK), Riihimäen kampus

Kevät 2021

Tuomo Iivonen

Tekijä	Tuomo Iivonen	Vuosi 2021
Työn nimi	Luodinvalmistuslaitteiston asetusvaihdon tehostaminen	
Ohjaajat	Väisänen Tapio (HAMK), Mäkinen Rauno (SAKO)	

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehdään Sako Oy:n toimeksiantona, Riihimäellä sijaitsevan komponenttitehtaan luodinvalmistusvalmistusprosessin tehostamiseksi. Tehtaalta on eläköitymisen seurauksena poistumassa merkittävä määrä osaamista ja hiljaista tietoa luodinvalmistuslaitteiston asetuksista ja säätämisestä. Työn tarkoituksena on kerätä ja tallentaa kaikki sellainen tieto ja kokemus, joka auttaa tulevaisuudessa uusia asettajia eri luotimallien tuotannon aloittamisessa, sekä mahdollistaa laadukkaiden luotien tuotannon. Tässä työssä keskityttiin erityisesti niihin valmistuksen osa-alueisiin, joilla on merkittävin vaikutus luodin laatuun. Luodin laatua arvioidaan sen osumatarkkuudella.

Työtä varten haastateltiin Sakolla työskenteleviä eri alojen ammattilaisia. Kerätyistä tiedoista koostettiin taulukkomuotoisen yhteenvedon, sekä oman Excel-tilukon jokaiselle yli kolmellekymmenelle valmistettavalle luotityypille. Kerättävä aineisto pitää sisällä numeerisia arvoja laitteiston asetuksista ja työkalujen kóoista, sekä sanallista tietoa ja kokemuksia toimintatavoista ja muista oleellisista seikoista. Työssä tarkastellaan myös mahdollisuuksia, luodin valmistuksessa käytettävien mittausmenetelmien kehittämiseksi.

Työn tuloksena luodinvalmistuksen asettajille tulee luotikohtainen Excel-tilukko omalle tietokoneelle, johon he jatkossa keräävät itse oleellisia tietoja koneiden asetuksista ja niiden vaikutuksista luodin laatuun. Asettajien kirjaamat tiedot päivittyvät kokoomataulukoon. Työn seurauksena on myös mahdollista kehittää luotituotannon mittaus ja testausmahdollisuuksia, että laadukkaiden luotien valmistus saataisiin käyntiin mahdollisimman nopeasti.

Avainsanat luoti, ballistiikka, metalliteollisuus

Sivut 25 sivua ja liitteitä 2 sivua

Author Tuomo Iivonen

Year 2021

Subject Enhancing change of settings in bullet manufacturing.

Supervisors Väisänen Tapio (HAMK), Mäkinen Rauno (SAKO)

ABSTRACT

This thesis was made for Sako Oy, and the purpose of the thesis project was to streamline bullets production. In the future many experienced employees are retiring and therefore Sako Oy will lose a lot of know-how. For this thesis all the important information on bullet manufacturing. The thesis will help new employees to make high quality bullets. There are many different stages in the manufacture of bullets, but this thesis focuses on work topics that have an impact on the accuracy of the bullet.

Many employees of Sako Oy were interviewed for the thesis. An Excel table was made from the results of the interviews. A separate table was made for all the over thirty bullet types of Sako. The material collected contained numerical information and good practices in bullet making. In the thesis project also opportunities to developing bullet measurement methods were sought for.

As result of the thesis project bullet production measurement methods and testing methods are evolving. The goal is that in the future bullet production launch is faster than at present. With the help of this thesis, it is also possible to reduce production losses.

Keywords bullet, ballistics, metal industry.

Pages 25 pages and appendices 2 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yritysesittely	2
3	Yleistä luodeista.....	3
3.1	Kokovaippaluoti	3
3.2	Puolivaippaluoti	4
3.3	Lyijyluoti	4
3.4	Erikoisluodit	5
4	Ballistiikka	6
4.1	Sisäballistiikka	6
4.2	Väliballistiikka.....	7
4.3	Ulkoballistiikka	7
5	Luodinvalmistusprosessi.....	10
6	Valmistuksen eri vaiheiden vaikutus luodin käyntiin	12
6.1	Kuparivaipan veto	13
6.2	Perän ja kärjen muotoilu.....	13
6.3	Valmistus.....	13
6.4	Bondaus.....	14
7	Muut luodin käyntiin vaikuttavat tekijät	14
8	Valmistuksen aikaiset mittaukset ja laadunvalvonta	15
8.1	Valmistuksen aikana suoritettava laadunvalvonta	16
8.2	Ampumalla testaaminen.....	17
9	Olemassa olevat tiedot vetokoneen alkuasetuksista.....	18
10	Mitattavissa olevat muutokset vetokoneen säädöissä ja työkaluissa	19
11	Kunnossapidon merkitys luodinvalmistuksessa	20
12	Tulevaisuus	21
13	Yhteenvedo työstä, työn tuloksista ja vaikutuksista	22
	Lähdeluettelo.....	25

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Kokovaippaluoti (Sako Oy, n.d.).....	3
Kuva 2 Puolivaippaluoti (Sako Oy, n.d.).....	4

Kuva 3 Lyijyluoti (Lapua Oy, 2020.).	5
Kuva 4 Täyskuparinen erikoisluoti (Sako Oy, n.d.).	5
Kuva 5. Luodin liikkeet ulkoballistisessa vaiheessa. (Kuva muokattu lähteestä longrangeshooting.org, n.d.).	9
Kuva 6. Luodinvalmistusprosessi (Kiiänmies, 2019, s.13)	11
Kuva 7. Luodinvalmistuksen vaiheet (Kiiänmies, 2019, s.14)	12
Kuva 8. Mikrometri (Sako, intranet, n.d.).	15
Kuva 9. Mittakello (Sako, intranet, n.d.).	16
Kuva 10. Työntömitta (Sako, intranet, n.d.).	16
Kuva 11 MOA:n, ampumamatkan ja kasan koon suhde	18
Kuva 12 Vetopinna (Sako, intranet, 17.2.2021).	19
Kuva 13. Heittorengas (Sako, intranet, 17.2.2021).	20
Kaava 1 Rihlannousu ja luodin pyörimisnopeus (waffenlager.net, n.d.).	10
Kaava 2 MOA ja kasan koko (waffenlager.net, n.d.).	17

Liitteet

Liite 1	Kooste tiedossa olevista vetokoneen asetuksista
Liite 2	Luotikohtaiset tiedot luodinvalmistuslaitteille

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Sako Oy:n toimeksiantona, Riihimäellä sijaitsevan komponenttitehtaan luodinvalmistuksesta. Työn tarkoituksena on kerätä tietoa erityisesti luodinvalmistuksen niistä vaiheista, joilla on vaikutusta ammutun luodin osumatarkkuuteen, eli käyntiin. Kerättyjen tietojen avulla tehostetaan luodintuotantoprosessia.

Sako valmistaa patruunoidensa hylsytyt ja luodit itse. Patruunatuoteperehe sisältää vaihtoehdon kaikkiin yleisimpiin käytössä oleviin metsästyskaliipereihin. Luotituotannossa on kolme eri tuotantolinjaa, jotka ovat konekannaltaan kutakuinkin toisiaan vastaavat. Käytössä oleva konekanta on jo ikääntynyttä, mikä tuo oman haasteensa koneiden tarkkuuden säätämisessä. Toisaalta näillä käytössä olevilla tuotantolinjoilla on mahdollisuus tehdä lähes kaikkia erilaisia ja erikokoisia luotityyppejä. Lisäksi perinteiset koneet on perustoiminnoiltaan kestäviä ja vikaantumiset ovat melko helposti korjattavissa asettajien tai kunnossapidon toimesta. Koneet ovat mekaanisia, joten niiden säätäminen on hidasta ja epätarkkaa, mutta automaation tai elektroniikan mukanaan tuomia kunnossapidon tai ylläpidon erityisvaatimuksia ei ole.

Valmistettavien luotien laatua mitataan luodin osumatarkkuudella ja osumatarkkuuden tasalaatuisuudella koko valmistettavassa tuotantoerässä. Luoti on toiminnaltaan herkkä ja pienetkin muutokset tai vauriot luodin pinnassa, symmetriassa tai tasapainossa aiheuttavat osumatarkkuuden heikentymistä. Ennen kuin luodin valmistus päästään aloittamaan, asettajat säätävät käytettävät koneet ja työkalut. Muutoksia koneen säätöihin ja työkaluihin tehdään niin kauan, että luodista saadaan riittävän laadukas. Tähän saattaa pahimmillaan kulua useita viikkoja. Tämän työn tarkoituksena on kerätä kaikki saatavilla oleva tieto eri koneiden asetuksista ja toimiviksi todetuista työkalujen muokkauksista. Kerättävä tieto on esimerkiksi työkalujen ympärysmittoja ja niihin tehtyjä muutoksia, sekä koneiden säätöjä, kuten veto- tai heittorenkaiden asetuksia. Tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa asettajien työtä, jolloin tuottamaton aika saataisiin minimoitua.

Suuri osa tämän työn aineistosta kerätään haastattelemalla kokeneita työntekijöitä, joilla on vuosikymmenten kokemuksen tuomaa, mutta aiemmin tallentamatonta tietoa

luodinvalmistuskoneiden säätämisestä. Eläköitymisen myötä tuotannosta on häviämässä merkittävä määrä hiljaista tietoa, jonka avulla luotien käynnissä ilmenevät poikkeamat on tähän asti saatu korjattua. Haastatteluista ja kirjallisuudesta saaduista tiedoista kootaan kattava kuva luodin käyntiin vaikuttavista tekijöistä tuotantoprosessissa. Kerätty tieto kootaan sekä teorian tiedoksi tähän työhön, että tallennettaviksi tietopaketeiksi Sakolle. Lisäksi luodaan tiedonkeräystapa ja -työkalu, jolla asettajat voivat jatkossa tallentaa tiedot käyttämistään alkuasetuksia luodinvalmistuskoneilla. Valmiin työn avulla uudenkin asettajan on mahdollista löytää hyvät alkuasetukset, joilla luodin tuotanto saadaan nopeasti käyntiin.

2 Yritysesittely

Sako Oy, alkuperäiseltä nimeltään Suojeluskuntain Ase- ja Konepaja Oy, perustettiin Helsingissä 1.4.1921. Hiljattain itsenäistyneen ja kansalaissodan kokeneen Suomen kannalta oli merkittävää, että oli olemassa Suojeluskuntajärjestö, jonka toimintaan kuului oleellisena osana ase- ja ampumaharjoittelua ja kilpailua. (Sako Oy, 2020)

Sakon alkuperäisenä tehtävänä oli valmistaa huoltaa ja korjata suojeluskunnan aseita. Kun tilat Helsingissä kävivät ahtaiksi Sako muutti vuonna 1927 Riihimäelle, jossa tehdas sijaitsee ja toimii edelleen. (Sako Oy, 2020)

Nykyisin Sako Oy:n päätoimintona ovat metsästys- ja urheiluaseiden sekä patruunoiden suunnittelu, valmistus, markkinointi ja myynti maailmanlaajuisesti. Vuodesta 2000 alkaen Sako on ollut osa Beretta konsernia. Vuosittain Sako valmistaa yli 100 000 asetta ja yli 10 000 000 patruunaa. Sako-konsernin liikevaihto on noin 95 miljoonaa euroa ja se työllistää noin 300 henkilöä. (Sako Oy, 2020)

Sako Oy on vientiyritys. Tuotannosta 98% menee vientiin, 50 eri maahan. Sakon päämarkkina-alueita ovat Pohjois-amerikka, Australia, uusi-Seelanti, Eurooppa ja Skandinavia. (Sako Oy, 2020)

3 Yleistä luodeista

Kiväärityyppisissä aseissa käytetään patruunoita. Patruuna koostuu hylsystä, nallista, ruudista ja luodista. Ammuttaessa aseeseen iskuri sytyttää nallin. Iskuri aiheuttaa nallissa pienoISRäjähdyksen, joka hylsyssä olevan liekkireiän kautta suuntaa pisteliekin ruudille, sytyttäen ruudin. Ruudin räjähtämisestä aiheutuva paine purkautuu hylsyn siitä päästä, johon luoti on kiinnitetty, antaen luodille tyyppillisesti 300–1100 m/s lähtönopeuden. Lähtönopeus riippuu patruunan ominaisuuksista, kuten räjähdeaineen määrästä ja luodin painosta. Luoti-nimitystä käytetään alle 20 mm kaliiperisen tuliaseen ammuksista.

Nykyaikaisen luodin kehitti Sveitsin armeijan laboratorion johtaja majuri Eduard Rubin vuonna 1882. Hän kehitti kuparilla päällystetyn lyijyluodin, joka verrattuna pelkkään lyijykuulaan, on paremmin kuumuutta ja painetta kestävä. Tämän menetelmän ansiosta voitiin valmistaa tehokkaampia patruunoita. Nykyisin on olemassa useita erityyppisiä luoteja riippuen luodin käyttötarkoituksesta. Kuluttajille suunnatut luotityypit voidaan jakaa karkeasti neljään eri tyyppiin. (Hyytinen, 2020, s.146–147)

3.1 Kokovaippaluoti

Kokovaippaluodissa (Kuva 1.) lyijy-ydin on päällystetty kuparilla, siten että kuparivaippa peittää lyijy-ytimen, luodin perää lukuun ottamatta. Osumassa luoti säilyy ehjänä ja tekee kohteeseensa siistin reiän. Kokovaippaluoti soveltuu ampumaratakäyttöön, sekä lintujen ja turkiseläinten metsästämiseen. Kokovaippaluoti on tarkin luotityyppi. (waffwnlager.net, n.d.-a).

Kuva 1. Kokovaippaluoti (Sako Oy, n.d.).



3.2 Puolivaippaluoti

Puolivaippaluodeissa (Kuva 2.) on kuparivaippa, mutta lyijy-ydin jää näkyviin luodin kärjestä. Puolivaippaluoti avautuu osumasta, kyeten näin luovuttamaan mahdollisimman suuren energian kohteeseensa. Riistaa metsästäessä, avautuvan puolivaippaluodin tulisi säilyttää mahdollisimman suuri osa painostaan, eli se ei saisi pirstoutua. Puolivaippaluoteja on erityyppisiä pienriistalle, haittaeläimille, rata-ammuntaan, ja suurriistalle. Puolivaippaluodit ovat metsästyksessä eniten käytettyjä luoteja.

Kuva 2 Puolivaippaluoti (Sako Oy, n.d.).



3.3 Lyijyluoti

Lyijyluoteja (Kuva 3.) käytetään lähinnä pienoiskiväärien patruunoissa. Ne soveltuvat keveytensä ja matalan lähtönopeutensa vuoksi lähinnä vain harrastajien tarkkuusammuntaan ja urheiluammuntaan, kuten ampumahiihtoon. Pehmeänä materiaalina lyijy ei sovellu korkeille lähtönopeuksille. Suurilla nopeuksilla ammuttaessa lyijy on liian pehmeää kyetäkseen tiivistämään ruutikaasut ja pitääkseen otteen rihoista. Sako ei valmista tällä hetkellä lyijyluoteja. (waffwnlager.net, n.d.)

Kuva 3 Lyijyluoti (Lapua Oy, 2020.).



3.4 Erikoisluodit

Erikoisluodeiksi kutsutaan muun muassa solidit-luoteja eli kokonaan kuparista tai messingistä valmistettuja luoteja (Kuva 4.), reikäpäisiä luoteja ja erillisillä ballistisilla kärjillä varustettuja luoteja. Erikoisluotien valmistus eroaa perinteisten kuparivaippaisten luotien valmistuksesta merkittävästi. Niitä valmistetaan esimerkiksi koneistamalla, tai kylmäprässäämällä. Käyttötarkoituksesta riippuen erikoisluoteihin voidaan sisällyttää erilaisia ominaisuuksia, kuten puolustusvoimien ja viranomaisten käyttöön suunnitellut valokuova- ja panssariluodit. (Hyytinen, 2020, s.146–147)

Kuva 4 Täyskuparinen erikoisluoti (Sako Oy, n.d.).



Ampumaton luoti
+halkileikkaus

Ammuttu luoti

4 Ballistiikka

Ammuttaessa luoti lähtee aseeseen piipusta suurella nopeudella, pyörien samalla pituusakselinsa ympäri piipun sisällä olevien rihlojen ansiosta. Piipun suulla luotiin vaikuttavat vielä piipusta purkautuvat räjähdyskaasut. Kun luoti on edennyt piipun suulta niin, että räjähdyskaasut eivät työntä sitä enää eteenpäin, jää luotiin vaikuttaviksi voimiksi ilmanvastus ja maan vetovoima. Muita luodin lentorataan, lennon aikana vaikuttavia tekijöitä ovat luodin muoto, paino, sekä sään vaikutukset, kuten ilmankosteus ja tuuli. Mitä pidemmille matkoille ammutaan, sitä suurempi vaikutus ulkoisilla tekijöillä luodin lentorataan ja osumatarkkuuteen on. Tarkka-ampujien ampuessa jopa kilometrien päähän, pitää huomioida muun muassa maan pyörimisliikkeen vaikutus. (Jormanainen, 2017, s.49)

Ballistiikalla tarkoitetaan lentävien kappaleiden liikeratoja tutkivaa dynamiikan sovellettua tiedettä. Ballistiikan tutkiminen aloitettiin jo 1500-luvulla, kun Galileo Galilei tutki kappaleen putoamisliikettä. Ruutiaseiden yleistyttyä ballistiikasta tuli oma, erillinen tutkimusala. Luodin ballistiikka jaetaan kolmeen vaiheeseen; sisäballistiikka, väliballistiikka ja ulkoballistiikka. (Hyytinen, 2020, s.150; Jormanainen, 2017, s.49)

4.1 Sisäballistiikka

Sisäballistiikassa tutkitaan aseeseen piipun sisällä vaikuttavia ilmiöitä. Näitä ovat ruudin palaminen, paineen muodostuminen, luodin irtoaminen hylsystä, luodin pyörimisliike sekä luodin kiihtyvyys ja nopeus piipun sisällä. Ammuttaessa luotia työntää eteenpäin kasvava ruutikaasun paine. Hylsyyn sijoitetun ruudin määrä pyritään laskemaan niin, että se palaa kokonaisuudessaan ennen kuin luoti jättää piipun. Näin estetään liian voimakkaan suuliekin syntyminen, joka heikentää luodin lentovakautta. (Jormanainen, 2017, s.49)

Luodin piippuvaihe kestää noin 1–3 millisekuntia. Ruudin palamisenergiasta kuluu luodin liike-energian aikaansaamiseksi noin 30 %, piipun luodin lämpöhäviöihin noin 20 % ja loput poistuu piipun suun kautta ulos virtaavien ruutikaasujen lämpö- paine- ja liike-energiina. Itselataavissa aseissa energiaa kuluu lisäksi liikkuvien osien rekyyli-toimintaan. (Jormanainen, 2017, s.49; Paananen, 2008, s.503)

Luodin nopeuteen piippuvaiheen aikana vaikuttavat ruutikaasun paine, luodin paino ja pituus, rihlauksen aiheuttama kiertoliikkeen vastus sekä luodin ja piipun välinen kitka. (Jormanainen, 2017, s.49; Hyytinen, 2020, s.151)

4.2 Väliballistiikka

Väliballistiikka kattaa ajallisesti hyvin lyhyen hetken, jolloin luoti jättää aseensa piipun. Tällöin luodin takaa virtaavat ruutikaasut vaikuttavat vielä luotiin, antaen tällä lisänopeutta. Piipusta ulosvirtaavien ruutikaasujen nopeus saattaa olla jopa 1800 m/s. (Paananen, 2008, s.502)

Väliballistisessa vaiheessa luotiin vaikuttaa erilaisia häiriötekijöitä. Jos luodissa on pitkä kartioopera, pääsee ruutikaasut purkautumaan piipusta jo silloin, kun osa luodista on vielä piipun sisällä. Toinen häiriöitä lisäävä tekijä on luodin edellä piipusta purkautuneet kaasut ja partikkelit, jotka aiheuttavat piipun suulle voimakkaita epäsymmetrisiä virtauksia, jotka luoti lävistää. Lisäksi piipun suulla olevat lisälaitteet, kuten äänenvaimennin tai suujarru saattavat heijastaa paineaallon luotiin. (Paananen, 2008, s.27)

Ihanteellisessa tilanteessa luoti jättää piipun siten, että sekä luodin että piipun keskiakselit ovat täysin samassa linjassa. Tällainen tilanne ei kuitenkaan käytännössä toteudu juuri koskaan, koska luoti on läpimitaltaan hieman pienempi kuin piipun sisäläpimita ja puristuu kasaan epäsymmetrisesti. Luotiin vaikuttaa mahdolliset muotovirheet ja kolhut, sekä epäsymmetriset ja voimakkaan pyörteiset ruutikaasut, aiheuttaen luodin eri puolille paineeroja. Tästä seuraa luodin lennon alkuvaiheessa voimakkaita heilahdusliikkeitä ja poikkeamia lähtösuuntaan. Rihlauksella saavutettavan pyörimisliikkeen ansiosta luoti vakavoituu kuitenkin nopeasti, muutaman kymmenen metrin päässä piipun suulta. Kaikki luodin epävakaat liikkeet aiheuttavat merkittävää ilmanvastuksen kasvua ja vaikuttavat siksi huomattavasti luodin lentorataan ja osumatarkkuuteen. (Paananen, 2008, s.27)

4.3 Ulkoballistiikka

Ulkoballistiikassa tarkastellaan luodin käyttäytymistä lentoradalla, ennen maaliin osumista, tai putoamista. Lennon aikana luotiin vaikuttaa lukuisia eri voimia ja tekijöitä. Tärkein luotiin sen lennon aikana vaikuttava tekijä on ilmanvastus. Luodin kohtaamaan ilmanvastukseen

vaikuttaa luodin kohtauskulma, ilman tiheys, ilman kosteus ja luodin poikkipinta-ala. Ilmassa lentäessään luoti syrjäyttää tieltään ilmaa, jonka kokoon puristuminen aiheuttaa paineaaltoja. Paineaallot etenevät ilmassa äänen nopeudella (Mach), eli noin 340 m/s. Kun luoti ylittää äänen nopeuden ei paineaalto pääse etenemään sen edelle, vaan luodin eteen muodostuu ilman kokoonpuristumisesta johtuva tiivistysaalto, joka lisää ilmanvastusta ja hidastaa luotia. (Paananen, 2008, s.505)

Luodin ulkomuodon vaikutus painevastukseen riippuu luodin nopeudesta. Luodin perään muodostuu voimakas alipaineinen pyörrealue, joka hidastaa luotia. Samalla luodin kärjen muotoilu vaikuttaa luodin kohtaamaan ilmanvastukseen. Alle äänen nopeudella (<340m/s) lentävällä luodilla perän pyörrevirtaukset muodostavat suuremman vastuksen kuin kärjen aiheuttama vastus on. Alle 0,8 Machin nopeuksilla perän ja kärjen painevastus on vakiot. Molemmat kasvavat nopeasti nopeusalueella 0,8 Mach - 1Mach, jonka jälkeen alkavat hitaasti pienentyä. Luodin nopeuden ollessa 1–3 Mach kärjen suippoudesta on hyötyä, mutta myös perän muotoilulla voidaan vaikuttaa luodin perässä olevaan, nopeutta hidastavaan, alipaineiseen pyörrealueeseen. Veneperäinen eli kartionmuotoinen luodin perän on edullisin muoto. Luodin nopeuden ylittäessä 3 Mach, eli noin 1000 m/s on mahdollisimman suippo kärki edullisin, kun taas perän muotoilulla ei enää ole niin suurta vaikutusta. (Jormanainen, 2017, s.49; Hyytinen, 2020, s.151; Paananen, 2008, s.506)

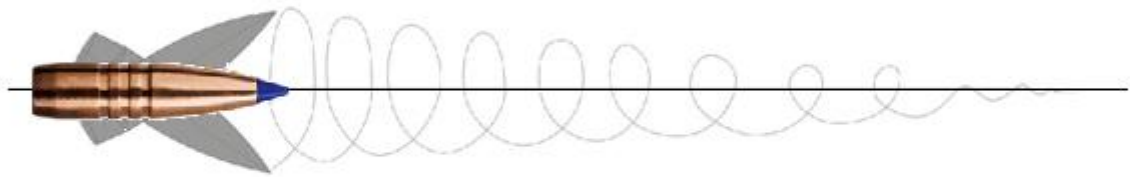
Luodin lentorata ja lentoasento pyritään vakavoimaan rotaatioliikkeellä, joka aikaansaadaan kiväärin piipuissa olevalla rihlauksella. Rihlaus aiheuttaa luodille pyörimisliikkeen pituusakselinsa ympäri. Tällä rotaatiovakavoinnilla pyritään kumotaan luotiin vaikuttavat, pituusakseliin nähden poikittaiset voimat. Hyrrän tavoin pyörivä luoti pyrkii säilyttämään pyörimisakselinsa suunnan. Samalla ilmanvastus vaikuttaa luotiin pyrkien kääntämään tämän pituusakseliin nähden kohtisuoralla momentilla. Aerodynaamisen voiman ja hyrrävoiman vastakkaiset suunnat aiheuttavat luodille presessioliikkeen (Kuva5.). Presessioliikkeen lisäksi luodilla on nopeampi nutaatioliike (Kuva5.), sekä piipun suulla, purkautuvien ruutikaasujen aiheuttaman heilahdusliike (Kuva 5.), joka vaimenee nopeasti.

Kuva 5. Luodin liikkeitä ulkoballistisessa vaiheessa. (Kuva muokattu lähteestä longrangeshooting.org, n.d.).

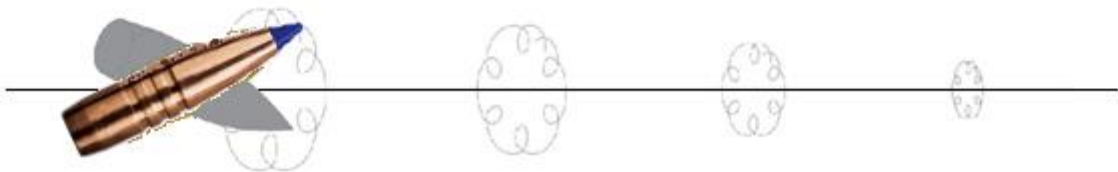
Heiluriliike piipun suulla



Presessioliike



Nutaatioliike



Rihlojen luodille aiheuttaman pyörimisliikkeen nopeus riippuu rihlanoususta ja luodin lähtönopeudesta. Rihlanousulla tarkoitetaan sitä pituutta, jonka aikana yksi rihla tekee täyden kierroksen. Tyypillisesti rihlanousu on noin $1/10''$ - $1/14''$. Esimerkiksi rihlannousun ollessa $1/10''$, yksi rihla kiertää täyden ympyrän 10 tuuman matkalla. Kuluttajille myytävissä aseissa rihlaus on asetetaan päättämä kompromissi, aseella tyypillisesti ammuttavien luotien mukaan. Yleensä luodit, jotka ovat pitkiä suhteessa halkaisijaansa alivakautuvat herkästi ja tarvitsevat lyhyen rihlannousun.

Mikäli luodin pyörimisnopeus (Kaava 1.) on oikea, luodin pituusakseli seuraa lentoradan tangenttia aina luodin putoamiseen saakka. Luodin pyörimisliike ollessa liian nopea, sanotaan luodin lentoa ylivakaaksi. Tällöin luodin kärki pyrkii osoittamaan koko lennon ajan vaakasuorasti eteenpäin ja saattaa olla maaliin osuessaan jo lähes pystyssä. Liian hitaasti pyörivä luoti taas alivakautuu, eli luodin hyrräliike ei kykene vastustamaan luodin kohtaamaa

ilmanvastusta, jolloin sen kärki nousee ylös ja luoti alkaa pyörimään. (Jormanainen, 2017, s.49; Hyytinen, 2020, s.151)

Kaava 1. Rihlannousu ja luodin pyörimisnopeus (waffenlager.net, n.d.).

Luodin lähtönopeus: 850 m/s = 850000 mm/s

Rihlannousu: 1/10", eli rihla tekee täyden kierroksen 10" matkalla.

10" ≈ 254mm

Kierrosnopeus ilmoitetaan yleensä yksikössä r/min

$$\text{Pyörimisliikkeen nopeus (r/s)} = \frac{\text{lähtönopeus}}{\text{rihlannousu}} = \frac{850000 \text{ mm/s}}{254 \text{ mm}} \approx 3346 \text{ r/s} = 200787 \text{ r/min}$$

(waffenlager.net, n.d)

Poikkeamat luodin vaipan ulkopinnan ja sisäpinnan keskeisyydessä siirtävät luodin massakeskipistettä luodin keskilinjasta. Luodin ollessa piipussa, se pyörii piipun sisäpinnan ja rihlojen pakottamana geometrisen pituusakselinsa ympäri. Luodin jätettyä aseeseen piipun se alkaa pyörimään massakeskipisteensä ympäri. Jos massakeskipiste ja geometrinen keskipiste poikkeavat toisistaan, luotiin vaikuttavat sivuttaiset voimat pakottavat luodin sivuun suoralta lentoradalta. (Paananen, 2008, s.27)

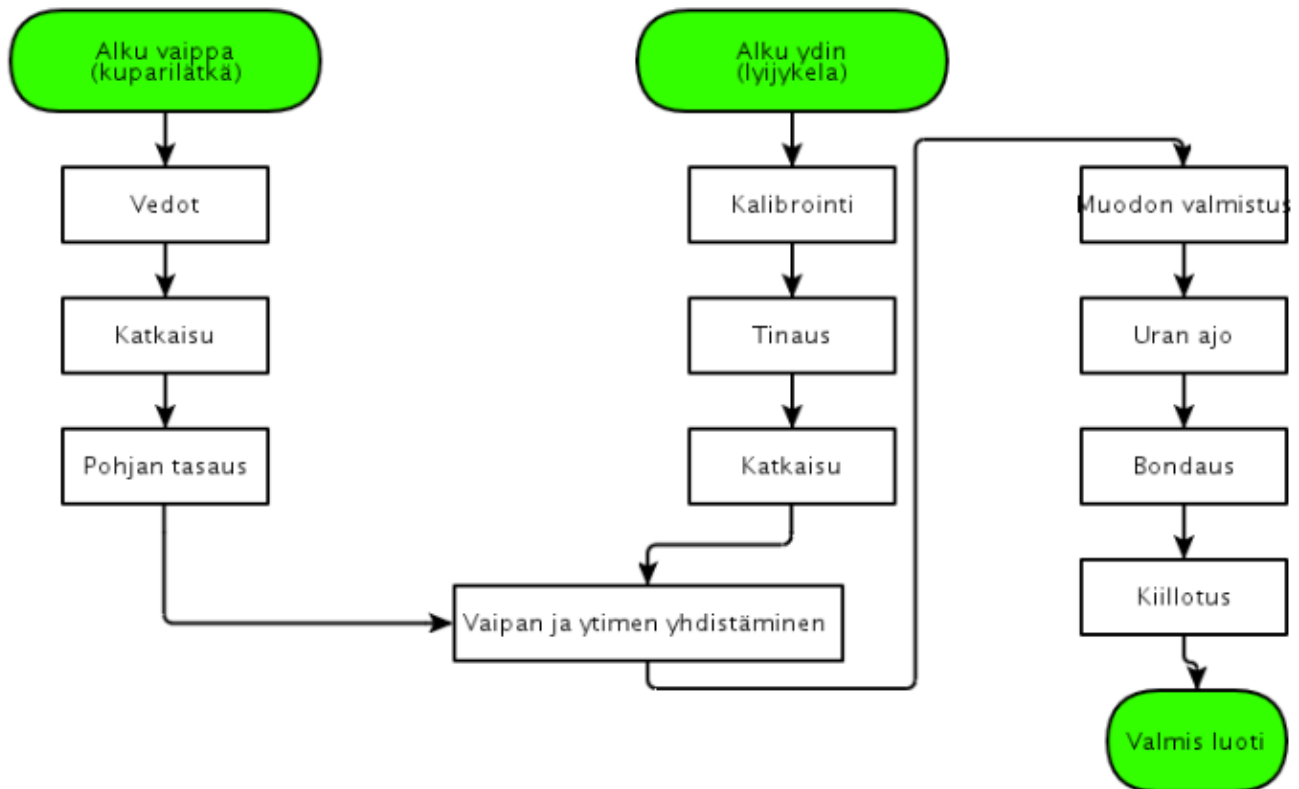
Luodin lentorata muodostaa niin kutsutun ballistisen käyrän. Luodin ballistisia ominaisuuksia ilmaistaan ballistisella kertoimella (BC). Tämä ilmaisee luodin kykyä edetä ilmassa. Mitä suurempi ballistisen kertoimen ilmoittama lukuarvo on, sitä suurempi on luodin lentorata. (Jormanainen, 2017, s.53–54; Hyytinen, 2020, s.151)

5 LuodINVALMISTUSPROSESSI

Luodin valmistus on monivaiheinen prosessi. (Kuva 6.) Yleisimmin luoti valmistetaan kupariseoksesta tehdystä vaipasta ja lyijy-ytimeistä. Nykyään valmistetaan myös kokonaan kuparista, tai muusta metallista tehtyjä solidiluoteja. Solidi-luoteja valmistetaan muunmuassa koneistamalla, eli valmistustapa eroaa täysin tässä opinnäytetyössä käsiteltävästä perinteisestä valmistusprosessista. Kuvassa 6 esitellään kaaviona

kuparivaippaisen luodin valmistusvaiheet. Kaavio on vain suuntaa-antava, mutta kuvaa valmistuksen oleellisimmat vaiheet.

Kuva 6. Luodinvalmistusprosessi (Kiianmies, 2019, s.13)



Kuparivaippaisen luodin valmistus alkaa kuparikupista. (Kuva 7.) Kuparikuppi vedetään syvävetomenetelmällä kahdessa tai kolmessa osassa pidemmäksi aihiksi. Vetämällä valmistettu kupariaihio katkaistaan oikean mittaiseksi ja sen pohja tasataan. Tämän jälkeen kuparivaipan umpinainen pää muotoillaan kokovaippaluotia valmistettaessa kartion muotoiseksi luodin kärjeksi, tai puolivaippaluotia valmistettaessa tasataan luodin peräksi. Näin luodin kuparivaippa on valmis vaiheeseen, jossa lyijy-ydin ja vaippa yhdistetään.

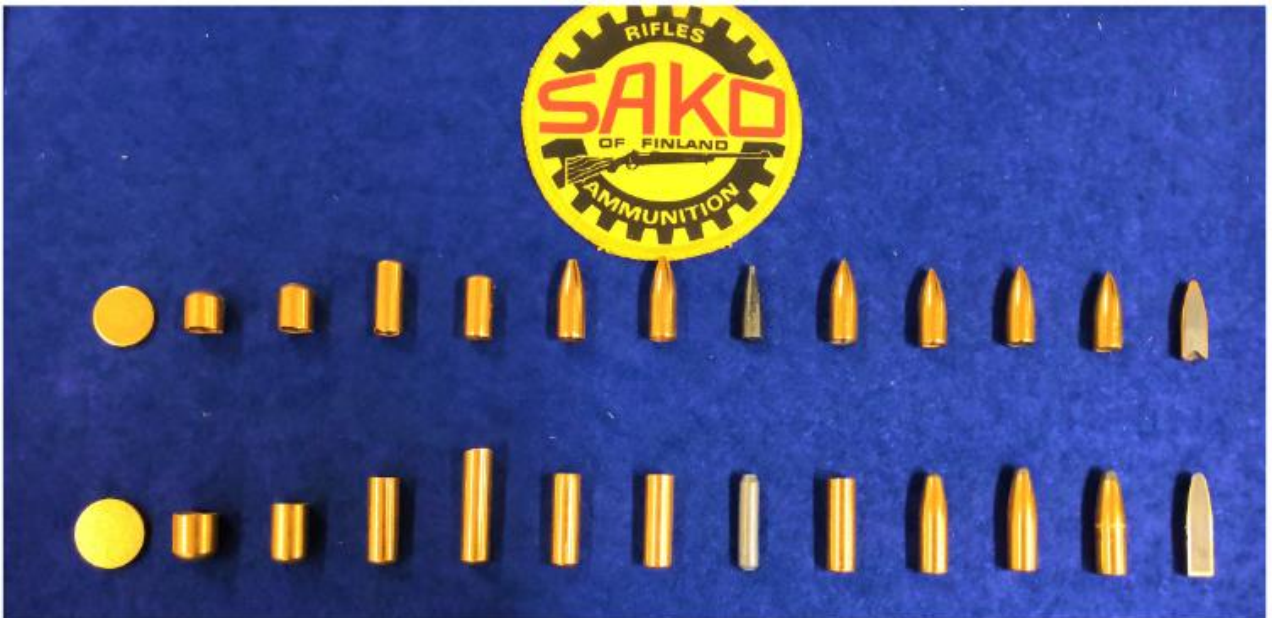
Kuparivaipan sisälle tuleva lyijy-ydin valmistetaan lyijylangasta. Aluksi lyijylanka täsmennetään lyijylanganvetokoneella haluttuun ulkohalkaisijamittaan. Seuraavaksi lyijylanka katkaistaan lyijylanganvalmistajalla halutun mittaiseksi. Samalla lyijy-ydin saadaan kalibroitua täsmälleen oikean painoiseksi ja sen toinen pääty muotoillaan kartioksi. Puolivaippaluoteja valmistettaessa käytetään tinalla pinnoitettua lyijylankaa, joka on

mahdollista myöhemmässä vaiheessa kiinnittää kuparivaippaan juottamalla.

Kokovaippaluodeissa käytetään tinaamatonta lyijylankaa.

Seuraavaksi kuparinen vaippa ja lyijy-ydin yhdistetään valmistajalla. Samalla kuparivaipan avoin pää käännetään täysvaippaluodin peräksi, tai puolivaippaluotia valmistettaessa supistetaan luodin kärjeksi. Luodin muoto viimeistellään. Tämän jälkeen luoti täsmennetään täsmentäjällä. Täsmentämällä varmistetaan yksittäisen luodin halkaisijan oikeellisuus ja koko valmistettavan sarjan yhdenmukaisuus. Tämän jälkeen luoti on valmis ja se voidaan lähettää lataamoon, jossa se yhdistetään ruudilla täytettyyn ja nallitettuun hylsyyn, valmiiksi patruunaksi.

Kuva 7. Luodinvalmistuksen vaiheet (Kiianmies, 2019, s.14)



6 Valmistuksen eri vaiheiden vaikutus luodin käyntiin

Luoti, riippumatta käyttötarkoituksesta tai tyypistä, on herkkä kokonaisuus, jossa pienet poikkeamat aiheuttavat muutoksia luodin käyttäytymisessä ammuttaessa. Jokaisessa luodinvalmistuksen monista vaiheista on mahdollista tapahtua jotakin, esimerkiksi koneen tai työkalun rikkoutuminen, minkä seurauksena luodin käynti heikkenee. Alla on eriteltyinä luodin valmistuksen vaiheita, joissa koneiden säädöillä, tai kyseisellä valmistusvaiheella on suora vaikutus luodin käyntiin.

6.1 Kuparivaipan veto

Kuparivaippa vedetään syvävetomenetelmällä kuparikupista kahdessa tai kolmessa vaiheessa valmiiksi luodin vaipaksi. Vetovaihe on valmiin luodin osumatarkkuuden kannalta merkittävin työstövaihe. Valmistuksessa erityistä huomiota kiinnitetään vaipan ulko- ja sisäpinnan samankeskeytyteen. Seinämävahvuuden tasapaksuisuudessa pyritään alle 0,03 mm vaihteluun. Jos luodin kuparivaipan paksuudessa on vaihtelua, aiheuttaa se lyijy-ytimen asettumisen epäkeskeisesti luodin keskiakseliin nähden ja aiheuttaa ammuttuun luotiin, joka voi pyöriä yli 200000 r/min nopeudella, huomattavia osumatarkkuutta heikentäviä poikittaisvoimia. Koska luoti muotoillaan tyypillisesti siten, että se on perästä massiivinen kestääkseen laukaisussa siihen kohdistuvan paineen ja kärjestä suippu, ulkoballistisista syistä, asettuu luodin massakeskipiste lähemmäksi perää. Tästä johtuen kokovaippaluodeissa joissa kuparivaippa on perästä avoin, vedetyn vaipan seinämävahvuuden suuheitto on merkittävämpi, kuin pohjaheitto. Vastaavasti puolivaippaluodeissa, joissa kärki on avoin, vedetyn vaipan perän seinämävahvuuden heitot ovat merkityksellisempiä kuin vaipan suuosan. Myös vedetyn vaipan suoruutta tarkkaillaan koneiden säätämisyksiköissä. Suoruudessa sallitaan 0,3 mm heitto. (Paananen, 2008, s.27)

6.2 Perän ja kärjen muotoilu

Luodin täsmentäjällä ja valmistajalla on vaarana, että käytettävät työkalut aiheuttavat luodin kärkeen rengasmaisen painauman, joka vaikuttaa merkittävästi luodin tasaiseen aerodynamiikkaan. Tämä estetään koneiden asetusvaiheessa, muokkaamalla työkaluja siten, että painumaa ei pääse syntymään. Poikkeamat luodin perän symmetrisyydessä, tai kolhut kuparivaipassa aiheuttavat luodin perässä olevaan alipaineeseen ilmavirtaukseen epätasaisuutta, joka pyrkii kääntämään luotia. Tasaperäinen luoti aiheuttaa peräänsä voimakkaamman alipaineen, joka hidastaa luotia. Tyypillisesti venepäinen luoti on aerodynamiikaltaan paras. (Paananen, 2008, s.27)

6.3 Valmistus

Valmistuksessa luodin lyijy-ydin puristetaan kuparivaipan sisään. Jos puristusvoima on liian matala, lyijy-ydin pääsee liikkumaan vaipan sisällä ja luoti on epävaka.

Puolivaippaluodeissa, missä luodin sisällä oleva lyijy-ydin jää luodin kärjestä näkyviin, on tärkeää, että valmistusvaiheessa kuparivaippa puristuu juuri oikean verran lyijyn ympärille. Liian vähän puristunut kuparivaippa jättää lyijy-ytimen liian lyhyeksi. Liikaa supistettu kuparivaippa taas jättää luodin kärkeen lyijyä liian paljon näkyviin, jolla on vaikutusta luodin aerodynamiikkaan. Valmistusvaiheessa luodin muoto myös viimeistellään. On tärkeää, ettei luodin vaippaan aiheuteta muodon viimeistelyssä painumia tai muita muotovirheitä, jotka vaikuttavat luodin ballistiikkaan. Epäonnistunut perän käänö kokovaippaluodilla taas saattaa rikkoa kuparivaipan ja aiheuttaa luodin alipaineisen perävirtauksen epätasaisuutta.

6.4 Bondaus

Bondauksen tarkoituksena on liittää kuparivaippa ja lyijy-ydin yhteen, siten että osuessa ja auetessaan luoti ei pirstoutuisi vaan sen jäämäpaino olisi mahdollisimman lähellä alkuperäistä. Bondauksessa tinalla päällystetty lyijy-ydin juotetaan lämmön avulla kupariseen vaippaan. Bondauksessa luotia lämmitetään ja lämmön vaikutuksesta luodissa oleva tinapäällyste sulaa ja kiinnittyy kuparivaippaan. Jos sulanut tina pääsee liikkumaan luodin sisällä, luoti muuttuu epätasapainoiseksi ja epävakaaaksi.

7 Muut luodin käyntiin vaikuttavat tekijät

Valmiin luodin käyntiä testataan ainoastaan ampumalla. Ampumatestit suorittaa Sakon aseseppä. Tällöin saataviin mittaustuloksiin vaikuttaa luodin ominaisuuksien lisäksi lukuisat muut tekijät, joihin luotituotannossa ei kyetä vaikuttamaan. Ampumasuoritukseen vaikuttaa aseiden ja patruunan lisäksi inhimilliset tekijät. Testauksia suorittava aseseppä kertoi haastattelussani, että joskus on ”huonoja päiviä”, jolloin ampuminen ei onnistu toivotulla tavalla. Ampujan silmä ei kykene toisinaan tarkentamaan riittävällä tarkkuudella, tai lihaksisto on väsynyt, jolloin vakaan ampuma-asennon löytäminen on haastavaa. Testauksia suorittava aseseppä tunnistaa itse tällaiset tekijät ja voi tarvittaessa suorittaa uudet ammunnat esimerkiksi seuraavana päivänä.

Myös aseella on merkittävä vaikutus luodin käyntiin. Kuluneella, tai riittämättömästi puhdistetulla aseella ampuminen vaikuttaa negatiivisesti osumatarkkuuteen, vaikka luoti itsessään olisi hyväkäyntinen. Samoin kolhut, tai kulumat aseiden piipun suulla aiheuttavat

merkittävää epäsymmetrisyyttä luodin edellä ja perässä purkautuvaan kaasuvirtaukseen ja sitä kautta myös luodin lentorataan. Myös patruunan lataus ja ruudin ominaisuudet vaikuttavat luodin käyntiin. On kuitenkin todettava, että yleisimmin luodin käyntiongelmien syy on suoraan seurausta luodin valmistusprosessista ja korjaantuvat kun valmistuskoneiden säätöjä muutetaan, ammutatesteista saadun tiedon perusteella.

8 Valmistuksen aikaiset mittaukset ja laadunvalvonta

Luodin valmistuksen aikana suoritetaan useita mittauksia, laadun takaamiseksi. Asettaja suorittaa mittaukset mikrometriä, työntömittaa, tulkkeja ja vaakaa apuna käyttäen. Lisäksi luodeille tehdään ampumakokeita ja murskauskokeita. Mittausten avulla tuotannossa käytettävät koneisiin saadaan oikeanlaiset asetukset, joilla varsinaista tuotantoerää lähdetään valmistamaan.

Mikrometri (Kuva 8.) on tarkin käytössä olevista mekaanisista mittavälineistä. Oikein käytettynä ja sopivissa olosuhteissa kokenut mittaaja voi mitata millin tuhannesosia. Käytännössä mikrometrillä saadaan mitattua noin $\pm 0,004$ mm tarkkuudella. Suoritettavissa mittauksissa haetaan tyypillisesti sadasosamillimetrin tarkkuuksia.

Kuva 8. Mikrometri (Sako, intranet, n.d.).



Mittakello (Kuva 9.) on tärkeä työväline kuparivaipan vetovaiheen laaduntarkkailussa. Apurunkoon kiinnitetyllä mittakellolla saadaan mitattua vaipan seinämäpaksuuden tasaisuutta. Käytössä olevat mittakellot ovat 0,01 mm asteikolla. Käytännössä näillä päästään noin $\pm 0,02$ mm mittaustarkkuuteen. Mittakelloilla voidaan mitata pituuseroja kaikista sellaisista kohteista, joihin kellon kärki ylettää. Mittakello on aina kiinnitettynä apurunkoon, joka mahdollistaa muun muassa mittaheittojen mittaamisen.

Kuva 9. Mittakello (Sako, intranet, n.d.).



Luodin vaipan halkaisijaa ja pituutta mitataan digitaalisia työntömitalla. (Kuva 10.)

Mittaväline ilmoittaa mittaustuloksen kahden desimaalin tarkkuudella, mutta todellinen tarkkuus on huonompi. Hyvissä olosuhteissa päästään käytännössä noin 0,1 mm tarkkuuteen. Työntömitalla voidaan mitata ulkopuolisia mittoja, reikien sisähalkaisijoita sekä syvyyksiä.

Kuva 10. Työntömitta (Sako, intranet, n.d.).



8.1 Valmistuksen aikana suoritettava laadunvalvonta

Vetokonetta säädettäessä asettaja mittaa kuparivaipan seinämän vahvuuden tasaisuutta. Mittaamisessa käytetään apurunkoon kiinnitettyä mittakelloa. Seinämävahvuudessa sallitaan enintään 0,03 mm heitto. Suurikaliiperissa luodeissa käyntivaatimusten saavuttaminen on haastavampaa ja niitä valmistettaessa pyritään maksimissaan 0,01–0,02 mm seinämäheittoihin. Lisäksi mitataan vedetyn vaipan suoruutta. Myös tässä mittavälineenä on apurunkoon kiinnitetty mittakello ja vaipan suoruuden pitää olla 0,3 mm sisällä. Kumpikin näistä mitattavista suureista on luodin käynnin kannalta erittäin merkittävä

ja näiden toleranssiin saaminen on ehdotonta. Lisäksi mitataan vaipan pituutta, joka pitää olla piirustusten ilmoittama.

Muita mitattavia suureita luodin valmistuksen aikana ovat luodin halkaisija eri valmistusvaiheissa, luodin paino sekä luotiin ajettavien urien syvyys ja sijainti. Tulkeilla mitataan lisäksi luodin halkaisija täsmentäjän jälkeen ja joissain luotityypeissä kärkikartion muoto. Tulkeilla mitattaessa tulos on joko hyväksyminen tai hylkääminen.

8.2 Ampumalla testaaminen

Jokaisen valmistettavan luotierän riittävän hyvä käynti varmistetaan ampumakokeilla. Luodin osumatarkkuutta voidaan ilmaista kulmaminuuttisyksikössä MOA (Kaava 2.). Pelkän ammutun kasan koon lisäksi MOA ottaa huomioon myös ampumamatkan, Eli mitä pidemmälle etäisyydelle ammutaan, sitä suurempi hajonta osumissa sallitaan. Sako antaa valmistamilleen aseille takuun 1MOA:n tarkkuudesta, Sakon valmistamalla patruunalla ammuttaessa. Luotien osumatarkkuusvaatimus on yksilöllisempi, riippuen muun muassa luodin painosta ja käyttötarkoituksesta. (Kuva 11.)

Kaava 2. MOA ja kasan koko (waffenlager.net, n.d.-b).

Yksi kulma-aste on ympyrän 1/360 osa. -> yksi kulmaminuutti on kulma-asteen 1/60 osa. ->

Yksi kulmasekunti on kulmaminuutin 1/60 osa:

Yksi kulmaminuutti on ympyrän 1/21 600 osa.

(waffenlager, n.d.)

$$MOA = \frac{21600 * (kasan\ koko\ metreinä)}{2 * \pi * ampumamatka}$$

$$Kasan\ koko\ (m) = \frac{2 * \pi * (ampumamatka\ metreinä)}{(21600:MOA)}$$

Ampuminen tapahtuu Sakon valmistamilla aseilla ja ammunnan suorittaa aina sama henkilö. Sakolla ampumakokeet ovat ainoa suoraan luodin käyntiä osoittava testausmenetelmä. Luodin valmistusta aloitettaessa suoritetaan ensimmäiset ampumakokeet heti kun koneet on saatu säädettyä siten, että voidaan valmistaa muutamia kymmeniä luoteja testaamista varten. Näitä ensimmäisiä testattavia luoteja ei ole bondattu. Ammunnasta saatujen tulosten mukaan valmistuskoneille tehdään säätöjä, tai jos luodissa on hyvä käynti, tehdään pieni sarja bondattuja luoteja, jotka koeammutaan. Jos bondaus ei ole vaikuttanut luodin käyntiin negatiivisesti, voidaan tuotanto aloittaa. Jos taas luodin käynnissä on ongelmia, tehdään valmistuskoneille säätötoimenpiteitä, joiden vaikutusta luodin käyntiin tarkastetaan uusilla koeammunnoilla. Tätä jatketaan nii kauan, että saadaan tuotettua riittävän hyvin käyvää luotia. Luodin tuotannon aikana sen käyntiä testataan aina, jos koneille tarvitsee tehdä syystä tai toisesta muutoksia.

Kuva 11 MOA:n, ampumamatkan ja kasan koon suhde

	Ampumamatka		
MOA	100m	150m	200m
1,00	29,1	43,6	58,2
1,25	36,4	54,5	72,7
1,50	43,6	65,4	87,3
1,75	50,9	76,4	101,8
	Kasan koko (mm.)		

9 Olemassa olevat tiedot vetokoneen alkuasetuksista

Luodinvalmistuksen työntekijöillä on tulostettuna piirustukset kaikista valmistettavista luotityypeistä. Lisäksi on mahdollista saada tarvittaessa piirustukset käytettävistä työkaluista. Sen sijaan valmistuksessa käytettävien koneiden asetuksista ei ole ennen tätä työtä tallennettuna mitään koottua dokumenttia. Ainoat tiedot on kokeneen asettajan vuosien varrella tekemät käsin kirjoitetut laput, joihin on tallennettuna oleelliset tiedot koneiden asetuksista.

Vetokoneeseen asetetaan työkalut, kulloinkin valmistuksessa olevan luotityypin mukaan. Vaihdeettavia työkaluja ovat 1–3 vetopinnaa, kaksi vetorengasta kutakin vetovaihetta kohden, sekä heittorenkaat, joiden sisään vetorenkaat asetetaan. Periaatteessa lähes kaikille luotityypeille on olemassa valmiit työkalut, kuhunkin työvaiheeseen. Työkalut ovat koottuna laatikostoihin, jaoteltuina eri luotityyppien mukaan. Lisäksi on pyritty säästämään, erikseen merkattuina, ne työkalut, joilla edellisellä tuotantokerralla on todettu toimiviksi. Tähän käytäntöön ei kuitenkaan ole olemassa yhtenäistä, ohjeistettua toimintatapaa. Kokemus on osoittanut, että saadaksean käyviä luoteja, joudutaan joitakin työkaluja muokkaamaan, lähinnä hiomalla, tai luodeille käytetään ristiin eri luotityyppien työkaluja.

10 Mitattavissa olevat muutokset vetokoneen säädöissä ja työkaluissa

Varsinainen vetovaihe tehdään kahdessa tai kolmessa osassa. Siinä vetopinnan ja vetorenkaiden avulla valmis kuparikuppi vedetään syvävetomenetelmällä, luodin vaipaksi. Kuparikupin ulkohalkaisijaa säädellään vetorenkailla, jotka ovat aseteltuna heittorenkaan sisään. Vetorenkaiden sisähalkaisija pienenee jokaisella vedolla ja viimeisen vetovaiheen jälkeen kuparivaipan ulkohalkaisijan tulee olla kunkin luotityypin mittojen mukainen.

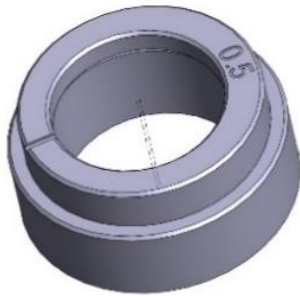
Vetopinna (Kuva 12.) eri luotityypeille tilataan ulkopuoliselta valmistajalta, Sakolla tehtyjen piirustusten mukaan. Piirustuksissa pinnan määrittävät halkaisija- ja pituusmitat ilmoitetaan 0,1 mm tarkkuudella ja +0/-0,02 mm toleranssilla. Luodin tuotannon aloituksessa tehdään muutamia kuparivaipan vetoja, joista asettaja mittaa vaipan seinämän vahvuuden tasaisuutta, sekä lyijy-ytimen ja kuparivaipan yhteispainoa. Jos vaipan seinämävahvuudessa on heittoa enemmän kuin 0,03 mm, tai jos luodin ja vaipan yhteispaino ei vastaa luotityypin vaatimuksia, joudutaan vetokoneen asetuksiin tekemään muutoksia. Luodin painoa voidaan säätää joko lyijy-ytimen painoa muuttamalla, tai kuparivaipan seinämävahvuutta muuttamalla. Vaipan seinämävahvuuden heittoihin voidaan vaikuttaa heittorenkaiden (Kuva

Kuva 12 Vetopinna (Sako, intranet, 17.2.2021).



13.) asentoa muuttamalla. Heittorenkaassa jonka sisään vetorenkaat asetellaan on joko täysin keskeinen, tai mitatulla heitolla epäkeskeinen avoin keskikohta. Kun vedettävästä kuparivaipasta tiedetään kuinka päin se ollut vetovaiheessa ja millä puolella siinä on seinämäpaksuudessa heittoa, voidaan heittorengaan asentoa ja epäkeskeisyyttä muuttamalla vaikuttaa vaipan seinämävahvuuden heittoihin. Ihanteellisessa tilanteessa voitaisiin luonnollisesti käyttää vain täysin keskeistä heittorengasta, mutta tähän päästään harvoin. Erilaisia heittorengaita on 0–0,50 mm epäkeskeisyydellä, 0,05 mm välein.

Kuva 13. Heittorengas (Sako, intranet, 17.2.2021).



11 Kunnossapidon merkitys luodinvalmistuksessa

Luotituotannon koneiden kunnan tarkkailu on pääasiassa asettajien vastuulla. He käyttävät ja säätävät koneita päivittäin ja huomaavat näin ollen ensimmäisenä koneiden vikaantumisen tai uhkaavan vikaantumisen. Yleisimmät pienet huollot ja korjaustoimenpiteet asettaja kykenee tekemään itsenäisesti, mutta suuremmissa vikaantumisissa heillä on mahdollisuus ottaa yhteyttä kunnossapitoon.

Kunnossapito suorittamat korjaustoimenpiteet liittyvät pääasiassa koneiden akseleiden ja luistien liikkeisiin. Jos luotituotannossa havaitaan, että luodeista ei saada riittävän laadukkaita eikä vika selity koneiden säädöillä tai työkaluilla, etsitään vikaa koneiden liikkuvista osista.

Koneille tehdään ajoittain ja tarvittaessa myös suurempia peruskorjauksia. Tällöin koneet puretaan ja merkittävät osat, kuten akselit ja luistit, tarkastetaan. Tarvittaessa kuluneet tai rikkoutuneet osat mallinnetaan ja tilataan uudet. Etenkin vetokoneilla nämä ovat merkittäviä, koska siinä kaikki pienetkin välykset ja muut poikkeamat, vaikuttavat herkästi valmistettavan kuparivaipan laatuun. Toisaalta peruskorjatussa koneessa kaikki aiemmat tiedot koneen alkuasetuksissa saattavat menettää merkityksensä ja uudet korjatulle koneelle sopivat säädöt pitää korjauksen jälkeen etsiä uudelleen.

12 Tulevaisuus

Luotituotannon tulevaisuuteen vaikuttaa monet tekijät, joihin tuotannossa on vaikea tai mahdoton vaikuttaa. EU:ssa suunnitellaan lyijyn käytön totaalikieltoa metsästys- ja urheiluammuntaan. Jos tällainen kielto toteutuu suunnitellussa laajuudessaan, on sillä merkittävä vaikutus luodinvalmistajille. Nykyisin valtaosa käytettävistä luodeista on koko-, tai puolivaippaluoteja, joiden toiminta perustuu oleellisesti lyijy-ytimen olemassaoloon. Jos tulevaisuudessa kuluttajille joudutaan valmistamaan vain lyijyttämiä luoteja, tulee luodinvalmistusprosessi todennäköisesti muuttumaan huomattavasti. Jos luotien pääpaino siirtyy täysmetallisiin luoteihin nykyisen konekannan käyttöaste laskisi merkittävästi ja luotien valmistus tapahtuisi jatkossa enemmän koneistamalla, tai muilla nykyisestä poikkeavilla menetelmillä. EU:n kaavailema kielto ei koskisi puolustusvoimia ja viranomaiskäyttöä, joten täysin lyijyluotien käyttö ja valmistus ei loppuisi.

Jos lyijy-ytimisien, tai muiden vastaavalla tavalla valmistettavien luotien tuotanto jatkuu tulevaisuudessa edelleen siinä laajuudessa, että nykyisenkaltaiseen luodinvalmistuslaitteistoon on taloudellisesti järkevää investoida, tulee laitekannan uusiminen jossain kohtaa väistämättä ajankohtaiseksi. Nykyaikaisia luodinvalmistus laitteita valmistaa muun muassa saksalainen FRITZ WERNER Industrie-Ausrüstungen GmbH ja Kanadalainen Waterbury Farrel. Uudet koneet ovat pitkälle automatisoituja ja niissä toimintoja on yhdistetty, siten, että esimerkiksi Waterbury Farrel:n koneessa vetovaihe ja valmistusvaihe tehdään samalla koneella. Lisäksi tuotantonopeus on suuri, jopa 240 kappaletta minuutissa. Uusissa koneissa nykyisenkaltaiset ongelmat koneiden säätämisessä on ratkaistu, joten niillä pystytään tuottamaan laadukkaita kappaleita vähemmällä säätämisellä. Toisaalta eri luotityyppien vaatimat työkalut ovat huomattavasti kalliimpia kuin

nykyisiin koneisiin tarvittavat työkalut. Automaatio tuo myös omat haasteensa kunnossapitoon. Lisäksi laitteiden hankintakustannukset ovat suuria, joten ennen investointeja joudutaan pohtimaan tarkkaan patruunamarkkinoiden kehitys, kuten mahdollisen lyijykiellon mukanaan tuomat rajoitukset ja täysin uudenlaiset luodit ja patruunat.

Myös valmistuksenaikaisia mittausmenetelmiä olisi mahdollista tulevaisuudessa kehittää. Tuotannon sujuvuuden kannalta olisi helpompaa jos luodin osumatarkkuutta voitaisiin mitata myös jollakin muulla menetelmällä kuin ampumalla. Amerikkalainen yritys Raptor scientific valmistaa mittalaitetta, jolla on mahdollisuus mitata luodin kaltaisen kappaleen massakeskipiste. Jos tällainen laite on anturiteknologialtaan riittävän tarkka, voitaisiin sillä määrittää luodin massakeskipisteen sijainti suhteessa geometriseen keskipisteeseen. Tämä taas kertoisi luodin epätasapainosta suhteessa pituusakseliin, joka on merkittävä tekijä luodin käyntiongelmassa. Lisäksi Sakolla on jo käytössä optinen mittalaite, jonka avulla luodin symmetria on mahdollista määrittää. Yhdessä näillä mittauksilla olisi teoriassa mahdollista mitata sellaiset luodin ominaisuudet, jotka määräävät luodin osumatarkkuuden. Varmasti ampumalla testaaminen säilyttää paikkansa aina osana luodin testaamista, mutta tekniset mittalaitteet joita asettajat kykenisivät itse käyttämään, voisivat helpottaa ja nopeuttaa laitteiden asetusten hakemista.

13 Yhteenveto työstä, työn tuloksista ja vaikutuksista

Sain tavoitteideni mukaisesti kerättyä kokeneen asettajan tietoja luodinvalmistuskoneiden asetuksista. Osa keräämästäni tiedoista oli yksiselitteistä numeerista tietoa eri työkalujen ko'oista ja asennoista. Mukana oli myös tarkennuksia vaativaa tietoa työkalujen muokkaamisista sekä abstraktimpaa tietoa erilaisista toimintatavoista. Haastatteleman asettaja on kerännyt tiedot noin neljäkymmenen vuoden työurallaan ja perustuivat pitkälti tuohon kokemukseen, ei niinkään aineistoista mahdollisesti löytyviin teoretietoihin.

Aluksi keskityin vetokoneeseen, koska tällä on käytettävistä koneista merkittävin vaikutus valmiin luodin laatuun ja käyntiin. Koostin käsin kirjoitetuilla lapuilla olevat tiedot vetokoneen asetuksista ja työkaluista yhdeksi Excel-taulukoksi (Liite 1). Tämä taulukko jää tallennettuna Sakon verkkolevyille. Jatkossa taulukkoa käytetään asettajien kirjaamien

tietojen koontipohjana. Taulukoiden välinen yhteys luodaan siten, että asettajien kirjatessa tiedot omalta koneelta luotikohtaiseen tiedostoon päivittyvät ne automaattisesti koontitiedostoon, johon ei muuten tehdä muutoksia. Näin ajan kuluessa saadaan tallennettua vertailutietoa koneiden asetuksista. Työn edetessä ymmärsin, että on kerättävä tiedot myös muiden koneiden asetuksista, koska kaikilla työvaiheilla on jokin merkitys lopputuloksessa ja mahdollisen uuden asettajan on helpompi toimia, jos kaikki tarvittavat tiedot on kerätty koostetusti.

Toisessa vaiheessa tein aluksi yli kolmestakymmenestä eri luotityypistä Excel-pohjan, johon lähdin keräämään paitsi aiemmin keräämäni tiedot vetokoneesta, myös tietoja muiden koneiden asetuksista (Liite 2). Lisäksi tein taulukkoon tilan myös sanalliselle tiedolle. Tätä työvaihetta tein aiempaa enemmän yhdessä asettajan kanssa, koska tieto oli osittain minulle vaikeasti ymmärrettävää ja toisaalta halusin samalla saada kerättyä abstraktia tietoa, kuten: miten kannattaa tehdä, miten ei kannata tehdä ja mitä pitää huomioida. Lopputuloksena sain kerättyä sellaista tietoa, mikä jatkossa toivottavasti helpottaa asettajien työskentelyä.

Lopullisena työn tuloksena on siis kolme eri tiedostoa; pieni-, keski- ja isosarja valmistuslinjojen mukaan. Jokaiseen tiedostoon on tehty oma sivu kullekin luotityypille. Näille sivuille keräsin kaiken mahdollisen tiedon millä voi olla merkitystä asettajille. Jatkossa on tarkoitus, että tekemäni tiedostot ja keräämäni tiedot tulevat asettajien tietokoneelle ja he alkavat keräämään itse ajantasaista tietoa koneen asetuksista ja muusta merkityksellisestä. Näin, ajan kanssa, saadaan kerättyä paljon tietoa siitä, minkälaisilla asetuksilla milloinkin luodit on saatu riittävän laadukkaiksi ja toisaalta voidaan tallentaa myös niitä tekijöitä, jotka on todettu toimimattomiksi.

Kerätyn tiedon tarkoituksena on nopeuttaa jatkossa asettajien työtä. Asettajat näkevät helposti ne tiedot, joilla aikaisemmin on saatu laadukkaita luoteja tuotettua. Tarkoitus on, että nämä tiedossa olevat tiedot olisivat niitä, joilla asettajat voivat lähteä liikkeelle, kun he tekevät asetuksia koneille. Mutta johtuen koneiden muista ominaisuuksista, kuten vällyksistä, ei ole ollenkaan varmaa, että tiedossa olevilla asetuksilla saataisiin aina tuotanto käyntiin. Tarkoitus onkin tarjota asettajille lähtötiedot, joista he sitten hienosäätävät kulloinkin toimivat asetukset.

Koska yleisimpiäkin luotityyppejä valmistetaan kerralla suuria määriä, mutta ajallisesti harvoin, on tämän työn tuloksena syntyneiden tiedonkeräysmenetelmien vaikuttavuuden arviointi pitkäaikainen prosessi. Sen sijaan opinnäytetyön seurauksena luodin valmistusprosessia ja testausmenetelmiä ruvetaan keittämään. Tavoitteena on saada kehitettyä luodinvalmistusprosessia kaikilta osin, siten että asetusajat lyhenisivät huomattavasti nykyisestä. Koneiden asetusvaihtoon liittyviä tekijöitä arvioidaan moniammatillisessa työryhmässä. Lisäksi pyritään löytämään uusia mittausmenetelmiä, joilla voitaisiin arvioida luodin ominaisuuksia valmistuksen aikana, nykyisen ampumalla testaamisen ohella. Myös ampumatestejä kehitetään siten, että luodista riippumattomat vaikutukset osumatarkkuuteen saataisiin mahdollisimman vähäisiksi. Käytännössä tämä tarkoittaa ampumaradan järjestelmien päivittämistä esimerkiksi ampumapenkin ja mittalaitteiden osalta. Tavoitteena on, että testaamisesta saadaan kehitettyä sellainen, että ampujan ja aseiden vaikutus häviää ja mitattu osumatarkkuus kertoo kiistatta vain luodin ominaisuuksista.

Lähdeluettelo

Hyytinen, T. (2020). *Metsästäjän asekirja*. Arma Fennica.

Jormanainen, J. (2017). *Tarkka-ammunta harrasteena*. Metsäkustannus.

Kiianmies, A. (2019). *Bondausprosessin kehittäminen & virtaustehokkuuden analysoiminen*.

Noudettu osoitteesta

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172640/Kiianmies_Aleksi.pdf?sequence=2&isAllowed=y

longrangeshooting.org. (n.d.). Noudettu osoitteesta <https://www.longrangeshooting.org>

Nammo Lapua Oy. (2020). *Tuotekuvasto*. Noudettu osoitteesta https://www.lapua.com/wp-content/uploads/2020/03/Lapua_Catalogue_2020_A4_FIN-www.pdf

Paananen, E. (2008). *Messinkihylsyisten keskisytytyspatruunoiden jälleenlataus* (Neljäs painos p.). Gummerus kirjapaino Oy.

Sako Oy. (2020). Noudettu osoitteesta <https://www.sakosuomi.fi/meista>

Waffenlager.net. (n.d.-a). *Luodit*. Haettu 1. Helmikuu 2021 osoitteesta

https://waffenlager.net/archive/ammo_bullet.html

Waffenlager.net. (n.d.-b). *Kulmaminuutti (MOA)*. Haettu 27. Tammikuu 2021 osoitteesta

MOA: <https://waffenlager.net/archive/moa.html>

Liite 1: Kooste tiedossa olevista vetokoneen asetuksista

A	B	C	D	E	F
4E	0,1/4	0/-	8,43-7,23	7,22-6,13	oma
Keski sarja					
	Heitto rengas 1 Alussa/merkin j	Heitto rengas 2 / merkin paikka (klo.)	Vetorenkas 1. vedossa	Vetorenkas 2. vedossa	vetopinna 1
0A	0,3/12	0	9,5-9,3	8,2-7,83	129A:n 1.pinna
8B	sama kuin 109B	sama kuin 109B	9,0-8,4	7,28-7,23	oma
9B	0,1/5	0,1/8	9,0-8,4	7,28-7,23	108B:n pinna
2F	0,35/12:00	0	9,60-9,3	8,3-8,2	
7A			9,55-9,3	8,3-7,87	120A:n
9A	0,25/12	0,4/6	9,55-9,3	8,1-7,83	oma
1A	Sama kuin 146A	Sama kuin 146A	Sama kuin 152A	Sama kuin 152A	Sama kuin 152A
2A	Sama kuin 146A	Sama kuin 146A	9,55-8,86	8,10-7,83	146A/oma
3A	Katso kohdasta "Iso sarja". Ajetaan ison sarjan koneella.				
5A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A
3A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A	Sama kuin 120A
6A	0,2/3:30	0,1/8	9,55-8,80	8,10-7,83	oma
7A	Sama kuin 146A	Sama kuin 146A	9,55-8,80	8,10-7,83	Sama kuin 146A
4A	0,1/6	0,1/9	9,58-9,33	8,3-7,87	129A:n 1.pinna
Iso sarja					
	Heitto rengas 1 Alussa/merkin j	Heitto rengas 2 / merkin paikka (klo.)	Heitto rengas 3 / merkin paikka	Vetorenkas 1. vedossa	Vetorenkas 2. vedossa
3A	0,4/6	0,1/13:00	0,3/12	9,8-9,65	8,9-8,3
5A	0,05/13:00	0	0,20/16:30	9,60-9,40	8,60-8,40
6A	0,35/12	0,35/6:30	0,5/6:30	9,8-9,65	8,6-8,4
6B	0	0,05/6:30	0,1/4:30	9,8-8,98	8,22-7,85
1B	0,3/6 ?	0,5/5 ?	0,5/6:30 ?	9,8-8,97	8,24-7,84
1D	0,35/12	0,15/5	0	10,50-10,26	9,8-9,6
6A	0 (20°)	0	0,1/9 (10°)	9,9-9,6	9-8,45
7A				9,9-9,32	8,56-8,4
8A				9,5-9,1	8,4-8,25
6D				11,6-11,3	9,82-9,6
1F	0,2/12	0,05/5	0,2/7	9,9-9,35	8,6-8,4
1F				12,5-11,3	9,25-9,12
2D				10,5-10	9,77-9,64
0A	0,4/6	0,1/13	0,3/12	9,78-9,65	8,9-8,30

Liite 2: Luotikohtaiset tiedot luodinvalmistuslaitteille

	A	B	C	D
1	Työkalu	Koko	Muutokset	Muuta Huomioitavaa
2	Heittorengas 1 / merkin paikka (klo.)	0,25/12		Yhdistyksessä oikea paine: lyijyn tulee olla tiivis, mutta huomioi ettei se ole jännityksessä.
3	Heittorengas 2 / merkin paikka (klo.)	0,05/12		Valmistuksen jälkeen luodin halkaisija alle maksimin
4	Vetorengas 1. vedossa	9,6 - 9,3		Jos lyijy pyrkii "pomppaan", voidaan käyttää ylisuurta yhdistystyynyä
5	Vetorengas 2. vedossa	8,3-7,83		Jos täsmäajalla täsmennetään perästä työntämällä, voidaan käyttää tasapainista pinnaa eikä kärjen vaurioita tule. Oikeanlaisia kääntäjiä ei ole
6	Vetopinna 1. vedossa	129A:n 1.pinna	Hiottu reilusti päästä	Varmista että kärkipinnan halkaisija on riittävän suuri, että lyijy putoaa pohjalle asti. Mutta niin ettei luodin halkaisija mene yli maksimin.
7	Vetopinna 2. vedossa	Oma	Hiottu päästä	Pituus kärkikoneen jälkeen min.23,5mm. ja max. 24,2mm.
8	Kärkipinna			
9	Katkaisupituus (mm)	17,7		
10				
11	Kuppi	Lyijylanka Ø		
12	2,85 g	6,4mm		
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				