



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **Syklonin keskusputken standardisointi ja tuotteistus**

Elina Juupaluoma

Opinnäytetyö  
Lokakuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys

JUUPALUOMA, ELINA:  
Syklonin keskusputken standardisointi ja tuotteistus

Opinnäytetyö 34 sivua,  
Lokakuu 2016

---

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin tuotekehitykseen ja tuotestandardisointiin sekä tuotteistukseen, tuoteperheen luomiseen ja massaräätälöintiin. Tavoitteena oli standardisoida ja tuotteistaa kiertoleijukattilan syklonin keskusputki luomalla SolidWorks-kirjastokomponentit ja valmistus-, kokoonpano- ja asennuspiirustukset. Työssä tutkittiin tuotteen standardointiin vaikuttavia rajoituksia sekä mitoituksen että taloudellisuuden näkökulmasta. Mitoituksen puolelta rajoitteena on tila, johon tuotteen tulee mahtua sekä yhteensopivuus muiden kattilakomponenttien kanssa. Taloudellisuuden näkökulmasta tarkasteltuna toteutuksen tulisi olla kustannustehokasta. Tutkimusten pohjalta suunniteltiin vakiomuotoiset kuuden eri koon kirjastokomponentit tuotteesta sekä standardipiirustukset valmistukseen ja kokoonpanoasennukseen. Standardipiirustuksia käytetään sellaisenaan eri projektien yhteydessä tilaus-, valmistus- ja asennusvaiheessa.

Työssä määriteltyjen standardipiirustusten avulla projektikohtainen suunnittelutyö ja työpiirustusten päivittäminen saadaan poistettua täysin, jolloin työkuorma siirtyy muihin projektityökokonaisuuden osa-alueisiin. Osien vakioinnin avulla uusien osien valmistus helpottuu, sillä mitoitusta ja muotoilua pyrittiin suunnittelemaan valmistuksen näkökulmasta. Myös eri kokoluokkien komponentit skaalautuvat mitoituksen perusteella selkiyttäen kokonaisuutta.

Standardipiirustuksia tehtiin yhteensä 16 kappaletta valmistusta ja asennusta varten. Piirustusten viimeistely tehtiin syksyn 2016 aikana ja ensimmäinen tuote valmistetaan standardipiirustusten perusteella vuoden 2016 aikana. Muutoksia tuotteeseen, komponentteihin tai valmistuksen ja asennuksen näyttämiseen piirustuksissa tehdään saatavan palautteen perusteella.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Product development

Juupaluoma Elina  
Standardization and Productization of Vortex Finder

Bachelor's thesis 34 pages  
October 2016

---

The purpose of this Bachelor's thesis was become familiar with product development, product standardization, productization and study product family and mass customization. This project studied how dimensioning and costs is limited to design work. Based on this studies 3D library components of vortex finder were planned and drawings for the manufacture and installation were created. Standard drawings were created to be used for every projects.

Standard drawings help the design tasks. Updating the drawing sheets and specific development tasks are eliminated completely and workforce is available in other parts of designing project. Manufacturing of the components is easier because dimensioning and designing is simpler. Different sizes scales based on dimensions and make this product totality clearer.

In this project the total number of drawing is 16. Standard drawings were completed during this autumn. The first product based on this standard drawing will be manufactured this year 2016. There will be place for modification for product, components or drawings using feedback from manufacturers.

---

Key words: standardization, productization, manufacturing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YRITYS.....	6
3	TUOTTEET.....	8
	3.1 HYBEX -kattila .....	8
	3.2 RECOX -kattila.....	9
	3.3 CYMIC-kattila .....	11
	3.3.1 Sykloni .....	14
4	SUUNNITTELUMENETELMÄT                      STANDARDISOINTITYÖN POHJANA.....	16
	4.1 Tuotteistus.....	16
	4.2 Massaräätälöinti .....	17
	4.3 Tuoteperhe ja tuotesarja.....	20
	4.4 Standardisointi .....	21
5	KESKUSPUTKEN MUOKKAUS.....	23
	5.1 Työn lähtökohdat .....	24
	5.2 Keskusputken kartio .....	25
	5.3 Keskusputken suojalevyt .....	27
	5.4 Materiaali ja kokoonpano .....	29
	5.5 Valmistus- ja asennuspiirustukset.....	31
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	33
	LÄHTEET.....	34

## 1 JOHDANTO

Suunnittelutyön tärkeimpiä ominaisuuksia ovat tehokkuus sekä virheiden minimointi. Suunnittelutyön tehokkuudella tarkoitetaan sen suorituskykyä suhteessa käytettävissä olevaan henkilöstöressurssien määrään. Suunnittelutyöhön vaikuttavat useat eri tekijät, mutta standardisoinnin ja tuotteistuksen avulla voidaan kasvattaa työn tehokkuutta sekä minimoida virheitä. Standardipiiirustusten tarkoituksena on taata tasalaatuinen sekä nopeasti toimitettava suunnitelma tuotteen valmistajalle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on standardisoida ja tuotteistaa Valmetin tuoteryhmään kuuluvan CYMIC-kiertoleijukattilan syklonin keskusputki, tehdä vakioidut kirjastokomponentit keskusputken osista sekä CAD -piirustukset valmistusta ja asennusta varten. Keskusputken mallinnus sekä valmistus- ja asennuspiirustukset tehdään käyttämällä SolidWorks 3D CAD -ohjelmistoa.

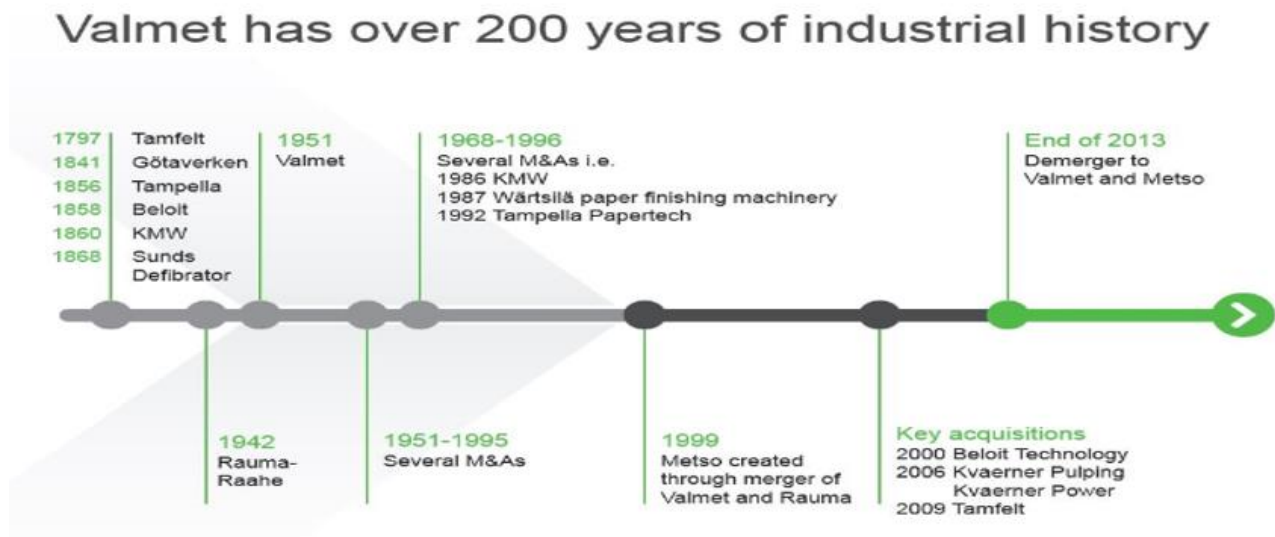
Päämääränä oli etsiä standardisointimahdollisuuksia yksinkertaistamaan ja yhtenäistämään eri keskusputkikokojen valmistusta sekä luoda standardimuotoiset piirustukset keskusputken valmistusta, kokoonpanoa ja asennusta varten. Aiemmin syklonin keskusputken valmistus-, kokoonpano- ja asennuspiirustukset on suunniteltu erikseen jokaista projektia varten, mutta standardipiiirustuksia voidaan käyttää kaikissa projekteissa sellaisenaan.

Standardisointityön pohjana hyödynnettiin massaräätälöintimenetelmää ja tuoteperheajattelumallia. Suurin osa työstä koostui 3D-mallin ja standardipiiirustusten luomisesta kuudelle erikokoiselle keskusputkelle sisältäen osien vakioinnin. Työn alussa syntyi ajatus keskusputken tuotekehityksestä, jolloin tuotteen kustannustehokkuus kasvaisi. Tuotteistuksen ja standardisoinnin tavoitteena tässä työssä on, että tuotteesta saataisiin vakio-  
muotoiseksi määritelty tuote, jota on helppo markkinoida sellaisenaan. Näin säästettäisiin aikaa, saataisiin varmistettua keskusputken tasalaatuisuus sekä kustannustehokkuus tulevaisuudessa, kun tuote on täysin määritelty.

## 2 YRITYS

Valmet on yksi suurimmista kansainvälisistä sellu-, paperi-, energia- ja automaatioteollisuuden teknologia- ja palvelutoimittajista. Valmetin tärkeimmät tuote- ja palveluvalikot koostuvat sellutehtaista, pehmopaperin-, kartongin- ja paperinvalmistuslinjoista sekä bioenergiaa tuottavista voimalaitoksista. Valmetin automaatiopuolen ratkaisut sisältävät yksittäisiä mittauksia sekä suurempia koko tehtaan kattavia automaatioprojekteja. Valmet toimii viidellä maantieteellisellä alueella; Pohjois-Amerikassa, Etelä-Amerikassa, EMEA-alueella (Eurooppa, Lähi-Itä ja Afrikka), Aasian ja Tyynenmeren alueella sekä Kiinassa. Päämarkkinat sijaitsevat tällä hetkellä Pohjoismaissa sekä muualla Euroopassa, Lähi-Idässä ja Afrikassa. (Valmet, 2016)

Valmetilla on yli 200 vuoden kokemus teollisuudesta. Kuviossa 1 on yhtiön historia kuvattuna aikajanalla (Valmet, 2016). Valmet on syntynyt uudelleen vuoden 2013 lopulla, kun sellu-, paperi- ja voimantuotantoliiketoiminta irtautui Metso Oyj:stä. Vuonna 2015 yhtiön liikevaihto oli 2,9 miljardia euroa. (Valmet, 2016)



KUVIO 1. Valmetin historia (Valmetin kotisivut, 2016)

Tällä hetkellä Valmetilla on noin 12 000 työntekijää ympäri maailman, 33:ssa eri maassa. Suomessa toimintaa on usealla eri paikkakunnalla ja yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa. Tampereella sijaitsee Valmetin toimipisteistä Valmet Technologies Oy, joka on jakautunut neljään eri liiketoimintalinjaan; palvelut-, automaatio-, sellu- ja energia- sekä

paperit -linjaan. Sellu- ja energialiiketoiminta tarjoaa teknologiaa sekä automaatio- ja palveluratkaisuja sellun- ja energiantuottamisen. Energia- ja ympäristötarjontaan kuuluvat leijukattilat, kaasuttimet, voimalaitokset, integroitu pyrolyysi, ympäristönsuojelujärjestelmät sekä monipuoliset elinkaaripalvelut. Lisäksi Valmet kehittää uusia teknologioita edistämään biomassan hyödyntämistä. (Valmet, 2016)

### 3 TUOTTEET

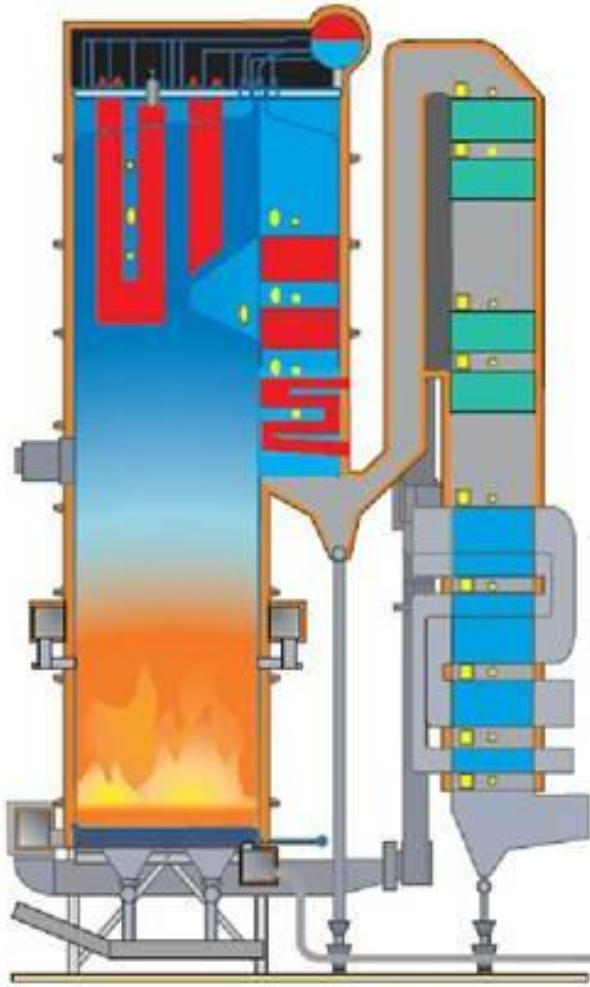
Valmet Technologiesin Energia -liiketoimintaan kuuluvalla painerunko-osastolla suunnitellaan paineenalaisia komponentteja Valmetin HYBEX-, CYMIC- ja RECOX -höyrykattiloihin. Höyrykattiloiden pääasiallinen tehtävä on tuottaa höyryä, joka hyödynnetään energiantuotantoon.

#### 3.1 HYBEX -kattila

HYBEX-kattila on Valmetin tuotenimi BFB- eli leijupetikattilalle (bubbling fluidized bed). HYBEX-kattila perustuu Hydro Beam -arinapohjalle, joka mahdollistaa epäpuhauksien ja karkean materiaalin tehokkaan ja luotettavan poistamisen tulipesän pohjalta. BFB -kattilalla tuotetaan höyryä käyttämällä bio- ja jätepolttoaineita sekä teollisuuden sivutuotteita kuten puuhaketta, turvetta, prosessijätettä sekä fossiilisia polttoaineita. BFB -kattilan suurimmat hyödyt ovat, että siinä voidaan käyttää laajasti erilaisia polttoainevaihtoehtoja, kattilalla on hyvä hyötysuhde ja sen huollontarve on vähäinen. Tuotettu höyry muutetaan energiaksi, jota hyödynnetään sähkön- ja lämmöntuotantoon. (Valmet Academy, 2016)

BFB -kattilan pääkomponentit ovat tulipesä, keittopinta, tulistin, ekonomaiseri ja joissakin kattilamalleissa tuottava pinta. Kuvassa 1 on esitetty BFB-kattilan rakenne (Valmet Academy, 2016). BFB -kattilan toiminta perustuu hiekka-polttoainepedin leijuttamiseen ilman avulla. Petimateriaali koostuu hiekasta, poltettavasta aineesta sekä tuhkasta. Kuuma hiekka sekä kiinteä polttoaine sekoitetaan tulipesän alaosassa ja se muodostaa noin puolen metrin korkuisen hiekkakerroksen. Ilmaa puhaltamalla seos alkaa kuplia. Hiekka lämmitetään noin 400 °C lämpöiseksi ja polttoainetta syötetään tulipesään leijutetulle pedille, jolloin se syttyy korkean lämpötilan vuoksi. Lämmön vaikutuksesta tulipesän seinissä oleva vesi alkaa kiehua, jolloin muodostuu vesihöyryä. Palamisreaktion tehostamiseksi tulipesän ylempiin osiin syötetään ilmaa, jolloin lämpötila tulipesässä kohoaa yli 800 °C. Tulistettu höyry kulkeutuu höyryputkia pitkin höyryturbiinille, jossa höyryyn sitoutunut energia muunnetaan mekaaniseksi energiaksi turbiinin avulla. Kattilan tehoalue on 10 – 400 MW. (Valmet Academy, 2016)





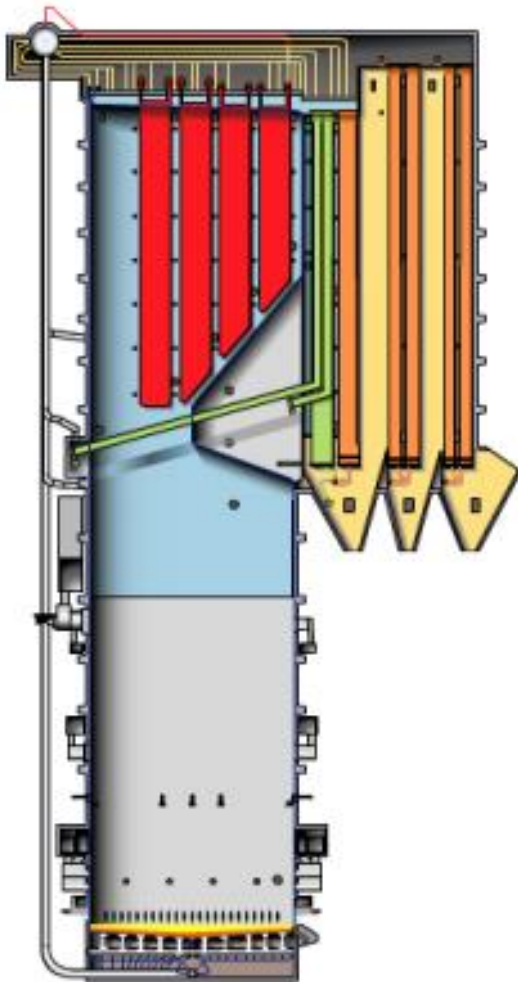
KUVA 1. HYBEX-kattilan rakenne (Valmet Academy, 2016)

### 3.2 RECOX -kattila

RECOX-kattila on Valmetin tuotenimi soodakattilalle, jota käytetään ensisijaisesti kemikaalien talteenottoon ja toissijaisesti höyryn tuotantoon. Tuotteen nimi pohjautuu englanninkielisestä sanasta recovery eli talteenotto. Soodakattiloita käytetään sellutehtaiden yhteydessä, sillä niissä poltetaan mustalipeää, jota saadaan sellunkeitosta. Sellunvalmistuksessa sulfaattimenetelmällä syntyy valkolipeää, joka on natriumhydroksidin ja natriumsulfidin seos. Kun puusta liukeneva orgaaninen aine ja puukuituja sitova ligniini liukenevat valkolipeään, syntyy mustalipeää. Mustalipeä poistetaan sellunkeiton jälkeen ja johdetaan haihduttamoon. Haihduttaessa mustalipeän kuiva-ainepitoisuus nousee, jolloin syntyy vahvalipeää. Vahvalipeä syötetään soodakattilaan, jolloin mustalipeän sisältämä

orgaaninen aines palaa. Palamisen jäljiltä jäänyt epäorgaaninen ja palamaton tuhkaan sekoittunut aines johdetaan liuotinsäiliöön ja lisäprosessoinnin jälkeen saatu vihreälipeä johdetaan takaisin sellunvalmistusprosessiin. (Valmet Academy, 2016)

RECOX -kattilan rakenne on erilainen kuin voimakattiloiden rakenne. Kattilan rakenne on esitetty kuvassa 2 (Valmet Academy, 2016). Soodakattila eroaa leijukattiloista siinä, että soodakattilassa polttoainetta ei leijuteta vaan se poltetaan kasassa tulipesän pohjalla. Soodakattilassa ei ole myöskään palkkiarinapohjaa. (Valmet Academy, 2016)



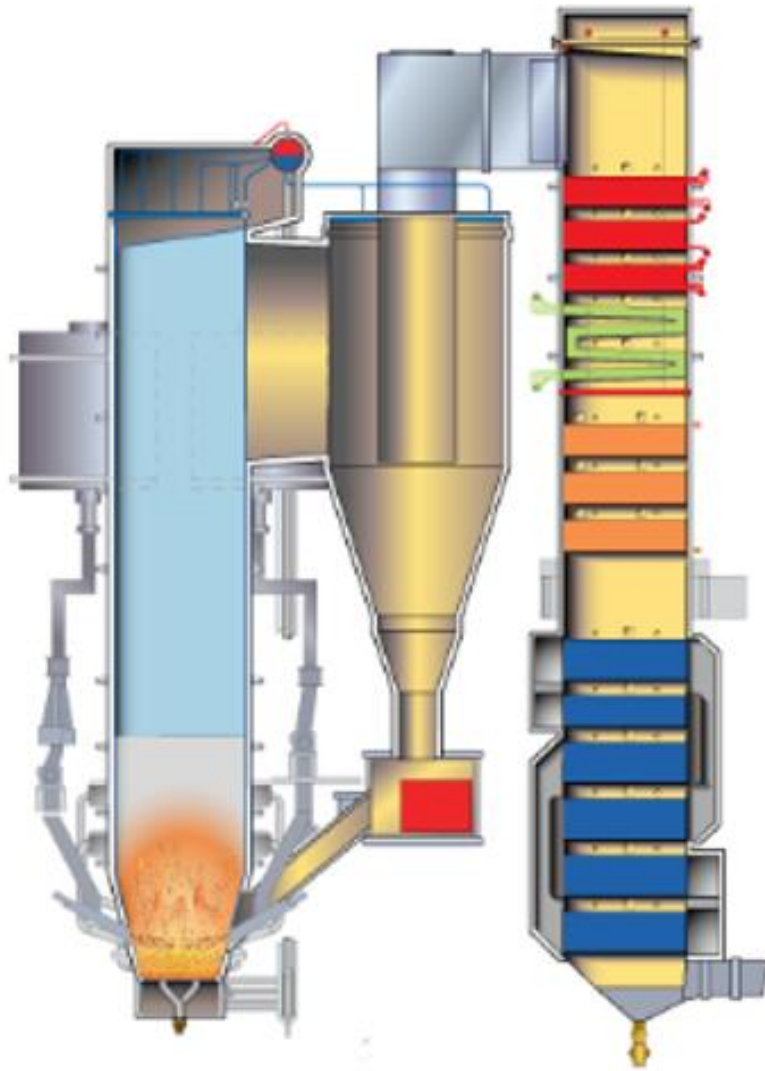
KUVA 2. RECOX-kattilan rakenne (Valmet Academy, 2016)

### 3.3 CYMIC-kattila

Energiantuotantoon suunniteltu CYMIC-kiertoleijukattila on Valmetin tuotenimi CFB – eli kiertoleijukattiloille (circulating fluidized bed). CFB -kattilalla voidaan polttaa useita erilaisia polttoaineita, kuten hiiltä, biomassaa ja erilaisia seoksia. CFB -kattilan polttoainevalikoima on BFB -kattilaa laajempi. Tulipesässä voidaan polttaa myös kosteita materiaaleja sekä hiiltä korkealla hyötysuhteella. Poltettaessa syntyy kemiallisia reaktioita, joiden ansiosta jäte palaa tehokkaammin. CFB -kattilalla saadaan tuotettua prosessihöyryn avulla lämpöä ja sähköä kuten BFB -kattilallakin, mutta toimintaperiaate on erilainen. Kiertoleijukattilassa petimateriaali leijuu yhdessä savukaasun kanssa tulipesän läpi. CFB -kattiloiden tehokkuus vaihtelee koon mukaan 50-1200 MW<sub>th</sub>:n välillä. (Valmet Academy, 2016)

CFB -kattilassa pedin leijutusnopeus on 1,5-3 -kertainen verrattuna BFB -kattilaan. Suuremman leijutusnopeuden ansiosta polttoaineen sekoittuminen on tehokkaampaa. Hyvä sekoitussuhde on tärkeää kattilalle, jotta polttoaineet voidaan polttaa mahdollisimman tehokkaasti. (Valmet Academy, 2016)

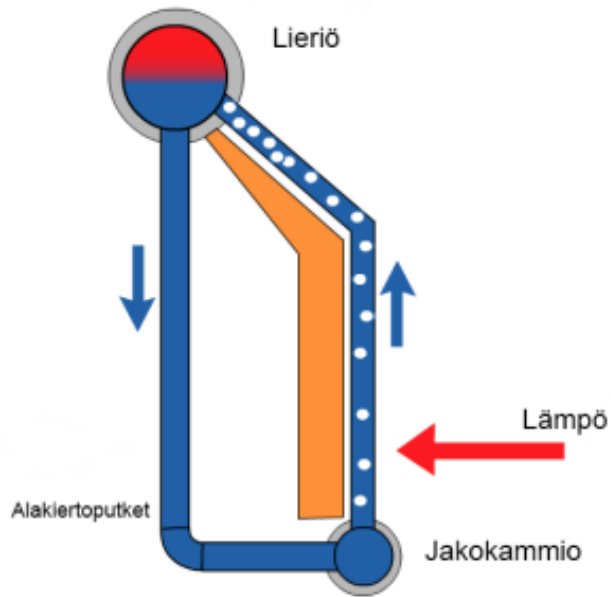
CFB -kattila koostuu kolmesta eri pääkomponentista; tulipesästä, syklonista ja hiekkalukosta, jotka muodostavat yhdessä kuumen silmukan. CFB-kattilan rakenne on esitetty kuvassa 3 (Valmet Academy, 2016). Kiertoleijukattilan pääominaisuus on kiintoainekierto kuumassa silmukassa. Vahva kiintoainekierto takaa tehokkaan lämmönsiirron, tasaisen lämpötilaprofiilin sekä hyvän sekoitussuhteen. Nämä tekijät edesauttavat päästöjen sekä palamattomien osien määrän vähentymistä. Kattilan hyvän suorituskyvyn edellytys on vahvan kiintoainekierron ylläpito. Kiertomateriaali on yleensä tuhkaa, rikinsidonnan tuotteita sekä petimateriaalia eli hiekkää. Fossiilisten polttoaineiden käytössä kaksi ensimmäistä ovat tärkeämpiä, kun taas biopolttoaineiden palamisessa petimateriaali on pääasemassa. Partikkelikoko, joka pysyy kierrossa, riippuu petimateriaalin tekijöistä, asetuksesta, syklonin tehokkuudesta sekä pohjan tuhkapäästöistä. (Valmet Academy, 2016)



KUVA 3. CYMIC-kiertoleijukattila (Valmet Academy, 2016)

Tulistettu höyry korvataan syöttövedellä kattilan ekonomaiserin kautta lieriölle. Ekonomaiserit ottavat lämpöenergiaa savukaasuista lämmittäen syöttöveden, joka kulkeutuu lieriöstä laskuputkien kautta jakokammioon jakaantuen tulipesän, hiekkalukon ja syklonin seinäputkiin. Höyryä muodostuu seinäputkissa tulipesän ja hiekkalukon pohjan yläpuolelta aina lieriölle asti sekä myös syklonin ja hiekkalukon seinäputkissa. (Valmet Academy, 2016)

Tulipesän, syklonin ja hiekkalukon seinämissä kulkee jäähdyttävä vesi, joka lämpenee polttoprosessin aikana. Seiniä jäähdytetään luonnollisen kierron avulla, joka syntyy vesi-höyrysekoituksen ja veden tiheyseron ansiosta, kun vesi tulee laskuputkia pitkin. Kuvassa 4 on esitetty vesikierron kuvaaja (Valmet Academy, 2016).



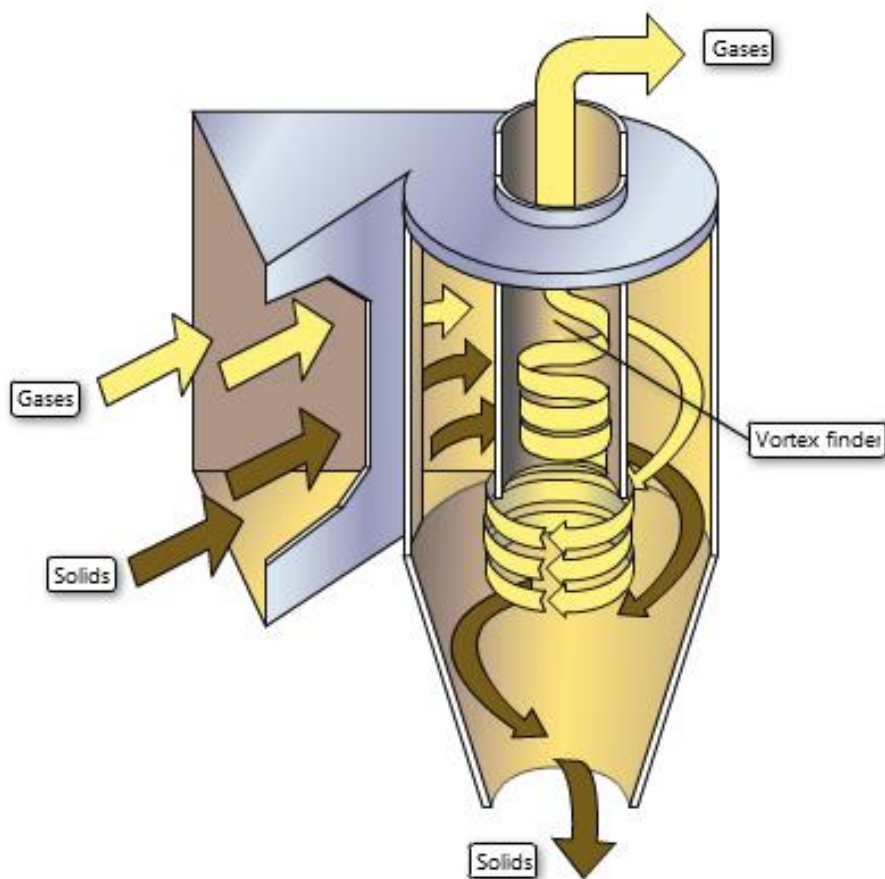
KUVA 4. Luonnollinen vesikierto (Valmet Academy, 2016)

Höyry erotellaan vedestä lieriössä, josta kylläinen höyry tulistetaan primääri-, sekundaari- ja tertiääri tulistimien avulla. Tulistimet sijaitsevat takavedossa, tulipesässä erillisinä seinäminä tai hiekkalukossa. Höyryn lämpötilaa säädellään ruiskuttamalla syöttö- vettä höyryn sekaan. Kiertoleijukattilan lopputuotteena saatava paineistettu höyry muun- netaan turbiinin ja generaattorin avulla sähköntuotantoon. (Valmet Academy, 2016)

### 3.3.1 Sykloni

Sykloni ja hiekkalukko kuuluvat kattilan vesikiertoon. Syklonin pääkomponentit ovat sisäänmenokanava, lieriömäinen sykloni, kaasun ulostulokanava eli keskusputki sekä kiinteän aineksen ulostulo. Keskusputki sijaitsee syklonin sisällä. Syklonin tehtävänä on erottaa palokaasu ja hiekka toisistaan. Syklonin tehokkuus on parempi kuin 99,95%, jotta se pystyy luomaan riittävän kierron kiintoaineisiin. Sykloni on keskeinen osa CYMIC-kattilan toimintaa. (Valmet Academy, 2016)

Syklonin kartiomallinen rakenne perustuu kykyyn tuottaa pyörrettä. Pyörteen aiheuttaa keskipakovoima, joka syntyy, kun kaasuseos tuodaan tangentialisesti sykloniin. Pyörre erottelee kiinteät partikkelit savukaasuvirtauksesta. Kuvassa 5 esitetään syklonin toimintaperiaatetta (Valmet Academy, 2016).



KUVA 5. Syklonin toimintaperiaate (Valmet Academy, 2016)

Keskusputki on poistokanavan laajennus ja syklonin keskus. Se estää kiinteän aineen ja kaasun virtaamista suoraan ulostuloon sekä avustaa syklonia pyörteen synnyttämisessä. Keskusputki on jäähdyttämätön ja se valmistetaan lämmön eristävästä teräksestä. (Valmet Academy, 2016)

Erottuneet kiintoainepartikkelit kulkeutuvat syklonin seiniä pitkin alas hiekkalukkoon, ja savukaasut johdetaan keskusputken ja välikanavan kautta takavetoon. Hiekkalukko palauttaa syklonissa erottuneet kiintoainepartikkelit takaisin tulipesän pohjalle. Suurin osa paineen muutoksista tapahtuu syklonin sisääntulossa tai ulostulossa. Sisääntulossa kaasu ja kiinteät aineet kiihtyvät tulipesän nopeudesta suurempaan nopeuteen johtuen pyörteestä. Kaasun nopeus edelleen kasvaa, kun se liikkuu keskusputkeen ja ulostuloa kohti. (Valmet Academy, 2016)

## 4 SUUNNITTELUMENETELMÄT STANDARDISOINTITYÖN POHJANA

Tuotekehityksen perusajatuksena on tuottaa markkinoille uusia tuotteita tai tehdä parannuksia nykyisiin tuotteisiin. Tuotekehitys on kehitystä, jota tehdään joko täysin uudelle tuotteelle tai palvelulle tai kehitetään jo olemassa olevaa paremmaksi muun muassa palautteen, käyttökokemuksen tai ongelman perusteella. Tutkimustulosten ja kokemusten perusteella saadaan tietoa, jota voidaan hyödyntää kehitystyöhön. Tuotekehitysprosessin avulla markkinoiden tarpeet ja tekniset mahdollisuudet saadaan muunnettua myytäviksi tuotteiksi. Tuotekehitykseen kuuluu myös tuotteistaminen, jonka taustalla on jo aiemmin kustomoitu ohjelma tai laite. Tällöin tuotteistamalla kehitetään itse tuote sekä tuotepaketti.

### 4.1 Tuotteistus

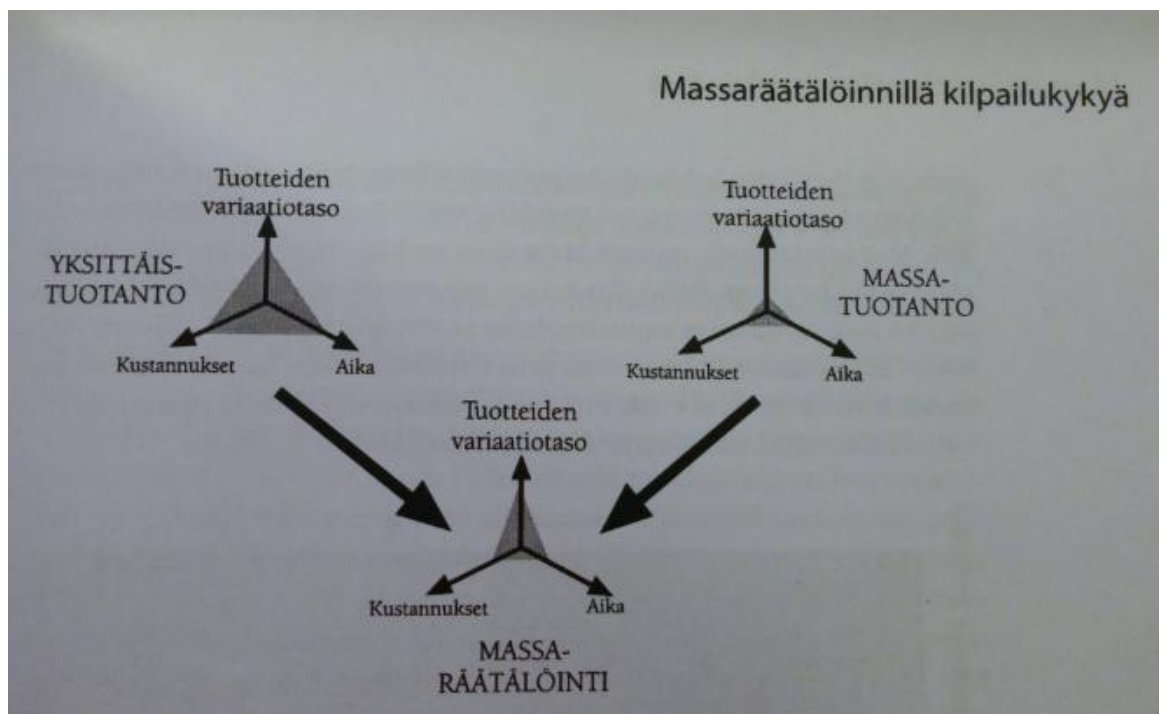
Tuotteistamisella tarkoitetaan tuotteen ominaisuuksien ja valmistuksen suunnittelua ja määrittelyä sillä tarkoituksella, että samaa tuotetta voidaan valmistaa useampia kertoja. Tuotteistuksella voidaan viitata tuotteen lisäksi myös palveluun. Päivi Vesala määrittelee Tuotteistuspolku-blogissaan (2014), että ”tuotteistus on prosessi, jolla päästään sellaiseen lopputulokseen, missä tuotteistetulla palvelulla tai tuotteella on nimi, selkeä sisältö ja toimitusprosessi sekä yksiselitteinen hinta”. Tuotteistamisen idea on tehokkuus, joka saavutetaan yksinkertaistamisen ja kopioinnin avulla. Tuotteistamisen tavoite on kasvattaa katetta; lisätä tuottoa ja pienentää kuluja samaan aikaan. (Parantainen 2007, 37; Kajaanin Ammattikorkeakoulu 2016)

Tuotteistuksessa tavoitellaan tehokkuuden ja laadun maksimointia, toiminnan systemointia, käyttöasteen nostamista, oppimisen tehostamista ja rutiinin irrottamista kehitystyöstä. Tuotteistus voidaan tehdä täysin uudelle tuotteelle tai sitä voidaan hyödyntää jo olemassa olevan tuotteen parantamiseen. Tuotteistuksella on merkittävä rooli yritykselle, sillä sen avulla voidaan tuotetta myydä sekä valmistaa tehokkaammin ja se on tärkeä keino kasvattaa yrityksen toimintaa. (Lahti-Nuutila 2009, 9-14)



## 4.2 Massaräätälöinti

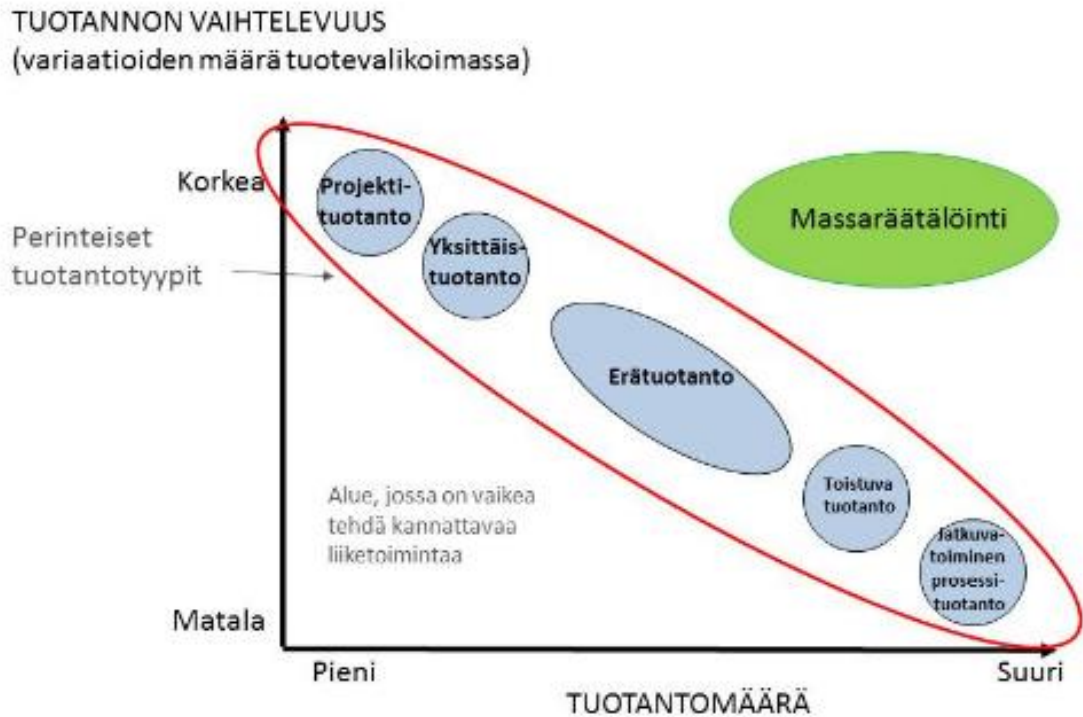
Massaräätälöinti on menetelmä tai toimintatapa, jossa hyödynnetään massatuotannon etuja tuottamaan asiakkaan haluama tuote. Massatuotannossa yritys valmistaa mahdollisimman tehokkaasti suuren erän tuotteita ja kilpailutekijänä on tuotteen hinta. Massatuotannossa tuotetta ei yritetä muuttaa, vaan pyritään pitämään tuotantoprosessi mahdollisimman vakiona ja erilaisten tuotevariaatioiden määrä vähäisenä, jolloin tuotantomäärät saadaan pidettyä korkealla ja kustannukset matalalla. (Ahoniemi ym. 2007, 15) Kuvassa 6 esitetään massaräätälöinnin koostumus, jossa otetaan yksittäistuotannon ja massatuotannon edut käyttöön (Ahoniemi ym. 2007, 17).



KUVA 6. Massaräätälöinnin koostumus (Ahoniemi ym. 2007, 17)

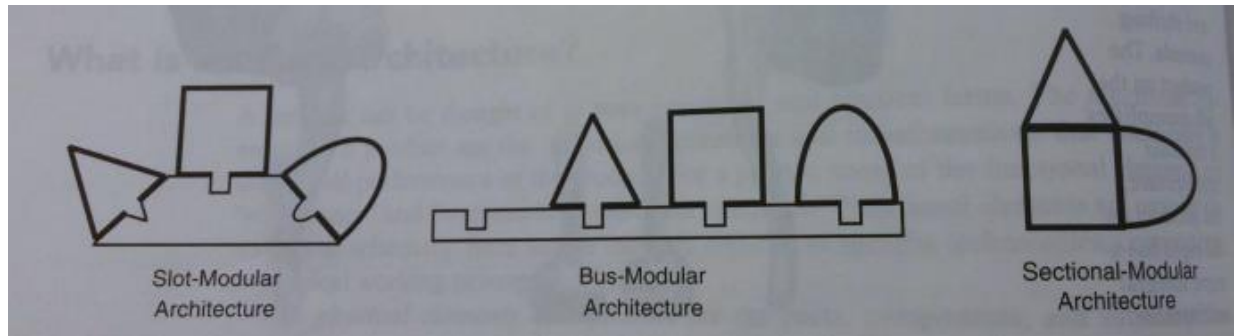
Täysin räätälöidyille tuotteille on kysyntää, mutta toteutusta rajoittavat kustannuspaineet. Tuotantoprosessia on vaikea muuttaa toistuvasti asiakastarpeiden perusteella. Massaräätälöintiä voidaan hyödyntää tällaisessa tilanteessa, jolloin asiakkaiden yksilölliset tarpeet voidaan ottaa huomioon ja tuote kyetään valmistamaan kustannustehokkaasti joustavien tuotantojärjestelmien avulla. Esimerkkinä massaräätälöidystä tuotteesta on maalipurkki, joka on sävytetty juuri asiakkaan toivomaan väriin. Massaräätälöinnin etuna on, että suuresta tuotevalikoimasta löytyy todennäköisimmin asiakkaalle sopiva tuote. Tuotteen hinta

on kuitenkin alhaisempi ja toimitusaika nopeampi kuin täysin räätälöidyn tuotteen. Tuotteen valmistajalle massaräätälöinnin hyöty on toimitusketjun tehokkuus, kun tuotteen valmistuksen alkupäässä voidaan hyödyntää tehokasta massatuotantoa. Massaräätälöinti pyrkii samanaikaisesti sekä suuriin variaatiomääriin että tuotanto- ja myyntimääriin. Perinteisillä tuotantotyypeillä tätä on ollut vaikea saavuttaa. (Ahoniemi ym. 2007, 15-16; Logistiikan Maailma 2016) Kuvassa 7 nähdään massaräätälöinnin periaate, kun tuotannon vaihtelevuutta verrataan tuotantomäärään (Logistiikan Maailma, 2016).



KUVA 7. Massaräätälöinnin periaate (Logistiikan maailma, 2016)

Massaräätälöinti perustuu yleensä tuotemodulointiin, jolloin modulaarinen tuote on jaettu moduuleihin, joilla on standardirajapinnat. Moduuleilla on erilaisia vaihtoehtoja ja eri moduulikombinaatioilla saadaan ominaisuuksiltaan erilainen tuote. Esimerkkinä modulaarisesta tuotteesta voidaan käyttää kannettavaa tietokonetta, jossa samaan runkoon voidaan yhdistää erikokoisia kovalevyjä, muistia tai prosessoreita. Rajallisella määrällä yksittäisiä eri moduuleita saadaan suuri määrä tuotevaihtoehtoja. Tällöin asiakaskohtainen tuote- tai palvelukokonaisuus voidaan toteuttaa vakioitujen toimintaprosessien avulla ja valmiiksi suunnitelluilla tuoteratkaisuilla. (Ahoniemi ym. 2007, 23; Logistiikan maailma 2016) Kuvassa 8 on esitetty yksinkertaisesti kolme päätyyppiä modulaarisuudesta (Ulrich & Eppinger 2008, 166).



KUVA 8. Moduulaarisuustyypit (Ulrich & Eppinger, 2008, 166)

Modulaarisuus näissä kolmessa tyypissä jakautuu paikan, väylän ja lohkoista koottavan rakenteen välillä. Paikkaan perustuvassa modulaarisuudessa kaikki osat ovat erilaisia eikä niitä voi vaihdella keskenään, esimerkiksi autoradio ja nopeusmittari perustuvat tällaiseen, jolloin laitteiden ulkokuori on keskenään erilainen. Väylämalli perustuu perusosaan, johon osat sopivat samanlaisella kiinnityksellä ja komponentit ovat vaihdeltavissa. Moduulit voidaan asentaa väylän eri kohtiin tarpeen mukaan. Esimerkkinä voidaan käyttää ratavalaistusta. Osista koottava modulaarisuus taas on rakennetyyppi, jossa kaikki moduulit sopivat toisiinsa, mutta siinä ei ole sellaista perusosaa ollenkaan, johon kaikki muut osat kiinnittyisivät, esimerkiksi putkistosysteemit ovat tällaisia. (Ulrich & Eppinger 2008, 166-167)

Projektitoiminnassa massaräätälöinnin sijaan voidaan käyttää termiä systeeminen räätälöinti. Systeeminen räätälöinti perustuu samoihin asioihin kuin massaräätälöinti. Terminä se soveltuu paremmin kuvaamaan tuotantoa, jossa tavoitteena on kustannusten alentaminen ja asiakaskohtaisten vaatimusten vastaanottaminen, mutta tuotantovolyyymi on alhaisempi kuin suursarjatuotannossa. Systeemisen räätälöinnin avulla yritykset pyrkivät alentamaan tuotteiden hintoja ja lyhentämään toimitusaikoja. Tämä edellyttää tuotteen rakenteen vakioimista ja eri tuotevarianttien suunnittelemista osittain etukäteen, ennen asiakas-tilausta. Tilauksen jälkeen suunnitteluista vaihtoehtoista valitaan tilaukseen parhaiten so- piva tuote. (Sazuka 2013, 9)

### 4.3 Tuoteperhe ja tuotesarja

Yrityksen kilpailukyky riippuu sen kyvystä tuottaa kannattavasti tuotteita, jotka tyydyttävät valittujen asiakasryhmien tarpeita. Sen sijaan, että jokaiselle asiakkaalle tehtäisiin oma tuotteesensa, on järkevämpää luoda tuotealustoja ja niiden pohjalta tuoteperheitä. Tuoteperhe on yksinkertaisimmillaan sitä, että sama ydintuote räätälöidään ja paketoidaan useiden eri kohderyhmien tarkoitukseen. Tällöin tuoteperheen jäsenillä on samankaltainen rakenne ja osittain samat komponentit, mutta ne on suunniteltu toteuttamaan erilaiset tarpeet. Perustana tuoteperheenjäsenillä on yhtäläinen runko, jota muokkaamalla eli osia tai kokoonpanoja vaihtamalla voidaan muodostaa kaikki tuoteyksilöt. Tuoteperheen avulla voidaan parantaa sekä kaupallista valikoimaa että alentaa valmistus- ja huoltokustannuksia standardoinnin ja uudelleenikäytön avulla. Tuoteperheajattelun tavoitteena on, että koko tuoteperheen tuotevariantit ovat mahdollisimman yhtäläiset. (Fogliatto & da Silveira 2011, 109-110; Sazuka 2013, 10)

Tuoteperheet voidaan jaotella kahteen eri tyyppiin; modulaarisuuteen perustuviin sekä mittojen skaalautuvuuteen perustuviin tuoteperheisiin. Moduulipohjaisen tuoteperheen ominaisuudet muuttuvat tuotteelta tuotteelle moduulien lisäämisen, poistamisen ja/tai korvaamisen avulla. Skaalapohjaisen tuoteperheen ominaisuudet taas muuttuvat erilaisen skaalausmuuttujien perusteella, esimerkiksi elementtien koko tai näkö, jolloin tuotteet jakavat saman toimintaperiaatteen, mutta toimivat eri suorituskykytasolla. Skaalapohjaisista tuoteperhettä voidaan kutsua myös parametriseksi tuoteperheeksi, jossa erot tuoteyksilöiden välillä syntyvät yhden tai useamman muuttujan arvoa muuttamalla. Muuttuja voi olla yhteinen tai ainutlaatuinen muuttuja. Ainutlaatuinen muuttuja voi olla esimerkiksi tuotteen pituus tai leveys, jolloin tuotteen suorituskyky muuttuu arvon muutoksen perusteella. Yhteinen muuttuja pysyy muuttumattomana. (Sazuka 2013, 11)

#### 4.4 Standardisointi

Standardit ovat yhteisten toimintatapojen laatimista ja ne helpottavat viranomaisten, yritysten ja kuluttajien toimintaa. Standardi laajemmassa käsityksessä on jonkin organisaation esittämä suositus siitä, miten jokin asia tulisi tehdä (Korpela, 2007). Standardisoinnilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, joka näin ollen helpottaa projektien suunnittelua. Viralliset, kansainväliset tai kansalliset standardit, julkaistaan asiakirjoina, jotka ovat kaikkien käytettävissä. Yrityksillä voi olla omia, vain omaan käyttöön tarkoitettuja standardeja, tuotteiden valmistuksesta. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2016)

Standardisoinnilla pyritään vakioimaan tuote, jotta samaa komponenttia voidaan valmistaa ja käyttää yhteensopivana kaikissa projekteissa. Standardisoinnilla pyritään laskemaan tuotteen valmistuskustannuksia, kun käytetään samoja osia tai komponentteja eri tuotteissa tai tuotevariaatioissa. Tällöin standardiosia voidaan valmistaa suurempia määriä, kuin muussa tapauksessa olisi kannattavaa. Standardoidut osat vähentävät kustannuksia ja lisäävät laadukkuutta. (Ulrich & Eppinger 2008, 169)

Yleisesti hyväksytyt määritelmät ja käsitteet nopeuttavat työtä, vähentävät virheitä ja niiden avulla saavutetaan parempia tuloksia käytännössä. Nopeampi työ perustuu suunnittelutyön tarpeen vähenemiseen, sillä suunnitelmat ovat jo valmiina. Virheiden väheneminen perustuu siihen, että tuote valmistetaan aina samojen piirustusten perusteella, jolloin virheet kokoonpanon sopivuudessa tai vääränlaisen tuotteen valmistuksena pienenevät. Tuloksellisuuden kasvu perustuu siihen, että varaosat voidaan valmistaa saman standardikuvan mukaan eikä niitä tarvitse valmistaa tietyn projektikohtaisen suunnitelman mukaan, jolloin varaosien hankkiminen on tehokkaampaa. Standardien ansiosta tuotteet, palvelut ja menetelmät sopivat siihen käyttöön ja niihin olosuhteisiin, mihin ne on suunniteltu. Standardeja hyödynnetään niin suunnitteluun, valmistukseen kuin käyttöönkin. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2016)

Standardoituja valmistus-, kokoonpano- ja asennuspiirustuksia käytetään työohjeena tuotteiden valmistukseen, kokoonpanoon ja asennukseen. Standardipiirustusten periaate on samanlainen kuin standardoinnissa yleensä. Niiden avulla tuote voidaan valmistaa ta-

salaatuiseksi jokaisella valmistuskerralla ja samaa piirustusta voidaan hyödyntää eri projekteihin. Vakiodut mitoitukset ja suunnitelmat tuotteesta on dokumentoitu standardipiirustuksiin, jolloin tiedot on helppo tarkistaa.

## 5 KESKUSPUTKEN MUOKKAUS

CYMIC-kattilan keskusputkesta on määritelty jo aiemmin yhdeksänsäinen tuoteperhe, joka perustuu syklonin kokoluokkiin. Keskusputkiperheessä muuttujaksi on määritelty koko, joka on riippuvainen syklonin koosta. Keskusputken tuoteperhe on osa suurempaa kokonaisuutta, jossa kiertoleijukattilan painerungon komponenteista pyritään luomaan määritelty tuotekokonaisuus. Keskusputkiperheessä eri variaatiot skaalautuvat koon perusteella, jolloin komponentit pysyvät muuten samoina. Samaa periaatetta päätettiin käyttää myös standardoimattomille keskusputken komponenteille, jolloin kokonaisuudesta saataisiin selkeä ja yhtenäinen tuoteperhe.

Keskusputkesta on tämän opinnäytetyöprojektin aikana tehty tarkka tuotemäärittely ja kokomodulointi sekä kehitetty kirjastokomponentit ja standardipiirustukset SolidWorks -ohjelmalla. Standardipiirustukset pohjautuvat aiempiin valmistus- ja kokoonpanopiirustusvariaatioihin ja niistä on seulottu parhaimmat esitysmallit standardikuviin. Projektien pohjalta laadittiin yhteensä 12 kappaletta osavalmistuspierustuksia, 2 kappaletta osakokoonpanopiirustuksia ja 2 kappaletta asennuskokoonpanopiirustuksia huomioiden selkeys, yksinkertaisuus ja piirustusten lukumääräinen minimointi.

Tuotekehityksen osuus tässä työssä rajoittui lähinnä keskusputken epäkeskeiseen malliin. Epäkeskeisyys perustuu pitkään kokemukseen keskusputken toiminnasta ja selvitystyöhön, jolla keskusputken tehokkuutta voitaisiin parantaa. Epäkeskeisyys valikoitui toteutettavaksi sen takia, että muutos oli helppo lähteä toteuttamaan ja arvioidut riskit olivat pieniä.

Keskusputkesta standardisoitiin jo olemassa olevien standardimittojen lisäksi loput osat, joille ei määriteltyä mitoitusta ole aiemmin ollut. Käytännössä osat, jotka vaativat mitoitustandardia, ovat keskusputken yläkartioon kiinnitettävät eristeen suojalevyt. Myös valmistusta ja kokoonpanoa esittävät piirustukset keskusputkesta standardisoitiin, joka tarkoittaa, että valmistukseen ja kokoonpanoon käytetään samoja kokoluokkaan ja kätisyyteen perustuvia piirustuksia.

Massaräätälöintiä ei päästy hyödyntämään tämän projektin yhteydessä, sillä tuote ja tuoterperhe on jo aiemmin luotu. Massaräätälöintiajattelumalli selkeyttää keskusputken suunnittelun lähtökohtia, jota on käytetty aiemmin tuotteen suunnittelussa, jolloin perustana oleva menetelmä kuvaa paremmin nykyistä tilannetta.

## 5.1 Työn lähtökohdat

Syklonin keskusputki on vaativissa olosuhteissa toimiva, erikoisteräksestä valmistettu komponentti, joka on tähän mennessä suunniteltu projektikohtaisesti. Projektikohtaiset piirustukset vievät työaikaa enemmän, jolloin tuotteen suunnitteluun menee enemmän aikaa kuin olisi optimaalista. Myös tuotteen tasalaatuisuus on saattanut kärsiä, sillä jokainen suunnittelija on tehnyt omanlaisensa valmistus- ja kokoonpanopiirustukset, jolloin tiettyjen komponenttien koko ja muotoilu on vaihdellut projektien välillä.

Standardointityön pohjana lähdettiin perehtymään keskusputken kokoluokkiin, niihin kuuluviin komponentteihin, määrittelemättömiin komponentteihin sekä hahmottamaan vakioidut osat ja niihin vaikuttavat perusteet. Keskusputken suunnitteluun on aiemmin luotu mitoitusstandardi, joka määrittelee eri kokoluokkien keskusputkien korkeutta ja halkaisijaa, kartioiden korkeutta, materiaalin paksuutta, tukirenkaan mitoitusta ja kokonaispainoa. Mitoitukset ovat vaihdelleet koon tai kokoluokan mukaan. Keskusputket on jaoteltu kahteen eri kokoluokkaan, niin sanotusti isoihin ja pieniin, jolloin näihin kokoluokkiin on voitu sitoa tiettyjä mitoituksia koskemaan jokaista kokoluokkaan kuuluvaa keskusputkea. Mitoitusstandardissa on määritelty myös tarvittavat hitsaukset, kokoonpanossa huomioitavat asiat sekä käytettävä materiaali. Jokainen keskusputken osa on samaa materiaalia, joka kestää poikkeuksellisen kuumat olosuhteet. Myös keskusputken eristys on määritelty tässä standardissa, mutta siihen ei tehdä muutoksia tämän opinnäytetyöprojektin aikana. Ainoat komponentit, joille ei ole määritelty mitoitusta, ovat suojalevyt, joiden tarkoitus on suojata eristysvillaa nopealta kaasuvirtaukselta. Nämä levyt valitaan erityistarkasteluun standardoitavien mittojen osalta.

Valmetin CYMIC-kattilan syklonin keskusputkea on yhdeksää eri kokoa. Keskusputken koko riippuu syklonin koosta. Tähän standardointiprojektiin valitaan kuusi yleisintä kokoa, jotka ovat CW1, CW2, CW3, CW4, CW5 ja CW6. Keskusputkesta on käytössä kaksi peilikuvamaista versiota, jolloin valinta käytettävän oikea- tai vasenkätisyyden perusteella riippuu ilma-hiekkaseoksen tulosuunnasta. Mitat ovat molemmissa samat, mutta

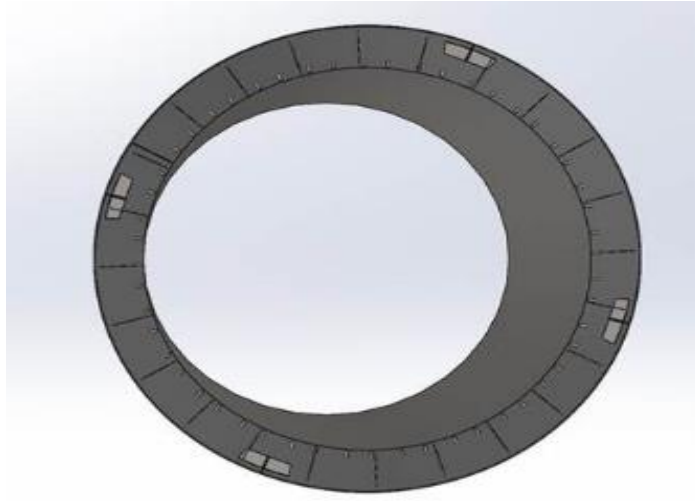


sisääntuloaukosta johtuen pyörteen kiertosuunta on päinvastainen. Keskusputken standardisoinnin tavoitteena on löytää mahdollisimman monta standardisoitavissa olevaa komponenttia, jotka sopisivat sellaisenaan jokaiseen kuuteen kokoon ja molempiin kätsyyksiin helpottaen tuotteen valmistusta. Keskusputken tuotemäärittely on osa projektia, jonka tarkoituksena on määrittellä CYMIC -kattilan syklonialueen komponentit tuoteperheiksi. Tällöin asiakkaan vaatimuksia vastaava ja laitoksen prosessin kannalta toimiva kokonaisuus voidaan rakentaa vaatimusten mukaisesti.

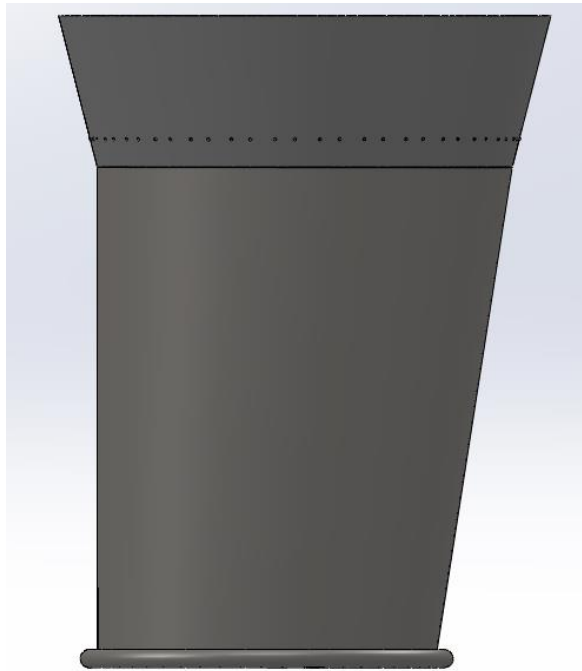
Keskusputkesta luotiin täydellinen malli SolidWorks -ohjelmalla, sisältäen kokovariaatiot jokaisesta eri koosta. Tuotteen mallintamisessa käytetään suunnittelun apuna olemassa olevia mitoitusstandardeja. Mitoitusstandardit määrittävät käytettävän materiaalin sekä mitoituksen keskusputken korkeudesta, halkaisijasta sekä käytettyjen materiaalien paksuudesta. Mallinnus päätettiin toteuttaa perinteisellä 3D-mallinnusmenetelmällä. Vaihtoehtoisena työkaluna olisi ollut myös ns. suunnitteluautomaatti ja sen luominen, mutta sen käyttö päätettiin jättää pois työkalun käytön vähäisen kokemuksen vuoksi.

## **5.2 Keskusputken kartio**

Keskusputken kartion rakenne säilytetään samanlaisena, kuin se on ollutkin, sillä kartion kanssa on ollut haasteita rakenteen kestävyudessa ja tämän hetkinen malli on toiminut hyvin, joten turhia riskejä ei haluttu ottaa. Keskusputken alakartio haluttiin muuttaa epäkeskeiseksi, jolla tavoitellaan keskusputken tehokkaampaa toimintaa sekä materiaalin säästöä. Epäkeskeisen kartion uskotaan synnyttävän pyörrettä tehokkaammin, jolloin tuotteen tehokkuus kasvaa. Keskusputken kokonaiskorkeus lyhenee muutoksen ansiosta, jolloin myös materiaalitarve vähenee. Muutosidea pohjautuu pitkään kokemukseen keskusputken toiminnasta. Kuvioissa 9 ja 10 näkyy kartion malli epäkeskeisenä.



KUVA 9. Epäkeskeinen kartio ylhäältä



KUVA 10. Epäkeskeinen kartio sivulta

Ylä- ja alakartio hitsataan toisiinsa siten, että yläkartion alareuna kiinnittyy alakartion yläreunaan. Näin saadaan kartiokokoonpano sopivaan muotoon. Kartioiden halkaisijat on määritelty jo aiemmin mitoitusstandardissa ja ne skaalautuvat kokoluokan mukaan.

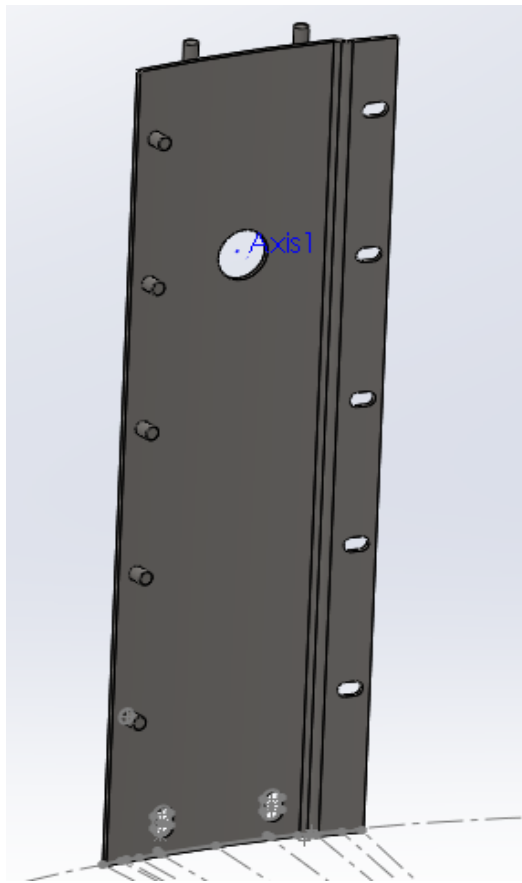
Yläkartio on malliltaan samanlainen kuin mitoitusstandardi määrittää ja sen origo on keskellä. Yläkartion korkeus vakioidaan kaikkiin kokoluokkiin samaksi, jotta kartion valmistus yksinkertaistuisi. Alakartiossa origoa siirretään keskipisteestä, jotta malli saadaan

epäkeskeiseksi. Epäkeskeisyyden näkee siitä, että alakartion toinen reuna on mallissa suora ja vain toinen puoli kapenee alaspäin. Epäkeskeisyydellä tavoitellaan tehokkaampaa pyörteen synnyttämistä. Alakartion alareunaan on hitsattu kiinni tukirengas, jotta kartio ei pääse virumaan vaan pysyy muodossaan.

### 5.3 Keskusputken suojalevyt

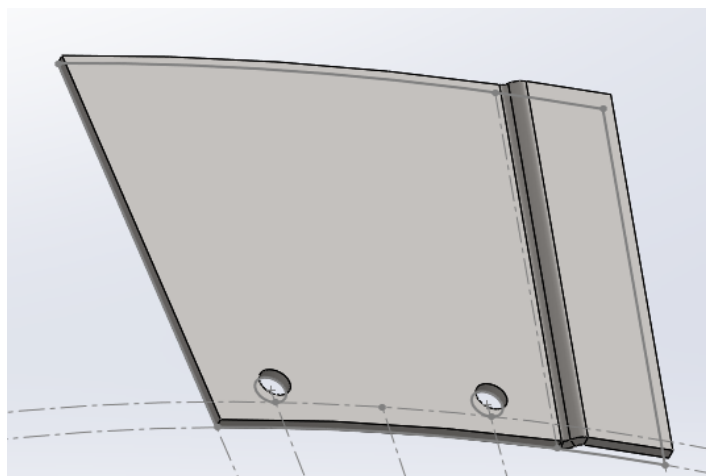
Keskusputkessa käytetään kahdenlaisia levyjä suojaamaan eroosiolta. Keskusputken yläreunaan asennettavista levyistä toiset, sivusuojalevyt, tulevat yläkartion seinämän mukaan pystysuoraan ja toiset, yläsuojalevyt, sivusuojalevyjen päälle vaakasuoraan. Suojalevyt kiinnitetään toisiinsa kiinnitystapeilla. Kiinnitystapit ovat kaikki samankokoisia, jolloin tappien järjestyksellä ei ole merkitystä.

Vakioinnin suurin haaste oli suojalevyjen mitoitus. Suojalevyille ei ole määritelty mitoituksen suhteen vaatimuksia, joten levyjen suunnittelu voitiin tehdä täysin vapaasti. Molemmat suojalevyt päätettiin mitoittaa tietyin tarjolla olevin periaattein; levyn korkeus, leveys, muoto ja reikien paikat ovat aina samat ja pysyvät näin riippumatta siitä, minkä kokoiseen keskusputkeen levyt tulevat. Erottava tekijä levyjen suhteen on sivusuojalevyissä taivutussäde ja yläsuojalevyissä etu- ja takareunan leikkaus, joka määrittyy kartion halkaisijan mukaan. Kokoonpanoon tulevien levyjen lukumäärä vaihtelee keskusputken koosta riippuen, kun ympyrän säde muuttuu. Kuvassa 11 on sivusuojalevyn malli kiinnitystappeineen.



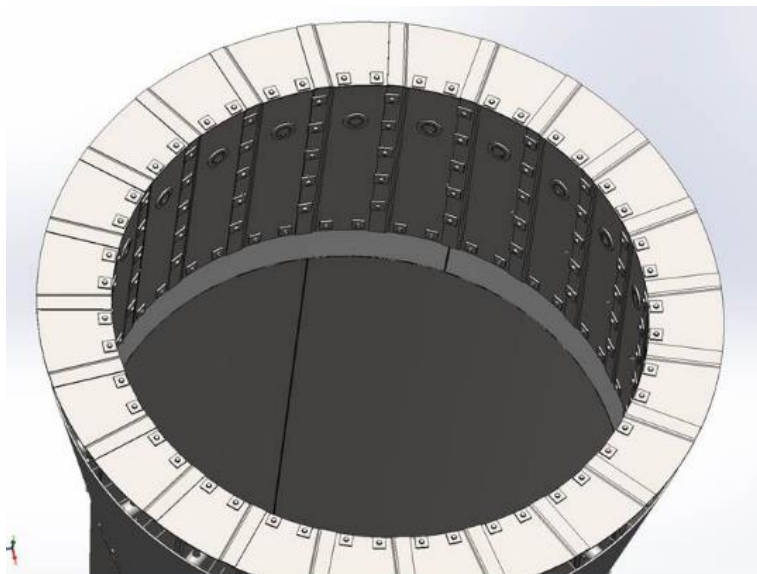
KUVA 11. Keskusputken sivusuojalevy

Sivusuojalevyt taivutetaan säteen mukaan, jolloin ne saadaan asennettua ympyrän muotoon yläkartion reunan mukaisesti. Levyn toinen sivureuna on taivutettu, jotta levyt asetuvat limikkäin kiinnitystappeihin. Yläsuojalevyt leikataan säteen mukaan, jotta levyt saadaan asennettua ympyrän malliin vaakatasossa. Levyn muoto ei ole symmetrinen. Toista reunaa taivutetaan saman verran jokaisessa koossa, jolloin levyt saadaan asennettua limittäin ympyrän muotoon. Kuvassa 12 näkyy yläsuojalevyn malli.



KUVA 12. Keskusputken yläsuojalevy

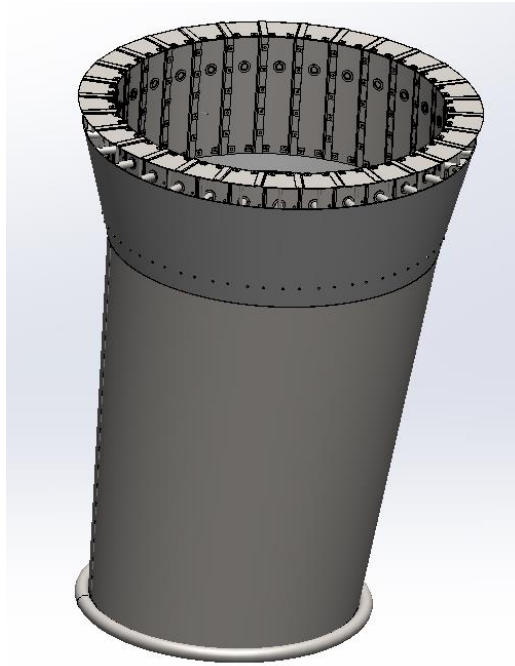
Kuvassa 13 nähdään, kuinka suojalevyt sopivat paikalleen. Sivusuojalevyt tulevat yläkartion reunaan kiinni tapeilla, ja levyn yläosassa reikään kiinnitetään tukiputki, jolla levyt saadaan kiinnitettyä oikeaan asentoon. Reikien etäisyys ja koko on mitoitettu lämpölaajenemiseen mitoitukseen käytettävällä kaavalla, jolloin levyille jää varaa laajenemiseen sivu- ja pystysuunnassa. Tukiputki on jo aiemmin vakioitu komponentti, jota käytettiin kokoonpanossa sellaisenaan.



KUVA 13. Suojalevyt asennettuna

#### 5.4 Materiaali ja kokoonpano

Täydellinen joka koon yhtenäinen standardisointi oli haasteellista, sillä materiaalin paksuus vaihtelee koon mukaan. Neljässä pienemmässä mallissa CW1, CW2, CW3 ja CW4, ala- ja yläkartion seinämä on ohuempaa levyä. Kahdessa isommassa ala- ja yläkartion seinämät ovat muutaman millimetrin paksumpaa levyä. Seinämän paksuutta ei lähdetty yhtenäistämään, sillä pienempien kattiloiden seinämänvahvuuden kasvattamisesta ei oltaisi saatu hyötyä. Toisaalta myös isompien kattiloiden seinämiä ei voitu ohentaa ilman riskiä kestävyuden heikkenemistä. Suojalevyjen materiaalin paksuus riippuu kartioiden materiaalin paksuudesta. Isoimpiin ja pienimpiin keskusputken kokoihin käytetään eri paksuisia suojalevyjä. Materiaalina keskusputken kaikissa komponenteissa käytetään tulkestävää terästä. Kuvassa 14 on keskusputken kokoonpanomalli eräässä koossa.



KUVA 14. Keskusputken kokoonpano

SolidWorks -ohjelmalla voidaan tarkastella kokoonpanon toimivuutta. Mallista nähdään, kuinka kokoonpano ja standardisoidut osat sopivat paikalleen. Ympyrän kehän mukaan tulevien osien mitoitus on etsitty sen mukaan, millä mitoilla osa sopii jokaiseen eri kokoon parhaiten. Kiinnitystapeilla levyt saadaan kiinnitettyä toisiinsa. Reikä, joka tulee viereisen levyn tappiin, on muotoiltu siten, että se sallii suojalevyjen lämpölaajenemisen sivusuunnassa. Ylä- ja alakartion, alakartion tukirengaan, ylä- ja sivusuojalevyjen sekä kiinnitystappien lisäksi kokoonpanossa käytetään tukiputkia suojalevyjen kiinnitykseen ja niitä on kokoonpanossa yhtä monta kuin suojalevyäkin. Lisäksi yläkartion reunaan on lisätty nostokorvakkeet, jolla keskusputki nostetaan paikalleen CYMIC-kattilan kokoonpanoon. Nostokorvakkeisiin yritettiin etsiä uusia toteutusvaihtoehtoja, mutta lopulta ne olivat toteutuskelvottomia korvakekokoonpanon monimutkaistumisen takia. Korvakeiden kanssa päädyttiin samaan malliin, kuin aiemmin on käytetty.

Keskusputkea on kahta eri kätistä, vasen ja oikea. Kätisyys vaikuttaa ainoastaan suojalevyjen taivutukseen, jolloin levyt tehdään peilikuvana. Levyjen taivutus oikealle kätisyydelle on merkityksellinen sen takia, jotta pyörre menee sujuvasti oikeaan suuntaan eikä tökkää levyjen reunakohtiin. Ala- ja yläkartio sekä tukirengas pysyvät samanlaisena molemmissa kätisyyksissä.

## 5.5 Valmistus- ja asennuspiirustukset

Tekninen piirustus on jonkin asian esittämistä suunnitelmana piirustusten ja kaavioiden avulla. Tärkeintä piirustuksissa on, että ne ovat yksiselitteisiä ja selviä eikä niitä voi tulkitä väärin. Luettavuuden tulee säilyä myös kopioissa, sillä niitä käytetään useimmiten, joten myös tekstien tulee olla selkeitä ja yksikäsitteisiä. (Pere 2001, 1)

Koneenpiirustus on teknistä piirtämistä, jota käytetään suunnittelun apuna koneensuunnittelussa, koneautomaatiossa ja valmistustekniikassa. Koneenpiirustus auttaa mitoittamaan ja muotoilemaan suunniteltavat kappaleet niin, että ne on mahdollista valmistaa. Koneenpiirustuksessa luodaan kappaleen geometriasta yksiselitteinen ja selkeä piirustus, jota on helppo lukea. Koneenpiirustuksessa on paljon standardeja, joiden tarkoitus on varmistaa, että suunnittelija ja toteuttaja lukevat piirustuksia samoin. (Autio & Hasari 1999, 11-12 )

Nykyisin koneenpiirustuksessa käytetään tietokoneavusteisia 2D- ja 3D- mallinnusohjelmia (CAD). Myös piirustusten esitystapa on ohjelmien myötä muuttunut, välttämättä kaikkia muotoja ja mittoja ei piirustuksessa näytetä, vaan piirustusta käytetään 3D-mallin tukena. Mitoituksen lisäksi piirustuksiin merkitään yleensä tarvittavat koneistustoleranssit, hitsausmerkinnät, käytettävät valmistusstandardit sekä pintakäsittelyohjeet. Myös yrityksen nimi, kappaleen nimi sekä osien numerointi merkitään. Suositeltavaa on näyttää myös suunnittelija, tarkastaja ja hyväksyjä, kertoa monesko revisio kappaleesta on kyseessä, mitä skaalausta on käytetty, paperinkoko, käytettävä materiaali ja osaluettelo.

Se, millaisia piirustuksia tarvitaan, riippuu toteutettavasta kohteesta ja tehtävästä. Esimerkiksi osien valmistukseen käytetään osapiirustusta, josta selviää, mistä materiaalista kappale valmistetaan sekä minkälainen kappaleen geometria ja mitat ovat. Haastetta lisää, jos osa on tehty esimerkiksi levystä ja se täytyy muotoilla taivuttamalla epäsymmetrisesti. Kokoonpanopiirustukset voidaan jakaa osakokoonpanopiirustuksiin ja pääkokoonpanopiirustuksiin. (Pere 2001, 140)

Tässä työssä luotiin yhteensä 16 piirustusta, joista 12 on osapiirustuksia ja 4 kokoonpanopiirustuksia. Piirustusten luonnissa otettiin huomiin peruseriaatteet esityksen selkeydestä ja yksinkertaisuudesta. Tavoitteena oli luoda pienin mahdollinen määrä piirustuksia, sillä keskusputken erot kokojen välillä olivat hyvin pienet, jolloin jokaisen koon

omasta esityksestä ei olisi saatu tarpeeksi hyötyä. Aluslevyistä, kiinnitystapeista ja kannatinkorvakkeista tehtiin yhdet kappaleet valmistuspiirustuksia. Nämä valmistuspiirustukset käyvät kaikkien keskusputkikokoonpanokokojen kanssa, sillä komponentit ovat samat. Ylä- ja alakartio sekä tukirengas päädyttiin esittämään yhteisessä osakokoonpanopiirustuksessa ja tästä tehtiin kuusi eri versioita eri keskusputkikoille. Kartiokokoonpano tukirenkaineen on samanlainen niin oikea- kuin vasenkätisessä keskusputkessa, joten erillistä piirustusta kätisyyden perusteella ei tarvittu. Tässä osakokoonpanossa esitetään myös nostokorvakkeiden kiinnitys, sillä niitä ei voi myöhemmin enää kiinnittää. Eroosiosuojalevyistä tehtiin kahdet piirustukset kummastakin suojalevystä, vasen- ja oikeankätisestä. Suojalevyt vakioitiin päämitoiltaan ja kiinnitystappeihin tulevilta rei'iltään, joten taivutussäteet ja levyn leikkaus säteen mukaan voitiin esittää taulukoituna yhdessä piirustuksessa. Pääkokoonpanokuvia tehtiin kaksi, oikea- ja vasenkätisen asennuksen esittämiseksi. Kokoonpanopiirustuksessa näytetään eristeen asentaminen, suojalevyjen asentaminen kartioon eristeen päälle sekä keskusputken asentaminen sykloniin nähden. Kokoonpanokuvaan on taulukoitu eri kokojen suojalevyjen määrät.

Valmistus- ja kokoonpanopiirustuksia ei tässä opinnäytetyössä julkisteta, sillä piirustuksissa on yrityksen sisäistä tietoa.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää standardimitoitukset keskusputken komponenteille, joissa sitä ei vielä ollut. Työhön kuului myös 3D-malli sekä standardivalmistus- ja standardikokoonpanopiirustukset, jotka tallennettiin SolidWorks-kirjastokomponenteiksi yrityksen omaan käyttöön. Lisäksi tavoitteena oli löytää mahdollisia tuotekehityskohteita ja tarkastaa olemassa olevien standardimitoitusten tarpeellisuus ja toimivuus. Työ painottui valmistus- ja standardipiirustusten kehittämiseen ja itse tuotteessa standardisoitavaa ja kehitettävää oli vähemmän kuin osattiin odottaa.

Suojalevykomponenttien standardisointi oli haasteellista, sillä sopivien levyjen koko ja taivutukset oli vaikea löytää siten, että ne sopisivat mahdollisimman täydellisesti jokaiseen kuuteen keskusputkikokoon. Levyjen paksuuden vaihtelu vaikeutti myös vakiointia, sillä vaikutus siirtyi myös muuhun mitoitukseen kuten suojalevyjen reunan taivutukseen. Kartioiden säätö ja kehitystyö alakartion epäkeskeisyyden suhteen oli helppo toteuttaa suunnitteluohjelmalla. Haasteista huolimatta tuotteen täydellinen standardisointi saatiin toteutettua onnistuneesti. SolidWorksin 3D-mallin mukaan kokoonpano toimii ja komponentit sopivat paikalleen.

Valmistus- ja kokoonpanopiirustusten tekemisessä esitystapaa on hiottu useampaan kertaan. Piirustuksissa esitystapaan on vaikuttanut jälkeensä syntyneet ideat selkeämmästä tai helpommasta valmistus- tai kokoonpanotavasta. Piirustuksiin otettiin mallia aiemmista projekteista ja haettiin esimerkkien avulla selkeimmät esitystavat standardikuviiin. Opinnäytetyöprojektin aikana ensimmäiset piirustukset ovat lähteneet valmistukseen ja ensimmäisiin hyväksytyyn kokoluokkaan on tehty pientä muutosta kiinnitystappeihin ja piirustuksiin esitysmuotoon. Muutoksia esimerkiksi nostokorvakkeiden asentamiseen on tehty jälkeensä, sillä havaittiin, että ne täytyy asentaa jo aiemmin kuin alkuperäisesti oli ajateltu. Samat muutokset on käyty läpi myös muihin kokoluokkiin sekä piirustuksiin.

Standardipiirustukset ovat Valmetin omassa käytössä ja niitä jaetaan komponenttien valmistajille sekä asennusten tekijöille. Standardipiirustusten uskotaan jatkossa helpottavan tuotteen valmistajia sekä asentajia, kun esitysmuodot pysyvät samanlaisina, jolloin työskentelyyn saadaan lisättyä rutiinia.

## LÄHTEET

Ahoniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P. & Ruohonen, M. 2007. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Autio, A., Hasari, H. 1999. Koneenpiirustus ammattikorkeakouluille ja teknillisille oppilaitoksille. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Fogliatto, F. & da Silveira, G. 2011. Mass Customization. Engineering and Managing Global Operations. London: Springer-Verlag.

Lahti-Nuutila, K. 2009. Palvelun tuotteistaminen. Liiketalous. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Parantainen, J. Tuotteistaminen. 2011. Rakenna palvelusta menestystuote 10 päivässä. Helsinki: Talentum.

Pere, A. Koneenpiirustus ammattikorkeakouluja varten. Espoo: Kirpe.

Sazuka, Y. 2013. Höyryjäähdyttimen suunnittelun automatisointi. Konetekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Ulrich, K. & Eppinger, S. 2008. Product Design and Development. 4<sup>th</sup> Edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Kajaanin ammattikorkeakoulu. 2016. Tuotteistaminen. Luettu 20.5.2016  
<https://www.kamk.fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Tuotteistaminen/Tuotteistaminen>

Korpela J. 2007. Datatekniikkaa ja viestintää. Normit, standardit, protokollat. Luettu 11.8.2016 <http://www.cs.tut.fi/~jkorpela/stand.html>

Logistiikan Maailma. 2016. Massaräätälöinti. Luettu 3.8.2016  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Massar%C3%A4t%C3%A4l%C3%B6inti>

Logistiikan Maailma. 2016. Tuotanto. Luettu 3.8.2016  
<http://logistiikanmaailma.fi/wiki/Tuotanto>

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2016. Standardien laadinta. Luettu 16.4.2016.  
[http://www.sfs.fi/standardien\\_laadinta](http://www.sfs.fi/standardien_laadinta)

Valmet Technologies Oy, 2016. About Us. Luettu 15.1.2016.  
<http://www.valmet.com/about-us/>

Valmet Technologies Oy, 2016. MyAcademy. Luettu 15.1.2016.  
<https://myacademy.valmet.com/>

Vesala P. Tuotteistuspolku-blogi. 2014. Mitä on tuotteistaminen. Luettu 11.8.2016  
<http://www.tuotteistuspolku.fi/blogi/mita-on-tuotteistaminen>