

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Konesuunnittelun koulutusohjelma

Jaakko Ylitalo

Hapetuspumpun prototyypin tuotekehitysprojekti

Opinnäytetyö 2012

Tiivistelmä

Jaakko Ylitalo

Hapetuspumpun prototyypin tuotekehitysprojekti, 42 sivua, 37 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja tuotesuunnittelu

Opinnäytetyö 2012

Ohjaaja: Tutkimuspäällikkö Jussi Sopenen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella hapetuspumppu 1. prototyypin asteelle. Pumpua käytettäisiin järviveden kunnostukseen rehevöityneissä järvissä.

Työn vaatimat lähtötiedot vaatimuslistan osalta saatiin professori Juha Pyrhöseltä Lappeenrannan teknilliseltä yliopistolta. Muu informaatio saatiin sähköpostien välityksellä eri yrityksiltä. Suunnittelussa käytettiin pohjana Pyrhöseltä saatua periaatekuvaa pumpusta. Mallinnus ja FEM-simulaatiot tehtiin SolidWorks-ohjelmistolla.

Alunperin pumppu suunniteltiin rakennettavaksi aksiaalivuotekniikkaa hyväksi käyttäen, mutta työn edetessä se vaihdettiin perinteisempään vaihdemoottorilla toteutettavaan malliin. Moottorin tietoja hyväksi käyttäen suunniteltiin vedenkestävä rakenne ja muut osat, kuten akseli ja moottorin kannake. Tämän jälkeen valittiin standardiosat ja materiaali.

Työn tuloksena on teknis-taloudellisesti paras ratkaisu teräsrakenteiselle hapetuspumppulle.

Avainsanat: aksiaalivuotekniikka, hapetuspumppu, ominaistaajuus, rehevöityminen, sähkömoottori

Abstract

Jaakko Ylitalo

Product development project of an oxidation pump's prototype, 42 pages, 37 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Mechanical engineering and production technology

Mechanical Engineering

Thesis 2012

Instructors: Mr. Jussi Sopanen, Research Manager, Saimaa University of Applied Sciences

The subject of this thesis is to design an oxidation pump to 1. prototype phase. It will be used to oxidate eutrophic lakes.

The data for the specifications was given by professor Juha Pyrhönen, Lappeenranta University of Technology. Other information was gathered via emails from different companies and businesses. Pyrhönen's draft was the basis for modeling the pump. 3D modeling and FEM-simulations were made by using SolidWorks software.

At the first stage the pumps design was thought to be based on axial flux technology. Later this was changed to a more traditional helical geared motor. The data sheet of the motor was used as the basis for designing a waterproof casing and other parts such as the axle and the support for the motor. During and after this phase the material and the standard components were selected.

As a result there is the best technological and economical found for steel framed oxidation pump.

Keywords: axial flux technology, electric motor eutrophication, natural frequency, oxidation pump

Sisältö

1 Johdanto.....	6
2 Rehevöityminen.....	8
3 Veden kunnostus.....	10
4 Taustaa.....	11
4.1 Sähkömoottori.....	12
4.2 Toiminta.....	12
4.3 Rakenne.....	13
5 Vaatimuslista.....	15
6 Kilpaileva tuote.....	16
7 Vaihtoehtoisia ratkaisuja.....	18
7.1 Rumpumoottori.....	18
7.2 Komponenteista koottu.....	21
8 Parhaan vaihtoehdon valinta.....	23
9 Jatkokehitys.....	23
9.1 Materiaalinvalinta.....	23
9.2 Standardiosat ja niiden valintaperusteet.....	24
9.3 Komponenttien kehittäminen.....	24
9.4 Simulaatiot.....	27
9.4.1 Värähtelyanalyysi.....	27
9.4.2 Ulkorungon lujjuustarkastelu.....	32
9.5 Jäähdytys.....	34
10 Kustannukset.....	36
11 Lopputulos ja päätelmät.....	38
Kuvat.....	39
Taulukot.....	39
Lähteet.....	40
Liitteet	

- Liite 1 Työpiirustus 2011001
- Liite 2 Työpiirustus 2011002
- Liite 3 Työpiirustus 2011003
- Liite 4 Työpiirustus 2011004
- Liite 5 Työpiirustus 2011005
- Liite 6 Työpiirustus 2011006
- Liite 7 Työpiirustus 2011007
- Liite 8 Työpiirustus 2011008
- Liite 9 Työpiirustus 2011009
- Liite 10 Työpiirustus 2011010
- Liite 11 Työpiirustus 2011011
- Liite 12 Työpiirustus 2011012
- Liite 13 Työpiirustus 2011013
- Liite 14 Työpiirustus 2011014
- Liite 15 Työpiirustus 2011015
- Liite 16 Työpiirustus 2011016
- Liite 17 Työpiirustus 2011017
- Liite 18 Työpiirustus 2011018

Liite 19 Työpiirustus 2011019
Liite 20 Työpiirustus 2011020
Liite 21 Työpiirustus 2011021
Liite 22 Työpiirustus 2011022
Liite 23 Työpiirustus 2011023
Liite 24 Työpiirustus 2011024
Liite 25 Työpiirustus 2011025
Liite 26 Työpiirustus 2011026
Liite 27 Työpiirustus 2011027
Liite 28 Työpiirustus 2011028
Liite 29 Työpiirustus 2011029
Liite 30 Työpiirustus 2011030
Liite 31 Työpiirustus 2011031
Liite 32 Työpiirustus 2011032
Liite 33 Työpiirustus 2011033
Liite 34 Työpiirustus 2011034
Liite 35 Työpiirustus 2011035
Liite 36 Työpiirustus 2011036
Liite 37 Työpiirustus 2011037

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on kehittää hapetuspumppu järviveden kunnostukseen Pien-Saimaalla. Projekti saatiin Saimaan ammattikorkeakoulun kautta ja sitä ohjasi tutkimuspäällikkö Jussi Sopenen. Idea on alunperin tullut Juha Pyrhöseltä Lappeenrannan teknisestä yliopistosta, jossa hän toimii sähkökäyttötekniikan professorina. Pyrhönen johtaa Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkökäyttötekniikan laboratoriota, jossa perehdytään sähkön tuotantoon, tuulivoima- ja vesivoimageneraattoreihin, biovoimalaitoksiin ja sähkön käyttöön. Keskeisinä opiskelukohteina ovat tehoelektronikka ja pyörivät sähkökoneet, jotka kuluttavat noin puolet kaikesta maailman sähköstä. (opiskelijaboxi 2011.)

Koneensuunnittelu on monipuolista toimintaa. Se perustuu moniin tieteisiin kuten matematiikkaan, fysiikan eri alueisiin kuten mekaniikkaan ja termodynamiikkaan mutta myös oppeihin valmistustekniikasta, materiaaleista, koneenosista, yritystaloudesta ja viestinnästä. Koneensuunnittelua voidaan pitää ratkaisujen kehittämisen strategiana (Pahl & Beitz 1992, 20).

Suunnitteluprosessi alkaa tarpeen tunnistamisella, mikä sisältää ongelman kuvauksen. Sen jälkeen jatketaan taustojen selvityksellä ja ongelman ymmärtämisellä. Tämän jälkeen asetetaan tavoitteet. Toisin sanoen mietitään realistinen toteamus siitä, mitä tarvitaan. Synteesivaiheessa ideoidaan, miten eri toiminnot voidaan käyttää. Synteesi sisältää useita vaihtoehtoja. Seuraavaksi valitaan lupaavimmat ratkaisut tarkempaan analyysiin, jota seuraa detaljisuunnittelu. Detaljisuunnittelun aikana mietitään yksityiskohdat, tehdään valmistuspiirrustukset ja valitaan valmistusmenetelmät. Tätä seuraavat prototyypin rakentaminen ja testaus, jonka jälkeen siirrytään tuotantoon tai vaihtoehtoisesti palataan johonkin edellisistä vaiheista. On todennäköistä, että monessa vaiheessa joudutaan palaamaan edellisiin vaiheisiin eli iteroimaan. (Sopenen 2009, 14.)

Vaatimuslistan mukaan laitteen tulisi olla pinnan alle upotettu ja se olisi käytössä ainakin avovesikauden. Sen tulisi myös olla liikuteltava ja automaatioasteen tulisi olla mahdollisimman korkea. Pumppauskorkeuden ollessa muutamia satoja millimetrejä. Laitteen halkaisija on noin 1 metrin luokkaa ja teho noin 1 kW. Voimanlähteenä voitaisiin käyttää esimerkiksi aurinkopaneelia, agregaatia tai verkkovirtaa. Kaupallistamista ajatellen olisi suotavaa, että se olisi myös valmistuskustannuksiltaan kilpailukykyinen.

Aineisto on kerätty käyttäen hyväksi useita internetsivustoja, alan kirjallisuutta, oppikirjoja, luentomonisteita ja muistiinpanoja. Lisäksi on käytetty sähköistä viestintää ja muita henkilökohtaisia tiedonantoja. Työn tuloksena esitetään 1 prototyypin vaiheeseen edennyt suunnitelma tuotteesta.

2 Rehevöityminen

Rehevöityminen tarkoittaa kasvillisuuden liiallista ravinnesaantia. Siitä johtuvat esimerkiksi veden sameneminen, vesikasvien lisääntyminen, vesistöjen umpeenkasvu, suuret leväkukinnot sekä talvinen happikato. Lisäksi se saa aikaan kalaston ja muun eliöstön muutoksia. (Wikipedia 2011a.) Esimerkki rehevöityneestä järvestä kuvassa 1.



Kuva 1. Leväkukinto Pien-Saimaalla (Yle 2010).

Veden laadun heikkeneminen tapahtuu usein niin hitaasti, että se jää alkuvaiheessa huomaamatta. Esimerkkinä tästä on kuva 1, joka on Piensaimaalta vuodelta 2010. Kuvassa on samea leväkukinto.

Talvisin pahimmissa tapauksissa vesistöissä tapahtuu happikatoa ja kalakuolemia. Kalojen istuttaminen huonokuntoiseen vesistöön ei kannata, koska siellä ei ole menestymisen mahdollisuuksia. Rehevöityminen johtuu ylimääräisistä ravinteista. Kuvan 1 kaltainen likaantunut ja happiköyhä järvi ei pysty puolustautumaan kuormitusta vastaan, joten pohjalle kertyneet saasteet alkavat hajota. Syntyy myrkyllisiä kaasuja ja veteen vapautuu lisää fosforia, joka kiihdyttää rehevöitymistä. (Vesieko Oy 2011a).

Pien-Saimaan valuma-alue on rajattu ja luontainen vedenkierto on hyvin hidas. Seurantamittausten perusteella se on vuosikymmenien ajan hitaasti rehevöitynyt. Ravinteiden lisäys on suurempi kuin poistuma ja saattaa johtaa järven täydelliseen rehevöitymiseen. Vuosina 2009 – 2010 tehdyssä Pien-Saimaan esiselvitystutkimuksessa mitattiin muun muassa pohjasedimentissä olevia piileviä. Piilevien vertailulla voidaan nähdä kuinka järven tila on muuttunut kohti reheväksi luokiteltavaa aluetta. (Pien-Saimaan suojeluyhdistys 2010.)

Rehevöityminen alkoi jo 1900-luvun alkupuolella. Piispalanselän piilevälajistossa on tapahtunut muutoksia viimeisen sadan vuoden aikana. Rehevien vesien lajit ovat runsastuneet ja vähäravinteisia vesiä ilmentävien lajien osuus on vähentynyt. Muutokset lajistossa johtuvat valuma-alueella esimerkiksi maa- ja metsätaloudesta, suo- ja metsäojituksista sekä turvetuotannosta. Sedimentin kerrostumisnopeus oli voimakkaimmillaan 1970-luvulla. Se on nykyään moninkertainen luonnontilaan verrattuna.

Veden laadun parantuminen tyydyttävästä hyväksi on tapahtunut 1940–50-luvulla, tuolloin rehevyyttä ilmentävien piilevälajien suhteellinen runsaus oli suurin. Silloin maatalous aiheutti merkittävimmän kuormituksen. 1960- ja 1970-luvuilla ilmentäjälajien osuus laski. Ne runsastuivat kuitenkin uudelleen 1990-luvulta lähtien. (Pien-Saimaan suojeluyhdistys 2011.)

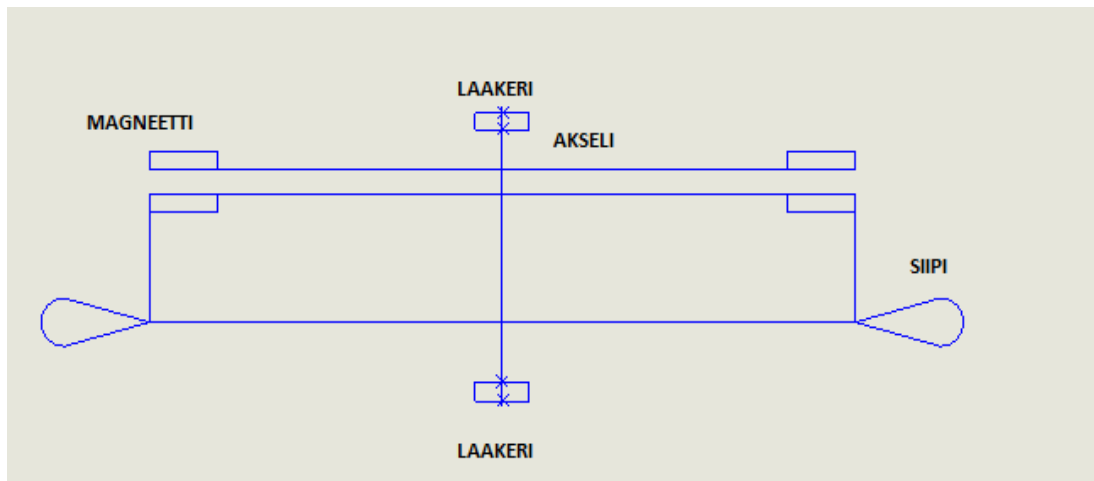
3 Veden kunnostus

Kunnostuksella pyritään muuttamaan järven tilaa paremmaksi. Tavoitteena on vesisyyden lisääminen ja veden laadun parantaminen. Toimenpiteiden avulla virkistyskäyttöarvo, veden laatu ja järven eliöyhteisön elinolot paranevat. Kunnostuksen jälkeen järveä hoidetaan hyvän tilan ylläpitämiseksi. Syitä kunnostukseen ovat muunmuassa järvien mataluus, umpeenkasvu ja Suomessa enimmäkseen rehevöityminen. Menetelmät jaetaan biologisiin, kemiallisiin ja mekaanisiin menetelmiin. Niitä käytetään usein rinnakkain saman järven kunnostamiseen. Kunnostus saattaa kestää vuosikymmeniä. Suomessa käytetään enimmäkseen vesikasvillisuuden niittoa ja veden pinnan nostamista. Viimeaikoina myös särkikalojen tehokalastusta, eli biomanipulaatiota, on käytetty runsaasti. On tärkeää valita oikea kunnostusmenetelmä. Usein parhaaseen lopputulokseen päästään yhdistelemällä useita menetelmiä. Erityisesti rehevyyttä vähentävinä menetelminä voidaan mainita järven hapetus, ravintoketjukunnostus, fosforin kemiallinen saostaminen ja alusveden poistaminen (Wikipedia 2011b). Tässä työssä keskitytään mekaaniseen hapettamiseen.

4 Taustaa

Työn alkuperäisenä tarkoituksena oli kehittää kokonaisratkaisu vesipumppuna toimivalle kestmagnetoidulle sähkömoottorille. Mahdollisia rakenteita ideoidaan, ideat arvioidaan ja paras vaihtoehto kehitetään konseptitasolta valmiiksi tuotteeksi.

Kyseessä on hitaasti pyörivä, lyhyt ja paksu aksiaalivuokone, jonka roottori sulkee sisäänsä hermeettiset magneetit. Alkuperäisen tehväänannon periaate näkyy kuvassa 2.



Kuva 2. Hapetuspumppun konsepti.

Kuvan 2. Roottoriin liittyy potkuri, jonka tarkoitus on kehittää virtausta alaspäin. Mahdollisesti tarvitaan myös johtosiivet. Lisäksi tarvitaan järvi- tai merivedessä toimiva laakerointi, joka kestää magneettien aiheuttaman aksiaalivoiman (Pyrhönen, Juha, professori. LUT energia 4.1 2011. Harjoitustyöohje).

Työssä kehitetään teknis-taloudellisesti paras ratkaisu hapetuspumppulle. Mahdollisia rakenteita ideoidaan, ja paras idea valitaan kehitettäväksi 1. prototyypin asteelle.

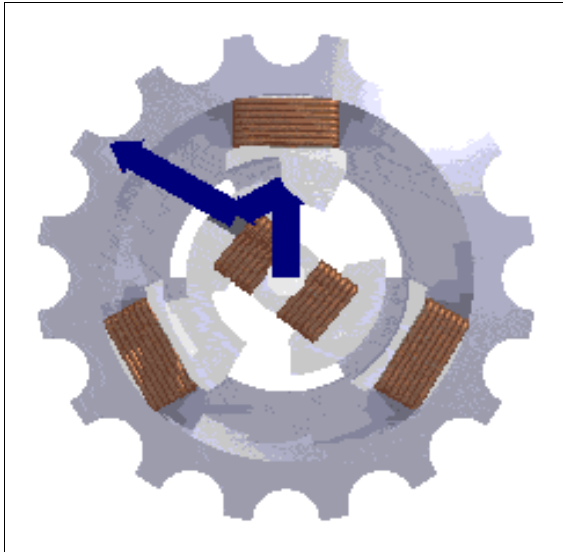
4.1 Sähkömoottori

Sähkömoottorin avulla sähköenergia muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Siinä luodaan käämien väliseen magnetoituvaan metalliin sähköä avulla magneettikenttä, jonka napaisuutta vaihtelemalla saadaan moottori pyörimään.

Ensimmäisen sähkömoottorin rakensi Michael Faraday 1821 koettaan varten. Kyseessä oli alkeellinen laite, jossa vapaasti roikkuva johdin upotettiin elohopea-astiaan, jonka keskellä oli kestopagneetti. Kun johdin kytkettiin sähkövirtaan, se kääntyi magneetin ympäri osoittaen, että sähkö muodosti magneettikentän johtimen ympärille. Moottorin, jossa sähkömagneetteja käytettiin sekä pyörivässä että paikallaan pysyvässä osassa, kehitti unkarilainen Ányos Jedlik 1828. Vuonna 1832 englantilainen William Sturgeon esitteli tasavirtasähköllä toimivan moottorin, jossa käytettiin hyväksi kommutaattoria eli sähkövirran suunnan kääntäjää. Tätä seurasi yhdysvaltalaisen Thomas Davenportin ensimmäinen kaupallinen tavoittein tehty sähkömoottori. Davenport sai keksinnölleen patentin 1837. (Wikipedia 2011c.)

4.2. Toiminta

Sähkömoottorin toiminta perustuu magneettisuuden kytkemiseen päälle ja pois. Magneettisuus saadaan aikaan johtimen avulla, joka magnetisoituu virran kytkeydyttyä. Johdinta kierretään useita kierroksia rullalle sydämen ympärille magneettisuuden vahvistamiseksi. Sydän on magnetisoituvaa materiaalia, usein rautaa. Magneettisuutta tarvitaan sekä pyörivään osaan eli roottoriin että paikallaan pysyvään osaan, staattoriin. Toiseen näistä voidaan käyttää kestopagneetteja. Moottoreita pyöritetään vaihtovirralla tai tasavirralla. Vaihtosähkömoottori toimii käyttäen hyväksi vaihtosähköä taajuutta ja tasavirtamoottorissa käytetään kommutaattoria. Vaihtosähköllä toimiva moottorin periaate on näkyvillä kuvassa 3.



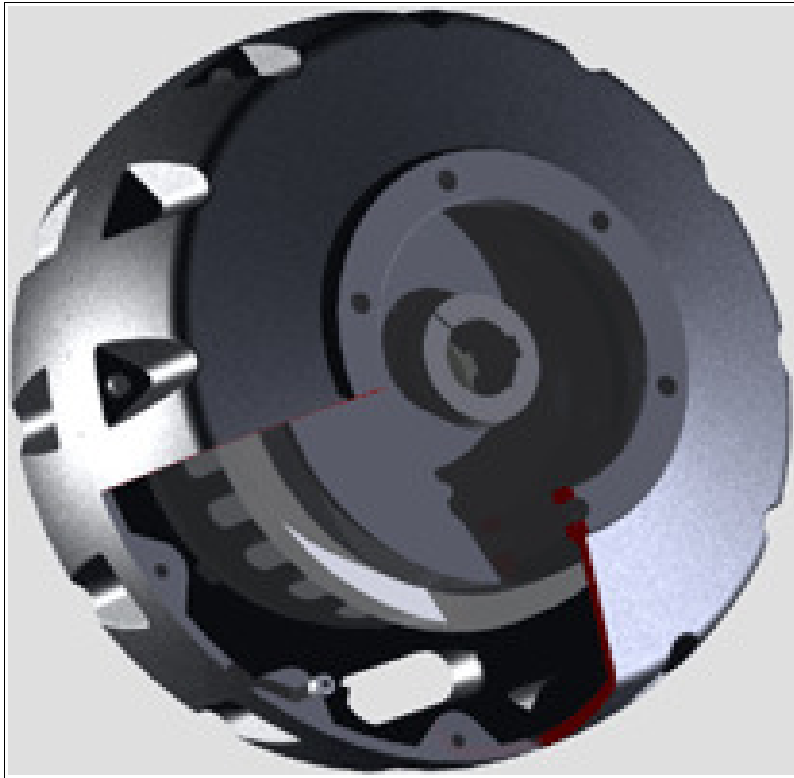
Kuva 3. Vaihtosähkömoottorin periaatekuva. (Wikipedia 2011d)

Kuvassa 3 staattorin magneettikenttä siirtyy navasta toiseen synnyttäen moottoria pyörittävän voiman, jota voimavektorit esittävät.

4.3 Rakenne

Yleisin rakenne on radiaalinen, jossa käämitys on akselin suuntainen. Hyvin lyhyttä moottoria tarvittaessa se voidaan rakentaa kahdesta kiekosta, jossa käämit ovat säteittäisiä. Näitä kutsutaan aksiaalivuokoneiksi. Myös lineaarinen rakenne voidaan valmistaa tällä tavoin saadaan aikaan liike päädyistä päätyyn. (Wikipedia 2011c.)

Ensimmäinen sähkökone oli alkeellinen aksiaalivuokone. Kehitys vei kuitenkin siihen, että 1900-luvun alkussa radiaalivuokoneesta tuli hallitseva malli. Se johtui käytettävissä olevista valmistusmenetelmistä ja materiaaleista. Aksiaalivuokoneiden soveltuvuutta on tutkittu 1980-luvulta lähtien erityisesti hidaskäyttöisissä sähkökonerakenteissa. Esimerkkinä voidaan mainita Kone Oyj:n konehuoneeton Monospace™-hissi, jossa on hyödynnetty aksiaalivuokoneen periaatetta (AXCO-Motors Oy 2011). Yksinkertainen rakenne näkyy kuvassa 4.



Kuva 4. Aksiaalivuokone. (AXCO-Motors Oy 2011)

Aksiaalivuoinduktiokoneen, kuvassa 4, soveltamista on aiemmin rajoittaneet valmistuskustannukset ja sen heikkoutena ovat olleet roottorin kestävyysominaisuudet. AXCO-Motors Oy mainostaa kotisivuillaan kehittäneensä on kustannustehokkaan ja suorituskyvyltään vertailukelpoisen koneen. (AXCO-Motors Oy 2011.)

5 Vaatimuslista

Taulukossa 1 esitellään vaatimuslista. Lista on osa tavoitteen asettelua, jossa mietitään, mitä kaikkea työn toteuttamiseksi tarvitaan. Se sisältää tarvittavat lähtötiedot ja toimii ohjenuorana työn edetessä. (Sopanen 2009, 14.)

Taulukko 1. Vaatimuslista.

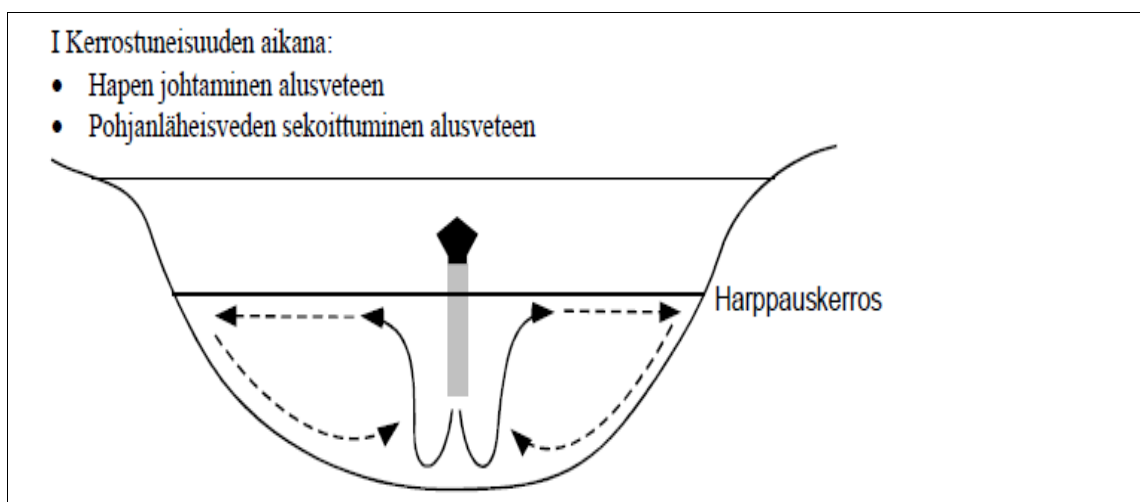
OLOSUHTEET	Veteen upotettu
KÄYTTÖAIKA	Avovesikausi
LIIKUTELTAVA	kyllä
AUTOMAATIOASTE	Korkea
MITAT	D 1m
ENERGIA	8760 Kwh/a
VOIMAT	800 kN/m ²
TEHO	1 kW
MOOTTORI	Aksiaalivuokone/rullamoottori/perinteinen sähkömoottori
KUSTANNUKSET	kilpailukykyiset
KELLUVA	Pinnan alle upotettu, 1 – 3 m
PYÖRIMISNOPEUS	100 rpm => n=1,67 1/s
VÄÄNTÖMOMENTTI	$T = \frac{P}{2\pi n} = 95 \text{ Nm}$
VOIMANLÄHDE	Inverteri ja aurinkopaneelit tai kaapeli
PUMPPAUSKORKEUS	200 – 300 mm
LIITÄNNÄT	Kaapeli pinnalle
SUOJAUSLUOKKA	IP68

Taulukon 1 vaatimuslista antaa suunnittelijalle erittäin vapaat kädet työn toteuttamiseen.

6 Kilpaileva tuote

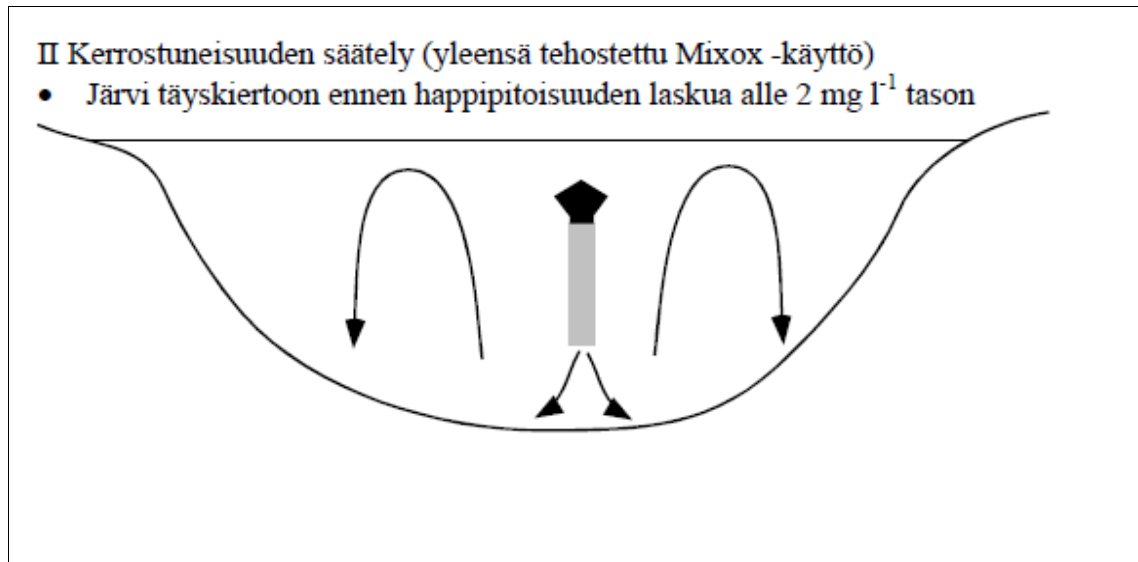
Vesi-Eko Oy on kuopiolainen 1981 perustettu vesistöjen kunnostukseen, suunnitteluun ja urakointiin erikoistunut limnologitoimisto. Yritys tarjoaa erikoisosaamista rehevöityneiden ja leväongelmista kärsivien järvien hoitoon ja kunnostukseen. Sen toimiala kattaa vesistöjen hoitoon ja kunnostukseen liittyvät lupa- ja asiantuntijapalvelut, hapetus- ja ilmastusurakoinnin, laitemyynnin sekä pöyhintäurakoinnit. (Vesi-Eko Oy 2011b.)

Valmiina ratkaisuna esitellään Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd:n valmistama Mixox-hapetusmenetelmä. Kyseessä on erikoispumppujärjestelmä, joka ankkuroidaan järven syvänteen kohdalle, pinnan alle. Vesi johdetaan järjestelmän avulla lähelle pohjaa. Alusveden ja päällysveden väliset lämpötila- ja tiheyserot saavat aikaan kiertosekoituksen, jossa järven luonnollinen lämpötilakerrostuneisuus säilytetään. Menetelmässä hyödynnetään pintaveteen jo valmiiksi liuennutta happea. Tällöin happea ei tarvitse siirtää ilmasta veteen. Tällä tavoin säästetään energia- ja käyttökustannuksissa. Järven pinnalta katsottuna näkyy vain merkkireimari, eikä menetelmä myöskään aiheuta meluhaittoja. Se on näin suojattu sääolosuhteilta ja jäättenlähdeiltä. Menetelmää voidaan valmistajan mukaan käyttää suurissakin järvissä ympäri vuoden. Menetelmä koostuu kahdesta vaiheesta, jotka ovat näkyvillä kuvissa 5 ja 6.



kuva 5. Mixox-hapetuksen ensimmäinen vaihe. (Vesi-Eko Oy 2003)

Kuvan 5 ensimmäisessä vaiheessa, tiheyserojen vallitessa johdetun ja pohjalla olleen veden keventynyt seos kohoaa pintaa kohti ja sivuilta virtaa pohjanläheistä vettä syvänteeseen. Veden lämpötilan, tiheyden ja happipitoisuuden väliset erot tasoittuvat.



Kuva 6. Mixox-hapetuksen toinen vaihe (Vesi-Eko Oy 2003).

Veden johtamista jatkamalla päälly- ja alusveden tiheyserot pienenevät tarpeeksi ja kaikki pitoisuseroja tasaava täyskierto tapahtuu. Näin päästään kuvassa 6 näkyvään tilanteeseen. Mitoituksen tärkein tavoite on saada järvi täyskiertoon ennen hapen loppumista. Menetelmä soveltuu sekä pieniin että suuriin vesistöihin, aina huonokuntoisimpia kohteita myöten. Ainoastaan kaikkein matalimpiin ja talvella koko vesimassan happikadosta kärsiviin kohteisiin menetelmä ei sellaisenaan sovi. Mixox-hapetusjärjestelmä sopii erityisen hyvin happivajeesta kärsivän vesistön kunnostamiseen, likaantuneen järven pohjasedimenttien elvyttämiseen ja fosforin saostuksen tehostamiseen. Näiden lisäksi haja- ja jätevesikuormituksen yleisvaikutusten vähentämiseen sekä jätevesien typpikuormitusten vähentämiseen sekä vedenhankintavesistön rauta- ja mangaanipitoisuuksien ja sinileväkukintojen pienentämiseen. Menetelmää käytetään myös kalaston elinympäristön parantamiseen ja kerrostuksina esiintyvän happivajeen torjuntaan. (Vesieko Oy 2003.)

7 Vaihtoehtoisia ratkaisuja

Ratkaisuja on ehdottaa kolmea eri mallia. Ensimmäisenä on alkuperäisessä tehtäväkuvauksessa kerrottu aksiaalivuokoneen ympärille rakennettu pumppu. Toisena rumpumoottorin avulla toimiva laite ja kolmantena vaihtoehtona on perinteisen sähkömoottorin ja komponenttien yhdistelmä.

7.1 Rumpumoottori

Esiteltävä moottori on Rulmeca Oy:n valmistama. Rulmeca on perheomistuksessa oleva maailmanlaajuinen yritysryhmä, joka on perustettu vuonna 1962. Rulmeca on valmistanut 45 vuoden ajan kuljetinkomponentteja massatavaran käsittelyyn. Rulmeca-tuotevalikoimaan kuuluvat kuljetinrullat, rumpumoottorit, kuljetinrummut ja muut kuljetinkomponentit. Tuotteiden tärkeimpiä käyttäjäryhmiä ovat muun muassa kaivos- ja kemianteollisuus, rauta- ja terästeollisuus, sellu- ja paperiteollisuus, sementtiteollisuus sekä kiviainesten jalostus- ja murskauslaitokset. (Rulmeca Oy 2011a.)

Rumpumoottori, kuvassa 7, on korkeahyötysuhteinen vaihteella varustettu moottorikäyttö, joka on suljettu vesi- ja pölytiivisti sylinterimäisen teräsvaipan sisään. Vaippa on vakiona bombeerattu hihnan keskittymisen varmistamiseksi. Se on varustettu laakeripesillä, joissa on tarkkuuskuulalaakerit ja kaksihuuliset tiivisteet. Vaippa pyörii paikallaan pysyvän akseliparin ympäri. Moottorin staattori on kiinnitetty akseleihin ja kaapelit moottorin käämitykseen kulkevat toisen akselin läpi. Induktiomoottori on koneistettu tarkkojen toleranssien mukaan. Moottori on suunniteltu antamaan 200 prosentin käynnistysvääntömomentin kolmivaiheversioina. Moottorin hammasratas on yhdistetty suoraan vaihdelaatikkoon. Vaihdelaatikko siirtää momentin roottorilta vaippaan hammastetun kehän kautta. Moottorikonaisuudella on korkea hyötysuhde ja pienet kitkahäviöt. Rumpumoottori on täytetty öljyllä, joka toimii sekä voitelu- että jäähdytysaineena. Lämpö siirretään pois moottorista vaipan ja kuljetinhihnan kautta. (Rulmeca Oy 2011b.)



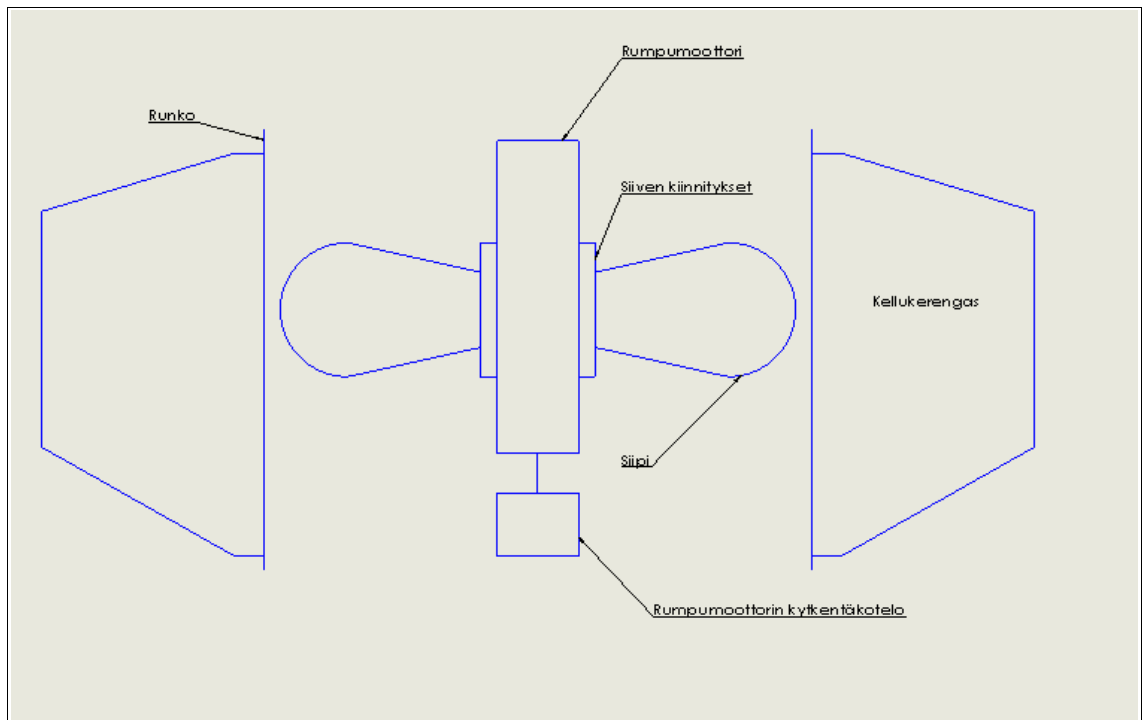
Kuva 7. Rumpumoottorin rakenne. (Rulmeca Oy 2011b.)

Kuvassa 7 on rumpumoottorin rakenne. Moottori, vaihde ja laakerit ovat täysin koteloituina ja tiivistettyinä vetorummun sisällä, suojassa kuluttavilta ympäristötekijöiltä.

Rumpumoottorin ominaisuudet ja edut

Koska vetoyksikkö ja laakerit sijaitsevat vetorummun sisällä, rumpumoottori vie huomattavasti vähemmän tilaa ja on myös kevyempi kuin perinteiset vaihdemoottori-/vetorumpuratkaisut. Sitä voidaan pitää turvallisena, koska moottori on täysin suojattu eivätkä ulkoiset akselit pyöri. Ainoa ulkoinen pyörivä osa on rumpu. Loppukäyttäjälle rumpumoottori on edullinen laite käytössä, sillä se ei vaadi muuta ylläpitoa kuin öljynvaihdon. Rumpumoottorin hyötysuhde on korkea, jopa 97 %. Se on parempi kuin perinteisten vaihdemoottori-/vetorumpuratkaisujen. Ero syntyy rumpumoottorin pienemmästä sisäisestä kitkasta, jolloin vastaavasti tehohäviöitä syntyy

vähemmän. Koska rumpumoottorin vaippa lämpenee käytössä, pitää syntyvä lämpö rummun kuivana. Lisäksi, koska rumpumoottori on täysin koteloitu, se ei likaa ja on hiljainen. Eduksi voidaan mainita myös komponenttien vähäisyys, joka tässä työssä käytettynä ilmenee kuvasta 8. Tarvitaan ainoastaan rumpumoottori ja kaksi kiinnitysalustaa. Perinteisessä ratkaisussa tarvitaan useita eri komponentteja. (Rulmeca Oy 2011c.)

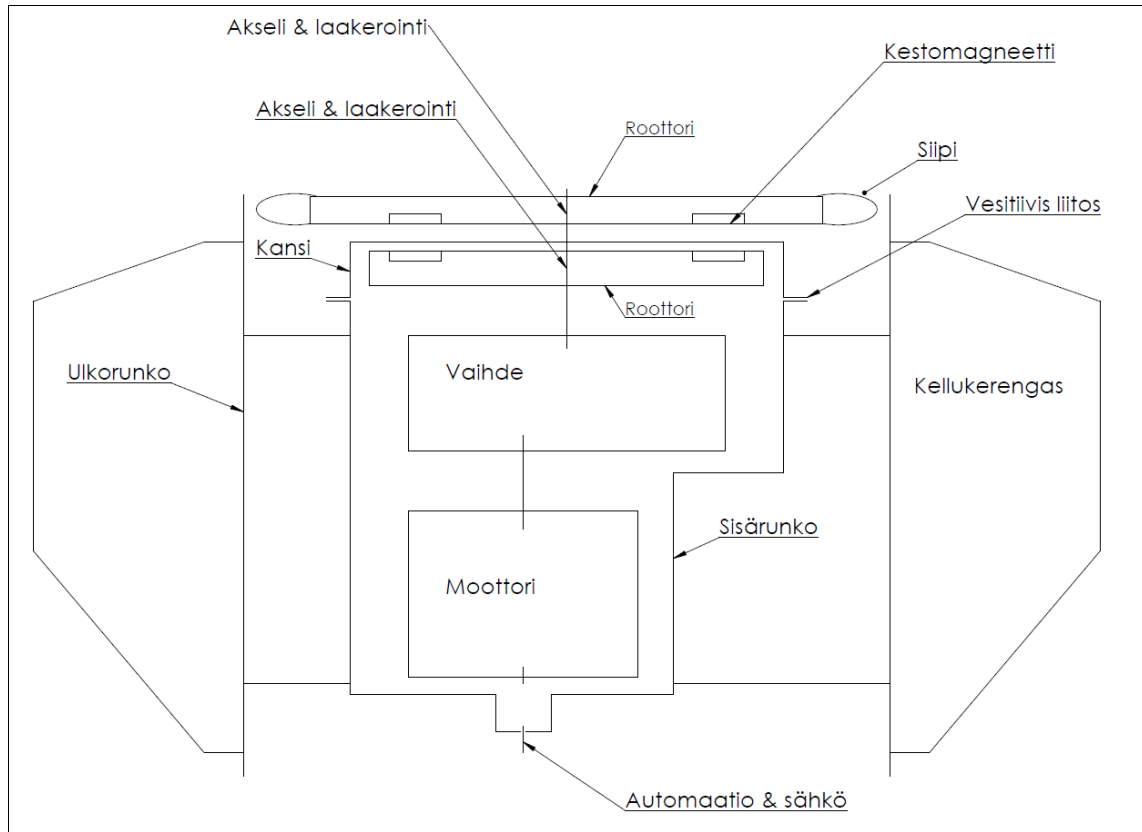


Kuva 8. Periaatekuva rumpumoottorilla toteutettavasta vaihtoehdosta.

Kuvasta 8 voidaan nähdä että rumpumoottorikäytössä on esitellyistä vaihtoehdoista vähiten osia, joten sen valmistaminen on edullisempaa, helpompaa ja nopeampaa kuin muiden vaihtoehtojen.

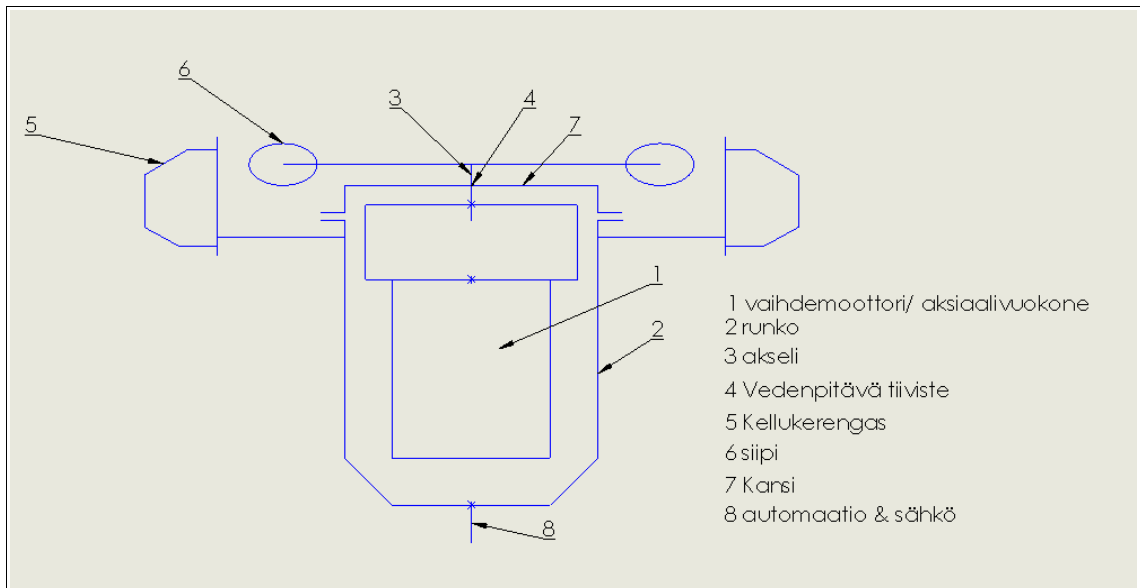
7.2 Komponenteista koottu

Tämä kokoonpano tulisi koostumaan standardikomponenteista sekä vartavasten suunnitelluista osista. Komponentit näkyvillä kuvassa 9.



Kuva 9. Periaatekuva komponenteista kootusta ratkaisusta.

Kokoonpanon periaate on esitellään kuvassa 9. Standardiosia ovat muun muassa. moottori, laakerit, potkuri, ruuvit, mutterit, aluslevyt, vaihde ja invertteri. Suunniteltavaksi jäävät alusta, runko ja kelluke. Myöhemmin mallia yksinkertaistettiin kuvan 10 kaltaiseksi.



Kuva 10. Yksinkertaistettu malli.

Periaatetta yksinkertaistettiin kuvan 10 kaltaiseksi. Siinä vaihteen ja moottorin yhdistelmä on korvattu vaihdemoottorilla, jolloin komponenttien lukumäärä putoaa aksiaalivuokoneella varustetun mallin tasolle. Kuvan 10 mallin suurin muutos kuvaan 9 verrattuna on vaihteen ja moottorin korvaaminen yhdellä kokonaisuudelle, vaihdemoottorilla. Sama periaate pätee myös aksiaalivuokoneella toimivaan laitteeseen. Lisäksi magneetit on jätetty pois samoin yksi roottori. Kannen läpi kulkee akseli, joka on tiivistetty veden- ja paineenkestävällä tiivisteellä.

8 Parhaan vaihtoehdon valinta

Parasta vaihtoehtoa valitessa vaatimuslistan merkittävämmäksi vaatimukseksi nousi suojausluokka eli millainen vedenpitävyys kokoonpanolla on. Sähköpostin avulla suoritetussa kyselyssä selvisi, että rumpumoottoria ei tällä hetkellä ole saatavilla IP68:n mukaisesti tiivistettynä, joten kyseinen kokoonpano hylättiin. Jäljelle jäävät mallit pystytään molemmat järkevästi toteuttamaan kyseessä olevaan suojausluokkaan. Toisena ja kolmantena tekijänä ovat laitteen paino ja hinta. Näitä tarkastellessa vertaillaan aksiaalivuokonetta sekä vaihdemoottoria, sillä laitteet ovat muilta osin samanlaisia. Aksiaalivuokone maksaa 1200 € ja painaa 54 kilogrammaa (Parviainen, Asko, toimitusjohtaja. Axco Motors Oy. 31.8.2011. Sähköposti). Vaihdemoottorin hinta on 762 euroa painon ollessa 18 kiloa (Metek Oy 2011, 22; Vem Motors Finland Oy 2012, 31). Näin ollen jatkokehitykseen valitaan vaihdemoottorilla toteutettava pumppu.

9 Jatkokehitys

Jatkokehitys käynnistyi materiaalin ja standardiosien valinnalla, jonka jälkeen alkoi itse tehtävien osien yksityiskohtainen suunnittelu.

9.1 Materiaalin valinta

Laitetta käytetään veteen järviveteen upotettuna. Näin ollen materiaalia valitessa kiinnitettiin erityistä huomiota korroosionkestoon. Alustava valinta tehtiin käyttäen hyväksi Outokummun ruostumattomien terästen luetteloa. Kyseisestä luettelosta löytyy valintaesimerkki Itämeren veden olosuhteisiin, jonka perusteella materiaaliksi valittiin 1.4462 ennen kustannusten arviointia. (Outokumpu 2001, 25.)

9.2 Standardiosat ja niiden valintaperusteet

Ensimmäisenä valittiin vaatimuslistan avulla vaihdemoottori. Tehon tulisi olla 1 kW ja pyörimisnopeus 100 rpm. Moottoriksi valittiin KEB:in valmistama G22c DL90S4 moottori, jonka teho on 1,1 kilowattia ja pyörimisnopeus vaatimuksen mukainen (Metek Oy 2011, 22). Seuraavaksi aloitettiin rungon detaljisuunnittelu. Kytöntä valittaessa päädyttiin SKS-sakarakytkimeen. Kyseisen kytkimen etuina ovat mm. lyhytaikaisten sykäysten pehmentäminen ja vääntömomentin siirto värinättömästi (SKS-akselikytkimet 2002, 5). Jäähdytysjärjestelmän komponentit valitaan ilmaputken halkaisijan perusteella. Jäähdytys on tarkemmin esillä luvussa 9.5.

9.3 Komponenttien kehittäminen

Alunperin akselin tiivistämiseen ajateltiin käytettäväksi Chesterton 1727 multi-lon punostiivistettä, kuvassa 11, mutta suunnittelun edetessä ei onnistuttu löytämään sopivaa tiivistepesää.



Kuva 11. 1727 Multi-lon nauhatiiviste (Duo Product Oy 2011).

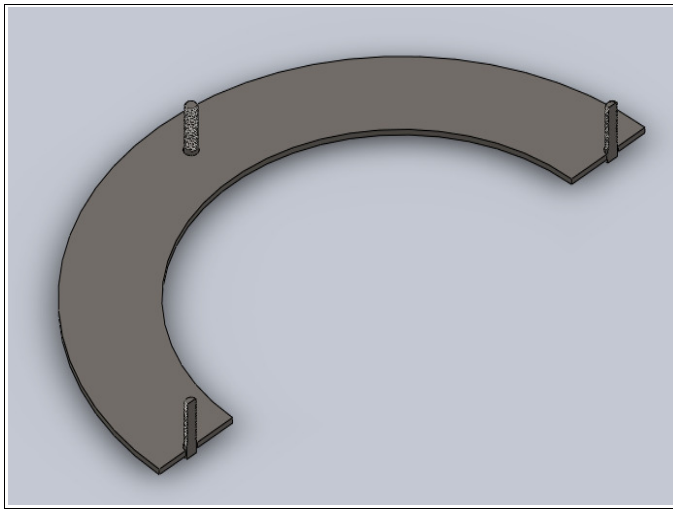
Kuvan 11 punostiivistettä käyttämällä jouduttaisiin koneistamaan erillinen pesä, mikä olisi lisännyt valmistettavia nimikkeitä ja kustannuksia. Nauhan sijaan tiivisteeksi valittiin NBR-akselitiiviste, joka on kuvassa 12.



Kuva 12. NBR-akselitiiviste. (Tiivistekeskus 2011).

Teknisten tietojen mukaan kuvan 12 tiiviste kestää 0,5 barin paineen eli toimii alimmillaan viiden metrin syvyydessä. Valintalistan mukaan laite upotetaan noin metrin syvyyteen, joten se sopii käytettäväksi tässä työssä.

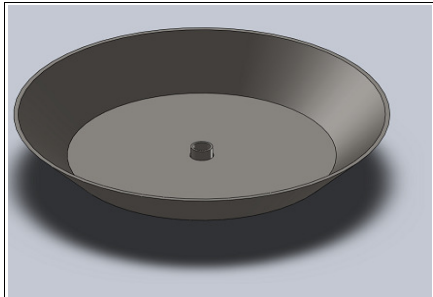
Moottorin kiinnitystapoja suunniteltaessa oli kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäinen tapa olisi tehdä reiät kiinnityspohjaan, jolloin moottorin kannakkeen asentaminen hoituisi standardi kiinnitysosilla. Toinen vaihtoehto on kuvassa 13.



Kuva 13. Puolileikkaus hitsaamalla valmistettavasta kiinnityksestä.

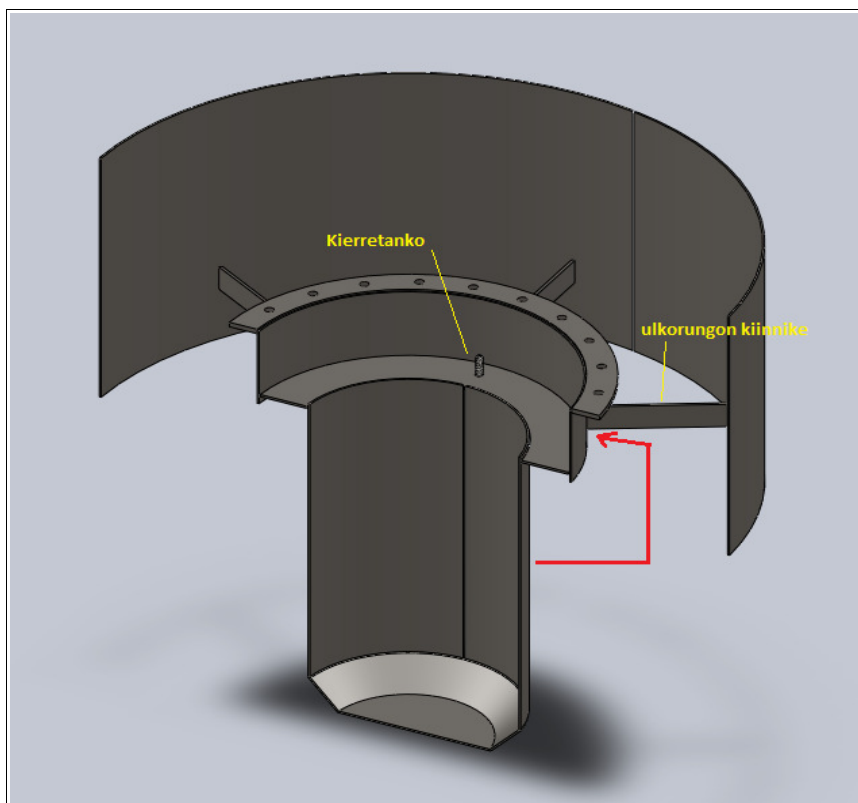
Toisena vaihtoehtona on hitsata kierretanko kiinnityspohjaan kuvan 13 mukaisesti. Tässä päädyttiin hitsausvaihtoehtoon, koska sitä käytettäessä runkoon ei jäisi tiivistettäviä reikiä.

Pohjaa suunniteltaessa valittiin kahden menetelmän välillä. Ensimmäisenä vaihtoehtona oli hitsaus ja toisena vaihtoehtona voitaisiin käyttää esimerkiksi muottitaontaa. Muottitaonnalla valmistettu kappale on kuvassa 14.



Kuva 14. Pohja.

Alunperin pöntön pohja suunniteltiin kolmesta, hitsaamalla liitettävästä osasta, myöhemmin valmistusmenetelmää tarkastelemalla pohja päätettiin valmistaa kuvan 14 mukaisesti vain kahdesta kappaleesta. Lisäksi pöntön hitsaamista muutettiin kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15. Pöntön jatkokehitys.

Ulkorungon kiinnikkeitä lisättiin kolme kappaletta, ja ne siirrettiin kuvan 15 mukaisesti hitsattavaksi ylemmäs, pöntön rungon kuorelle. Näin niitä voitiin lyhentää ja rakenteesta saatiin jäykempi ja kestävämpi.

Kelluke oli alunperin suunniteltu renkaaksi, joka kiinnitettäisiin ulkorunkoon. Myöhemmin rengasvaihtoehto vaihdettiin poijuun. Tähän päädyttiin, kun huomattiin, että laitteen paino jäisi huomattavasti arvioitua pienemmäksi. Kellukerengas olisi myös lisännyt hitsattavia rakenteita runkoon. Myöhemmin pönttöön lisättiin ilmaletkut jäähdytyksen varmistamiseksi, mikä teki poijusta pakollisen osan rakenteeseen. Näin ollen kellukerenkaan käyttäminen ei ollut enää järkevää.

9.4 Simulaatiot

Moottorin kannakkeelle suoritettiin Solidworks-ohjelmistolla värähtelyanalyysi ja ulkorungolle lujuustarkastelu. SolidWorks on 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto. Ohjelmistoa käytetään erilaisten koneiden, laitteiden tai jonkin muun yksittäisen kappaleen suunnittelussa. SolidWorksia valmistaa ranskalainen Dassault Systemes (Wikipedia 2011d.)

9.4.1 Värähtelyanalyysi

Moottorin kannakkeelle suoritettiin värähtelyanalyysi, jotta pystyttäisiin suunnittelemaan rakenne, joka ei resonoisi moottorin käyntitaajuudella. Ennen värähtelyanalyysyä laskettiin moottorin käyntitaajuus valmistajan luettelon tietojen perusteella kaavalla 9.4.1. (Metek Oy, 22).

$$n_1 = n_2 \times i \quad (9.4.1)$$

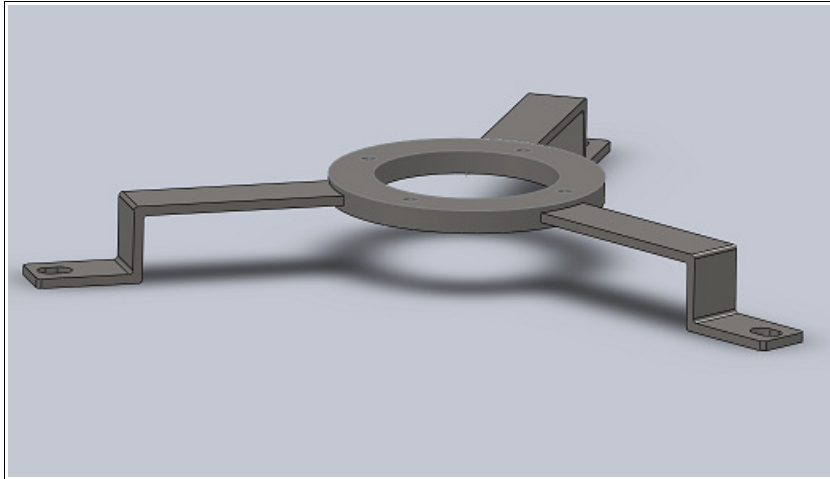
jossa:

n_1 = moottorin käyntitaajuus (1/s)

n_2 = vaihteen pyörimisnopeus (1/s)

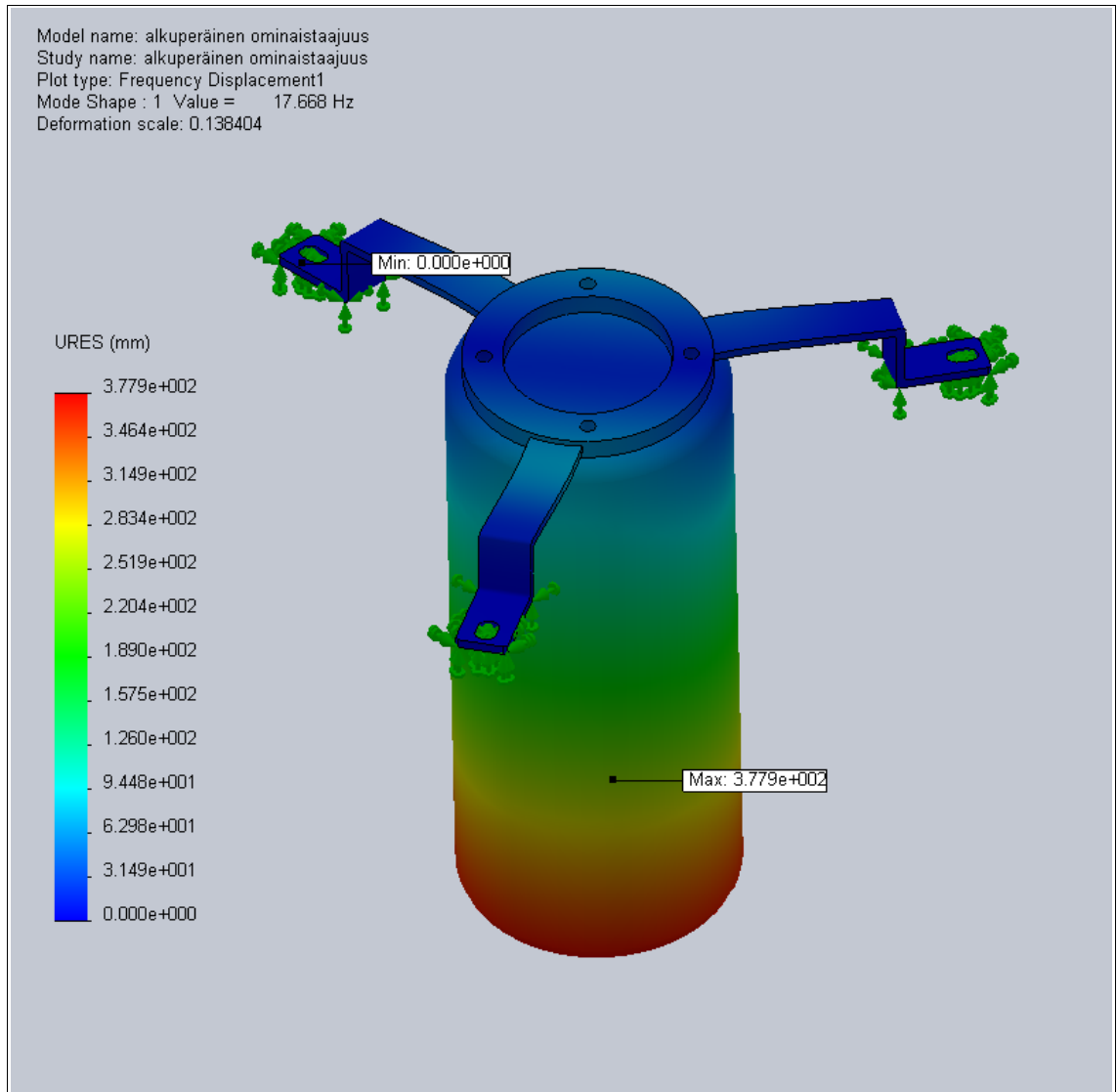
i = välityssuhde

Kaavan 1 tuloksena on käyntitaajuus kierroksina minuutissa, joka muunnettiin SI-järjestelmän mukaisesti muotoon kierroksia sekunnissa. Tulos 23,57 Hz on vältettävä taajuus. Kun moottorin värähtelytaajuus oli saatu selvitettyä, siirryttiin muokkaamaan moottorin kannaketta. Kannakkeen alkuperäinen kokoonpano on kuvassa 16.



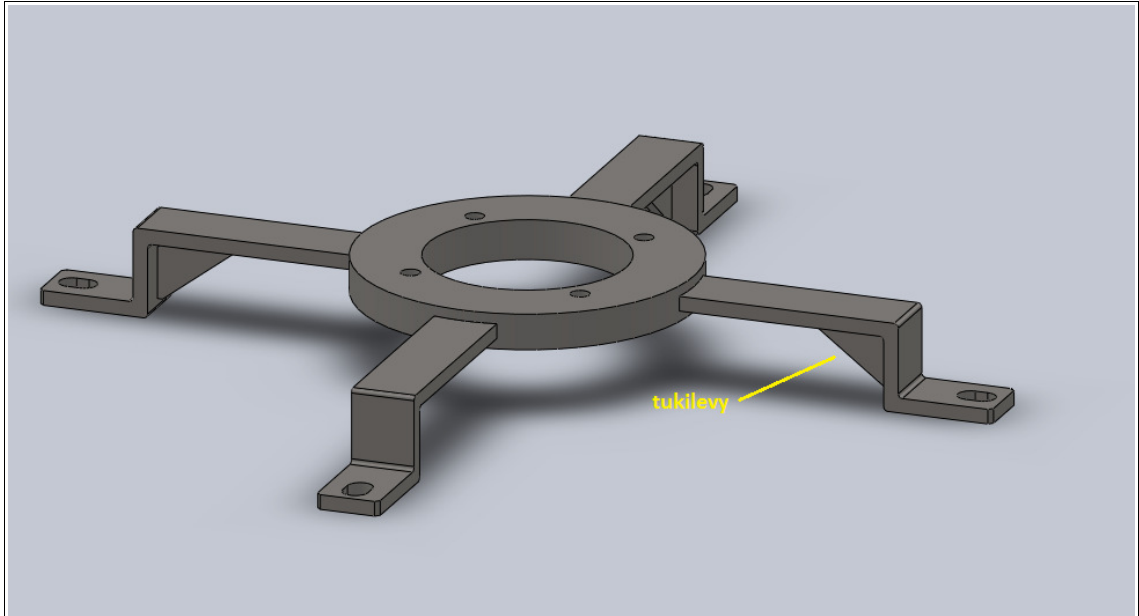
Kuva 16. Moottorin kannakkeen alkuperäinen rakenne.

Kuvassa 16 on mallinnettuna moottorin kannakkeen alkuperäinen rakenne. Se koostuu kolmesta kiinnityslevystä ja kiinnityslaipasta. Moottorin kannake yhdistettiin kuvan 17 mukaisesti moottorin kokoiseen kappaleeseen ja suoritettiin värähtelyanalyysi.



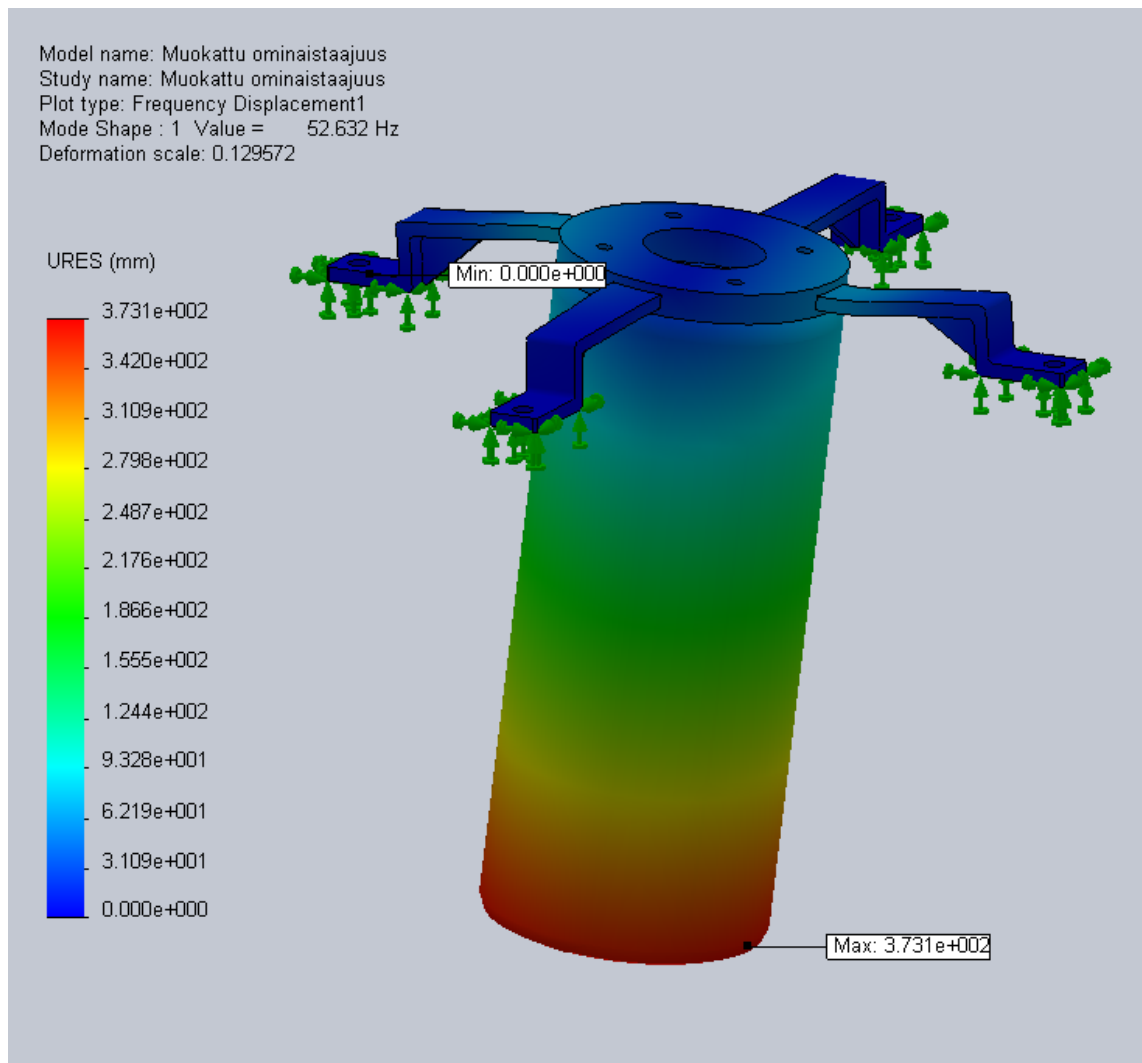
Kuva 17. Värähtelyanalyysin tulokset alkuperäisellä kokoonpanolla.

Kuvassa 17 näkyy simulointia varten tehty kokoonpano. Se koostuu kappaleesta, jonka ominaisuudet vastaavat vaihdemoottoria sekä kannakkeesta. Analyysin tulosten ollessa lähellä moottorin käyntitaajuutta, kannaketta lähdettiin muokkaamaan ja päädyttiin kuvan 18 malliin.



Kuva 18. Moottorin kannakkeen muokattu rakenne.

Kuvassa 18 on moottorin kannakkeen muokattu rakenne. Rakenteen vankentamiseksi kiinnityslaippaa on paksunnettu ja levennetty, jolloin kiinnityslevyjä voidaan lyhentää. Tämän lisäksi kiinnityslevyjä on kolmen sijasta neljä. Näin rakennetta on saatu jäykistettyä. Lisäjäykkyyttä tuovat myös rakenteeseen lisätyt tukilevyt. Tällä kokoonpanolla suoritettu värähtelyanalyysi kuvassa 19.

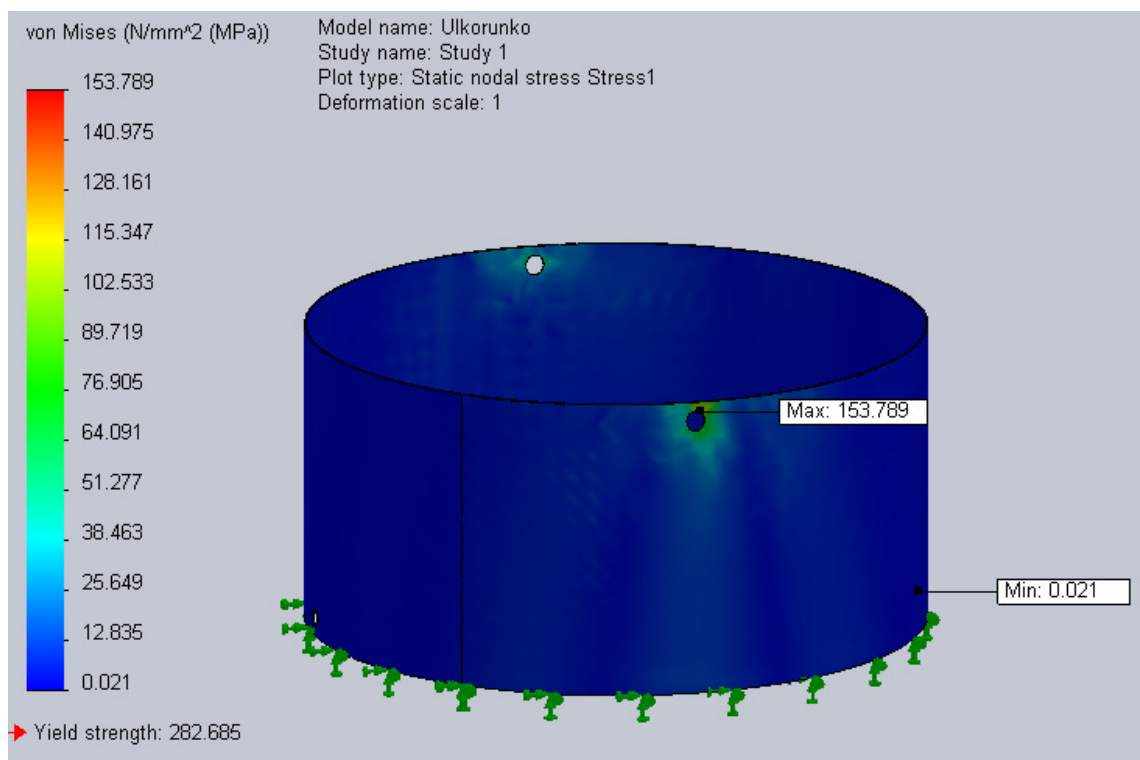


Kuva 19. Muokatun rakenteen värähtelytaajuus.

Kuvassa 19 on muokatulla kokoonpanolla suoritettu värähtelyanalyysi. Kuten kuvasta näkyy rakenteen muutokset ovat nostaneet ominaistaajuutta kuvan 17 alkuperäisen kokoonpanon 17,7 Hertsistä 53 Hertsiiin. Näin moottorin käyntitaajuus on selkeästi alhaisempi kuin rakenteen ominaistaajuus.

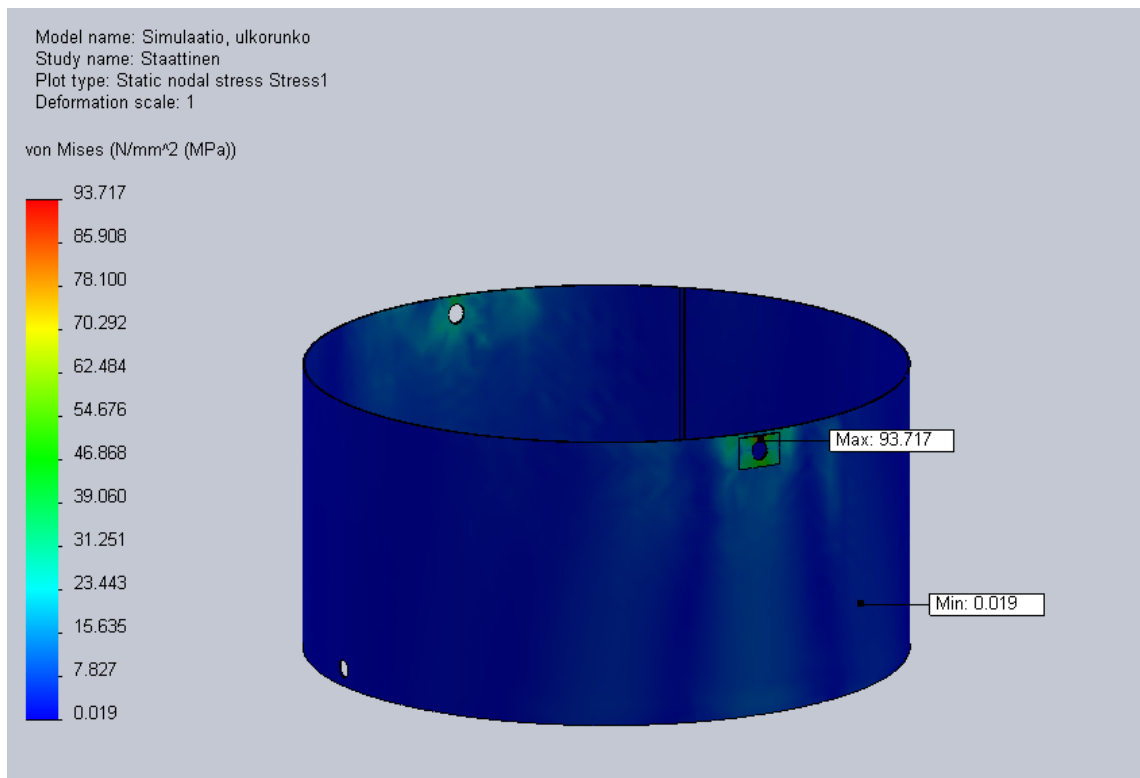
9.4.2 Ulkorungon lujuustarkastelu

Pumppua siirrellään ulkorunkoon tehtyjen reikien kautta nostamalla. Tämän takia suoritettiin rungon kestävyyttä testaava FEM-analyysi. Laitteen oman paino on noin 130 kg, jolloin painon aiheuttama voima on 1300 Newtonin luokkaa. Analyysi suoritettiin 2000 newtonin voimalla, 45° nostokulmassa. Näin pyrittiin ottamaan huomioon kuljetuksen aikana tapahtuvat tärähdykset ja heilahtelut. Kuvassa 20 on rungon lujuustarkastelu ilman jäykistettä.



Kuva 20. Ulkorungon jäykisteetön lujuustarkastelu.

Analyysin tuloksena saatiin kuvassa 20 näkyvä 154 Mpa ohjelman ilmoittaessa myötörajaksi 283 Mpa. Rakennetta päätettiin varmuuden vuoksi vankentaa, jolloin reikien kohdalle päätettiin lisätä jäykistelevyt. Jäykisteillä laskettu lujuustarkastelu on kuvassa 21.

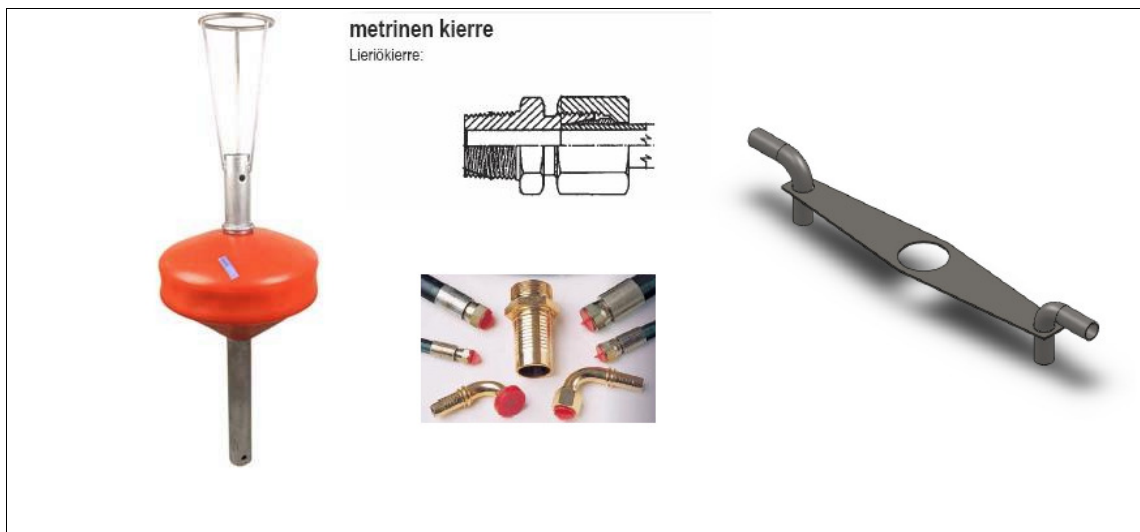


Kuva 21. Jäykisteillä laskettu lujuustarkastelu.

Jäykistelevyjien lisäämisen jälkeen analyysi antoi kuvan 21 tuloksen, noin 94 Mpa. Näin rakenteesta saatiin jämsämpi.

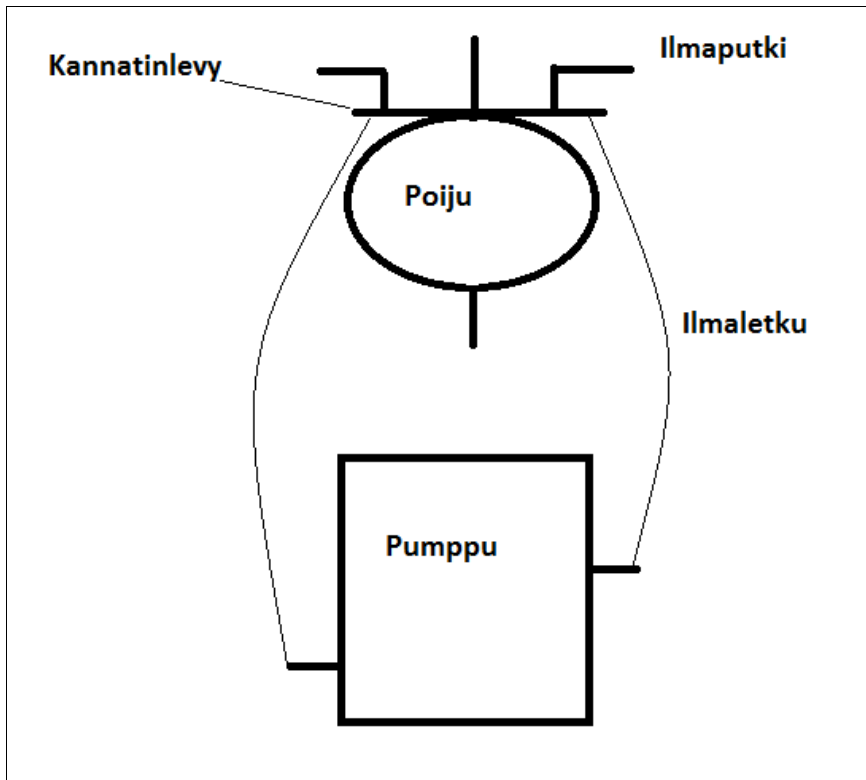
9.5 Jäähdytys

Jotta moottori ei kuumenisi liikaa, suunniteltiin hydrauliletkuilla ja putkilla toteutettu ilmanvaihto, jossa vaihdemoottorin jäähdyttimen avulla saadaan aikaan ilman kierto järjestelmässä. Se koostuu poijusta (Motonet 2012), erikseen valmistettavasta kannatinlevystä sekä letkuista ja liittimistä. Komponentit näkyvillä kuvassa 22.



Kuva 22. Jäähdytysjärjestelmän komponentit.

Kuvassa 22 on vasemmalla poiju, keskellä ylhäällä putken leikkuurengasliitos, keskellä alhaalla puristettava letkuliitos ja oikealla kannatinlevy. Kannatinlevy asennetaan kellukerenkaan yläpuolelle, poijun varteen. Periaate näkyvillä kuvassa 23.



Kuva 23. Jäähdytysjärjestelmän kaaviokuva.

Kuvassa 23 poijun ja varren väliin on lisätty kannatinlevy, jonka putkiin letkut on liitetty. Ilma kiertää järjestelmässä pumpun sisällä olevan vaihdemoottorin jäähdyttimen avulla.

10 Kustannukset

Materiaalina ajateltiin alunperin käyttää 1.4462 duplex-terästä Outokumpu Oy:n Ruostumattomat teräkset - julkaisussa olevan esimerkin mukaisesti. (Outokumpu 2001,25). Myöhemmin materiaali vaihdettiin 1.4401 haponkestävään teräkseen. Outokummun esimerkissä oleva tapaus on suunniteltu suolaiseen meriveteen ja tämä pumppu on tarkoitettu järviveteen, joten 1.4401:n ajateltiin kestävän. Tämän lisäksi materiaalin vaihtoa puoltavat kustannukset. 1.4401 maksaa 4,7 €/kg ja 1.4462 5,35 €/kg ollen näin 12 % kalliimpaa (Ouvinen, Erkki, area sales manager. Ruukki Stainles Steel & Aluminium OY. 10.2.2012. sähköposti). Taulukossa 2 esitetään valmistettävien osien kilohinnan ja komponenttien kappalehintojen avulla laskettu karkea arvio.

Taulukko 2. Komponenttien ja materiaalin kustannusarvio.

Materiaali/ komponentti	Kpl	kg	€/kg & €/kpl	Yht €
Ruostumaton teräs 1.4401		98	4,7	460,6
Poiju	1			89
Laakeri w6006	1			13,32
Tiiviste AS 30 X 40 X 7 NBR	2		6	12
Vaihdemoottori	1			162
Kiinnitysosat				42,67
Sakarakytkin				93
yhteensä				872,59

Poijun hinta saatiin motonetin kotisivuilta (Motonet Oy 2012). Laakerin hinta löytyi SKF:n luettelosta (SKF laakerihinnasto 2012, 12). Akselin tiivisteiden hintatiedot ovat Tiivistekeskuksen kotisivuilta (Tiivistekeskus 2011). Suunniteltu vaihdemoottori, tyyppimerkiltään G22C DL90S4, ei löytynyt tämän vuoden luettelosta. Hinta arvioitiin ominaisuuksiltaan vastaavan G22A DM90L4 IE2:n mukaan (VEM motors Finland Oy 2012, 31). Kiinnitysosien hinta laskettiin Ruuvi.net sivuston ohjelman avulla (Ruuvi.net 2012). Laskelma kuvassa on 24.

Suomen ensimmäinen kiinnitystarvikkeiden verkkokauppa

[etusivu](#)
[lisätieto](#)
[tuotehaku](#)
[toimitustavat](#)
[tekniistä tietoa](#)
[tilaustiedot](#)
[kysy lisää](#)
[palautte](#)

Ostoskorissasi on seuraavat tuotteet:

Tuote	Kappalehinta	Hinta yhteensä	Määrä	Päivitä
Kuusioruuvi DIN 933 Haponkestävä A4 M12x060	1.325 EUR/kpl	1.33 EUR	1	Päivitä
Kuusioruuvi DIN 933 Haponkestävä A4 M12x050	0.9652 EUR/kpl	21.23 EUR	22	Päivitä
Aluslaatta DIN 125 Haponkestävä A4 M08	0.0606 EUR/kpl	0.48 EUR	8	Päivitä
Kuusioruuvi DIN 933 Haponkestävä A4 M08x045	0.4463 EUR/kpl	1.79 EUR	4	Päivitä
Kuusiomutteri DIN 934 Haponkestävä A4 M12	0.4276 EUR/kpl	9.41 EUR	22	Päivitä
Kuusiomutteri DIN 934 Haponkestävä A4 M08	0.1262 EUR/kpl	0.50 EUR	4	Päivitä
Aluslaatta DIN 125 Haponkestävä A4 M12	0.1751 EUR/kpl	7.70 EUR	44	Päivitä
Korialuslaatta DIN 440 Kiiltosinkitty M12	0.2314 EUR/kpl	0.23 EUR	1	Päivitä

Ostoskorissa olevien tuotteiden yhteishinta: **42.67 EUR** (toimituskulut lisätään hintaan)

Kuva 24. Kiinnitysosien hintalaskelma (Ruuvi.net 2012).

Kuvassa 24 on Ruuvi.net-sivuston ohjelmalla tehty laskelma kiinnitysosista. Sivuston mukaan hinnaksi tulisi noin 43 €. Hinnat ovat yksittäisten kappaleitten hintoja. Suurempina erinä ostettaessa ne ovat jonkin verran pienemmät. (Ruuvi.net 2012.)

Sakarakytkimen hinnaksi kerrottiin 93 € (Suomela, Tommi. SKS Mekaniikka. Sähköposti. 8.3.2012). Kustannusarviosta puuttuvat valmistuskustannukset. Valmistuspaikasta riippuen ja varovaisen arvion mukaan hinta on noin 1500 €:n luokkaa. Valitettavasti Vesi-Eko Oy ei lähettänyt oman laitteensa hintatietoja, joten varsinaista vertailua ei päästy tekemään.

11 Lopputulos ja päätelmät

Työn lopputuloksena on teräsrakenteinen, vaihdemoottorilla toimiva laite, joka täyttää vaatimuslistan ominaisuudet. Käyttökelpoisuutta ja luotettavuutta arvioitaessa pitää ottaa huomioon, että kyseessä on 1. prototyyppi, jota ei ole rakennettu yhtään kappaletta. Osa ongelmakohdista oli tiedossa jo suunnittelua aloitettaessa. Näistä voidaan mainita suojausluokan IP68, aiheuttamat ongelmat. Erityisesti akselin tiivistyksen suunnittelu vei aikaa. Huomioon otettujen ongelmien lisäksi yllätyksenä tuli moottorin ominaistajuuden aiheuttama muutos kiinnityslaipan rakenteeseen. Kiinnityslaippa oli alunperin suunniteltu liian kevytrakenteiseksi. Positiivisena yllätyksenä voidaan mainita laitteen paino, joka jäi paljon pienemmäksi kuin alun perin luultiin.

Piirrustusten valmistuttua huomattiin, että standardiosia olisi voinut käyttää enemmän. Esimerkiksi kaikki työssä suunnitellut laipat ja potkuri olisi voitu valita valmistajien luetteloista. Näin meneteltäessä olisi säästetty aikaa suunnitteluvaiheessa. Lisäksi pöntön materiaali voitaisiin vaihtaa ainakin osittain muoviin, mikä keventäisi laitetta. Täysin varmaa ei myöskään ole, että laite tarvitsee erillisen jäähdytysjärjestelmän. Se on ehkä näitä tilavuuksia käytettäessä tarpeen, mutta siitä tulisi pyrkiä eroon. Tavoitteena tulisi olla, ettei rungossa olisi akselin tiivistyksen lisäksi muita reikiä. Tällä rakenteella on kohtalaisen varmaa, että pumpun jäähdytysjärjestelmä imaisee vettä sisäänsä kovassa aallokossa. Tästä syystä laitteen sisään suunniteltiin pieni vedenpoistopumppu, mutta sekin voi hajotessaan aiheuttaa veden sisäänpääsyn ja näin laitteen rikkoutumisen. Nämä ongelmat tulisi ottaa huomioon 2. prototyyppiä suunniteltaessa.

Kustannusten arviointi jäi arvailujen asteelle, sillä kilpailevan laitteen hintatiedot eivät olleet saatavilla. Lopuksi on vielä mainittava, että työn tekijällä ei ole tietoa mahdollisista luvista ja laeista, jotka tulisi ottaa huomioon ennen laitteen käyttöönottoa.

Kuvat

- kuva1. Leväkukinto Pien-Saimaalla, s.7
- kuva 2. Hapetuspumpun konsepti, s 10
- Kuva 3. Vaihtosähkömoottorin periaatekuva, s 12
- Kuva 4. Aksiaalivuokone, s 13
- kuva 5. Mixox hapetuksen ensimmäinen vaihe, s15
- Kuva 6. mixox hapetuksen toinen vaihe, s. 16
- Kuva 7. Rumpumoottorin rakenne, s .18
- Kuva 8. Periaatekuva rumpumoottorilla toteutettavasta vaihtoehdosta, s. 18
- Kuva 9. Periaatekuva komponenteista kootusta ratkaisusta, s. 20
- Kuva 10. Yksinkertaistettu malli, s. 21
- Kuva 11. 1727 Multi-lon nauhatiiviste, s. 24
- Kuva 12. NBR akselitiiviste, s. 24
- Kuva 13. Puolileikkaus hitsaamalla valmistettavasta kiinnityksestä, s. 25
- Kuva 14. Pohja, s. 25
- Kuva 15. Pönttön jatkokehitys, s. 26
- Kuva 16. Moottorin kannakkeen alkuperäinen rakenne, s. 27
- Kuva 17. Värähtelyanalyysin tulokset alkuperäisellä kokoonpanolla, s. 28
- Kuva 18. Moottorin kannakkeen muokattu rakenne, s. 29
- Kuva 19. Muokatun rakenteen värähtelytaajuus, s. 30
- Kuva 20. Ulkorungon jäykisteetön lujuustarkastelu, s. 31
- Kuva 21. Jäykisteillä laskettu lujuustarkastelu, s. 32
- Kuva 22. Jäähdytysjärjestelmän komponentit, s. 33
- Kuva 23. Jäähdytysjärjestelmän kaaviokuva, s. 34
- Kuva 24. Kiinnitysosien hintalaskelma, s. 36

Taulukot

- Taulukko 1. Vaatimuslista, s. 14
- Taulukko 2. Komponenttien ja materiaalin kustannusarvio, s. 35

Lähteet

AXCO-Motors Oy 2011. Aksiaalivuoteknologia.

<http://www.axcomotors.com/aksiaalivuomoottori/aksiaalivuotekniikka.html>
(luettu 7.5.2011)

Duo Product Oy. Punostiivisteet. http://www.duoproduct.com/index.php?option=com_content&view=article&id=57%3Apyoerivaet-akselit&catid=31%3Ageneral&Itemid=58 (luettu 22.12.11)

Metek Oy. Helical Geared Motors G.

http://www.metek.fi/files/Tiedostot/g_01_2005_gb.pdf (luettu 8.9.2011)

Motonet. Verkkokauppa. <http://www.motonet.fi/motonet/tuotteet/387825/0>
(luettu 30.1.2012)

Opiskelijaboxi. Sähkötekniikka on monessa mukana.

<http://www.opiskelijaboxi.fi/yliopisto/haastattelu/juha-pyrhonen> (luettu 28.7.2011)

Outokumpu, 2001. Ruostumattomat teräkset, 25. 2001.

http://www.outokumpu.com/applications/upload/pubs_1220142259.pdf (luettu 6.2.2012)

Pahl, G & Beitz, W. 1992. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: WSOY.

Pien-Saimaan suojeluyhdistys. 2010. Piensaimaan tila.

http://www.piensaimaa.fi/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=27 (luettu 22.6.2011)

Pien-Saimaan suojeluyhdistys. 2011. Tiedote 7.

http://www.piensaimaa.fi/joomla/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=40&Itemid=2 (luettu 27.7.2011)

Pohjanmaan tehdaspalvelu. 1727. 2011.

<http://www.tehdaspalvelu.com/tuotteet.html?id=1/6> (luettu 21.12.11)

Pyrhönen, Juha, professori. Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011. Harjoitustyöohje.

Rakennuspaino Oy. 2002. SKS-AKSELIKYTKIMET.

[http://www.sks.fi/download/sks_SKS_akselikytkimet/\\$file/SKSakselikytkimet1057662.pdf](http://www.sks.fi/download/sks_SKS_akselikytkimet/$file/SKSakselikytkimet1057662.pdf) (luettu 28.9.2011)

Rulmeca Oy 2011a. Yritysesittely. <http://www.rulmeca.fi/yritys.php> (luettu 1.8.2011)

Rulmeca Oy 2011b. Rullia ja komponentteja hihnakujujettimille massatavaran käsittelyyn, 21.
http://www.rulmeca.fi/download/rul_introd_fin_070508.pdf (luettu 17.8.2011)

Rulmeca Yhtiöt 2011c. Rumpumootorit - verratonta tehokkuutta.
<http://www.rulmeca.fi/tuotteet2.php> (luettu 1.8.2011)

Ruuvinet 2012. <http://www.ruuvilinja.fi/ruuvinet/index.php> (luettu 7.2.12)

SKF. Laakerhinnasto. <http://www.skf.com/files/884892.pdf> (luettu 6.2.2012)

SKF Ab. 2002. Reliable bearing solutions for a corrosive environment.
<http://www.skf.com/files/099929.pdf> (luettu 28.09.2011)

Sopanen, Jussi, tutkimuspäällikkö. Saimaan amk 2009. Tuotekehitys ja 3D suunnittelu, 14.Luentomoniste.

Tiivistekeskus 2011. Akselitiivisteet NBR.
<http://tuotteet.tiivistekeskus.fi/main.html?nodeUid=1439585&catalogUid=1154028&parents=|1154661|1154663&style=view4> (luettu 21.12.11)

VEM motors Finland Oy. 2 Vaihteet ja vaihdemootorit.
<http://www.vem.fi/userData/vem/downloads/vem-motors-fi/hinnasto/VmF-vaihteet-ovh-2012.pdf> (luettu 6.2.1012)

Vesi-Eko Oy 2003. Mixox-hapetus. http://www.vesieko.fi/fi/ohjeet-ja-julkaisut/doc_download/10-mixox-hapettimen-esite (luettu 28.7.2011)

Vesi-Eko Oy 2011a. Järvet kuntoon! <http://www.vesieko.fi/content/view/14/29/> (luettu 28.6.2011)

Vesi-Eko Oy 2011b. Yritys. <http://www.vesieko.fi/fi/yritys> (luettu 28.6.2011)

Wikipedia 2011a. Rehevöityminen. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Rehev%C3%B6ityminen> (luettu 26.7.2011)

Wikipedia 2011b. Järvien kunnostus. http://fi.wikipedia.org/wiki/J%C3%A4rvien_kunnostus (luettu 26.7.2011)

Wikipedia 2011c. Sähkömoottori. http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6moottori_ (luettu 1.8.2011)

Wikipedia 2011d. SolidWorks. <http://fi.wikipedia.org/wiki/SolidWorks> (luettu 9.2.2012)

Yle. Sinilevä kukkii jo Etelä-Karjalassa. http://yle.fi/alueet/etela-karjala/2010/06/sinileva_kukkii_jo_etela-karjalassa_1786162.html. Artikkelel
24.6.2010 (luettu 28.7.2011)

1

2

3

4

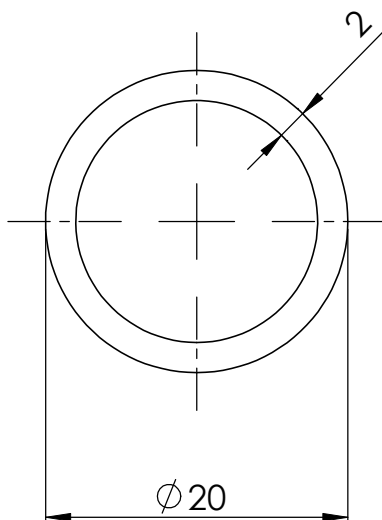
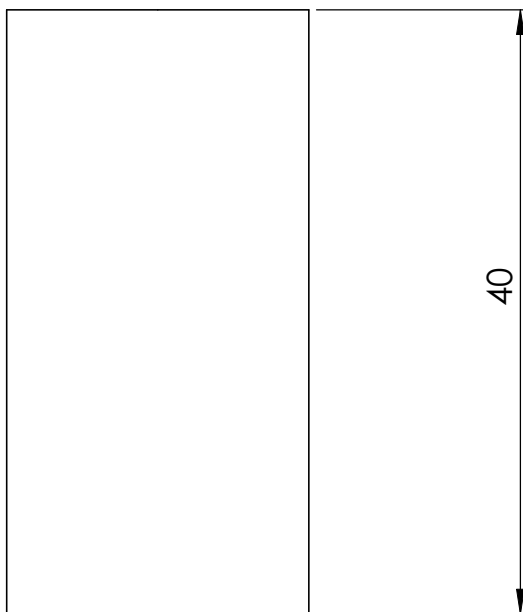
A

B

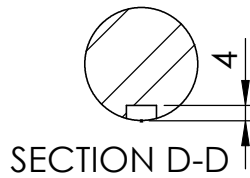
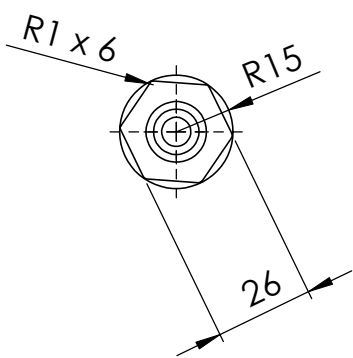
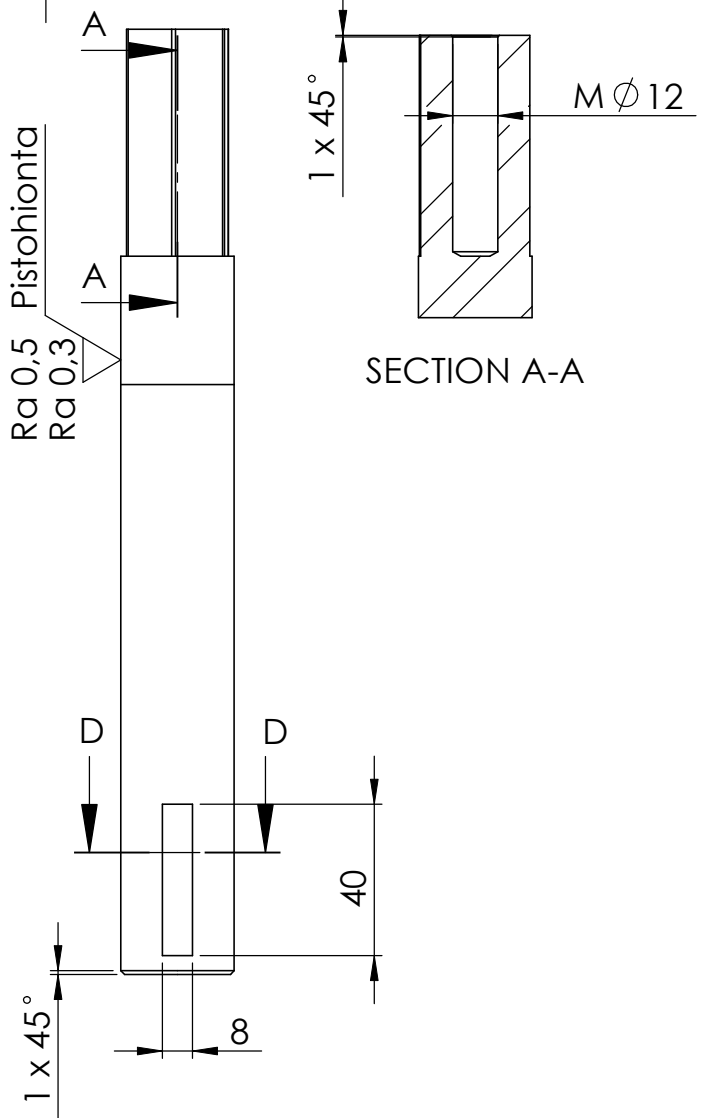
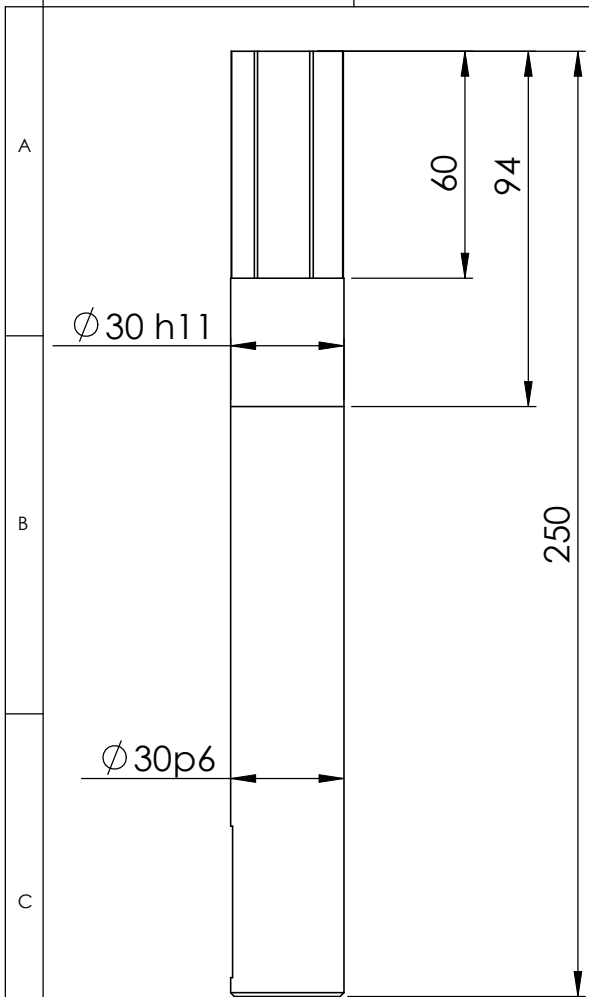
C

D

E



40 x 20 x 2	SFS-EN 10216-5	AISI 316															
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu															
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C															
	Nimitys	Massa															
	AE putki																
	Pönttö																
	Hapetuspumppu	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Päiv.</td> <td>Nimi</td> <td rowspan="2">Suhde:</td> <td rowspan="2">2:1</td> <td rowspan="2">A4</td> </tr> <tr> <td>Piirt.</td> <td>11.11.11</td> <td>JRY</td> </tr> <tr> <td>Tark.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Päiv.	Nimi	Suhde:	2:1	A4	Piirt.	11.11.11	JRY	Tark.					
	Päiv.	Nimi	Suhde:	2:1	A4												
Piirt.	11.11.11	JRY															
Tark.																	
	Piir.nro	2011001	Revisio														



Ra 1,6 (Ra 0,5 Pistohionta
Ra 0,3)

$\phi 30 \times 240$	EN 10088-3	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Akseli Kansi Hapetuspumppu	Massa 1,2 kg
	Päiv. 11.11.11	Nimi JRY
	Piirt. Tark.	Suhde: 1:2 A4
	Piir.nro 2011002	Revisio

1

2

3

4

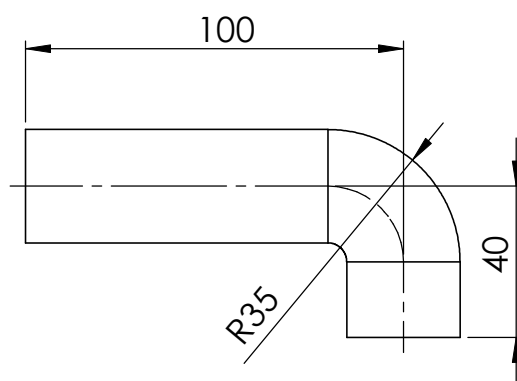
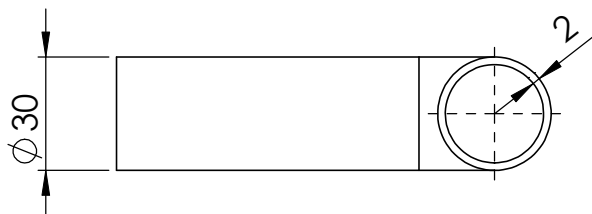
A

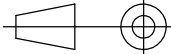
B

C

D

E



140 X 20 X 2	SFS-EN 10216-5	AISI 316L
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Ilmaputki Kuori Hapetuspumppu	Massa 
		Päiv. Nimi Suhde: 1:2 A4
		Piirt. 11.11.11 JRY Tark. Piiir.nro 2011003
		Revisio

1

2

3

4

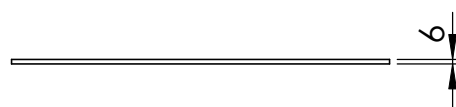
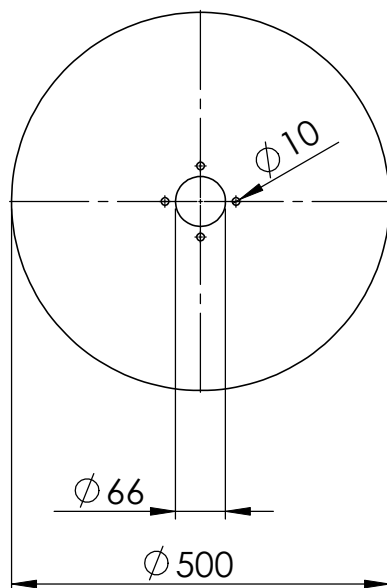
A

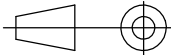
B

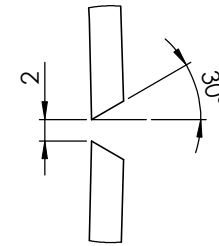
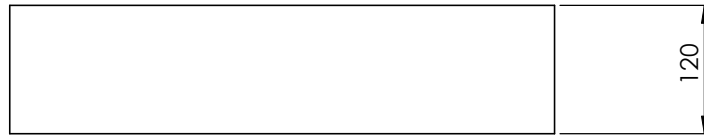
C

D

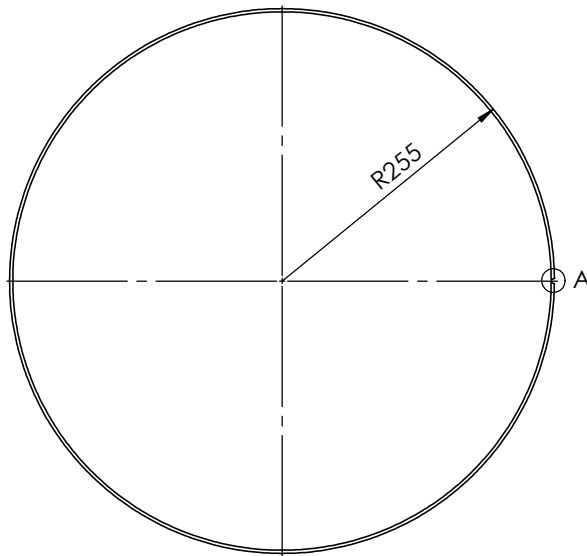
E



500 x 500 6	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Kansilevy Kansi Hapetuspumppu	Massa 9,0 kg
		
		Päiv. 11.11.11 Nimi JRY Suhde: 1:10 A4
		Piirt. 2011004 Tark. 2011004 Piir.nro 2011004
		Revisio



DETAIL A
SCALE 2 : 1



3455 x 120 x 3	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu

Työtapakohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
	Nimitys	Massa	4,5 Kg
	Runko	Päiv.	Nimi
	Kansi	Piirt.	11.11.11 JRY
	Hapetuspumppu	Tark.	
	Piir.nro	2011005	
		Suhde: 1:5 A3	
		Revisio	

1

2

3

4

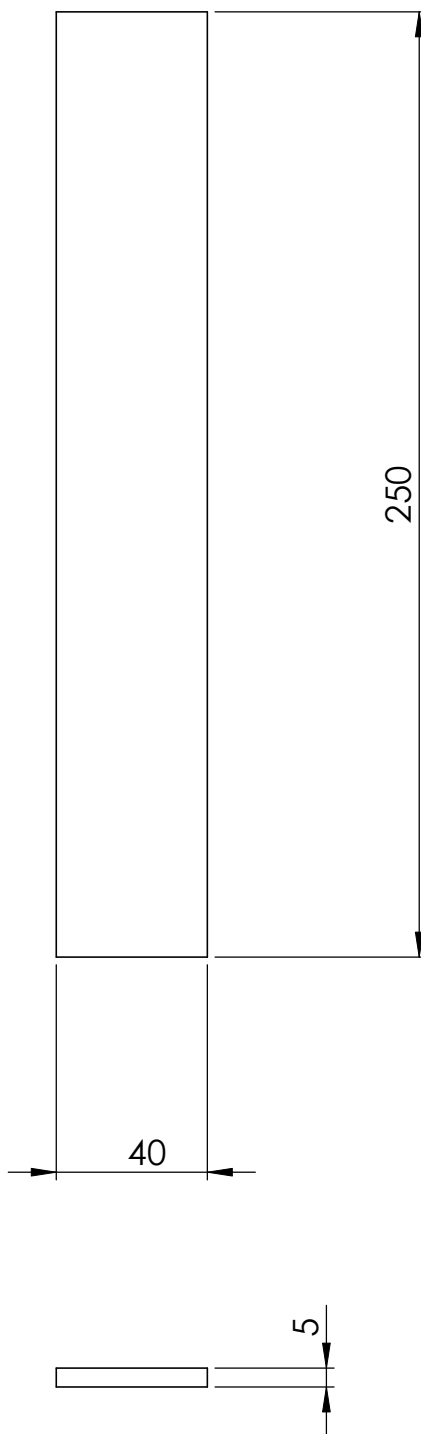
A

B

C

D

E



250 x 40 x 5	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Kiinnike Ulkorunko Hapetuspumppu	Massa 
		Suhde: 1:2 A4
	Piirt. 11.11.11 Tark. Piir.nro	Nimi JRY 2011006 Revisio

1

2

3

4

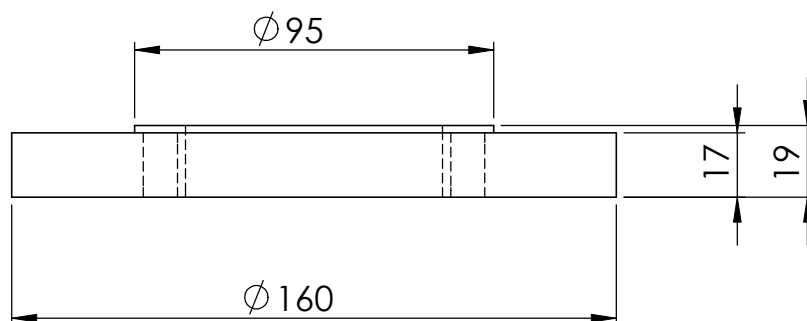
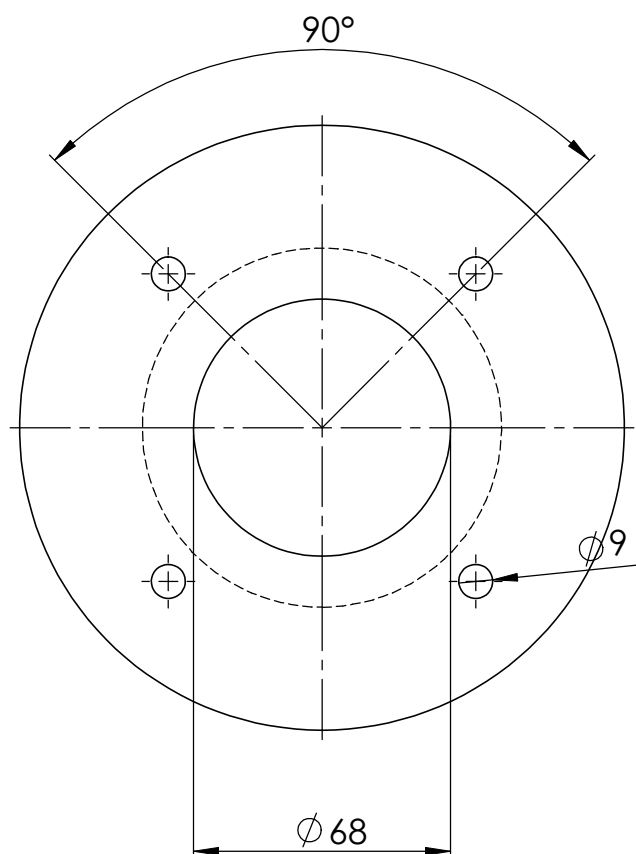
A

B

C

D

E



Ra 6,3

160 x 160 x 19	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Kiinnityslaippa Hapetuspumppu	Massa 1,9 kg
	Päiv. 11.11.11 Piirt. JRY Tark. Piir.nro 2011007	Suhde: 1:2 A4
		Revisio

1

2

3

4

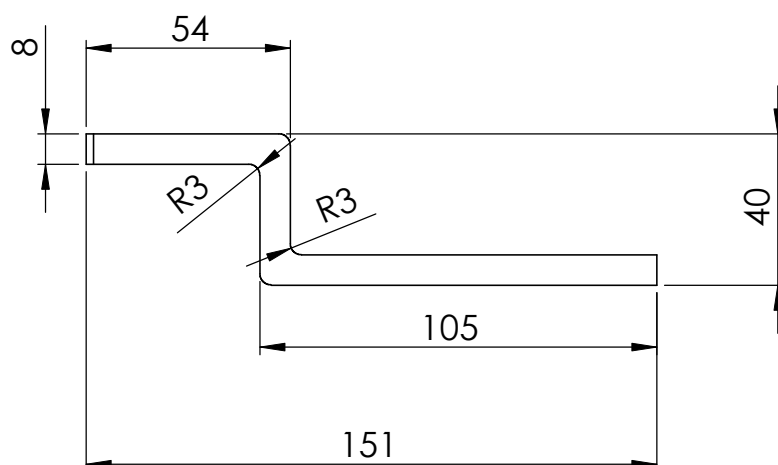
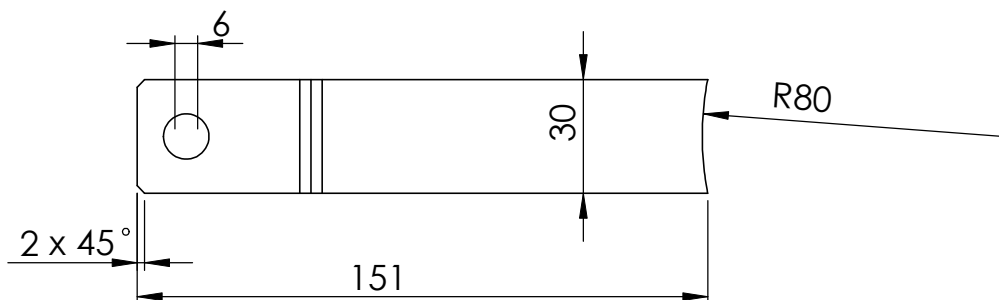
A

B

C

D

E



192 x 30 x 7	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys <u>Kiinnityslevy</u> <u>Hapetuspumppu</u>	Massa 
		Päiv. Nimi 11.11.11 JRY Suhde: 1:2 A4
		Piirt. Tark. Piir.nro 2011008
		Revisio

1

2

3

4

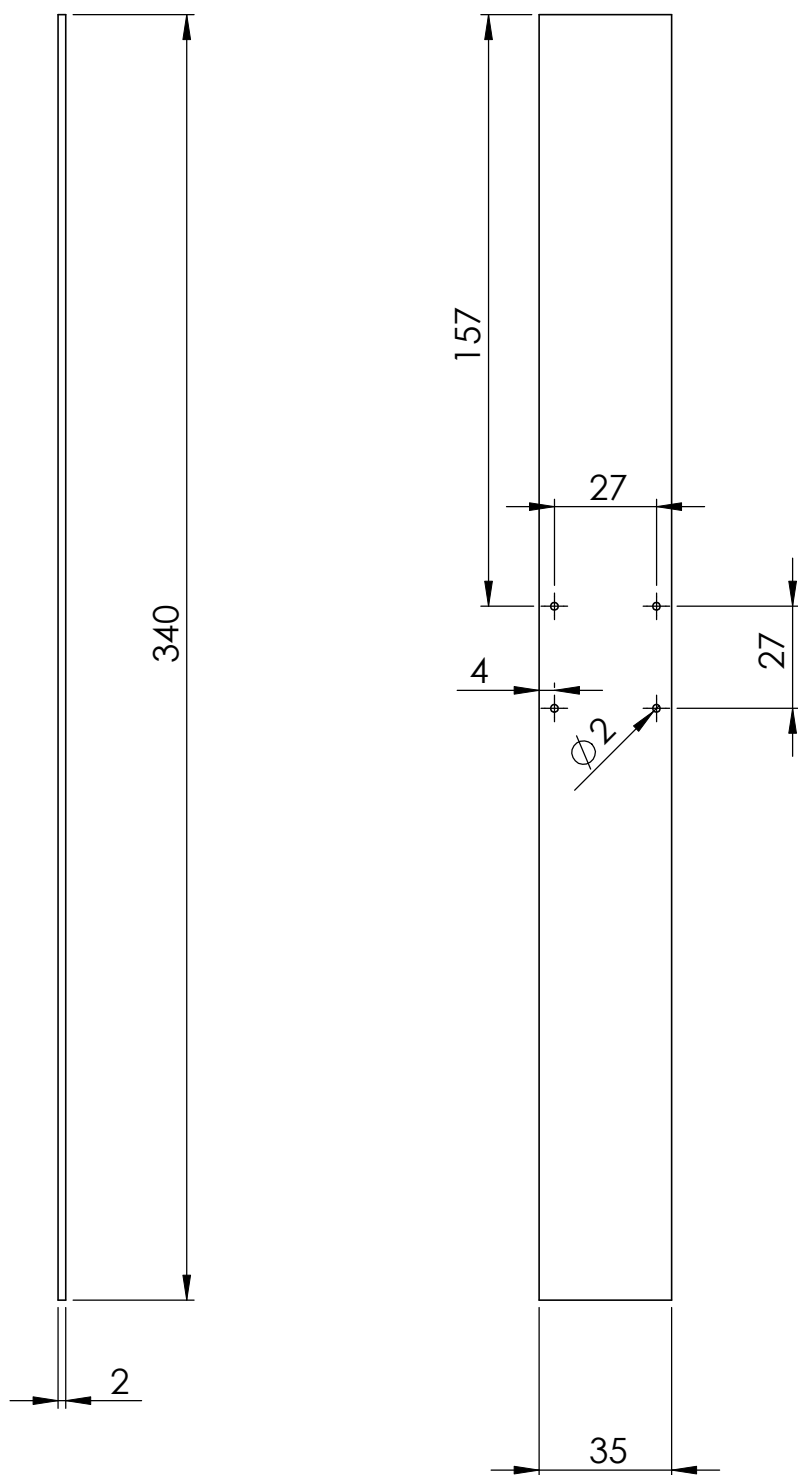
A

B

C

D

E



340 x 35 x 2

EN 10088-2

1.4401

Muoto, malli, määrä, mitta

Standardi tai luettelo

Laatu

Työtapaikohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-AHitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

Nimitys

Kiinnike
 Minipumppu
 Hapetuspumppu

Massa



	Päiv.	Nimi	Suhde:
Piirt.	11.11.11	JRY	
Tark.			

1:2 A4

Piir.nro

2011009

Revisio

1

2

3

4

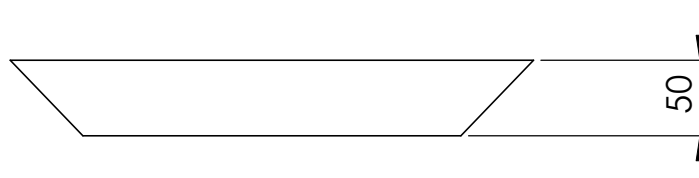
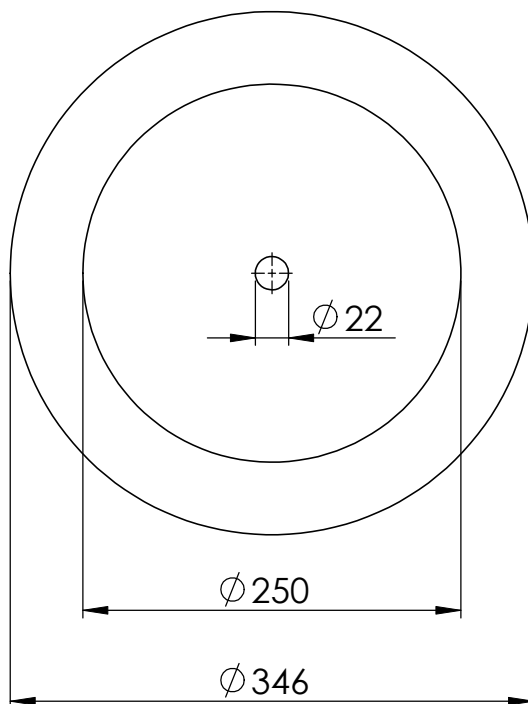
A

B

C

D

E



346 x 346 x 3	EN 10088-2	1.4401																
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu																
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C																
	Nimitys Pohja Kotelo Hapetuspumppu	<table border="1"> <tr> <td>Massa</td> <td colspan="2">2,6 kg</td> <td rowspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>Päiv.</td> <td>14.11.11</td> <td>Nimi</td> <td rowspan="2">Suhde: 1:5 A4</td> </tr> <tr> <td>Piirt.</td> <td>JRY</td> <td>Tark.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Piir.nro</td> <td colspan="2">2011010</td> <td>Revisio</td> </tr> </table>	Massa	2,6 kg			Päiv.	14.11.11	Nimi	Suhde: 1:5 A4	Piirt.	JRY	Tark.		Piir.nro	2011010		Revisio
Massa	2,6 kg																	
Päiv.	14.11.11	Nimi		Suhde: 1:5 A4														
Piirt.	JRY	Tark.																
Piir.nro	2011010		Revisio															

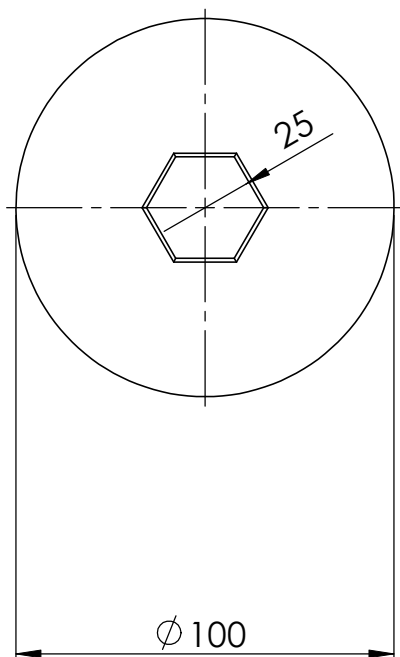
1

2

3

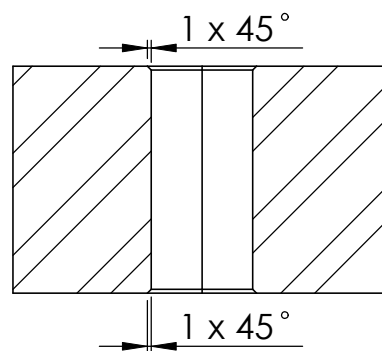
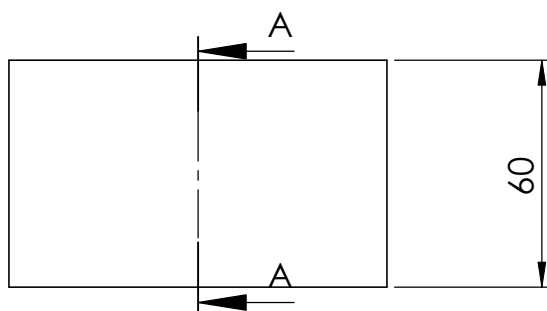
4

A



B

C



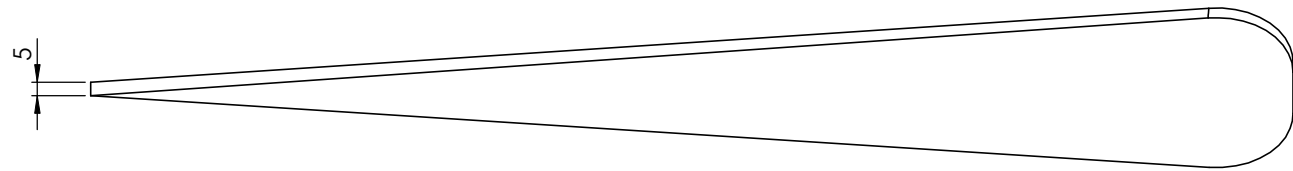
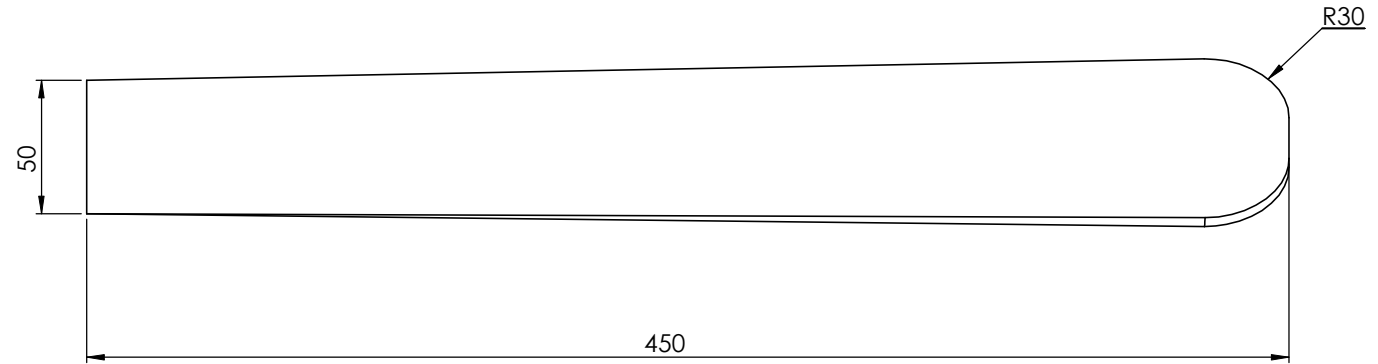
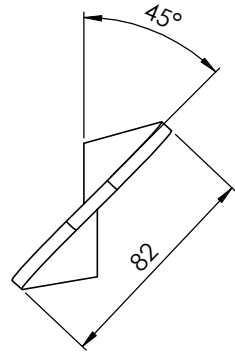
SECTION A-A

D

E

Ra 6,3

100 x 60	EN 10088-3	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Keskiö Potkuri Hapetuspumppu	Massa 3,4 kg
	Piirt. Tark. Piir.nro	Päiv. 14.11.11 Nimi JRY Suhde: 1:2 A4
		Revisio
		2011011



450 x 82 x 5	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu

Työtapa-kohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
	Nimitys Siipi Potkuri Hapetuspumppu	Massa 1 kg	
	Piirt. Tark. Piir.nro	Päiv. 14.11.11 Nimi JRY	Suhde: 1:3 A3
	2011012		Revisio

1

2

3

4

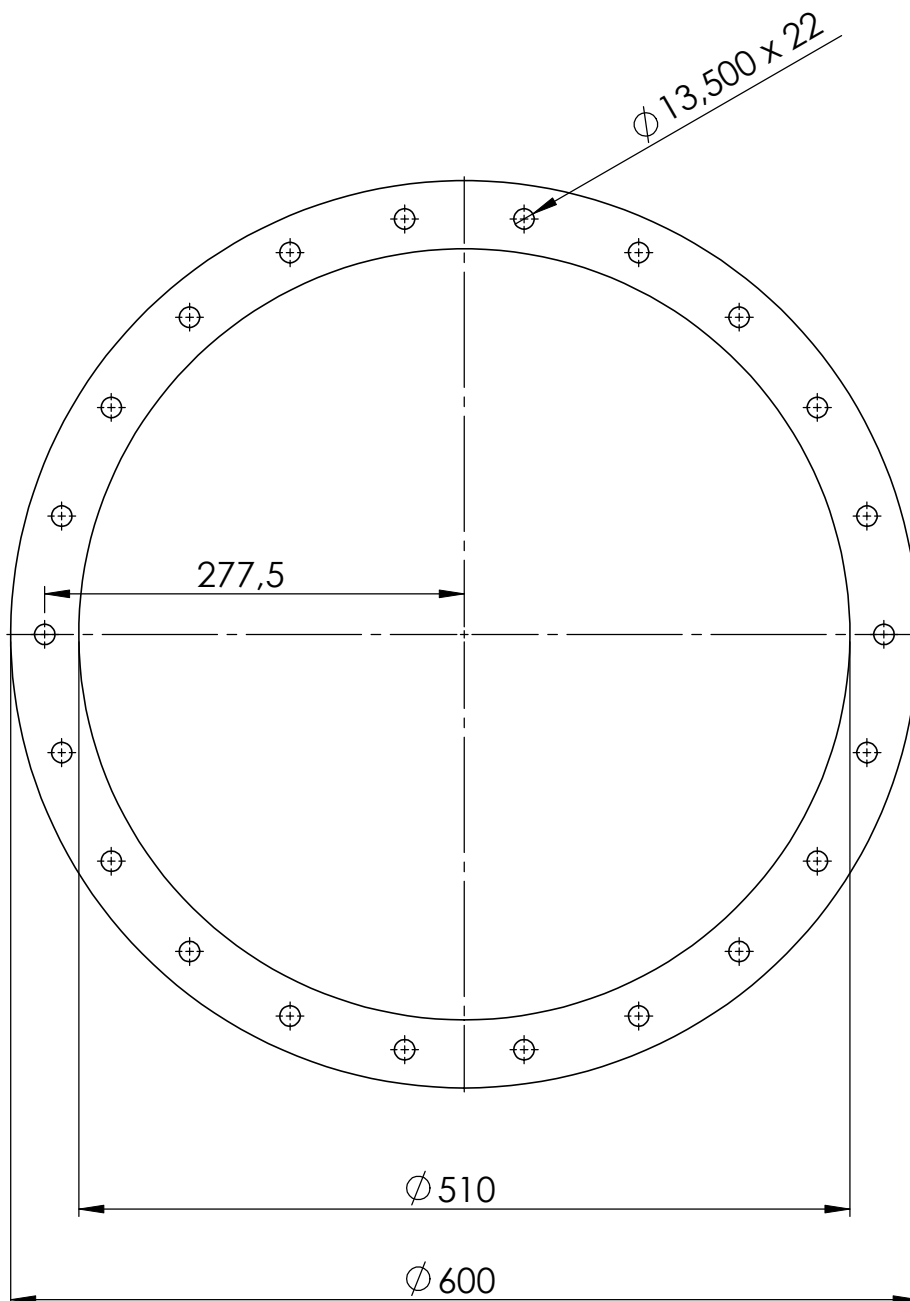
A

B

C

D

E



500 x 500 x 3	DIN-DVGW (Kaasuteollisuus) 93.01-e-845	Novus 30
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Tiiviste Kansi Hapetuspumppu	Massa 
		Päiv. Nimi 14.11.11 JRY Suhde: 1:5 A4
		Piirt. Tark. Piir.nro 2011013
		Revisio

1

2

3

4

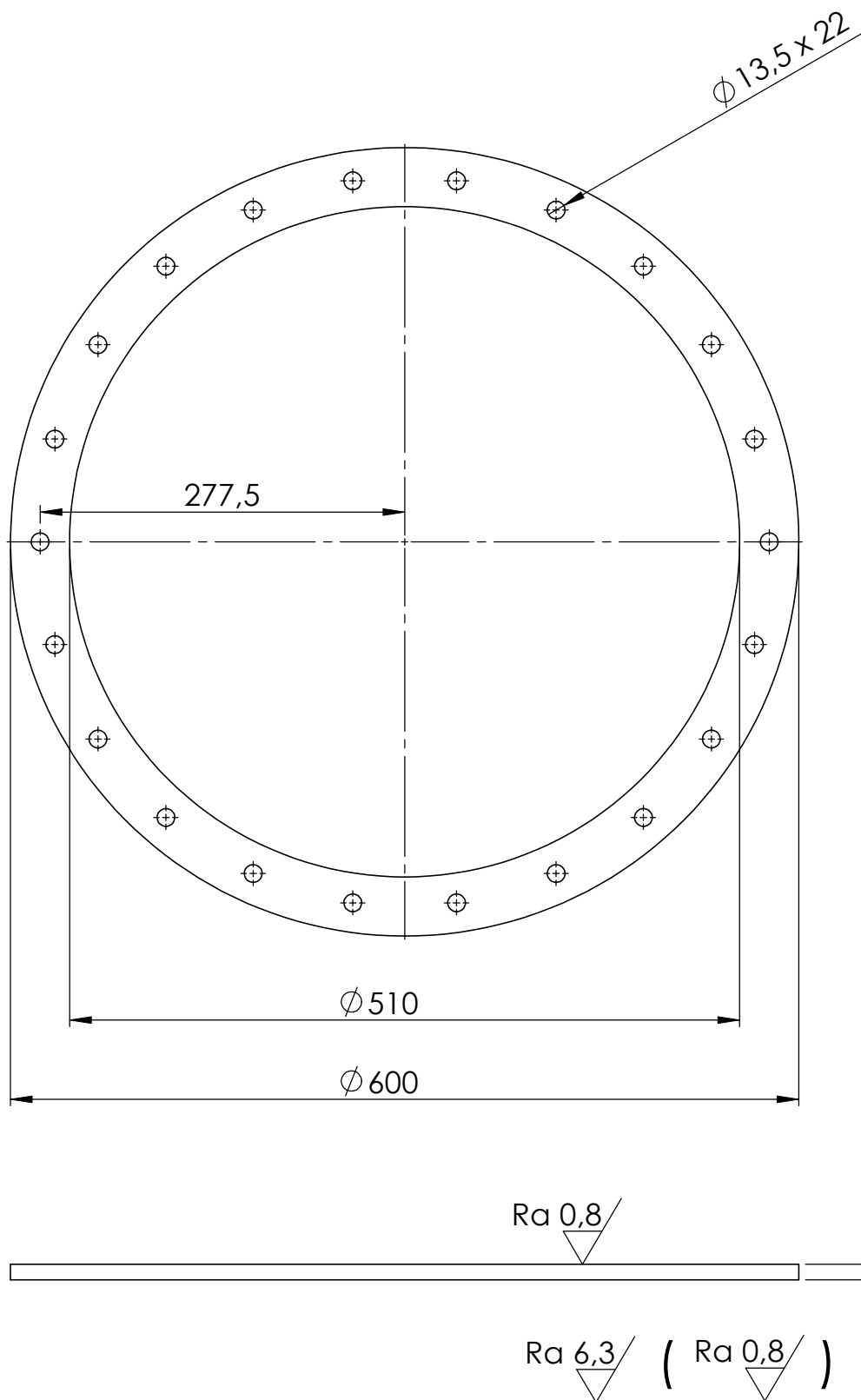
A

B

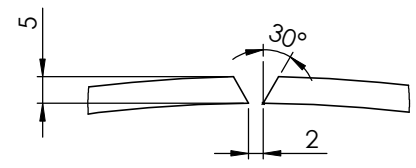
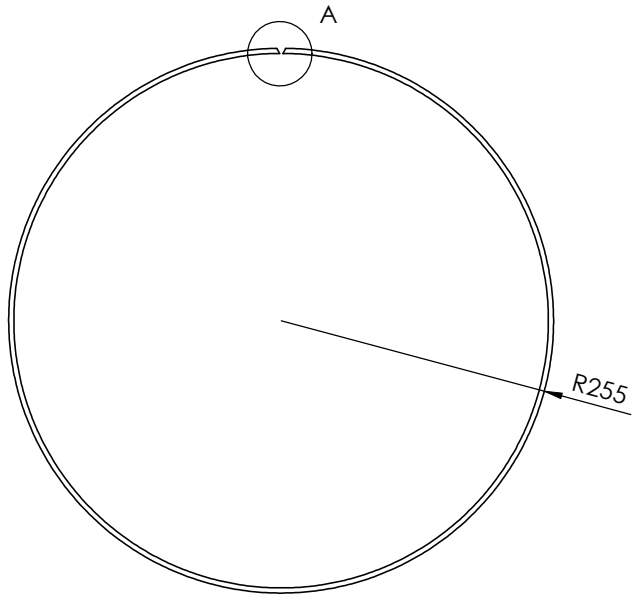
C

D

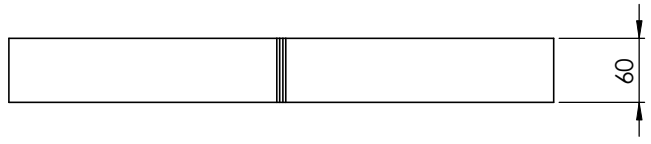
E



600 x 600 x 12	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Kiinnitysrengas Kansi Hapetuspumppu	Massa 7,1 kg
		Päiv. Nimi 14.11.11 JRY
		Suhde: 1:5 A4
		Piirt. Tark. Piir.nro 2011014
		Revisio



DETAIL A
SCALE 1 : 1



794 x 60 x 5	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu

Työtapakohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C		
	Nimitys	Massa		
	Kuori	3,7 kg		
	Kiinnityspohja	Päiv.	Nimi	Suhde:
Hapetuspumppu	Piirt.	14.11.11	JRY	1:5 A3
	Tark.			
	Piir.nro	2011015		Revisio

1

2

3

4

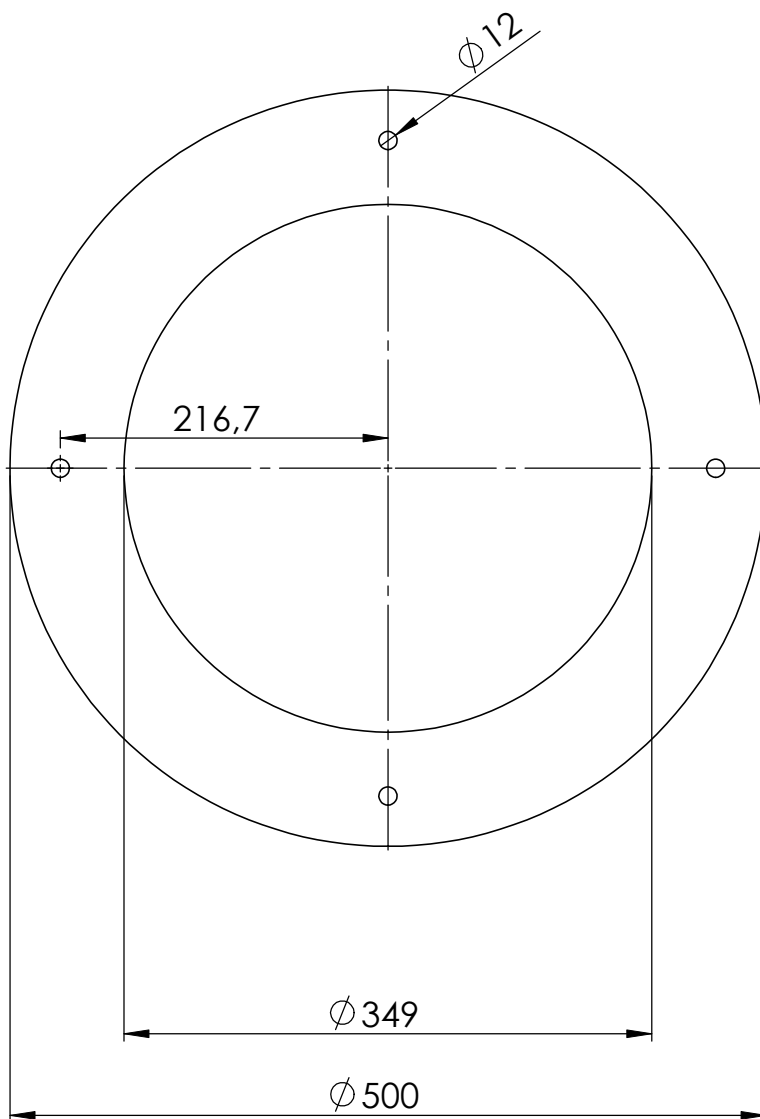
A

B

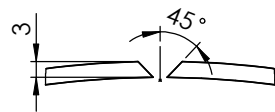
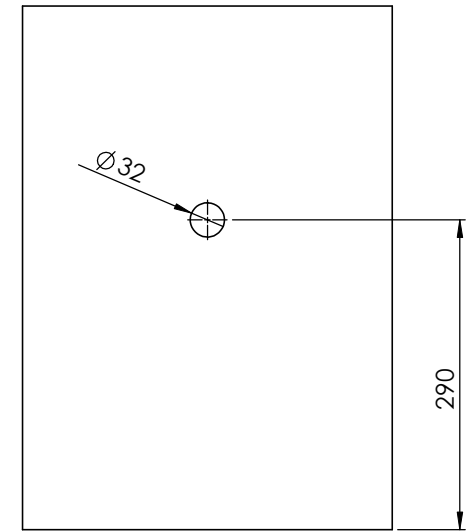
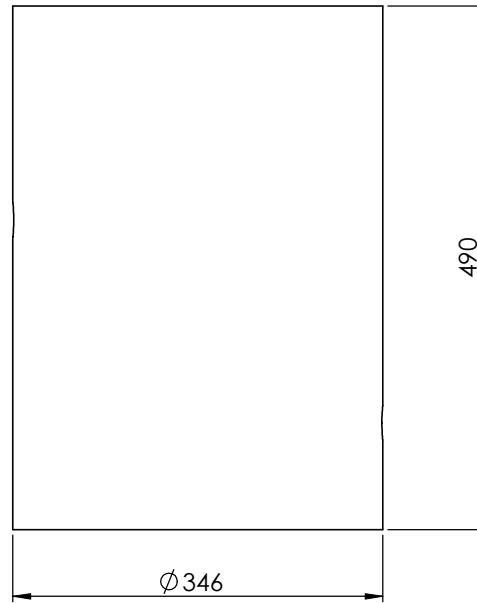
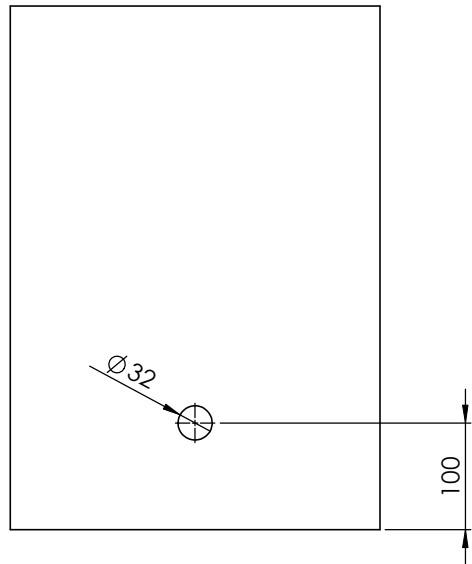
C

D

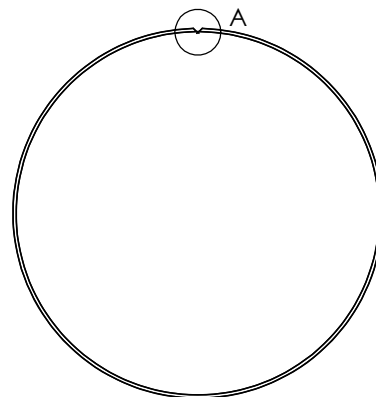
E



500 x 500 x 4	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Kiinnityspohja Pönttö Hapetuspumppu	Massa 3,2 kg
	Piirt. Tark. Piir.nro	Päiv. 1.2.12 Nimi JRY Suhde: 1:5 A4
		Revisio
		2011016

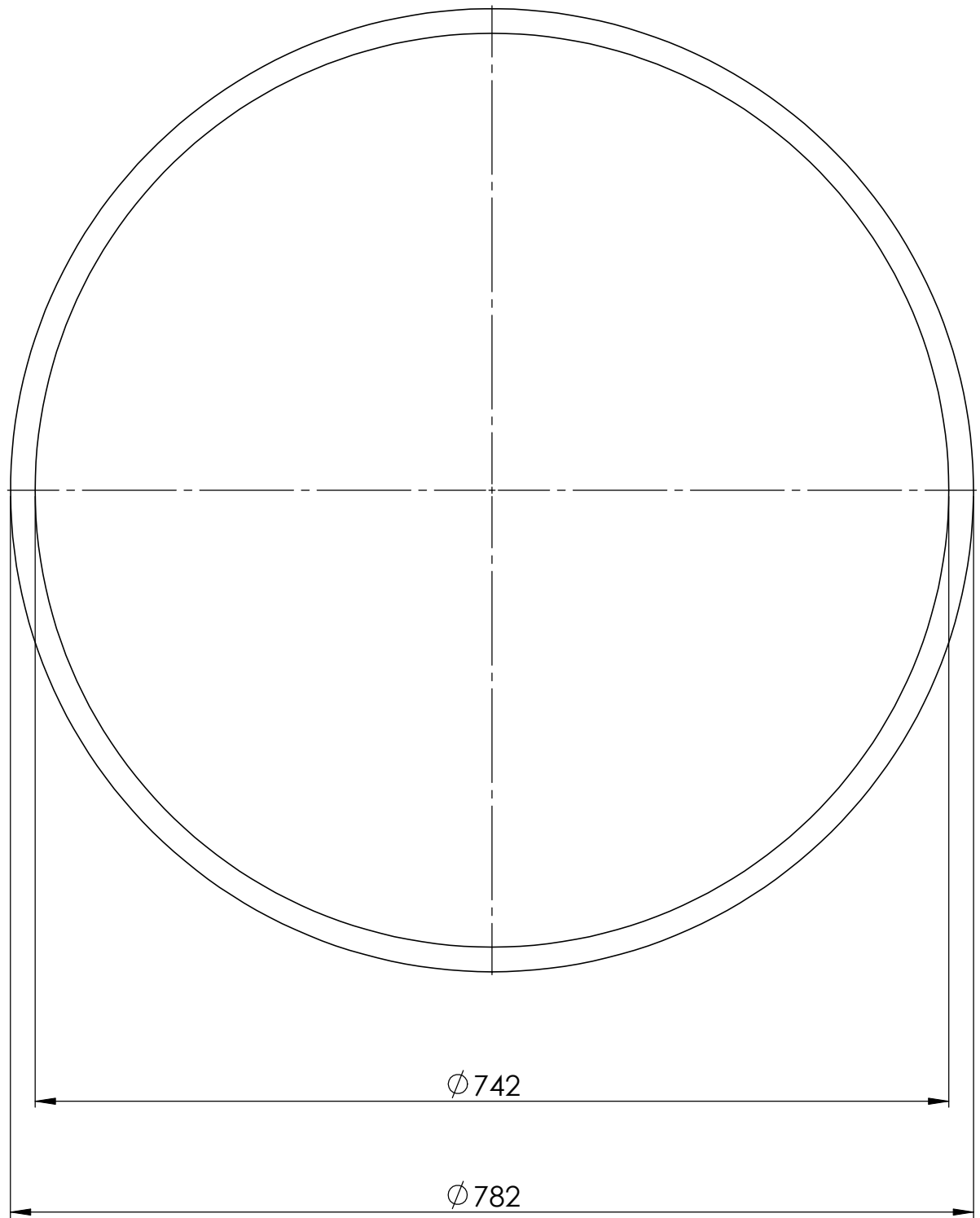


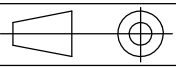
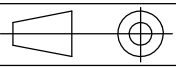
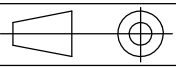
DETAIL A
SCALE 1 : 1

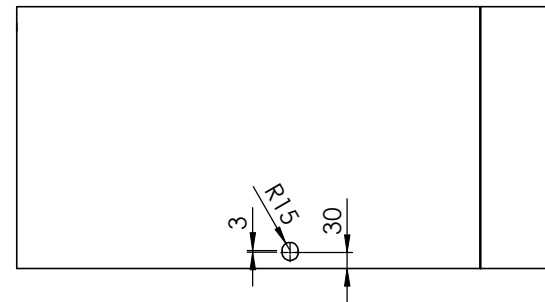
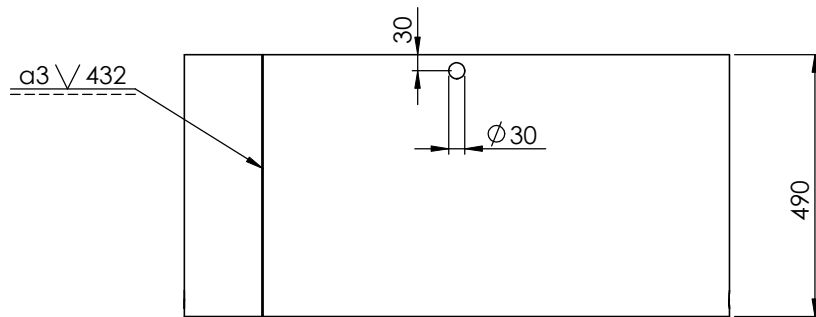
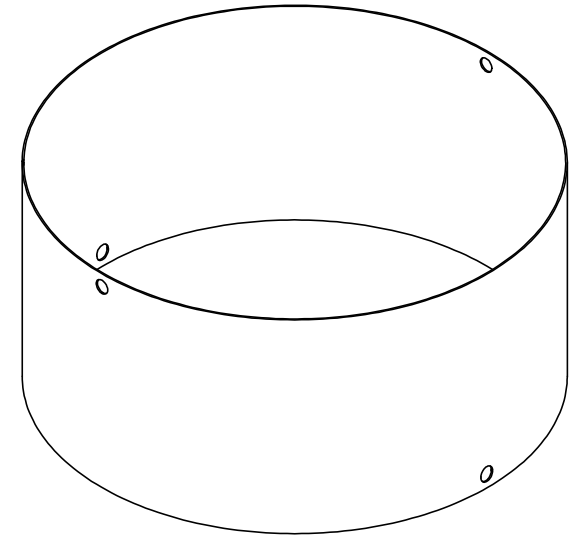
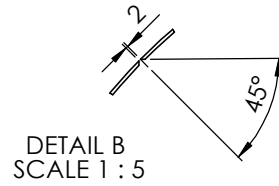
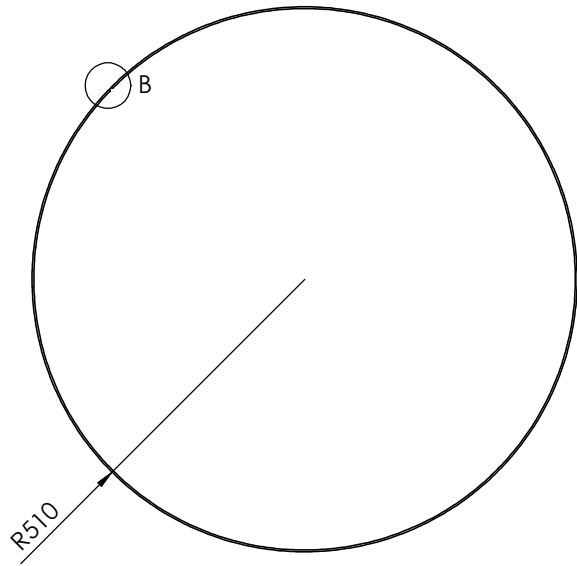


1073 x 490 x 3	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu


Työtapakohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
	Nimitys	Massa	12,4 kg
	Kuori	Päiv.	Nimi
	Pönttö	Piirt.	14.11.11 JRY
	Hapetuspumppu	Tark.	
	Piir.nro	2011017	
		Suhde: 1:5 A3	
		Revisio	

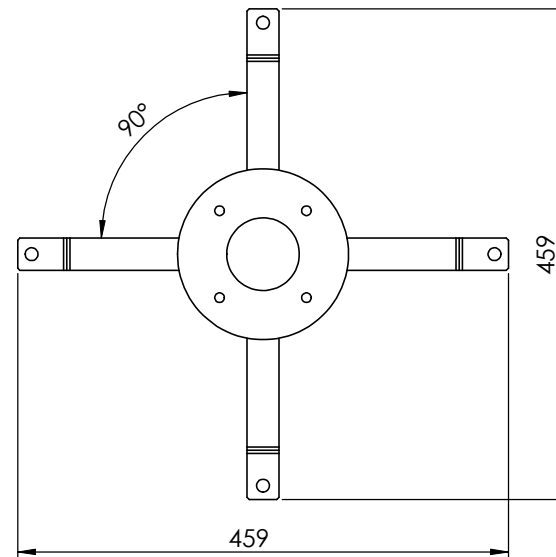
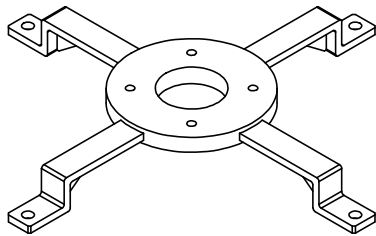
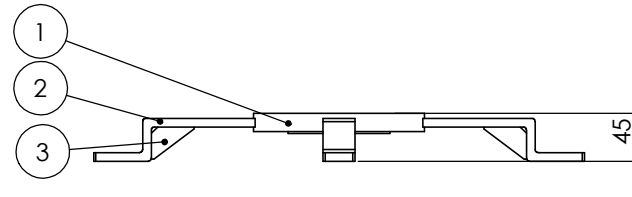
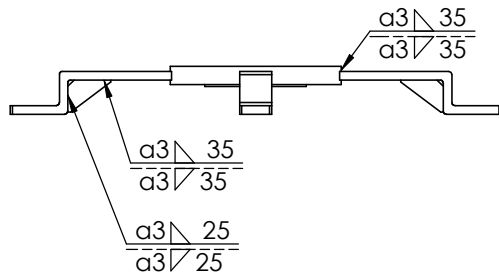


772 x 772 x 5	EN 10088-2	1.4401																			
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu																			
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C																			
	Nimitys Tukirengas Potkuri Hapetuspumppu	<table border="1"> <tr> <td>Massa</td> <td colspan="2">1,9 kg</td> <td rowspan="2">  </td> </tr> <tr> <td>Päiv.</td> <td>Nimi</td> <td>Suhde:</td> </tr> <tr> <td>Piirt.</td> <td>14.11.11</td> <td>JRY</td> <td>1:5 A4</td> </tr> <tr> <td>Tark.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Piir.nro</td> <td colspan="2">2011018</td> <td>Revisio</td> </tr> </table>	Massa	1,9 kg			Päiv.	Nimi	Suhde:	Piirt.	14.11.11	JRY	1:5 A4	Tark.				Piir.nro	2011018		Revisio
Massa	1,9 kg																				
Päiv.	Nimi	Suhde:																			
Piirt.	14.11.11	JRY	1:5 A4																		
Tark.																					
Piir.nro	2011018		Revisio																		



1598 x 432 x 3	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu

Työtapakohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A		Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
	Nimitys		Massa	 Suhde: 1:20 A3
	Ulkorunko		3,7 kg	
	Hapetuspumppu		Piirt.	6.1.2012 JRY
		Tark.		Revisio
		Piir.nro	2011019	



3	2011021	Tukilevy	4
2	2011008	Kiinnityslevy	4
1	2011007	Kiinnityslaippa	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapakohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A

Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

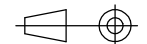
Nimitys

Kiinnityslaippa

Hapetuspumppu

Massa

3,0 kg



Päiv. Nimi

Suhde:

Piirt. 28.11.11 JRY

1:5 A3

Tark.

Piir.nro

2011020

Revisio

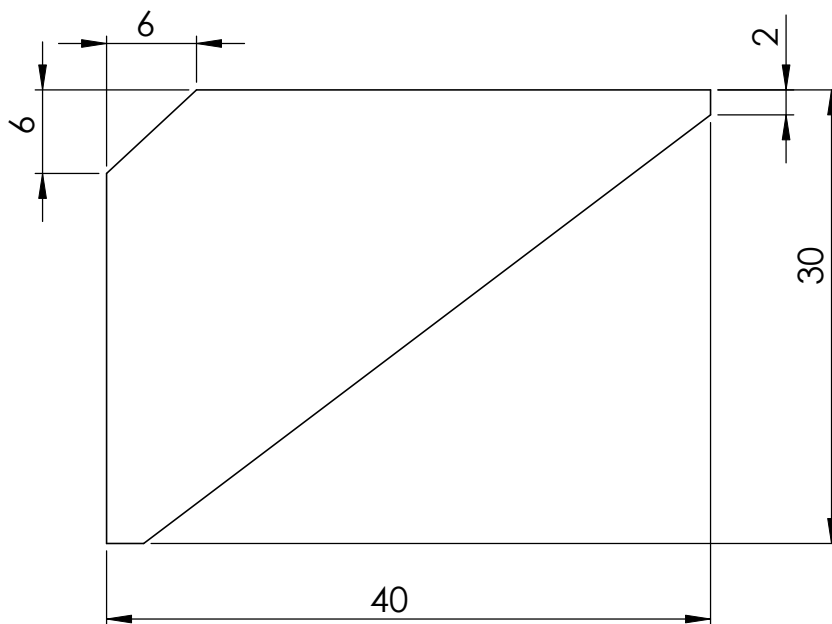
1

2

3

4

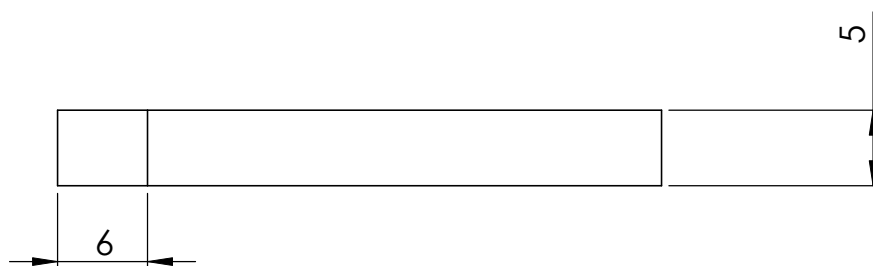
A



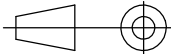
B

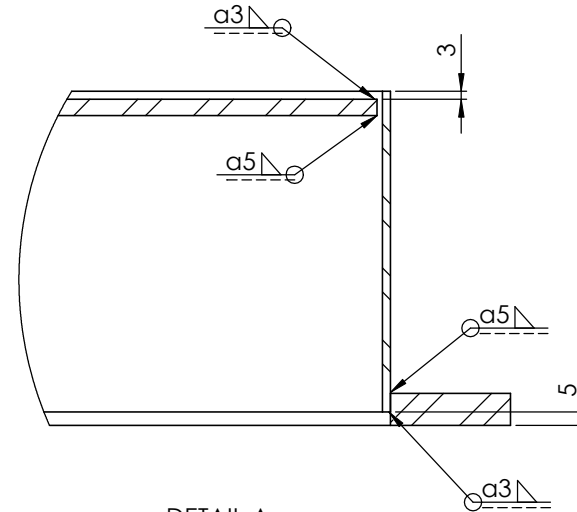
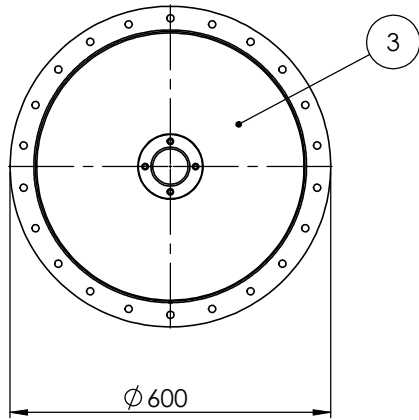
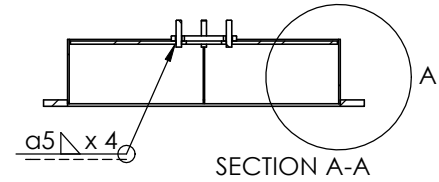
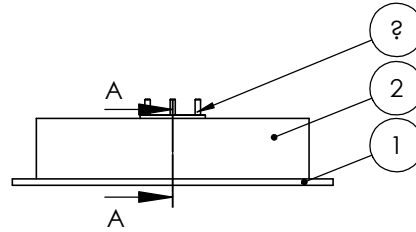
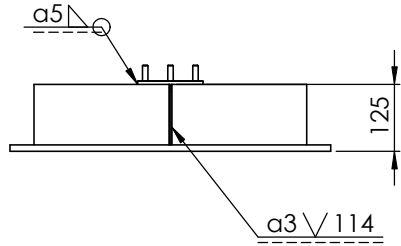
C

D

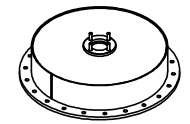


E

40 x 30 x 5	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Tukilevy Kiinnityslaippa Hapetuspumppu	Massa 
	Päiv. 28.11.11 Nimi JRY Suhde: 2:1 A4	
	Piirt. Tark. Piir.nro 2011021	Revisio



DETAIL A
SCALE 1 : 2

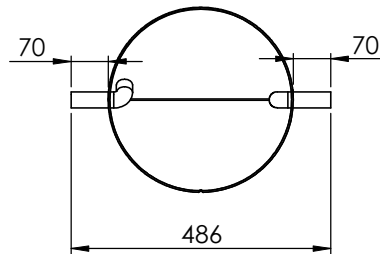
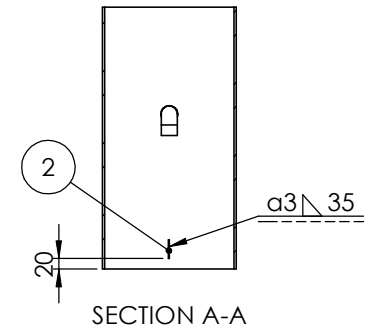
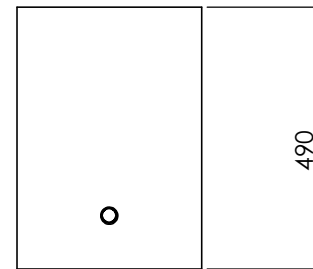
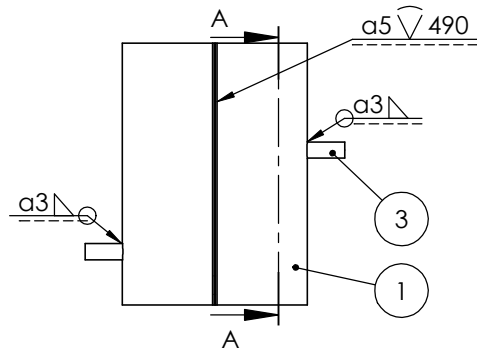
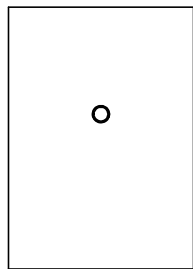


1:20

5	2011034	Vastinlevy	1
4		Kierretanko M10x50	4
3	2011005	Runko, kansi	1
2	2011004	Kansilevy	1
1	2011014	Kiinnitysrenkas	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapakohtaiset toleranssit

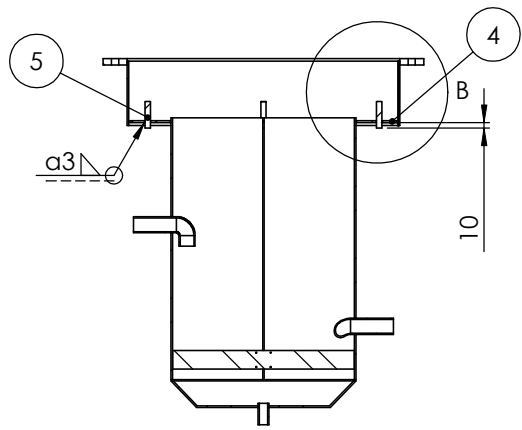
Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A		Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
Nimitys Kansi Hitsauskokoontapano Hapetuspumppu		Massa 20,7 kg	 Suhde: 1:10 A3
Piirt.	Päiv.	Nimi	
Tark.	29.11.11	JRY	Revisio
Piir.nro	2011022		



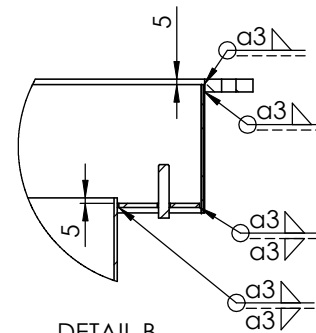
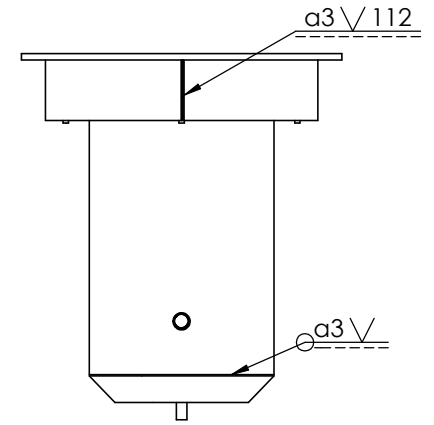
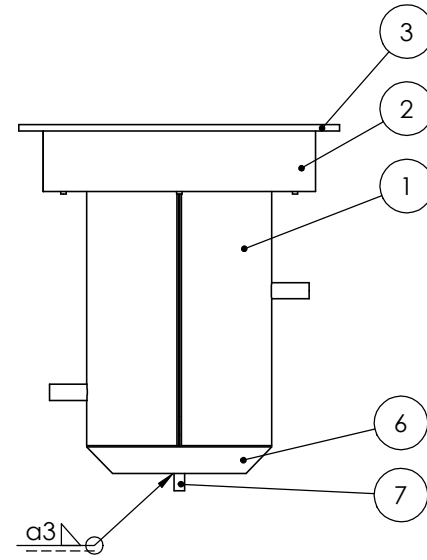
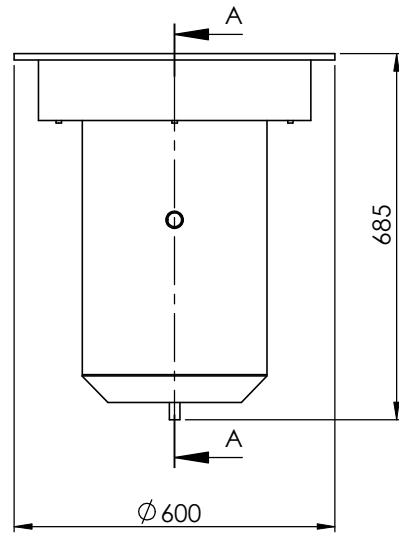
3	2011003	Ilmaputki	2
2	2011009	Kiinnike, minipumppu	1
1	2011017	Kuori, pönttö	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapakohtaiset toleranssit

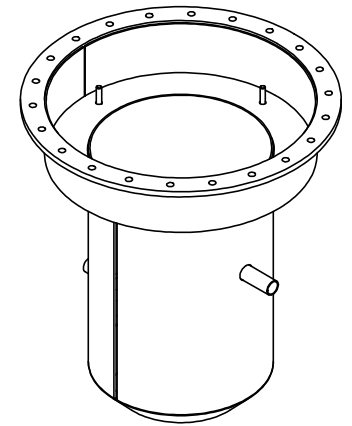
Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A		Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
Nimitys Kuori Pönttö Hapetuspumppu		Massa 12,9 kg	
Piirt.	Päiv. 29.11.11	Nimi JRY	Suhde: 1:10 A3
Tark.	Piir.nro 2011023		Revisio



SECTION A-A



DETAIL B
SCALE 1 : 5



7	2011001	AE putki	1
6	2011010	Pohja	1
5		Kierretanko M10x50	4
4	2011033	Kiinnityspohja	1
3	2011014	Kiinnitysrengas	1
2	2011005	Runko, kansi	1
1	2011023	Kuori	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapakohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A

Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

Nimitys

Pönttö

Hapetuspumppu

Massa

30,3



Päiv. Nimi Suhde:

Piirt. 29.11.11 JRY

1:10 A3

Tark.

Piir.nro

2011024

Revisio

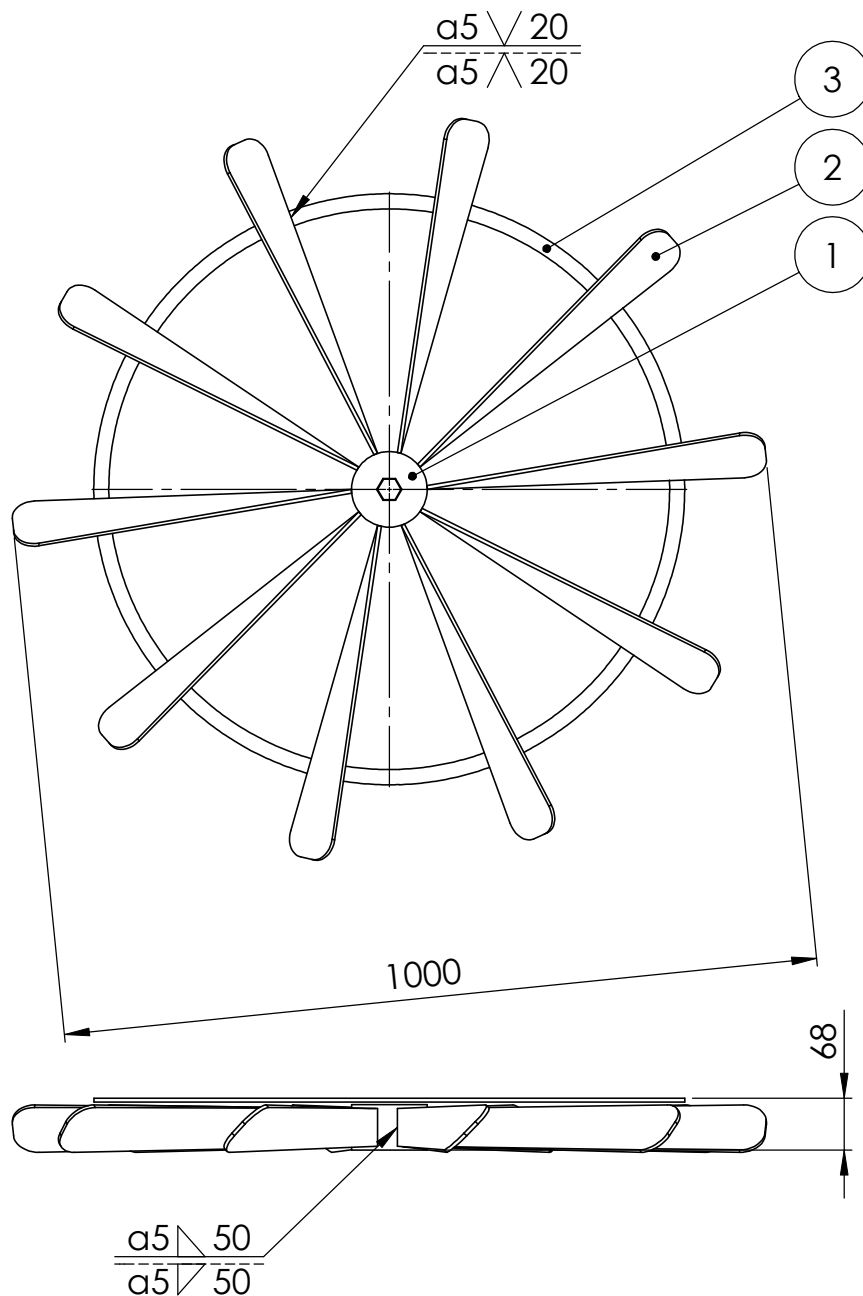
A

B

C

D

E



3	2011018	Tukirengas	1
2	2011012	Siipi	10
1	2011011	Keskiö	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapaakohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-AHitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

Nimitys

Potkuri

Hapetuspumppu

Massa

15,9 kg



Päiv.

29.11.11

Nimi

JRY

Suhde:

1:10 A4

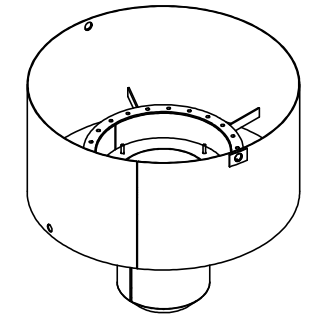
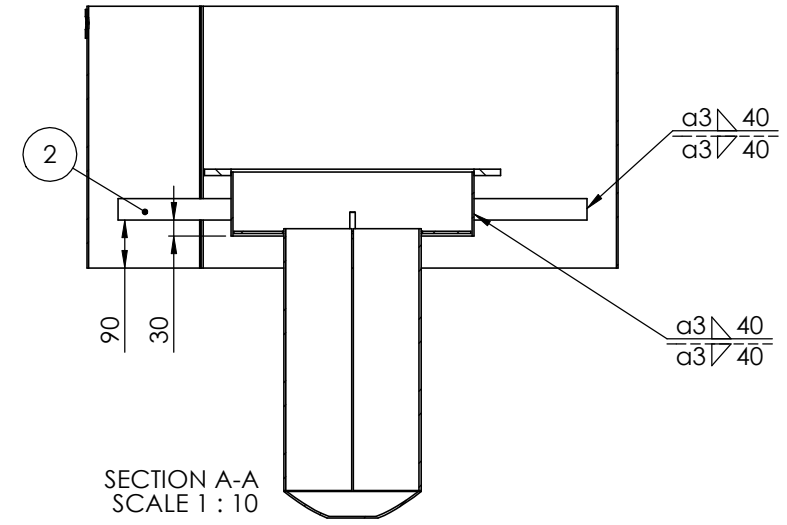
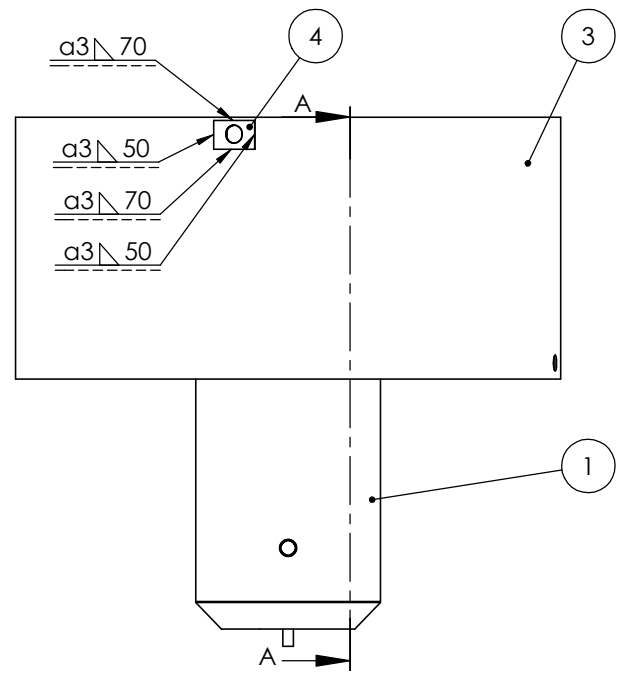
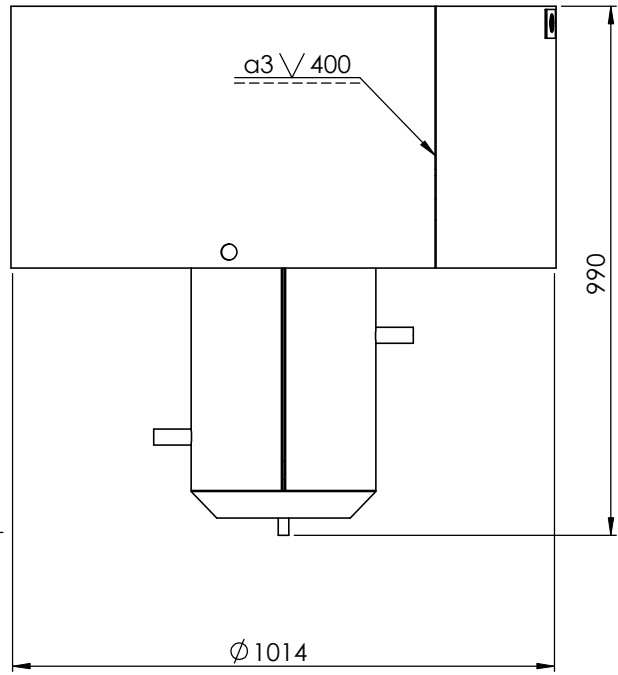
Piirt.

Tark.

Piir.nro

2011025

Revisio



(1:20)

4	2011028	Jäykiste	2
3	2011019	Ulkorunko	1
2	2011006	Kiinnike, ulkorunko	6
1	2011024	Pönttö	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapakohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A		Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
Nimitys	Massa		
Hitsauskokoontapano	69,7 kg	Suhte: 1:10 A3	
Hapetuspumppu	Päiv. 30.11.11 Nimi JRY	Tark. Piir.nro 2011026	
			Revisio

1

2

3

4

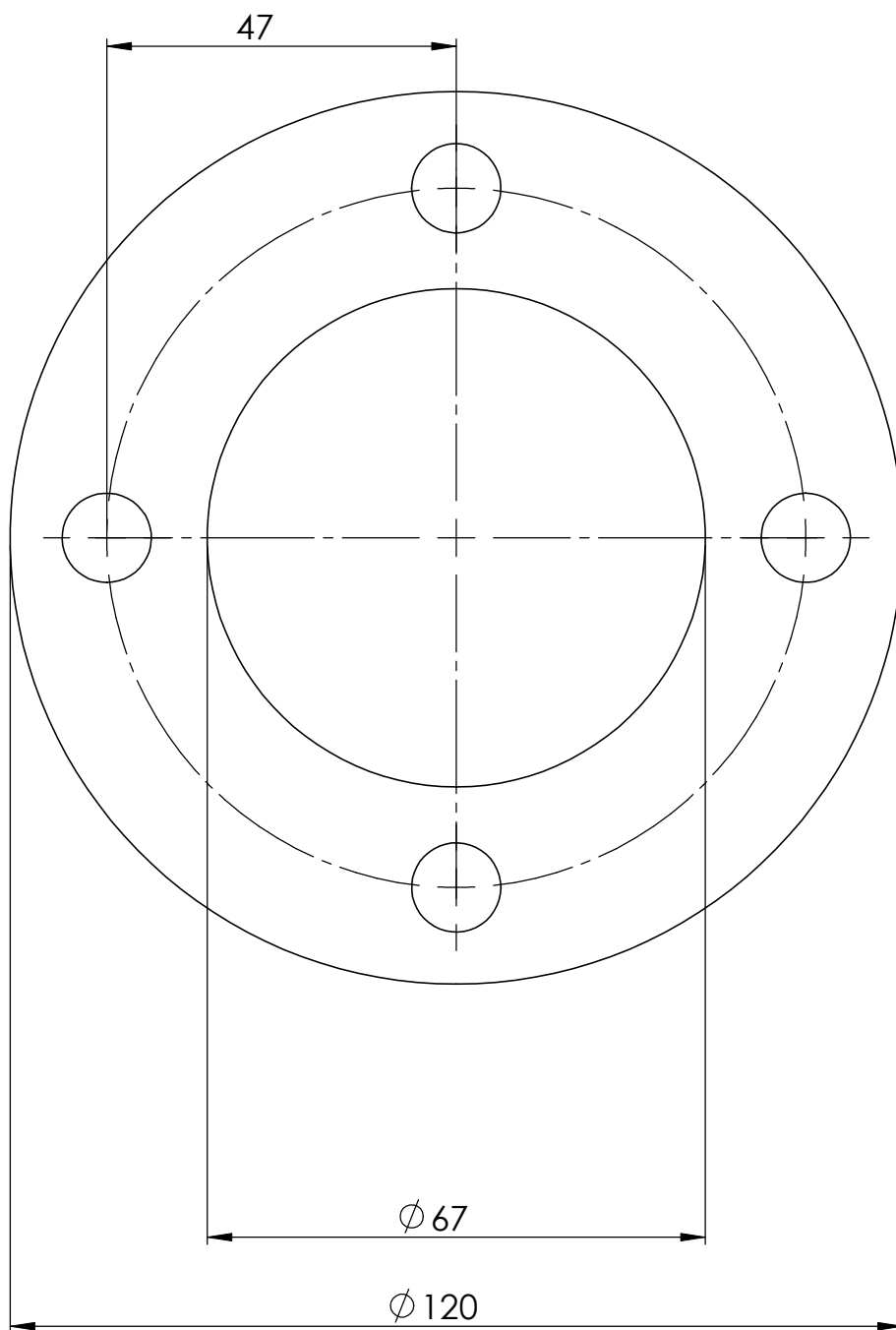
A

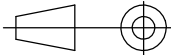
B

C

D

E



120 x 120 x 2	DIN-DVGW (Gas Industry) 93.01-e-845	Novus 30
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Tiiviste Kansi Hapetuspumppu	Massa  Suhde: 1:5 A4
		Piirt. 1.2.12 JRY Tark. Piir.nro 2011027
		Revisio

1

2

3

4

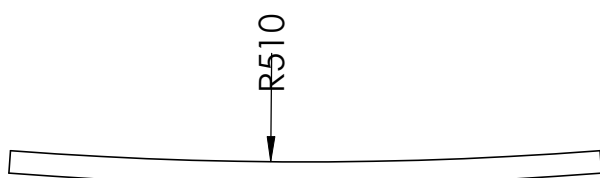
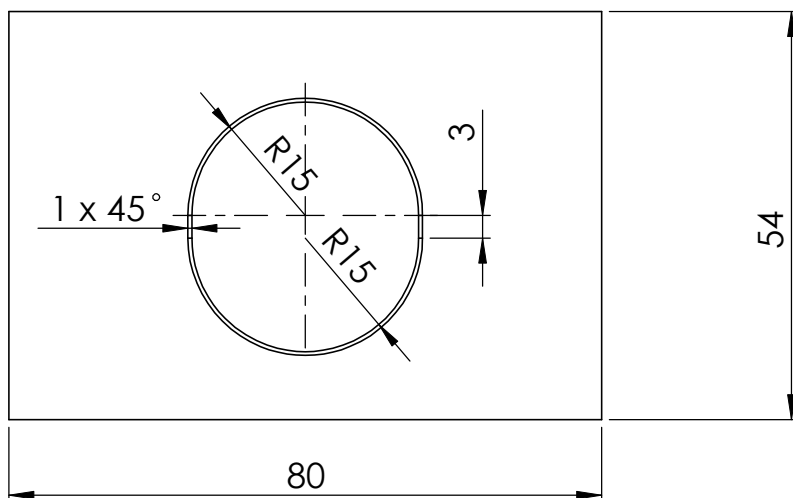
A

B

C

D

E



80 x 54 x 3	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Jäykiste Ulkorunko Hapetuspumppu	Massa  Päiv. Nimi 10.1.12 JRY Suhde: 1:1 A4
		Piirt. Tark. Piir.nro 2011028 Revisio

1

2

3

4

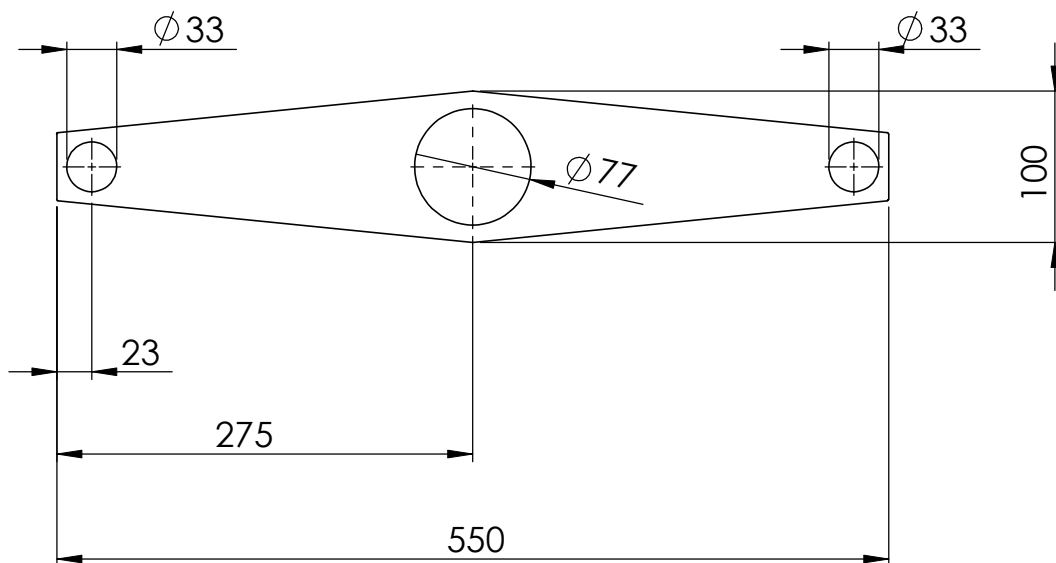
A

B

C

D

E



550 x 100 x 5

10088-2

1.4401

Muoto, malli, määrä, mitta

Standardi tai luettelo

Laatu

Työtapaikohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-AHitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

Nimitys

Kannatinlevy
 Poiju
 Hapetuspumppu

Massa



	Päiv.	Nimi	Suhde:
Piirt.	9.1.12	JRY	
Tark.			
Piir.nro	2011029		Revisio

Suhde:
 1:5 A4

2011029

Revisio

1

2

3

4

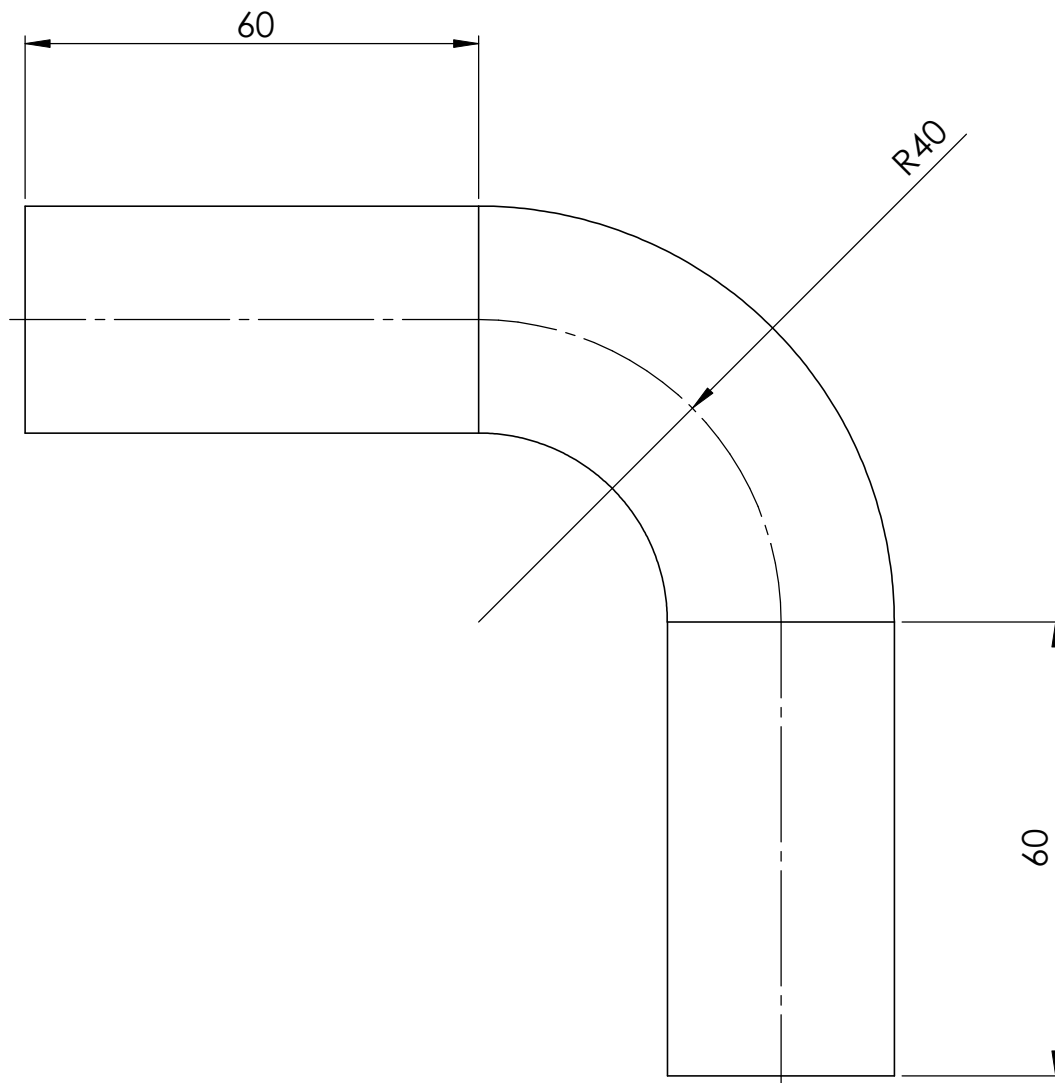
A

B

C

D

E



150 x 30 x 2

SFS-EN 10216-5

AISI 316

Muoto, malli, määrä, mitta

Standardi tai luettelo

Laatu

Työtapaikohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-AHits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

Nimitys

Ilmaputki _____
 Poiju _____
 Hapetuspumppu _____

Massa



Päiv.

Nimi

Suhde:

Piirt.

9.1.12

JRY

1:1

A4

Tark.

Piir.nro

2011030

Revisio

1

2

3

4

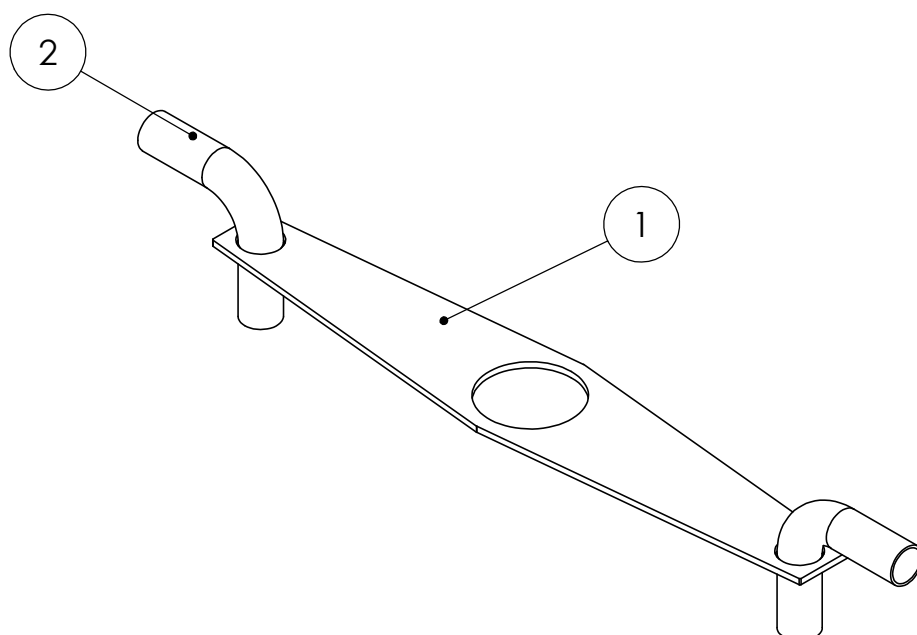
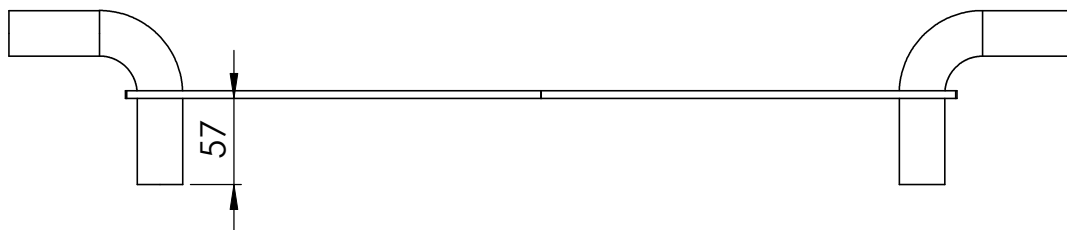
A

B

C

D

E



2	2011030	Ilmaputki	2
1	2011029	Kannatinlevy	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapaakohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-AHitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

Nimitys

Kannatinlevy
Poiju
Hapetuspumppu

Massa

1,3 kg



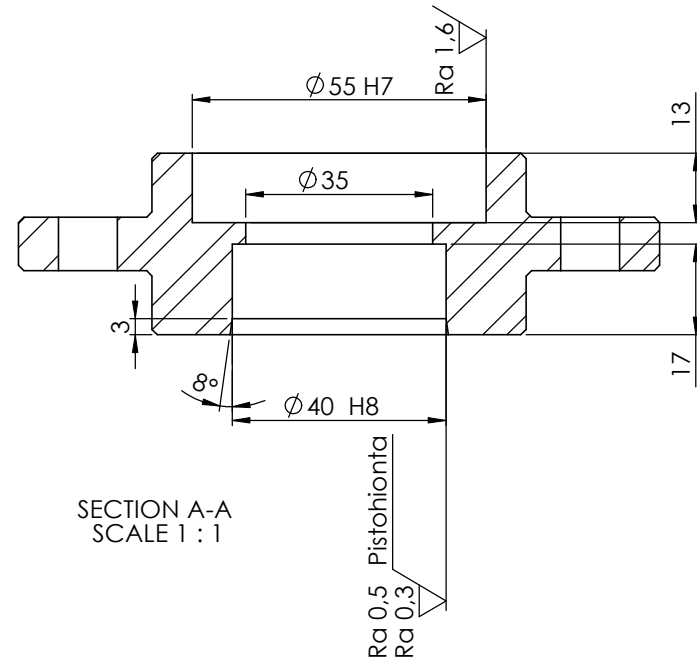
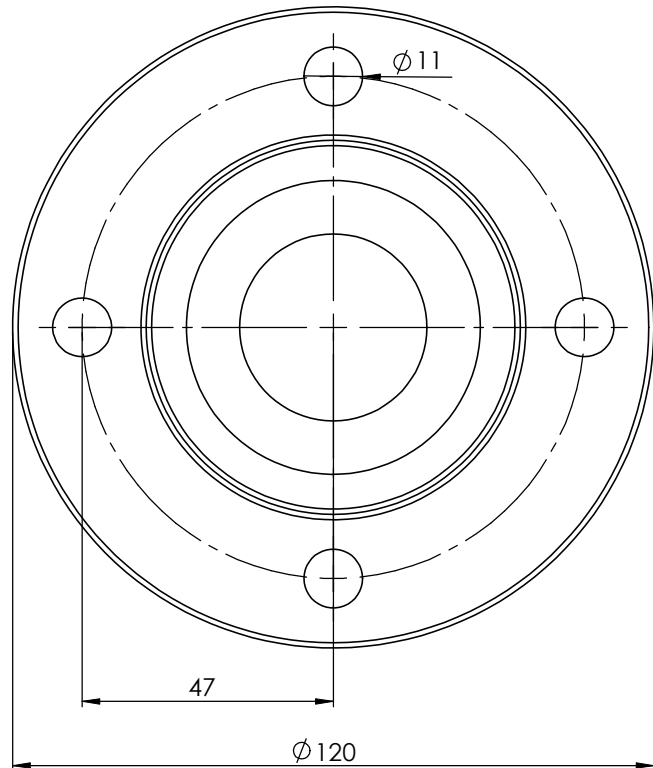
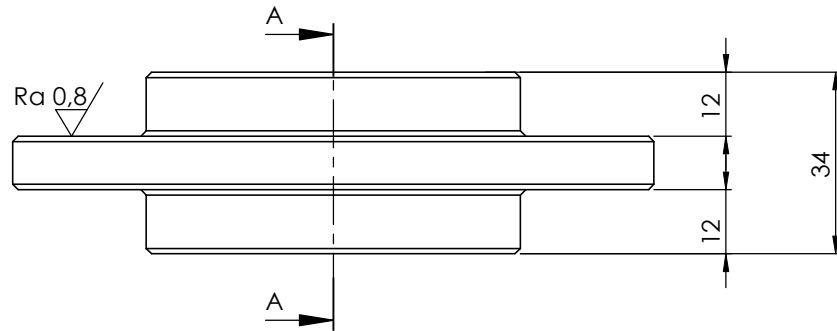
Piirt.	Päiv.	Nimi
Tark.	9.1.12	JRY
Piir.nro	2011031	

Suhde:

1:5 A4

Revisio

Viisteeet 1 x 45°



SECTION A-A
SCALE 1 : 1

Ra 6,3/ (Ra 0,5 Pistohiononta Ra 0,8/ Ra 1,6/)
Ra 0,3/

Ø120 x 34	EN 10088-3	1.4401	
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu	
Työtapakohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
Nimitys	Massa		
Laakeripesä	1,2 kg		
Kansi	Päiv.	Nimi	Suhde: 1:1 A3
Hapetuspumppu	Piirt.	JRY	
	Tark.		Revisio
	Piir.nro	2011032	

1

2

3

4

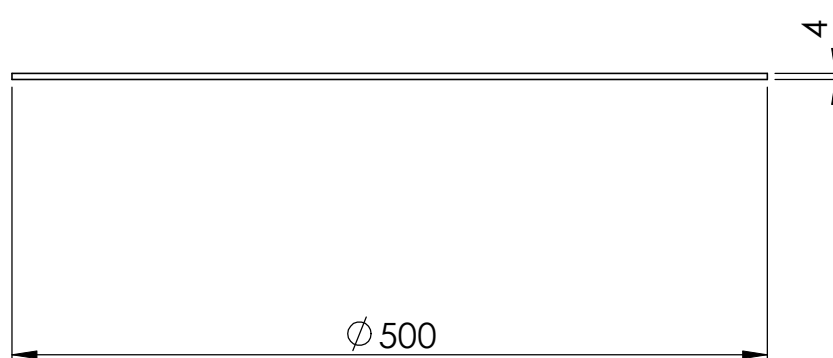
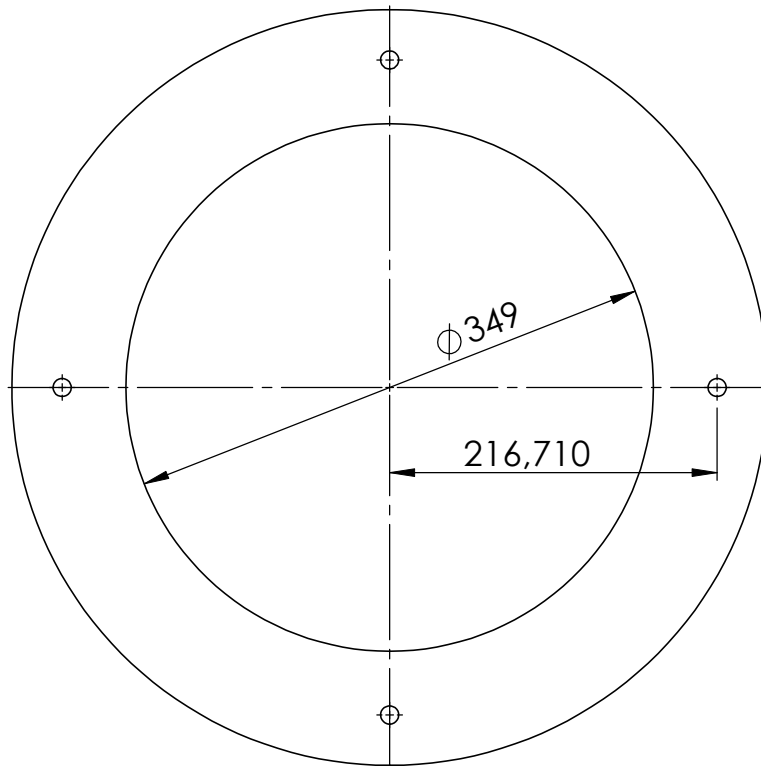
A

B

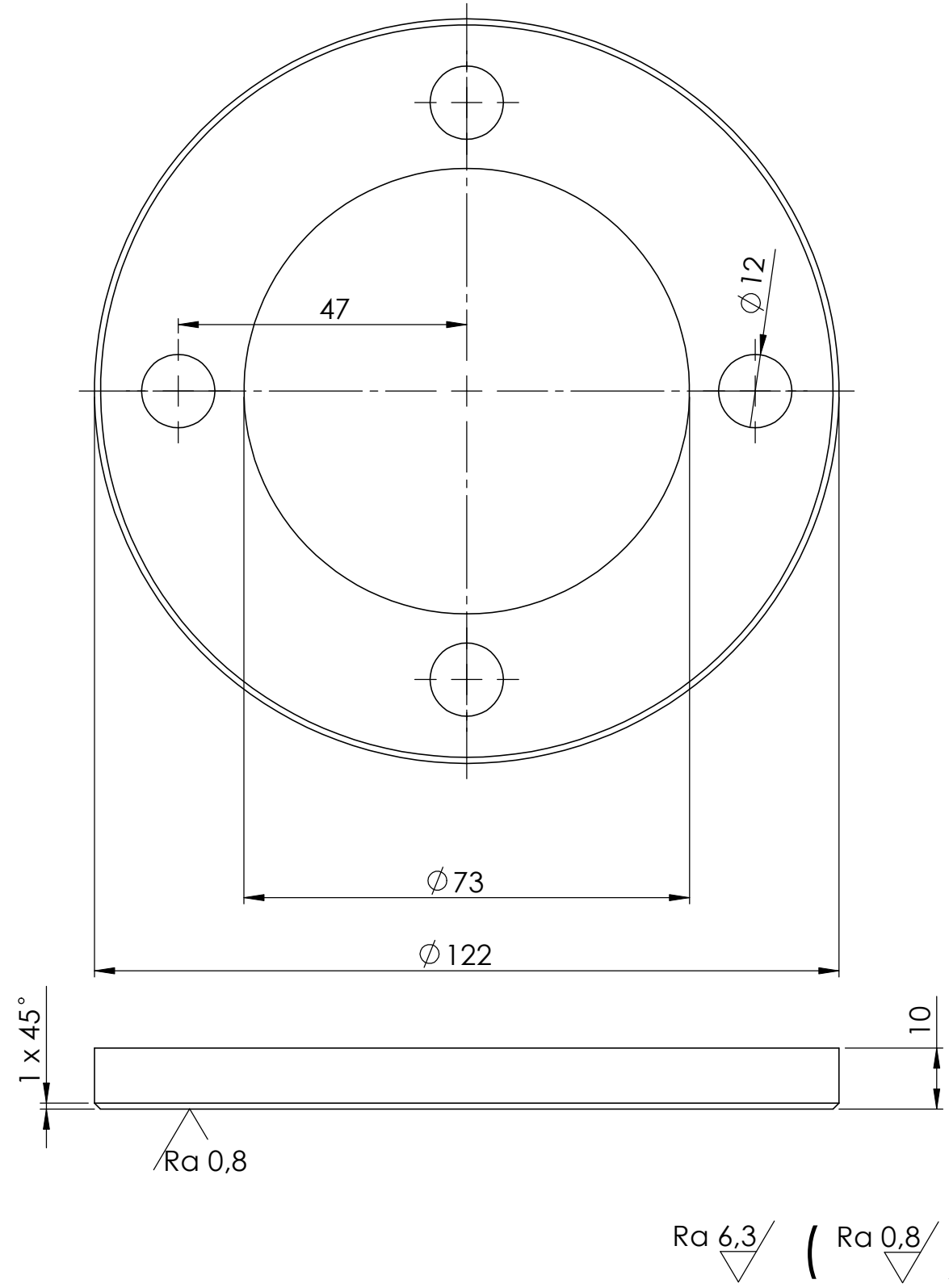
C

D

E



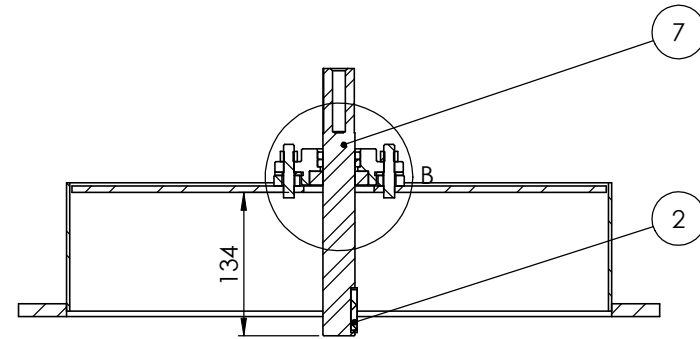
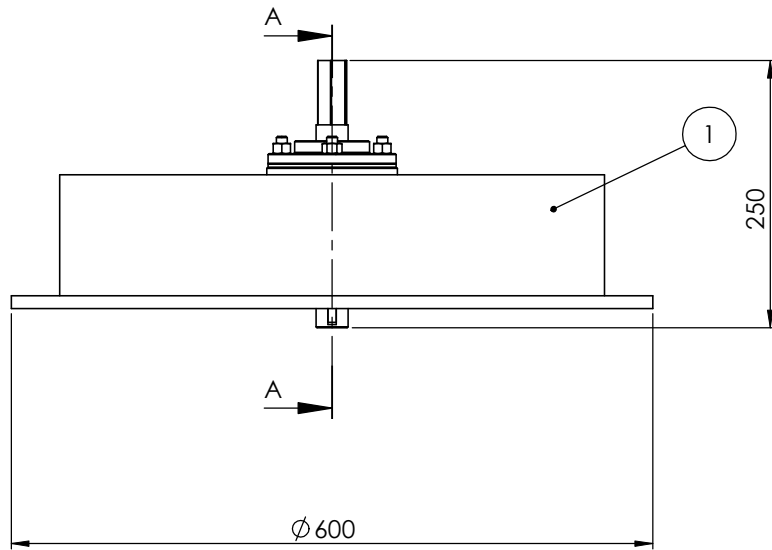
500 x 500 x 2	EN 10088-2	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu
Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
	Nimitys Kiinnityspohja Hapetuspumppu	Massa 3,2 kg
	Piirt. Tark. Piir.nro	Päiv. 2.2.12 Nimi JRY Suhde: 1:10 A4
		Revisio
		2011033



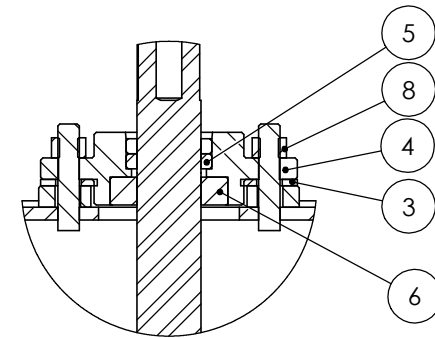
$\varnothing 125 \times 12$	EN 10088-3	1.4401
Muoto, malli, määrä, mitta	Standardi tai luettelo	Laatu

Työtapaikohtaiset toleranssit	Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A	Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C
-------------------------------	--	---

Nimitys Vastinlevy Kansi Hapetuspumppu	Massa		
	Piirt.	Päiv.	
	Tark.	3.2.12	JRY
Piir.nro	2011034		Revisio



SECTION A-A



DETAIL B
SCALE 2 : 5

8		Mutteri ISO-4034-M10-8	4
7	2011002	Akseli	1
6		Laakeri W6006 SKF	1
5		Akselitiiviste AS 30 X 40 X 7 NBR	2
4	2011032	Laakeripesä	1
3	2011027	Tiiviste	1
2		Tasakiila SFS 2636 B 40 x 8 x 6	2
1	2011022	Kansi	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapakohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A

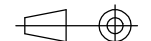
Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

Nimitys

Kansi
Kokoonpano
Hapetuspumppu

Massa

23,2 kg



Piirt.

Päiv. 2.2.2012
Nimi JRY

Suhde:

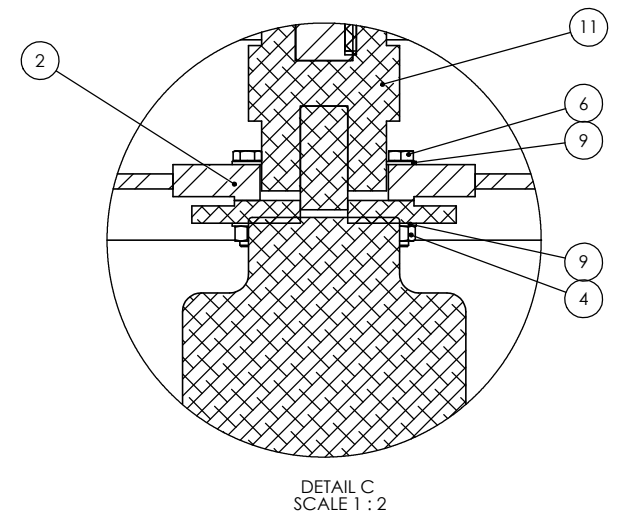
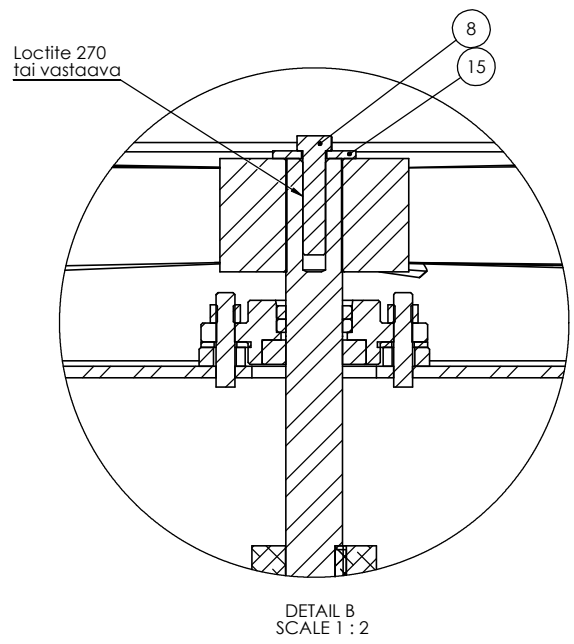
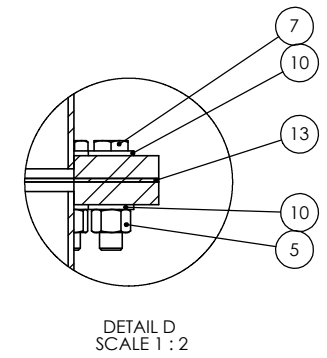
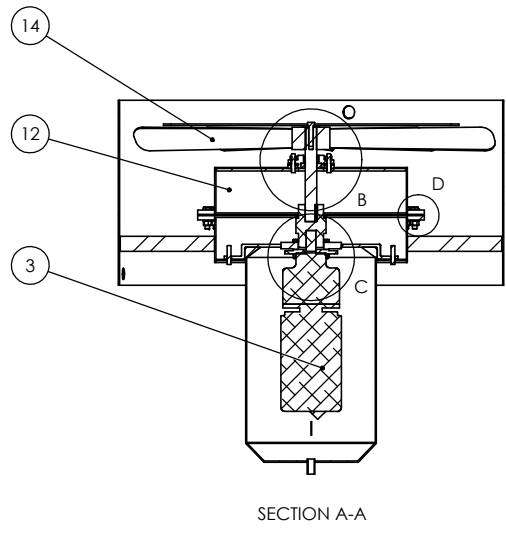
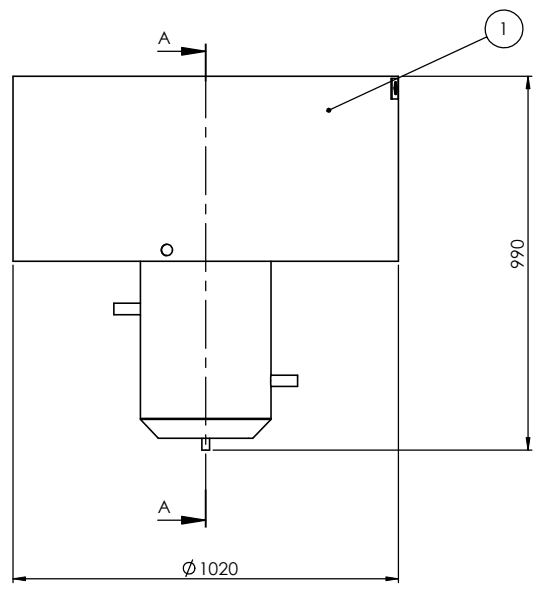
1:5 A3

Tark.

Piir.nro

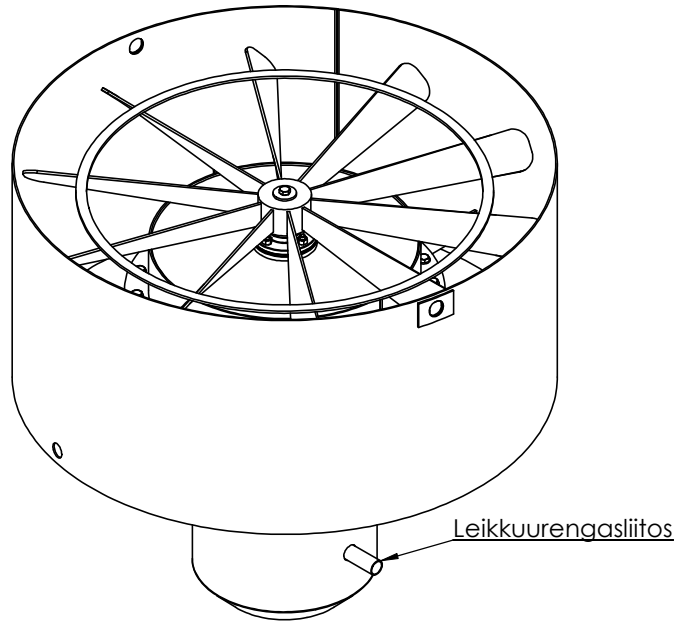
2011035

Revisio

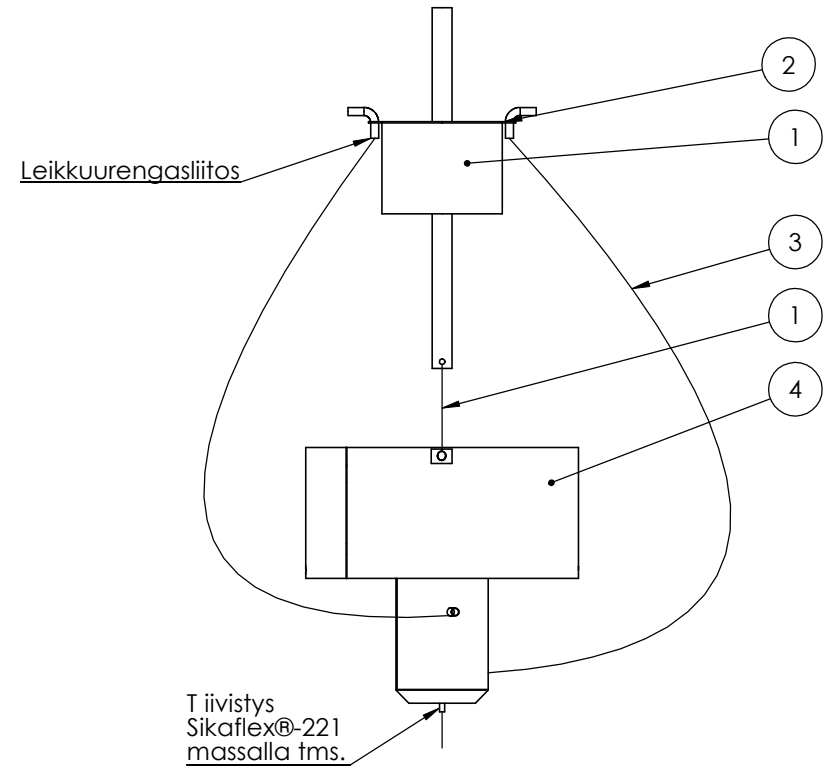


15		Aluslevy ISO 7094 - 12	1
14	2011025	Potkuri	1
13		Tiiviste novum 30	1
12	2011035	Kansi	1
11		Sakarakytkin 38/45 GG Ø 25/30 mm SKS	1
10		Aluslevy ISO 7092 - 12	44
9		Aluslevy ISO 7091 - 8	8
8		Ruuvi ISO 4018 - M12 x 55-WN	1
7		Ruuvi ISO 4018 - M12 x 50-WN	22
6		Ruuvi ISO 4018 - M8 x 45-WN	4
5		Mutteri ISO - 4034 - M12 - N	22
4		Mutteri ISO - 4034 - M8 - N	4
3		Vaihdemoottori KEB G22C DL90S4	1
2	2011020	Kiinnityslaippa	1
1	2011026	Hitsauskokoontalo	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapaakohtaiset toleranssit		Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A		Hitsirakenteet SFS-EN ISO 13920-B Hitsiluokka SFS-EN 25817 C	
Nimitys		Massa		Suhde:	
Kokoonpano		136,2 kg		1:10 A2	
Pumppu		Piirt.	Päiv.	Nimi	Suhde:
Hapetuspumppu		Tark.	3.2.12	JRY	1:10 A2
Piir.nro		2011036		Revisio	



(1:10)



5		Vaijeri/kettinki tms. ankkurointi	2
4	201 1036	Kokoonpano, pumppu	1
3		Hydrauliletku tms. vedenpitävä letku & liittimet	1
2	201 1029	Kannatinlevy, poiju	1
1		Poiju 40 L, Tuote 38-7825, Motonet.fi	1
OSA	Piirustusnumero	Nimitys	KPL

Työtapakohtaiset toleranssit

Lastuaminen SFS-EN 22768-1-m
Polttoleikkaus SFS-EN ISO 9013-A

Hits.rakenteet SFS-EN ISO 13920-B
Hitsiluokka SFS-EN 25817 C

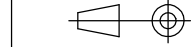
Nimitys

Kaaviokuva

Hapetuspumppu

Massa

142 kg



Piirt.

Päiv. 3.2.12

Nimi JRY

Suhde:

1:20 A3

Tark.

Piir.nro

201 1037

Revisio