

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät 2020

Eetu Määttä

LÄMMÖNTALTEENOTTO- TORNIN LAYOUT-MALLIN KEHITTÄMINEN

Valmet Technologies Oyj

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Helmikuu 2020 | 20 sivua, 14 liitesivua

Eetu Määttä

LÄMMÖNTALTEENOTTOTORNIN LAYOUT-MALLIN KEHITTÄMINEN

Valmet Technologies Oyj

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oyj. Toimeksiannon tavoite oli luoda uuden lämmöntalteenottotornin (myöh. RP-torni) layout-malli ja kehittää suunnittelun työmenetelmiä. Layout-malli on luotu käyttäen Dassault Systèmes Catia V6 -ohjelmistoa.

RP-Tornin layout-mallin haluttiin vastaavan todellisia tarpeita tulevia asiakasprojekteja varten. Lisäksi vaatimuksena oli rinnakkaissuunnittelun kehittäminen ja lujuuslaskennan mahdollistaminen suoraan layout-mallista. Layout-mallista luotiin monikäyttöinen, jotta kyettäisiin ratkaisemaan useimpien projektien layout-ratkaisut.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja projektia käsittelevästä osasta. Teoriaosa esittelee projektin aihetta ja toimeksiantajaa. Opinnäytetyössä perehdytään 3D-mallinnukseen, CATIAan ja lämmön talteenottoon paperi- ja kartonkikone ympäristössä. Opinnäytetyö esittelee lyhyesti Valmet Technologies Oyj:öön yrityksenä. Käsittelyosa esittelee projektia tarkemmin ja tuo esille tornin komponenttien suunnitteluratkaisuja.

Opinnäytetyöprojekti alkoi tutustumisella aiheeseen ja suunnitteluohjelmaan. Seuraavaksi testattiin mahdollisia mallinnusratkaisuja uuden lämmön talteenottotornin layout-malliin. Lopuksi mallista luotiin viimeinen versio, joka siirrettiin suunnittelukäyttöön. Kyseiselle mallille luotiin käyttöohje- ja jatkokehityssuunnitelma.

ASIASANAT:

Suunnittelu, tuotekehitys, mallinnus, Valmet Oyj

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Mechanical Engineering

February 2020 | 20, 14 pages in appendices

Eetu Määttä

THE DEVELOPMENT OF THE LAY-OUT MODEL OF HEAT RECOVERY TOWER

Layout development of RP-tower

This thesis is conducted by Valmet Technologies Oyj. The object of the thesis was to create a layout model for a new heat recovery tower and to improve the working methods. Layout model had been created using the Dassault Systemes Catia V6 design program.

The goal was to develop a layout model that meets to the current demands of the layout-engineering. The capabilities of parallel process of layout- and detail engineering was also to be researched during the engineering of the 3D-model. It was also agreed, that finished model should have be suitable of performing structural strength analysis. also agreed that the model should be multi-functioning so it should be easily modified to match the requirements of common projects.

Thesis consist of two part. First part introduces theory of the heat recovery methods, modelling work and it introduces Valmet Technologies Oyj company. Second part presents the development work of the 3D-layout model and introduces modelling solutions. Final part of this thesis reports and introduces subjects that could be further developed, when the layout model should be more agile and to comply stringent requirements.

KEYWORDS:

Valmet Oyj, modelling, product development, design work

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	1
2 VALMET OYJ	2
2.1 Historia	2
2.2 Yrityksen nykytilanne	2
2.3 Strategia	3
3 LÄMMÖN TALTEENOTTO	5
3.1 Ilma-ima lämmönvaihdin	5
3.2 Ilma-vesi lämmönvaihdin	6
3.3 Pesurilohko vedenerottimella tai pisaraloukulla	7
3.4 Järjestelmät	7
3.5 Uusi RP-Torni	8
4 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	9
4.1 Historia	9
4.2 3D-mallinnus	9
4.3 CATIA	10
4.4 Layout-mallinnus	10
4.5 Parametrisointi	11
5 LAYOUT-MALLIN KEHITYS	12
5.1 Runko	12
5.2 Pohja-allas	13
5.3 AHR-kennot	13
5.4 Pesurilohko vedenerotuslevystöllä	14
5.5 Pesurilohko pisaranerotuslevystöllä	14
5.6 CHR-kennot	14
5.7 Muuntolohko	15
5.8 Viemäröinti	15
6 TYÖPROSESSI	16
6.1 Valmistelevat työvaiheet	16

6.2	Prosessin tavoitteet	16
6.3	Haasteet	17
6.4	Kehitysmahdollisuudet	18
6.4.1	Lujuuslaskenta	18
6.4.2	Huolto- ja hoitotasot	18
6.4.3	Detail suunnittelua ohjaava skeleton	18

7	YHTEENVETO	19
----------	-------------------	-----------

	LÄHTEET	20
--	----------------	-----------

LIITTEET

Liite 1. Layout-mallin käyttöohje. (Salassa pidettävä, ei julkaistu)

Liite 2. Kuvia RP-tornista. (Salassa pidettävä, ei julkaistu)

KUVAT

Kuva 1.	Valmetin tie eteenpäin (Valmet 2019c.)	9
Kuva 2.	Ilma-ilma levylämmönvaihdin (Plate heat exchanger 2019.)	11
Kuva 3.	Ilma-ilma putkilämmönvaihdin (Tubular heat exchanger design, 2019.)	11
Kuva 4.	Ilma-vesi lämmönvaihdin (Ilma-vesi lämmönvaihdin Valmet, 2019.).	12

KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Lyhenteen selitys
Tie eteenpäin	Valmetin käyttämä nimitys strategiasta
LTO	lämmön talteenotto
EMEA	Euroopan, Lähi-Idän ja Afrikan maantieteellinen alue
konesali	tehdasrakennuksen osa, jossa paperikone sijaitsee
kuivatusosa	paperin kuivatusprosessin osa, jossa vettä poistetaan haihduttamalla
huuva	paperikoneen konesalin ja kuivatusosan erottava rakenne
nollavesi	prosessin kiertovesi, joka sisältää paperimassakuituja
RP-Torni	uuden lämmön talteenottotornin työnimi
AHR-kenno	ilma-vesi lämmönvaihdin, Valmet tuotenimi
CHR-kenno	ilma-ilma lämmönvaihdin, Valmet tuotenimi
duplikointi	CATIA termi mallin uudelleenkäyttämiseksi (ohjelman kopia+liitä toiminto)
attribuutti	kappaleen ominaisuus
skeleton	mallin osa, johon luodaan ohjaavia tai informatiivisia komponentteja
rinnakkaisuunnittelu	työmenetelmä, jolla poistetaan layout- ja detail-suunnittelun päällekkäisyyksiä.

1 JOHDANTO

Valmet Technologies Raision ilmalaiteyksikön Huuva- ja lämmöntalteenotto -tuoteryhmässä on aiemmin aloitettu uuden lämmön talteenottotornin kehitys, jossa tavoitteena oli yhdistellä kahden aiemman tornimallin käytännössä hyväksi todettuja ominaisuuksia. Lopputuloksena oli tavoitteena luoda uusi torni, joka on ominaisuuksiltaan edellisiä parempi ja hinnaltaan paremmin kilpailukykyinen.

Idea työhön tuli Huuva ja lämmön talteenotto-tuoteryhmän esimieheltä kesän 2019 aikana. Uudenmallisen lämmön talteenottotornin kehitys oli edennyt vaiheeseen, jossa koettiin tarpeellisenä askeleena layout-mallin luominen ja tarpeellisten levyosien uudelleen mallintaminen. Nyt tuote voitaisiin kaupallistaa.

Työn tavoitteena on tuotekehityksen ja suunnittelun yhteistyössä luoda uuden lämmön talteenottotornin, RP-tornin CATIA V6 layout-malli. Layout-mallin tulisi palvella mahdollisimman hyvin kaikkia asiakkaille tarjottavia torniversioita, jotta malli olisi mahdollisimman monikäyttöinen tulevaisuuden projekteja ajatellen. Tavoitteeksi asetettiin myös rinnakkaissuunnittelun näkökohtien huomioiminen, jolloin detail-mallinnuksen työmäärä kevenisi tornin suunnitteluprosessissa asiakasprojekteissa.

Opinnäytetyöprojektin alkuvaiheessa tunnistettiin tarve myös tuoda malliin ominaisuuksia, jotka mahdollistaisivat tornin lujuustarkastelua suoraan layout-mallista. Työn loppuvaiheessa layout-mallin käyttöönoton helpottamiseksi luotiin mallin periaatteisiin tutustuttava ja käyttöä avustava suunnitteluohje (liite 1).

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan RP-tornin layout-mallin suunnittelua ja rinnakkais-suunnittelun kehittämistä kyseisessä konstruktiossa. Layout-malliin liittyen tuotettiin tulevaisuuden projektien tarpeita vastaamaan 2D-työkuva tornin rungon mitoitusperiaatteista.

2 VALMET OYJ

2.1 Historia

Valmetilla on teollista historiaa yli 220 vuoden ajalta. 1900-luvulla osaksi Valmetia päätyi Suomenlinnassa 1750-luvulla toimintansa aloittanut allastelakka. Valmetille on muodostunut yritysostojen ansiosta laaja historia. Useimmat osat modernia Valmetia on perustettu 1800-luvulla: Karlstad Mekaniska Werkstad 1865, Beloit corporation 1858 ja Sunds Bruk 1868.

1950-luvulla Valmet otti ensiaskeleita nykymuotoisen toimintamallin suuntaan ja aloitti paperikoneiden valmistuksen Jyväskylän Rautpohjassa. Ensimmäinen paperikoneen toimitus Rautpohjasta tapahtui vuonna 1953.

Vuosituhanen loppupuolella Valmet järjesteli organisaatiotaan uudelleen tavoitteena keskittyä paperikoneisiin ja niihin liittyvään teknologiaan. 1980- ja 1990-luvulla luovutettiin laivanrakennuksesta, kiskokaluston, hissien ja traktoreiden valmistuksesta. Uusina hankintoina Valmetin ydintoimintoihin lisättiin osaamista: Wärtsilä Järvenpää (jälkikäsitelylaitteisto), Karlstad Mekaniska Werkstad (kokonaistoimittaja) ja Tampella Papertech (kartonkikoneet).

Valmetin ja Rauman fuusion seurauksena 1.7.1999 syntyi yhtiö nimeltä Metso. Valmet oli osana Metsoa 31.12.2013 asti, jolloin Metsosta eriytettiin Valmetiin massa, paperi ja voimantuotanto -liiketoiminta ja Metsoon kaivos, maarakennus ja automaatio -liiketoiminta. (Valmet 2019c.)

Valmet vahvisti asemaansa prosessiteollisuuden kokonaistoimittajana vuonna 2015 ostamalla Metsolta prosessiautomaatiojärjestelmät-liiketoiminnan.

2.2 Yrityksen nykytilanne

Valmet Oyj on globaali konserni, jonka palveluksessa on noin 13 000 työntekijää. Julkisesti OMX-Helsingin pörssissä noteeratun yhtiön suurin omistaja on Suomen valtion sijoitusyhtiö Solidium 11,84% omistuosuudella. (Valmet 2019d) Valmetin liikevaihto vuonna 2018 oli 3,3 miljardia euroa.

Valmetin liiketoiminta koostuu neljästä liiketoimintalinjasta:

- paperit
 - Kartonki, paperi-, pehmopaperikoneet ja uudistukset
- sellu ja energia
 - Biomassan jalostus, energian ja sellun tuotanto
- automaatio
 - Automaatiojärjestelmien kokonaistoimitukset ja yksittäisiä mittauksia sisältävät automaatiotratkaisut
- palvelut
 - elinkaaripalvelut, tehdasparannukset ja varaosapalvelut.

Valmetin jokainen liiketoimintalinja operoi kaikilla viidellä liiketoiminta-alueella, jotka ovat Aasian ja Tyynenmeren alue, Kiina, EMEA, Pohjois-Amerikka ja Etelä-Amerikka.

2.3 Strategia

Valmetin tie eteenpäin (kuva 1) koostuu neljästä osa-alueesta: missio, strategia, painopisteet ja visio. Näiden osa-alueiden tukena ovat yrityksen arvot ja maailmalla vaikuttavat megatrendit. (Valmet 2019b.)



Kuva 1. Valmetin tie eteenpäin. (Valmet 2019c.)

Valmetin päämääränä on edistää asiakkaiden kilpailukykyä ja olla alansa paras toimija asiakkaidensa palvelemisessa. Tulevaisuuden ratkaisut ja kestävä kehitys huomioonottaminen luotaa Valmetin tietä eteenpäin.

Kestävä kehitys huomioonottamiseksi Valmet käynnisti vuonna 2014 Sustainability 360 -ohjelman. Tavoitteena on käsitellä vastuullisuutta koko toiminnan osalta seuraavalla jaotuksella (Valmet 2019a):

- kestävä hankintaketju
 - työterveys
 - turvallisuus
 - ympäristö
- ihmiset ja suorituskyky
 - vastuulliset ratkaisut
 - yrityskansalaisuus.

3 LÄMMÖN TALTEENOTTO

Kuivatusosa kuluttaa paperiradan kokonaisenergiasta n. 11%. Kuivatusosan päätehtävä on kuivata paperirainasta puristinosan jättämä kosteus. Kuivatusosalla kosteuden poisto toteutuu lämpöenergian aiheuttaman haihtumisen avulla. Primäärikuivausmetodina kuivatusosalla käytetään sylinterikuivausta, jossa paperirataa ohjaaviin sylintereihin johdetaan kuumaa höyryä. Menetelmän kehitti John Dickinson 1817. Kuivatusosalla paperimassan kosteudesta poistuu n. 97%. Paperikoneiden kuivatusosille asetetaan seuraavat perusvaatimukset

1. kuivatuskapasiteetti
2. laatu
3. ajettavuus kuivatusosalla
4. hyvä energiatalous.

Energian kustannus muodostaa 1/3 kuluista paperintuotannossa.

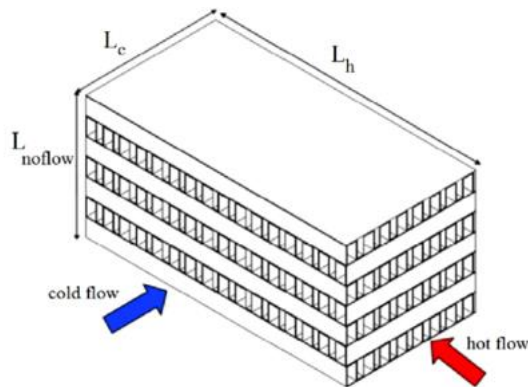
Lämmön talteenoton tärkein tehtävä on taloudellisesti optimaalasti uudelleen käyttää prosessiin syötettyä energiaa. Tämä energia kerätään lämmön talteenottojärjestelmään huuvan poistoilmakanavistoista. Lämmön talteenottojärjestelmän suunnittelu on enemmän taloudellista optimointia, kun vain teknologisten näkökohtien huomioimista. (Karlsson 2010, 463.)

Lämmön talteenoton suunnitteluun vaikuttavat päätekijät ovat tuotantolaitokseen hyödynnettävissä oleva lämpöenergia ja paikallinen energian hinta. Huomioitavaa on myös käytettävissä oleva tila. (Karlsson 2010, 463.)

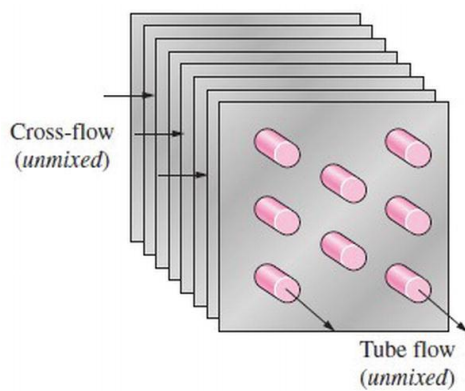
Lämmön talteenottojärjestelmä koostuu usein monesta erillisestä lämmönvaihtimesta, joiden toiminta perustuu erilaisiin tekniikoihin. Paperi- ja selluteollisuuden lämmön talteenottojärjestelmissä on yleisesti käytössä kolme erityyppistä lämmönvaihdinta.

3.1 Ilma-ilma lämmönvaihdin

Ilma-ilma lämmönvaihtimessa lämmönvaihto tapahtuu levypinnoilla, jotka eristävät ristikkäiset ilmavirtaukset toisistaan. Ilma-ilma lämmönvaihdin voi olla levyrakenteinen (kuva 2) tai putkirakenteinen (kuva 3) lämmönvaihdin. Lämmönvaihtimessa huuvan kuuma ja kostea poistoilma lämmittää ristivirtauksessa viileämpää ilmavirtaa, kuten kuivatusosan korvausilmaa tai konosalin ilmanvaihtoa. (Karlsson 2010, 467.)



Kuva 2. Ilma-ilma levylämmönvaihdin. (Turgut 2015).



Kuva 3. Ilma-Ilma putkilämmönvaihdin. (Ezgi, C. 2017.)

3.2 Ilma-vesi lämmönvaihdin

Ilma-vesi lämmönvaihtimessa kuuma ja kostea poistoilma lämmittää vesivirtausta (kuva 4), joka voi olla: nollavesi, puhdas vesi tai vesiglykoli-seos. Nollavettä käytettäessä tulee ottaa huomioon järjestelmään ajautuvat epäpuhtaudet, jotka heikentävät järjestelmän suorituskykyä ja tukkivat järjestelmää. Nollavettä käytettäessä järjestelmään on suunniteltava mahdollisuus puhdistukselle, kuten painevesi tai harjapuhdistus. (Karls-son 2010, 468.)



Kuva 4. Ilma-vesi lämmönvaihdin.

3.3 Pesurilohko vedenerottimella tai pisaraloukulla

Pisaraloukun ja pesurilohkon tehtävä lämmön talteenottotornissa on irrottaa ilmavirtauksesta nestepartikkeleja, kuljettaa partikkelit viemäriverkostoon ja puhdistaa alla olevia komponentteja.

Pesurilohkossa poistoilma ja vesi ovat suorassa kontaktissa toisiinsa. Pesurilohkon sisällä on suihkutussuuttimia, joista vettä suihkutetaan ilmavirran kulkusuuntaa vastaan. Lohkoissa on sisällä viistoon asennettu levystö, joka kerää nestepartikkeleita ja valuttaa partikkelit lohkon sisäiseen vesikouruun, josta partikkelit valuvat viemäriputkeen. Lohkoihin on asennettu pesuriputkia, jotka kuljettavat pesunestettä alaspäin suunnattuihin suuttimiin. Suuttimet sumuttavat pesunesteen alla olevien komponenttien puhdistettaviin pintoihin tietyin pesusyklein. Pisaraloukun ja pesurilohkon rakenne on useimmiten samankaltainen. Molempien moduulien komponentit ovat joko täysin samanlaisia tai pienin muutoksin erikaltaisia toisiinsa nähden. (Karlsson 2010, 469).

3.4 Järjestelmät

Lämmön talteenottojärjestelmä koostuu paperi- ja selluteollisuudessa usein monesta osajärjestelmästä, koska koko poistoilmamäärän kuljettaminen yhteen kohteeseen kookkaita kanavistoja pitkin olisi epäedullista. Yksittäistä osajärjestelmää, johon syötetään poistoilmaa, kutsutaan LTO-torniksi.

Perinteisissä talteenottojärjestelmissä LTO-tornit olivat usein identtisiä keskenään. Nykyaikaisessa paperikoneessa tai kartonkikoneessa, jossa ajettavuuslaitteet, lämmityskohteet ja ilmanvaihto ovat monimutkaisempia, joka on yleistä, että talteenottoyksikössä on eri kokoisia ja eri tyyppisiä lämmönvaihtimia.

3.5 Uusi RP-Torni

Uudenmallinen lämmön talteenottotorni (liite 2, sivu 7) ei poikkea merkittävässä määrin termodynaamisilta ominaisuuksiltaan Valmetin aiemmista ratkaisuista (liite 2, sivu 2). Muutoksissa vanhaan versioon nähden pääpaino on rungon kehittämisessä, tornin elementtien välisissä rakenteissa ja viemäroinnissä. Näillä muutoksilla pyritään saavuttamaan rahallisia säästöjä materiaalien ja työvaiheiden yksinkertaistumisen avulla ja tilasäästöä pienemmän lattian pinta-alan avulla.

Tornin perusratkaisut mahdollistavat myös yksinkertaisemman asennustavan. Asennuksessa virhemahdollisuuksien vähentäminen voidaan katsoa johtavan suoraan parantuneeseen lopputuotteeseen. Ratkaisemalla ongelmia siten, että on hankalaa tehdä asennusvaiheessa virheitä, tuotteesta tulee valmistajan ja asiakkaan kannalta laadukkaampi. Edellä mainitut ominaisuudet korostuvat, kun kyseessä on Valmetin kaltainen toimija, joka ostaa valmistus ja asennuspalveluja ulkopuolisilta toimijoilta.

RP-Tornissa pääkomponentit ovat seuraavat

- runko
- pohja-allas
- ilma-ilma lämmönvaihtimet
- ilma-vesi lämmönvaihtimet
- pesurilohkot pisaraloukulla tai vedenerottimella
- muuntolohko.

Edellä mainittujen komponenttien koko ja määrä vaihtelee tuloilma määrän ja lämmön talteenottotarpeen mukaisesti. Tornin tuloilman määrä ja haluttu lämmön talteenottokapasiteetti muodostuu projektin applikointivaiheessa Valmetin ja asiakkaan yhteistyössä. Edellä mainittujen tietojen perusteella toteutetaan termodynaaminen simulointi, jonka perusteella määritellään torniin tuoterajoitteiden mukaan sopivimmat komponentit.

4 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

4.1 Historia

Pohjatyö kolmiulotteiseen suunnitteluun luotiin 1960-luvulla, jolloin yritykset mm. Renault, Ford ja Lockheed Martin tunnistivat tarpeen tietokonepohjaisen suunnittelun kehittämiseen. Ensimmäiset tietokonemallinnusohjelmat jäljittelivät perinteisen piirtotyön mallia 2D-maailmassa.

Lentokone- ja autoteollisuus alkoivat kehittää pintamallinnustyökaluja, koska aiemmilla työmenetelmillä näiden ominaisuuksien tekninen dokumentointi oli haasteellista ja kallista. Tämä kehitys koettiin tärkeäksi ja arvokkaaksi, joten Renault perusti UNISURF-nimisen yrityksen. UNISURFista tuli myöhemmin tärkeä osa CATIA-ohjelmistoa.

1980-luvun loppupuolella MAGI Syntha Vision -ohjelmistosta tuli ensimmäinen kaupallisesti laajassa käytössä ollut todellinen 3D-mallinnustyökalu. (Cad history 2020.)

4.2 3D-mallinnus

3D-mallinnuksella on kolme pääsuuntausta, johon se jaetaan: pintamallinnus, levymallinnus ja kappalemallinnus. 3D-mallinnukseen olennaisena osana liittyy mallien hallittavuuden säilyttäminen ja ymmärtäminen.

Valmetin kaltaisen suuren toimijan projekteissa useat toimipisteet ja tuoteryhmät työskentelevät samanaikaisesti projektin parissa. Monimutkaisten ja suurien kokonaisuuksien suunnittelussa kokonaisuuden hallittavuus on tärkeää. Edellä mainituista syistä on oleellista, että kokonaisyymmärrys ja periaatteet ovat kaikilla toimijoilla hallussa. Yleisen tiedon perusteella voidaan sanoa, että suunnittelussa huomattu virhe on huomattavasti edullisempi korjata kuin myöhemmin tuotannossa ilmennyt virhe.

Muokattavuuden ja hallittavuuden apuvälineeksi on kehitetty useita menetelmiä, joista yksi on Skeleton-mallinnus. Skeleton-osa luodaan kokoonpanoja tai yksittäisiä osia ohjaavaksi tai informatiiviseksi komponentiksi. Skeleton-osaan luodaan sidokset, parametritiedot ja informaatiota kokonaisuuden muodostamiseksi. Skeleton-mallinnusta käytetään, jotta kyetään välttämään tilanne, että toiseen osaan tehty sidos hajoaa tai tieto hajoaa. Näin voi tapahtua, kun osaa muutetaan tai osa poistetaan kokoonpanosta.

4.3 CATIA

CATIA – Computer Aided Three-dimensional Interactive Application, eli tietokoneavusteinen kolmiulotteinen interaktiivinen sovellus on ranskalaisomisteisen Dassault Systèmesin kehittämä kaupallinen suunnitteluohjelma.

CATIA-kehitys alkoi 1997 Dassaultin Mirage-hävittäjän kehitysprojektin yhteydessä. Uusin versio CATIA V6 -suunnitteluohjelma julkaistiin 2008. (First-Rate 2019). Ilmailuteollisuuden laajasti käyttämää CATIA V6 -suunnitteluohjelmaa pidetään korkean luokan suunnitteluohjelmana, jossa on monipuoliset yhtenäissuunnittelu mahdollisuudet. (3DSMAN 2019.)

CATIA V6-suunnitteluohjelma on ollut julkaisustaan asti päätyökalu Valmetin paperi- ja sellukonesuunnittelussa. CATIAN laaja sovelluskirjo ja yhdenaikaisen suunnittelun ominaisuudet tukevat hyvin isojen prosessiteollisuuden kokonaisuuksien suunnittelun tarpeita Valmetilla.

4.4 Layout-mallinnus

Layout-suunnittelussa Valmetilla tavoitteena on luoda kokonaismalli, jossa näkyy laitteiden ja koneiden sijoittelu ja niiden liittynät rajapinnoissa. Layout-mallinnuksessa käytetään yleisesti yksinkertaisia tilanvarausmalleja pelkistetyin muodoin. Tietokoneiden laskentateho pakottaa käyttämään yksinkertaistettuja malleja, joissa ei ole esitettyä kaikkia piirteitä. Näiden pelkistettyjen layout-mallien ominaisuuksien mukaisesti tehdään detail-tason suunnittelutyö. Yksi tämän opinnäytetyön näkökohdista on luoda mahdollisimman optimaalinen layout-malli, jota voitaisiin mahdollisuuksien mukaan hyödyntää rinnakkaissuunnittelussa.

Rinnakkaissuunnittelulla tarkoitetaan mahdollisuuksia tuoda detail-tason ominaisuuksia layout-malliin, jolloin mallia voitaisiin suoraan hyödyntää ja täten poistaa prosessista ylimääräisiä työvaiheita. Lisäksi Layout-malliin pyritään tuomaan komponentteja, jotka ohjaavat suoraan Detail-mallintajan työtä, jolloin vältetään hukkatyötä.

Layout-mallin suunnittelussa pitää ottaa huomioon myös helppokäyttöisyys ja erilaiset käyttäjäryhmät. Mallin tulisi olla johdonmukainen ja helposti ohjaitavissa. Lisävaatimuksia aiheuttaa myös projektien alussa esiintyvä kiireinen jakso, jolloin on tarpeellista saada pikaisesti mallinnettua alustava layout-suunnitelma.

4.5 Parametrisointi

Parametrisella mallinnuksella suunnittelija pyrkii luomaan mallin, jota pystytään käyttämään useassa erilaisessa konstruktiossa pienillä muokkauksilla. Yksi parametrisen mallinnuksen kuvaavista piirteistä on toisiinsa liittyvät attribuutit, jotka muokkautuvat suhteessa toisiinsa. Parametriset mallit koostuvat usein matemaattisista yhtälöistä.

Suunnittelumallin parametrisoinnilla pyritään luomaan monikäyttöinen malli, jota pystyy helposti ja nopeasti muuttamaan haluamaansa konstruktioon. Kokoonpanoparametrien avulla on mahdollista ohjata yhtä tai useampaa osaa tai kokoonpanoa.

Vaihtoehto yksittäisen osan tai kokoonpanon parametrisoinnille on käyttää Design table -ominaisuutta CATIAssa. Design-table ominaisuus antaa käyttäjälle mahdollisuuden syöttää parametreja, numeraalisia arvoja ja loogisia operaattoreita (esim.: Yes, no ja and) suoraan Excel-taulukon ja täten ohjata mallin piirteitä ja ominaisuuksia.

Parametreja osaan tai kokoonpanoon tehdessä tulee aluksi tehdä tarkkaa harkintaa, mitä ja miksi tehdään. Myöhemmin ongelmaksi muodostuu, miten halutut asiat ovat toteutettavissa. Hienostuneemmilla malleilla on mahdollisuus ratkaista useita erilaisia konstruktioita pienellä vaivalla, mutta taitamattoman käyttäjän käsittelyssä hienostunut malli on hyödytön. Taitamattomalla käyttäjällä menee kohtuuton aika päätellä, miten mallinnusratkaisut ovat toteutettu ja siksi kiireellisissä tapauksissa vaihtoehtona on poistaa hienoudet mallista.

Opinnäytetyön viiteryhmän kanssa ratkaisuja suunniteltaessa pyrittiin löytämään osapuolia tyydyttävä ratkaisu, jotta noudatettaisiin edellisten layout-mallien filosofiaa ja tuotaisiin mukaan uusia hyviä käytäntöjä.

5 LAYOUT-MALLIN KEHITYS

5.1 Runko

Mallinnustyö aloitettiin rungon mallinnuksella, koska rungon ympärille rakentuvat muut komponentit (liite 2, sivu 3). Rungon mallinnuksessa ja parametrisoinnissa (liite 2, sivu 1) huomioonotettavia tekijöitä olivat, erilaiset runkokoot, mahdolliset lisätuennat, risti-tuennat, erilaiset jalat ja välikehykset. Tarkoituksena runkokoonpanoja CATIAlla luotassa oli tuoda esille kaikki mahdolliset rakenteet ja tuet, jota lopullisessa kokoonpanossa voisi olla.

Kokoonpanot ja parametrit niille luotiin siten, että kokoonpanojen muokkaus olisi selkeää ja johdonmukaista. Tärkeä huomioonotettava tekijä oli, että objektien välille ei syntyisi sellaisia sidoksia, jotka vaativat korjaavia toimenpiteitä, kun kaikkia osia ei duplikoida projektissa käytettävään malliin.

Itse rungon ulkomuotoa ja komponentteja määrittävät tekijät ovat seuraavat

- CHR-kenno
 - koko
 - määrä
- AHR-kenno
 - koko
 - määrä
- olosuhteet
 - tuulikuorma
 - mahdollinen sijainti maanjäristysalueella.

Edellä mainittujen tietojen perusteella suunnittelija tekee valinnat, mitä ominaisuuksia ja komponentteja hän duplikoi projektin layout-malliin alkuperäisestä layout-mallista. Duplikoinnin jälkeen jää joskus tarve myös muokata komponenttien ominaisuuksia sopiviksi kyseisen projektin tarpeet huomioon ottaen.

Rungon komponentteja ovat seuraavat

- pystytuet
- vaakatuuet
- ristituuet

- välikehykset
- perustusosat. (liite 2, sivu 4)

5.2 Pohja-allas

Rungon mallinnuksen jälkeen luonnollista on siirtyä rakentamaan runkoon kiinnittyviä osia alhaalta ylöspäin. Ensimmäinen tornin moduuli on pohja-allas. Pohja-altaan tarkoitus on vastaanottaa prosessista tuleva poistoilma ja kääntää ilmavirtauksen suunta vertikaaliseksi (liite 2, sivu 9). Lisäksi pohja-allas toimii RP-tornissa kaiken viemäroinnin keräävänä komponenttina.

Pohja altaan kokoon vaikuttaa yllä olevien komponenttien äärimitat ja pohja-altaaseen liittyvän ilmakehän koko. Pohja-altaan parametrisoinnissa pituusparametreilla pyrittiin luomaan mahdollisimman helppokäyttöinen moduuli. Altaan syvyyttä, leveyttä ja pituutta tulisi pystyä muokkaamaan yksittäisillä parametreilla. Lisäksi parametreilla ohjataan altaan liitospintojen kokoja ja rei'itystä.

Lisäksi layout-malliin vaikuttavia tekijöitä ovat tulevat ja lähtevät viemärointiliitännät ja huoltoluukut. Huoltoluukkujen ja viemärointien paikkoja ja kokoja tulisi myös pystyä muokkaamaan. Skeleton-osaan tehtyjen sidostasojen avulla luotiin myös mahdollisuus sijoittaa pohja-allas 90 astetta eri asentoon, jos suunnittelijan on tarve toteuttaa tämänkaltaisen konstruktio. Tuloilmakanavan paikkaa määrittävä tekijä voi olla esim. tilan ahtaus tai muut rajoittavat tekijät.

5.3 AHR-kennot

AHR-kennostojen mallinnus- ja parametrisointityö aloitettiin perehtymällä aiempaan kennoratkaisuun ja sen eroavaisuuksiin RP-tornin detail-tason ratkaisuun (liite 2, sivu 6). Eroavaisuuksina löydettiin ainoastaan ylä- ja alapintojen laippamuodot.

Eroavaisuuksien tutkimisen jälkeen seuraava vaihe oli luoda sopiva layout-malli yhdestä AHR-kennosta. Tämän jälkeen duplikoinnilla ja pienillä muokkauksilla luotiin siitä muut Valmetin tarjoamat kennoversiot. AHR-kennot ovat vakiomittaisia, joten parametrisointia tai muita erityistä pohdintaa vaativia elementtejä niiden luomisessa ei ollut.

5.4 Pesurilohko vedenerotuslevyystöllä

Pesurilohkon (liite, sivu 5) tarkoituksena on erottaa ilmavirtauksen mukana kulkevaa nestettä mahdollisimman paljon ja valuttaa neste tornin sisäiseen viemäröintiin rännistössä pitkin. Pesurilohkossa on lisäksi pesuriputkia, joiden tarkoitus on suihkuttaa alla oleviin CHR-kennostoihin pesuvettä. Pesuvedellä pyritään pitämään kennostot puhtaampana, jotta saavutetaan parempi lämmönvaihtimen hyötysuhde.

Vedenkeruulohko on ulkomitoiltaan CHR-moduulin kokoinen ja parametrisoinnilla pyritään luomaan mahdollisimman helpoksi muokata kokonaisuus tätä vastaavaksi. Lisäksi vedenkeruulevyystöön kuuluu kokonaisuuden huoltamiseen ja puhdistamiseen vaadittavia luokkuja, joiden sijainteja layout-mallissa täytyy pystyä tarpeen mukaan muuttamaan. Vedenkeruulohkon ylä- ja alaliitospintojen tulee myötäillä vastinpintoja riippumatta kyseisestä vastinpinnasta. Useimmiten RP-tornin konstruktiossa alapuolen vastinpintana on CHR-lohko ja yläpuolen vastinpintana on muuntolohko. Näiden liitospintojen muokkaamiseen luotiin tarpeenmukaiset pituusparametrit.

5.5 Pesurilohko pisaranerotuslevyystöllä

Pesurilohko pisaranerotuslevyystöllä eroaa ainoastaan lohkon sisällä olevilta levyosilta pesurilohkosta, jossa on vedenerotuslevyistö. Nämä komponentit RP-tornissa ovat identtisiä aiemman lämmön talteenottotornin kanssa, joten komponentit duplikoitiin CATIAlla uuteen rakenteeseen muokkaamattomina. Duplikoidut komponentit asetettiin paikalleen engineering-connectioneilla (constraint).

5.6 CHR-kennot

CHR-kennojen mallinnuksessa on sovellettava ratkaisumalleja, joissa tähdätään lopputulemaan missä voidaan toteuttaa minkä vaan levyinen kennopaketti pienillä muokkauksilla. CHR-kennoissa leveys määrittyy simuloinnista saatujen arvojen mukaan ja leveys voi vaihdella 500-2300mm:n välillä.

CHR-kennoston läpi virtaa kuuma ja kostea poistoilma ensimmäisenä pohja-altaan jälkeen ja ristivirtauksessa tämän kanssa on lämmitettävä prosessin korvausilma. Ristivirtauksen kuljettava kanava liittyy kanavalaipalla CHR-kennoon tai useamman CHR-

kennon muodostamaan moduuliin. Edellä mainitun kanavalaipan rei'itys tulee olla sovitujen käytäntöjen mukainen ja samanlainen CHR-kennoston tulo- ja lähtöpuolella. CHR-kennoja voi olla vierekkäin (liite 2, sivu 8), päällekkäin tai yksittäiskappaleena tornissa ja nämä tukeutuvat pohja-altaan välikehyksen ja lisätukien päälle.

5.7 Muuntolohko

Muuntolohkon tarkoituksena RP-tornissa on kerätä tornin leveys- ja syvyysuuntaiset muodonmuutostarpeet yhteen komponenttiin. Tällä ratkaisulla kyetään pitämään muut komponentit kuten pesurilohkot useimmissa tapauksissa vakiokokoisina.

Nämä muodonmuutostarpeet koostuvat CHR- ja AHR-kennostojen leveys- ja syvyys-suunnan eroavista mitoista. Kartion positio tornissa asettuu edellä mainittujen mitoitusien mukaisesti ensimmäisen pesurilohkon ylä- tai alapuolelle. Suunnittelija tekee kyseisen valinnan, kun on selvää, onko CHR- vai AHR-kennosto ulkomitoiltaan leveämpi

Muuntolohkon parametrisoinnilla päädyttiin ratkaisuun, jossa muutamalla muutoksella pystytään muokkaamaan suorakulmaisen lohkon ylä- ja alapintojen pinta-alaa. Näillä valinnoilla kyetään ratkaisemaan muodonmuutostarpeet.

5.8 Viemäröinti

Tornin viemäröinnin tarkoitus on johtaa ilmapirrasta erotettu neste tuotantolaitoksen viemäriverkostoon käsiteltäväksi. Tornin viemäröintiin kulkeutuu vettä pesurilohkoista ja pohja-altaasta.

Pohja-altaan osalta viemäröintiin mallinnettiin kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa tornista tehtaan viemäriverkostoon johdettavat nesteet ohjataan lohkon pohjasta ulos. Toisessa vaihtoehdossa nesteet ohjataan lohkon rungon sivulevystä viemäriverkostoon. Tämä valinta toteutettiin siksi, ettei useinkaan ole projektia aloitettaessa tiedossa, miten toteutus tapauskohtaisesti järjestetään. Pesurilohkojen viemäröinti mallinnettiin liittymään ulkoisen viemäröinnin putkeen. Kummankin pesurilohkon viemäröinti nesteet johdetaan pohja-altaan sivulle tai pohja-altaaseen tapauskohtaisesti.

6 TYÖPROSESSI

6.1 Valmistelevat työvaiheet

Luvussa käsitellään prosessia kokonaisuutena ja analysoidaan tarkemmin lopputuotteen vaikuttaneita seikkoja. Osuudessa käsitellään myös työssä ilmenneitä haasteita ja jatkokehitysmahdollisuuksia.

Valmisteleviin työvaiheisiin olennaisena osana kuului aiheeseen tutustuminen ja oleellisen tiedon kerryttäminen. Apuna tässä vaiheessa käytettiin monipuolisesti kirjallisuutta ja asiantuntijoiden haastatteluja Valmet Raision toimipisteessä. Lisäksi tarpeellista oli kokeilla vaihtoehtoja monimutkaisempien parametrisoitujen kokonaisuuksien mallintamiseen.

Oleellista oli haastattelujen kautta kerryttää kahdenlaista osaamista ja tietoa: mallin-
nusmahdollisuuksien, hyvien käytäntöjen osaaminen ja järjestelmätietous. Itse tuote-
ryhmän suunnittelijat olivat tässä avainasemassa omilla tiedoillaan.

Prosessin alkukartoitusten jälkeen katsottiin tarpeelliseksi pitää tapaaminen, jossa ryhmässä ideoitiin, miten toteutus olisi loogisin ja käytännöllisin käyttäjän näkökulmasta. Lisäksi tarkasteltavina olivat rinnakkaissuunnittelun näkökulmat ja rajoitteet. Tämän tapaamisen pohjalta ja matkan varrella lisätietoja keräten prosessi eteni johdonmukaisesti.

6.2 Prosessin tavoitteet

Opinnäytetyöprosessin tavoitteena oli luoda parametrisoitu 3D-malli, josta kyetään luomaan pienin muutoksin useimmat lämmön talteenottotornin versiot tulevilla projekteissa. Lisäksi tavoitteena oli luoda malliin ominaisuuksia, joiden avulla olisi mahdollisuus suorittaa lujoustarkasteluita suoraan layout-mallista. Tavoitteena oli myös kehittää rinnakkaissuunnittelun näkökohtia.

Parametrisoidun 3D-layout-mallin suunnittelu osoittautui kohtuullisen työlääksi prosessiksi annetussa aikataulussa ja se omalta osaltaan vei suurehkon osuuden suunnittelusta aikataulusta.

Lujuustarkastelun näkökulmien huomioiminen tuli isolta osalta luonnostaan tässä mallinnusprojektissa, koska layout-malli luotiin poikkeuksellisen detail-tasoisesti. Detail-tason mallinnus oli toteutettava myös rinnakkaissuunnittelun näkökohtien huomioimiseksi. Lujuustarkastelun osalta layout-suunnittelun työvaiheeksi tulee arvioida laskeamalla kenno komponenttien ja pesurilohkojen massoja. Nämä massalukemat vaaditaan lujuustarkastelun mahdollistamiseksi.

Rinnakkaissuunnittelun näkökohtia lähdettiin huomiomaan kahta reittiä. Ensimmäinen toimenpide oli mallintaa mahdollisuuksien mukaan komponentteja detail-tasoisesti, jolloin jäisi ylipäätään vähemmän mallinnettavaa jatkossa. Kaikkea ei kuitenkaan järkevästi voida mallintaa detail-tarkkuudella. Tämä ei ole mahdollista huomioon ottaen nykyaikainen tietotekniikka. Lisäksi rinnakkaissuunnittelua tukemaan luotiin detail-suunnittelijaa ohjaava skeleton-rakenne. Tämä skeleton-rakenne olisi layout-suunnittelijan ohjaama ja vaikuttaisi suoraan myös detail-suunnittelijan mallinnukseen. Kyseisen periaatteen käyttöönotto ja ohjeistus rajattiin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

6.3 Haasteet

Projektin suurin haaste oli luoda helppokäyttöinen layout-malli, joka olisi pienellä vaivalla muutettavissa useimpien projektien tarpeeseen. Laajan ja useita eri ominaisuuksia vaativien komponenttien perusmallinnus osoittautui jo paljon aikaa vieväksi kokonaisuudeksi. Edellä mainittujen komponenttien muokkaaminen skaalautuviksi kokonaisuuksiksi kulutti myös huomattavan määrän aikaresursseja projektin aikana.

Oman haasteensa tuotti ajan mittaan muuttuneet vaatimukset mallinnuksessa. Aiemmat lämmön talteenottotornin layout-mallit olivat mallinnettu tekniikalla, jota ei ole hyväksyttävää enää käyttää Valmet suunnittelussa CATIA V6 -ohjelmassa. Uudella toimintatavalla mallinnettu layout-malli vaatii käyttäjältään enemmän vaivaa ja harkintaa valmiin lopputuloksen aikaansaamiseksi. Edellä mainittu ainakin alkuun, kun käyttäjä on harjaantumaton uuden menetelmän käyttöön.

6.4 Kehitysmahdollisuudet

6.4.1 Lujuuslaskenta

Malli suunniteltiin vastaamaan lujuuslaskennan vaatimuksia. On koettu tarpeelliseksi, että lujuusmallinnus saataisiin tehtyä suoraan layout-mallista projektin alkuvaiheilla. Mallin runko ja komponentit vastaavat pääosin tätä ajattelua, mutta layout-mallille tyypillisesti paljon tornin komponentteja on jätetty pois. Lujuuslaskennan onnistumiseksi näiden komponenttien massakuormitus tulisi kyetä lisäämään kyseisten osien tai kokoonpanojen malleihin. Tätä työvaihetta helpottamaan olisi mahdollista luoda tiettyjen vakiokomponenttien massoista lista tai lisätä CATIA-ympäristöön kyseisiin komponentteihin niiden ominaisuuksien mukainen kuormitus.

6.4.2 Huolto- ja hoitotasot

Tornin runkorakenteeseen kuuluu huolto- ja tarkastustehtäviä mahdollistavan hoitotasojen ja portaiden suunnittelu. Tämä rakenne on olennainen osa toimitusta lämmön talteenottoprojekteissa. Tästä opinnäytetyöstä kyseisen rakenteen mallinnus ja parametrisointi rajattiin aikataulullisista syistä pois. Kyseinen rakenne tulisi kuitenkin olla mukana myös RP-tornin layout-mallissa kyseisen tornin periaatteiden mukaisesti.

6.4.3 Detail suunnittelua ohjaava skeleton

RP-tornin layout-malliin luotiin oma 3D-osa detail suunnittelua ohjaavalle skeletonille. Tämän 3D-osan sisälle luotiin tasoja, joita detail suunnittelijan tulisi ottaa omaan malliinsa käyttöön. Täten layout-suunnittelijan tekemät muutokset näkyisivät reaaliajassa, vaikka detail-suunnittelija olisi toisella puolen maapalloa. Tämän käyttöönotto ei kuitenkaan ole mahdollista ilman, että molemmat osapuolet tietävät mitä tehdään, miksi tehdään ja miten tehdään. Lisäksi mallissa alkuvaiheessa on vain muutamia tasoja, mutta pidemmän käyttökokemuksen perusteella voi olla tarpeellista luoda paljonkin ohjattavuutta lisää.

7 YHTEENVETO

Tuotekehitysprojektiin liittyvän lämmön talteenottotornin layout-mallin kehitys- ja mallinustyön tarkoitus oli luoda useille käyttäjärhmillä yksiselitteisesti operoitava ja yrityksen vallitsevien käytäntöjen mukainen 3D-malli. Aiemmin jotkin detail- ja layout-suunnittelun työtehtävät olivat jouduttu projekteissa tekemään kahteen kertaan. Mallin rinnakkaissuunnitteluominaisuuksilla pyrittiin poistamaan kyseistä hukkatyötä.

Pääasialliset käyttäjärhmät saavuttivat arviointitapaamisessa konsensuksen, että malli täyttää sille enakkoon asetetut vaatimukset. Viiteryhmä osoitti myös kiitosta mallin rinnakkaissuunnitteluominaisuuksista ja jatkokehityksen huomioista. Opinnäytetyöprojektin tuloksena oleva 3D-malli otetaan käyttöön projektikohtaisessa suunnittelussa RP-tornin toimituksissa.

Haasteen projektiin loi tasapainoilu helppokäyttöisyyden ja useiden torniversioiden kanssa. Toisaalta layout-mallin tulisi olla kaikille käyttäjärhmillä yksiselitteinen ja sillä pitäisi pystyä mallintamaan kaikki mahdolliset torniversiot, jolloin mallista tulee monimutkainen useine valintoineen.

Projektin aikataulutuksen ja alkutapaamisen mukainen työmäärä oli osapuolien osalta arvioitu alakanttiin. Työmäärän virhearvioinnista johtuen projektiin suunniteltu tuntimäärä ylittyi huomattavasti.

Raporttiin listatut kehityskohteet kirjattiin ylös yrityksen järjestelmiin. Jatkokehitystä malliin tullaan toteuttamaan resurssiallokaation niin salliessa.

LÄHTEET

Cadhistory: A Brief Overview of the History of CAD. Saatavilla 19.01.2020

<http://www.cadhistory.net/02%20Brief%20Overview.pdf> .

CATIA V7: When will it be released? Viitattu 15.12.2019 <https://3dsman.com/catia-v7/> .

First-Rate 2019. What is CATIA? Viitattu 19.9.2019 <https://www.firstratemold.com/what-is-catia/> .

Ilma-vesi lämmönvaihdin Valmet, Viitattu 19.9.2019. <https://valmetsites.secure.force.com/solutionfinderweb/SolutionFinderContents?productId=a015800000AoV2wAAF&materialType=&selectedLanguage=&searchName=&latestMaterial=> .

Karlsson, M. Papermaking Part 2, Drying. Paperi ja puu Oy: Helsinki.

Valmet 2019a. Kestävä kehitys Valmet. Valmet Oy kotisivut, Viitattu 11.9.2019 <https://www.valmet.com/fi/kestava-kehitys/kestavan-kehityksen-ohjelma/> .

Valmet 2019b. Suurimmat osakkeenomistajat Valmet. Valmet Oy kotisivut, Viitattu 11.9.2019 <https://www.valmet.com/fi/sijoittajat/osakkeenomistajat/suurimmat-osakkeenomistajat/> .

Valmet 2019c. Valmet yrityksenä. Valmet Oy kotisivut, Viitattu 11.9.2019. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/historia/> .

Valmet 2019d. Valmetin tie eteenpäin. Valmet Oy kotisivut, Viitattu 11.9.2019 <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/strategia/valmetin-tie-eteenpain/> .

Turgut, O. E. 2015. Hybrid Chaotic Quantum Behaved Particle Swarm Optimization Algorithm for Thermal Design of Plate Fin Heat Exchangers. Viitattu 11.9.2019, https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-cross-flow-plate-and-fin-heat-exchanger-10_fig1_279238795 .

Ezgi, C. 2017. Basic Design Methods of Heat Exchanger, Viitattu 11.09.2019. <https://www.intechopen.com/books/heat-exchangers-design-experiment-and-simulation/basic-design-methods-of-heat-exchanger>

