



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Seppälä

# HITSAAJAN VAKIOVIRTAUSILMALINJA

Tekniikka ja liikenne  
2014

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Seppälä
Opinnäytetyön nimi	Hitsaajan vakiovirtausilmalinja
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	47 + 5 liitettä
Ohjaaja	Timo Karhunen

---

Opinnäytetyöni käsittelee hitsaajan vakiovirtausilmalinjan suunnittelua Evermatic Oy:lle. Evermaticin osalta tavoitteena oli saada suunnitelma laadukkaasta, vähintään markkinoilla olevia tuotteita vastaavasta vakiovirtausilmalinjasta, jonka voi valmistaa kilpailukykyisillä kustannuksilla. Opinnäytetyöni rajauksena on pitkälle viety konsepti vakiovirtausilmalinjan toiminnasta ja rakenteesta.

Tutkimusosuudessa on tarkasteltu kilpailevien yritysten vakiovirtausilmalinjoja, ja mietitty niiden hyviä ja parannettavissa olevia ominaisuuksia. Joitakin laitteita on hankittu analysoitaviksi, ja toisia on tarkasteltu ainoastaan verkosta saatavan aineiston pohjalta. Tutkimustuloksia on hyödynnetty mahdollisuuksien mukaan Evermaticin vakiovirtausilmalinjan suunnittelussa. Tutkimusosuudessa on käsitelty myös Standardin SFS-EN 14594, sekä tuotehyväksynnän vaatimuksia laitteelle. Tuotehyväksyntä on oleellinen osa projektia, se on pakollinen kaikille hengityksensuojauslaitteille.

Hitsaajan vakiovirtausilmalinja rakentuu valmiista ja suunniteltavista komponenteista. Valmiit komponentit on pyritty valitsemaan siten, että ne ovat laadukkaita ja tarkoitukseen mahdollisimman hyvin sopivia. Uusien komponenttien suunnittelussa on hyödynnetty alihankkijoiden ammattitaitoa. Myös saatavissa olevaa kirjallisuutta on käytetty.

Opinnäytetyön tuloksena oli konsepti toimivasta vakiovirtausilmalinjasta. Työn aikana aivan kaikkia tarvittavia kokeita ei ehditty, tai pystytty suorittamaan. Pääpiirteittäin konsepti kuitenkin on valmis. Vakiovirtausilmalinjan yksikkökustannusten suhteen on myös vielä hieman miettimistä, voi olla että joitakin kompromisseja joudutaan tekemään. Projektia tullaan vielä jatkamaan opinnäytetyön ulkopuolella.

## ABSTRACT

Author	Antti Seppälä
Title	Continuous Flow Air Line for the Welder
Year	2014
Language	Finnish
Pages	47 + 5 Appendices
Name of Supervisor	Timo Karhunen

---

The subject of my thesis was to design a continuous flow air line for welder at Evermatic Oy. For Evermatic the objective was to get a design from high quality continuous flow air line. The product should be corresponding to products available on market, for a competitive cost. The thesis is limited to an advanced concept of the functions and structure of the continuous flow air line.

In the research part of the thesis, the features of the continuous flow air lines from competing manufacturers are analysed. Some of the devices were acquired for the analysis and some were only reviewed by a material available on the Internet. The results were utilised in the design of Evermatic continuous flow air line. The research part also considers requirements of the standard SFS EN 14594 and the product approval. The product approval is a significant part of the project, as it is a mandatory for all respirator devices.

The continuous flow air line for the welder includes components that are ready-made, and components that are designed for the device. The ready-made components have been chosen so that they are of high quality and suitable for the purpose. In the design of new components we have utilized knowledge of subcontractors and also available literature.

The result of the thesis was a complete concept of a working continuous flow air line for the welder. The required tests were not completed during the thesis but the concept is mainly finished. The cost of the unit may still need some considering; it may be that some compromises are needed. The project will be continued after the thesis.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO – JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
2	EVERMATIC OY .....	9
3	VAKIOVIRTAUKSELLA TOIMIVAT HENGITYKSENSUOJAIMET.....	10
	3.1 Toimintaperiaate .....	10
	3.2 Kilpailijoiden vakiovirtauslaitteet.....	11
	3.2.1 Malina Safety CleanAIR® PRESSURE .....	11
	3.2.2 Sundström Safety SR–507 .....	13
	3.2.3 3M Versaflo V–500.....	15
	3.2.4 Scott Safety T–A–Line.....	16
4	STANDARDI JA TUOTEHYVÄKSYNTÄ.....	18
	4.1 Standardi SFS–EN 14594 .....	18
	4.2 Tuotehyväksyntä.....	20
5	HITSAAJAN VAKIOVIRTAUSILMALINJA.....	22
	5.1 Vaatimukset hitsaajan vakiovirtausilmalinjalle .....	22
	5.2 Valmiit komponentit .....	22
	5.2.1 Vakiovirtauslähde ja ilmansuodatin.....	23
	5.2.2 Paineilmaletku ja hengitysletku .....	24
	5.2.3 Ilmakanava ja liittimet.....	25
	5.2.4 Paineenalennusventtiili .....	26
	5.3 Suunniteltavat komponentit .....	28
	5.3.1 Konseptit .....	29
	5.3.2 Kotelointi .....	30
	5.3.3 Vyö ja vyöpehmuste.....	35
	5.3.4 Virtausindikaattori.....	36
	5.3.5 Hengityksensuojainliitin ja äänenvaimennin .....	39
	5.4 Malli.....	41
6	TESTAUS.....	42

	5
6.1 Ilman tilavuusvirtaus.....	43
7 YHTEENVETO JA PROJEKTIN JATKO .....	46
LÄHTEET.....	47
LIITTEET	

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuvio 1.</b> Vakiovirtauksella toimivan ilmalinjan pääkomponentit.	10
<b>Kuvio 2.</b> Malina CleanAIR® PRESSUREn paineensäädin.	12
<b>Kuvio 3.</b> Sundström Safety SR-507 paineensäädin ja vyö.	14
<b>Kuvio 4.</b> 3M Versaflo V-500 paineensäädin.	15
<b>Kuvio 5.</b> Scott Safety T-A-Line – paineensäädin.	16
<b>Kuvio 6.</b> CE – tuotehyväksyntäprosessi.	18
<b>Kuvio 7.</b> Parker BA-2013 ja BA-1400 – hengitysilman puhdistimet.	23
<b>Kuvio 8.</b> Hitsaajan vakiovirtausilmalinjan ilmanava ja liittimet.	25
<b>Kuvio 9.</b> Norgren R07-100-RNKG – paineenalennusventtiili.	27
<b>Kuvio 10.</b> Luonnoksia ja oikealla jatkokehitykseen valittu luonnos paineensäätimestä.	29
<b>Kuvio 11.</b> Paineensäätimen koteloinnin etu- ja takakuoren 3d – mallit.	30
<b>Kuvio 12.</b> Ilmalinjan liittimiä sijoitettuna kotelon takakuoren 3d – malliin.	31
<b>Kuvio 13.</b> Eräiden muovien iskulujuus verrattuna murtovenymään (Järvinen 2008, 151).	33
<b>Kuvio 14.</b> Lovi-iskulujuus -20 °C verrattuna +23 °C (Järvinen 2008, 151)	33
<b>Kuvio 15.</b> Koteloinnin pikamalli, sekä liittimet ja paineenalennusventtiili asennettuna pikamalliin.	34
<b>Kuvio 16.</b> Vyön ja vyöpehmusteen 3d – malli ja todellinen malli, jossa myös vyöhön pujotettuna kotelon takakuori.	35
<b>Kuvio 17.</b> 3M – virtausindikaattori.	36
<b>Kuvio 18.</b> Virtausindikaattorikonsepti.	38
<b>Kuvio 19.</b> Hengitysletkun hengityksensuojaimen puoleinen liitin, perspektiivikuva ja halkaisukuva, molemmat kuvat 3d – mallista.	39
<b>Kuvio 20.</b> Paineensäätimen malli kiinnitettynä vyöhön.	41
<b>Kuvio 21.</b> Hitsaajan vakiovirtausilmalinja, esityskuva.	42
<b>Kuvio 22.</b> Kobold KSK-1500BP2500 – rotametri.	43

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Paineenalennusventtiilin viritysmutterin piirustus

**LIITE 2.** Vakiovirtausilmalinjan paineensäätimen kotelo, etukuoren piirustus

**LIITE 3.** Vakiovirtausilmalinjan paineensäätimen kotelo, takakuoren piirustus

**LIITE 4.** Äänenvaimentimen rungon piirustus

**LIITE 5.** Äänenvaimentimen kannen piirustus

## 1 JOHDANTO

Hitsaajan vakiovirtausilmalinja on vakiovirtauslähteen (usein kompressorin), ja hitsausmaskin väliin asennettava laite, joka tuottaa paineilmaasta sopivan tilavuusvirran puhdasta, hengitettävää ilmaa hitsaajalle. Ilmalinja on siis tarkoitettu käytettäväksi hitsaajan hengityksensuojauksessa. Hitsaushuuruissa on pieninä hiukkasina hitsaustavoista riippuen erilaisia metalleja: alumiinia, kadmiumia, kromia, kuparia, mangaania ja nikkeliä (Työterveyslaitoksen verkkosivut). Hiukkaset ovat terveydelle haitallisia, joten suojautuminen on tarpeellista ja usein työpaikoilla myös pakollista.

Hitsaajan vakiovirtausilmalinja soveltuu käytettäväksi varsinkin raskaassa, paikallaan olevassa työssä. Paineilma mahdollistaa korkean ja jatkuvan ilmavirtauksen käyttäjälle, perässä vedettävä paineiletku taas rajoittaa käytettävyyttä ja pienentää liikkuma- aluetta. Hitsaustöissä myös kuumuus voi olla tukalaa, vakiovirtausilmalinjan syöttämä ilma viilentää käyttäjää hengityksensuojaimen sisällä. Jatkossa vakiovirtausilmalinjaa on mahdollista laajentaa myös muiden alojen hengityksensuojaukseen, kuten esimerkiksi maalaukseen.

Aloitin työt Evermatic Oy:ssä tuotesuunnittelijana vuoden 2013 alussa. Hitsaajan vakiovirtausilmalinja valikoitui opinnäytetyön aiheeksi koska sen suunnittelu Evermatic Oy:llä osui sopivasti samaan aikaan opinnäytetyön kanssa. Ennen Evermatic Oy:tä työskentelin tuotesuunnittelijana hengityksensuojaimia valmistavassa Scott Health & Safety Oy:ssä vuodesta 2006. Olen valmistunut teolliseksi muotoilijaksi Kymenlaakson Ammattikorkeakoulusta vuonna 2005.



## 2 EVERMATIC OY

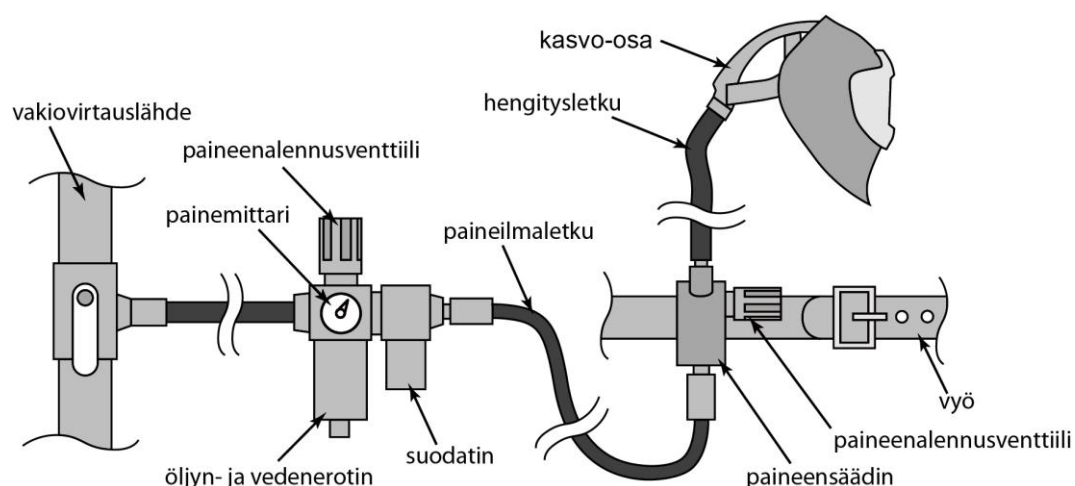
Evermatic Oy valmistaa ja maahantuo hitsaajille tarkoitettuja henkilösuojaimia. Tuotantotilat sijaitsevat Kankaanpäässä ja tuotteisiin kuuluu tällä hetkellä mm. hitsausmaskeja, kasvosuojaimia, suojavaatteita, suojapeitteitä ja moottorikäyttöisiä puhallinsuojaimia. Evermatic Oy:n liikevaihto on noin 1 milj. euroa. Henkilöstöä on tarpeen mukaan neljästä viiteen, joten kyseessä on pieni yritys. Pienessä yrityksessä uusien tuotteiden suunnitteluun käytettävät varat ovat suhteessa suuremmat ja riski aina isompi. Uusia tuotteiden mahdollisia markkinoita on syytä pohtia tarkoin ennen suunnittelun aloitusta.

Hitsaajan vakiovirtausilmalinja on ensimmäinen hengityksensuojain jonka kehityksen ja hyväksyntäprosessin Evermatic hoitaa itsenäisesti. Aiemmat hengityksensuojaukseen tarkoitetut tuotteet, joita Evermatic valmistaa tai jälleenmyy, on hyväksytetty yhteistyökumppanien kautta. Tämä tarkoittaa sitä, että yhteistyökumppanit ovat hoitaneet työlään ja kalliin hyväksyntäprosessin hyväksyntälaitosten kanssa.

Tulevaisuudessa Evermatic Oy saattaa laajentaa toimintaansa hengityksensuojainten valmistuksessa. Suojaimet joita Evermatic nykyisin valmistaa kuuluvat henkilösuojainryhmään II, asteikolla I – III. Hengityksensuojaimet kuuluvat ryhmään III. Ryhmän III vaatimukset ja hyväksyntäprosessit ovat huomattavasti vaativammat kuin ryhmän II ja I. Paineilmaliitännällä varustettu hengityksensuojain on hyvä tapa lähteä tutustumaan hengityksensuojaukseen, koska se on toimintaperiaatteeltaan suhteellisen selkeä ja yksinkertainen hengityksensuojain. Evermatic Oy:lle laajentaminen entistä vahvemmin hengityssuojauksen puolelle on mahdollisuus laajentaa markkinoita ja tuotevalikoimaa, sekä löytää kasvua.

### 3 VAKIOVIRTAUKSELLE TOIMIVAT HENGITYKSEN-SUOJAIMET

Vakiovirtauksella toimivia hengityksensuojaimia on ollut jo pidemmän aikaa saatavilla useilta eri valmistajilta. Laite tai sen toimintaidea ei siis ole uusi. Laitteen toiminta on myös määritelty eurooppalaisessa standardissa EN 14594, ja Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on kääntänyt standardin suomeksi (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 1). Edellinen vastaava standardi on vuodelta 1995. Vakiovirtauksella toimivan ilmalinjan pääkomponentit on esitetty Kuviossa 1 (Kuvio 1).



**Kuvio 1.** Vakiovirtauksella toimivan ilmalinjan pääkomponentit.

#### 3.1 Toimintaperiaate

Standardi määrittelee vakiovirtauksella toimivat hengityksensuojaimet seuraavasti. *"Tämän laitteen avulla käyttäjän on mahdollista saada standardin EN 12021 mukaista hengitysilmaa, joka johdetaan kasvo-osaan jatkuvana ilmavirtana hengitysletkun kautta. Laitteeseen voi kuulua säätöventtiili, jota käyttäjä voi kantaa. Paineilmanlähteen syöttöletku yhdistää käyttäjän paineilmanlähteeseen. Ylimääräinen ja uloshengitetty ilma virtaavat ympäröivään ilmakehään."* (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 12).

Standardin EN 12021 mukainen hengitysilma on ilmaa, jonka on todettu olevan riittävän puhdasta ihmisen hengitysilmakeksi. Lähes aina kompressorilta tai pai-

neilmaverkosta saatava ilma ei suoraan täytä standardin vaatimuksia, eikä siis ole hengitysilmakelpoista. Eri valmistajat hoitavat paineilman puhdistamisen hieman erilaisilla ratkaisuilla, ja markkinoilla on monenlaisia suodattimia.

Alennusventtiilillä eli paineensäätimellä käyttäjä voi säätää kuinka suuri ilmavirtaus maskiin tulee. Usein säätöalue on jossakin 100 l/min ja 400 l/min välissä. Ilmavirtauksen tulee olla riittävän suuri jotta maskin sisällä on jatkuvasti ylipaine. Riittävä ylipaine takaa sen, ettei maskin sisälle vuoda epäpuhtauksia ympäröivästä ilmasta. Vuotoa sanotaan reunavuodoksi. Liian suuri ilmavirtaus taas voi luoda maskin sisälle niin suuren ylipaineen, että hengitys muodostuu liian vaikeaksi. Suuri ilmavirtaus on helposti häiritsevää jos se osuu esimerkiksi silmiin, myös meluhaitta on mahdollinen. Standardin EN 14594:2005 vaatimassa tuotehyväksynnässä testataan mm. nämä edellä mainitut virtaukseen liittyvät asiat.

Paineilmalähteen syöttöletkulla vakiovirtauslaite, usein kompressori, yhdistetään alennusventtiiliin. Letkulla on myös omat vaatimukset jotka on ilmoitettu standardissa. Lisäksi laitteessa on vielä usein hengitysilmaletku joka yhdistää alennusventtiilin käyttäjän kasvo-osaan.

## **3.2 Kilpailijoiden vakiovirtauslaitteet**

Vakiovirtauksella toimivia hengityksensuojaimia löytyy markkinoilta useita. Kun lähdetään suunnittelemaan uutta tuotetta, on tärkeää tietää mitä kilpailijat valmistavat, ja millaisia toiminnan kannalta oleellisia ratkaisuja on käytetty. Keräsimme Evermaticille tutkimukseen joitakin markkinoilla olevia tuotteita, lähinnä niitä joita käytetään Suomessa eniten. Joitakin tuotteita purettiin ja niiden toimintaa analysoitiin. Keskityimme lähinnä tutkimaan kilpailijoiden laitteiden paineensäätimiä, muiden komponenttien analysointi jäi vähemmälle.

### **3.2.1 Malina Safety CleanAIR® PRESSURE**

Malina Safety on tšekkiläinen hengityksensuojauustuotteiden valmistaja, joka on perustettu 1990. Malina Safety myy tuotteitaan CleanAIR® tuotemerkillä. Malina Safetyyn vakiovirtauksella toimiva hengityksensuojain, jota käytetään avoimien kasvo-osien kanssa, on CleanAIR® PRESSURE (**Kuvio 2**).



vain tietyissä hengityksensuojaimien liittyvissä tapauksissa. Ilmaisimen täytyy myös olla sellainen joka kiinnittää käyttäjän huomion välittömästi, esimerkiksi pilli (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 32). Malinan laitteessa oleva painemittari ei kiinnitä käyttäjän huomiota, ellei käyttäjä satu katsomaan mittaria. Voi tosin myös olla, että mittari on lisätty vain lisäarvoksi käyttäjälle, ei hyväksynnän takia.

Kasvosuojaimen hengitysletku liitetään paineensäätimeen hengityksensuojaimissa tyypillisellä 40 mm EN-148 kierteellä. Mahdollisesti sen takia, että Malinalla on sama liitintyyppi käytössä monissa muissakin sovelluksissa. Tämä mahdollistaa saman hengitysletkun käytön monissa hengityksensuojaimissa. Paineensäätimessä olevan hengitysletkuliitännän sisällä on pieni lieriön muotoinen äänenvaimennin. Patruuna koostuu muovikuorista joiden sisään on tiukasti ahdettu viisi huopakiekkoa. Ilman äänenvaimenninta paineensäätimen käyttö on todella epämiellyttävää. Hengitysilman lisäksi hengitysletkua pitkin tulee kasvosuojaimen myös erittäin kova, kohiseva melu.

CleanAIR® PRESSUREn mukana toimitetaan virtausindikaattori, jolla käyttäjä voi tarkastaa ennen käyttöä ilman tilavuusvirtauksen riittävyyden. Virtausindikaattori muistuttaa rotometriä, mutta tilavuusvirtausta siitä ei voi lukea. Virtausindikaattorissa on ainoastaan vihreä ja punainen alue, kun tilavuusvirtaus on riittävä, nousee indikaattorin sisällä oleva uimuri vihreälle alueelle. Virtausindikaattori kiinnitetään hengitysilmaletkun liittimeen.

### **3.2.2 Sundström Safety SR-507**

Sundström Safety AB on ruotsalainen vuonna 1926 perustettu pääasiassa hengityksensuojaimia valmistava yritys. SR-507 on Sundströmin vakiovirtauksella toimiva, avoimille kasvo-osille tarkoitettu hengityksensuojain (**Kuvio 3**).



**Kuvio 3.** Sundström Safety SR-507 paineensäädin ja vyö.

Sundströmin paineenalennusventtiili on valettu muovista, aivan kuten Malinankin, mutta Sundströmillä kierteet ovat samasta muovista. Alennusventtiilin merkkiä emme saaneet selville, mutta kovin laadukasta kuvaa muovinen runko ei anna. Paineenalennusventtiili ja muut komponentit on koteloitu kahden ruiskupuristetun kuoren sisälle. Paineenalennusventtiilin säätönappi on hieman pienempi kuin Malinalla, mutta silti miellyttävä käyttää. Venttiilin säätösuunnan merkinnät ovat helposti ymmärrettävät, mutta erottuvat taustasta hieman heikosti. Säätöalue on 175–260 l/min (Sundström Safety AB SR-507. Käyttöohje, 24).

SR-507 on varustettu myös alhaisesta paineentasosta varoittavalla pillillä. Pilli on kiinnitetty paineensäätimeen tulopuolelle X-haaralla, ennen alennusventtiiliä. X-haaran ylimääräinen haara on tulpattu. Pilli toimii siten, että kun ilmanpaine on riittävän korkealla, on pilli suljettuna. Jos paineentaso tippuu käyttöalueen ulkopuolelle, alkaa pilli soida. Sundströmin käyttöohjeessa ei tosin mainita missä paineessa pilli alkaa soida. Laitteen käyttöpaineeksi on käyttöohjeessa mainittu 5–7 baaria alennusventtiililiitännän kohdalta mitattuna (Sundström Safety AB SR-507. Käyttöohje, 24). Jos paine tipahtaa hyvin nopeasti normaalipaineeseen esim. paineletkun mennessä poikki, voi pillin varoitusaika olla lyhyt. Pilli oli kokoonpantu siten, ettei sen aukaiseminen ilman rikkomista ollut mahdollista.

Hengitysletku liitetään laitteeseen Sundströmin omalla liitännällä. Liitännän sisään on myös rakennettu äänenvaimennin, ilman äänenvaimenninta melu on kova, aivan kuten Malinankin laitteessa. Samaa liitäntää ja hengitysilmaletkua käytetään myös muissa Sundströmin laitteissa. Vyölle asetettava vyölevy on hyvin saman-

lainen kuin Malinalla, Sundström tosin käyttää leveämpää 50 mm vyötä, joka antaa myös hieman paremman tuen käyttäjälle. Vyölevyistä näkee myös laitteen hyväksyntäluokan ja standardin, EN 14594:2005 3A 3B. SR-507 on siis hyväksytty astetta vaativampaan käyttöympäristöön kuin Malinan CleanAIR® PRESSURE. Astetta korkeamman hyväksyntäluokan mahdollistaa luultavasti pilli.

### 3.2.3 3M Versaflo V-500

3M on luultavasti maailman suurin hengityksensuojainten valmistaja. Tuotevalikoimaan kuuluu myös useita vakiovirtauksella toimivia hengityksensuojaimia, yhtenä uusimmista Versaflo V-500 (**Kuvio 4**). V-500 kuuluu Versaflo – tuoteperheeseen, johon kuuluu myös monen muun tyyppisiä hengityksensuojaimia. Ideana on modulaarisuus, tuoteperheen tuotteita voi yhdistellä keskenään. Käyttäjä voi itse valita mm. paineensäätimen, kasvo-osan, hengitys – ja paineletkun, liittimet sekä lisätarvikkeet kuten kuulonsuojaimet (3M Personal Safety, Versaflo Powered & Supplied Air Respiratory protective Systems, 9).

Kuva poistettu

#### **Kuvio 4.** 3M Versaflo V-500 paineensäädin.

3M:n V-500 paineensäädintä emme saaneet Evermaticille tarkempaa tutkimusta varten. Jouduimme tyytymään verkkosivujen kautta saataviin tietoihin, tämän lisäksi olemme kokeilleet laitetta muutamia kertoja messuilla. Verkkosivuilta käy ilmi lähinnä laitteen ominaisuudet, mutta sitä miten ominaisuuksiin on päästy ja miten ne on toteutettu, ei löydy.

V-500 on ulkoisesti varsin laadukkaan oloinen. Muovikuoret ovat tukevan ja viimeistellyn oloiset. Hengitysletkuliitintä on käännetty hieman vinoon jotta paineenalennusventtiiliä on helpompi käyttää, ja mahdollisesti myös sen takia, että letku lähtee käyttäjän kannalta parempaan suuntaan. Laitteen sivusta, hieman piilosta löytyy matalasta paineesta varoittava pilli. Esitteen mukaan laitteessa on myös vaihdettava hiili suodatin (3M Personal Safety, Versaflo Powered & Supplied Air Respiratory protective Systems, 9), mahdollisesti hajujen ja makujen poistamiseen paineilmasta. Täydelliseen hengitysilman puhdistamiseen sitä tuskin

käytetään, sillä koko on vaikuttaa liian pieneltä ja 3M:ltä on tähän käyttöön saatavissa erillinen suodatinyksikkö.

V-500 on saatavissa erilaisilla paineilmaliittimillä. Tästä voi olla hyötyä silloin kun käyttäjä haluaa hyödyntää omia paineilmaletkujaan. Paineilmaletkuliittimiä on saatavissa monia erilaisia ja usein ne eivät käy ristiin. Tulopuolen letkuliitäntä on lisäksi jaettavissa Y – haaraliittimellä kahdeksi, jolloin paineensäätimeen voidaan liittää paineilmatyökalu tai maaliruisku. V-500 on hyväksytty standardin EN 14594 mukaan, tarkempi hyväksyntäluokka riippuu siitä mitä komponentteja käyttäjä on valinnut (3M Personal Safety, Versaflo Powered & Supplied Air Respiratory protective Systems, 15).

### 3.2.4 Scott Safety T-A-Line

Scott Safetyn T-A-Line – paineensäädintä (**Kuvio 5**) emme myöskään hankkineet tarkempia tutkimuksia varten, mutta tunnemme hieman sen teknisiä ratkaisuja. Lisäksi käyttöohjetta ja esitettä tutkimalla selviää laitteesta lisää. T-A-Linella on hyväksyntä standardin EN 1835 mukaan (Scott Safety Tornado T/A/Line/Scott, 50), kyseinen standardi on korvattu vuonna 2005 standardilla EN 14594. Tarkempaa hyväksyntä luokkaa ei käyttöohjeesta selviä, on myös mahdollista että vanha standardi ei sisältänyt samanlaista luokittelua kuin uusi standardi.

Kuva poistettu

#### **Kuvio 5.** Scott Safety T-A-Line – paineensäädin.

Scott Safetyn paineensäädin on suhteellisen kookas verrattuna muihin paineensäätimiin, mutta ei kuitenkaan häiritsevän iso käyttää. Omituinen yksityiskohta Scott Safetyn paineensäätimessä on, että vaikka laite sisältää säädettävän paineenalennusventtiilin, on venttiili koteloitu siten, ettei se ole säädettävissä käytön aikana. Paineensäädin antaa virtauksen 140 – 200 l/min riippuen tulopaineesta. Käyttäjä ei siis voi muuttaa kasvo-osan sisälle tulevan ilman virtausta ainakaan käytön aikana. Käyttöohjeen kuvista päätellen paineenalennusventtiilinä on käytetty Norgrenin paineenalennusventtiiliä. Toinen hieman erikoisempi ratkaisu on käyttää yhdistettyä äänen ja hajun suodatinta. Ohjekirjan mukaan suodatin toimii lisäksi il-

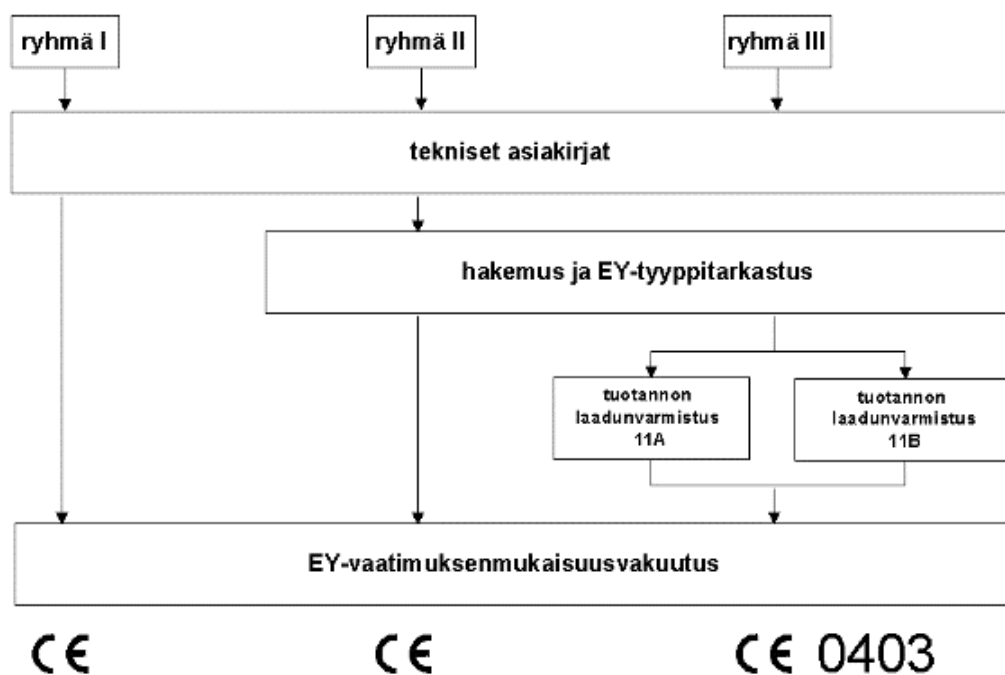


maisimena likaisesta käyttöilmasta ja on vaihdettavissa. (Scott Safety Tornado T/A/Line/Scott, 50).

Paineensäätimen komponentit on koteloitu kestävän oloisten muovikuorien sisälle. Komponentit ovat hyvin suojassa, ja myös alhaisesta paineesta varoittava pilli on kuorien sisällä. Pillin kohdalle koteloon on tehty aukkoja. Kotelo on kiinnitetty muoviseen vyölevyyn jonka klipsi-mekanismi mahdollistaa sen, että kotelo voidaan kääntää vyöllä muutamaan erilaiseen asentoon. Paineilmaletkuliittimeksi on valittu CEJN – liittimet, jotka ovat teollisuudessa paljon käytettyjä. Hengitysletku liittimenä on Tornado – tyyppinen bajonettiliitin, jota käytetään myös muissa Scott Safetyn hengityksensuojaimissa. Lisäksi paineensäätimessä on paineilmatyökaluliitin.

## 4 STANDARDI JA TUOTEHYVÄKSYNTÄ

Suomessa myytävillä henkilösuojaimilla täytyy olla CE – merkintä. Ryhmän III suojaimet on tarkoitettu suojaksi vakavia vaaroja vastaan ja CE – merkinnän perässä täytyy olla suojaintuotannon tasalaatuisuutta valvovan ilmoitetun laitoksen numero. Merkinnän saamiseksi on hengityksensuojaimiin kuuluvilla henkilösuojaimilla teetettävä EY – tyyppitarkastus. Lisäksi tuotannon täytyy käydä läpi laadunvarmistus (**Kuvio 6**). (Työterveyslaitos, Työturvallisuuskeskus, Sosiaali – ja terveysministeriö 2007, 10–12)



**Kuvio 6.** CE – tuotehyväksyntäprosessi.

### 4.1 Standardi SFS–EN 14594

Standardi SFS–EN 14594 on suora käänös eurooppalaisesta standardista EN 14594:2005 Respiratory protective devices. Continuous flow compressed air line breathing apparatus. Requirements, testing, marking. Eurooppalainen standardi on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. Standardi sisältää vakiovirta-

uksella toimivien hengityksensuojainten vaatimukset. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 1)

Hitsaajan vakiovirtausilmalinjan EY – tyyppitarkastus tehdään standardin EN 14594:2005 mukaan, joten suunnittelu oli hyvä aloittaa tutustumisella standardiin. Maksullisen standardin hankimme Evermaticille SFS – verkkokaupan kautta. Mitään kohtaa standardista ei voi jättää huomioimatta, ja mikään kohta standardissa ei ole toista tärkeämpi, sillä valmiin tuotteen on täytettävä kaikki standardin vaatimukset. Jos jokin hyväksyntätesteistä epäonnistuu, on testaus aloitettava mahdollisesti jopa alusta.

Standardi sisältää eräänlaisen kestävyys – ja suojausluokka–arvon, jolle hengityksensuojain hyväksytään. Ennen testejä täytyy ilmoittaa luokat joihin pyritään. Kestävyysluokka vaihtoehdot fyysiselle rasitukselle ovat A – ja B – luokka. B – luokan laitteet ovat kovempaan rasitukseen. Hengityksensuojausluokat ovat 1–4, ja menevät hengityksensuojaimen vuotoprosentin mukaan. Luokan 1 hengityksensuojain saa vuotaa 10 %, kun taas luokan 4 hengityksensuojain vain 0,05 % (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 12–14).

Luokan 4 vaatimus on tiukka, ja mielestäni saavutettavissa ainoastaan käyttäjän kasvoille hyvin istuvalla kokonaamarilla, tai tiiviillä kokovartalosuojaimella. Normaalityyppisellä hitsausmaskilla on erittäin haastavaa päästä luokkaan 4, myös luokkaa 3 tuottaa ongelmia. Joillakin Evermaticin hitsausmaskeilla on jo olemassa hyväksyntä hengityksensuojauksikäytössä. Näiden hyväksyntäraporttien pohjalta päätimme pyrkiä luokkaan 2, jonka sallittu vuoto on 2 %. Kestävyysluokan suhteen päätimme lykätä päätöstä myöhemmäksi, todennäköisesti kuitenkin tavoittelemme luokkaa B.

Eräs huomionarvoinen kohta standardin vaatimuksissa on, että käyttäjällä pitää olla mahdollisuus milloin vain ennen käyttöä testata paineensäätimen riittävä vähimmäisvirtausvoimakkuus (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 32). Tämä tarkoittaa sitä, että paineensäätimen mukana on toimitettava jonkinlainen virtausindikaattori, jolla käyttäjä voi tehdä tarkastuksen. Kaikki tutkitut kilpailijat olivat ratkaisseet asian mukana tulevalla pienellä rotometriä muistuttavalla mitta-

rilla. Rotametri ei ole tässä yhteydessä kovin tarkka keino mitata virtausta, koska sen toimintaan vaikuttaa mm. ilmanpaine. Ilmanpaine taas ei ole aina vakio, siihen vaikuttaa esim. mittauspaikan korkeus merenpinnasta. Kaupallisia, juuri oikealle virtausvoimakkuudelle suunniteltuja rotametrejä on saatavissa, mutta niiden hinnat ovat usein satoja euroja. Kallista rotametriä ei voida pakata jokaisen paineensäätimen mukaan, käyttäjälle virtausmittaukseen on keksittävä jokin muu keino.

## 4.2 Tuotehyväksyntä

Kun vakiovirtausilmalinjalle lähdetään hakemaan hyväksyntää, ei pelkkä paineensäätimen toimittaminen hyväksyntätesteihin riitä. Testeihin tulee toimittaa koko vakiovirtausilmalinja. Eli letkut, paineensäädin, vyö ja kasvo-osa. Tämän lisäksi tarvitaan ainakin tekniset asiakirjat, virtausindikaattori ja vyö. Standardiin tutustumisen jälkeen oli hieman epäselvää tarvitaanko hyväksyntään myös vakiovirtauslähde, eli esimerkiksi kompressori, sekä ilmansuodatin jolla paineilman puhdistetaan hengitysilma kelpoiseksi. Kysyin asiasta erikoistyöhygieenikko Erja Mäkelältä, joka on Työterveyslaitoksella vastuussa hengityksensuojainten testaus – ja sertifiointipalveluista. E. Mäkelän vahvisti, ettei hyväksyntätesteihin tarvitse toimittaa vakiovirtauslähdettä tai ilmansuodatinta (E. Mäkelä, Hitsaajan ilmalinja).

E. Mäkelä kirjoitti sähköpostiviestissään myös, että Suomessa ei ole testilaitosta joka pystyisi tekemään akkreditoidut hyväksyntätestit. Testit olisi mahdollista teettää Työterveyslaitoksen valvonnan alla Pietarissa Venäjällä VNIIM – metrologianlaitoksella. Toinen vaihtoehto on ostaa hyväksyntätestit joltakin eurooppalaiselta akkreditoidulta testauslaitokselta. Työterveyslaitos voi tarvittaessa toimia suojaimen valmistuksen tasalaatuisuutta valvovana ilmoitettuna laitoksena. (E. Mäkelä, Hitsaajan ilmalinja)

Koska hengityksensuojaimet kuuluvat kolmiportaisessa jaottelussa vaativimpaan henkilösuojainryhmään, eli ryhmään III, täytyy myös niiden tuotannon tasalaatuisuutta valvoa. Tuotannon valvontaan on tarjolla kaksi eri vaihtoehtoa, joko valmiiden tuotteiden EY – laadunvarmistus tai tuotannon EY – laadunvarmistus (Työterveyslaitoksen verkkosivut). Tasalaatuisuuden valvontaan kuuluvat myös

tarkastuskäynnit vähintään kerran vuodessa. Evermaticin kannalta järkevämmältä vaihtoehdolta kuulostaa valmiiden tuotteiden laadunvarmistus, sillä hitsaajan vakiovirtausilmalinja on ainoa Evermaticin ryhmän III tuote. Jos ryhmän III tuotteita olisi useampia, voisi tuotannon laadunvarmistus olla parempi vaihtoehto.

Suojaimen mukana hyväksyntöihin täytyy myös toimittaa tekniset asiakirjat. Asiakirjoista tulee selvittää kuinka valmistaja on varmistanut, että vaatimukset täytetään. Suunnitteluperiaatteet on kuvattava yksityiskohtaisesti. Teknisiksi asiakirjoiksi luetaan mm. kokoonpano – ja osapiirustukset, käyttöohje sekä kuvaus laadunvalvonta ja tarkastusmenettelystä valmistuksen aikana (Työterveyslaitos, Työturvallisuuskeskus, Sosiaali- ja terveysministeriö 2007, 11). Opinnäytetyöstä on rajattu pois teknisten asiakirjojen tekeminen.

## 5 HITSAAJAN VAKIOVIRTAUSILMALINJA

### 5.1 Vaatimukset hitsaajan vakiovirtausilmalinjalle

Evermaticin hitsaajan vakiovirtausilmalinjan tulisi toimintojensa ja laadun puolesta oltava täysin kilpailukykyinen isojen kilpailevien valmistajien tuotteiden kanssa. Hinta tulisi saada edullisimpien vakiovirtausilmalinjojen tasolle. Yhtälö on hieman hankala, mutta varmasti saavutettavissa. Toimintoina ilmalinjassa tulee olla standardin vaatimien vähimmäistoimintojen lisäksi vähintään säädettävä ilman tilavuusvirta ja työkaluliitin. Tilavuusvirran tulisi olla samalla tasolla kuin kilpailijoiden tuotteissa.

Muotoilun tulee olla moderni ja antaa tuotteelle ilme joka kertoo laadukkuudesta, ulkonäön tulisi myös sopia Evermaticin uuteen yritysilmeseen. Käytettävyyteen tulee myös kiinnittää huomiota. Paineensäätimen kotelointi halutaan rakentaa ruiskuvalutuilla osilla, mutta ruiskuvalumuottien määrä haluttaisiin pitää kahdessa jotta valmistuksen aloituskustannukset pysyvät maltillisella tasolla. Muiden komponenttien tulisi olla markkinoilla olevia, tai valmistettavissa ilman suuria aloituskustannuksia. Koteloinnin, ja samalla tietysti myös koko tuotteen, tulisi olla kestävä ja mielellään helposti puhdistettavissa.

Hitsaajan vakiovirtausilmalinja tulee olla liitettävissä Evermaticin nykyisiin hitsausmaskeihin, joissa on liitäntä hengityksensuojaimelle. Tarpeen tullen liitäntä tulee myös olla helposti vaihdettavissa toisenlaiseksi. Liittimen vaihtaminen voi olla tarvittava ominaisuus esimerkiksi jos vakiovirtausilmalinjaa myöhemmin valmistetaan yhteensopivaksi jonkin toisen valmistajan kasvo-osan kanssa. Voi myös olla, että Evermatic muuttaa omien kasvo-osien liitintyyppiä jossakin vaiheessa.

### 5.2 Valmiit komponentit

Seuraavissa kappaleissa esitellään Evermaticin hitsaajan vakiovirtausilmalinjan komponentit jotka tulemme ostamaan valmiina, eli komponentteja ei tarvitse suunnitella, vaan ainoastaan valita parhaiten tuotteeseen sopiva. Komponentit on käyty läpi vakiovirtauslähteeltä kasvo-osaa kohti (**Kuvio 1**).

### 5.2.1 Vakiovirtauslähde ja ilmansuodatin

Vakiovirtauslähteellä, eli paineilmalähteellä, ei varsinaisesti ole hitsaajan vakiovirtausilmalinjan suunnittelussa merkitystä. Käyttäjän vastuulla on, että paineilmalähde on sellainen, että se pystyy pitämään ilmanpaineen riittävän korkeana ja tasaisena. Käyttäjän vastuulla on myös se, että paineilmalähde ottaa paineistettavan ilman sellaisesta paikasta, että ilma ei sisällä suodattimesta läpi meneviä myrkyllisiä kaasuja tai hiukkasia. On myös huomioitava, että ilma sisältää riittävästi happea. Koska Evermatic ei valmista tai jälleenmyy minkäänlaisia paineilmalähteitä, voi Evermatic korkeintaan suositella asiakkaalle Hitsaajan vakiovirtausilmalähteen kanssa toimivia kompressoreja tai muita paineilmalähteitä.



**Kuvio 7.** Parker BA–2013 ja BA–1400 – hengitysilman puhdistimet.

Ilmansuodatin tulee välittömästi paineilmalähteen jälkeen ja se puhdistaa paineilmaista pois veden, öljyn ja mahdolliset muut epäpuhtaudet. Ilmansuodattimen kanssa tilanne on hyvin samanlainen kuin paineilmalähteellä. Asiakkaan vastuulla on epäpuhtauksiin sopivan suodattimen valinta ja käytönvalvonta. Tärkeintä on, että ilmansuodattimelta tuleva ilma täyttää paikallisen hengityskäyttöön tarkoitettun paineilmastandardin vaatimukset, Euroopassa standardi on EN 12021. Suodattimen puhdistuskapasiteetti on myös oltava riittävä suhteessa ilman tilavuusvirtaan. Suodatinyksikkö voi olla joko kiinteästi esim. seinään kiinnitetty, siirrettävä yksikkö omalla telineellä tai käyttäjän mukana vyöllä kannettava malli. Esimerkkinä Parker BA–2013 on seinäkiinnitteinen ilmansuodatin ja BA–4350 siirrettävä ilmansuodatin (**Kuvio 7**).

### 5.2.2 Paineilmaletku ja hengitysletku

Paineilmaletkulla tarkoitetaan opinnäytetyössä letkua joka yhdistää ilmansuodatimen ja käyttäjän vyöllä kulkevan paineensäätimen. Paineilmaletkua käyttäjä vetää perässään ja sen pituudesta riippuu kuinka laaja toimintasäde hitsaajan vakiovirtauslinjalla on. Standardi EN 14594:2005 määrittää letkulle tarkat vaatimukset. Huomion arvoisia seikkoja ovat mm.

- letkun maksimipituus 10 m
- letku ei saa palaa
- luokan B laitteissa kestävä 30 bar painetta 15 min ilman vaurioita
- taitettaessa letkua ilman virtaus ei saa vähentyä yli 10 %
- 1000 N vetokesto luokan B laitteelle
- irrotettaessa itsesulkeutuva liitos.

Markkinoilla on monilta valmistajilta hengitysilman välitykseen tarkoitettuja paineilmaletkuja, joten valinnanvaraa löytyy. Tässä vaiheessa emme vielä lähteneet tilaamaan letkuja testattavaksi, vaan valitsimme letkun ainoastaan tuotekuvaston perusteella. Ennen varsinaisia hyväksyntätestejä letku on kuitenkin testattava. Päätimme valita paineilmaletkuksi sisähalkaisijalta 8 mm Dunlop Hiflex hengitysilmaletkun.

Hengitysletku on letku joka tulee vyöllä olevalta paineensäätimeltä käyttäjän hengityksensuojaimen. Hengitysletkulle ei ole asetettu yhtä suuria vaatimuksia kuin paineilmaletkulle, luultavasti koska sitä ei vedetä perässä vaan se on hieman suojassa käyttäjän selkää tai kylkeä vasten. Hengitysletkun sisällä paine on myös alhaisempi kuin paineilmaletkussa. Muut valmistajat käyttävätkin lähes poikkeuksetta hengitysletkuina leveämpiä ja ohutseinäisempiä puhallinsuojaimen letkuja. Tämä on järkevää jos tuotevalikoimasta jo löytyy puhallinsuojain ja tähän sopiva hengitysletku, samaa letkua voidaan käyttää molemmissa hengityksensuojaimissa.

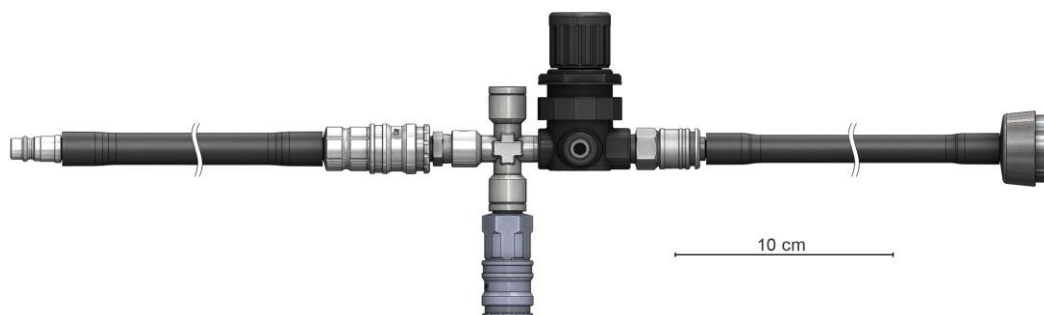
Evermaticin valikoimasta ei kuitenkaan puhallinsuojaimen hengitysletkua ole, joten järkevintä on käyttää valmista paineilmaletkusta tarkoitettua letkua. Hengitysletkuksi valitsimme sisähalkaisijalta 6 mm Dunlop Hiflex hengitysilmaletkun.



Kapeamman letkun etuna on, että se on hieman kevyempi käyttäjän kannettavaksi. Hengitysilmaletkun pituus on noin 70 cm, mutta voi olla että niitä joudutaan tekemään muutamaa eri pituutta. Yli 2 m pitkä käyttäjä tarvitsee pidemmän hengitysilmaletkun kuin 1,5 m pitkä käyttäjä.

### 5.2.3 Ilmakanava ja liittimet

Paineilmaletkun ja hengitysilmaletkun liitokset paineensäätimeen ja ilmansuodattimeen ratkaisimme CEJN – paineilмалиittimillä. Liittimet täyttävät standardin EN 14594:2005 vaatimukset kestävydestä. Lisäksi täyttyvät vaatimukset irrotettaessa itsesulkeutuvasta liittimestä sekä letkun kiertymisen estävästä liittimen pyörimisestä. CEJN liitinvalikoimasta valitsimme paineilmaletkulle ja työkaluliitännälle liittimet 320 – sarjasta, ja hengitysletkulle 220 – sarjasta. 220 – sarjan liittimet ovat hieman pienempiä ja kevyempiä. 220 – sarjan maksimi virtaus on 580 l/min, tämä riittää hyvin hitsaajan vakiovirtausilmalinjaan. CEJN nettisivuilla oli tarjolla valmiit 3d – mallit tarvittavista liittimistä.



**Kuvio 8.** Hitsaajan vakiovirtausilmalinjan ilmakanava ja liittimet.

Kuviossa (**Kuvio 8**) on esitettyä Hitsaajan ilmalinjan paineilmaletkun, paineensäätimen ja hengitysletkun liittimet ja liitännät. Vasemmanpuoleinen letku on paineilmaletku, jonka vasemmanpuoleinen pää liitetään CEJN 320 – pistokkeella ilmansuodattimeen. Paineletkun oikeanpuoleinen CEJN 320 – pikaliitinrunko liitetään paineensäätimessä tulopuolella olevaan pistokkeeseen. Pistokkeen jälkeen tulee joko X tai T haara, molempia voidaan käyttää. Kuviossa on esitetty X – haara, jonka yksi lähtö on suljettu sokkotulpalla ja toisessa lähdössä on työkaluliitännänä CEJN 320 – pikaliitinrunko.

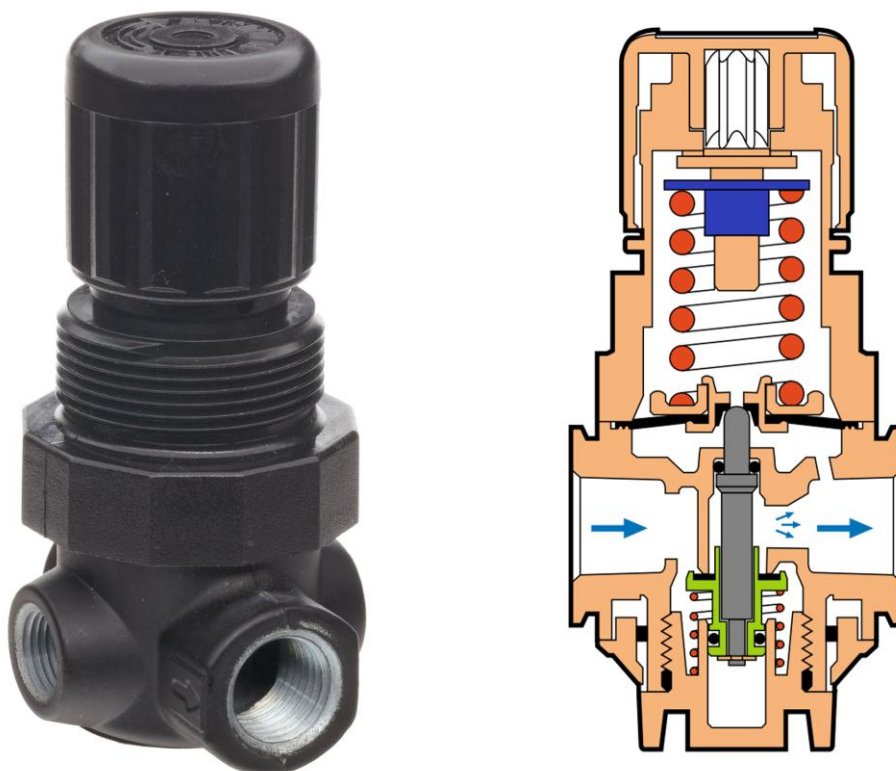
Työkaluliitäntä on liitin joka osoittaa kuviossa alaspäin. Työkaluliitännän asiakas voi saada halutessaan. Käyttäjä voi itse kiinnittää ja irrottaa liittimen. Irrotettaessa liittimen paikalle tulee laittaa sokkotulppa, muutoin linjaan jää avoin portti. X – haaran yksi lähtö on tarkoitettu alhaisen paineen tasosta varoittavalle pillille. Pilliä ei ole tässä vaiheessa suunniteltu ilmalinjaan, mutta jos se myöhemmin halutaan liittää, on liitäntä hyvä olla valmiiksi suunniteltu. Haaran yhdessä portissa on 1/4 " ulkokierre, muissa porteissa 1/4 " sisäkierre.

Haaroituksen ulkokierre liitetään paineenalennusventtiiliin 1/4 " tulopuolen porttiin. Paineenalennusventtiiliin lähtöpuolella 1/4 " porttiin liitetään CEJN 220 – pikaliitinrunko, joka on hengitysletkun liitäntä. Hengitysletkun tulopuolella on CEJN 220 – pistoke ja lähtöpuolelle tulee hitsaajan vakiovirtausilmalinjaan suunniteltu erikoisliitäntä, joka yhdistää hengitysletkun hengityksensuojaimen. Erikoisliitännästä lisää tietoa äänenvaimenninta koskevassa kappaleessa.

#### **5.2.4 Paineenalennusventtiili**

*"Paineenalennusventtiilillä säädetään paineen suuruutta eli toimilaitteen voimaa tai momenttia. Paineenalennusventtiiliä käytetään myös, kun toimilaite ei tarvitse täyttä painetta. Venttiili pienentää myös ilmankulutusta, mutta aiheuttaa virtausvastusta ja tehohäviötä."* (Fonselius, Hautanen, Mutikainen, Pekkola, Salmijärvi & Simpura 1997, 103).

Hitsaajan vakiovirtausilmalinjassa käyttäjä voi yölle sijoitetulla paineenalennusventtiilillä, eli säätöventtiilillä, säätää kasvo-osan sisälle tulevan puhtaan ilman tilavuusvirtaa. Säätöventtiiliä ei voi kuitenkaan käyttää suoraan sellaisenaan ilmalinjassa, koska venttiili on mahdollista kääntää kiinni, tai täysin auki. Varsinkaan kiinni kääntäminen ei saa olla mahdollista. Ilmalinjaan tuleva säätöventtiili täytyy virittää siten, että sen säätöalue noin 6 baarin ylipaineessa on suunnilleen 150 – 300 l/min. Kun valitsimme ilmalinjaan sopivaa säätöventtiiliä, virityksen helppous oli tärkeimpiä valintakriteereitä. Virityksen joudumme tekemään Evermaticilla.



**Kuvio 9.** Norgren R07–100–RNKG – paineenalennusventtiili.

Ilmalinjaan valitsimme lopulta Norgrenin miniatyyri luokan R07 säätöventtiilin (**Kuvio 9**). Tutkimme muidenkin valmistajien säätöventtiileitä mm. SMC, Numatics ja Control Air, sekä muutamia merkittämiä edullisemmän hintaryhmän säätöventtiileitä. Norgrenin säätöventtiili oli kevyt, yksinkertainen ja helposti viritettävissä. ControlAirin säätöventtiili oli rakenteeltaan ja mitoiltaan hämmentävän yhteneväinen Norgrenin kanssa, valinnan määräsi lopulta Norgrenin hieman edullisempi hinta. Kaikissa laadukkaammissa säätöventtiileissä oli paikallaan pysyvä säätönappi. Säätönappia voi pyörittää myötä – tai vastapäivään, mutta se ei laske tai nouse ollenkaan.

Tärkeä ominaisuus säätöventtiilissä on, että säätönupin voi lukita säädön jälkeen. Lukitus estää tehokkaasti tahattomat säädöt laitetta käytettäessä. Lähes kaikista säätöventtiileistä tämä ominaisuus löytyi, usein se oli toteutettu ulos vedettävällä säätönupilla. Ulosvedetyllä säätönupilla voidaan säätää virtausta, ja kun haluttu virtaus on saavutettu, voidaan virtaus lukita painamalla säätönappi sisälle. Norgrenin säätimessä säätönupin kulmat oli pyöristetty ja säätönappi tuntui mukaval-

ta käyttää. Lisäksi nuppiin oli merkitty virtauksen lisäyksen ja kuristuksen suunnat, sekä ohje vetää nuppi ulos ennen säätöä. Merkinnät tuntuvat pieniltä asioilta, mutta voivat olla kokemattoman käyttäjän kannalta oleellisia.

Norgrenin paineenalennusventtiili on purettavissa ja huollettavissa ilman työkaluja, joskin komponentit tuntuivat olevan niin tiukasti kiinni, että jakoavaimesta on apua. Alennusventtiilin tulo- ja lähtöpuolella on 1/4 " sisäkierre, painemittareille tarkoitetuissa kahdessa sivuportissa on 1/8 " sisäkierre. 1/4 " porteista voidaan johtaa ilmaa maksimissaan 420 l/min. Lisäksi alennusventtiilin kiinnitystä varten on kaulassa M30 kierre. Kaulan kierrettä hyödynnetään alennusventtiilin kiinnityksessä koteloon. Runko on valettua sinkkiä ja säätöosat muovia. (Norgren R07 Technical specification 2013)

Alennusventtiilin viritys tehdään rajoittamalla säätöalueen molempia päitä. Säätöalue supistetaan rajoittamalla kuvion (**Kuvio 9**) leikkauskuvassa näkyvän säätöjousta puristavan mutterin (sininen) liikealuetta. Mutterin liikettä ylöspäin rajoitetaan yksinkertaisesti aluslevyillä. Rajoituksella pyritään saavuttamaan 150 l/min minimivirtaus 6 baarin ylipaineessa. Mutterin liike alaspäin rajoitetaan jousen sisälle tulevalla viritysmutterilla (**Liite 1**). Viritysmutteri lukitaan paikoilleen sopivalla ruuvilukitteella. Alaspäin rajoitettu liike määrää maksimivirtauksen.

### 5.3 Suunniteltavat komponentit

Valmiina hankittavien komponenttien lisäksi hitsaajan vakiovirtausilmalinjaan täytyy suunnitella ja valmistaa joitakin osia joita ei ole mahdollista hankkia suoraan valmiina. Lisäksi ulkonäöstä täytyi luoda joitakin konsepteja ja tuotteen käytettävyyttä pohtia käyttäjän kannalta. Tuotteen muotoilua ja värimaailmaa mietittiin myös Evermaticin uuden yritysilmeen kannalta.

### 5.3.1 Konseptit



**Kuvio 10.** Luonnoksia ja oikealla jatkokehitykseen valittu luonnos paineensäätimestä.

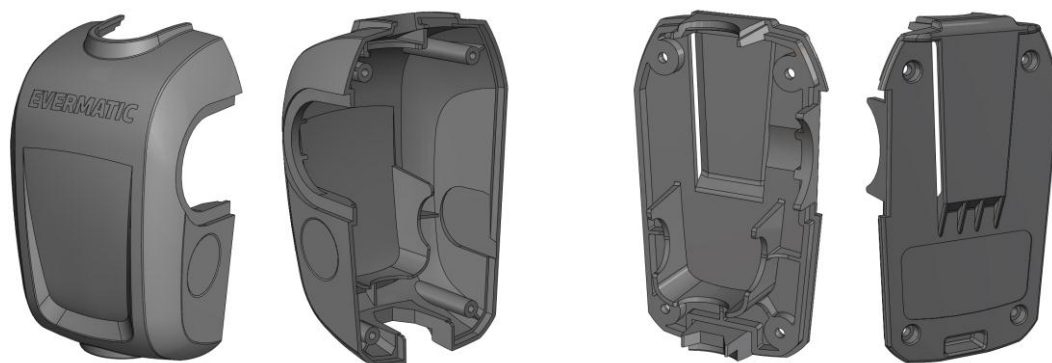
Paineensäätimestä luotiin muutama hieman toisistaan poikkeava konsepti. Valituksi tuli konsepti pystymallisesta paineensäätimestä (**Kuvio 10**). Konseptissa paineenalennusventtiilin säädin osoittaa vasemmalle, paineilmaletku kytketään pohjassa olevaan liittimeen ja päällä on liitin hengityslenkulle. Paineenalennusventtiilin säätimen olisi voinut laittaa osoittamaan myös oikealle, mutta oikeakätisille käyttäjille vasen puoli on ehkä hieman parempi. Komponentit on koteloitu kahden ruiskupuristetun muovikuoren sisälle.

Kotelossa on vältetty teräviä, helposti rikkoutuvia ja mahdollisesti satuttavia reunoja. Kotelo on myös suunniteltu mahdollisimman litteäksi, eli pitämään ulkoneuma käyttäjästä pienenä, ja kotelon painopiste lähellä käyttäjää. Kotelon kiinnitys vyöhön tehdään kotelon yläosasta, jolloin kotelo istuu vyölle tukevasti eikä pyri tarpeettomasti vääntämään vyötä. Kotelon alle, vyön ja käyttäjän väliin, tulee käyttömukavuutta lisäävä pehmuste. Vyön kiinnityksessä ja lukituksessa käytetään muovista pikasolkea.

Paineensäätimen väriä tehdään likaiseen ympäristöön sopivaksi. Harmaa ja tummat värit kestävät visuaalisesti paremmin likaa ja kolhuja kuin vaaleat sävyt. Vyöpehmuste on luonnoksessa Evermaticin punainen, mutta tullaan todennäköisesti muuttamaan lopullisessa ilmalinjassa mustaksi. Evermaticin logo sijoitetaan keskitetysti etukuoren yläosaan. Logosta käytetään mustavalko painamiseen tarkoitettua tekstiversiota, jossa ei ole muuta kuin teksti. Tekstin pohja kiillotetaan, jotta se tulee paremmin esiin taustasta. Logon alle voidaan tarvittaessa lisätä tuotteen nimi.

### 5.3.2 Kotelointi

Paineensäätimen komponentit koteloidaan kuorien sisälle suojaan ympäristöltä, sekä tahattomalta liitosten avaamiselta. Suojauksen lisäksi kotelon tulee toimia kiinnittimenä vyölle, pitää sisällä olevat komponentit luotettavasti paikallaan ja täyttää standardin asettamat vaatimukset kestävyydelle. Kustannusten puolesta järkevin valmistusmateriaali on muovi, ja varteenotettavin valmistusmenetelmä ruiskupuristus. Muilla valmistusmenetelmällä vaadittavien ominaisuuksien saavuttaminen olisi haastavaa.



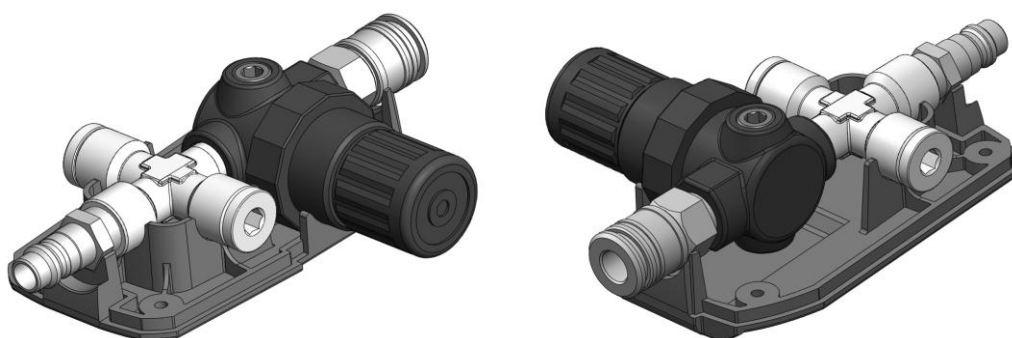
**Kuvio 11.** Paineensäätimen koteloinnin etu- ja takakuoren 3d – mallit.

Luonnosten jälkeen kotelointi mallinnettiin ensin pääpiirteissään Rhinoceros 3d – cad ohjelmalla. Rhinoceros ohjelmalla kaksoiskaarevien pintojen tekeminen ja muokkaaminen onnistui nopeasti. Mallin viimeistelyyn Rhinoceros tosin sopii mielestäni huonosti. Kun kotelon muodot oli pääpiirteittäin mallinnettu, siirsin mallin Solid Works 3d – cad ohjelmaan. Solid Works ohjelmalla annoin mallille

seinämävahvuuden, ja lisäksi kaikki yksityiskohdat ja piirteet (**Kuvio 11**). Tein kotelon kuorista myös alustavat piirustukset (**Liite 2, Liite 3**).

Kotelo rakentuu etu- ja takakuoresta jotka kiinnitetään toisiinsa neljällä ruuvilla. Etukuori on syvempi kuin takakuori, joka taas on tehty vyön kiinnittimen takia hieman jäməkämmäksi. Etukuoressa on ruuvitornit joihin ruuvit porautuvat, takakuoressa reiät ja upotukset ruuvien kannoille. Ruuvit ovat mustanitratuuta 3 x 10 mm kupukanta Torx – ruuveja. Koteloiden reunat on muotoiltu siten, että ne menevät liitettäessä sisäkkäin. Tämä tekee saumasta siistimmän ja mahdolliset raot peittyvät. Kotelon puoliskojen liittymäsaumoista on pyritty tekemään mahdollisimman istuvat ja viimeistellyn oloiset.

Kotelon seinämävahvuus on noin 2,5 mm, joskin esimerkiksi reunat ovat ohuempia ja jotkin toiset piirteet taas hieman paksumpia. Koteloiden sisällä olevien tukiripojen on tarkoitus kannatella ja pitää paikallaan kotelon sisällä olevat liittin-komponentit (**Kuvio 12**). Tukirivat ovat kuorien ulkopintoja ohuempia, jotta ne eivät aiheuttaisi suuria massakeskittymiä rivan juureen. Rivan juuressa oleva massakeskittymä aiheuttaa imun, eli eräänlaisen kuopan, vastakkaiselle puolelle seinää. Imujen erottavuutta etukuoren ulkopinnassa on pyritty vähentämään tekemällä rivat vastapuolella olevan pökkauksen reunoihin. Imuilta tuskin voidaan kuitenkaan kokonaan välttyä.



**Kuvio 12.** Ilmalinjan liittimiä sijoitettuna kotelon takakuoren 3d – malliin.

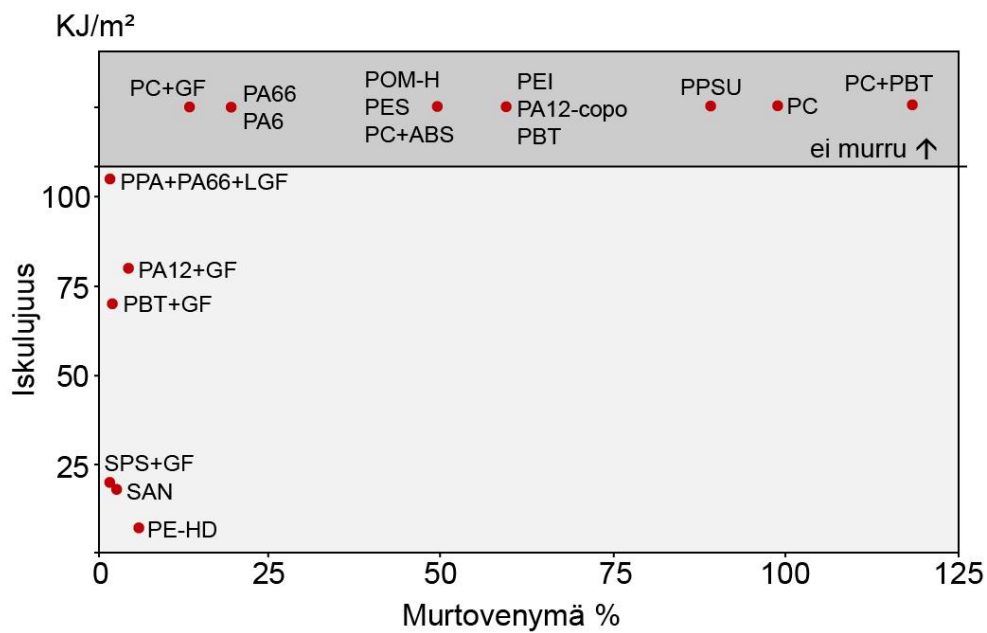
Molemmat kuoren puoliskot on suunniteltu siten, että ne voidaan valmistaa mahdollisimman yksinkertaisilla ruiskuvalutyökaluilla. Kumpikin kuori voitaisiin ainakin periaatteessa myös puristaa samassa työkalussa, jos ei yhtä aikaa, niin aina-

kin erikseen. Yhden muotin käyttö ei kuitenkaan ole mikään vaatimus, joten voi olla järkevämpää käyttää erillisiä työkaluja. Etukuoren kyljissä on kaksi ympyrän muotoista aluetta jotka voidaan leikata kuoresta irti kun paineensäätimeen liitetään työkaluliitin, tai mahdollisesti alhaisesta paineesta varoittava pilli. Nämä kaksi aluetta ovat ainoat jotka vaativat ruiskuvalutyökaluun sivusuunnassa liikkuvat luistit. Liikkeeksi riittää alle 2 mm, mutta liike kuitenkin vaaditaan. Yritimme saada kuoret suunniteltu ilman muotinsisäisiä liikkeitä, mutta sivujen aukoilta ei löytynyt parempaa vaihtoehtoa.

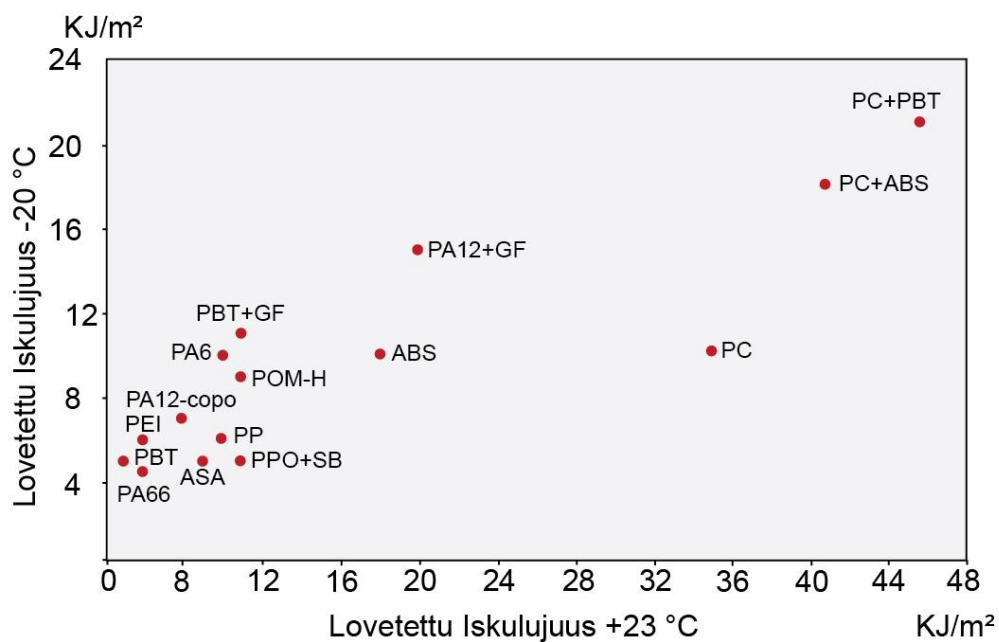
Kuorien muovityyppejä ei ole vielä täysin päätetty mutta vahvana vaihtoehtona on PC+ABS – muoviseos. PC+ABS muoviseoksessa tekniset muovit täydentävät toisiaan. ABS antaa edullisemman hinnan, hyvän juoksevuuden muotissa, jännitys-säröilyn kestävyuden ja hyvän pinnanlaadun. PC taas antaa lämmönkestävyyttä ja lujuutta. Materiaalit ovat yhdistettynä sitkeämpiä kuin kumpikaan yksinään. PC+ABS yhdistelmää käytetään mm. matkapuhelinten ja kannettavien tietokoneiden kuorissa, pistorasioissa ja muissa kodin sähkötuotteissa. PC+ABS seoksen sitkeys antaa myös kuorissa tarvittua iskulujuutta (**Kuvio 13**). Noin 25 % tai sitä enemmän venyvät muovit eivät muru loveamattomassa iskulujuustestissä. (Järvinen 2008, 82–83, 151)

Kylmähaaraus on haaste erityisesti ulkokäyttöön tarkoitetuissa muoveissa. Hitsaajan vakiovirtausilmalinja ei suoranaisesti ole tarkoitettu ulkokäyttöön, mutta sen käyttö ulkona, tai muualla alhaisissa lämpötiloissa on mahdollista, varsinkin jos paineilmalähteestä tuleva ilma on lämmitettyä. Kuvio 14 osoittaa, että muoveilla pakkaskestävyys seuraa pitkälti huoneenlämpötilan lovi-iskulujuutta (Järvinen 2008, 151) (**Kuvio 14**). PC+ABS muovin lovi-iskulujuus molemmissa lämpötiloissa on hyvä. Hitsaajan vakiovirtausilmalinjaa tullaan tuskin käyttämään  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilaa alhaisemmissa olosuhteissa.





**Kuvio 13.** Eräiden muovien iskulujuus verrattuna murtovenymään (Järvinen 2008, 151).



**Kuvio 14.** Lovi-iskulujuus -20 °C verrattuna +23 °C (Järvinen 2008, 151)

Kotelon kuorien valmistamiseen käytettävät ruiskuvalutyökalut ovat koko projektin kallein yksittäinen investointi. Alustavan hintatarjouksen perusteella hinta tulee olemaan kevytmetallisella muotilla yli 20.000 €. Jos muoteilta vaaditaan enemmän, tulee hinta olemaan huomattavasti korkeampi. Kalliimmalla teräksestä valmistetulla muotilla, on myös pitempi ja huolettomampi käyttöikä. Valitaan muottivaihtoehdoista sitten mikä tahansa, on kuorien toimivuus syytä testata ennen muottien valmistamista.



**Kuvio 15.** Koteloinnin pikamalli, sekä liittimet ja paineenalennusventtiili asennettuna pikamalliin.

Pikamallit ovat hyvä keino testata ruiskuvalukomponenttien toimintaa, jos testataan esimerkiksi osien yhteensopivuutta tai toimintaa mittojen suhteen. Hieman huonommin pikamallit sopivat vielä toistaiseksi kestävyiden tai muovin joustavuudella toimivien mekaniikkojen, kuten napsausliitosten testaamiseen. Kuorista tilasimme Alphaform Oy:ltä, Somos NeXt LV Gray – materiaalista valmistetut pikamallit (**Kuvio 15**). Pikamallien valmistustekniikka oli SLA (stereolitografia).

Pikamallit osoittivat kuorien toimivan suunnitelmien mukaisesti. Ilmalinjan liittimet ja paineenalennusventtiili sopivat hyvin kuorien sisälle, ja kuorien yhteensopivuus oli erinomainen. Liittimet eivät pääse liikkumaan kun kuoret on laitettu ruuveilla yhteen ja paineenalennusventtiilin kiristysrenkas on kiristetty. Korjattaviakin kohtia tosin löytyi muutama. Esimerkiksi hengitysletkun liittimen aukaisumekanismien ympärillä kuorien mitoitus oli hivenen liian tiukka, ratkaisuna liittimelle lisättiin hieman tilaa. Ennen muottien valmistusta tulemme luultavasti vielä tilaamaan vähintään yhden uudet pikamallit.

### 5.3.3 Vyö ja vyöpehmuste



**Kuvio 16.** Vyön ja vyöpehmusteen 3d – malli ja todellinen malli, jossa myös vyöhön pujotettuna kotelon takakuori.

Paineensäädin kiinnitetään käyttäjän vyötärölle vyöllä. Lisäksi paineensäätimen ja käyttäjän väliin tulee ohut pehmuste lisäämään käyttömukavuutta. Standardi SFS–EN 14594 vaatii että vakiovirtauslaitteeseen tulee kuulua valjaat tai vyö (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 18). Vyö on hitsaajan vakiovirtausilmalinjaan sopivampi vaihtoehto, valjaat olisivat hieman ylimitoitettu ratkaisu. Vyön tullaan hankkimaan valmiiksi katkottuina paloina, materiaalina on todennäköisesti polypropeeni (PP). Aluksi ajattelimme käyttää 40 mm levyistä nauhaa, mutta muuttimme sen myöhemmin 50 mm levyiseksi. Leveämpi vyö antaa paremman tuen ja on käyttäjälle mukavampi. Kuviossa 3d mallissa vasemmalla on 50 mm vyö ja todellisessa mallissa oikealla 40 mm vyö (**Kuvio 16**). Vyön kiinnitys ja pituussäätö toteutetaan muovisilla pikasoljilla.

Vyöpehmuste aiottiin toteuttaa ompelemalla kahden kangaspalan väliin vaahtomuovipehmuste. Toteutus olisi kuitenkin ollut turhan monimutkainen ja kallis. Päädyimme ratkaisuun jossa pehmusteet stanssataan ja samalla iskulla lämpömuovataan, valmiista kolme kerroksisesta pehmustematosta. Ratkaisua meille ehdotti Meluton Oy. Matossa solumuovipehmusteen molemmille puolille on liimattu

kankaat. Solumuovi antaa pehmustuksen ja kankaat kestävyuden. Meluton Oy valmisti proto-työkalun jolla he saivat valmistettua meille joitakin pehmusteita malliksi. Mallit oli tehty matosta jonka paksuus oli noin 6 mm, lopullisiin pehmusteisiin valitsemme luultavasti hieman paksumman maton, muutoin mallit toimivat varsin hyvin. Kilpailijoiden tuotteista yhdessäkään ei varsinaisesti ollut vyöpehmustetta, vyöllä oli useimmin kovasta muovista valmistettu kiinnitin. Lämpömuovaamalla valmistetut pehmustetut pehmusteet ovat varsin edullisia ja yksinkertaisia valmistaa.

#### 5.3.4 Virtausindikaattori

Standardi SFS-EN 14594 määrää, että käyttäjällä on oltava keino tarkastaa ennen laitteen käyttöä, jotta valmistajan määrittelemä vähimmäisvirtausvoimakkuus saavutetaan tai ylitetään (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 32). Virtausindikaattori, tai jonkinlainen keino tarkistaa vähimmäisvirtaus tulee siis olla jokaisen myydyn vakiovirtausilmalinjan mukana. Virtausindikaattoria emme haluaisi koota ja kalibroida Evermatic Oy:llä, mutta voi olla ettei muita vartenotettavia vaihtoehtoja ole.



**Kuvio 17.** 3M – virtausindikaattori.

Muiden valmistajien laitteissa on lähes poikkeuksetta mukana rotametri tyyppinen virtausindikaattori vähimmäisvirtauksen tarkistamiseksi. Esimerkiksi 3M Versa-

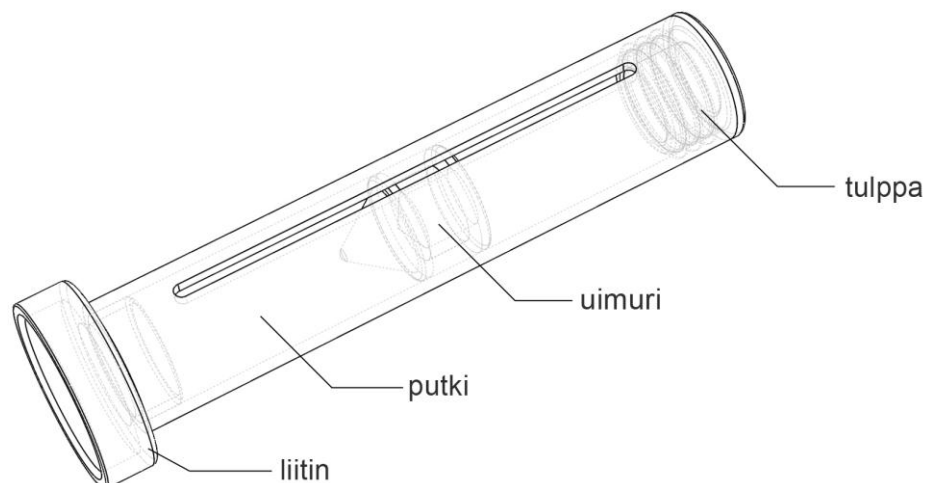
flown mukana tulee pienehkö, noin 12 cm pitkä rotametryyppinen virtausindikaattori (**Kuvio 17**). Rotametrin toiminta perustuu kartion muotoiseen putkeen, putken leveämpi pää osoittaa ylöspäin ja kapeampi alas. Ilma syötetään putkeen alhaalta ja se virtaa ylöspäin poistuen putken avoimesta yläpäästä. Putken sisällä on vapaasti liikkuva uimuri joka tukkii putken ollessaan alhaalla. Kun ilma syötetään putkeen nostaa se uimuria. Uimuri nousun korkeus riippuu

- uimurin massasta
- putken kartion kulmasta
- virtaavan ilman tiheydestä, johon taas vaikuttaa ilmanpaine ja lämpötila
- virtaavan ilman tilavuusvirrasta

Kun kaikki uimuriin vaikuttavat voimat ovat tasapainossa, pysähtyy se paikalleen, joskin usein uimurissa on jonkin asteista heiluntaa. Läpinäkyvän putken kyljessä olevasta asteikosta voidaan suoraan lukea ilman tilavuusvirta. Kovinkaan tarkka mittauskeino rotametri ei ole, mutta toisaalta kovin tarkka mittauksen ei tarvitse olla. Lisäksi haittana on, että rotametrin tulee olla aina pystysuorassa.

Rotametrin lisäksi on varmasti muitakin mahdollisia tapoja tehdä virtauksen tarkastus, mutta rotametrillä on myös etuja. Rotametri ei tarvitse ulkopuolista energialähdettä, vaan toimii suoraan virtaavan aineen omalla energialla. Rotametri ei ole myöskään mitenkään erityisen herkästi rikkoutuva, vaan sietää hyvin kovempaakin käyttöä. Lisäksi rotametri on rakenteeltaan varsin yksinkertainen ja suhteellisen edullinen.

Hitsaajan vakiovirtausilmalinjan tavoitehinta asettaa myös rajoituksia sopivasta virtausindikaattorista. Kaupallisesti saatavien laadukkaiden rotametrit käyttö voidaan hinnan perusteella hylätä suoraan. Kilpailevat valmistajat käyttävät yksinkertaisia, ilmeisesti juuri heidän tuotteilleen tehtyjä rotametrejä. Yksinkertaisimmillaan niissä on ainoastaan kartioputki ja putken sisällä uimuri. Tällöin virtausindikaattorin kustannukset eivät voi olla kovinkaan huomattavat, ainoastaan joitakin euroja. Itse suunnitellussa rotametri virtausindikaattorissa olisi myös se etu, että mittausalue olisi juuri oikea. Jokainen kaupallinen rotametri on tehty tietyn tilavuusvirtausmäärän mittaukseen.



**Kuvio 18.** Virtausindikaattorikonsepti.

Käytettävästä virtausindikaattorista ei ole vielä tehty päätöksiä, mutta mahdollisuudet ovat rajatut. Joko löydämme sopivan kaupallisen rotametrin, tai sitten valmistamme sen itse. Itse valmistetusta virtausindikaattorin toimintaperiaatteesta teimme jo konseptin (**Kuvio 18**). Konseptiin ei ole laskettu tarvittavia mittoja tai vaikuttavia voimia, ainoastaan toimintaperiaatetta on mietitty. Indikaattori rakentuu paineensäätimeen liitettävästä liittimestä, läpinäkyvästä muoviputkesta, putkitulpasta ja uimurista. Lisäksi putkeen täytyy liimata tarra josta ilmenee riittävä tilavuusvirtaus.

Virtaava ilma johdetaan liittimen kautta virtausindikaattorin putkeen. Ilma nostaa uimuria, joka noustessaan avaa putken kyljessä olevaa aukkoa, josta virtaava ilma pääsee poistumaan. Perinteisestä rotametrinä poiketen aukko on siis siirretty putken päältä sen sivulle. Voi olla että aukkoja tulisi olla kolme kapeampaa tasaisesti putken ympärille sijoitettuna, jotta noste tulisi uimurille tasaisesti. Tulppa estää uimurin ja ilman karkaamisen suoraan putken lävitse.

Konseptin toimintaperiaate mahdollistaisi sen, ettei putken tarvitse olla sisältä kartio. Kun putki ei ole kartio, ei putkea tarvitse erikseen koneistaa tai ruiskuvalaa. Konseptin toimivuutta ei ole vielä testattu ja voi olla, että toiminta on aivan muuta kuin odotusten mukainen. Muitakin mahdollisia toimintaperiaatteita on ehditty suunnittelemaan.

### 5.3.5 Hengityksensuojainliitin ja äänenvaimennin

Hengitysletkun hengityksensuojaimen puoleiseen päähän tulee liitin, jonka sisällä on myös paineilman äänenvaimennin. Äänenvaimennin voisi olla myös toisessa päässä letkua, mutta koska hengityksensuojaimen puoleiseen päähän on joka tapauksessa suunniteltava liitin, on kannattavaa yhdistää toiminnot. Evermaticin ilmakehällä varustetuissa hitsausmaskeissa käytetään muutamia erilaisia liittintyyppisiä. Ilmakehää löytyy helppokäyttöisellä bajonetti-liittimellä sekä kestäväällä M32 – kierteellä. Kierrelittimen haittana on, että sitä joudutaan pyörittämään useita kierroksia kiinnitettäessä. Kierteen etuja ovat, että se on luotettava, helppo valmistaa ja varsin ilmatiivis. Päätimme käyttää liittimessä M32 kierrettä, voi kuitenkin olla, että myöhemmin siirrymme johonkin täysin uuteen liittintyyppiin.



**Kuvio 19.** Hengitysletkun hengityksensuojaimen puoleinen liitin, perspektiivikuva ja halkaisukuva, molemmat kuvat 3d – mallista.

Liittimen pääkomponentti on muovista koneistettu runko (**Liite 4**). Runko näkyy halkaisukuvassa vihreänä (**Kuvio 19**). Rungon ala-osaan työnnetään hengitysletku (oranssilla halkaisukuvassa), ja liitos varmistetaan metallisella kiristysrenkaalla. Kiristysrenkas puristetaan letkun ja rungon ympärille. Rungon sisälle pinotaan viisi pyöreää huopakiekkoa, jotka toimivat äänenvaimentimena. Huopakiekkojen päälle asetetaan vielä ohut suodatinpaperi, joka estää huovan pääsemisen hengityksensuojaimen ilmavirran mukana. Huopakiekkot ja paperi painetaan kasaan ja

lukitaan paikalleen muovisella kannella (**Liite 5**). Kansi painetaan väkisin rungon sisälle ja se lukittuu rungon sisällä olevaan uraan. Kun liitin on kokoonpantu, ei se enää ole avattavissa rikkomatta liitintä.

Hitsaajan vakiovirtausilmalinja tuo puhtaan hengitysilman ohella hengityksen-suojaimeen paineilmasta johtuvan voimakkaan melun. Melu on niin voimakas, että ilman kuulonsuojaimia se on paitsi epämiellyttävää, todennäköisesti myös haitallista kuulolle. Äänenvoimakkuuden mittausta emme kuitenkaan tehneet äänenpainemittarilla, koska mittaria ei ollut saatavilla. Eikä se varsinaisesti ollut tarpeenkaan koska joka tapauksessa halusimme vaimentaa melua huomattavasti. Kilpailijoiden tuotteissa äänenvaimennukseen käytetään hieman eri materiaaleja, Malina Safety oli valinnut materiaaliksi huovan.

Keskustelin vaimennusmateriaaleista Meluton Oy:n asiantuntijan kanssa, ja päädyimme myös valitsemaan huovan. Meluton Oy:n mukaan sitä tarvitaan suhteessa vähemmän kuin esimerkiksi avosoluista vaahtomuovia, joka myös soveltuisi äänenvaimennukseen. Huopa on edullista ja helppoa stanssata oikean kokoisiksi kiekkoiksi. Suoritimme huopakiekoilla muutamia kokeiluja, äänenvoimakkuuden ero oli huomattava. Viisi huopakiekkoa riitti vaimentamaan melun tasaiseksi suhinaksi. On hyvä että ilmavirtauksesta kuuluu jonkinlainen ääni, kunhan se ei ole häiritsevää. Äänestä käyttäjä saattaa huomata jos ilmanvirtaus jostain odottamattomasta syystä katkeaa kesken käytön.



## 5.4 Malli



**Kuvio 20.** Paineensäätimen malli kiinnitettynä vyöhön.

Komponenteista ja mallikappaleista jotka tilasimme hitsaajan vakiovirtausilmalinjaan, kokosimme mahdollisimman tarkasti todellisuutta vastaavan mallin (**Kuvio 20**). Mallilla testasimme mm. sitä, miten paineensäädin asettuu vyötärölle ja miten raskaan paineilemälkän vetäminen perässä onnistuu.

Havaitsimme että paineensäädin liukuu vyöllä hieman liian helposti. Seuraavaan malliin teemme vyön aukkoa takakannessa hieman ahtaammaksi jotta saamme liukumiseen lisää kitkaa. Paineilemälkän vetäminen onnistui suhteellisen hyvin, päädyimme tosin vaihtamaan 40 mm leveän vyön 50 mm leveään, vielä paremman tuen saamiseksi. Kun paineilemälkä on maksimipituudessa, tai jää kiinni, aiheuttaa se vedon paineensäätimen alaosaan. Kun vyön kiinnityspiste taas on paineensäätimen yläosassa, pääsee paineensäädin vääntymään vyöllä. Tämä ei riko mitään mutta voi tuntua käyttäjältä hieman epämiellyttävältä. Toivomme että 50 mm vyö hieman korjaa tilannetta. Muutoin paineensäädin asettuu hyvin, ja tuntuu miellyttävälle lantiota vasten.



**Kuvio 21.** Hitsaajan vakiovirtausilmalinja, esityskuva.

Kuviossa on 3d – mallista tehty esityskuva hitsaajan vakiovirtausilmalinjasta, kuvassa näkyvät myös letkut ja liittimet (**Kuvio 21**). Oikealla puolella on hengityksensuojaimen liitettävä hengitysletku, ja vasemmalla ilmansuodattimeen liitettävä paineilmaletku. CEJN – liittinten 3d – mallit on ladattu CEJN nettisivuilta.

## 6 TESTAUS

Suoritimme tuotesuunnittelun aikana joitakin käytännön kokeita ja testejä ilmalinjan komponenteilla. Evermatic Oy:llä ei pienenä yrityksenä ole tuotekehityksen käyttöön kovinkaan monia testilaitteita, saati testilaboratoriosta. Vakiovirtausil-

malinja on onneksi suhteellisen yksinkertainen laite, ja tarvittavat kokeet on mahdollista toteuttaa edullisilla testilaitteilla.

## 6.1 Ilman tilavuusvirtaus

Alusta asti oli tiedossa, että ilmavirtauksen määrän kohdilleen saaminen on tärkeimpiä asioita vakiovirtausilmalinjaa suunniteltaessa. Standardi SFS-EN 14594 ei anna lukuja ilmavirtausmäärästä, jonka vakiovirtausilmalinjan tulisi puhaltaa hengityksensuojaimen. Standardi määrittää ilmavirtausmäärän ainoastaan siten, että virtauksella tulee saavuttaa määritetty suojaustaso, mutta toisaalta liika ilmavirta ei saa vaikeuttaa uloshengitystä. Valmistajan ilmoittamat vähimmäisvirtausmäärät tulee saavuttaa jokaisella ilmalinjalla (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005, 24).

Vaikka lopullisia vähimmäis- ja enimmäis-ilmavirtausmääriä ei ole vielä päätetty halusimme varmistua, että pystyisimme saavuttamaan jonkin halutun ilmavirtausmäärän. Jotta pystyisimme mittaamaan ilmanvirtausmääriä, tarvitsimme jonkin tarkoitukseen soveltuvan mittavälineen. Keskustelin asiasta Sääto Oy:n asiantuntijan kanssa, ja päädyimme hankkimaan laadukkaan Kobold rotametrin mittauksia varten (**Kuvio 22**). Rotametri soveltuu 3 – 24 m<sup>3</sup>/h, eli 50 – 400 l/min, suuruisen ilman tilavuusvirtauksen mittaukseen.



**Kuvio 22.** Kobold KSK-1500BP2500 – rotametri.

Rotometriä hankkiessa piti olla tiedossa mitattavan ilmavirtauksen ilman paine, mittasimme ilman paineen yksinkertaisella painemittarilla heti paineensäätimen jälkeisestä kohdasta. Ylipainetta oli tässä kohtaa noin 0,8 baaria, joten päädyimme tilaamaan rotametrin joka soveltuu 1 baarin ylipaineessa olevan ilman virtauksen

mittaukseen. Tässä teimme kuitenkin virheen, paine olisi tullut mitata vasta rotametrin jälkeen. Rotametrin jälkeen paine on tipahtanut alle 0,2 baariin, jolloin mittaukseen olisi soveltunut rotametri joka on tarkoitettu normaalipaineeseen.

Kävi kuitenkin ilmi, että molemmat rotametrit ovat samoja ja ero on ainoastaan asteikossa joka on liimattu putken runkoon. Emme tässä vaiheessa enää tilanneet uutta rotametriä, myöhemmin se kuitenkin voi olla tarpeellista kun haluamme saada helposti luettavia mittaustuloksia.

Rotametrin lisäksi käytimme tilavuusvirtauksen mittaamiseen myös hieman erilaista tapaa. Teimme muovikalvosta mahdollisimman ilmatiiviin putken, jonka päissä oli pyöreät pahvitulpat. Putken tilavuus oli helposti laskettavissa. Putkesta pystyi mankeloimaan pois lähes kaiken ilman. Putken tilavuudeksi tuli noin 545 dm<sup>3</sup>. Kun minimivirtaukseen säädetyistä paineenalennusventtiilistä lasketaan ilmaan pussiin, voidaan samalla ottaa aika, joka pussin silmämääräiseen täyttymiseen menee. Suhteesta voidaan laskea tilavuusvirta.

Tässä vaiheessa projektia on oleellista, että viritetty paineenalennusventtiili antaisi toistuvasti samanlaisia tilavuusvirtauksia, tähän käyttöön sopii myös rotametri jonka mitta-asteikko on väärälle painealueelle. Paineenalennusventtiilin minimivirtauksen viritukseen käytimme jo aikaisemmin mainittuja aluslevyjä. Tilasimme aluslevyjä joiden paksuus on 0,2 mm ja 0,3 mm, jotta saisimme virituksen tehdyksi 0,1 mm tarkkuudella. Kun aluslevyjen yhteispaksuus oli 2,0 mm, oli ilman tilavuusvirta noin 150 l/min. Purimme testikokoonpanon ja paineensäätimen virituksen ja kasasimme taas uudestaan. Teimme kolme eri mittauskierrosta rotametrimillä ja täyttöputkella.

Mittausepä-tarkkuutta aiheutti kompressori, joka ei kyennyt pitämään painetta tasan kuudessa baarissa, vaan tahtoi tiputtaa painetta paikoitellen lähemmäs viittä baaria. Tälle ei kuitenkaan ollut tehtävissä mitään. Mittauksessa saimme täyttöputkella tulokset 150 l/min, 152 l/min ja 160 l/min. Rotametristä suora tulosten lukeminen ei kerro paljoa, mutta uimuri heilui suurin piirtein samassa kohdassa jokaisella kolmella kerralla. Tässä vaiheessa projektia olemme tuloksiin suhteellisen tyytyväisiä. Ilman tilavuusvirtauksen tarkka mittaus käytössä olevilla välineil-

lä on hankalaa. Mittaukseen vaikuttavat vaihteleva ilmanpaine, kompressorin painenvaihtelu ja mittavälineiden epätarkkuus. Uskomme että pystymme tietyllä varmuusrajalla säätämään vakiovirtausilmalinjat tuotannossa siten, että ne antavat minimivirtauksella vähintään halutun tilavuusvirtauksen.

Kokeilimme myös täyttöputkella millaisen enimmäisvirtauksen pystyisimme saamaan ilman että paineenalennusventtiiliä on rajoitettu. Enimmäisvirtaus oli 375 l/min, jonka pitäisi olla varsin riittävä. Voi olla, ettei enimmäisvirtausta tarvitse rajoittaa ollenkaan. Kokeilimme myös mielenkiinnosta täyttöputken toimivuutta Malinan moottorikäyttöisellä puhallinlaitteella Clean Air Basic Dual Flow 2000. Malinan puhallinlaitteella voi käyttöohjeen mukaan tuottaa joko 160 tai 210 l/min ilmavirran hengityksensuojaimen, käyttäjä voi valita mieleisensä virtauksen. Mittasimme täyttöputkella 160 l/min virtauksella kaksi kertaa saman 160 l/min tuloksen. Ylemmän 210 l/min mittasimme kerran ja saimme tulokseksi 204 l/min. Mitatut tulokset antavat uskoa täyttöputken toimintaan.

## 7 YHTEENVETO JA PROJEKTIN JATKO

Hitsaajan vakiovirtausilmalinja on tullut opinnäytetyön aikana suunniteltu jo varsin pitkälle. Rakenne ja kaikki tärkeimmät komponentit ovat pääpiirteittäin selvillä. Työtä on kuitenkin vielä tehtävänä ja projektin jatko menee pakostikin opinnäytetyön ulkopuolelle. Mielestäni projektille asetetut tavoitteet, eli saada suunniteltua Evermaticille kilpailijoiden vakiovirtausilmalinjoja vastaava tuote, on tullut saavutettua. Joitakin asioita, kuten esimerkiksi työkaluliittimen toiminnan testaus, on tullut lykättyä myöhempään vaiheeseen projektia

Suunnittelun aikana tehtiin myös alustavia hinta-arvioita komponenttien kokonaiskustannuksista yhtä vakiovirtausilmalinjaa kohden. Kustannukset nousivat hieman odotettua korkeammiksi, joten voi olla että säästöjä joudutaan etsimään. Oleellista on myös tehdä joitakin hankintoja Evermaticin tuotekehitykselle tuotteen ominaisuuksien varmistamiseksi. Testaamisen takia tärkeää olisi saada hyvin paineen vakiona pitävä kompressori ja riittävän suuri paineilmasäiliö, jolla saamme tasattua painenvaihtelua. Muita hankittavia testilaitteita tulisi olla ainakin äänenpainemittari ja rotametri normaalipaineelle. Samat hankinnat tulisi myös myöhemmin tehdä tuotannolle, jotta vakiovirtausilmalinjojen valmistaminen ja ilman tilavuusvirran virittäminen olisi mahdollista.

Projektin seuraavassa vaiheessa täytyy saada tehtyä muutamia täysin toimivia malleja, joissa valmiit komponentit ovat oikeita, mutta kuorien suhteen on vielä tyytyminen pikamalleihin. Ruiskuvalumuottien valmistusta ei ole järkevää aloittaa ennen kuin kaiken on varmistettu toimivan täydellisesti. Viralliseen tuotehyväksyntään ei ole myöskään syytä mennä, ennen kuin tuotteen ja tuotannon toimivuus on varmistettu.

## LÄHTEET

3M Personal Safety, Versaflo Powered & Supplied Air Respiratory protective Systems, pdf. 3M:n verkkosivut. Viitattu 25.9.2013.  
<http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=66666UuZjcFSLXTtnxfE5XfEEVuQEcuZgVs6EVs6E666666>—

CE – merkintä. Työterveyslaitoksen verkkosivut. Viitattu 13.10.2013  
[http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_riskien\\_hallinta/henkilonsuojaimet/testaus\\_sertifiointi/ce\\_merkinta/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/henkilonsuojaimet/testaus_sertifiointi/ce_merkinta/sivut/default.aspx)

Fonselius J., Hautanen J., Mutikainen T., Pekkola K., Salmijärvi O. & Simpura A. 1997. Koneautomaatio pneumatiikka. 8. uudistettu painos. Helsinki. Oy Edita Ab

Hitsaus ja hengityksensuojaimet. Työterveyslaitoksen verkkosivut. Viitattu 5.1.2014  
[http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_riskien\\_hallinta/henkilonsuojaimet/kaytto/hengityksensuojaimet/hitsaus/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/henkilonsuojaimet/kaytto/hengityksensuojaimet/hitsaus/sivut/default.aspx)

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo. Muovifakta Oy

Malina Safety Clean–AIR PRESSURE. Käyttöohje NA–013 R2. Viitattu 1.9.2013

Mäkelä, E. 2013. Hitsaajan ilmalinja. Email poistettu@poistettu.fi 16.5.2013. Viitattu 6.10.2013.

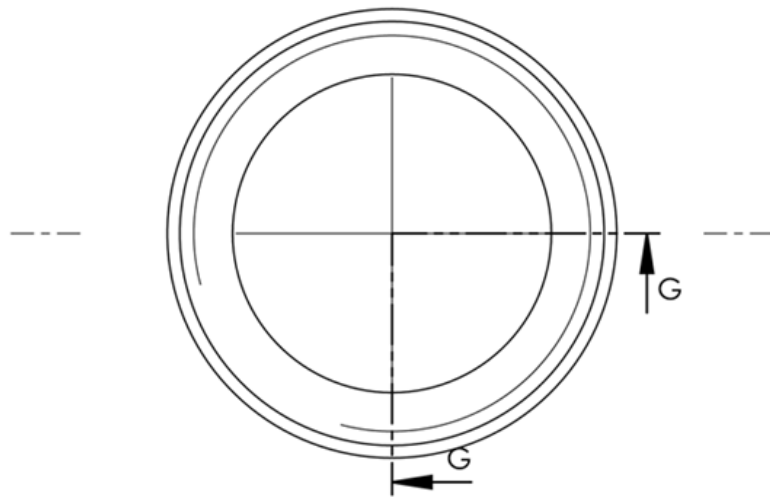
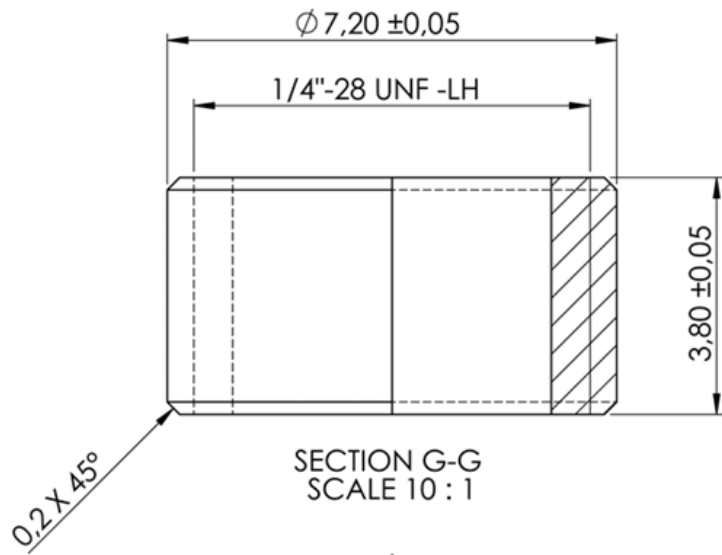
Norgren R07 Technical Specification pdf. 2013. Norgrenin verkkosivut. Viitattu 16.8.2013. <http://cdn.norgren.com/pdf/8.300.200.pdf>

Scott Safety Tornado T/A/Line/Scott. Käyttöohje. Viitattu 26.9.2013.  
[https://www.scottsafety.com/fi/emea/DocumentandMedia1/TALine\\_Finnish.pdf](https://www.scottsafety.com/fi/emea/DocumentandMedia1/TALine_Finnish.pdf)

Sundström Safety AB SR–507. Käyttöohje L37–0610 Rev 01 20090623. Viitattu 8.9.2013. <http://www.srsafety.com/fi/upl/files/45610.pdf>

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005. Standardi SFS–EN 14594 Hengityksensuojaimet – Vakiovirtauksella toimivat paineilmaletkulaitteet – Vaatimukset, testaus, merkintä.

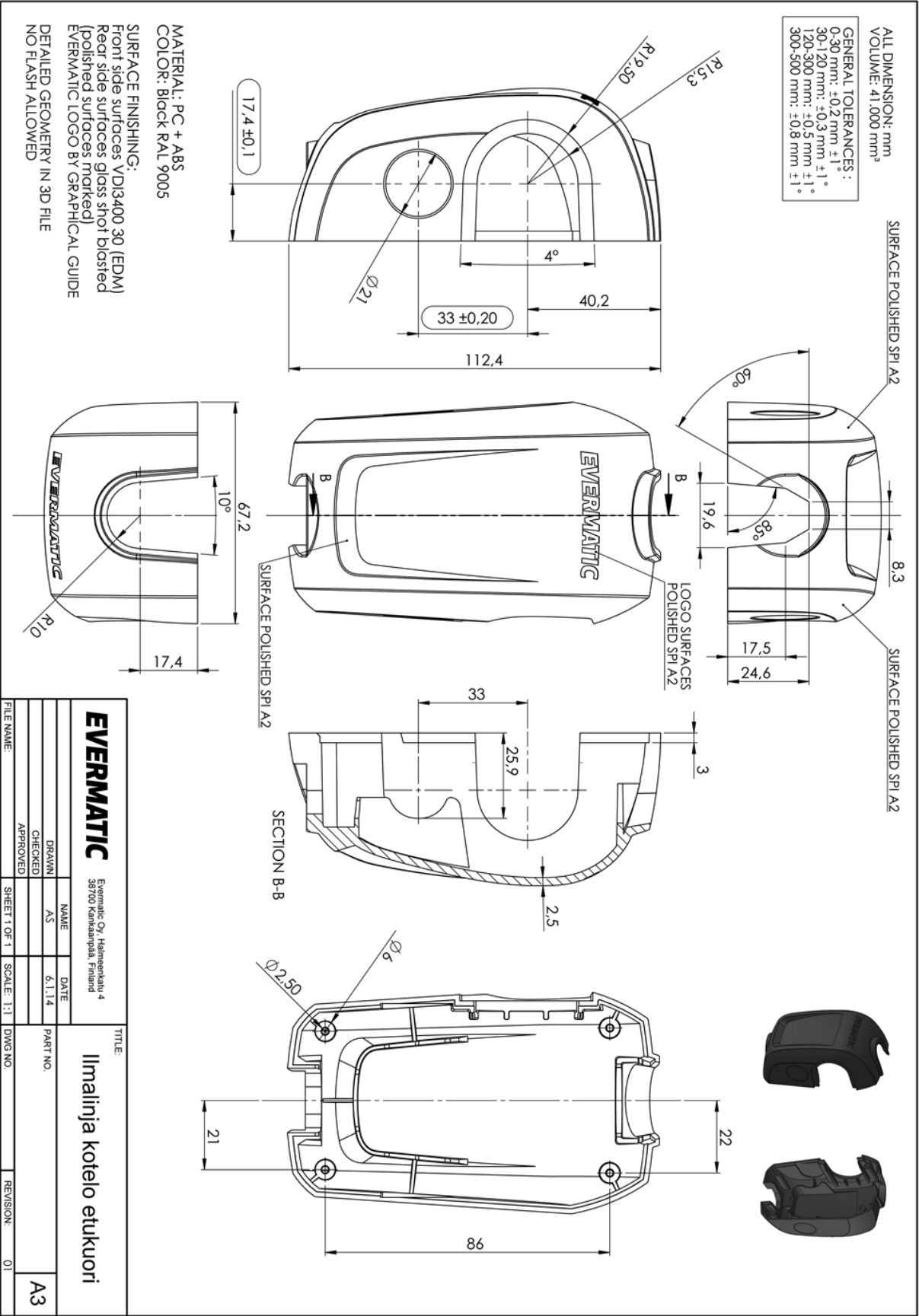
Työterveyslaitos, Työturvallisuuskeskus, Sosiaali- ja terveysministeriö. 2007. Henkilösuojaimet työssä. 5. uudistettu painos. Helsinki



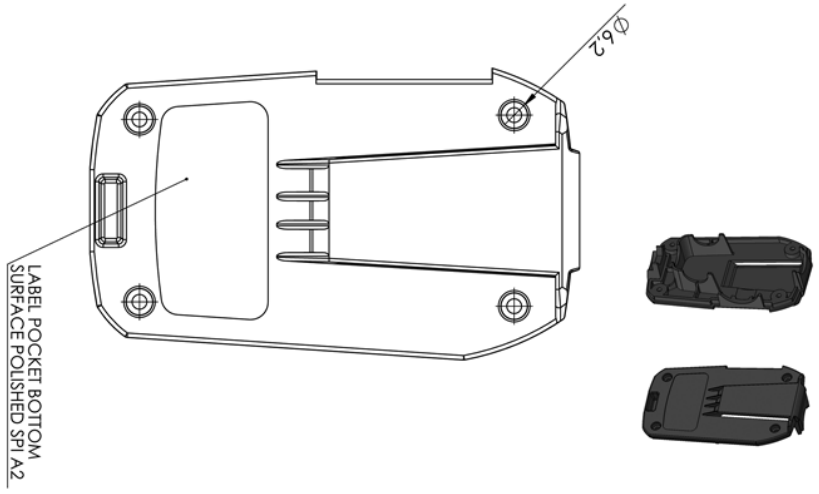
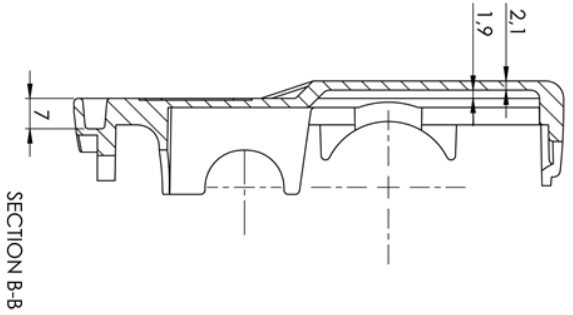
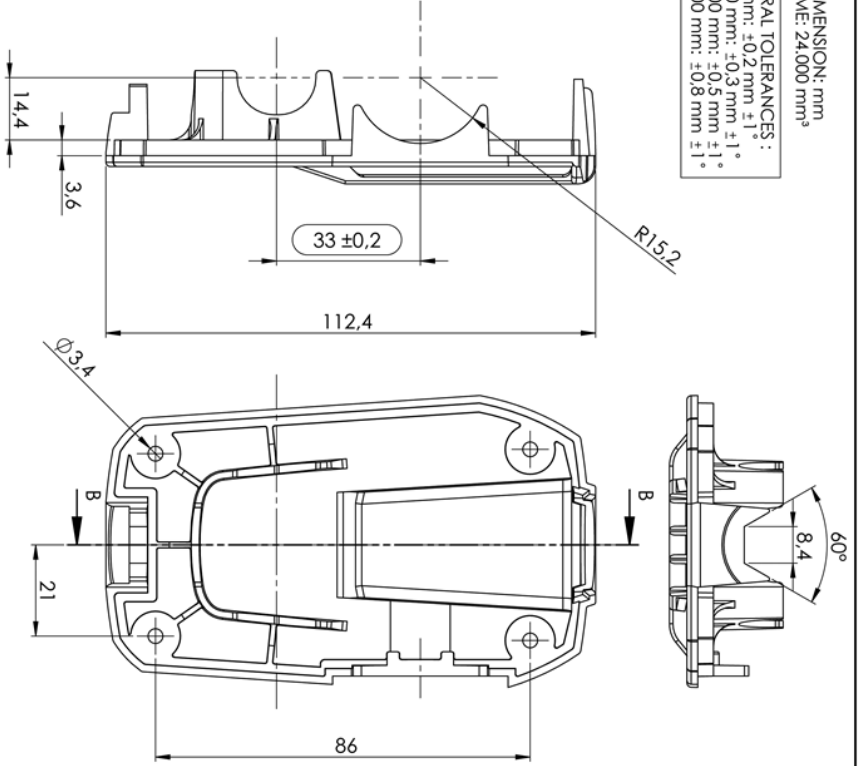
MATERIAALI: messinki  
 HUOM: Vasenkätinen tuumakierre

<b>EVERMATIC</b> Evermatic Oy, Halmeenkatu 4 38700 Kankaanpää, Finland			TITLE: Paineenalennusventtiilin viritysmutteri	
	NAME	DATE	PART NO.	
DRAWN	AS	5.1.14		
CHECKED				
APPROVED			A4	
FILE NAME:	130026A.pdf	SHEET 1 OF 1		
			REVISION:	A

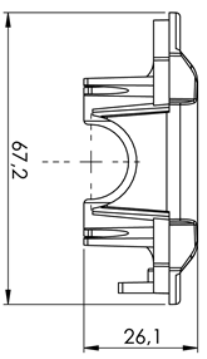




ALL DIMENSION: mm  
 VOLUME: 24,000 mm<sup>3</sup>  
 GENERAL TOLERANCES :  
 0-30 mm: +0,2 mm ±1°  
 30-120 mm: ±0,3 mm ±1°  
 120-300 mm: ±0,5 mm ±1°  
 300-500 mm: ±0,8 mm ±1°

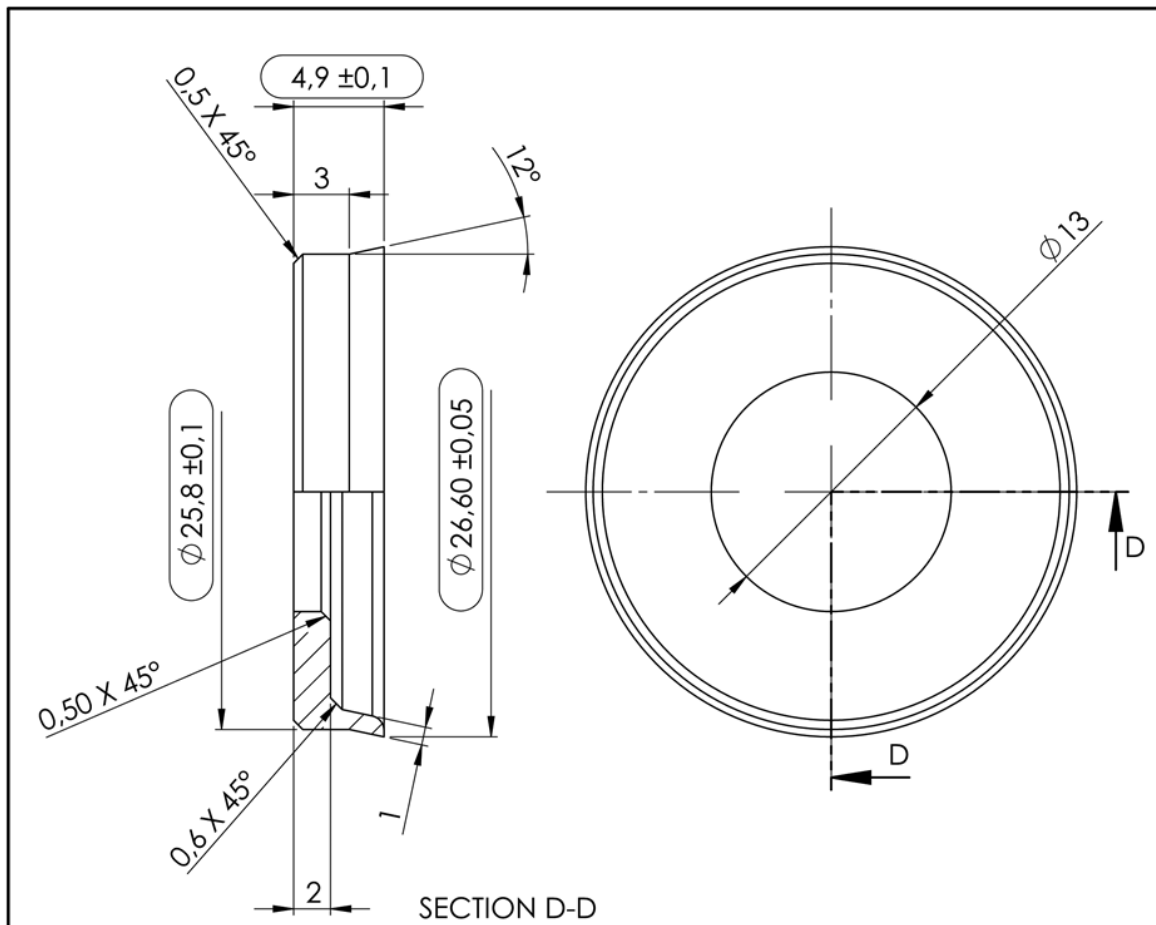


MATERIAL: PC + ABS  
 COLOR: Black RAL 9005  
 SURFACE FINISHING:  
 Outside side surfaces VDI3400 30 (EDM)  
 Inside side surfaces glass shot blasted  
 (polished surfaces marked)  
 DETAILED GEOMETRY IN 3D FILE  
 NO FLASH ALLOWED



<b>EVERMATIC</b>		Evermatic Oy, Hämeenkatu 4 38700 Kangasala, Finland	
TITLE: Ilmalinja kotelo takakuori			
FILE NAME	NAME	DATE	PART NO.
	AS	10.11.14	
	CHECKED		
	APPROVED		
	SHEET 1 OF 1	SCALE: 1:1	DWG NO.
			REVISION:
			01
			A3





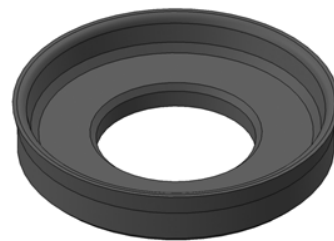
ALL DIMENSION: mm

GENERAL TOLERANCES :  
 0-30 mm: ±0,2 mm  
 30-120 mm: ±0,3 mm

MACHINED

MATERIAL: POM  
 COLOR: Black

NO FLASH ALLOWED



<b>EVERMATIC</b> Evermatic Oy, Halmeenkatu 4 38700 Kankaanpää, Finland			TITLE:	
			Äänenvaimennin kansi	
	NAME	DATE	PART NO.	
DRAWN	AS	17.1.14		
CHECKED				
APPROVED			A4	
FILE NAME:	SHEET 1 OF 1	SCALE: 3:1		