

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2019

Henna Toivonen

LAYOUT-POHJAINEN MALLINNUS

Valmet Technologies Oy

Henna Toivonen

LAYOUT-POHJAINEN MALLINNUS

Valmet Technologies Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua yhteen kattilamallinnuksessa käytettävään layout-tyyppiin ja tehdä selvitystyön perusteella siihen parannusehdotuksia. Valittu layout soveltuu toimeksiantajan leijupetikattilan suunnitteluun. Työn toimeksiantajana toimii Valmet Technologies Oy. Tavoitteena oli kirjoittaa auki valitun layoutin rakennetta ja löytää ratkaisuja suunnittelutyöliien yhdenmukaistamiseksi. Tavoitteena oli myös miettiä miten layoutia parantamalla saadaan poistettua ylimääräiset työvaiheet ja nopeutettua suunnittelutyötä. Layoutin loogisuuden arvioimiseksi vaadittiin perehtymistä kattilan prosesseihin ja suunnitteluun. Layoutiin perehtyminen toteutettiin käyttämällä layoutia höyrykattilan toteutusprojektissa.

Opinnäytetyössä kerrotaan yleisesti Suomen sähköntuotannosta ja vesikiertoon pohjautuvista voimalaitoksista. Tekstissä esitellään yleisimpiä polttoaineita ja niiden vaikutuksia kustannuksiin ja päästöihin. Lisäksi listataan höyryvoimalaitosten peruskomponentit, kuten eri arinatyyppit. Tämän jälkeen kuvaillaan tarkemmin leijupetikattilaa ja sen prosesseja. Sitten kerrotaan käytetyistä menetelmistä, ohjelmistoista ja lopuksi yleisellä tasolla layout-pohjaisesta mallinnuksesta. Lähdeaineistona on käytetty energia- ja moottoritekniikan oppikirjoja sekä internetlähteitä. Layout ja sen parannusehdotukset käsitellään tarkemmin liitetiedostossa.

Työn tuloksena saatiin selostus layoutista ja sen parannusehdotuksista. Layoutin käyttäminen oikeassa projektissa auttoi havaitsemaan layoutin tuomat edut ja haasteet. Parannettavaa löytyi tiedostojen nimeämisestä. Joissain tapauksissa samat muutokset täytyy tehdä moneen kertaan eri layouteissa tai sketseissä. Joidenkin komponenttien liitosrakenteita olisi mahdollista yksinkertaistaa. Samalla layoutin logiikka tulee yhtenäistää. Liitteenä olevaa layout-tutkielman avulla voidaan edelleenkehittää suunnittelutyötä. Työssä esitettyjen parannusehdotusten mukaan layout voidaan muuttaa helppokäyttöisemmäksi. Työssä esitettäviä parannusehdotuksia voidaan soveltaa myös toisentyyppeihin layouteihin.

ASIASANAT:

Layout, mallinnus, leijupetikattila

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Mechanical Engineering

2019 | 22 pages, 68 pages in appendices

Henna Toivonen

LAYOUT-BASED MODELLING

Valmet Technologies Oy

The aim of this thesis was to study one of the layout types used in boiler modelling and make suggestions for improvement based on the study. The chosen layout is suitable for the design of the fluidized bed boiler of the client. The work was commissioned by Valmet Technologies Oy. The aim was to write the structure of the selected layout and find solutions to harmonize the design styles. Another goal was to think about how to improve the layout to eliminate extra workflow and to speed up design work. In order to evaluate the logic of the layout, a thorough knowledge of boiler processes and design was required. Layout familiarization was done using the layout in a steam boiler delivery project.

The content of this thesis is about electricity production in Finland and power plants based on water circulation. The text deals with the most common fuels and their effects on costs and emissions. In addition, the basic components of steam power plants, such as different grate types, are reviewed. After this, the fluidized bed boiler and its processes are described in more detail. Then the used methods, software and layout-based modelling in general are explained. Layout and its suggestions for improvement are presented in more detail in the attachment.

As a result of the work, a description of the layout and its suggestions for improvement were obtained. Using the layout in a real project helped identify the benefits and challenges of the layout. There was room for improvement in naming of the files. In some cases, the same changes need to be done several times in different layouts or sketches. The placing of some components could be simplified, and the layout logic is not uniform throughout. The attached layout study can be used to speed up design work. According to the improvement suggestions presented in the study, the layout can be made easier to use. The suggestion for improvement presented in the thesis can also be applied to other types of layouts.

KEYWORDS:

Layout, modelling, fluidized bed boiler

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 TEORIA	6
2.1 Sähköntuotanto	6
2.2 Kerrosleijukattila	10
3 MENETELMÄT	15
3.1 Ohjelmistot	15
3.2 Layout-pohjainen mallinnus	16
4 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	21

LIITTEET

Liite 1. Layout-pohjainen mallinnus.

KUVAT

Kuva 1. Sähköntuotanto energialähteittäin 2018 (Energiateollisuus 2019).	6
Kuva 2. Höyryvoimalaitoksen peruskytkentä (Huhtinen ym. 2016, 21).	9
Kuva 3. Kerrosleijukattila (Valmet Technologies Oy. 2019).	11
Kuva 4. Painehäviön ja leijumistavan riippuminen leijutusnopeudesta (Huhtinen ym. 2004, 154).	12
Kuva 5. Leijupetikattilan toimintaperiaate (Huhtinen ym. 2004, 158).	13
Kuva 6. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2004, 113).	14
Kuva 7. Kuvakaappaus SolidWorks-käyttöliittymästä.	15
Kuva 8. Opinnäytetyön yhteydessä mallinnetun kattilan alikokoonpanoja.	16
Kuva 9. Opinnäytetyön yhteydessä mallinnetun kattilan 3D-kokoonpano.	17
Kuva 10. Kattilan SolidWorks-mallin layout.	18

TAULUKOT

Taulukko 1. Kiinteiden polttoaineiden ominaisuuksia (Flyktman ym. 20012, 8).	8
--	---

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on suomalainen kansainvälisesti toimiva Valmet Technologies Oy. Yrityksen toimialat ovat energia-, paperi- ja selluteollisuudessa. Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua leijupetikattilan 3D-mallin layoutiin, tehdä selvitys sen tämän hetkisestä tilasta ja miettiä siihen parannusehdotuksia. Työssä tulee pohtia layoutin kannalta tehokkainta työjärjestystä, jotta mallista voidaan jakaa osia toisille suunnittelijoille mallinnettavaksi. Layoutin kehitystyön tarkoitus on yhdenmukaistaa, helpottaa ja nopeuttaa suunnittelutyötä.

Työ suoritetaan käyttämällä olemassa olevaa layoutia uuteen toimitusprojektiin ja tekemällä tarvittavat layout-muutokset uuteen leijupetikattilaan sopivaksi. Työn tekemisen edellytys on laaja perehtyminen leijupetikattilan komponentteihin ja prosesseihin, jotta voidaan tarkastella layoutin relaatioiden loogisuutta ja optimaalista käytettävyyttä. Perehtymiseen käytetään alan kirjallisuutta ja internet-lähteitä. Layout-muutosten tekemiseksi tulee perehtyä myös käytettävien ohjelmistojen ominaisuuksiin. Toimitusprojektin tekemisen yhteydessä kiinnitettiin huomiota mahdollisiin epäjohtonmukaisuuksiin ja kehityskohteisiin. Layoutin vaikutussuhteiden selventämiseksi käytetään kuvia ja kaavioita.

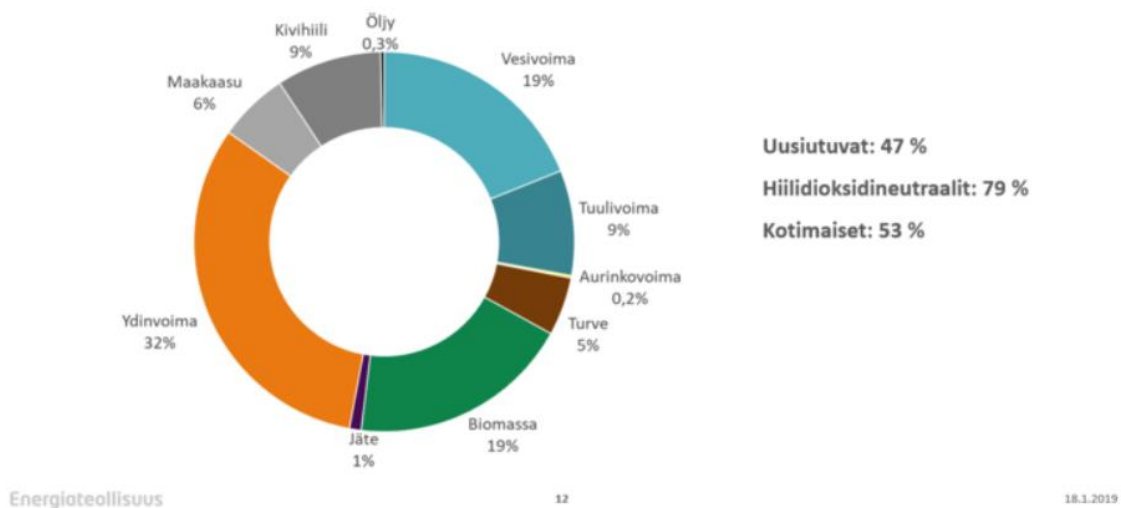
Opinnäytetyön sisältöalueita ovat sähköntuotanto Suomessa, eri sähköntuotantomenetelmät ja tarkempi tutustuminen vesikiertoon pohjautuviin voimalaitoksiin ja niiden peruskomponentteihin. Tarkasteluun pääsevät eri arinatyyppit ja niissä käytetyt polttoaineet sekä päästöjen hallinta. Layoutista ja kattilan 3D-mallista kerrotaan yksityiskohtaisesti liitetiedostossa.

2 TEORIA

2.1 Sähköntuotanto

Suomessa tärkeimmät sähköntuotannon energialähteet ovat ydinvoima, puupolttoaineet, vesivoima kivihiili ja maakaasu. Tuulivoiman osuus on kasvanut viime vuosina, vaikka sen osuus on vielä pieni. Suomen 400:sta voimalaitoksesta yli puolet on vesivoimalaitoksia. Sähköstä kolmasosa tuotetaan yhteistuotantona lämmöntuotannon yhteydessä. Kuvassa 1 eritellään vuoden 2018 sähköntuotannon jakautuminen energialähteittäin. (Energiateollisuus 2019.)

Sähköntuotanto energialähteittäin 2018 67 TWh



Kuva 1. Sähköntuotanto energialähteittäin 2018 (Energiateollisuus 2019).

Sähkönkulutus Suomessa on kolminkertaistunut vuodesta 1970, eli sen keskimääräinen vuosikasvu on ollut 4,7 %. Odotusten mukaan sähkönkulutus tulee nousemaan ainakin seuraavat 20 vuotta noin 2,5 % vuodessa. Pitkäaikaista sähkönkulutusta varten on kannattavaa rakentaa kalliimpi voimalaitos edullisemmalle polttoaineelle ja lyhytaikaista sähkönkulutusta varten halvempi voimalaitos kalliimmalle polttoaineelle. Lyhytaikaista sähkönkulutusta tuottavaa laitosta kutsutaan huippulaitokseksi. (Huhtinen ym. 2004, 8–9.)

Erilaisia vesikiertoon pohjautuvia voimalaitostyyppisiä ovat kaukolämpövoimalaitos, vastapainevoimalaitos, lauhdutusvoimalaitos, ydinvoimalaitos, kaasuturbiinivoimalaitos, polttomoottorivoimalaitos ja kombivoimalaitos. Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantoon käytettyjä kaukolämpövoimalaitoksia ja vastapainevoimalaitoksia kutsutaan myös CHP-voimalaitoksiksi (Combined Heat and Power). (Huhtinen ym. 2004, 10–23.)

Lauhdutusvoima tarkoittaa sähkön tuotantoa ilman lämmön tuotantoa. Sen etuna on sähkön tuotannon ajoittaminen kysynnän mukaan. NykYTEKNIKALLA sähköä ei voida varastoida suuressa mittakaavassa. Sähköä on tuotettava verkkoon joka hetki saman

verran kun sitä kulutetaan. Lauhdevoimalla voidaan vastata nopeasti sähkön tuotannon tarpeisiin, jotka vaihtelevat esimerkiksi sään mukaan. (Energiateollisuus 2019.)

CHP-laitos kannattaa rakentaa pitkälle käyttöajalle lämmön tarpeen mukaan. Sen lämmitystekot vaihtelevat lämmitettävän alueen lämmöntarpeen mukaan 10 ... 250 MW:n välillä. Pelkkää sähköä tuottavan lauhdutusvoimalaitoksen kokonaishyötysuhde on parhaimmillaankin vain 44 %. Sähkön lisäksi kaukolämpöä tuottavan voimalaitoksen kokonaishyötysuhde on 90 %, mutta sen sähköteho on pienempi kuin vastaavalla lauhdutusvoimalaitoksella. Sähköä ja kaukolämpöä tuottavan voimalaitoksen kannattavuus perustuu lämmön tuotannon yhteydessä onnistuvaan edulliseen sähkön tuotantoon ja polttoaineen käytön hyvään hyötysuhteeseen. (Huhtinen ym. 2004, 10–11.)

Höyrykattiloissa käytettävät polttoaineet ovat käsittelyominaisuuksiltaan joko kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia. Kiinteitä polttoaineita ovat hiili, turve ja puu. Hiilipolttoaineita ovat antrasiitti, ruskohiili ja kivihiili. Turpeenpoltossa käytetyt muodot ovat jyrsin-turve ja palaturve. Puupolttoaine on hake- tai kuoripuuta. Nestemäiset polttoaineet jaetaan jäteliemiin, kuten mustalipeään tai sulfiittiliemeen, ja öljyihin kuten raskasöljyyn ja kevytöljyyn. Kaasumaiset polttoaineet ovat joko nestekaasua tai maakaasua. (Huhtinen ym. 2004, 27–28.) Kiinteät polttoaineet jaetaan fossiilisiin tai uusiutuviin polttoaineisiin. Fossiilisia ovat turve ja kivihiili. Kivihiili on ”hiiltynyttä” turvetta ja turve on maatonutta kasviainesta. Uusiutuvia polttoaineita ovat biomassapohjaiset polttoaineet kuten olki ja puu. (Raiko ym. 2002, 118–119.)

Öljyn käyttö on vähentynyt merkittävästi 1970-luvun hinnankorotuksen takia. Hiili on ollut merkittävänä polttoaineena vuosikymmenestä toiseen. Maakaasun osuus nousi 1980 ja 1990 luvuilla maakaasuputkiston laajenemisen yhteydessä. Kotimaisten polttoaineiden, etenkin turpeen ja puujätteen käyttö on kasvanut tasaisesti 1970-luvulta asti. (Huhtinen ym. 2004, 27–28.) Suomessa puun ja puuperäisten jättepolttoaineiden, kuten mustalipeän ja turpeen osuus on poikkeavan suuri, kun verrataan muiden teollistuneiden maiden energiahuoltoon. Näiden polttoaineiden käyttäminen kuuluu polttotekniikan haastavimpiin tehtäviin. (Raiko ym. 2002, 26.)

Polttoaineen kosteudella on suuri vaikutus laitoksen investointikustannuksiin. Kosteaa polttoainetta edellyttää suurempaa määrää vettä kattilaan ja suurempaa tulipesää. Kuivan polttoaineen laitoksen investointikustannukset ovat 70 % vastaavan kostealle polttoaineelle suunnitellun laitoksen hinnasta. Polttoaineen kosteuden kasvattaminen 35:stä prosentista 60:een prosenttiin laskee kattilasta saatavaa tehoa 58 %. (Suomen Kuntaliitto 2002, 18–19.) Kosteaa polttoainetta lisää jäätymisriskiä kuljettimissa ja silloissa. Jäätymisen voidaan ehkäistä materiaalivalinnoilla ja lämmityksellä. Polttoaineen joukossa on aina epäpuhtauksia, mitkä tukkivat ja jopa rikkovat varsinkin ruuvikuljettimia. Rautakappaleet voidaan poistaa polttoaineen joukosta erotusmagneeteilla ja suurimmat kivet kiekko-seulalla. Taulukossa 1 esitetään kiinteiden polttoaineiden ominaisuuksia. (Flykman ym. 2012, 14–15.)

Ominaisuus	Hake	Kuori	Puru	Jyrsinturve	Kivihiili
Kosteus, %	45-55	50-60	50-60	45-55	10
Tuhka, % (d)	0,5-2	1-3	0,5-1	6	14
Haihtuvat aineet, % (d)	80-90	70-80	70-80	65-70	30
Tehollinen lämpöarvo, MJ/kg (d)	19-20	19-20	19-20	20-21	29
Tehollinen lämpöarvo, MJ/kg (ar)	7-10	6-9	6-9	8-10	26
Hiili, % (d)	52	55	50	54	72
Vety, % (d)	6	6	6	5,5	4,5
Typpi, % (d)	<0,5	<0,5	<0,5	1,7	1,0
Rikki, % (d)	<0,05	<0,05	<0,05	0,2	<1,0
Happi, % (d)	40	37	43	33	8
Kloori, % (d)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1

Taulukko 1. Kiinteiden polttoaineiden ominaisuuksia (Flyktman ym. 2012, 8).

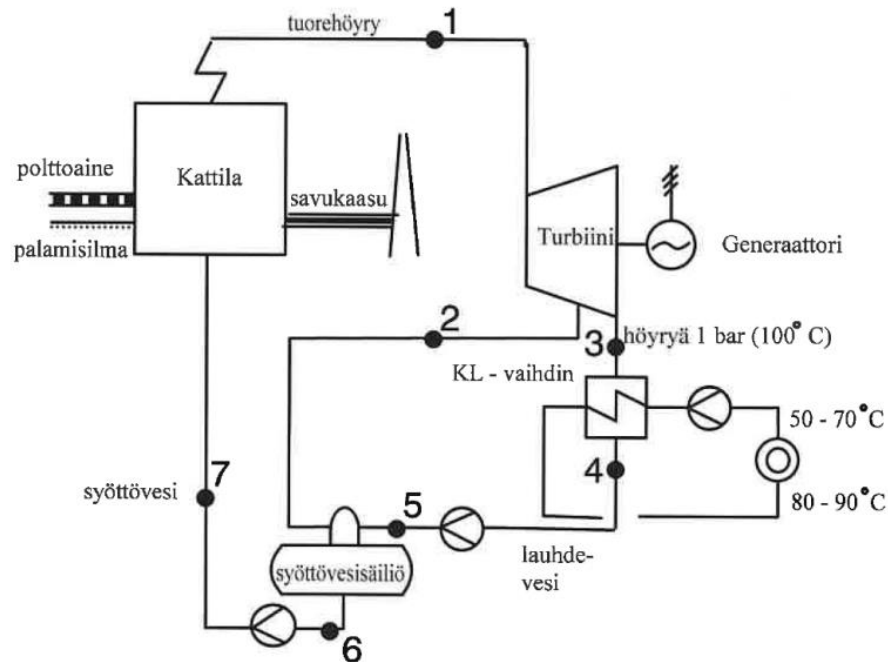
Poltonhallinnalla voidaan vähentää päästöjä ja käyttöhäiriöitä. Poltonhallinta on helppointa kun polttoaine on laadukasta, eli kosteudeltaan ja palakooltaan tasaista. Päästöihin eniten vaikuttava säätösuure on savukaasujen häikäpitoisuus, eli CO-päästöt. Häikäpitoisuuden ollessa matala, muutkin haitalliset päästöt pysyvät alhaisina. Muita päästöjä ovat muun muassa typen oksidit (NO_x) ja rikkidioksidipäästöt (SO₂). Häikäpitoisuutta hallitaan riittävän korkean palamislämpötilan ja tehokkaan kaasujen sekoittumisen avulla. Typen oksidien määrään vaikuttavat polttoaineen typpipitoisuus ja kosteus, palamiskaasujen lämpötila ja tulipesän happipitoisuuden jakauma. Rikkidioksidipäästöt määräytyvä polttoaineen rikkipitoisuuden mukaan. (Flyktman ym. 2012, 26–28.)

Typenoksidipäästöjen vähentämiseksi käytetään savukaasujen puhdistusmenetelmiä. Puhdistusmenetelmät ovat katalyyttinen (Selective Catalytic Reduction, SCR) ja ei-katalyyttinen (Selective Non-catalytic Reduction, SNCR). Katalyyttinen menetelmä on suhteellisen kallis ja tilaa vievä, mutta sillä päästään 70–90 % puhdistusasteeseen. Siinä typen oksidit pelkistetään ammoniakkin avulla vesihöyryksi ja typeksi. Ei-katalyyttisessä menetelmässä urea tai ammoniakki ruiskutetaan savukaasuihin sopivissa olosuhteissa, kuten tietyssä lämpötilassa. Olosuhteista riippuen sillä päästään 30–70 %:n puhdistusasteeseen. (Savolainen & Vuori 1999, 148.)

Turpeen rikkidioksidipäästöjä voidaan vähentää seospoltolla. Puun rikkipitoisuudet ovat pieniä ja puun tuhka sitoo turpeen rikkiä. Samalla puun polton pienhiukkasten muodostus vähenee, joten puun ja turpeen yhteispoltto tuottaa vähemmän hiukkas- ja rikkidioksidipäästöjä, kuin erikseen poltettuna. (Flyktman ym. 2012, 7.) Polttoaineseoksia käytettäessä tulee varmistaa riittävä sekoitusaste, koska usein seoksissa käytetään ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia polttoaineita (Flyktman ym. 2012, 15). Esikäsittelemällä polttoainetta voidaan vähentää oleellisesti päästöjä. Kivihiilen rikkipäästöjä voidaan vähentää 30 % nykyisellä esikäsitteilytekniikalla. Tehostetulla esikäsitteilyllä voidaan päästä jopa 90 % vähennykseen. (Raiko ym. 2002, 24.)

Höyryvoimalaitoksen peruskomponentteihin kuuluvat tulistimella varustettu kattila, turbiini, kaukolämmön vaihdin, syöttövesisäiliö sekä syöttövesi- ja lauhdepumpit (Kuva 2). Prosessi alkaa kattilassa, jossa polttoaine palaa ja siihen sitoutunut energia

muuttuu savukaasujen lämpöenergiaksi. Savukaasujen lämpöenergia siirretään mahdollisimman tehokkaasti kattilan prosesseihin, kuten syöttöveden lämmitykseen, veden höyrystykseen ja höyryn lämmitykseen. Höyryn lämmitystä kutsutaan tulistamiseksi. Noin 15–45 % höyryn paine- ja lämpöenergiasta saadaan muutettua turbiinin akselia pyörittäväksi mekaaniseksi energiaksi, joka muutetaan generaattorissa sähköksi. Turbiinin jälkeen höyry muutetaan takaisin vedeksi ja syötetään uudelleen kattilaan. Höyryn muuttaminen takaisin vedeksi tapahtuu yleensä vesijähdytteisessä lämmönsiirtimessä. Höyryvoimalaitoksen toiminta perustuu veden ja höyryn kiertoprosessiin. (Huhtinen ym. 2016, 21–22.)



Kuva 2. Höyryvoimalaitoksen peruskytkentä (Huhtinen ym. 2016, 21).

Myös ydinvoimalaitos on lauhdevoimalaitos. Ydinvoimalaitoksessa lämpö kehitetään höyrykattilan sijaan ydinreaktorissa halkaisemalla uraaniatomeja. Ydinvoimalaitoksen hyötysuhde on selvästi huonompi kuin kattilakäyttöisillä lauhdevoimalaitoksilla, mutta polttoaineen kustannus on pienempi. Suomen ydinvoimalaitosten reaktorit ovat kevytvesireaktoreita, jotka jaetaan painevesireaktoreihin ja kiehumisvesireaktoreihin. Kiehumisvesireaktorissa turbiinin läpi johdettava höyry höyrystetään reaktorissa. Painesireaktorissa lämmitetty vesi johdetaan erillisiin lämmönsiirtimiin, joissa vesi höyrystetään. (Huhtinen ym. 2004, 15–16.)

Höyryturbiini on pyörivä lämpövoimakone, jota käytetään höyryvoimalaitoksissa ja ydinvoimalaitoksissa. Höyryn lämpöenergiasisältö muutetaan virtausenergiaksi, joka siirretään turbiinin akselia pyörittäväksi mekaaniseksi energiaksi. Höyryn energia muutetaan virtausenergiaksi pyörivissä juoksupyörän siivissä tai kiinteissä johtolaitteissa. Höyry virtaa turbiinin suuttimessa paine-eron takia. Höyry laajenee paisuessaan ja höyryn nopeus lisääntyy vapautuvan energian ansiosta. (Huhtinen ym. 2016, 109–113.)

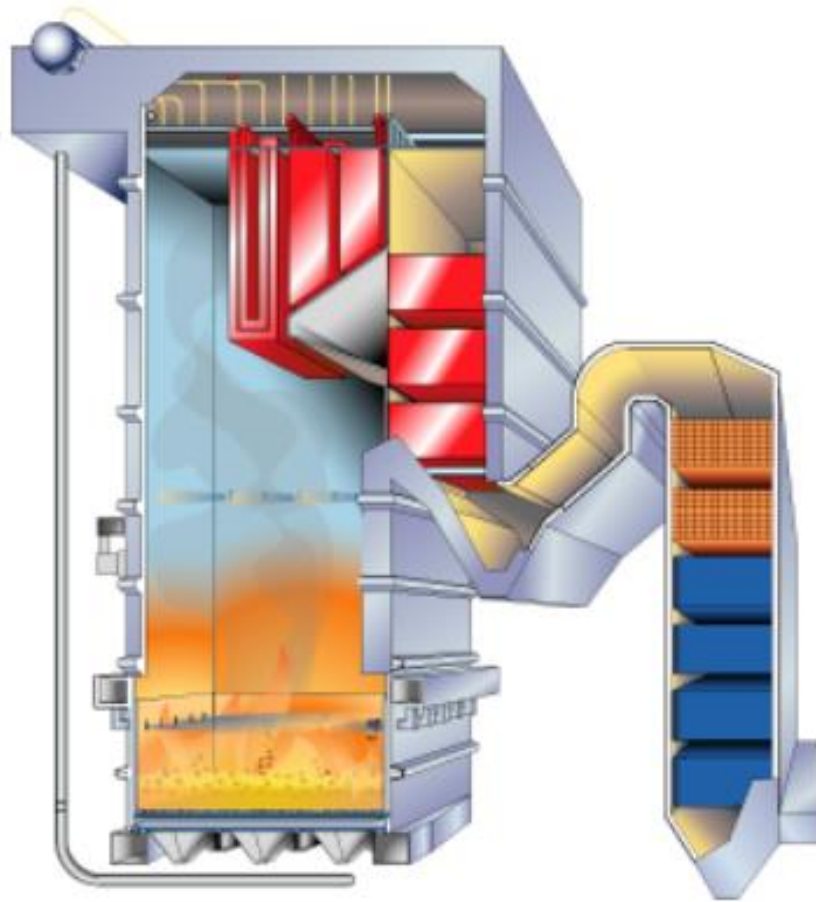
Höyryvoimalaitoksen pumppuja ovat lauhdepumput, syöttövesipumput, jäähdytysvesipumput, kemikaalien annostelupumput ja turbiinin voiteluöljypumput. Pumput jaetaan toimintansa mukaan syrjäytyspumppuihin ja dynaamisiin pumppuihin, joita ovat keskipakopumput ja aksiaalipumput. Syrjäytyspumppuja käytetään poltto- ja voiteluainejärjestelmissä sekä kemikaalien annostelupumppuina. Keskipakopumppuja käytetään valtaosassa nesteiden siirrosta. Aksiaalipumppuja käytetään samojen nesteiden siirrossa kuin keskipakopumppuja, silloin kun tarvittava nostokorkeus on pieni. (Huhtinen ym. 2016 133–135.)

Kattilan ja sen polttolaitteiden tarkoitus on saada polttoaine palamaan, jotta siihen sitoutunut energia saadaan muutettua savukaasujen lämpöenergiaksi. Lämpöenergiaa käytetään tuottamaan tulistettua höyryä turbiinille. Polttoaineen polttamiseksi on kehitelty erilaisia arinatyypppejä. Arina on kattilan pohjalle sijoitettava polttolaite, jonka päällä polttoaine poltetaan (Huhtinen ym. 2004, 146). Alun perin arinatekniikka kehitettiin kivihiilen polttoon, mutta nykyään sitä sovelletaan biomassan poltossa ja alle 10 MW teholuokassa se on yleisin palaturpeen ja puun polttotekniikka (Flyktman ym. 2012, 16).

Erilaisia arinatyypppejä ovat kiinteä tasoarina, kiinteä viisto- tai porrasarina, alasyöttöarina, mekaaninen ketjuarina, mekaaninen viistoarina ja valssiarina. Mekaaniset arinat ovat liikkuvia ja sopivat suuriin kattiloihin. Kiinteät arinat, kuten tasoarina soveltuu pientehoihin kattiloihin. Tasoarinaa käytetään kattiloissa, joissa polttoaine syötetään käsin. Tasoarinan ollessa liikkuva, sitä kutsutaan mekaaniseksi ketjuarinaksi. Kiinteää viistoarinaa käytetään puun ja puujätteenpoltossa. Alasyöttöarinassa polttoaine tuodaan ruuvikuljettimella arinan keskelle alapuolelta. Mekaanisessa viistoarinassa arinarautojen tärinä liikuttaa polttoainetta. Mekaaninen viistoarina soveltuu kosteille polttoaineille kuten turpeelle. Valssiarina koostuu pyörivistä valsseista, joilla polttoaine saadaan hyvin sekoittumaan. Sekoittuminen on tärkeää esimerkiksi yhdyskuntajätettä poltettaessa. 1980-luvulla erilaiset leijukerroskattilat alkoivat syrjäyttää arinapolttoa kattila-alalla. (Huhtinen ym. 2004, 146–151.)

2.2 Kerrosleijukattila

Opinnäytetyön aiheena oleva layout soveltuu kerrosleijukattilan eli leijupetikattilan mallintamiseen (Kuva 3). Leijukerrospolttoa on alettu käyttää energiantuotannossa 1970-luvulla ja tätä ennen se oli käytössä muualla teollisuudessa. Nykyään leijukerrospolttoto on yleistynyt polttotekniikka. (Huhtinen ym. 2004, 153.)



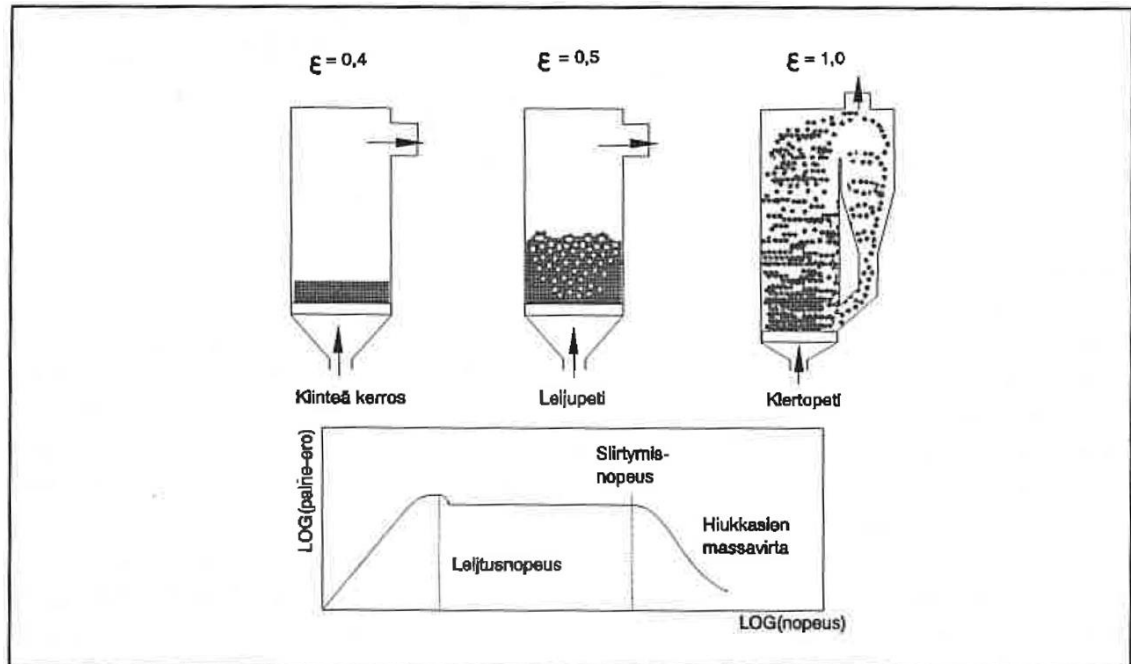
Kuva 3. Kerrosleijukattila (Valmet Technologies Oy. 2019).

Leijukerros poltossa hiekkapetiä leijutetaan puhaltamalla siihen ilmaa alaspäin. Polttoaine poltetaan leijutettavan hiekan seassa. Tekniikka soveltuu erityisesti kosteille polttoaineille, koska polttoaine sekoittuu leijutettavan hiekan joukkoon, kuivuu ja syttyy palamaan. (Huhtinen ym. 2016, 36.)

Petin alapuolelta puhallettavan ilmavirran nopeutta nostettaessa minimileijutusnopeutta suuremmaksi hiekkakerros alkaa kuplia kuin kiehuva vesi (Kuva 4). Petin kupliminen johtuu siitä, että ilma kulkee leijukerroksen läpi kuplina. Leijupetillä on selkeä raja, jossa se loppuu ja sen yllä oleva kaasutila alkaa. Sen takia tämänkaltaisella leijupetillä varustettuja kattiloita nimitetään kerrosleijukattiloiksi. Ilmavirran painehäviö on suoraan verrannollinen puhallusnopeuteen. (Huhtinen ym. 2004, 154–155.)

Kerrosleijukattilassa käytettävän hiekan raekoko on keskimäärin 1–3 mm ja leijutusnopeus 0,7–2 m/s. Kiertopetikattila on myös hiekkaa käyttävä polttotekniikka. Siinä leijutusnopeus kasvatetaan 3–10 m/s ja hiekan raekoko on 0,1–0,5 mm. Hiekka ei jää kuplivaksi kerrokseksi, kuten leijupetikattilassa, vaan lähtee pyörteilemään savukaasujen mukana. Tulipesästä poistuvat hiukkaset erotetaan syklonissa ja palautetaan tulipesään. Kiertopetikattilassa polttoaine syötetään yleensä sekoittamalla se syklonista palaavan hiekan joukkoon. Suurissa kattiloissa osa polttoaineesta voidaan syöttää

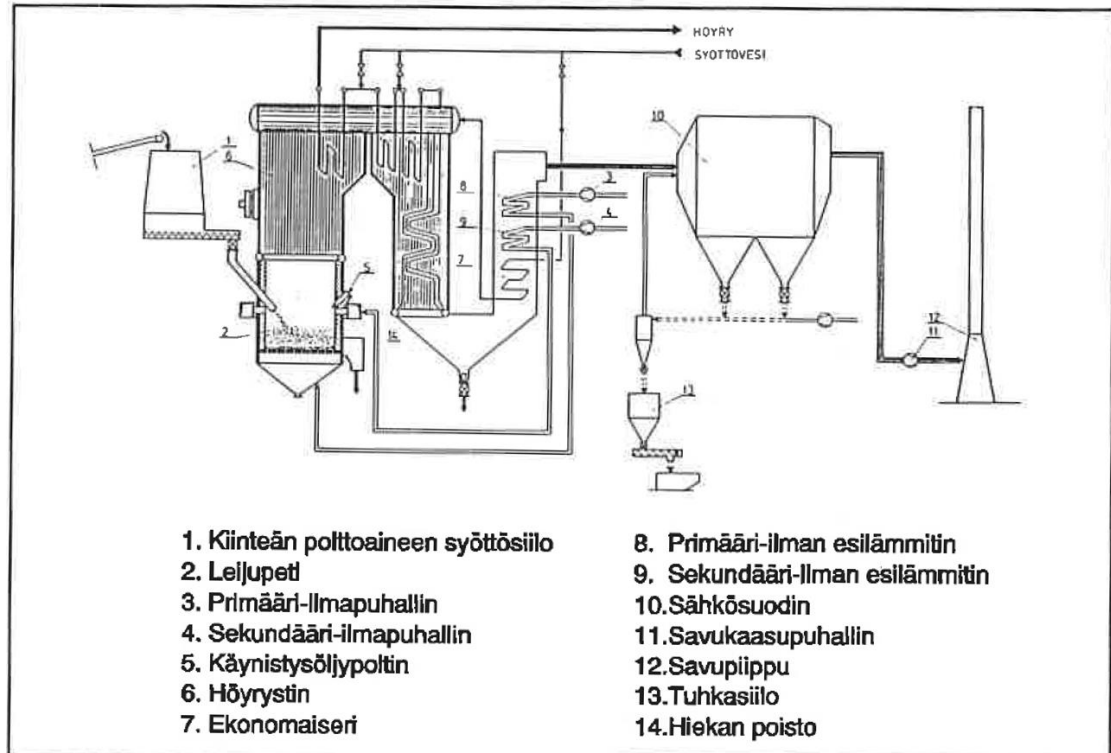
myös etuseinän kautta. (Huhtinen ym. 2004, 157–160.) Suomessa kiertopetikattiloiden yleinen teholuokka on yli 100 MW (Flyktman ym. 2012, 15).



Kuva 4. Painehäviön ja leijumistavan riippuminen leijutusnopeudesta (Huhtinen ym. 2004, 154).

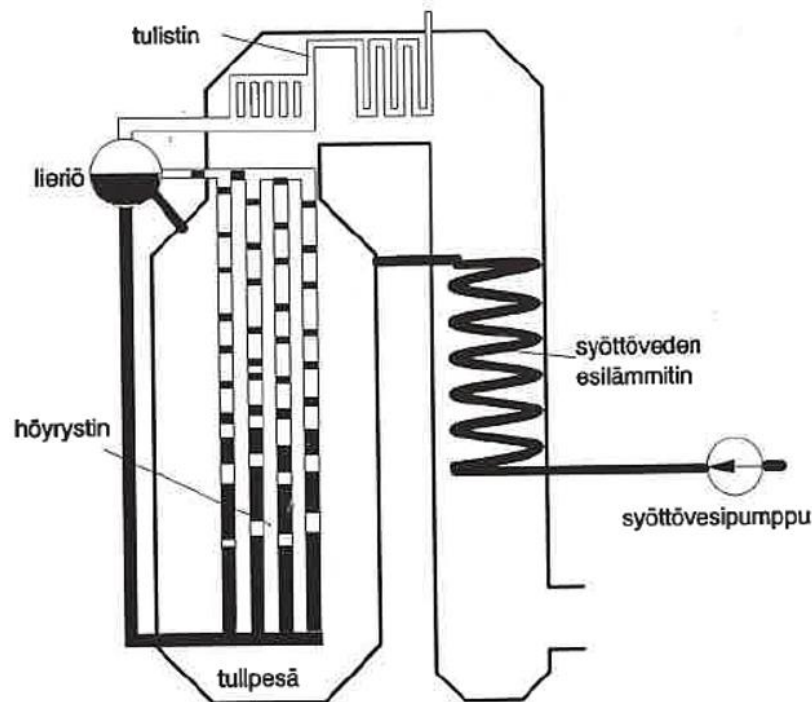
Ennen polttoaineen syöttöä peti lämmitetään sen läheisyyteen sijoitetuilla kaasui- tai öljylämmittimillä sytytyspolttimilla 500–600 °C:seen. Polttoaine johdetaan kuljettimella siiloilta pudotusputkeen, josta se putoaa petin päälle. Yleensä syöttöputkia on useita, jotta polttoaine jakautuu mahdollisimman tasaisesti koko petille. Tulipesässä voidaan polttaa useita eri polttoaineita hyvällä hyötysuhteella, kuten teollisuusjätteitä ja kosteita polttoaineita. Käytettävä polttoaine voi olla huonolaatuista. Sen sijaan hiilenpoltto on haastavaa, koska se sisältää vain 20–30 % haihtuvia aineita. Alhaisissa lämpötiloissa hiilenpoltosta jää koksia. Se vaatii useamman sekunnin polttoajan palaakseen kokonaan. Hiilenpoltto onnistuu paremmalla hyötysuhteella kiertopetikattilassa. Leijukerros-poltossa typenoksidipäästöt jäävät pieniksi alhaisen palamislämpötilan takia. (Huhtinen ym. 2004, 153–159.)

Kuvassa 5 esitetään leijupetikattilan toimintaperiaatetta. Palamisessa vapautuva lämpöenergia siirtyy tulipesän seinän höyrystinputkistoon sekä osittain savukaasujen mukana muihin kattilan osiin. Kattilan vesi-höyryjärjestelmä hyödyntää savukaasujen lämpöä ensin lämmittämällä syöttövettä ekonomaisierissa eli veden esilämmittimessä. Ekonomaisierilta vesi syötetään lieriöön, josta osa vedestä johdetaan laskuputkia pitkin tulipesän höyrystinpinoille ja osa kakkosvetoon. Lieriössä vesi erotetaan kylläisestä höyrystä ja ohjataan takaisin höyrystinpinoille. Kylläinen höyry ohjataan tulistimille lämmitettäväksi eli tulistettavaksi ja tulistettu höyry ohjataan turbiinille. (Huhtinen ym. 2016, 38–40.)



Kuva 5. Leijupetikattilan toimintaperiaate (Huhtinen ym. 2004, 158).

Voimalaitosprosessien kattilat voidaan jakaa luonnonkiertokattiloihin, läpivirtauskattiloihin ja pakkokiertokattiloihin. Läpivirtaus- ja pakkokiertokattiloissa käytetään pumppuja kierrättämään vettä ja höyryä tulipesän putkistossa. Luonnonkiertokattiloissa vesi ja höyry liikkuvat niiden välisen tiheyseron vaikutuksesta (Kuva 6). Luonnonkiertokattilassa syöttövesi tuodaan syöttövesisäiliöstä syöttövesipumpun avulla. Lämmön johdosta osa vedestä höyrystyy. Muodostuneen veden ja vesihöyryn seoksen tiheys on pienempi kuin lieriön laskuputkessa olevan kylläisen veden. Tiheyseron takia veden ja höyryn seos on kevyempää ja nousee höyrystinputkia pitkin ylös lieriöön, josta virtaa laskuputkea pitkin alas tiheämpää kylläistä vettä. (Huhtinen ym. 2004, 111–113.)



Kuva 6. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2004, 113).

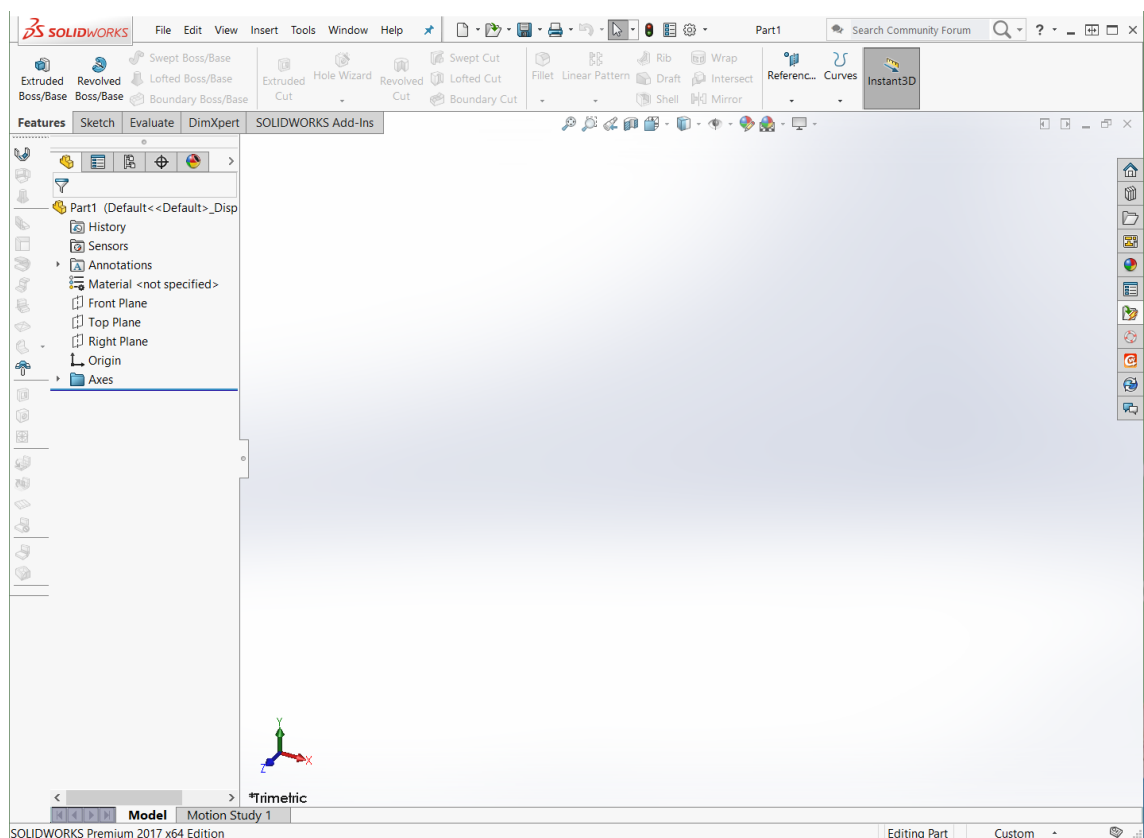
Kattilan ilma-savukaasujärjestelmä muodostuu primääri- ja sekundääri-ilmajärjestelmästä, savukaasujärjestelmästä ja kiertokaasujärjestelmästä. Primääri-ilmaa käytetään hiekkapetin leijuttamiseen ja sekundääri-ilmaa palamisilmana tulipesässä. Sekundääri-ilmaa käytetään myös polttoaineen syöttöilmana, nuohointen tiivistysilmana ja sillä jäähdytetään startti- ja kuormapolttimia. Kiertokaasua käytetään tarvittaessa petin lämpötilan alentamiseen. Liian korkea lämpötila aiheuttaa tuhkan sulamisen. Kiertokaasua tarvitaan erityisesti silloin, kun käytetään kuivia polttoaineita. Savukaasujärjestelmän tarkoitus on poistaa savukaasut kattilasta. (Huhtinen ym. 2016, 40–43.)

Nuohoimia käytetään kattilan lämpöpintojen puhdistukseen. Lämpöpintojen likaisuus heikentää kattilan hyötysuhdetta ja lämmönsiirtokykyä. Puhallusnuohoimet jaetaan eri tyyppisiin nuohottavan lämpöpinnan sijainnin ja lämpötilan mukaan. Nuohoimet puhdistavat lämpöpintoja joko höyryllä tai ilmalla. Höyrynuohous on yleisempää, koska höyry tulee samasta kattilasta, kun taas ilmanuohous vaatii kompressorilaitoksen. Höyrynuohous kuitenkin vaatii paljon huoltoa ja putkiston eristyksen. Höyrynuohouksessa putkiston lämpölaajeneminen täytyy ottaa huomioon, toisin kuin ilmanuohouksessa. (Huhtinen ym. 2004, 214–217.)

3 MENETELMÄT

3.1 Ohjelmistot

Valmet Technologies Oy käyttää kattilasuunnittelussa SolidWorks-nimistä 3D-mallin-
nusohjelmaa. 3D-mallinnukseksi kutsutaan kolmiulotteista tietokoneavusteista suunnit-
telua. SolidWorks on Dassault Systèmes SolidWorks Corporation -nimisen, 1993 pe-
rustetun yrityksen luoma mallinnusohjelma (Kuva 7). Ohjelmaa käytetään lääkitteolli-
suuden, kuluttajatuotteiden, teollisuuden, tutkimus- ja tuotekehitystyön, tekniikan ja lii-
kenteen aloilla sekä koulutuksessa. SolidWorks-tuotteisiin lukeutuvat 2D CAD, 3D
CAD, CAM, tuotekongikuraatiot, PDM ja simulaatio. (Dassault Systèmes SolidWorks
Corporation 2019.)

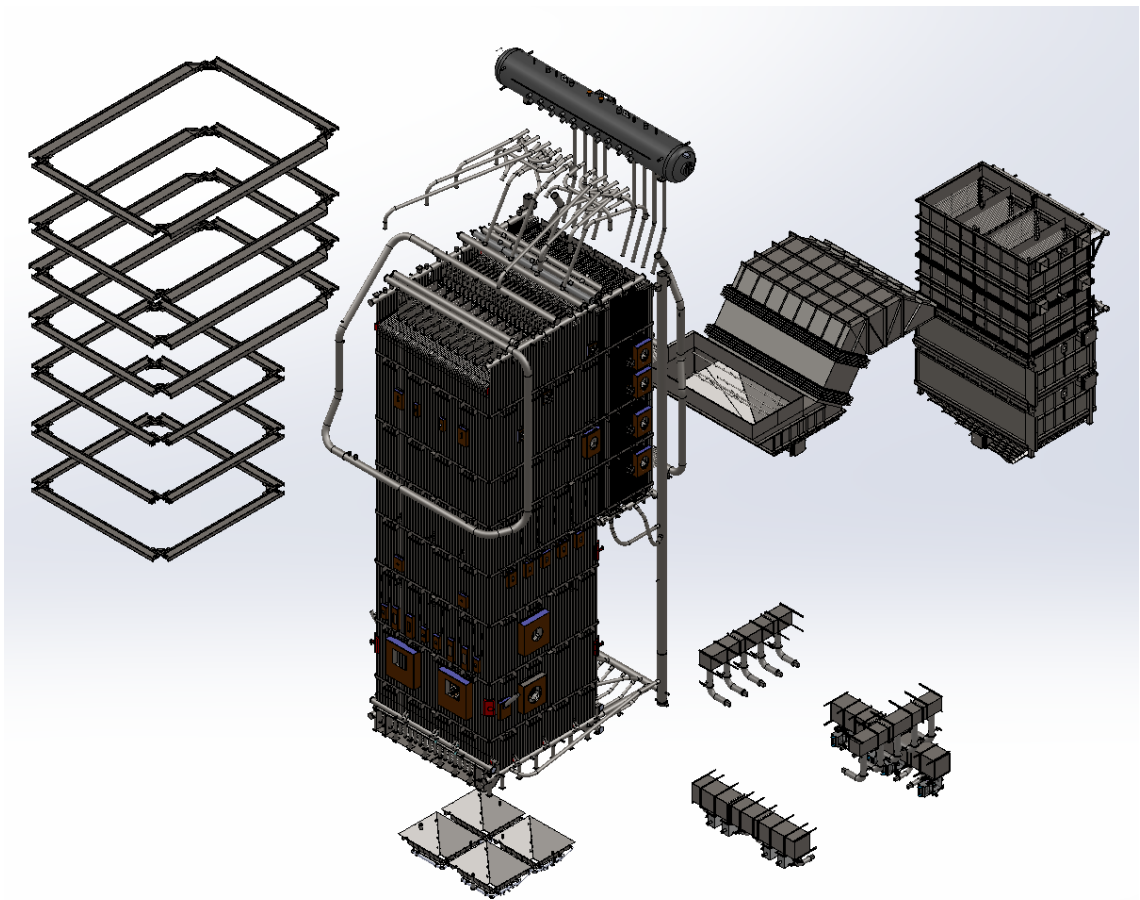


Kuva 7. SolidWorks-käyttöliittymästä (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2019).

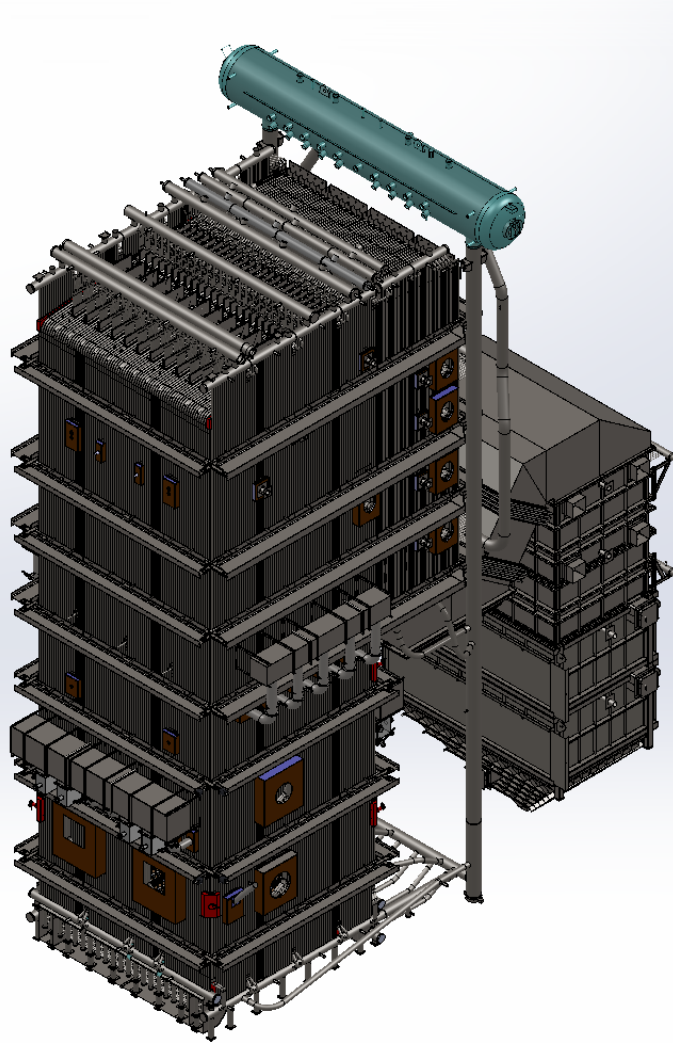
Tuotetiedonhallintaan käytettävä ohjelma on SolidWorks PDM, eli EPDM. Nimikkeiden ja attribuuttien hallintaan käytetään SolidWorksin lisäosaa nimeltä CustomWorks. Excel-pohjaista AutomateWorksiä käytetään mm. taivutustaulukoiden tekemiseen.

3.2 Layout-pohjainen mallinnus

3D-mallinnus on suuressa roolissa kattilasuunnittelussa. Jokaisesta kattilan osasta tehdään 3D-malli ja osista rakennetaan kokoonpanoja, jotka yhdistetään pääkokoonpanossa kokonaiseksi kattilaksi. Kuvassa 8 esitetään opinnäytetyön yhteydessä mallinnetun kattilan alikokoonpanoja ja kuvassa 9 ne on liitetty pääkokoonpanoksi. Yhdessä kattilakokoonpanossa on lukematon määttä alikokoonpanoja ja alikokoonpanojen alikokoonpanoja. Yhteenlaskettuna siinä voi olla useita tuhansia tiedostoja. Pääkokoonpanon alikokoonpanoja ovat esimerkiksi tulipesä, lieriö ja tukikehät. Tulipesän kokoonpanon alikokoonpanoja ovat muun muassa seinäkokoonpanot. Seinäkokoonpanojen alikokoonpanoina ovat esimerkiksi kammioiden kokoonpanot. Malleista tehdään mm. työ- ja asennuspiirustukset tuotantoon.

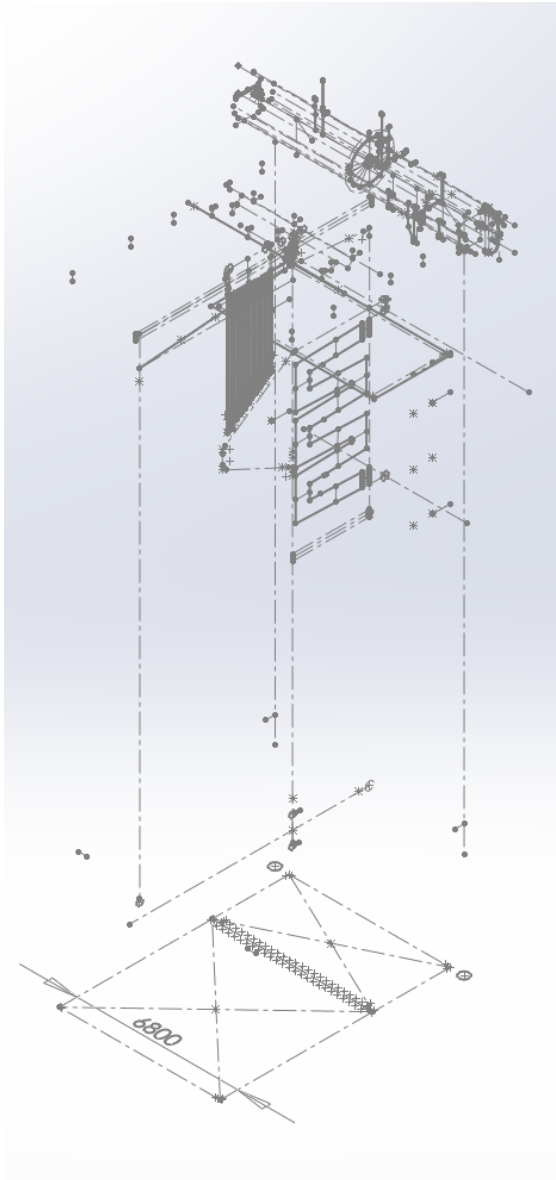


Kuva 8. Opinnäytetyön yhteydessä mallinnetun kattilan alikokoonpanoja.



Kuva 9. Opinnäytetyön yhteydessä mallinnetun kattilan 3D-kokoonpano.

Layout-pohjaisella mallinnuksella tarkoitetaan sitä, että kattila mallinnetaan hyväksikäyttäen moniosaista tasoista ja sketseistä koostuvaa layoutia. Yrityksellä on käytössä monta eri layout-tyyppiä ja tämä opinnäytetyö keskittyy yhteen niistä. Layout-pohjaisen mallinnuksen voidaan ajatella olevan sekoitus bottom-up- ja top-down-mallinnustekniikoita. Bottom-up-tekniikassa ensin mallinnetaan yksittäiset osat ja niistä yhdistetään kokoonpano. Top-down-tekniikassa mallinnus aloitetaan puurakenteessa ylhäältä alas, suunnittelemalla ensin kokoonpanon päälinjat ja sen jälkeen yksittäiset osat. Yksittäisiä osia voidaan mallintaa suoraan kokoonpanossa. Layout-pohjaisessa suunnittelussa yksittäisten osien mitat usein määräytyvät kokoonpanossa olevassa layoutissa. Kun alikokoonpanoja on lukuisia kerroksia, pelkkä top-down-mallinnus ei ole tarpeeksi kattava. Top-down ei mahdollista skaalautuvuutta ja osien vaihdettavuutta, kuten layout-pohjainen mallinnus. Layoutin käyttäminen mahdollistaa osien poistamisen, niin ettei Mate-komentojen häviäminen rikko koko mallin rakennetta. (Vienonen J. 2019, haastattelu.)



Kuva 10. Kattilan SolidWorks-mallin layout.

Päälayout (Kuva 10) on erillinen SolidWorks-kokoonpano, joka koostuu useammasta alilayoutista. Alilayoutit ovat kattilan komponenteille rakennettuja omia layouteja, jotka on kohdistettu oikealle paikalle päälayoutissa. Layoutit koostuvat sketseistä ja aputasoista, jotka määrittelevät komponenttien mittoja ja sijainteja. Sketsi on mallinnuksessa käytettävä 2D-piirtomenetelmä, jolla määritellään muun muassa kappaleiden ja kokonaisuuksien mittoja. Sketsit piirretään tasolle ja tasot ovat kohdistettu tai mitoitettu sketseihin tai niiden osiin. Sketsit ja tasot ovat aina jollain tavalla sidottuna origoon, eli SolidWorks koordinaatiston nollapisteeseen.

Kaikki 3D-osat ovat sidoksissa layoutiin. Layout pyritään tekemään mahdollisimman automaattiseksi. Jos tietyn komponentin sijaintia tai kokoa päätetään muuttaa, se pyritään tekemään niin, että muutos voidaan tehdä layoutissa ja 3D-malli muuttuu automaattisesti perässä. Kokoonpano voidaan tehdä layoutin kautta skaalautuvaksi.

Päälayoutissa ja alilayouteissa saattaa olla tasoja tai sketsejä samoille komponenteille. Tavoite on, ettei samoja mittamuutoksia tarvitse tehdä monessa eri layoutissa, vaan muutokset siirtyvät automaattisesti päälayoutista alilayouteihin. Layout tuodaan alikokoonpanon osaksi ja yksittäiset 3D-osat tai alikokoonpanojen alikokoonpanot kohdistetaan siihen nähden Mate-käskyillä. Kokoonpanossa olevassa layoutissa voidaan määrittää yksittäisten osien mittoja kuten putken pituus, seinämävahvuus tai taivutus.

Layoutin mitoituksessa otetaan huomioon kattilan toiminta ja prosessit eri tavoin. Esimerkiksi kattilan palamisprosessin kannalta sekundääri-ilman etäisyys primääri-ilmasta on oleellinen, joten layoutissa sekundääri-ilman korkeutta määrittävä taso on mitoitettu primääri-ilman tasosta.

4 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää leijupetikattilan 3D-mallin layoutin toimintaa ja tehdä siihen parannusehdotuksia. Tehtävänä oli myös miettiä mallin osa-alueille tehokkainta työjärjestystä. Työn tekeminen vaati perehtymistä energia-alaan, erityisesti leijupetikattilaan ja sen prosesseihin. Prosessien tunteminen on tärkeää, koska kattilan komponenttien etäisyydet toisiinsa tai kattilan lämpöpintoihin nähden ovat oleellisia kattilan layoutin loogisuutta ajatellen. Työ tehtiin käyttämällä layoutia yrityksen toimitusprojektissa, minkä yhteydessä päästiin perehtymään syvälle layoutiin ja projektin työvaiheisiin. Työssä käytettiin SolidWorks-mallinnusohjelmaa ja sen lisäosia.

Layoutista löytyi useita kehityskohteita. Tiedostojen nimeäminen ei ole ollut yhtenäistä ja jotkin mitoista täytyy muuttaa kahdessa tai useammassa layoutissa. Tiettyjen komponenttien sijoittaminen kattilaan on useamman komennon takana tai epäloogisista paikoista mitattuna. Samanlaisten komponenttien sijoittaminen kattilaan on tehty eri kohdissa eri tavalla ja epäyhtenäinen linja hidastaa suunnittelutyötä. Layout tulisi suunnitella niin helppokäyttöiseksi, ettei suunnittelijan tarvitse käyttää liikaa aikaa layoutin toiminnallisuuden sisäistämiseen. Suunnittelijan pitäisi pystyä keskittymään teknisiin ratkaisuihin, jotka mahdollistavat laadukkaiden dokumenttien tekemisen tuotantoon sekä hyvän ja toimivan kattilan toimittamisen asiakkaalle. Tarkempi kuvaus layoutista ja sen kehittamisestä on liitteenä (Liite 1).

Layoutin aukikirjoittamisen myötä sen käyttäminen helpottuu. Tuloksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää layoutin korjaamiseksi. Työtä voi soveltaa myös toisentyyppisten layoutien kehitystyössä. Parannusten myötä mallintamiseen käytettävä aika lyhenee merkittävästi. Suunnitteluprosessin läpimenoaikaa voidaan lyhentää työjärjestystä tarkentamalla ja määrittelemällä tarkemmin milloin osakokoonpanot voi vapauttaa suunnitteluun.

LÄHTEET

Dassault Systemes SolidWorks Corporation 2019. Tietoja SolidWorksista. Viitattu 9.10.2019 https://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm

Energiateollisuus 2019. Sähköntuotanto. Viitattu 17.10.2019 www.energia.fi > Perustietoa energia-alasta > Sähköntuotanto.

Flyktman, M.; Impola, R. & Linna V. 2012. Kotimaista polttoainetta käyttävien 0,5...30 MW kattilalaitosten tekniset ratkaisut sekä palamisen hallinta. Jyväskylä.

Huhtinen, M.; Kettunen, A.; Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2004. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Edita Prima Oy.

Huhtinen, M.; Korhonen, R.; Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2016. Voimalaitostekniikka. Helsinki: Opetushallitus.

Raiko, E.; Saastamoinen, J.; Hupa, M. & Kurki-Suonio, I. 2002. Poltto ja palaminen. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Savolainen, I. & Vuori, S. 1997. Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. Helsinki: Oy Edita Ab.

Suomen Kuntaliitto 2002. Kuntien ilmastonsuojelukampanjan julkaisu. Hakelämpökeskuksen hankinta.

Valmet Technologies Oy. BFB boiler. Artikkelit saatavissa yrityksen sisäisessä intranetissä. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 28.10.2019.

Vienonen, J. 2019. Pääsuunnittelija. Valmet Technologies Oy. Haastattelu 27.10.2019.



LAYOUT-POHJAINEN MALLINNUS

Opinnäytetyö (AMK)

LUOTTAMUKSELLINEN

Henna Toivonen