



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KIVÄÄRIN ÄÄNENVAIMENTIMEN TUOTEKEHITYS

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Reijo Martikainen
Litteet poistettu salaussyistä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Reijo Martikainen			
Työn nimi Kiväärin äänenvaimentajan tuotekehitys			
Päiväys	4.10.2020	Sivumäärä/Liitteet	32/8
Ohjaaja(t) Mikko Nissinen ja Antti Alonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)			
Tiivistelmä			
<p>Tässä opinnäytetyössä jatkettiin jo aiemmissa projekteissa aloitettua äänenvaimentimen kehitysprojektia. Opinnäytetyössä mietittiin eri valmistusmenetelmiä, materiaaleja ja niiden sopivuutta äänenvaimentimen valmistukseen. Valitulla menetelmällä ja materiaalilla valmistettiin kiväärin äänenvaimennin, jolla ammuttiin koelaukaukset ja vertailun vuoksi koeammuttavana oli myös yksi tehdasvalmisteinen äänenvaimennin</p> <p>Koeammunnoissa mitattiin äänenvoimakkuus ja luodin lähtönopeus. Mittaustulokset merkittiin taulukkoon mistä niitä pystyttiin analysoimaan. Mittaustulokset analysoitiin ja suoritettiin vertailut ilman vaimenninta ammuttuihin laukauksiin ja vaimentimilla ammuttuja keskenään. Lopuksi pohdittiin, miten onnistuttiin äänenvaimentimen kehitystyössä ja miltä osin jäi kehitettävää.</p> <p>Päätännässä pohdittiin, onko valmistamallani äänenvaimentimella jatkossa kehitystarvetta ja päätettiin, että kehitystyötä tullaan jatkamaan opinnäytetyön jälkeen valmistamalla vaimennin metallista ja isommalle kivääricaliiberille, joka jäi tässä opinnäytetyössä tekemättä.</p>			
Avainsanat Äänenvaimennin, 3d-tulostus, kokoonpano, 3d-malli			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Reijo Martikainen			
Title of Thesis Product Development of Rifle Silencer			
Date	4 October 2020	Pages/Appendices	32/8
Supervisor(s) Mikko Nissinen and Antti Alonen			
Client Organisation /Partners Author's own project			
<p>Abstract</p> <p>In this thesis, the silencer development project started in previous projects was continued. In the study, different manufacturing methods, materials and the suitability of our mute for the manufacture of a silencer were considered. The selected method and material were used to make a rifle silencer, with which test shots were fired, and for comparison, one factory-made silencer was also available as a test shooter.</p> <p>In the experimental shootings, the volume and the bullet output speed were measured. The measurement results were recorded in a table from which they could be analyzed. The measurement results were analyzed and comparisons were made with shots fired without an attenuator and with attenuators. Finally, it was considered whether the development of the silencer was successful and to what extent there is room for improvement.</p> <p>It was considered whether there was a need for further development in the future and it was decided that the development work would be continued after the thesis by making a silencer from metal and a larger rifle caliber that was not done in this thesis.</p>			
<p>Keywords silencer, 3D printing, configuration, 3d model</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	KÄYTTÖTARKOITUS	7
3	RAKENNE JA TOIMINTA	8
4	SUUNNITTELU JA VALMISTUS	10
5	TESTAUS JA TULOKSET	14
6	LAITTEET	17
7	MATERIAALIT MENETELMÄT	19
8	LAINSÄÄDÄNTÄ JA LUVANVARAISUUS	21
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	22
10	PÄÄTÄNTÖ.....	23
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	24
	LIITE 1: OSAPIIRUSTUS 1.....	25
	LIITE 2: OSAPIIRUSTUS 2.....	26
	LIITE 3: OSAPIIRUSTUS 3.....	27
	LIITE 4: OSAPIIRUSTUS 4.....	28
	LIITE 5: OSAPIIRUSTUS 5.....	29
	LIITE 6: OSAPIIRUSTUS 6.....	30
	LIITE 7: OSAPIIRUSTUS 7.....	31
	LIITE 8: OSAPIIRUSTUS 8.....	32

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä valmistetaan pienoiskiväärin äänenvaimentaja. Äänenvaimennin valmistetaan paljon puheenaihetta aiheuttaneella menetelmällä, 3D-tulostamalla. Opinnäytetyössä perehdytään kiväärien äänenvaimentimien yleisimpiin käyttötarkoituksiin ja miksi kiväärin laukaisuääntä yli päätään on tarvetta vaimentaa. Selvitetään äänenvaimentajien rakennetta ja toimintaa.

Ennen oman vaimentimen suunnittelua perehdytään laajasti markkinoilla olevien äänenvaimentajien ominaisuuksiin ja rakenteeseen. Ja valitaan muiden valmistajien vaimentimista kolme pääominaisuutta rajapinnoiksi suunnittelulle. Nämä ovat vaimentajan paino, koko ja kyky vaimentaa, näitä ominaisuuksia punnitaan vaimenninta suunniteltaessa, vaimentimen käytettävyyden näkökulmasta.

Aluksi mietitään, mikä on maksimipaino vaimentajalle. Vaimentaja ei saa olla liian painava, sillä silloin se vaikuttaa kiväärin painopisteeseen negatiivisesti. Kun taas liian kevyellä vaimentajalla ei ole rekyyliä korjaavaa vaikutusta kiväärin painopisteeseen. Näin ollen kiväärinkin vaikuttaa vaimentimen painon valinnassa ratkaisevasti. Nämä asiat vaikuttavat materiaalin ja menetelmän valintaan suunnittelussa.

Seuraavaksi tarkastellaan, mikä on optimaalisin koko vaimentajalle. Koska vaimentajan tilavuus tulee olla piipun tilavuuteen nähden noin 20-30 kertainen. Tämä vaikuttaakin ratkaisevasti myös vaimentajan ulkomittoihin. Vaimennin ei voi olla myöskään halkaisijaltaan liian paksu, ettei se asettunut kiikaritähntäimen näkökenttään. Vaimentajan pituus on myös rajattu etutukin jälkeiseen piipun osuuteen. Eikä vaimennin ei voi jatkaa piipun mittaa rajattomasti, sillä silloin kivääri muuttuu kömpelöksi käyttää.

Viimeisenä ja tärkeimpänä tekijänä on vaimennuskyky, tämä ominaisuus on tärkein, sillä vaimentajan tarkoitus on vaimentaa laukaisuääntä ja kiväärin rekyyliä. On mietittävä, halutaanko omassa vaimentimessa vaimentaa enemmän laukaisuääntä vai rekyyliä. Tässä on siis tehtävä kompromissi, sillä kumpaakaan ei voida vaimentaa kokonaan.

Opinnäytetyössä suunnitellaan näiden edellä mainittujen asioiden perusteella oma kiväärin äänenvaimentaja, joka ominaisuuksiltaan ja rakenteeltaan käyttökelpoinen. Vaimentimesta mallinnetaan ensin 3D-malli, jota tullaan muokkaamaan mahdollisesti moneen kertaan suunnittelun aikana. Vaimentajan rakenteita suunniteltaessa on otettava huomioon menetelmät, joilla vaimennin valmistetaan. Valmistusmenetelmäksi valikoitui 3D-tulostus, vaikka alun perin oli tarkoitus valmistaa vaimennin koneistamalla mutta se jääköön tulevaisuuteen. 3D-malli pyritään kuitenkin suunnittelemaan siten, että se on mahdollista valmistaa koneistamalla.

Vaimentajasta valmistetaan useampia muovisia mallikappaleita 3D-tulostamalla, joita voidaan visuaalisesti ja käsin koskettaen tarkastella. Näitä malleja tarkastellaan ja mitaillaan miettien niiden rakennetta ja valmistettavuutta ennen kuin teemme lopullisen version vaimentimesta. Ensin päätettiin, että varsinainen lopputuote valmistetaan Savonian 3D-tulostimilla. Materiaalivaihtoehtoina joko metalli tai kuituvahvisteinen komposiitti. Mutta monien vastoinkäymisten jälkeen päätettiin valmistaa vaimennin belgialaisessa kaupallisessa tulostustalossa.

Valmista vaimentajaa testataan ampumalla koelaukauksia pienoiskiväärillä ensin vertailun vuoksi ilman vaimenninta ja sen jälkeen vaimentimien kanssa. Koelaukauksista mitataan laukausäänen voimakkuutta eri etäisyyksiltä, luodin lähtönopeutta ja osumapisteen muutosta. Tuloksia analysoidaan ja verrataan keskenään.

Tässä opinnäytetyössä käytetään seuraavanlaista laitteistoa. Suunnitellussa tietokonetta soveltuviin ohjelmistoihin, (Excel, Word, Solidworks) mikrometriä ja mittanauhaa. Prototyypin valmistuksessa viimeistelyyn tarvitaan myös kierrettyökaluja. Prototyypin osien aihiot valmistetaan belgialaisessa tulostustalossa (Imaterialise), kuin myös lopputuote äänenvaimennin valmistetaan samassa paikassa. ja viimeistely tehdään itse. Tulosten mittaamisessa käytetään desibelimittaria äänenvoimakkuuden mittaamiseen, luodinnopeusmittaria luodinlähtönopeuden mittaamiseen ja mittaviivainta osuimien mittaamiseen taululta. Materiaaleina opinnäytetyön vaimenninprojektin prototyypissä käytetään polycarbonaattia, polyamidia, alumidea ja alumiinia lopputuotteessa, polyamidi ja alumide olivat runkomateriaaleja, alumiini ja polycarbonaatti ovat kuorimateriaaleja.

Opinnäytetyössä käytetään valmistusmenetelmänä 3d-tulostusta. Koska valmistusmenetelmäksi valikoitui 3D-tulostus, niin perehdytään laajasti ainakin niihin tulostusmenetelmiin, joita työssä käytetään. Vaikka alustavasti jo päätettiin, että prototyypin osat tulostetaan sintrausmenetelmällä ja lopputuote pursottamalla. Mutta lopulliseksi valmistusmenetelmäksi päätettiin lasersintraus.

Työssä perehdytään kansalliseen ampuma-aselainsäädäntään, joka säätelee aseosien omistamista, säilyttämistä ja yksityistä valmistamista. Tarkoituksena oli käyttää valmis vaimennin CIP-tarkastukseen, mutta aikataulu anna sille myötä, eikä valittu materiaaliakaan ole lujuudeltaan riittävä siihen.

Johtopäätöksessä pohditaan, miten projektissa onnistuttiin ja tuliko vaimentimesta sellainen alun perin ajateltiin. Onko valmiissa vaimentimessa potentiaalia kaupallisille markkinoille ja onko valmistusmenetelmä järkevän hintainen, että sillä kannattaa vaimenninta valmistaa sarjatuotantona. Tuliko projektissa matkan varrella ongelmia ja jos tuli, niin miten saatiin ratkaistua. Ja jos jäi vielä jotakin kehitettävää lopputuotteelle, niin kerrotaan mitä ne voisivat olla.

Päätännössä kerrotaan äänenvaimennin valmistajien tilanteesta, mitkä ovat alan taloudelliset näkymät. Onko markkinoilla vielä tilaa mahdollisesti uusille innovaatioille, sillä valmistajia on paljon ja erilaisia vaimentimia on paljon. Tullaan myös pohtimaan, mikä on tämän vaimennin markkinoiden nykytila ja tulevaisuus.

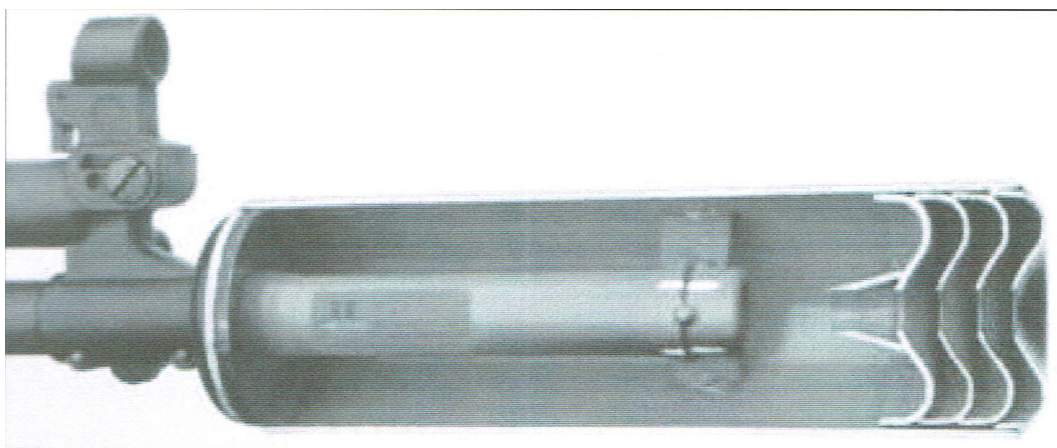
2 KÄYTTÖTARKOITUS

Ensimmäisen kiväärin äänenvaimentimen keksi amerikkalainen Hiram Percy Maxim. Hiram patentoi nimiinsä vuonna 1909. vaikka idea onkin yli 100 vuotta vanha, niin sama perusajatus on nykypäivän vaimentimissakin. Äänenvaimentimien käytön tarkoituksena on pienentää ampumamelua, pienentää rekyä ja parantaa osuma tarkkuutta. Laukaisuäänen haitat ovat suurempia ampujan sivulla ja

etupuolella oleville. Ampujan etupuolella altistuvat ovat koiria ja tämä tapahtuukin metsästystilanteessa. Ampujan sivulla taas ampumamelulle altistuu metsällä kanssametsästäjät ja ampumaradalla muut ampujat. Äänenvaimentaja ensisijainen käytön syy on kuulon suojaaminen. Toisena tarkoituksena tulee rekylin pienentäminen ja sitä kautta osumatarkkuuden parantuminen. Osumatarkkuuden parantuminen perustuu osittain myös siihen, että äänenvaimentimen lisäämä paino piipun päässä tasapainoittaa asetta ja vähentää piipun värähtelyä (Äänenvaimentimet a.).

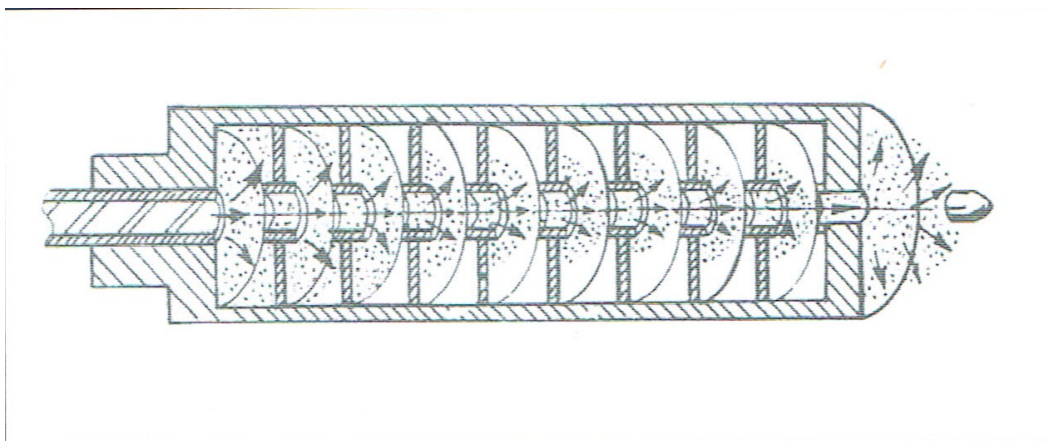
3 RAKENNE JA TOIMINTA

Toiminnaltaan vaimentimia on kahta mallia. Refleksivaimentaja, joka asettuu osittain piipun ympärille sekä osittain piipun jatkeeksi ja perinteinen malli, joka asettuu piipun jatkeeksi. Kammassakin toiminta ajatus on suurin piirtein sama, luodinliikkeelle lähettävän ruudin palamiskaasujen jäähdyttäminen ja antamalla paineiselle kaasuille tilaa purkautua ja palaa loppuun ennen ulkoilmaan pääsyä. Vaimentimia on valmistettu eri materiaaleista muun muassa teräksestä, alumiinista, muovista ja erilaisista komposiittimateriaaleista.



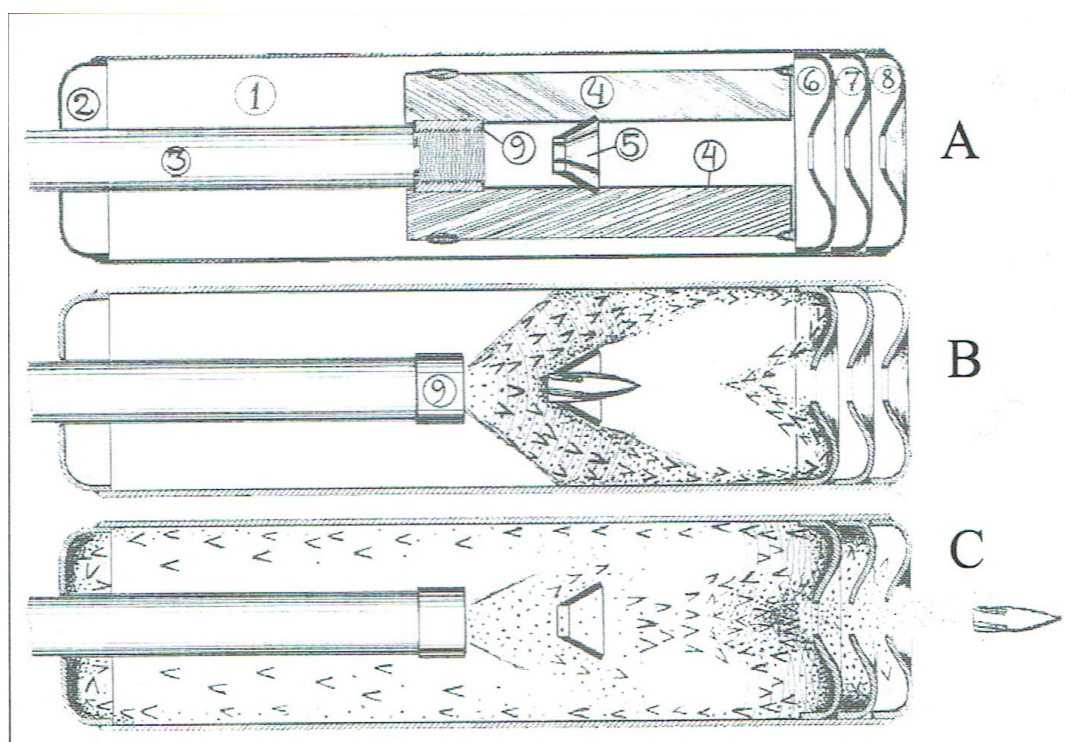
KUVA 1. Refleksivaimennin BR-Tuote Oy.

Kuvassa 1 on BR-Tuotteen valmistama refleksivaimennin, joka on toimintatavaltaan samanlainen kuin kuvassa 3 osoitettu toimintatapa osoitettu. Mielestäni tämän tyyppinen vaimennin sopii paremmin isommille kivääricaliibereille, koko vaimentimen tilavuus saadaan tässä tyypissä suureksi ilman, että se jatkaa asetta liiaksi. Suuri tilavuuksinen vaimentaja mahdollistaa suuren ruutikaasujen määrän hillityn purkautumisen hyvin jäähdytettynä ulos vaimentimesta. Mutta tämä on oma mielipide, joka täytyy tässä opinnäytetyössä tutkia ja todistaa.



KUVA 2. Refleksivaimennin. (Suihko 2009.)

Kuvassa 2 on kuvattu perinteinen piipunjatkeeksi asennettava Refleksi-äänenvaimennin. Tässä vaimennin on jaettu useammalla reflektorilevyillä kammioihin, joihin ruutikaasujen paine annetaan purkautua. Tässäkin vaimentimessa ruutikaasujen paine alenee ja jäähtyy ennen vaimentimesta ulos purkautumista. Tämä omasta mielestäni toimii parhaiten pienemmillä kaliibereilla, sillä pienempien patruunoiden ruutimäärä on pienempi, joten ruutikaasujen määrä on pienempi. Näin ollen vaimentimelta vaaditaan pinnempi tilavuus. Silloin vaimentimesta ei tule liian pitkä, koska silloin se tekee ki-vääristä kömpelön käyttää. Tämäkin on oma mielipide joka oikeaksi tai vääräksi todistettava.



KUVA 3. Vaimentimen rakenne (Suihko 2009.)

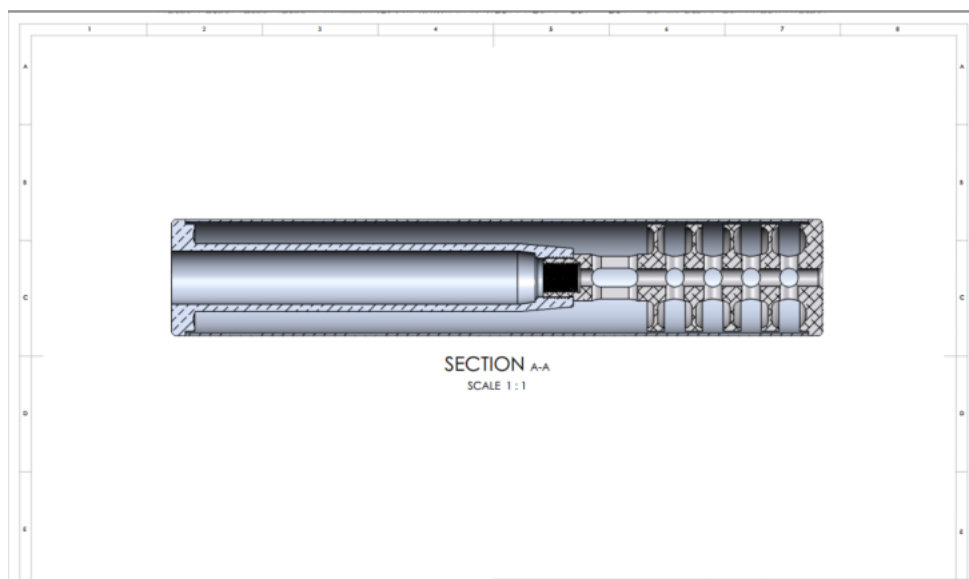
Refleksi vaimentajan osat kuvassa 3 A kuva ovat 2, 8 päätytulpat, 3 vaippaputki, 4 kiinitysalka, 5 poikkeutuskartio, 6 reflektori, 7 haittakappale ja 9 holkkimutteri. Kuvassa 3 B Luoti on ylittänyt poikkeutuskartion, joka hajottaa ruutikaasujen virtauksen suunnaten ne kohti reflektoria, jonka pyöreä muoto kääntää reflektorista kohti vaimentimen peräosaa. Kuvassa 3 C kun luodin poistuessa

vaimentimesta reflektorit hidastavat kaasujen purkautumisnopeutta, sekä pienentävät painetta ja lämpötilaa (Suihko 2009, s 116-118).

Vaimentimen tilavuus on suhteutettava oikein kiväärin kaliiberin mukaan. Oikea tilavuuden mitoitus on noin 20-30 kertainen verrattuna kiväärin piipun tilavuuteen. Tuo haarukka on aika suuri, koska ruutipanoksen suuruus ja asepiipun tilavuus määrittää vaimentimen lopullisen tilavuuden. Oikein mitoitettu vaimennin pienentää dramaattisesti suupamauksen ääntä vaikei sitä ihan elokuvahiljaiseksi saadakaan. (Äänenvaimentimet b.)

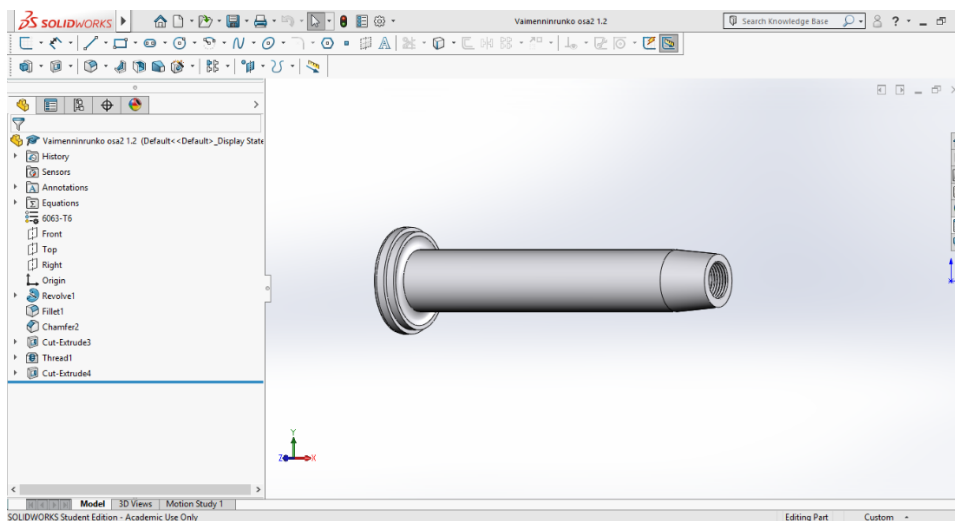
4 SUUNNITTELU JA VALMISTUS

Suunnittelun alkuvaiheessa määriteltiin kivääristä vaimentimen suunnitteluun vaikuttavat rajapinnat. Ne mitattiin kivääristä fyysisesti työntömitalla ja mittanauhalla. Kivääristä mitattiin piipun halkaisija, piipun pituus ja piipun sisähalkaisija. Piipun pituudesta ja sisähalkaisijasta saatiin laskettua piipun tilavuus, jota tarvittiin vaimentimen tilavuuden määrittämiseksi. Näillä tiedoilla voitiin suunnitella vaimennin. Kuvassa 4 näemme oman suunnittelemani ja mallintamani pienoiskiväärin äänenvaimentimen poikkileikkauskuva. Aluksi päädyimme tällaiseen teleskooppi tyyliin vaimentimeen. Poikkileikkauksessa näemme vaimentimen sisäiset muodot ja rakenteen.



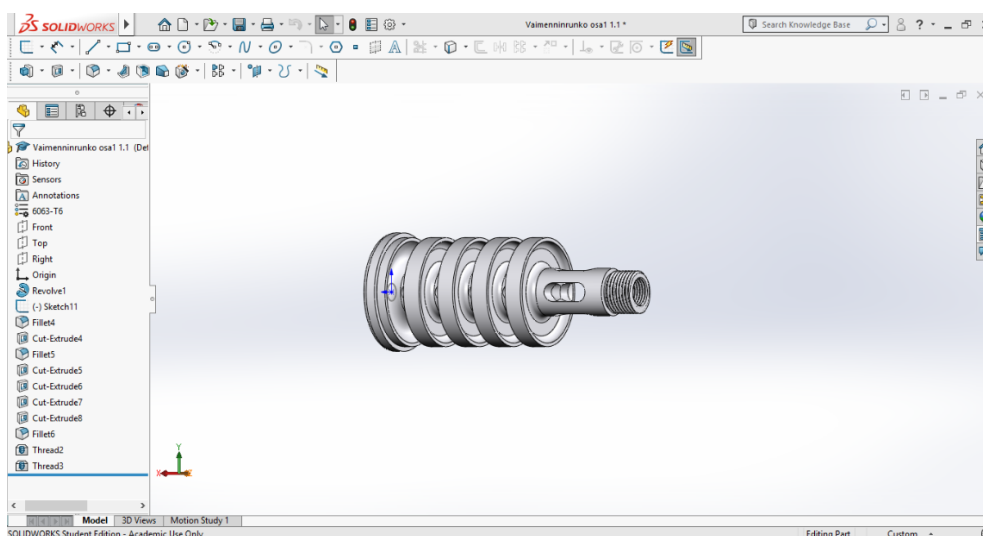
Kuva 4. Oma vaimennin. (Martikainen 2020.)

3D-malli, kokoonpano ja työpiirustukset on laadittu Solidworks ohjelmistolla. Varsinainen vaimennin version 3D-malli mallinnettu pienoiskiväärin kierteelle sopivaksi (1/2"-20). Vaimentimen tilavuus on mitoitettu pienoiskiväärille hiukan reiluksi, sillä tarkoituksena on käyttää samaa mallia isommalle kaliiberille. Piirustukset vaimentimen osille löytyvät liitteistä 1-8. Suunnitteluvaiheessa otetut kuvakaappaukset äänenvaimentimen runko-osista 1 ja 2 nähdään kuvissa 5 ja 6.



Kuva 5. Vaimentimen runko-osa 2. (Martikainen 2020.)

Suunniteluun on valittu pienoiskiväärin lisäksi kaksi kivääri kaliiberia 6.5x55SE ja 7.62x39. Pienois-
 väärin 3D-mallista muokataan näille kaliibereille sopivat mallit. Tuo 7.62x39:n mallinnus aiheuttaa
 hiukan päänvaivaa, sillä testiaseessani (Norico 56 s 7.62x39) piipun päässä on kyllä sama kierre kuin
 (Tikka T3 6.5x55SE), joka on toisena mahdollisen testiaseena mutta Norico:ssa kierre on vasem-
 mankätinen, joten joudutaan mallintamaan siihen väliholkki, jolla vaimennin saadaan kiinnitettyä
 piippuun. Mutta nämä isommat kaliiberit jäävät vielä tässä vaiheessa tulevaisuuteen.



Kuva 6. Vaimentimen runko-osa 1. (Martikainen 2020.)

Alkuperäinen ajatus oli valmistaa vaimennin sorvaamalla ja sorvaajakin oli tiedossa. Mutta koska sor-
 vaaja oli oppilaitos, jossa on alaikäisiä oppilaita, siksi se kieltäytyi kuitenkin viimemetreillä sorvaa-
 masta vaimentimen osia. Ymmärrän oppilaitoksen kieltäytymisen syy. Tästä syystä jouduin muutta-
 maan suunnitelmia ja muuttamaan valmistusmenetelmän 3D-tulostukseen. Vaimentimesta valmistet-
 tiinkin mallikappale muovista 3D-tulostamalla Polyamidista. Mallikappaleen osat näemme kuvassa 7.



KUVA 7. Äänenvaimentimen prototyyppi. (Martikainen 2020.)

Mutta vielä uudestaan mietitään lopullisen vaimentimen valmistamista alkuperäisen suunnitelman mukaan sorvaamalla ja selvitetään, onnistuisiko sorvaus Savoniassa, mutta vallitsevan maailman laajuisen epidemia tilanteen vuoksi se osoittautuu mahdottomaksi. Joten ainoaksi vaihtoehdoksi jää 3D-tulostus. Savoniassa oli kevään aikana hankittu myös metallin 3D-tulostukseen soveltuvia tulostimia. Haasteeksi osoittautui kuitenkin aikataulu, sillä ei ollut varmaa millä aikataululla tulostimet olisivat käyttövalmiita.

Ensimmäisenä laitteista käyttöön saatiin pursotus ja sintraus menetelmää käyttävä tulostin, jossa materiaali vaihtoehtona on ruostumatonteräs (RST 316L). Mutta tarkemmin pohdinnan jälkeen menetelmää materiaalia, niin tulimme siihen lopputulokseen, että suunnittelemani vaimentimen osat eivät sovellu valmistettavaksi kyseisellä menetelmällä ja materiaalilla.

Ongelmaksi osoittautuvat tukirakenteet, joita joutuisi tulostamaan paljon ja niitä olisi vaikea poistaa. Joten menetelmä ja materiaali hylätään ja siirrytään seuraavaan. Seuraava vaihtoehto on tulostaa sintraamalla jauhepetimenetelmällä ja alumiinista. Tämä menetelmä ja materiaali olisi ollut hyvä ja tuet olisi ollut helppo poistaa, koska ne tulostetaan tässä menetelmässä keraamisesta materiaalista.

Mutta tämän tulostimen käyttöönotto viivästyy, niin tämäkin vaihtoehto pitää unohtaa. Näin ollen pitää turvautua hätäratkaisuun eli valmiin vaimentimen osat pitää tilata samasta paikasta kuin prototyyppin osat (Imaerialise). Ja materiaaliksi valitaan alumiini vahvisteinen polyamidi eli alumide.

Äänenvaimentimen tulostettavat osat valmistutetaan myös lopulta samassa belgialaisessa tulostustalossa, kuin prototyyppinkin osat ja vaimentimen kuoriputki leikataan sopivasta alumiiniputkesta itse,

koska ei ole mitään järkeä valmistaa kuoriputkea tulostamalla jo sen hinnankin puolesta. Valmiit vaimentimen osat viimeistellään vielä ennen kokoonpanoa. Kuoriputken pinta ja leikkaus jäysteet hio- taan puhtaiksi ja tulostettujen osien kierteet viimeistellään kierrepakalla ja tapeilla Käypäisiksi toi- siinsa. Kuvassa 8 valmiit ja viimeistellyt vaimentimen osat ennen kokoonpanoa



Kuva 8. Valmiit vaimentimen osat. (Martikainen 2020.)

Kokoonpano on yksinkertainen, sillä se ei vaadi työkaluja. tulostetut vaimentimen runko-osat työn- nettiin kuoriputken sisään toinen toisesta päästä ja kierretään kierteelleen kiinni. Tällainen kokoon- pano on jo vaimentimen huollonkin kannalta mielestäni paras ratkaisu, johon kehitystyössä pyrittiin ja päästiin. Kuvassa 9 nähdään valmis kokoonpano vaimentimesta.



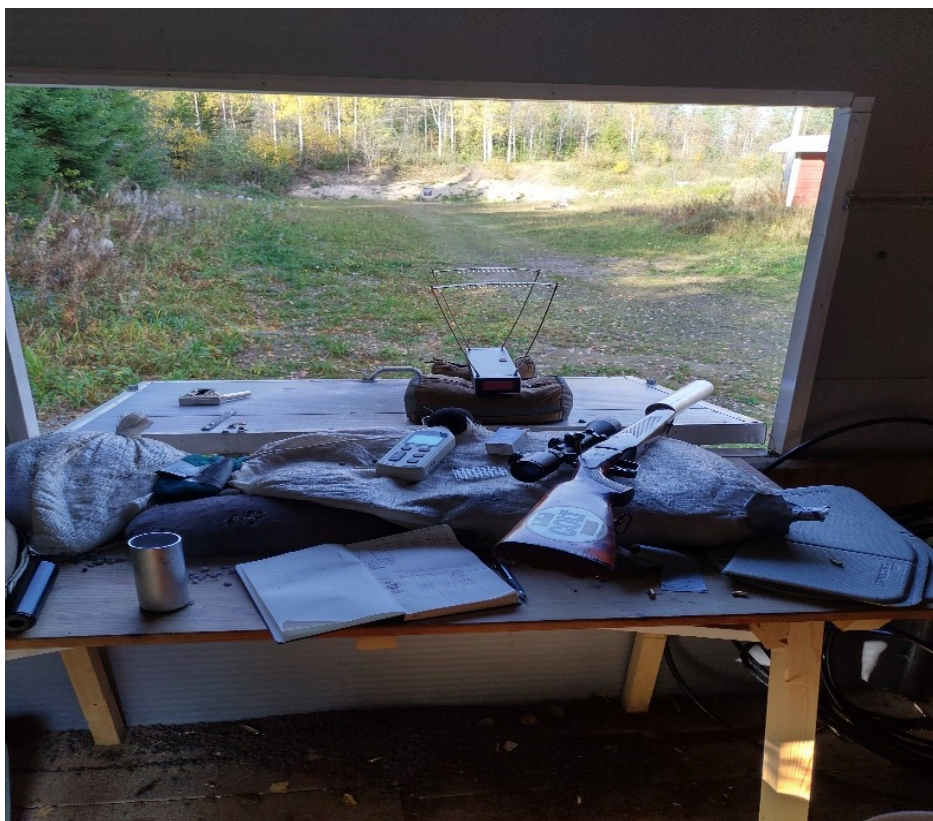
Kuva 9. Valmiit vaimentimet. (Martikainen 2020.)

Vaikka vaimennin suunniteltiin valmistettavaksi tämän .22 kaliiberin lisäksi kahdelle muulle isommalla kaliiberilla, niin niistä kuitenkin luovutaan tässä vaiheessa turvallisuus syistä, koska valmistusmateriaaliksi valikoitui pakon edessä alumide, niin sen lujuus ja lämmönkesto ei ole riittävä isommille kaliibereille. Näin ollen päätetään, että kehitystyötä jatketaan tässä vaiheessa .22 kaliiberissa eli pienoiskiväärillä. Vaimentimien fyysisiksi mitoiksi saadaan lyhyelle vaimentimelle: pituus 121 mm, halkaisija 50 mm, paino 174 g ja tilavuudeksi 1dl. Ja pitkälle: pituus 280 mm, halkaisija 50 mm, paino 354 g ja tilavuus 2,42 dl

5 TESTAUS JA TULOKSET

Ääni on väliaineessa tapahtuvaa paineen vaihtelua, joka liikkuu kesipaineen ympärillä ja tämän ihmisen korva havaitsee. Äänennopeus on ilmassa noin 343 m/s, jonka värähtelytaajuus on ääretön. Mutta ihmisen korva pystyy havaitsemaan ääniä vain 20-20000 hertsin alueelta ja on herkimmillään 3000-4000 hertsin alueella. (Äänenpaineen mittaus.)

Äänenpaineen mittayksikkönä desibeli(C), jota käytämme tässäkin mittauksessa. Mittaamme äänenpaineen kahdelta etäisyydeltä ja merkitsemme tulokset taulukoihin 1-3. Mittausetäisyydet mittauksissa ovat ampujan korvanvieressä ja 1 metrin päässä piipun etupuolella. Pienoiskiväärillä ammutaan kolme laukausta kummaltakin etäisyydeltä ja kolmella eri vaimentimella, jotka olivat omavalmiste pitkä, omavalmiste lyhyt ja SAK-vaimenin. Mittaustuloksista laskettiin keskiarvo.



Kuva 10. Kalustoa testiammunnasta. (Martikainen 2020.)

Ensimmäinen mittaus toteutetaan siten, että desibelimittari asetetaan 1 metrin etäisyydelle ampujan etupuolelle mutta kuitenkin hiukan sivuun ampumalinjasta. Toinen mittaus suoritetaan noin metrin päästä ampujan korvasta ampujan sivulle. Koelaukaukset ammutaan seisaaltaan ja mittari asetetaan ampujan pituuden mukaan pään korkeudelle. Koeammunnat ammutaan olosuhteiden pakosta ampu-
makopista, vaikka se ei ole laukausten desibeli mittaukseen optimaalinen paikka, mutta vertailukel-
poiset saadaan tälläkin tavalla. Kuvassa 10 näemme kalustoa, jota mittauksissa käytettiin.

TAULUKKO 1. Desibelimitaus 1m piipun edestä. (Martikainen 2020.)

Pienoiskivääri Toz 12 .22	Laukaus 1	Laukaus 2	Laukaus 3	Keskiarvo Yhteensä
Mittayksikkö	dB(C)	dB(C)	dB(C)	dB(C)
1. Ilman vaimenninta	112,3	113,2	113,0	112,8
2. SAK vaimennin	94,0	95,2	94,2	94,5
3. Omavalmiste Lyhyt	99,8	100,4	100,3	100,2
4. Omavalmiste Pitkä	102,1	99,0	100,0	100,4

Taulukon 1 tulokset on mitattu metrin päästä piipun suun etupuolelta. Tuloksista voidaan todeta, että kaikkien vaimentimien tulokset alittivat ilman vaimenninta ammuttujen laukausten desibeliarvon. Tehdas valmisteen SAK-vaimennin on vertailuvaimentimista hiukan muita parempi. Pientä hajontaa on kaikissa kolmen laukausten koesarjoissa, niin vaimentimilla ammutuissa, kuin ilma vai-
menninta ammutuissa ja molempien taulukoiden tuloksissa. Pienimmän äänenvoimakkuuden

saavutti tehdasvalmisteinen SAK-vaimennin. Omavalmisteiset vaimentimien tulokset olivat noin 5 desibeliä suuremmat, mutta omavalmisteisilla vaimentimilla ei keskenään ollut juurikaan eroa.

TAULUKKO 2. Desibelimittaaus 1m ampujan sivulta. (Martikainen 2020.)

Pienoiskivääri Toz 12 .22	Laukaus 1	Laukaus 2	Laukaus 3	Keskiarvo Yhteensä
Mittayksikkö	dB(C)	dB(C)	dB(C)	dB(C)
1. Ilman vaimenninta	108,6	108,7	108,6	108,6
2. SAK vaimennin	92,9	92,4	92,2	92,5
3. Omavalmiste Lyhyt	96,2	96,1	96,1	96,1
4. Omavalmiste Pitkä	97,0	97,2	97,7	97,3

Taulukon 2 tulokset mitataan noin metri ampujan korvasta sivulla. Edelleen kaikkien vaimentimien tulokset ovat pienemmät, kuin ilman vaimenninta ammutuissa. Tämän taulukon tuloksia pidän merkityksellisempänä, koska tämä vaikuttaa ampujan kuulon suojaukseen enemmän. Tässäkin mittauksessa on SAK-vaimennin paras, sen tulos on 16,1 desibeliä pienempi ilman vaimenninta ammutuissa. Omavalmisteisissa ei keskenään ole tässäkään mittauksessa suurta eroa, mutta eroa SAK-vaimentimeen on 4-5 desibeliä.

TAULUKKO 3. Luodin lähtönopeusmittaus piipun suulta. (Martikainen 2020.)

Pienoiskivääri Toz 12 .22	Laukaus 1	Laukaus 2	Laukaus 3	Laukauksien Keskiarvo
Mittayksikkö	m/s	m/s	m/s	m/s
1. Ilman vaimenninta	312,5	311,1	312,5	312,0
2. SAK vaimennin	270,5	281,0	275,6	275,7
3. Omavalmiste Lyhyt	299,5	301,8	299,5	300,3
4. Omavalmiste Pitkä	296,5	291,7	293,5	293,9

Taulukossa kolme vaimentimien vaikutus luodin lähtönopeuteen piipun suulta mitattuna. Aluksi voidaan tuloksista todeta, että ilman vaimenninta ammuttujen laukausten lähtönopeudet ovat 14m/s hitaampia kuin patruunapakkauksessa oli ilmoitettu 326m/s. Mutta ei takerruta siihen sen enempää sillä voi johtua monesta tekijästä kuten testikivääristä ja mittauksessa käytetyistä mittarista. Kun noita vaimentimilla ammuttuja tuloksia vertailee, niin huomataan, että SAK-vaimentimella ammutut laukaukset ovat lähtönopeudeltaan 36.3m/s hitaampia kuin ilma vaimenninta ammuttujen laukaukset. Omavalmisteisista lyhemmällä ero ilma vaimenninta ammuttuihin on 11,7m/s kun taas omavalmiste pitkällä ero on 18,1m/s. Keskinäistä eroa näillä omavalmisteisilla on 6,4m/s. SAK-vaimenninta verrattaessa omavalmisteisiin, niin huomattiin, että omavalmiste lyhyt on 24,6m/s nopeampi ja omavalmiste pitkä oli 17,2m/s nopeampi.

Koelaukauksista verrataan osumapisteiden muuttumista, mutta tätä ei dokumentoida ollenkaan, koska osumapisteet eivät muuttuneet. Vaikka oletettiin muutosta osumapisteissä, niin sitä ei tapahtunut edes ilman ammuttujen laukausten ja minkä tahansa vaimentimen läpi ammuttujen laukausten välillä.

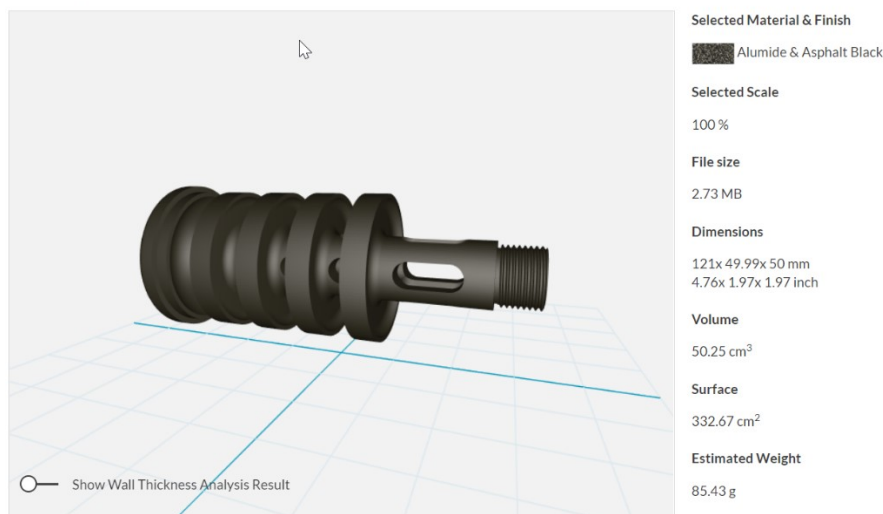
6 LAITTEET

Markforged Metal X on maailman ensimmäinen Atomic Diffusion Additive Manufacturing (ADAM) - kone. Se on jopa 10 kertaa halvempi kuin vaihtoehtoisten metallien lisäaineiden valmistustekniikat (3D-tulostus).

Tämä tulostin olisi ollut hyvä vaihtoehto tulostimeksi ja olikin pitkään paras vaihtoehto vaimentimen Osien valmistukseen, mutta pian huomattiin, että 3d- mallit eivät soveltuneetkaan sellaisenaan kyseiselle tulostimelle. Näin jouduimme hylkäämään tämän tulostimen ja menetelmän.

Eosint P700 on maailmanlaajuinen ensimmäinen kaksoislaserijärjestelmä muovien lasersintraukseen. Siksi se tarjoaa aivan uusia ulottuvuuksia: tuottavuudessa, rakennuskuoren, rakennusnopeuden ja osien laadun. Järjestelmä asettaa standardit myös yksilöityjen sarjojen tuotteille (3D-tulostin).

Model parameters



Kuva 11. Vaimentimen osa 1. (Martikainen ja Imaterialise 2020.)

Tämä tulostin löytyy belgialaiselta tulostustalolta (Imaterialise). Tällä tulostimella vaimentimen osat tulostetaan. Osat ovat hyvälaatuisia ja hinta on ainakin omasta mielestä edullinen. Kyseisen yrityksen tulostuspalvelun käyttö on tehty helpoksi käyttää. Lataat oman 3d-mallin verkkosivuilla olevaan laatikkoon, niin malli analysoidaan ja analysoinnin jälkeen kertoo, että voidaanko se tulostaa. Valittu materiaali, niin sovellus kertoo tulosteelle hinnan. Kuvassa 11 näemme mallin valmiina tulostettavaksi. Ja jos haluat tulostaa mallisi, niin lisäät sen ostoskoriin ja maksat ja noin kahdenviikon sisällä saat valmiin tulosteen postilaatikkoosi. Kuvassa 12 voidaan ihaila tulostettujen vaimentimenosien tulostuksen laatua.



Kuva 12. Tulostettuja osia. (Martikainen 2020.)

Kierrettyökaluja tarvitaan vaimentimen kierteiden viimeistelyssä. Vaimentimen kiinnityskierteessä käytetään 1/2x20 UNC kierretappia ja vaimentimen kokoonpanokierteessä 18x1,5 6H kierretappia ja 18x1,5 6H kierrepakkaa. Kierteitä pitää viimeistellä, koska tulostamalla tehdyissä vaimentimen osissa olevat kierreet eivät ole mittatarkkoja. Mutta viimeistelyn jälkeen ne sopivat toisiinsa tiukasti ja oikein. Kuvassa 13 näemme mitä mittavälineitä ja kierrettyökaluja projektissa käytetään.



Kuva 13. Mittavälineitä kierrettyökaluja (Martikainen 2020.)

Testikiväärinä käytetään vanhaan kertalaukeavaa Toz 12 Pienoiskivääri Kaliiberi 22LR, koska sellainen itseltäni on. Tämä pienoiskivääri sopii tarkoitukseen hyvin. Ja patruunoina käytetään CCI standard 22LR patruunaa lähtönopeudeltaan 326 m/s. Kuvassa 14 koeammuntakivääri ja patruunat.



Kuva 14. Testikivääri. (Martikainen 2020.)

Vaimentimen toimivuuden todentavaan mittaamiseen käytetään äänenpainemittaria ja luodinnopeusmittaria. Luodinnopeusmittarina käytetään kiinalaista merkitöntä mittaria, jonka mitta alueena on 1-3000 m/s ja tarkkuus +- 5%. ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan mittari on tähän tarkoitukseen riittävä. Desibeli-mittauksissa käytetään edullista kiinalaista merkitöntä mittaria, jonka mitta alue on 30-130 db ja tarkkuus +-1,5db. Kuvassa 15 mittalaitteet, joita vaimentimen koeammunnassa käytetään.



Kuva 15. Luodinnopeusmittari ja desibelimittari. (Martikainen 2020.)

7 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

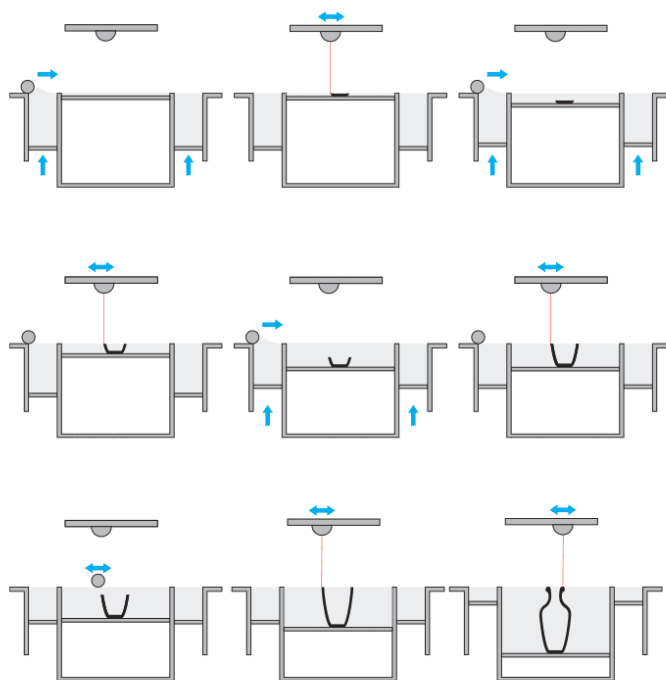
Polyamidi (MJF) on vahva ja jonkin verran joustava materiaali ja se on myös hyvin monipuolinen materiaali. Se voi kestää hyvin pieniä iskuja sekä jonkin verran painetta. se on myös joustava tai jäykkä sopivissa muodoissa. Pinta on kuten alumidessäkin hieman rakeinen ja huokoinen. HP Multi Jet Fusion -tekniikkaa käyttämällä saat tulosteista suurempi tiheyksisiä ja vähemmän huokoisia, kuin selektiivisellä lasersintrauksella valmistetuista. Polyamidi on hyvä materiaali, kun tarvitet yksityiskohtaisempia ohutseinämäisiä tulosteita, lasersintrauksella. Polyamidi on myös hyvä materiaali aloittelijoille, koska se on halpa materiaali, eikä aseta liikaa rajoitteita suunnittelulle. (Materiaalit a.)

Alumide on muovimateriaali, joka koostumukseltaan vähän huokoinen, vahva ja melko jäykkä materiaali. se kestää hyvin korkeitakin lämpötiloja jopa 130 ° C. Se on polyamidi jauheen (PA 12) ja alumiinijauheen sekoitus tosin seos sisältää vain erittäin pienen osuuden alumiinijauhetta. Materiaalin mattamainen metallin näköinen pinta tulee alumiinista. Se tekee materiaalista hauraammaksi, kuin polyamidi. Alumide on kuten polyamidi, helppo materiaali aloittelijoille, sillä se on halpa materiaali eikä tämäkään aseta liikaa rajoitteita suunnittelulle. (Materiaalit b.)

Ruostumaton teräs on kestävä ja hyvin korroosionkestävä rautaseos, aina kun sen kromi pitoisuus on yli 10 prosenttia, jos sen pitoisuus jää alle 10 prosenttia ei voida puhua ruostumattomasta teräksestä. koska ruostumattoman teräksen korroosiokestävyys perustuu sen sisältämään kromiin. 3D-tulostuksissa käytettävien ruostumattomien teräseoksia ovat muun muassa 17-4PH, 15-5PH ja 316L. (Materiaalit b.)

Valmistusmenetelmä, jota ei kuitenkaan käytetty tässä opinnäytetyössä oli pursotus ja sintrausta. Pursotus ja sintraus on menetelmä, jossa metallijauhe on sekoittunut sidosaineeseen pursotuksessa käytetyssä materiaalissa. Materiaali pursotetaan ohuina kerroksina yhdeksi kappaleeksi. Tulostuksen jälkeen kappale puhdistetaan ja kuivataan, jonka jälkeen kappale sintrataan uunissa noin 1300 asteessa celsiusta, jossa kappaleesta poistuu väliaineen ja kappale saa lopullisen kovuuden. (Pursotus ja sintraus.)

Menetelmä, jota tässä opinnäytetyössä käytetään vaimentimen osien valmistukseen, oli lasersintraus. Lasersintrauksessa työ aloitetaan muokkaamalla 3D-mallista tulostus ohjelmistolla tulostimelle soveltuva. Ohjelmisto jakaa mallin ohuiksi siivuiksi, jotka tulostuksessa sulatetaan laserilla kerroksittain jauheeseen. Ohuet sulatetut kerrokset sulavat toisiinsa kiinni ja tämä toistetaan niin kauan, kunnes koko mallin siivut on sulatettu toisiinsa jauhetta tukena käyttäen, muodostuu valmis tulostettu kappale. Kuvassa 16 nähdään kuvasarja laser sintrauksen vaiheista tulostusposessista. (Sintraus.)



KUVA 16. Tulostusprosessi. (Sintraus.)

8 LAINSÄÄDÄNTÄ JA LUVANVARAISUUS

Aseen osien luvanvaraisuus. Seuraavassa viitataan keskusteluun paikallisen ampuma-aselupia myöntävän komissaarion kanssa Iisalmissa. Poliisilaitoksen tulkinta kiväärin äänenvaimentimen yksityisestä valmistamisesta ja valmistuttamisesta on seuraava: Jos äänenvaimentimen hankkimiseen ei tarvitse hankkimislupaa, kun henkilöllä on sellaiseen aseeseen mihin äänenvaimennin sopii hallussapitolupa. Niin samoilla perusteilla ei tarvitse lupaa sen valmistamiseenkaan pois lukien kaupallinen valmistaminen.

Ampuma-aselaissa on säädetty seuraavaa, myös eräiden aseiden osien hankkiminen ja hallussa pitäminen on luvan varaista ja poliisi myöntää niihin hankkimisluvan. Tällaisiin aseiden osiin kuuluvat irrallaan aseesta olevat äänenvaimennin, piippu, patruunapesä, runko, sulkulaite ja sen sulkukappale sekä runko ja osia, jotka vastaavat toiminnallisesti näitä aseiden osia.

Jos henkilö on hankkimassa kyseisiä aseiden osia ja hänellä on jo ennestään hallussapitolupaan perustuva oikeus pitää hallussa näitä aseiden osia tai samankaltaisista osista kasattua ampuma-asetta, niin hänen ei tarvitse kyseisten osien hankkimiseen hankkimislupaa. Hänen on siitä huolimatta tässä tapauksessa tehtävä ilmoitus poliisille 30 päivän sisällä ostopäivästä ja sinä aikana käytävä esittämässä aseiden osia poliisille.

Äänenvaimentimien kohdalla on poikkeus, sillä niiden hankkimisesta ei tarvitse tehdä ilmoitusta poliisille, jos äänenvaimentimen hankkijalla on jo ennestään oikeus pitää hallussa jotakin ampuma-asetta. Aseenosaa voidaan pitää vastaavana osana, jos aseiden kalibri, toimintatapa ja tyyppi ei muutu, korvataan aseiden osa tällaisella aseiden osalla. Vastaavana aseiden osana ei kumminkaan pidetä

aseen osaa, jos jostakin muusta aseesta kuin taskuaseesta osan vaihtamisen jälkeen taskuase.
(Aseen osien luvanvaraisuus.)

”3 § (7.6.2019/724)

Aseen osa

Aseen osalla tarkoitetaan aseiden runkoa, ylä- ja alarunkoa, lukon kehystä, piippua, luistia, patruunaruullaa ja patruunapesää, lukkoa ja muuta sulkulaitetta sekä lukon ja muun sulkulaitteen runkoa, sulkukappaletta, äänenvaimenninta, sekä niitä toiminnallisesti vastaavia osia.

42 a § (8.9.2017/623)

Hankkimisoikeus ja yksityinen valmistamisoikeus

Aselupaan liitettävä hankkimisoikeus tai yksityinen valmistamisoikeus annetaan enintään vuodeksi. Erityisestä syystä hankkimisoikeus tai yksityinen valmistamisoikeus annetaan enintään kahdeksi vuodeksi.

Yksityinen valmistamisoikeus voidaan antaa 45 tai 45 a §:ssä säädetyin edellytyksin noudattaen, mitä 43 §:ssä, lukuun ottamatta 43 §:n 1 momentin 8 kohtaa ja 2 momenttia, ja 44 §:ssä säädetään.

Aselupa raukeaa, jos ampuma-asetta, tehokasta ilma-asetta tai aseiden osaa ei ole hankittu hankkimisoikeuden voimassa ollessa taikka valmistettu tai muunnettu yksityisen valmistamisoikeuden voimassa ollessa.

Sen, joka ei ole saamansa hankkimisoikeuden nojalla hankkinut tai yksityisen valmistamisoikeuden nojalla valmistanut tai muuntanut ampuma-asetta, tehokasta ilma-asetta tai aseiden osaa, on 30 päivän kuluessa aseluvan raukeamisesta toimitettava lupatodistus poliisilaitokselle, jos lupa ei ole sähköinen” (Ampuma-aselaki.)

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Voidaan sanoa, että tässä opinnäytetyössä toteutetulla tuotekehitys projektissa päästiin muutamien vaikeuksien jälkeen kuitenkin ihan kelvolliseen ja kehityskelpoiseen lopputulokseen. Vaimentimen ennalta asetettuihin ominaisuuksiin vaatimukset täyttyivät hyvin, joita olivat paino, koko ja vaimennuskyky myös helppo huollettavuus.

Valmistuksen tavoitteet eivät täysin toteutuneet, koska osien valmistus oli tarkoitus toteuttaa sorvaamalla, mutta sorvaaja perui viime hetkillä ja oli pakko keksiä vara suunnitelmia valmistukselle. Seuraavaksi vaihtoehdoksi tuli valmistaminen 3d tulostus Savonian laitteilla ja materiaalina ensin ruostumaton teräs, mutta tulostus menetelmä ja materiaali ei ollut soveltuva suunnittelemani 3d-mallin kanssa. Olisi jouduttu tulostamaan paljon tukirakenteita, jotka olisi ollut vaikea poistaa, sillä tukirakenteet olisivat samaa ruostumatonta terästä. Lisäksi olisi ollut tarjolla pari muutakin

menetelmää. Nämä vaihtoehdot jäivät käyttämättä koska tulostus tarpeen ajankohtana Savonian kampus meni kiinni vallitsevan maanlaajuisen epidemian vuoksi.

Näin ollen viimeiseksi vaihtoehdoksi vaimentimen osien valmistukselle jäi tulostuttaa ne belgialaisessa tulostustalossa heikommasta materiaalista Polyamidin ja alumiinin seoksesta. Tämän vuoksi ajatus isommille kaliiberille tarkoitettun vaimentimen valmistaminen piti unohtaa turvallisuus syistä. Sillä materiaali ei olisi ollut riittäviä lujuus ja lämpö ominaisuuksia. Mutta pinoiskiväärin vaimentimelle materiaali oli ominaisuuksiltaan riittävä. Niin vaimennin valmistettiin pienoiskiväärille sopivaksi ja koeammuttiin ja todettiin toimivaksi. Laukaisuääni pieneni vaimentimella noin 12db. Näin ollen voidaan todeta vaimentimen kehitystyön onnistuneen.

10 PÄÄTÄNTÖ

Päätännössä mietitään miten äänenvaimenninta mahdollisesti tullaan jatkojalostamaan. Pohditaan, onko sillä mahdollisesti kaupallista arvoa.

Vaimentimen kehitystyötä tullaan jatkamaan ja jatkossa keskitytään isompi kaliiberisten kiväärien vaimentimien kehitykseen, koska opinnäytetyössä ne jäivät tekemättä. Valmistusmenetelmäksi otetaan alkuperäisen suunnitelman mukaan sorvaus, sillä tällä hetkellä 3d-tulostus ei ole järkevin eikä edullisin valmistusmenetelmä ainakaan tämän vaimentimen valmistukseen. Sorvaamalla valmistusta tullaan kokeilemaan opettelemalla itse sorvaamaan, sillä tallistani löytyy käyttökuntoinen metallisorvi. Näin on vielä helppo tehdä muutoksia kokeiluja vaimentimelle ennen, kuin vaimentimen osia voi valmistuttaa ulkopuolisella koneistajalla.

Vaimentimen tulevaisuutta ja sen markkina-arvoa ajateltaessa on otettava huomioon, miten kova kilpailu vaimenninvalmistajien kesken on tällä hetkellä. Valmistajia on paljon ja tämänhetkiset intressit muokata aselainsäädäntään ainakin Euroopan tasolla tiukempaan suuntaan. Nämä aselain tiukennokset ovat kaventaneet myös vaimennin markkinoita, sillä joissakin maissa vaimentimet ovat kokonaan kielletty ja joissakin maissa on taas metsästyskiväärien omistaminen kielletty.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Ampuma-aselaki. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980001>

Aseen osien luvanvaraisuus. Verkkosivu. Viitattu 2020-10-02. Saatavissa: https://www.poliisi.fi/luvat/aseen_osien_luvanvaraisuus

Materiaalit a. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <https://i.materialise.com/en/3d-printing-materials/high-detail-stainless-steel>

Materiaalit b. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <http://3dtulostus.savonia.fi/fi/tietopankki/materiaalit/metallit>

Pursotus ja sintraus. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <https://blogi.savonia.fi/3dtulostus/2019/02/27/metallin-pursotus/>

Pursotus ja sintraus. [verkkosivu.] [Viitattu 2020-10-03]. Saatavissa: <https://blogi.savonia.fi/3dtulostus/2019/02/27/metallin-pursotus/>

Suihko, Tapio 2009. Aseiden rakenne ja toiminta. Kopijyvä Kuopio: Tmi Aseinsinööri.

Äänenpaineen mittaus. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <http://akpojanblogi.blogspot.com/2015/01/laboratorioraportti-ampuma-aseiden.html?m=1>

Äänenpaineen mittaus. [verkkosivu.] [Viitattu 2020-03-10]. Saatavissa: <http://akpojanblogi.blogspot.com/2015/01/laboratorioraportti-ampuma-aseiden.html?m=1>

Äänenvaimentimet a. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <https://www.waffenlager.net/archive/silencers.html>

Äänenvaimentimet b. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <https://www.sissos.fi/i/kivaarin-aanenvaimennin/449/>

3D-tulostin. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: https://www.bibus.hu/fileadmin/editors/count-ries/bihun/product_data/eos/documents/eos_series_eosint_p_700_catalogue_en.pdf

3D-tulostus. Verkkosivu. Viitattu 2020-03-10. Saatavissa: <http://3dtulostus.savonia.fi/fi/tietopankki/laitekanta>