

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka

2022

Juho Salmela

# Maastohiihtosuksen pohjakuvioinnin mittauslaitteen suunnittelu

– Muovi-Set Finland Oy



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutusohjelma

2022 | 31 sivua

Juho Salmela

# MAASTOHIIHTOSUKSEN POHJAKUVIOINNIN MITTAUSLAITTEEN SUUNNITTELU

- Muovi-Set Finland Oy

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Muovi-Set Finland Oy:lle Opinnäytetyön tavoitteena on luoda malli kuviointikoneen kanssa käytettävästä mittauslaitteesta, joka mittaa suksen pohjaan kohdistuvaa voiman määrää käsikuviota ajettaessa. Mittauslaite suunniteltiin yhteensopivaksi Speedy Ski Roller -kuviolaitteen kanssa niin, että mittauslaite sopii kuviolaitteen päälle. 3D-malli piirrettiin NX Siemens -mallinnusohjelmistolla ja komponentteina käytettiin LCD-näyttömoduulia, kuormitusanturia ja paristokotelo.

Opinnäytetyössä käsitellään myös laajasti suksen luistoon vaikuttavia ominaisuuksia ja tekijöitä, sillä se on monen tekijän summa.

Jotta mittauslaite olisi mahdollisimman toiminnallinen haastateltiin tätä opinnäytetyötä kahta asiantuntijaa, Suomen hiihtomaajoukkueen kuviovastaavaa Mika Huitaa sekä Suomen ampumahiihtomaajoukkueen huoltomiestä Risto Uusivirtaa.

Mittauslaitteesta tuli kompakti ja varsin toimiva kokonaisuus. Turun Ammattikorkeakoulun Factoryssa tulostettiin ABS muovista malli, jota voidaan käyttää osana testaustyötä.

Asiasanat:

maastohiihto, suksen pohjakuviointi, mittauslaite, käsikuviointi, 3D-mallinnus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2022 | 31 pages

Juho Salmela

## DESIGNING OF A MEASURING INSTRUMENT FOR BASE PATTERNS OF CROSS-COUNTRY SKIS

This thesis was commissioned by the company Muovi-Set Finland Oy. The objective of the thesis was to create a model of a measuring device to use with a patterning machine that measures the amount of force applied to the bottom of the ski when driving the hand pattern. The measuring instrument was designed to be compatible with the Speedy Ski Roller pattern device so that the measuring instrument fits over it. The 3D-model was drawn using NX Siemens modeling software and an LCD display module, load sensor and battery housing were used as components.

The thesis also extensively discusses the characteristics and factors affecting ski skids, as it is the sum of many factors.

To make the measuring instrument as functional as possible, two experts were interviewed for this thesis, Mika Huita, who is the pattern manager of the Finnish Ski Team and Risto Uusivirta, servicemember of the Finnish Biathlon Team.

The measuring device became a compact and quite functional ensemble. A model of ABS plastic was printed at the Turku University of Applied Sciences Factory, which can be used as part of the testing work.

Keywords:

cross-country skiing, patterning of skis, measuring device, hand patterning, 3D-modelling

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>6</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>7</b>
<b>2 Toimeksiantajayritys ja opinnäytetyön tavoite</b>	<b>8</b>
2.1 Toimeksiantajayritys Muovi-Set Finland Oy	8
2.2 Opinnäytetyön tausta, tavoite ja toteutus	9
<b>3 Suksen luistoon vaikuttavat tekijät</b>	<b>10</b>
3.1 Suksen profiili	10
3.2 Suksen pohjan koneellinen kivihionta	11
3.3 Suksen pohjan voitelu	11
3.4 Suksen pohjan käsikuviointi	13
<b>4 Käsikuviointin merkitys suksen luistossa</b>	<b>15</b>
4.1 Suorat kuviot	17
4.2 Havukuviot	17
4.3 Lineaariset kuviot	18
<b>5 Haastattelut käsikuvioiden käytöstä Suomen hiihtomaajoukkueissa</b>	<b>19</b>
<b>6 Mittauslaitteen suunnittelu ja mallinnus</b>	<b>21</b>
6.1 Kuviokoneen lisäosan suunnittelu	21
6.2 Komponentit	24
6.3 Testaus	25
<b>7 Pohdinta ja yhteenveto</b>	<b>26</b>
<b>Lähteet</b>	<b>28</b>

# Liitteet

Liite 1. Mittauslaite

## Kuvat

Kuva 1. Speedy Ski Roller -kuviointilaite ja kuviorullia.	8
Kuva 2. Suksen rakenne. (Murtoperä 2012, 7)	11
Kuva 3. Fluorikieltokyltti Lillehammerin maailmancup-kilpailussa. (Huita 2021)	13
Kuva 4. Erilaisia käsikuviointeja. (Salmela)	15
Kuva 5. Liukukitkakertoimeen vaikuttaa suksen ja veden adheesiovoima. Kuvassa a kuvattu kontaktikulmaa, jossa leikkaus on yli 90°, kuvassa b tasan 90° ja c alle 90°.	16
Kuva 6. Suora S-200 -kuviorulla, jossa 2,0 mm urasyvyys.	17
Kuva 7. Z2N1-27 -kuviorulla, jossa 0,5 mm urasyvyys.	18
Kuva 8. Line 15 -kuviorulla.	18
Kuva 9. Mittauslaite Speedy Ski Roller -kuviointikoneen päällä.	21
Kuva 10. Mittauslaitteen ensimmäinen versio.	22
Kuva 11. Kuormitusanturin suojus.	23
Kuva 12. Mittauslaitteen toinen versio komponenttien kanssa.	23
Kuva 13. Mittauslaitteen komponentit.	24
Kuva 14. Kuvio painettu 10 kg:n voimalla.	25
Kuva 15. Kuvio painettu 20 kg:n voimalla.	25

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer-aided Design)
FIS	Kansainvälinen hiihtoliitto (Fédération Internationale de Ski)
NX Siemens	3D CAD-suunnitteluohjelmisto
PFAS	perfluorattu alkylyyhdiste
PFOA	perfluori-oktaanihappo
.stp	tiedostomuoto kolmiulotteisen tietokoneavusteisen suunnittelun tietojen vaihtoon
UHMWPE	ultra high molecular weight polyethylene

# 1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee maastohiihtoa ja siinä käytettäviä suksia. Aina suksista puhuttaessa tarkoitetaan maastohiihtosuksia.

Maastohiihtosuksien luistavuuteen vaikuttavat suksen profiili, pohjan hionta, voitelu ja käsikäyttöisellä koneella ajettava käsikuviointi. Tämä opinnäytetyö keskittyy käsikuviointiin toimeksiantajayrityksen *Muovi-Set Finland Oy:n* Speedy Ski Roller -käsikuviointikoneen avulla. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda malli kuviointikoneen kanssa käytettävästä mittauslaitteesta, joka mittaa suksen pohjaan kohdistuvaa voiman määrää käsikuviota ajettaessa. Mittauslaite suunniteltiin yhteensopivaksi Speedy Ski Roller -kuviointilaitteen kanssa niin, että mittauslaite sopii kuviointilaitteen päälle. 3D-malli piirrettiin NX Siemens -mallinnusohjelmistolla ja komponentteina käytettiin LCD-näyttömoduulia, kuormitusanturia ja paristokotelo.

Opinnäytetyön luvussa kolme käsitellään suksen luistoon vaikuttavia tekijöitä laajemmin, sillä maksimaalinen luisto on monen asian, kuten suksen fysiikan, voitelun ja oikean kuvioinnin summa. Luvussa neljä perehdytään käsikuviointin merkitykseen suksen luistossa, sillä se on tämän opinnäytetyön kantava teema.

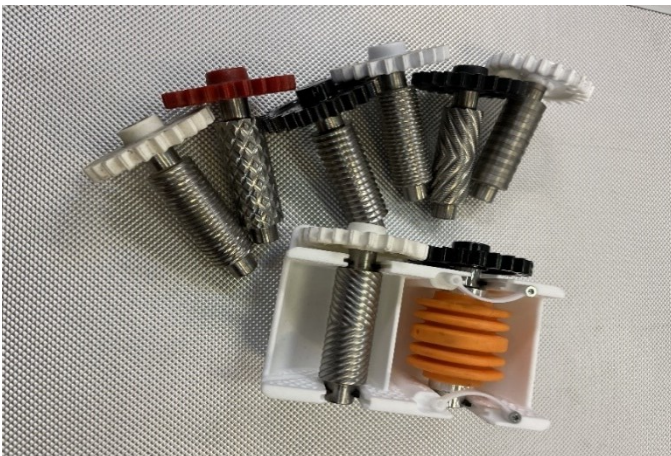
Jotta mittauslaite olisi mahdollisimman toiminnallinen, tätä opinnäytetyötä varten haastateltiin kahta asiantuntijaa, Suomen hiihtomaajoukkueen kuviovastaavaa Mika Huitaa sekä Suomen ampumahiihtomaajoukkueen huoltomiestä Risto Uusivirtaa, joilla on paljon ammattitaitoa suksihuollossa. Haastattelun tulokset käydään läpi luvussa viisi ja haastateltavien asiantuntijuutta on hyödynnetty mittauslaitteen suunnittelussa. Suunnittelusta ja mallinnuksesta sekä niiden vaiheista kerrotaan tämän opinnäytetyön luvussa kuusi, jossa esitellään myös lopputulos, johon tässä vaiheessa on päästy.

## 2 Toimeksiantajayritys ja opinnäytetyön tavoite

### 2.1 Toimeksiantajayritys Muovi-Set Finland Oy

Muovi-Set Finland Oy on muovivalujen erikoistoimittaja. Yrityksen toimitusjohtaja Markku Salmela perusti Muovi-Set Finland Oy:n vuonna 1990 Haapajärvellä Pohjois-Pohjanmaalla. Muovi-Set Finland Oy valmistaa asiakkaan toiveiden mukaisia mittatilauskappaleita täysautomaattisilla valumuovikoneilla. Tällä hetkellä yrityksellä on kahdeksan täysautomaattista valumuovikonetta. Yritys käyttää muovivalujen valmistusta varten asiakkaan omaa muottia tai teettää uuden muotin asiakkaan piirustuksen mukaan. Muovi Set Finland Oy:n tuotevalikoimaan kuuluvat muun muassa LVI-, keittiö- ja ikkunatuotteet. (Muovi-Set Finland Oy.) Lisäksi Muovi Set Finland Oy:llä on erillinen tuotemerkki maastohiihtoon suunnatuille tarvikkeille nimeltään *Speedy Ski Roller*. Tuotemerkin tuotteet ovat talvikaudella kansainvälisestikin erittäin kysytyjä (*Speedy Ski Roller*).

Suomessa suunniteltu ja valmistettu *Speedy Ski Roller*in maastohiihtosuksien käsikuviointiin tarkoitettu kuviointilaite ja siihen kuuluvat kuviorullat tulivat ensi kertaa markkinoille vuonna 2003. Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana *Speedy Ski Roller* on onnistunut saamaan asiakkaakseen monta hiihtomaajoukkuetta, ja kuviointilaite on vakiinnuttanut paikkansa niin arvokisojen, kuin kuntohiihtäjienkin suksihuollossa. *Speedy Ski Roller*in kuviointikoneen avulla on saavutettu monia arvokisamitaleja ja laite oli käytössä muun muassa vuoden 2022 talviolympialaisissa Pekingissä. (*Speedy Ski Roller*.) Kyseinen kuviointilaite ja siihen kuuluvia kuviorullia esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. *Speedy Ski Roller* -kuviointilaite ja kuviorullia.

Kuviointilaitteella suksen pohjan voitelukerroksen pintaan "ajetaan" kuvio, joka lisää ilmavirran pyörteilyä suksen ja lumen välissä. Välissä oleva ilma vähentää vastusta, jonka ansiosta sukset luistaa pidemmälle. Kuviointi tapahtuu manuaalisesti liu'uttaen konetta suksen kärjestä kantaa



kohti. Laitteen iso kumirulla pyörii suksen pohjan mukana pyörittäen samalla vaihteiston kautta kytkettyä kuvioterää. (Speedy Ski Roller.) Käsikuviointia käsitellään laajemmin luvuissa 3.4 ja 4.

## 2.2 Opinnäytetyön tausta, tavoite ja toteutus

Tämä opinnäytetyö keskittyy maastohiihtosuksien käsikuviointiin ja sen kehittämiseen toimeksiantajayrityksen Muovi-Set Finland Oy:n kuviointikoneen avulla. Käsikuvioinnin tullessa yhä suosittumaksi, ei pelkästään kisakäytössä vaan myös kuntohiihtäjien parissa, on huomattu, että kuvioiden optimointi on laajasta käyttäjäryhmästä johtuen tullut entistä vaikeammaksi. Tässä opinnäytetyössä ongelmaa on lähdetty ratkaisemaan kehittämällä mittauslaite, jonka avulla voidaan mitata suksen pohjaan kohdistuvaa voiman määrää käsikuviota ajettaessa. Voiman määrän ollessa tiedossa käsikuviointia ja sen vaikutuksia suksen luistavuuteen voidaan seurata entistä tarkemmin ja hyväksi todettu voiman määrä voidaan toistaa tarvittaessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on, että kyseisellä mittauslaitteella pystyttäisiin esimerkiksi hiihtomaajoukkueiden huoltoyksiköissä optimoimaan kisasuksiin ajettavien kuvioiden ja niistä syntyvien urien syvyys tietyille keliolosuhteille ja niin parantamaan suksen luistoa entisestään. Kuvioiden optimoinnilla tarkoitetaan Speedy Ski Roller -kuviointilaitteella ajettujen kuvioiden entistä tarkempaa seurantaa, jotta siitä saadaan erilaisissa keliolosuhteissa maksimaalinen hyöty. Koska kuviointilaitteilla on eri käyttäjiä, jotka kaikki ajavat kuvion suksen pohjaan eri voimalla, voitaisiin mittauslaitteella helpottaa ja tasapuolistaa kuvion ajamista.

Mittauslaite suunniteltiin yhteensopivaksi Speedy Ski Roller -kuviointilaitteen kanssa niin, että mittauslaite sopii kuviointilaitteen päälle. 3D-malli piirrettiin NX Siemens -mallinnusohjelmistolla ja komponentteina käytettiin LCD-näyttömoduulia, kuormitusanturia ja paristokotelo. Mittauslaitteen suunnittelussa kiinnitettiin huomiota tuotteen toiminnallisuuteen ja helppokäyttöisyyteen sekä siihen, että sen tuotanto olisi kustannustehokasta. Laitteen toiminnallisuuden takaamiseksi opinnäytetyötä varten haastateltiin Suomen hiihtomaajoukkueen kuviovastaavaa Mika Huitaa sekä Suomen ampumahiihtomaajoukkueen huoltomiestä Risto Uusivirtaa. Haastattelun tulokset käydään läpi luvussa viisi ja niitä on sovellettu mittauslaitteen suunnittelussa. Suunnittelusta ja mallinnuksesta sekä niiden vaiheista kerrotaan tämän opinnäytetyön luvussa kuusi, jossa esitellään myös lopputulos, johon tässä vaiheessa on päästy. Mittauslaitetta aletaan Muovi-Set Finland Oy:n toimesta testaamaan kesän 2022 aikana ja tarvittaessa tuotekehitystä jatketaan. Tavoitteena on, että mittauslaitetta voitaisiin tulevaisuudessa valmistaa myyntiin.

### 3 Suksen luistoon vaikuttavat tekijät

Erityisesti kilpahiihdossa pyritään minimoimaan kitkaa suksen pohjan ja lumipinnan välillä. Pohjoismaissa maastohiihto on kokenut monta käänntekeväää mullistusta viimeisen 100 vuoden aikana. Yksi näistä mullistuksista oli se, kun vuonna 1965 norjalainen *Askejm Skifabrikk* esitteli ensimmäiset synteettisestä materiaalista tehdyt sukset, joiden pohja oli polypropeenia. Sitä ennen sukset oli perinteisesti valmistettu puusta. Uudenlaisen materiaalin käyttö suksen pohjassa mahdollisti myös uusien keinojen löytämisen sen luiston parantamiseksi. (Breitschädel 2015, 387.) Nykyaikaisten suksien pohjamateriaalina käytetään yleensä erittäin korkean molekyylipainon polyeteeniä (ultra high molecular weight polyethylene eli UHMWPE), jonka etuja ovat hyvä sitkeys, leikkaus-, kulumis- ja kemiallinen kestävyys (Murto-perä 2012, 7).

Maastohiihtosuksen luistoon vaikuttaa moni tekijä. Muun muassa suksen profiililla, pohjan hionnalla, voitelulla ja käsikuvioinnilla on merkitystä, kun suksesta halutaan mahdollisimman luistava. Tämä opinnäytetyö käsittelee pääasiassa viimeiseksi mainittua käsikuviointia, mutta koska muutkin tekijät ovat suksen luistossa tärkeitä, esitellään nekin pintapuolisesti tässä luvussa.

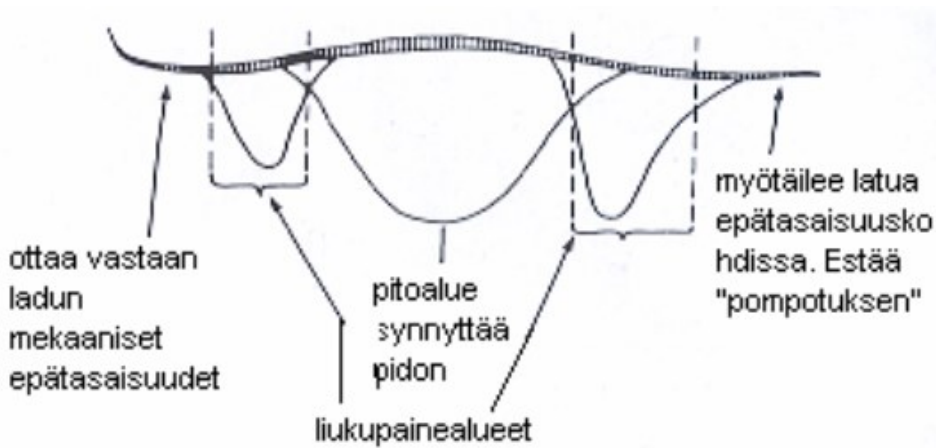
#### 3.1 Suksen profiili

Suksen profiililla on suurin merkitys sen luistoon. Perinteisen sukselta haetaan elastisuutta, jolloin liukuvaiheessa sukki on irti lumesta. Kun päkiälle siirretään painoa, suksen tulee napata lumeen kiinni. Tätä seuraa ponnistus. Hyvän vapaan suksen tulisi olla liukas ja suuntavakaa.

Luistelusuksset ovat perinteisen suksia helpommin käsiteltäviä, koska ne ovat lyhyempiä.

Luistelusuksien kaarimainen profiili pysyy ponnistuksen lopussa, jotta sukki ei ala kantamaan keskeltä. (Skiot.)

Kuvassa 1 on esitetty perinteisen suksen lumeen kohdistaman paineen jakautumisen suksien eri kohdissa. Liu'ussa vain liukupainealueet ovat lumen kanssa kontaktissa, ja potkun aikana pitoalue painautuu lumeen kiinni ponnistettaessa.



Kuva 2. Suksen rakenne. (Murtoperä 2012, 7)

### 3.2 Suksen pohjan koneellinen kivihionta

Suksen pohjan koneellinen kivihionta on tärkeä osa suksen luistoa. Suksen pohjamateriaali menee ajan myötä "tukkoon", joka tarkoittaa sitä, että se ei ota enää suksivoidetta vastaan ja suksen pohja jää kuivaksi. Kun voidetta sulatetaan kuumalla voiteluraudalla, vaha ei enää pääse imeytymään suksen pohjamateriaaliin, joka vaikuttaa muun muassa luiston kestoon. Kivihionnassa hyödynnetään myös kylmän ja kuivan kelin sukseen hienoa, matalaa ja sileää kuviota, jolloin terävät lumikiteet eivät tartu. Lämpimämmässä kelissä käytetään aggressiivisempia kuvioita, jolloin harjoitetaan lumen kosteuden ylimääräinen imu. (Storey 2008.)

Kivihionta tehdään suksen pohjaan noudattamalla kolmea vaihetta. Ensimmäisenä suksen pohja oikaistaan eli sen pohjasta hiotaan vanha tukkeutunut pinta ja naarmut. Toisessa vaiheessa sama toistetaan hienommilla asetuksilla, jolloin pohjan pinnasta tulee lähes peilimäinen. Lopuksi ajetaan koneeseen ennalta asetettu valinnainen kuvio. (Saimaa Sport.)

### 3.3 Suksen pohjan voitelu

Suksen voitelussa tärkeintä on, että sukki on puhdas. Valmiiksi likainen sukki kiinnittää voidellessa lian syvemmälle pohjaan ja heikentää luistoa (Rex). Luistovoide valitaan lämpötilan ja lumityypin mukaan. Ylivoimaisesti suosituin luistovoide on fluoria sisältävä, sillä se tuo pitkäkestoista luistoa ja tasoittaa kilpailutilanteissa muun muassa hiihtäjien eroavaisia suksikalustoja. Vuonna 2019 kansainvälinen hiihtoliitto FIS ilmoitti kuitenkin valmistelewansa fluorivoiteiden käyttökieltoa. (Husu 2020.)

Fluori nousi ensikertaa otsikoihin vuonna 1987 käydyissä maastohiihdon MM-kisoissa, jolloin huomattiin, että se todella vaikuttaa suksen luistoon ladulla. Muutama vuosi myöhemmin Lahden MM-kisoissa kaikki mitalit voitettiin fluorisuksilla. Syy fluorin ylivoimaisuuteen on yksinkertainen, sillä alkuaineena fluori on paras hylkimään likaa ja vettä, joka puolestaan vaikuttaa suksen luiston pitkäkestoisuuteen. Suksien voitelussa käytettävät fluorituotteet sisältävät perfluorattuja yhdisteitä, eli PFAS- yhdisteitä, joissa hiilivetyketjun vetyatomit korvataan fluorilla. Suksivoitelussa tehokkaimmat tuotteet ovat C8-ketjuisia, joissa fluoriatomeja on numeron mukaisesti kahdeksan. (Husu 2020.)

FIS haluaa kuitenkin kieltää fluorin käytön perusteena sen haitallisuus ympäristölle ja terveydelle. Vuonna 2013 Italian terveysturvaviranomaiset olivat saaneet selville, että maan koillisosassa sijaitsevan Veneton hallintoalueen vesistöissä esiintyi huomattavia määriä kemikaaleja. Tutkijat löysivät perfluorattuja alkyyliyhdisteitä, joita kutsutaan PFAS-yhdisteiksi. PFAS-yhdisteistä vesistöistä löytyi muun muassa perfluori-oktaanihappoa (PFOA). Löydös yhdistettiin italialaiseen kemianteollisuusyhtymään *Miteni S.p.A.*:han, joka tuotti fluoria maailman suurimmalle suksivoideyhtymälle *Swixille*. (Husu 2020.)

Niin FIS:n kuin Suomen Hiihtoliittokin viestintä fluorin käyttökiellosta on ollut epä johdonmukaista. Suomen Hiihtoliiton internetsivuilla kerrotaan, että C8- ja sitä pidempiketjuisten fluoriyhdisteiden valmistus on kielletty EU:n alueella keväästä 2020 alkaen ja, että kyseiset yhdisteet aiotaan kieltää myös kilpailutoiminnassa (Suomen Hiihtoliitto). Husun (2020) tekemän selvityksen mukaan EU-alueella voimaan tullut säädös ei kuitenkaan kieltänyt C8-ketjuisten fluorituotteiden valmistamista, vaan se asetti raja-arvon, jota fluorituotteen PFOA-osuus ei saa ylittää. Asetettu raja-arvo on 25 miljardisosaa per valmiste.

Vaikka markkinoilla on aikaisemminkin ollut fluorittomia suksivoiteita, ovat voidevalmistajat alkaneet EU:n säädöksen myötä kehittää niitä entistä enemmän. Muun muassa suomalainen voidevalmistaja Vauhti Speed Oy:n toimitusjohtaja ja pintakemian tohtori Esa Pulkkinen on kehittänyt yhteistyössä Itä-Suomen yliopiston kanssa fluoria korvaavia lisäaineita suksivoiteisiin. Korvaavina aineina Vauhti Speed Oy:n uusissa suksivoiteissa on käytetty muun muassa sinkkisteraattia ja alifaattisilla ryhmillä varustettua polydimetyylisiloksaania. (Kemia-lehti 2019.)

Vaikka FIS ilmoitti marraskuussa 2019 fluorivoiteiden käyttökiellon astuvan voimaan ennen hiihtokautta 2020/2021, on se joutunut lykkäämään kieltoa jo kahdesti. Syynä on se, että FIS ei ole onnistunut luomaan tarpeeksi luotettavaa testilaitetta, jolla kisatilanteissa käytettyjen voiteiden fluorittomuus voitaisiin todentaa varmuudella. Tällä hetkellä on tiedossa, että kiello astuisi voimaan kauden 2021/2022 jälkeen. (Karttunen 2021.)



Kuva 3. Fluorikieltokyltti Lillehammerin maailmancup-kilpailussa. (Huita 2021)

### 3.4 Suksen pohjan käsikuviointi

Kolmas suksen luistoon vaikuttava tekijä on tässä opinnäytetyössä tarkemmin käsiteltävä käsikuviointi. Käsikuvio ajetaan suksen pohjaan voitelun jälkeen. Kuvio muodostuu siis voitelukerrokseen ja se kuluu pois voiteen mukana. Luvussa 3.2 käsitellyn koneellisen kivihionnan ja käsikuvioinnin erottaa siis se, että koneellinen hionta ei kulu suksesta pois. Toimeksiantajayrityksen Speedy Ski Roller -käsikuviointikoneen toimintaperiaate on seuraava: "[...] terä sekä pyörä että liikuu suksen pintaa vasten tehokkaan vaihteistovälityksen ansiosta. Laitteen iso kumirulla pyörii suksen pohjan mukana pyörittäen samalla vaihteiston kautta kytkettyä kuvioterää. Terä siis pyörii etenemissuuntaan nähden vastakkaiseen suuntaan, kuten pyöröhöylä puuta vasten. Käytännössä tämä tarkoittaa, että laitteen tekemät urat suksen pohjassa ovat tiiviitä ja tarkkaan piirryneitä, jolloin ne kestävät pitkään ja vastustavat mahdollisimman vähän liikettä. Selkeillä kuvioilla maksimoidaan ilmavirran pyörteily suksen pohjassa. Erityisen jämät sivuohjurit keskittävät laitteen tukevasti suksen keskilinjalle, jolloin kuvio piiryy suorana pohjaan. Lumen ominaisuudet muuttuvat lämpötilan mukana, minkä vuoksi myös paras kuviointi muuttuu kelien

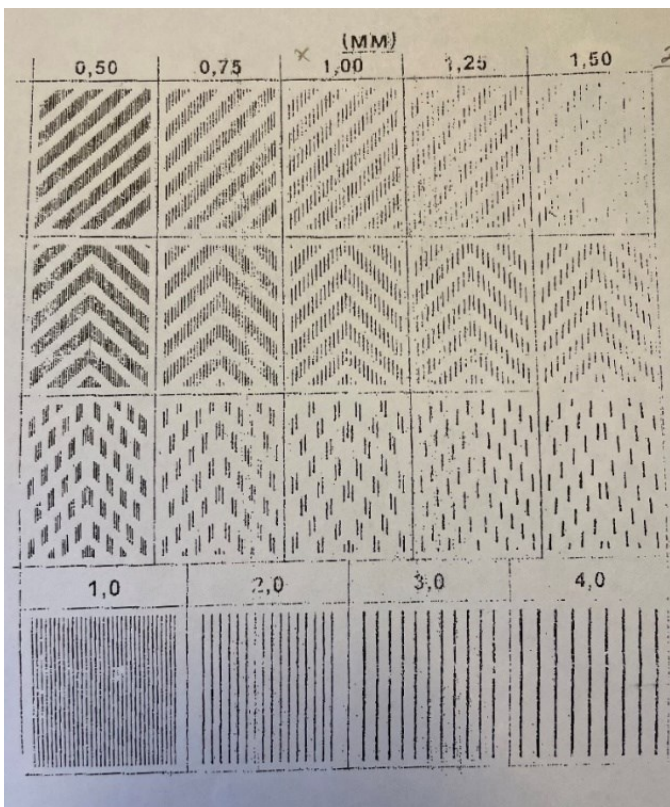
mukaan. Kuvioterien vaihto on helppoa, eikä toimenpide vaadi erikoistyökaluja - uusi terä loksahda paikalleen muutamassa sekunnissa.” (Speedy Ski Roller.) Käsikuviot ovat turvallisia käyttää ja ne nousevat suksen pohjasta ylös seuraavan voitelu kerran yhteydessä. Käsikuviointia tehdään kärjestä kantaan kohti tapahtuvalla työntävällä liikkeellä. (Nieminen 2010, 15.)

Niemisen (2010, 15) mukaan käsikuvioinnin on todettu parantavan suksen luistoa 99 prosenttisesti, jonka vuoksi siitä on tullut hiihtokilpailuissa vakiintunut käytäntö. Käsikuviointikoneet ovat kuitenkin löytäneet tiensä myös kuntohiihtäjien huoltotarvikkeisiin ja näin ollen yhä useammat hiihtotarvikemerkit valmistavat omat koneensa ja kuviorullansa. Pelkästään Muovi-Set Oy:llä on myynnissä noin 60 erilaista kuviorullaa, joten kokonaisuudessaan suksen pohjaan ajettavia kuvioita löytyy jopa satoja erilaisia.

Karkeasti kuviot voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin: suoriin kuvioihin, havukuvioihin ja lineaarisiin kuvioihin. Aikaisemmin on käytetty myös pätäkuvioita, mutta ne ovat pääasiassa vanhentuneita. Pääasiassa ajatellaan, että suorat kuviot toimivat parhaiten märissä olosuhteissa, havukuviot karkeissa sekä kosteissa olosuhteissa ja lineaariset kuviot puolestaan hieman kylmemmissä olosuhteissa. Kuvioita voidaan tehdä myös suksien olaksiin, eli pohjauriin, joka auttaa entisestään poistamaan kosteutta suksen ja lumen välistä. Suksen pohjasta keskimäärin 12–16 prosenttia on olasta, joten sillä on huomattava vaikutus. (Nieminen 2010, 15.) Käsikuvioita, niiden ominaisuuksia ja merkitystä suksen luistossa käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

## 4 Käsikuvioinnin merkitys suksen luistossa

Uusissa suksissa on kaupasta ostettaessa pohjassa valmiina tehtaalla tehty koneellinen hionta, jonka ansiosta suksi toimii sille tarkoitetuissa sääolosuhteissa. Useimmiten suositaan karkeita kuvioita kostealle, märälle ja hienoja kuvioita hienojakoiselle ja kylmälle lumelle. Koneellisen hionnan päälle ajettavien käsikuvioiden tarkoituksena on poistaa vettä suksen pohjan ja ladun välistä, sillä se vähentää liikkeessä syntyvää kitkaa. Speedy Ski Roller -käsikuviointilaitteelle on myynnissä noin 60 kuviorullaa, jotka mahdollistavat suksen maksimaalisen luistohyödyn erilaisissa sääolosuhteissa (Speedy Ski Roller).



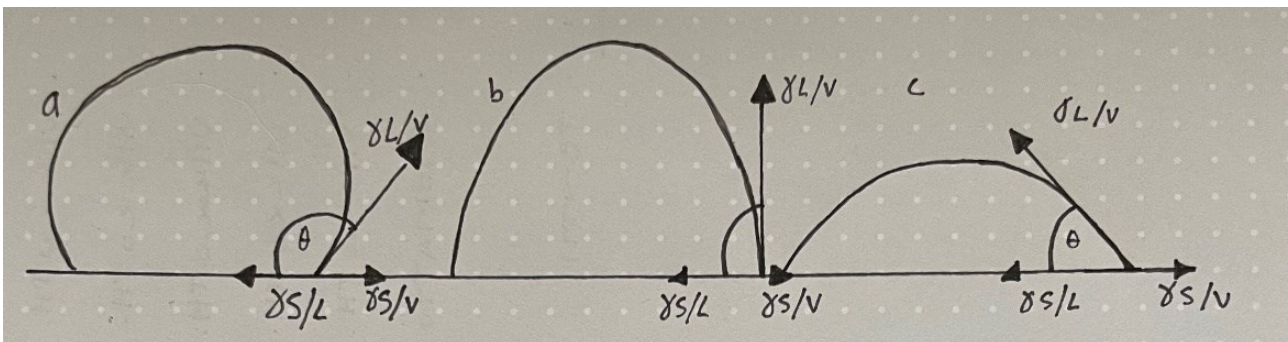
Kuva 4. Erilaisia käsikuviointeja. (Salmela)

Kuten luvussa 3.4 mainittiin, käsikuvioita on suoria eli niin sanottuja pitkittäisuria, havukuvioita ja erilaisia lineaarisia kuvioita. Lisäksi kuvioita on esimerkiksi erilaiset pätkäkuviot. Yllä olevassa kuvassa 4 esitellään näitä erilaisia kuvioita. Ylimmällä rivillä lineaariset kuviot, toisella rivillä havukuviot, kolmannella pätkäkuviot ja viimeisenä suorat kuviot. Kuvassa näkyvät millimetrit esittävät kuvion tiheyttä.

Suomen hiihtomaajoukkueen kuviovastaava Mika Huita kertoi Muovi-Set Finland Oy:n järjestämässä kuviokoulutuksessa, että kilpahiihdossa kuvio ajetaan yleisesti voitelun päälle. Huita käyttää käsikuvioinnista myös termiä kevytkuviointi siitä syystä, että kuvio nousee ylös pohjasta jo

seuraavan kuumavoitelukerran jälkeen ja seuraavalle kerralle pystytään lisäämään uusi kuvio. Huita vahvistaa tässä opinnäytetyössä jo aiemmin annetun tiedon: matalia, hienoja kuvioita käytetään kuivissa ja kylmissä olosuhteissa, kun taas karkeammat kuviot toimivat kosteissa tai jopa märissä olosuhteissa. Suoria kuvioita saatetaan ajaa myös muiden kuvioiden, esimerkiksi havukuvioiden päälle. Sen on huomattu toimivan erityisesti kosteissa olosuhteissa. (Muovi-Set Finland Oy:n kuviokoulutus 2021.) Luistelusuksien kuvio samalla kelillä ja lumiolosuhteessa voi vaihdella perinteisen suksiin, koska perinteisen hiihtouran radan lumi kovuus on suurempi, kuin mitä vapaan alustan. Mitä pienempi kitkakerroin lumen ja suksen välissä on, sitä parempi luisto suksessa on. Kun hiihdetään kylmällä kelillä, jolloin lumi on kuivaa, kitkasta tuleva lämpö ei riitä sulattamaan lumikiteitä ja suksi luistaa huonommin. (Moldestad 2009,14.)

Murto-perä (2012) on tutkinut opinnäytetyössään hiihdon fysiikka. Hän kuvaa työssään suksen luistoa liukukitkakerroimen avulla. Pienimmillään liukukitkakerroin voi olla 0,01 ja suurimmillaan 0,3, joka riippuu suksen ja veden adheesiovoimasta, johon puolestaan vaikuttaa suksen ja veden välinen kontaktikulma. Kontaktikulmalla viitataan materiaalin ja sen pinnalle pudotetun vesipisaran leikkauspisteeseen piirretyn tangentin välistä kulmaa. Suuremmalla kontaktikulmalla saavutetaan pienempi liukukitkakerroin. Kuvassa 5.  $\gamma_{S/L}$  kuvaa veden ja materiaalin välistä pintajännitystä,  $\gamma_{S/V}$  ilman ja materiaalin välistä pintajännitystä ja  $\gamma_{L/V}$  ilman ja veden välistä pintajännitystä. Suksen pohjalta toivotaan veden hylkivyyttä kosteilla keleillä. Suksen pohjamateriaalin kontaktikulman ollessa suuri suksen pohja ei vety ja lumen ja suksen pohjan väliin ei synny vesisiltoja helposti. Suksen pohjan kuvioinnilla pienennetään kapillaarikitkaa. Kuvioinnilla pienennetään suksen pohjan kosketuspinta-alaa, jolloin luisto paranee. (Murto-perä 2012, 37.)



Kuva 5. Liukukitkakerroimeen vaikuttaa suksen ja veden adheesiovoima. Kuvassa a kuvattu kontaktikulmaa, jossa leikkaus on yli  $90^\circ$ , kuvassa b tasan  $90^\circ$  ja c alle  $90^\circ$ .



#### 4.1 Suorat kuviot

Yleisesti käytettyjä suoria kuvioita ovat sellaiset, jotka painavat suksen pohjaan pitkittäisuraa, eivätkä revi pohjaa (Nieminen 2010, 15). Yleisesti 0,1 mm suoria kuvioita käytetään pakkasolosuhteissa, mutta myös madaltamaan kuvion tekemää jälkeä. Kuvioita, joiden urasyvyys vaihtelee 1–3 mm välillä, ajetaan pääsääntöisesti kosteissa sääolosuhteissa havukuvion päälle. (Huita 2021.)

Poikkeuksia löytyy keleissä, jolloin aina ei pysty laittamaan suoraa kuviota havukuvion päälle vaan täytyy ensiksi ajaa suorakuvio ja sitten havukuvio. Suoria kuvioita on muun muassa teräviä ja U mallisia kuvioita, jolloin tekee jäljestä enemmän pyöreän. (Huita 2021.)



Kuva 6. Suora S-200 -kuviorulla, jossa 2,0 mm urasyvyys.

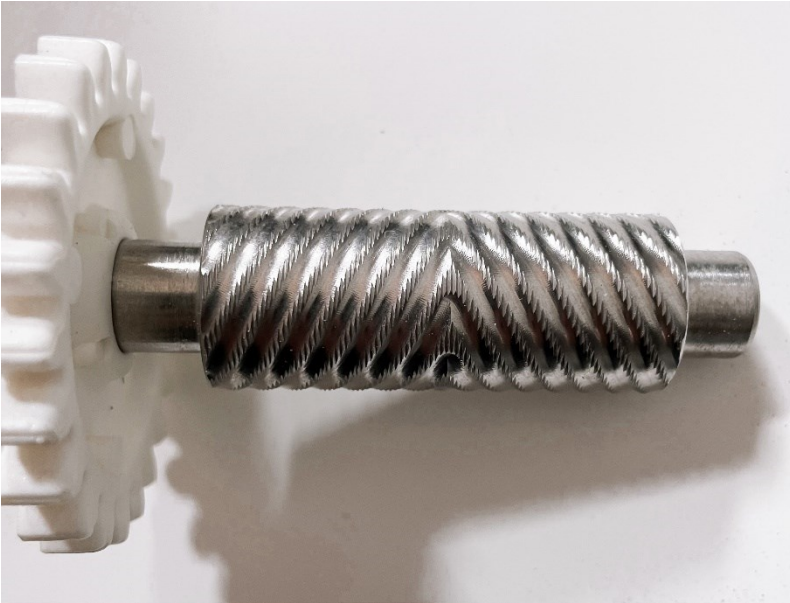
#### 4.2 Havukuviot

Havukuviointia käytetään laajasti monella kelillä, mutta yleisesti havukuvioiden käyttö karkeissa ja kosteissa olosuhteissa. Speedy Ski Rollerin havukuvioiden karkeudet vaihtelevat 0,2–0,3 mm välillä ja tietyillä havukuvioilla on hiihdetty -18 asteen pakkaskisoissa.

Torinossa 2006 talviolympialaisissa, ilma -13 ja lumen kosteus 15, jolloin on käytetty Speedyn Zero 1–20 -kuviorullaa kilpailussa voittavana rullana.

Rukalla 2010, ilma -15, uusi hienojakoinen lumi ja käytetty Z46 -kuviorullaa, jossa on valikoiman jyrkin kulma. Tällä hiihdettiin maailmancup osakilpailu voittoon.

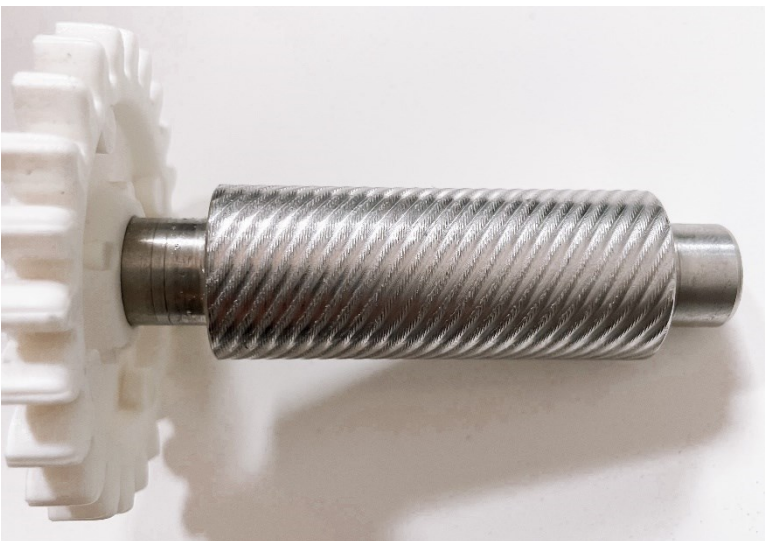
Suoraan ei voi ennustaa, että kuivalla kelillä hiihdettäisiin loivalla kuviorullalla vaan aina olisi hyvä testata. Nykyään havukuvion voi ajaa sukseen myös ristiin eli väärinpäin ajettuna, tällöin sukseen tulee salmiakkikuvio.



Kuva 7. Z2N1-27 -kuviorulla, jossa 0,5 mm urasyvyys.

#### 4.3 Lineaariset kuviot

Lineaaristen kuvioiden käyttö on yleisesti 0 kelistä kylmemmälle ja nykyään melkein puolessa viime vuosien kilpailuista on käytetty lineaarista kuviota. Niiden urasyvyys on 0,1–0,3 mm. Lineaarinen kuvio on myös mahdollista työntää sukseen väärinpäin eli kannasta keulaan, jolloin leikkauskulma muuttuu.



Kuva 8. Line 15 -kuviorulla.

## 5 Haastattelut käsikuvioiden käytöstä Suomen hiihtomaajoukkueissa

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavan laitteen toiminnallisuuden takaamiseksi haastateltiin Suomen hiihtomaajoukkueen kuviovastaavaa Mika Huitaa sekä Suomen ampumahiihtomaajoukkueen huoltomiestä Risto Uusivirtaa. Huita on työskennellyt hiihtomaajoukkueelle vuodesta 2011 ja Uusivirta puolestaan ampumahiihtomaajoukkueelle vuodesta 2020. Lisäksi Uusivirta on työskennellyt Muovi-Set Finland Oy:lle 15 vuoden ajan ja ollut tiiviisti mukana Speedy Ski Roller -kuviointilaitteen tuotekehityksessä. Huita ja Uusivirta valikoituivat haastateltaviksi heidän ammattitaitonsa vuoksi ja siksi, että heillä on tietämys siitä, millainen mittauslaite kentällä toimisi ja mitä ominaisuuksia siltä vaadittaisiin.

Huita kertoi haastattelussa, että käsikuvioinnilla on suurempi merkitys kuin voiteella. Kauden 2021–2022 kilpailuissa käsikuviointia käytettiin noin 99 % ajasta, joka puhuu sen merkityksellisyyden puolesta. Toimeksiantajan Speedy Ski Roller -kuviot ovat olleet Suomen hiihtomaajoukkueen käytössä vuodesta 2009. Huitan mukaan Muovi-Set Finland Oy:n kuviovalikoiman ZIN-36 -havukuvioista rullaa käytetään suksitestauksessa ”nollarullana”, joka tarkoittaa sitä, että kuvioiden luistoa testatessa yritetään löytää sitä parempi. Uusivirta puolestaan kertoo, että ampumahiihdossa kuvioiden käyttöaste oli kaudella 2021–2022 noin 90–95 % luokkaa. Tämä johtui siitä, että osa kisoista hiihrettiin niin kylmissä olosuhteissa, ettei kuviolla olisi ollut vaikutusta luistoon. Kuten aikaisemmin todettu, käsikuvio suksen pohjassa auttaa poistamaan vettä suksen ja lumen välistä. Käsikuvioista on siis suurin hyöty märemmissä sääolosuhteissa. Sama on Uusivirran mukaan todettu myös ampumahiihtomaajoukkueen huollossa, jonka mukaan kuvioinnilla on suurin hyöty niin sanotulla ”vesikelillä”.

Huitan mukaan maajoukkueen huollossa ei olla käytetty vielä mittauslaitetta, joka kertoisi sukseen kohdistuvan voiman määrän kuviota ajettaessa. Ajatusta on kuitenkin edistetty jopa olympiakomiteassa, joka Sotšin Olympialaisissa vuonna 2014 testasi eri voimien käytön vaikutusta. Lopputulos kuitenkin silloin oli se, että mitä voimakkaammin kuvio ajettiin sukseen, sitä paremmin se luisti. Huitan mukaan huomioon pitää kuitenkin ottaa se, että sääolosuhteet olivat tuolloin erittäin kosteat. Tulos olisi mitä luultavammin ollut eri erilaisissa olosuhteissa.

Huita toivoo, että ominaisuuksiltaan tässä opinnäytetyössä kehitettävä mittauslaite olisi helppokäyttöinen ja rakenteeltaan yksinkertainen. Myös virheherkkyyden minimointi nousi esille tärkeänä tekijänä. Myös Uusivirta korostaa näiden ominaisuuksien tärkeyttä ja sitä, että mittalaitteen tärkein tehtävä olisi varmistaa, että käsikuviointi olisi laadultaan tasaista päivästä ja kuvioijasta riippumatta.

Luvussa 3.3 mainittu fluorikielto nousi esiin myös Huitan ja Uusivirran kanssa. Heidän mukaansa voidevalikoiman pienentyessä käsikuviointi voittaa yhä suurempaa merkitystä suksen valmistelussa. Heidän mielestään juuri fluorikiellon vuoksi mittauslaite tulisi entistä suurempaan tarpeeseen. Mittauslaitteen avulla pystyttäisiin kullekin kuviolle, suksimerkille ja sääolosuhteelle luomaan ajansaatossa viitearvot siitä, mikä on paras voima käyttää. Laitteella voitaisiin toki myös testata, kannattaako kuvio ajaa eri voimalla suksen kärkeen ja kantaan. Tämä vaatisi toki pitkäjänteistä testausta ja tulosten huolellista kirjaamista. Hiihto, kuten monet muutkin lajit tänä päivänä muovautuvat yhä välinekeskeisimmiksi ja jotta Suomi pysyisi jatkossakin korkealla kansainvälisellä tasolla on Huitan ja Uusivirran mielestä otettava kaikki keinot käyttöön.

## 6 Mittauslaitteen suunnittelu ja mallinnus

Speedy Ski Roller -käsikuviointikoneen kanssa yhteensopivan mittauslaitteen suunnittelussa ja mallintamisessa käytettiin Siemens NX ohjelmistoa, joka on paljon käytetty 3D-CAD-suunnitteluohjelmisto. Siemens NX suunnitteluohjelmisto on suunnittelun, valmistuksen ja tuotekehityksen tarpeisiin suunniteltu mallinnusohjelma. 3D-ohjelmistolla suunniteltaessa mallista saa moniulotteisen, joka auttaa tuotteen kokonaisuuden hahmottamisessa (Siemens). Tässä luvussa selvennetään mittauslaitteen suunnittelu vaihe vaiheelta, kerrotaan käytetyistä komponenteista ja esitetään ensimmäisiä testituloksia havainnekuvien avulla.

Toimeksiantajayrityksen pyynnöstä tässä työssä ei esitetä mittalaitteen tarkempia kokotietoja tai läpileikkauksuvia kopiointiriskin minimoimiseksi.

### 6.1 Kuviokoneen lisäosan suunnittelu

Mittauslaitteen suunnittelu aloitettiin ottamalla mitat Speedy Ski Roller -käsikuviointikoneesta, sillä näistä kahdesta kappaleesta haluttiin saada yhteensopivat. Tarkoitus oli, että mittauslaite olisi erillinen osa, joka asetetaan käsikuviointikoneen päälle.



Kuva 9. Mittauslaite Speedy Ski Roller -kuviointikoneen päällä.

Ensimmäiset kappaleet mittauslaitteesta päätettiin tulostaa 3D-tulostimella Turun ammattikorkeakoulun tehtaalla, sillä sen ansiosta mallia voitiin muokata ja tulostaa uudelleen tarvittaessa. Materiaaliksi valittiin Polylaktidi (PLA), joka on uusiutuvista raaka-aineista valmistettu biohajoava termoplastinen materiaali, joka tulostuu nopeasti. Ensimmäistä mallia suunnitellessa otettiin huomioon näytön helppo luettavuus ja näppäinten vaivaton käytettävyys. Näyttö päätettiin sijoittaa mallin etuosaan ja sille suunniteltiin kolo, johon sen sai upotettua. Itse kuormitusanturi päätettiin sijoittaa mallin keskelle, jotta voima kohdistuisi siihen mahdollisimman suoraan.



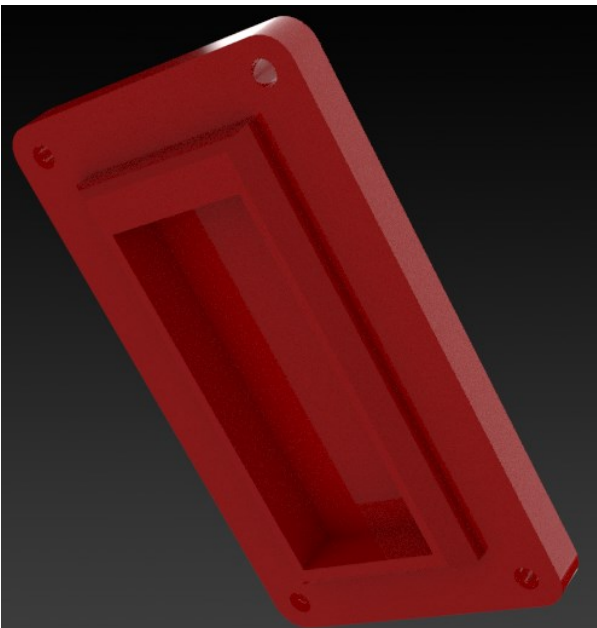
Kuva 10. Mittauslaitteen ensimmäinen versio.

Ensimmäisen mallin tulostus oli melko hidas, joten seuraavaa versiota muokattiin nopeammin tulostuvaksi, muuttamalla aukkoja suuremmiksi ja muokkaamalla niiden sijainteja. Lisäksi patterikotelolle lisättiin kolo mallin kääntöpuolelle, jotta se uppoaisi sinne, eikä olisi tiellä laitetta käytettäessä. Johdoille lisättiin reikiä, jotta ne saataisiin piilotettua eivätkä kärsisi kulutuksesta. Myös kuormitusanturin sijoituspaikkaa muokattiin laskemalla sille suunniteltua koloa alemmaksi, jotta lopullinen mittauslaite olisi matalampi ja sen myötä käytettävämpi. Toiseen versioon lisättiin myös tappi kuormitusanturi alapuolelle, jotta kuormitusanturi tulisi kontaktiin käsikuviointikoneen rungon kanssa. Sen seurauksena tappi painaa kuviokoneen runkoon, jolloin näytössä luku nousee vakaammin. Näytön ja patterin johdot juotettiin yhteen kuormitusanturin kanssa. Laitetta

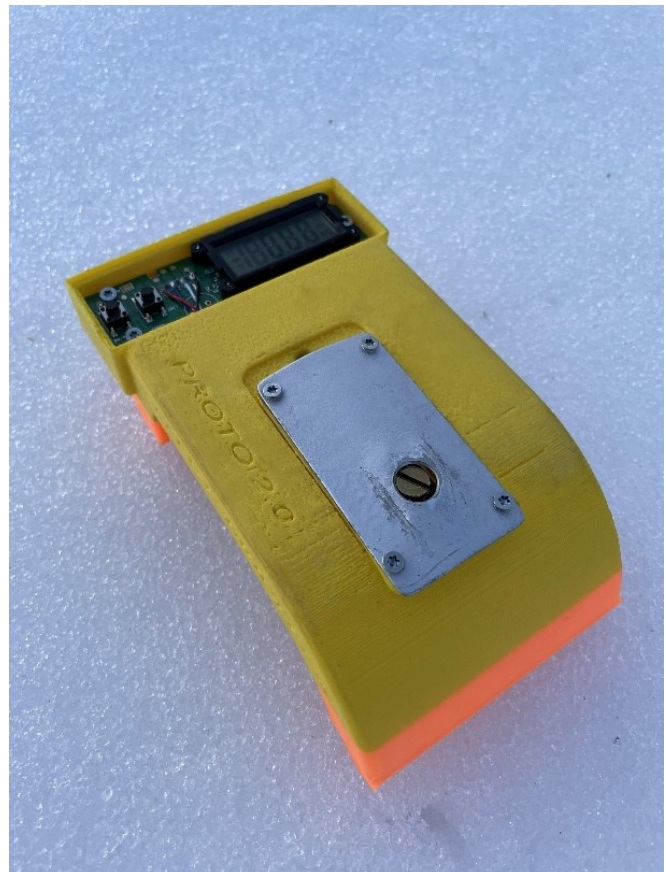
testattaessa voimaa pystyttiin määrittämään helposti ja kuvion ajaminen suksen kärjestä kantaan onnistui samaa voiman määrää käyttäen.

Kuormitusanturin päälle piti rakentaa suojus, jottei kosteus pääsisi välittömään kontaktiin johtojen kanssa. Lisäksi sen rakentaminen auttoi kuormitusanturia pysymään sille tehdyssä upotuksessa, koska liitos ei täysin pitänyt, kun painoa kohdistui runkoon yli 15 kilogrammaa.

Ensimmäisestä mallista poiketen seuraava malli valmistettiin ABS-muovista, koska se on materiaalina kovempaa ja kestää paremmin säätilan vaihteluita. Koska hiihto on talvilaji ja suksia huolletaan haastavissa ja kylmissä olosuhteissa on materiaalin kestävyys hyvä ottaa huomioon. Näyttömoduulin päälle on tarkoitus vielä asentaa läpinäkyvä suoja, jossa on kolot näppäimiä varten. Tällä saadaan suojattua näyttöä suoralta kosketukselta ja saadaan estettyä kosteutta vaurioittamasta liittimiä ja laitteita.



Kuva 11. Kuormitusanturin suojus.



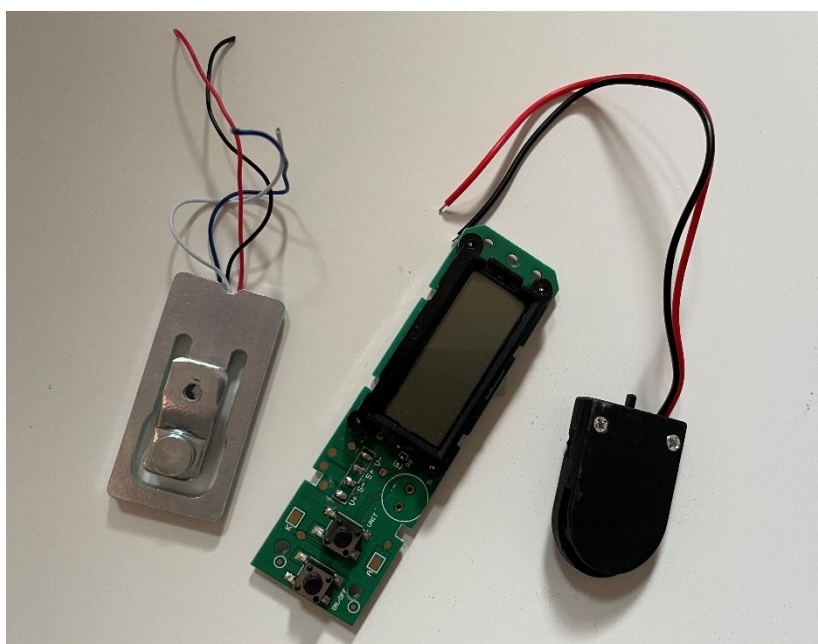
Kuva 12. Mittauslaitteen toinen versio komponenttien kanssa.

## 6.2 Komponentit

Mittauslaitteeseen valikoitui helposti saatavissa olevia komponentteja. Mallikappaleessa on käytössä 50 kilogrammaan asti toimiva kuormitusanturi. Samantyyliä antureita käytetään muun muassa henkilövaaoissa. Kuormitusanturissa käytetään venymäliuskaa, joka on materiaalin venymisen mittaamiseen tarkoitettu tarkka anturi. Liuskassa on kuparilangat, jotka reagoivat vastuslankojen muutoksiin. Periaatteessa kun vastuslankaa venytetään niin langan poikkipinta-ala pienenee ja arvo suurenee. Venymäliuskaa on käytetty teollisuudessa pitkään materiaalien ja rakenteiden kuormitukseen liittyvissä mittauksissa. (Metropolia)

Lisäksi mallikappaleeseen valikoitui LCD aakkosnumeerinen näyttömoduuli, joka löytyi valmiina pakettina ON/ OFF-kytkimellä varustettuna. Tämä helpotti laitteen käyttöönottoa, koska näyttö oli ohjelmoitu valmiiksi eikä se vaatinut muita toimenpiteitä kuin johtojen kytkemisen paikoilleen. Valittu näyttö esittää painon joko kilogrammoina tai paunoina. Lisäominaisuutena se näyttää lämpötilaa, joka voikin olla hyödyllinen lisäominaisuus, sillä lämpötilalla on suuri vaikutus suksen toimivuuteen. Laite lupaa -20 - +70 asteen toimintasäteen, joka riittää toimimaan urheilukilpailuiden lämpötiloissa. Laitteen saa myös tarvittaessa taarattua eli nollattua.

Paristokotelo CR2032 on yhdelle 3V paristolle sopiva ja se on varustettu omalla ON/ OFF-kytkimellä. Malliin tehtiin upotus paristokoteloa varten, jotta kotelo ei vaikuttaisi mallin korkeuteen. Paristo on helposti saatavilla, jotta se olisi nopeasti vaihdettavissa. Lisäksi sen sijaiti mittauslaitteen alapuolella suojaa sitä sateelta ja muulta kosteudelta.



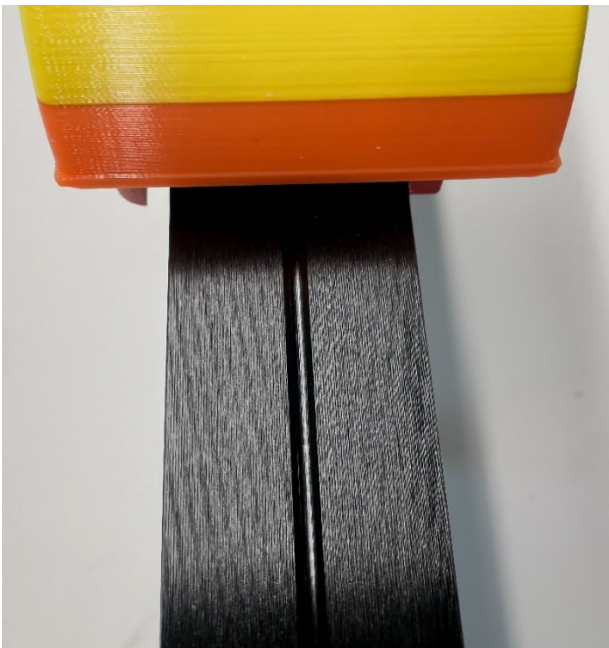
Kuva 13. Mittauslaitteen komponentit.



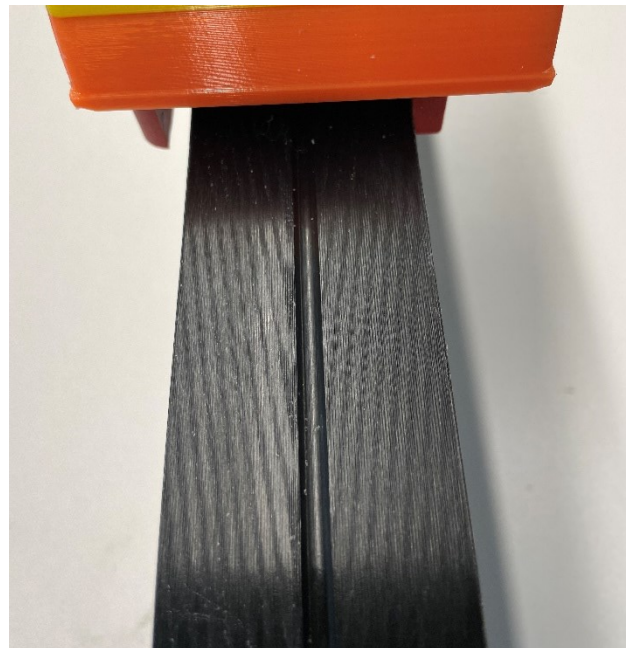
### 6.3 Testaus

Mittauslaitteen toisen version kanssa pystyttiin testaamaan kuvion ajamista suksen pohjamateriaaliin. Kuviona käytettiin havukuviota, jotta nähdään miten kuvio leikkaa suksen pohjaan eri painatusvoimilla. Ensimmäisessä testissä kuvio painettiin 10 kilogramman voimalla ja toisessa testissä 20 kilogramman voimalla. Kuten kuvista näkee, ero on jopa silmämääräisesti huomattava. Suuremmalla painatusvoimalla saatiin tehtyä avoimempi kuvio, joka nopeuttaa veden kulkua suksen pohjan ja ladun välistä, tällä vähennetään kitkaa ja estetään suksen imua.

Mittauslaite todettiin testissä toimivaksi sekä helppokäyttöiseksi. Kuten opinnäytteessä oli tavoitteena, mittauslaitteella pystytään varmistamaan toistettavuus. Kuvassa näkyy selkeä ero, joka voisi olla esimerkiksi kisatilanteessa sama, jos eri henkilöt ajavat kuvion suksiparin pohjaan. Laitteella pystytään siis paitsi mittaamaan voiman määrää myös tasalaatuistamaan lopputulosta. Luvussa seitsemän pohditaan tätä opinnäytetyötä varten kehitetyn mittauslaitteen jatkokehitystä ja tuotantoa. Lisäksi annetaan ehdotuksia jatkotutkimusten aiheista.



Kuva 14. Kuvio painettu 10 kg:n voimalla.



Kuva 15. Kuvio painettu 20 kg:n voimalla.

## 7 Pohdinta ja yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa käyttökelpoinen mittauslaite, jonka avulla voidaan mitata suksen pohjaan kohdistuvaa voiman määrää käsikuviota ajettaessa. Tavoitteessa onnistuttiin ja lopputuloksena syntyi ensimmäinen malli kyseiselle laitteelle. Mittauslaitetta aletaan toimeksiantajayritys Muovi-Set Finland Oy:n toimesta testaamaan kesän 2022 aikana ja tarvittaessa tuotekehitystä jatketaan. Tavoitteena on, että mittauslaitetta voitaisiin tulevaisuudessa valmistaa myyntiin. Tulevaisuuden mittauslaite eroaisi kuitenkin tässä opinnäytetyössä esitetystä mallista siten, että siitä valmistettaisiin muotti, jotta se voitaisiin valaa valumuovikoneella. Myös materiaali täytyy vaihtaa siihen tarkoitukseen sopivaksi. Muotin valmistaminen valumuovikoneella olisi nopeampaa ja kustannustehokkaampaa kuin 3D-tulostimella tulostaminen. Lisäksi Muovi-Set Finland Oy on valumuovituotteisiin erikoistunut toimija, joten osaamista ja laitteistoa löytyy tuotteiden valmistukseen.

Laitteen toiminnallisuuden takaamiseksi opinnäytetyötä varten haastateltiin Suomen hiihtomaajoukkueen kuviovastaavaa Mika Huitaa sekä Suomen ampumahiihtomaajoukkueen huoltomiestä Risto Uusivirtaa, joiden näkemykset ja tietotaito auttoi valtavasti mittauslaitteen suunnittelussa. Koska opinnäytetyön tavoitteena oli myös, että mittauslaitteella pystyttäisiin esimerkiksi hiihtomaajoukkueiden huoltoyksiköissä optimoimaan kisasuksiin ajettavat kuviot, tulevat Huita ja Uusivirta olemaan tiiviisti mukana Muovi-Set Finland Oy:n kanssa testaamassa laitetta.

Mittauslaite suunniteltiin yhteensopivaksi Speedy Ski Roller -kuviointilaitteen kanssa niin, että mittauslaite sopii kuviolaitteen päälle. 3D-malli piirrettiin NX Siemens -mallinnusohjelmistolla ja komponentteina käytettiin LCD-näyttömoduulia, kuormitusanturia ja paristokoteloä. Mittauslaitteen suunnittelussa kiinnitettiin huomiota tuotteen toiminnallisuuteen ja helppokäyttöisyyteen sekä siihen, että sen tuotanto olisi kustannustehokasta. Haastattelun tulokset käydään läpi luvussa viisi ja niitä on sovellettu mittauslaitteen suunnittelussa. Suunnittelusta ja mallinnuksesta sekä niiden vaiheista kerrotaan tämän opinnäytetyön luvussa kuusi, jossa esitellään myös lopputulos, johon tässä vaiheessa on päästy.

Tämä opinnäytetyö ja mittauslaitteen suunnittelu antoi minulle paljon oppeja työelämään suunnittelijana. Huomasin mittauslaitetta suunnitellessa, että siinä pitää ottaa huomioon monia asioita, joita ei olisi tullut ajatelleeksi. Työn aloittaminen alkoi ilman suurempia mutkia ja aloitin mallin suunnittelulla. Suunnitteluun meni yllättävästi aikaa ja komponenttien hankinta oli aikaa vievää. Kuitenkin malli tuli aikataulussa valmiiksi ja piirustukset pystyttiin luovuttamaan toimeksiantajalle. Tässä opinnäytetyössä pyrittiin kertomaan suksen toiminnasta ja sen huollon kaikista osa-alueista, jotta käsikuvioinnin merkitys suksen luistossa tulisi mahdollisimman selkeästi

ilmi. Myös toimeksiantajayrityksen kuin asiantuntijoidenkin toiveita kuunneltiin tarkasti ja ne pyrittiin huomioimaan lopputuloksessa.

Materiaalin valinnassa olisi voitu käyttää esimerkiksi metallia tai muuta materiaalia, joka kestää pieniä vaihteluita ja käyttöä, mutta koska Muovi-Set Finland Oy on muovivalujen erikoistoimittaja, on muovi raaka-aineena ja materiaalina yritykselle ennestään tuttu, joka helpottaa tuotteen jatkojalostusta.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin suksen käsikuviointimittalaitteen suunnitteluun ja käsikuviointeihin. Mielenkiintoista olisi jatkossa laajentaa tutkimusta eri suksivalmistajien suksipohjiin ja sitä kautta kuvioiden toiminnallisuuteen eri pohjamateriaalien kanssa. Mielenkiintoista olisi myös selvittää, onko sillä, missä lämpötilassa kuvio suksen pohjaan ajetaan merkitystä. Koska käsikuviointeja ajetaan niin sisä- kuin ulkotiloissakin olisi selvitettävä, onko olosuhteilla vaikutusta lopputulokseen. Miettiä voisi myös, miten tässä opinnäytetyössä kehitetyn mittalaitteen tuloksia voitaisiin kirjata niin, että ne olisivat helposti saatavilla.

## Lähteet

Breitschädel, F. 2015. A new approach for the grinding of Nordic skis. *Procedia Engineering*, 112, 385–390. Viitattu 11.4.2022.

[https://www.researchgate.net/publication/281191946\\_A\\_New\\_Approach\\_for\\_the\\_Grinding\\_of\\_Nordic\\_Skis](https://www.researchgate.net/publication/281191946_A_New_Approach_for_the_Grinding_of_Nordic_Skis)

Hiihtoliitto 2022. Toimintalinjaukset fluorivoiteiden käytössä. Viitattu 12.4.2022.

<https://arkisto.hiihtoliitto.fi/maastohiihto/kilpailutoiminta/toimintalinjaukset-fluorivoiteiden-kaytossa/>

Huita, M. 2021. Pohjakuviointi.

Husu, A. (2020). Suomalaisen hiihtopomon ja norjalaisen olympiavoittajan toiminnasta kovaa kritiikkiä – Yle Urheilu kertoo nyt, mitä kätkeytyy hiihtopiirejä yli neljä kuukautta repineen kohupäättökseen taakse. YLE Urheilu 16.4.2020. Viitattu 16.5.2022. <https://yle.fi/urheilu/3-11304071>

Kantola, H. & Rusko, H. 1985. Sykettä ladulle. Valmennuskirjat Oy. s. 15–20

Karttunen, A. 2021. FIS teki odotetun päätöksen: fluorikieltoa siirretään jälleen. YLE Urheilu 2.6.2021. Viitattu 18.5.2022. <https://yle.fi/urheilu/3-11961095>

Kemia-lehti 2019. Suomalaisyrittäjä keksi korvaajan suksivoiteiden fluorille. Viitattu 18.5.2022. [Suomalaisyrittäjä keksi korvaajan suksivoiteiden fluorille - Kemia-lehti](#)

Metropolia 2010. Venymäliuskat. Viitattu 29.4.2022.

<https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=23203724>

Moldestad, D. A. 1999. Some Aspects of Ski Base Sliding Friction and Ski Base Structure. Väitöskirja. Norwegian University of Science and Technology. Trondheim. Viitattu 11.4.2022. <http://hdl.handle.net/11250/236372>

Muovi-Set Finland Oy. Viitattu 11.4.2022. <http://www.muovi-set.fi/>

Muovi-Set Finland Oy:n kuviokoulutus 2021. Viitattu 23.5.2022.

<https://www.facebook.com/speedyskiroller/videos/1091131444991795>

Murtoerä, A. 2012. Hiihdon fysiikka. Pro gradu -tutkielma. Fysiikan laitos. Oulu: Oulun yliopisto. Viitattu 15.4.2022. <https://ouluma.fi/wp-content/uploads/2013/02/Hiihdonfysiikkaa.pdf>.

Nieminen, J. 2010. Huoltokoulutus 1-taso. Kajaanin Offsetpaino.

Rex. Perusohjeet suksien voiteluun. Viitattu 11.4.2022. <https://rex.fi/fi/voiteluohjeet/perusohjeet-suksien-voiteluun>

Saimaa Sport. Huolto. Viitattu 29.4.2022. <https://www.saimaasport.fi/fi/Huolto.html>

Salmela, M. Erilaisia käsikuvioiteja.

Siemens 2022. NX. Viitattu 24.5.2022.

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>

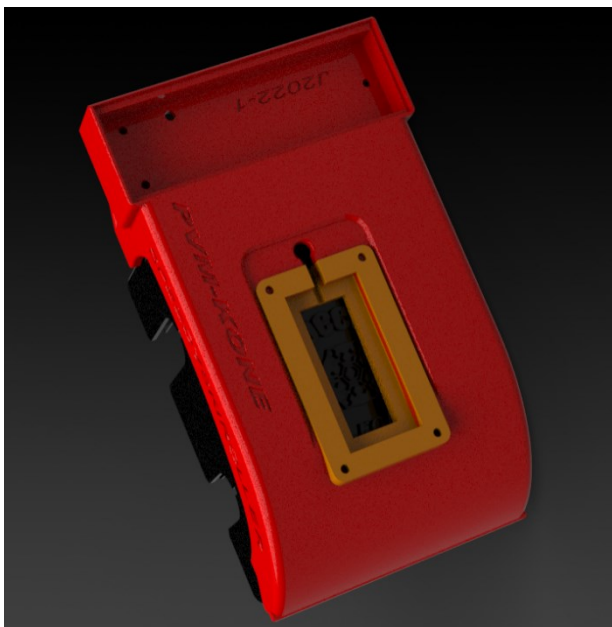
Skiot. Osa 2: Suksien ominaisuudet ja vaatimukset. Viitattu 11.4.2022. <https://skiot.com/osa2/>

Speedy Ski Roller. Viitattu 11.4.2022. <http://www.skiroller.fi/>

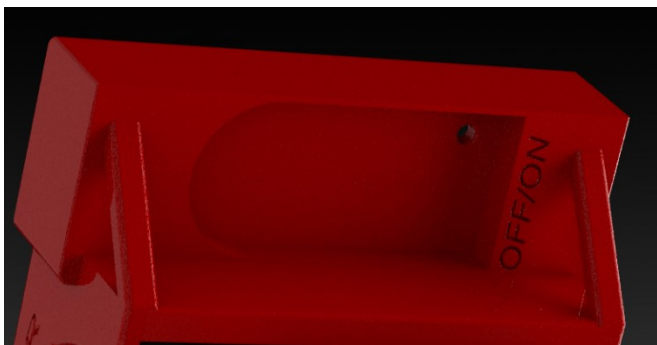
Storey, C. 2008. Stone Grinding and Structuring Cross Country Skis. Xcottawa 5.4.2008. Viitattu 11.4.2022. <http://www.xcottawa.ca/articles.php?id=1038>

## Liitteet

### Liite 1: Mittauslaite



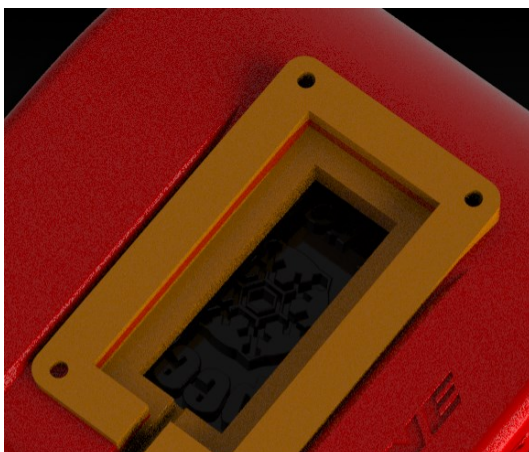
Kuva 1. Mittauslaite ylhäältä päin katsottuna ilman komponentteja.



Kuva 2. Mittauslaitteen pohjakuva paristopaikasta.



Kuva 3. Mittauslaitteen sivuprofiili käsikuviointikoneen rungon kanssa. Mittarin rungosta tuli kompakti ja helposti käytettävä.



Kuva 4. Aukkoon kiinnitetään kuormitusanturi ja kaapelit työnnetään reiästä piiloon. Mittalaitteen suojus tulee neljällä 6 x 80 ruuvilla kiinni.