



Kattilalaitoksen säiliöiden suunnittelu- prosessien kehittäminen

Tuomas Vertanen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Vertanen, Tuomas

Kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosessien kehittäminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2021, 40 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosessien kehittäminen oli tullut ajankohtaiseksi opinnäytetyön toimeksiantajalla Rantotek Oy:llä. Ulospuhallussäiliöt olivat tulleet osaksi yrityksen suunnitteluprojektien toimituslaajuuksia ensimmäistä kertaa vuonna 2009. Nyt viime vuosien aikana ulospuhallussäiliöiden lisääntyminen suunnitteluprojektien toimituslaajuuksissa on tehnyt olennaiseksi tarkastella säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyviä tekijöitä. Toimeksiantajalla on pitkä historia korkeapaineisten säiliöiden suunnittelusta, mutta nyt tavoitteena on kehittää osaamista matalapaineisten säiliöiden suunnitteluprosessien osalta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Rantotek Oy:n kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosesseja. Tehtävänä oli selvittää säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyviä haasteita ja ongelmakohtia. Tutkimuksessa tehtävänä oli muodostaa kehitysehdotuksia sekä kartoittaa yrityksen työntekijöiltä kehitysehdotuksia suunnitteluprosessien kehittämiseksi. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan lieriötä, ulospuhallussäiliötä, jatkuvan ulospuhalluksen säiliötä ja syöttövesisäiliötä.

Työ oli kehittämistutkimus, jossa hyödynnettiin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Painelaitteiden suunnitteluun ja säiliöihin liittyvä teoreettinen tarkastelu perustuu kirjallisiin kirjallisuuslähteisiin ja verkkolähteisiin. Säiliöiden suunnitteluprosessien nykytilanne oli kartoitettu toimeksiantajan esimiesten toimesta ja niissä nähtiin tarvetta kehittämiselle. Suunnitteluprosessien ongelmakohtien ja haasteiden selvittämiseksi tutkimuksessa toteutettiin kattavat teemahaastattelut. Tutkimuksessa haastateltavia oli 11, ja haastateltavat olivat monipuolisesti eri roolien suunnittelijoita. Työ toteutettiin tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajan suunnittelijoiden kanssa.

Työn tuloksina saavutettiin selkeä käsitys eri säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyvistä haasteista ja ongelmakohtista. Työn lopputuloksena muodostuneilla kehitysehdotuksilla pystytään kehittämään säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyvää tiedonkulkua, tiedon keräämistä ja mekaanista suunnittelua. Tuloksina toimeksiantajalle laadittiin teemahaastatteluiden vastauksista yhteenveto, jota yritys pystyisi myöhemmin käyttämään oman yrityksen toiminnan kehittämiseen.

Avainsanat (asiasanat)

lieriö, jatkuvan ulospuhalluksen säiliö, ulospuhallussäiliö, syöttövesisäiliö, painelaite

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liite 2 on salassa pidettävä, ja se on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammatillisuus. Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 24.5.2031.

Vertanen, Tuomas

Developing the design processes of boiler plant tanks

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2021, 40 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The assignor of the thesis is Rantotek Oy. Developing the design processes of boiler plant tanks had become a topical issue for the assignor. Blowdown tanks had become part of the scope of the design projects for the first time in 2009. Over the last few years, blowdown tanks have become more common in the company's design projects. This has made it relevant to contemplate the factors of boiler plant tanks' design processes. Rantotek Oy has a long history of designing high-pressure tanks, but now the aim is to develop competence of designing low-pressure tanks.

The aim of the thesis was to develop the assignor's design processes of boiler plant tanks. The task was to clarify challenges and problems in design processes of boiler plant tanks. The task of the research was to form development proposals for the design processes. The task of the research was to inquire from company's employees' development proposals for the design processes. The thesis was limited to steam drum, continuous blowdown tank, blowdown tank and feed water tank.

The thesis was a development study where qualitative research methods were used. The theoretical framework of reference regarding design of pressure equipment and boiler plant tanks was based on literature and online sources. The assignor's supervisors determined the current state of tank design processes. The supervisors noticed the need to develop the design processes. Research was implemented by extensive theme interviews to clarify challenges and problems in design processes. 11 interviews were held in the research. The interviewees were from varied roles of designers. The research was implemented in a close cooperation with the company's designers.

As the results of this thesis, a clear understanding of challenges regarding the design processes of different types of boiler plant tanks was achieved. The results of the thesis included development proposals, which can improve information flow, information gathering and mechanical design. As a result, the assignor received a summary from the results of the theme interviews. With this summary the company can develop their design processes of boiler plant tanks.

Keywords/tags (subjects)

steam drum, continuous blowdown tank, blowdown tank, feed water tank, pressure equipment

Miscellaneous (Confidential information)

Appendix 2 is confidential, and it is removed from the public thesis. The reason for confidential information is the business or professional secrecy of a company (JulkL 621/1999 24§, 17). Time to keep confidentiality is ten (10) years. Confidentiality ends on 24.5.2031.

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön tausta	3
1.2	Rantotek Oy.....	3
2	Tutkimusasetelma	4
2.1	Tavoitteet ja rajaus.....	4
2.2	Tutkimusmenetelmät.....	5
3	Höyryvoimalaitokset	7
3.1	Toimintaperiaate.....	7
3.2	Höyryvoimalaitoksen yleisimmät säiliöt	9
3.2.1	Lieriö	9
3.2.2	Syöttövesisäiliö	11
3.2.3	Ulospuhallussäiliöt.....	13
4	Painelaitteiden suunnittelu	15
4.1	Yleistä painelaitteista	15
4.2	Painelaitedirektiivi 2014/68/EU	16
4.2.1	Yleistä painelaitedirektiivistä	16
4.2.2	Painelaitteen suunnittelun ja valmistuksen vaiheet	17
4.3	Yhdenmukaistetut EN-standardit.....	22
5	Työn toteutus	23
5.1	Opinnäytetyön lähtötilanne	23
5.2	Teemahaastattelut	23
5.2.1	Teemahaastattelujen läpivienti	24
5.2.2	Teemahaastatteluiden analysointi	25
6	Tulokset	25
6.1	Yleisiä säiliöiden suunnitteluun liittyviä haasteita	25
6.2	Eri säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyviä haasteita.....	27
6.3	Teemahaastatteluissa esiin nousseita kehitysideoita ja hyviä toimintatapoja	28
6.4	Säiliöiden suunnitteluprosessin kuvaus	30
6.4.1	Prosessiteknisen mitoituksen näkökulma	30
6.4.2	Lujuusteknisen mitoituksen näkökulma	31
6.4.3	Layout-suunnittelun näkökulma.....	32
6.4.4	Detaljisuunnittelun näkökulma	32

7 Johtopäätökset	33
8 Pohdinta	34
Lähteet	37
Liitteet	39
Liite 1. Teemahaastattelun runko	39
Liite 2. Yhteenvedo opinnäytetyön teemahaastatteluista (Salassapidettävä)	40

Kuviot

Kuvio 1. Höyrykattilan toimintaperiaate.....	8
Kuvio 2 Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri	10
Kuvio 3. Höyrylieriö	11
Kuvio 4. Syöttövesisäiliö.....	12
Kuvio 5. Ote höyrykehitysjärjestelmän kaavakuvasta, missä esitetty ulospuhalluksen osuus. .	14
Kuvio 6. CE-merkintä.....	21

Taulukot

Taulukko 1. Painelaitteiden luokittelu painelaitedirektiivin mukaisesti.....	18
Taulukko 2. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 1 säiliöille, joissa on sisältönä ryhmän 1 kaasu	19
Taulukko 3. Painelaitteiden luokat ja niitä vastaavat moduulit	20

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Nykyisin kattilalaitoksia suunnittelevat insinööritoimistot pyrkivät tarjoamaan laajoja suunnittelukokonaisuuksia asiakkailleen. Näihin laajoihin kattilalaitosten suunnittelukokonaisuuksiin kuuluvat myös erilaiset säiliöt, joita tässä opinnäytetyössä käsitellään.

Rantotek Oy:llä on reilun 35 vuoden kokemus korkeapaineisten säiliöiden suunnittelusta, mutta nyt yrityksen tavoitteena on kehittää osaamista myös matalapaineisten säiliöiden suunnitteluprosessien osalta. Viime vuosina matalapaineisten ulospuhallussäiliöiden osuus suunnitteluprojektien toimituslaajuuksissa on lisääntynyt, ja siksi yritys on tunnistanut tarpeen suunnitteluprosessien kehittämiseksi. Haasteet säiliöiden suunnitteluprosesseissa ja tarve näiden kehittämiseksi oli todettu yrityksen esimiesten toimesta. Tässä tutkimuksessa tarkastelua laajennettiin ulospuhallussäiliöiden lisäksi muutamaa muuhun kattilalaitoksessa tyypillisesti esiintyvään säiliöön.

Insinööritoimistossa yhden säiliön suunnitteluprosessiin osallistuu suunnittelijoita useilta eri asiantuntijuusalueilta. Suunnitteluprosessin kokonaisuuden onnistuminen vaatii kaikkien siihen osallistuvien suunnittelijoiden onnistumista omassa työssään. Tässä opinnäytetyössä toteutettiin laajalajaiset haastattelut, joissa haastateltiin monipuolisesti yrityksen eri asiantuntijuusalueiden suunnittelijoita. Tavoitteena oli kartoittaa säiliöihin liittyviä haasteita, ongelmakohtia sekä mahdollisia kehitysehdotuksia suunnitteluprosessien kehittämiseksi. Työn toimeksiantajan tavoitteena on jatkuvasti kehittää toimintatapoja säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyen.

1.2 Rantotek Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja Rantotek Oy on insinööritoimisto, joka on erikoistunut erilaisten kattilalaitosten suunnittelu- ja modernisointiprojekteihin, erityisesti höyrykattilalaitoksien, korkeapaineputkistojen ja säiliöiden alueilla. Yritys on perustettu vuonna 1985, jonka jälkeen se on toiminut yli sata kattila- tai voimalaitosprojektia sekä saman verran modernisointeja kattiloihin ja voimalaitoksiin. Yritys tarjoaa palveluita perus- ja detaljisuunnitteluun kattiloiden paineosiin, put-

kistoille, kanavistoihin ja erilaisille teräsrakenteille. Yrityksen palveluihin kuuluvat myös mm. mekaniikkasuunnittelu, prosessisuunnittelu, lämpötekniinen mitoitus, lujuuslaskenta, materiaalivalinnat sekä erilaiset projektipalvelut. (Rantotek n.d.)

Rantotek Oy on osa Comatec Groupia, jonka emoyhtiönä toimii Insinööritoimisto Comatec Oy. Comatec Groupin muita tytäryhtiöitä Rantotekin lisäksi ovat Comatec Poland Sp. z o.o., Comatec Estonia OÜ, Comatec Automation Oy, Deemec Oy ja Oucons Oy. Comatec Group on suunnittelu-, projektinhallinta- ja asiantuntijapalveluita tarjoava ja yli 600 ammattilaista työllistävä teknologia-toimialojen, teollisuuden ja koneenrakennuksen asiantuntija. Insinööritoimisto Comatec Oy on perustettu vuonna 1986. Tällä hetkellä yrityksellä on yhteensä 21 toimipistettä Suomessa, Ruotsissa, Puolassa, Virossa ja Romaniassa. Comatec Groupin liikevaihto vuonna 2019 oli noin 40 miljoonaa euroa. (Rantotek 2020.)

Rantotek Oy:n liikevaihto on viimeiset neljä vuotta ollut noin 3 miljoonaa euroa per vuosi ja henkilöstön määrä yrityksellä on vaihdellut 28–35 henkilön välillä. Viimeiset neljä vuotta on yrityksen tilikauden tulos ollut aina positiivinen ja tulosta on tullut neljälle vuodelle keskiarvoltaan 50 000 euroa/vuosi. Rantotekin henkilöstö koostuu suurilta osin kone- ja energiatekniikan insinööreistä. (Rantotek 2020.)

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toimeksiantaja Rantotek Oy:n suunnitteluprosesseja kattilalaitoksen säiliöiden osalta. Tehtävänä oli kartoittaa ongelmakohtia kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyen haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä. Näiden haastattelujen pohjalta tehtävänä oli muodostaa kehitysehdotuksia suunnitteluprosessien parantamiseksi. Opinnäytetyöprosessin tavoitteena oli myös kehittää omaa ymmärrystä säiliöiden suunnitteluprosesseista sekä säiliöiden rooleista osana kattilalaitoksen toimintaa.

Opinnäytetyöllä pyrittiin saamaan vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Millaisia ovat säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyvät haasteet?
- Millaisia ovat säiliöiden suunnittelua edistävät tekijät?
- Millaisia muutoksia suunnitteluprosessiin olisi tarpeellista tehdä?

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli luoda yhteenveto haastattelujen tuloksista, joka luovutettaisiin toimeksiantajalle. Tähän yhteenvetoon kerättäisiin kaikki haastatteluissa esiin nousseet haasteet, ongelmakohdat ja kehitysehdotukset liittyen säiliöiden suunnitteluprosesseihin. Haastatteluissa yleisimmät esiin nousseet haasteet ja ongelmakohdat jäseneltiin yhteenvetoon niiden esiintyvyyden perusteella. Ajatuksena oli, että toimeksiantaja voi myöhemmin teemahaastatteluista tehdyn yhteenvedon perusteella kehittää yrityksen toimintaa.

Tämä opinnäytetyö rajattiin koskemaan ainoastaan kattilalaitoksen lieriötä, syöttövesisäiliötä ja ulospuhallussäiliötä. Kattilalaitoksen eri säiliöitä tarkastellaan tässä raportissa niiden suunnitteluun liittyvästä näkökulmasta. Opinnäytetyön tietoperusta käsittelee asioita, jotka katsotaan olevan olennaisia kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Tämä opinnäytetyö on kehittämistutkimus.

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on muutos parempaan. Kehittämistutkimuksella voidaan kehittää esimerkiksi jotain tuotetta, organisaatiota tai menetelmää. Kehittämistutkimuksessa käytettävien tutkimusmenetelmien valintoihin vaikuttavat kehitettävä ilmiö, ennakkoon määritelty ongelma ja asetetut tavoitteet. Tyypillisesti kehittämistutkimus on yhdistelmä laadullisia ja määrällisiä tutkimusotteita. (Kananen 2015, 67–77.) Kehittämistutkimus voi kuitenkin pitää sisällään pelkästään vain laadullista tutkimusta ja jäädä ilman sille tyypillistä muutossykliä, jolloin tutkimuksen lopputuloksena saadaan vain kehittämisehdotukset (Kananen 2019, 81–82).

Opinnäytetyö toteutettiin laadullisena tutkimuksena, jossa tiedonkeruumenetelmänä käytettiin teemahaastatteluja. Laadullisen tutkimusmenetelmän avulla katsottiin saavutettavan syvälinen ymmärrys tutkittavasta ilmiöstä.

Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus sopii käytettäväksi silloin, kun tutkittavaa ilmiötä ei tunneta eli ei ole teorioita, jotka selittäisivät kohteena olevaa ilmiötä. Tästä johtuen laadulliselle tutkimukselle on tyypillistä, että tutkimusprosessin vaiheita ja etenemisprosessia ei voida määritellä ennakkoon. Laadullisella tutkimuksella pyritään ymmärtämään tutkittava ilmiö. Laadullisen tutkimuksen tulosta ei voida yleistää, koska se koskee ainoastaan tutkittavaa ilmiötä. (Kananen 2017, 32–36; Kananen 2015, 70–71.)

Laadullisen tutkimuksen yhtenä tiedonkeruumenetelmänä voidaan käyttää teemahaastatteluja. Näissä haastatteluissa teemat toimivat keskustelun aiheina ja näillä pyritään lähestymään haluttua ilmiötä eri näkökulmista. Teemahaastattelun tarkoituksena ei ole käydä teemoja vain mekaanisesti läpi, vaan ajatuksena on luoda avointa keskustelua, joka johtaa uusiin jatkokysymyksiin niin, että haastattelijan ymmärrys halutusta ilmiöstä parantuu. Teemahaastattelu toimii parhaiten, kun tutkittua ilmiötä ei tunneta, vaan sitä lähestytään haastattelun aikana muodostuvilla jatkokysymyksillä. Ennakkoon mietityt täsmälliset kysymykset kertoisivat, että ilmiö olisi jo haastattelijalle ennakkoon tunnettu. Avointen kysymysten käyttäminen teemahaastatteluissa on järkevää, koska näihin vastaaminen edellyttää haastateltavalta ilmiön selittämistä. Epäeettisyyden välttämiseksi teemahaastattelussa tulee välttää johdattelevia kysymyksiä. Johdattelevilla kysymyksillä tarkoitetaan kysymyksen asettelua tai sellaisia vastausvaihtoehtoja, joilla haastatteliija saa tulokseksi halutun vastauksen. (Kananen 2015, 147–156.)

Opinnäytetyössä tehtiin laaja-alaiset teemahaastattelut, jotka sisälsivät paljon esimerkkejä työelämästä. Tämän vuoksi opinnäytetyössä haastatteluäänitteiden litterointiin käytettiin referoivaa litterointityyliä ajan säästämiseksi ja olennaisten tietojen korostamiseksi.

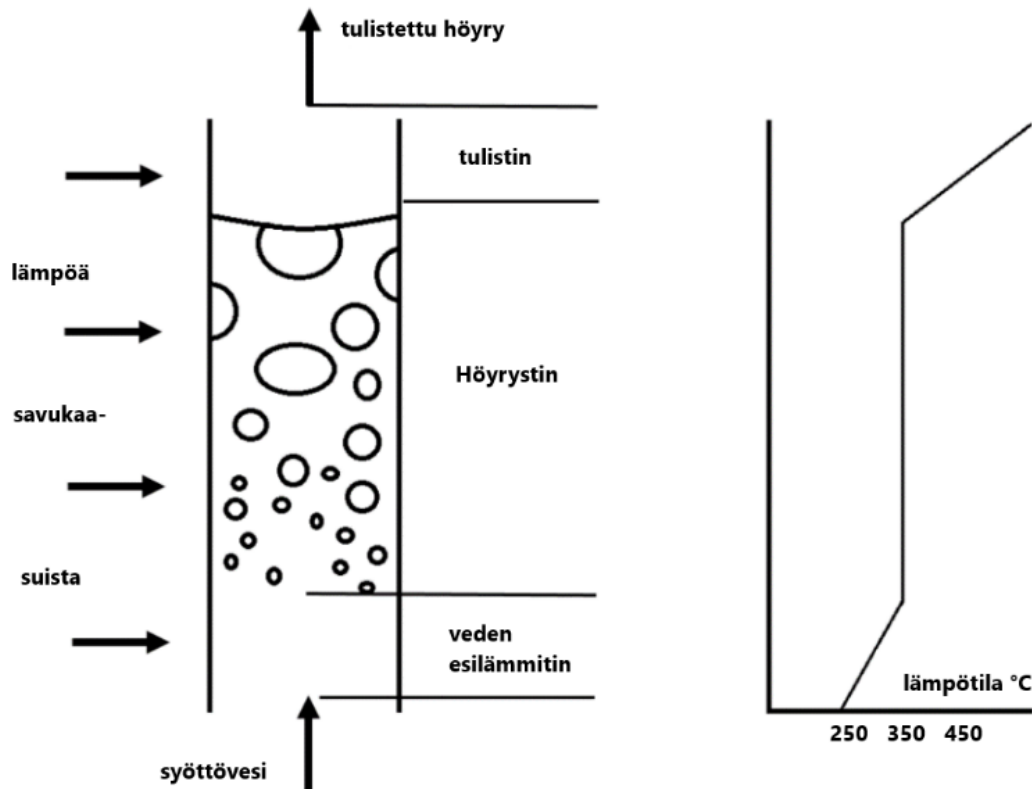
Referoiva litterointi tarkoittaa, että haastatteluäänitteet puretaan vain suurpiirteisesti muistiinpanoiksi. Haastatteluäänitteet voidaan koostaa esim. ranskalaisia viivoja hyödyntäen, kirjaamalla ylös olennaisia vastauksia tai nostamalla esiin haastattelun pääkohtia. Tällaisessa tavassa litteroida haastatteluäänitteen litteroijan tulkinnalla on suuri rooli, koska litteroija päättää itse, mitkä asiat hän katsoo olennaiseksi kirjata ylös. (Kvalitatiivisen datan käsittely n.d.)

3 Höyryvoimalaitokset

Huhtinen, Korhonen, Pimiä ja Urpalainen (2013, 12) määrittelevät, että höyryvoimalaitokset voidaan jakaa turbiinista tulevan höyrynpaineen perusteella vastapainevoimalaitoksiin ja lauhdutusvoimalaitoksiin. Vastapainevoimalaitoksissa ulos tulevaa höyryä voidaan hyödyntää lämmitystaroituksiin, johtuen sen korkeasta paineesta ja lauhtumislämpötilasta. Vastapainevoimalaitokset ovat höyryvoimalaitoksia, jotka tuottavat sähkön lisäksi myös kaukolämpöä tai vastapainehöyryä teollisuudelle. Lauhdutusvoimalaitokset on suunniteltu tuottamaan ainoastaan sähköä. Näissä voimalaitoksissa turbiinilta tuleva höyrynpaine ja lauhtumislämpötila ovat niin alhaiset, että tätä ei ole mahdollista jatkohyödyntää. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2013, 12.)

3.1 Toimintaperiaate

Höyrykattilan tehtävänä on tuottaa kattilaan syötetystä vedestä tulistettua höyryä, jota voidaan hyödyntää muun muassa sähköntuotantoon, erilaisiin prosesseihin sekä kaukolämmön tuotantoon. Tyypillisesti höyrykattiloissa käytetyt höyrynpaineet ovat suuruusluokaltaan 150–220 bar ja lämpötilat 450–550 °C. Höyrykattilassa tapahtuvassa palamisprosessissa polttoaineeseen sitoutunut kemiallinen energia siirtyy polttoaineesta savukaasuihin. Tätä savukaasuihin siirtynyttä energiaa hyödynnetään veden lämmittämiseen, höyrystämiseen ja tulistamiseen (ks. kuvio 1). (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2004, 7.)



Kuvio 1. Höyrykattilan toimintaperiaate (Huhtinen ym. 2004, 7)

Höyrykattilat voidaan jakaa suurvesikattiloihin ja vesiputkikattiloihin niiden rakenteiden perusteella. Suurvesikattiloissa energia siirtyy putkista niitä ympäröivän veteen, joka sitten höyrystyy. Vesiputkikattiloissa vesi höyrystyy putkien sisällä. Suurin osa nykyaikaisista höyrykattiloista on tyypiltään vesiputkikattiloita, koska ne soveltuvat paremmin korkeille paineille ja niillä pystytään tuottamaan paremmin höyryä suurvesikattiloihin verrattuna. Vesiputkikattilat puolestaan voidaan jakaa toimintaperiaatteen perusteella luonnonkierto-, pakkokierto- ja läpivirtauskattiloihin. (Vakkilainen 2017, 88–93.)

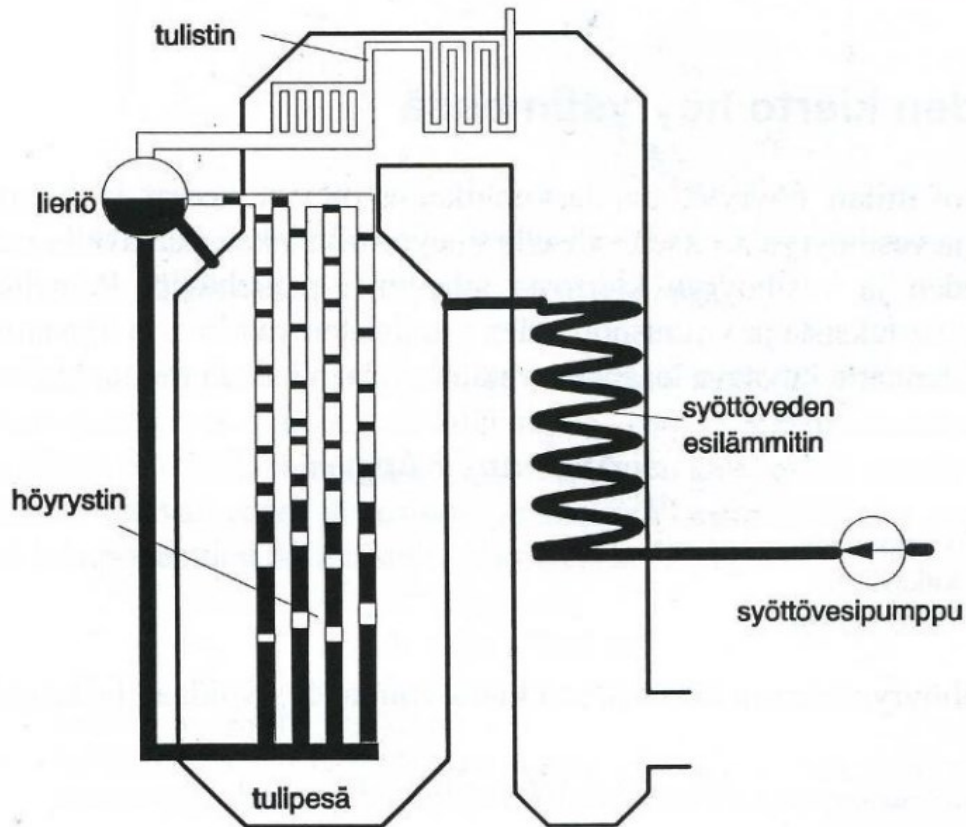
Opinnäytetyön kannalta on olennaista ymmärtää kattilalaitoksissa esiintyviä yleisiä säiliöitä. Alaluvuissa 3.2.1, 3.2.2 ja 3.2.3 tarkastellaan näiden säiliöiden rooleja osana kattilalaitoksen toimintaa. Opinnäytetyö on rajattu koskemaan näitä säiliöitä.

3.2 Höryvoimalaitoksen yleisimmät säiliöt

3.2.1 Lieriö

Lieriötä (engl. steam drum) voidaan kutsua myös höyrylieriöksi, joka tarkoittaa samaa asiaa. Kattilalaitoksiin yhdistettävässä ammattikielessä molemmat ovat yleisesti käytettyjä. Tässä opinnäytetyössä käytetään pääsääntöisesti termiä lieriö.

Lieriön tehtävä höryvoimalaitoksen vesihöyrypiirissä on erottaa höyrystinputkissa muodostunut kylläinen höyry kylläisestä vedestä. Lieriölle vettä pumpataan syöttöveden esilämmittimen kautta, jossa vesi lämpenee lähelle sen kylläistä lämpötilaa. Lieriö, vedenlaskuputket ja kattilan tulipesää ympäröivä höyrystinputkisto muodostavat yhtenäisen verkoston. Höyrystinputkistossa osa vedestä höyrystyy kylläiseksi höyryksi ja nousee lieriön yläosaan. Höyrystymättä jäänyt vesi sekoittuu lieriöön syötettävään uuteen syöttövedeen, jonka jälkeen se syötetään uudelleen laskuputkia pitkin höyrystinputkille. Lieriön yläosaan kertynyt kylläinen höyry virtaa kohti tulistimia. (Ks. kuvio 2.) (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2004, 113.)



Kuvio 2. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen ym. 2004, 113)

Kylläisen veden ja höyryn erottaminen tapahtuu painovoimaisesti aineiden tiheyseroa hyödyntäen. Jotta painovoimainen erottuminen olisi mahdollisimman täydellistä, tulee höyrystinputkilta tuleva höyry-vesiseos tuoda lieriölle mahdollisimman tasaisena virtana. Veden ja höyryn erottuminen tehostuu myös lieriön halkaisijan suurentuessa, koska tällöin vedestä erottunut höyry viettää pidemmän ajan lieriössä ennen kuin se virtaa tulistinputkiin. Lieriössä veden ja höyryn erottamiseksi käytetään ohjauslevyjä, joiden avulla pyritään estämään vesi-höyryseoksen suora virtaus tulistinputkiin. Myös erilaisia sykloni- ja pisaraerottimia käytetään tehostamaan kylläisen veden ja höyryn erottamista. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2004, 117–118.)

Höyryvoimalaitoksen lieriö on hitsattu kokonaisuus, joka muodostuu lieriöosan yhteen hitsatuista levyistä ja kahdesta kaarevaksi muotoillusta päätylevystä (ks. kuvio 3). Lieriön valmistuksessa voidaan käyttää saman paksuista levyä lieriöosan ja päätyjen osalta, jos lieriössä oleva paine on matala. Paineen ollessa korkea täytyy lieriön valmistukseen käyttää eripaksuisia levyjä, sillä etenkin aukkojen kohdat tulee olla vahvistettuja. Lieriön koosta riippuen lieriö sisältää vaihtelevan määrän erilaisia hitsattuja putkiyhteitä. Näitä putkia ovat mm. höyrystinputkiston nousu- ja laskuputket, hätätyhjennysputket, syöttöveden putki ja tulistimille menevä putki. (Vakkilainen 2017, 101–102.)



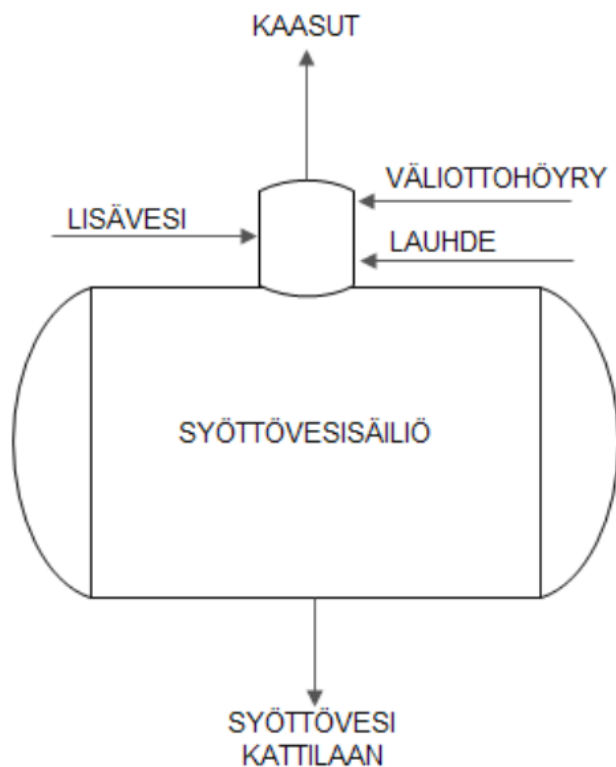
Kuvio 3. Höyrylieriö (Boiler steam drum, custom boiler parts n.d.)

3.2.2 Syöttövesisäiliö

Höyryvoimalaitoksissa syöttöveden virtaus kattilalle ei ole aina täysin vakio, vaan se saattaa vaihdella. Erityisesti häiriötilat saattavat aiheuttaa muutoksia syöttöveden virtauksessa. Syöttövesisäiliön avulla halutaan varmistaa, että höyryvoimalaitoksen kattilalle on jatkuvasti vettä tarjolla. Tämä säiliö sijaitsee yleisesti keskellä kattilahuonetta noin 10–30 metrin korkeudella laitoksen pohjatasosta. Näin varmistetaan, että säiliön alapuolella oleville syöttövesipumpuille jää tarvittava tila toimiakseen. (Vakkilainen 2017, 94–95.)

Syöttövesisäiliön tilavuus täytyy vastata 15–45 minuutin höyryvoimalaitoksen nimellistä jatkuvaa höyryntuotantoa. Syöttövesisäiliön mitoituksessa täytyy huomioida, että 500–600 mm säiliön pohjatasosta ylöspäin täytyy jättää pois laskennasta. Tällä poistetaan riski siitä, että syöttövesipumppuille pääsisi höyryä veden mukana, jos veden pinta pääsisi laskemaan liian alas. Samantapaisesti syöttövesisäiliön yläosaan täytyy jättää 400–600 mm tyhjää tilaa, jotta kaasujen poisto säiliöstä onnistuu. (Vakkilainen 2017, 94–95.)

Syöttövesisäiliössä vesi lämmitetään turbiinilta otettavalla väliottohöyryllä kylläiseksi vedeksi eli säiliön höyryn painetta vastaavaan höyrystymislämpötilaan. Tämän avulla korroosiota aiheuttavien kaasujen liukoisuus veteen saadaan pienenemään nolnaan. Näitä kaasuja poistetaan säiliön päällä olevan kaasunpoistokuvun kautta. Voimalaitokselle tuotava lisävesi tuodaan kaasunpoistotornin kautta, jotta lisäveten liuenneet korroosiota aiheuttavat kaasut saadaan poistettua. (Ks. kuvio 4.) (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2013, 23.)

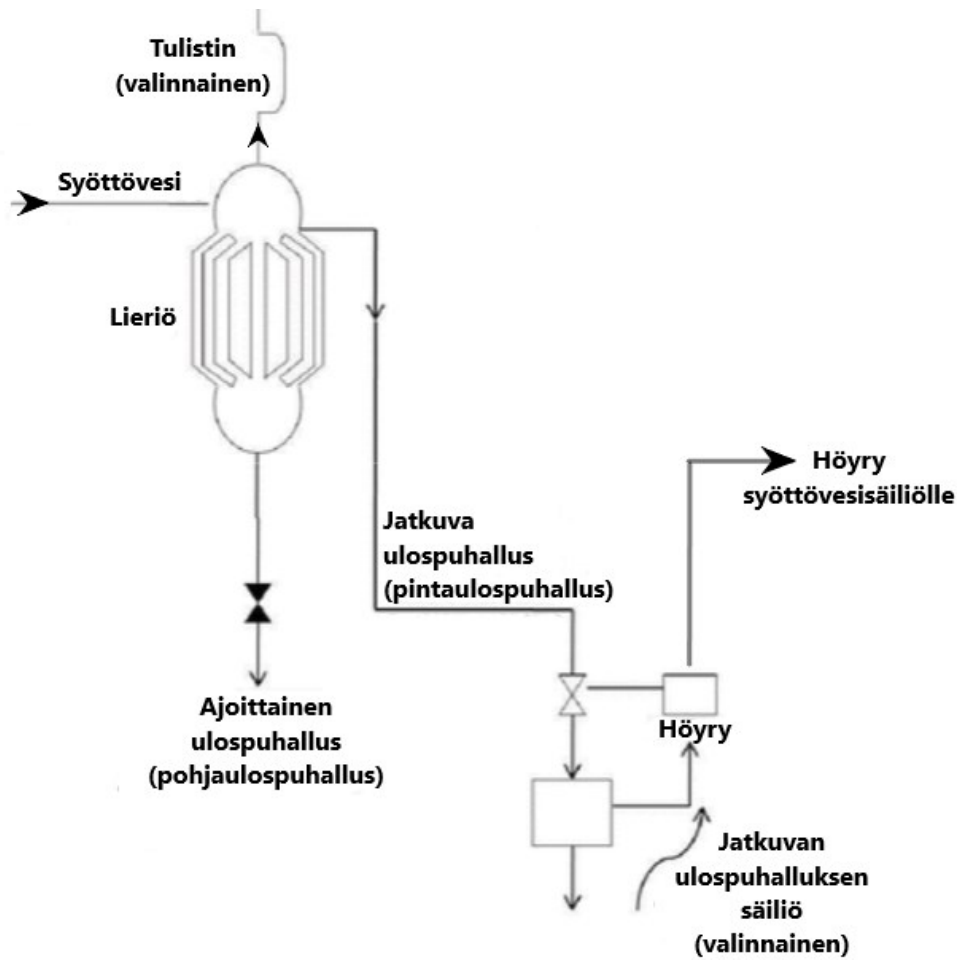


Kuvio 4. Syöttövesisäiliö (Huhtinen ym. 2013, 23)

3.2.3 Ulospuhallussäiliöt

Kattilalaitoksen ulospuhallusjärjestelmässä on tyypillisesti kaksi eri säiliötä. Nämä kaksi säiliötä ovat jatkuvan ulospuhalluksen säiliö (JUP-säiliö) ja ulospuhallussäiliö (UP-säiliö). Pintapuhallusta eli jatkuvaa ulospuhallusta ohjataan JUP-säiliöön. UP-säiliön tehtävänä on toimia paikkana eri putkistojen ja säiliöiden tyhjennyksiin. (Papunen 2021.)

Kattilaveteen lisättävä lisävesi tuo jatkuvasti mukanaan epäpuhtauksia. Nämä vedessä olevat epäpuhtaudet eivät kuitenkaan saisi siirtyä kattilassa tuotettuun höyryyn vaan ne pitäisi poistaa vesihöyrypiirin vedestä. Ulospuhallusjärjestelmän tarkoituksena on säädellä kattilaveden laatua hyödyntäen lieriön pinta- ja pohjaulospuhalluksia (ks. kuvio 5). Pohjaulospuhalluksen tarkoituksena on poistaa kattilavedestä lieriön pohjalle kertyneet kiinteät aineet. Pintapuhalluksessa lieriöstä poistetaan vettä jatkuvana ulospuhalluksena hieman normaalin käytön vesirajan alapuolelta. (Power boilers: blowdown or blowoff? 2018.)



Kuvio 5. Ote höyrykehitysjärjestelmän kaavakuvasta, missä esitetty ulospuhalluksen osuus (Manivasakam 2011, 4, muokattu)

Epäpuhtaudet liiallisina määrinä kattilavedessä voivat aiheuttaa kuohunutta lieriössä ja suolojen kerrostumista tulistinputkien sisäpinnoille. Jatkuvan ulospuhalluksen veden määrä on tyypillisesti noin 1–2 % kattilalaitoksen höyryn tuotannosta. Tämän kattilaveden päätyessä JUP-säiliöön osa tästä vedestä höyrystyy paineen laskiessa lieriön paineesta JUP-säiliön paineeseen. Tämä jatkuvan ulospuhalluksen säiliössä muodostunut puhdas höyry johdetaan syöttövesisäiliöön. Tällä tavoin osa lämpöenergiasta pystytään hyödyntämään. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2013, 40.)

UP-säiliön tehtävä kattilalaitoksissa on toimia viemäriä edeltävä säiliönä. UP-säiliön tehtävä on JUP-säiliöltä tulevan lauhdeveden jäähdyttäminen siten, että se voidaan laskea viemäriin. UP-säiliötä käytetään myös keräämään nesteitä lukuisista erilaisista kattilalaitokselta tulevista tyhjennyksistä. Näitä tyhjennyksiä ovat mm. hätätyhjennykset syöttövesisäiliöltä ja lieriöltä sekä nuohouksesta tulevat tyhjennykset. UP-säiliö on varusteltu putkiyhteellä, jonka avulla säiliöön tuodaan jäähdytysvettä. (Papunen 2021.)

4 Painelaitteiden suunnittelu

4.1 Yleistä painelaitteista

Painelaitteiden suunnittelua ohjaavat siihen soveltuvat lait, standardit ja ohjeet. Painelaitteiden rakentamiseen, pystyttämiseen ja suunnitteluun tarvitaan aina lupa. Merkittävimmät tekijät painelaitteiden suunnittelussa ovat suunnittelun menettelytavat ja materiaalin valinnat. (Vakkilainen 2017, 173–174.)

Painelaitteisiin käytettäviä standardeja on useita. Aikaisemmin on ollut tapana, että jokaisella maalla on ollut omat standardit ja säännöt painelaitteiden suunnitteluun. Nykyinen trendi kuitenkin on, että maiden omat kansalliset painelaitteiden standardit ovat vähitellen poistumassa käytöstä, kuten esim. suomalainen SFS-standardi. Painelaitteiden suunnittelussa eniten käytettyjä standardeja ovat yhdysvaltalaisen ASME-standardisointijärjestön standardit sekä saksalaisen standardointi-instituutin DIN-standardit. Nykyisin kuitenkin eurooppalaisen standardisointijärjestön CENin EN-standardit ovat syrjäyttäneet DIN-standardit. (Vakkilainen 2017, 174.)

Opinnäytetyön toimeksiantajalla on käytössään paljon erilaisia laskenta- ja suunnittelutyöhön käytettäviä tietokoneohjelmistoja. Tämän opinnäytetyön toteutuksessa näistä esiin nousi useasti Visual Vessel Design.

Visual Vessel Design

Visual Vessel Design eli lyhennettynä VVD on virallisesti hyväksytty laskenta- ja suunnitteluohjelma painelaitteille. VVD soveltuu paineenalaisten säiliöiden, erilaisten lämmönvaihtimien ja kattilan osien suunnitteluun ja analysointiin. Tällä tietokoneohjelma pystyy tekemään laskenta- ja suunnittelutyötä siten, että siinä huomioidaan erilaiset standardit. Tämä ohjelma pitää sisällään lukuisia erilaisia standardeja, kuten mm. eurooppalaiset EN 13480 ja EN 13445 standardit. (Visual Vessel Design 2018.)

4.2 Painelaitedirektiivi 2014/68/EU

4.2.1 Yleistä painelaitedirektiivistä

Painelaitedirektiivillä on merkittävä rooli opinnäytetyön toimeksiantajan toiminnassa. Rantotekilla painelaitedirektiivin lisäksi ASME-standardisointijärjestön standardit ohjaavat useita projekteja. Molempia EN- ja ASME-standardeja yhdistää päätavoite, joka on painelaitteiden valmistus- ja käytöturvallisuuden parantaminen. EN-standardien yhteydestä painelaitedirektiiviin kerrotaan enemmän tämän opinnäytetyön luvussa 4.3.

Painelaitedirektiivi 2014/68/EU on Euroopan parlamentin ja neuvoston vuonna 2014 määrittämä direktiivi. Se on tarkoitettu sovellettavaksi sellaisten painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelussa, valmistuksessa ja vaatimustenmukaisuuksien arvioinnissa, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar. Painelaitteet ja laitekokonaisuudet, joihin painelaitedirektiiviä ei sovelleta, on erikseen määritelty direktiivissä. (Direktiivi 2014/68/EU 1 artikla.)

Nykyinen painelaitedirektiivi pohjautuu suurilta osin vuonna 1997 annettuun vanhaan painelaitedirektiiviin. Nykyistä painelaitedirektiiviä on tarkennettu lähinnä toiminnanharjoittajien (valmistajat, maahantuojat, jakelijat) velvollisuuksiin liittyen. Lisäksi tarkennuksia on tehty myös artikloihin, jotka koskevat vaatimustenmukaisuuden arviointilaitosten ilmoittamista ja markkinavalvontaa. (HE 117/2016.)

Painelaitedirektiivillä pyritään varmistamaan painelaitteiden vaatimustenmukaisuus ja turvallisuus sekä turvaamaan vapaa liikkuvuus Euroopan unionin alueella. Direktiivissä määritellään, mitkä markkinoille saatettavat painelaitteet kuuluvat tämän soveltamisalaan. Direktiivi ohjaa EU:n jäsenvaltioita vahvasti muokkaamaan omaa kansallista lainsäädäntöä samankaltaiseksi, sillä direktiivi on tyypiltään täysharmonisointidirektiivi. (HE 117/2016.)

Suomessa valtioneuvoston asetus painelaitteista (1548/2016) eli ns. painelaitteasetus sisältää painelaitedirektiivin tekniset vaatimukset painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnitteluun, valmistukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Painelaitteasetusta sovelletaan painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnitteluun, valmistukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Asetus ei sisällä painelaitedirektiivin liitteitä, joten nämä tiedot on asetusta sovellettaessa haettava painelaitedirektiivistä. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

4.2.2 Painelaitteen suunnittelun ja valmistuksen vaiheet

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston oppaassa määritellään painelaitteen tai laitekokonaisuuden suunnittelun ja valmistuksen vaiheet. Nämä vaiheet ovat määräytyneet painelaitedirektiivin pohjalta. Tämä prosessi sisältää seuraavat vaiheet:

1. Painelaitteeseen*) sovellettavien EU säädösten, direktiivien ja asetusten tunnistaminen.
2. Painelaitteen luokittelu luokkiin I – IV.
3. Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn (moduulin tai moduuliyhdistelmän) määrittely luokkien I – IV perusteella.
4. Selvitys ilmoitetun laitoksen tarpeesta painelaitteen vaatimustenmukaisuuden arviointiin (koskee luokkia II – IV).
5. Painelaitteen olennaisten turvallisuusvaatimusten määrittely ja riskin arvioinnin suorittaminen.
6. Selvitys painelaitteen suunnitteluun ja valmistukseen käytettävissä olevista yhdenmukaisetuista EN standardeista.
7. Teknisten asiakirjojen laatiminen sekä valmistuksen edellyttämien pätevöintien ja testauksien teettäminen ennen painelaitteen valmistusta. Tarvittaessa asiakirjojen lähettäminen ilmoitetulle laitokselle.
8. Valitun moduulin menettelyjen ja vaatimusten mukainen painelaitteen valmistus teknisiä asiakirjoja noudattaen.
9. CE-merkinnän ja muiden vaadittujen merkintöjen kiinnittäminen painelaitteeseen. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen. Käyttöohjeiden ja tarvittaessa muiden sovitusten asiakirjojen toimittaminen painelaitteen mukana.

*) Painelaite tarkoittaa painelaitetta tai laitekokonaisuutta (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

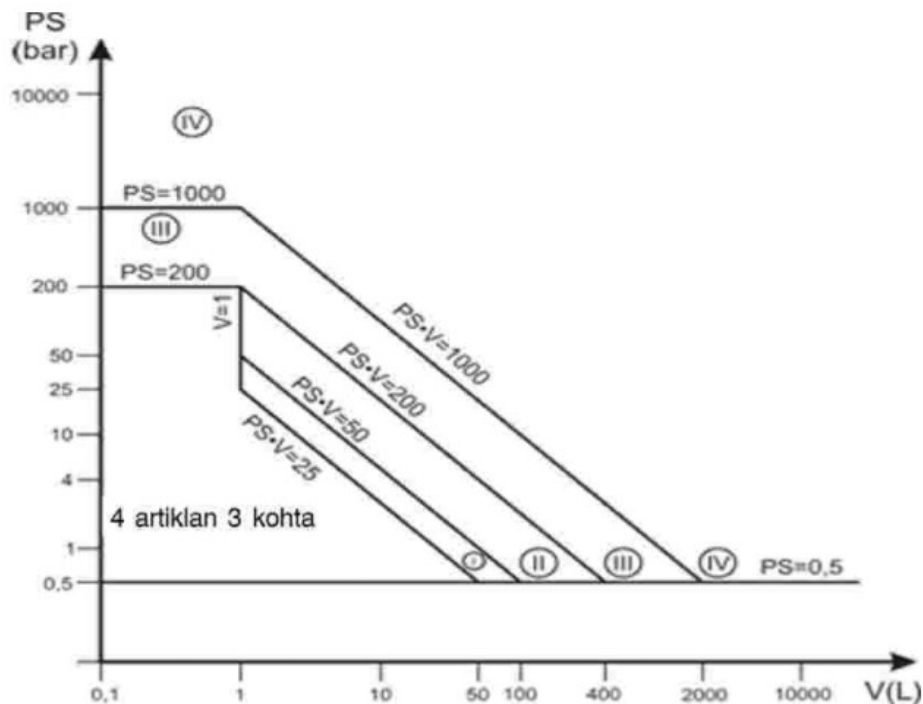
Taulukon 1 (painelaitteiden luokittelu) avulla voidaan määrittellä, mitä taulukkoa painelaitedirektiivin liite II:ssa käytetään. Painelaitteen luokittelussa määräviä tekijöitä ovat painelaitteen tyyppi ja sisällön ominaisuudet. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

Taulukko 1. Painelaitteiden luokittelu painelaitedirektiivin mukaisesti (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

PAINELAITTEIDEN LUOKITTELU									
Painelaitedirektiivi (2014/68/EU), liitteen II taulukot 1– 9									
1. Painelaitteen tyyppi	Säiliöt				Höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet	Putkistot			
2. Sisältö	Kaasu		Neste		–	Kaasu		Neste	
3. Sisällön ryhmä	1	2	1	2	–	1	2	1	2
4. Taulukko (PED liite II)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Luokitusuureet	PS, V				PS, V	PS, DN			
6. Luokka	SEP tai luokka I - IV				SEP tai luokka I - IV	SEP tai luokka I - III			

Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien vaatimustenmukaisuus määritellään painelaitedirektiivin liitteen II arviointitaulukoiden avulla luokkiin I – IV (ks. taulukko 2). Taulukoissa painelaitteen luokan määritteleviä suureita ovat suurin sallittu käyttöpaine (PS) ja tilavuus (V) tai nimellisuuruus (DN). Taulukoissa olevien suureiden kasvaessa painelaitteeseen liittyvä vaarallisuus nousee. Luokka IV on luokista korkein ja vaarallisin. Rajaviivat osoittavat jokaisen luokan ylärajan. Luokkien alapuolella on ”4 artiklan 3 kohdan alue”, jota kutsutaan ns. hyvän konepajakäytännön painelaitteiden alueeksi. Tämän alueen painelaitteissa tulee noudattaa hyvää konepajakäytäntöä. (Direktiivi 2014/68/EU, 4 artikla; Direktiivi 2014/68/EU, 13 artikla.)

Taulukko 2. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 1 säiliöille, joissa on sisältönä ryhmän 1 kaasu (Direktiivi 2014/68/EU, liite II)



Painelaiteen luokan perusteella voidaan määrittää vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettely (ts. moduuli tai moduuliyhdistelmä). Eri painelaiteluokissa on käytävissä useita eri moduuleja tai moduuliyhdistelmiä (ks. taulukko 3). Moduuli määrittää, kuinka laajat tarkastukset painelaitteelle tai laitekokonaisuudelle tehdään, jotta se täyttää painelaitedirektiivin olennaiset turvallisuusvaatimukset (painelaitedirektiivin liite I). Korkeamman luokan moduulit sisältävät laajempia tarkastuksia painelaitteelle ja laitekokonaisuuksille. Moduulien sisällöt kerrotaan kokonaisuudessaan painelaitedirektiivin liitteessä III. Ilmoitetun laitoksen rooli painelaitteen tai laitekokonaisuuden arvioinnissa kasvaa luokan noustessa. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

Taulukko 3. Painelaitteiden luokat ja niitä vastaavat moduulit (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

Luokka I:	Moduuli A	Sisäinen tuotannonvalvonta
Luokka II:	Moduuli A2	Sisäinen tuotannonvalvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin
	Moduuli D1	Tuotantoprosessin laadunvarmistus
	Moduuli E1	Painelaitteiden lopputarkastuksen ja testauksen laadunvarmistus
Luokka III:	Moduulit B + D	EU-tyyppitarkastus – suunnittelutyyppi + Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + F	EU-tyyppitarkastus – suunnittelutyyppi + Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + E	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Painelaitteen laadunvarmistukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + C2	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Sisäiseen tuotannonvalvontaan perustuva tyypinmukaisuus ja satunnaisin väliajoin suoritettavat valvotut painelaitetarkastukset
	Moduuli H	Täydelliseen laadunvarmistukseen perustuva vaatimustenmukaisuus
Luokka IV:	Moduulit B + D	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + F	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduuli G	Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus
	Moduuli H1	Täydelliseen laadunvarmistukseen ja suunnittelun tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus

Painelaite

Painelaitedirektiivin mukaan painelaitteella tarkoitetaan säiliöitä, putkistoja, varolaitteita, paineenalaisia lisälaitteita sekä paineenalaisiin osiin kiinnitettyjä osia, kuten mm. laipat ja yhteen. Painelaitedirektiivistä löytyvät määritelmät säiliölle, putkistolle, varolaitteelle ja paineenalaisille lisälaitteille. Direktiivi kuvaa laitekokonaisuuden olevan valmistajan yhtenäinen ja toiminnallinen kokonaisuus, joka koostuu useista painelaitteista. (Direktiivi 2014/68/EU, 2 artikla.)

Ilmoitettu laitos

Ilmoitetut laitokset ovat kolmannen osapuolen arviointilaitoksia, jotka suorittavat painelaitteiden valvontaa ja tarkastuksia. Ilmoitettujen laitoksien tehtäviin kuuluu arvioida markkinoille saatettavien painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien vaatimustenmukaisuutta, todentaa painelaitteen materiaalien hyväksyttävyyttä ja tehdä erilaisia erityistehtäviä. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

CE-merkintä

Kun moduulissa määritetyt olennaiset turvallisuusvaatimukset ovat täyttyneet ja vaatimustenmukaisuuden arviointi on tehty, voi valmistaja kiinnittää painelaitteeseen CE-merkinnän (ks. kuvio 6). Tämä CE-merkintä toimii valmistajan todistuksena siitä, että painelaite on suunniteltu ja valmistettu painelaitedirektiivin mukaisesti. Vaatimustenmukaisuuden arviointimoduulista riippuen CE-merkinnän kiinnittäminen painelaitteeseen vaatii myös ilmoitetun laitoksen varmistuksen painelaitedirektiivin vaatimusten täyttymisestä. Kun CE-merkintä on kiinnitetty, mahdollistaa se painelaitteen vapaan liikkuvuuden ja käyttöönoton EU:n markkinoilla. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)



Kuvio 6. CE-merkintä (Tuotteiden CE-merkinnät kuntoon 2014)

EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

Ennen painelaitteen markkinoille saattamista tulee valmistajan tai valmistajan valtuutetun edustajan laatia painelaitteesta tai laitekokonaisuudesta EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Tällä vakuutuksella valmistaja ottaa vastuun siitä, että painelaite tai laitekokonaisuus on painelaitedirektiivissä säädettyjen vaatimusten mukainen. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus voi tarvittaessa sisältää muitakin Euroopan unionin säädöksiä, kuten esim. sähköturvallisuuteen liittyviä säädöksiä. Tällöin näiden säädösten tunnistetiedot ja niiden julkaisuviitteet tulee liittää tähän samaan EU-vaatimustenmukaisuusvakuutukseen. (Direktiivi 2014/68/EU, 17 artikla.) Valmistajien tulee säilyttää tekniset asiakirjat ja EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus kymmenen vuoden ajan sen jälkeen, kun painelaite tai laitekokonaisuus on asetettu markkinoille (Direktiivi 2014/68/EU, 6 artikla kohta 3).

4.3 Yhdenmukaistetut EN-standardit

Painelaitedirektiivin tueksi on eurooppalainen standardisoimisjärjestö CEN laatinut yhdenmukaistettuja EN-standardeja. Nämä EN-standardit esittävät laitteiden suunnitteluun ja valmistukseen yksityiskohtaisia teknisiä ratkaisuja ja toteutuksia. Näitä EN-standardeja hyödyntämällä täyttyvät myös painelaitedirektiivin asettamat vaatimukset painelaitteille ja laitekokonaisuuksille. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi n.d.)

Standardien käyttö on vapaaehtoista, mutta valmistajat usein hyötyvät niistä niin paljon, että niitä halutaan käyttää suunnittelun ja valmistuksen tukena. Tuotteet täyttävät direktiivien ja asetusten vaatimukset, kun ne tehdään säädöksissä viitattujen standardien mukaan. Direktiivien yhteydessä esitettäville standardeille on annettu virallinen asema direktiivien jatkeina. Standardit on laadittu EU:n pyynnöstä. (EU ja standardointi n.d.)

Yhdenmukaistetut eli harmonisoidut standardit ovat eurooppalaisten standardisointijärjestöjen laatimia standardeja. EU:n virallisessa lehdessä esitettäviin säädöksiin liitettäviä standardeja kutsutaan yhdenmukaistetuiksi standardeiksi. (EU ja standardointi n.d.)

Painelaitteisiin ja laitekokonaisuuksiin liittyviä yhdenmukaistettuja EN-standardeja on lukuisia. Rantotekilla suunniteltavien säiliöiden suunnittelutyön kannalta merkittävimmät standardit ovat EN 13445 (lämmittämättömät painesäiliöt) ja EN 12952 (vesiputkikattilat). Ulospuhallussäiliöiden ja syöttövesisäiliön suunnitteluun käytetään EN 13445 standardia ja lieriön suunnitteluun käytetään EN 12952 standardia.

5 Työn toteutus

5.1 Opinnäytetyön lähtötilanne

Opinnäytetyön lähtötilanteessa yrityksen esimiesten toimesta oli tiedostettu, että säiliöiden suunnitteluun liittyy haasteita. Tässä nähtiin tarpeelliseksi kehittää ja tehostaa säiliöiden suunnitteluprosesseja. Etenkin ulospuhallussäiliöiden ja syöttövesisäiliön suunnitteluprosesseihin liittyviä haasteita haluttiin tarkastella kriittisesti. Lieriö otettiin myös mukaan tarkasteluun, vaikka sen suunnittelusta Rantotekilla oli jo paljon kokemusta. Ajatuksena oli, että lieriön suunnitteluprosessista pystyttäisiin nostamaan ideoita syöttövesisäiliön ja ulospuhallussäiliöiden suunnitteluun.

Tutkimuksen tehtävänä oli kartoittaa eri roolien suunnittelijoilta, mistä haasteet säiliöiden suunnittelussa olivat johtuneet ja kehittää kehitysehdotuksia näiden ongelmien ratkaisemiseksi. Myös toimiviksi todettuja toimintatapoja säiliöiden suunnittelutyöhön pyrittiin kartoittamaan teema-haastatteluissa. Oma henkilökohtainen kokemus ulospuhallussäiliöiden suunnittelusta työharjoittelun aikana oli myös nostanut esiin säiliöiden suunnittelutyöhön liittyviä haasteita.

5.2 Teemahaastattelut

Teemahaastatteluja pidettiin yhteensä 11 Rantotekin työntekijän kanssa. Haastattelut vaihtelivat kestoaltaan 30–60 minuuttiin. Haastateltavat olivat monipuolisesti suunnittelun eri rooleista, joten haastattelujen avulla saatiin monipuolinen otanta säiliöiden suunnitteluun vaikuttavista tekijöistä.

5.2.1 Teemahaastattelujen läpivienti

Säiliöiden suunnitteluprosessien ongelmakohtien selvittämiseksi Rantotekin työntekijöitä haasteltiin vapaamuotoisilla teemahaastatteluilla. Teemahaastattelujen läpiviemiseksi ei luotu selkeää kaavaa, vaan teemahaastatteluja ohjasivat niille tyypilliset ennakkoon mietityt teemat. Nämä teemat olivat:

- yleiset haasteet säiliöiden suunnittelussa
- lieriö
- syöttövesisäiliö
- ulospuhallussäiliöt

Haastattelut sisälsivät paljon vuoropuhelua ja haastatteliija pyrki kehittämään aktiivisesti jatkokysymyksiä haastattelujen aikana. Jatkokysymyksillä pyrittiin tarkentamaan haastatteluissa nousseita asioita siten, että haastatteliija saisi niistä selkeän käsityksen. Epäselvää asiaa lähestyttiin niin monella jatkokysymyksellä, että haastatteliija koki varmasti ymmärtäneensä asian oikein.

Teemahaastattelut aloitettiin aina tutustumalla haastateltavaan. Tutustumisella haluttiin kartoittaa mm. haastateltavan työhistoriaa, työkokemusta eri säiliöiden suunnittelusta ja nykyistä työnkuvaa Rantotekilla. Tämän avulla haastatteliija osasi kohdentaa kysymyksiä haastateltavan työnkuvan sopiviksi. Esimerkiksi prosessisuunnittelijalta ei ollut järkevää kysyä säiliöihin liittyvistä lujousteknisistä asioista, koska hänellä tuskin tähän olisi ollut näkemystä. Haastatteluissa pyrittiin siihen, että haastateltava pystyisi tuomaan esiin omissa sekä muiden työtehtävissä esiin tulleita ongelmakohtia ja haasteita säiliöiden suunnitteluun liittyen.

Tutustumisen jälkeen haastateltavia pyydettiin kuvaamaan säiliön suunnitteluprosessiin liittyviä vaiheita. Tämän avulla pyrittiin luomaan kokonaiskuva eri säiliöiden suunnitteluprosesseista. Jokainen haastateltava kertoi oman työroolin mukaisista säiliöiden suunnitteluprosessin työvaiheista sekä siitä, kuinka näki säiliöiden suunnitteluprosessin kokonaisuudessaan alusta loppuun.

Haastattelujen pohjalta pystyttiin myöhemmin luomaan kokonaiskuva eri säiliöiden suunnitteluprosesseista. Tämän avulla tutkimuksessa pystyttiin selvittämään, kuinka eri työntekijöiden tehtävät ovat sidoksissa toisiinsa säiliöiden suunnitteluprosessin aikana. Eri roolien ymmärtäminen säiliöiden suunnitteluprosessien eri vaiheissa edesauttoi kehitysehdotusten luomista.

5.2.2 Teemahaastatteluiden analysointi

Haastattelujen jälkeen niiden äänitallenteet litteroitiin eli purettiin kirjalliseen muotoon, jotta niitä oli mahdollista analysoida myöhemmin. Äänitallenteiden litteroinneissa käytettiin referoivaa litterointityyliä, koska haastattelut sisälsivät paljon esimerkkejä työelämästä. Opinnäytetyön kannalta ei ollut tarpeellista tehdä litterointitasoltaan tarkempaa litterointia haastatteluista.

Kirjalliseen muotoon litteroitu muistiinpano haastattelusta palautettiin haastateltavalle. Näin haastateltava pystyi tarkistamaan, että muistiinpano ei sisältänyt asiavirheitä tai väärinymmärryksiä. Jotkut haastateltavista halusivat tarkentaa joitakin kohtia muistiinpanoihin liittyen, mutta suuria muutoksia ei tarvinnut tehdä.

Teemahaastatteluista muodostunutta litteroitua aineistoa analysoimalla pyrittiin saavuttamaan syvälinen ymmärrys tutkittavasta ilmiöstä eli säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyvistä haasteista. Aineistoa luettiin useaan kertaan ja tavoitteena oli kirjata ylös kaikki säiliöiden suunnitteluun liittyvät haasteet ja ongelmat. Tämän jälkeen tavoitteena oli nostaa näistä esiin olennaisimmat. Ongelma tai haaste katsottiin olennaiseksi, jos se oli yleinen ja sitä korjaamalla saataisiin merkittävästi parannusta jonkin säiliön suunnitteluprosessiin.

6 Tulokset

6.1 Yleisiä säiliöiden suunnitteluun liittyviä haasteita

Rantotekilla kattilastandardit ovat olleet käytössä jo yrityksen alkuvaiheista saakka ja ovat tämän vuoksi tuttuja. Sen sijaan säiliöihin liittyvät standardit ovat yrityksessä vieraampia, koska näitä ei ole aikaisemmin tarvinnut soveltaa toimituslaajuudeltaan pienemmissä projekteissa, joihin säiliöt eivät ole kuuluneet. Nyt säiliöihin liittyvien standardien mukaantulo oli aiheuttanut haasteita, koska nämä standardit olivat sisältäneet omanlaisiaan yksityiskohtia ja toimintatapoja, jotka tuli ottaa huomioon säiliöiden suunnittelutyössä.

Yrityksessä on yleistä, että suunnittelijat tekevät monipuolisesti erilaisia suunnitteluun liittyviä tehtäviä. Teemahaastatteluissa nousi esiin, että tietoa ei välttämättä aina osata kuitenkaan etsiä oikeasta paikasta tai oikeilta henkilöiltä suunnittelijalle tuntemattomammissa suunnittelun kohteissa. Tämä nousee olennaiseksi etenkin silloin, kun kyseessä on vain muutamia kertoja tehty kohde ja tietoa näihin liittyen löytyy yrityksestä vain muutamilta henkilöiltä.

Yhtenä yhteisenä asiana teemahaastatteluissa ilmeni, että säiliöiden suunnitteluun liittyen tarvittaisiin joustavuutta. Projektien alkuvaiheessa tehtävät päätökset säiliöihin liittyen saattavat aiheuttaa haasteita suunnittelutyön loppuvaiheessa, jos alkuvaiheessa on lyöty lukkoon joitakin suunnitteluun liittyviä asioita. Näiden ns. lukkoon lyötyjen asioiden suhteen tulisi pystyä joustamaan, jotta loppuvaiheen suunnittelutyössä ei tarvitsisi tehdä huonoja teknisiä ratkaisuja. Haastatteluissa kuitenkin myös todettiin, että asiat ovat tapauskohtaisia ja ongelmilta ei aina pystytä täysin välttymään.

Esimerkiksi projektien alkuvaiheessa säiliöille tulee usein määrittää jonkinlainen massa, jotta sille osataan suunnitella oikeanlaiset tukirakenteet tai tarpeeksi kestävät hoitotasot. Jos projektien edetessä kuitenkin huomataan säiliön massan kasvavan alun perin määritetystä, aiheutuu tästä usein haasteita. Tämän kaltaisiin tilanteisiin toivottaisiin lisää joustavuutta yrityksen sisällä.

Haastatteluissa nousi esiin, että päätökset projektien alkuvaiheessa tulee usein tehdä nopealla aikataululla ja vajavaisilla lähtötiedoilla. Tästä johtuen kaikkia yksityiskohtia ei voida ratkaista suunnitteluprojektin alkuvaiheessa. Haastatteluissa nostettiin myös esiin, että usein on haastavaa nähdä projektien loppuvaiheisiin ja joitakin muutoksia on vain mahdotonta ennakoida. Haastatteluissa korostettiin kuitenkin, että näiden muutoksien tullessa esiin tulisi yrityksen olla valmis joustamaan jo tehtyjen päätöksien suhteen. Ratkaisuna tähän ongelmaan olisi, että ensimmäisille lähetettävälle dokumenteille varattaisiin hieman enemmän aikaa ennen kuin ne lähetetään. Tämän toteutuminen yritysmaailmassa on toisaalta haastavaa, koska asioita pyritään jatkuvasti hoitamaan tehokkaasti. Myöskään asioiden vatkominen liian pitkään ei ole fiksumuutoksia saattaa tulla, vaikka asiat pyrittäisiin miettimään mahdollisimman pitkälle.

Teemahaastatteluiden vastauksissa todettiin, että mekaanisessa suunnittelussa ei pitäisi tähdätä aina prosessitekni- sen mitoituksen määrittelemään ideaaliseen säiliöön. Mekaanisen suunnittelun työtä voitaisiin vähentää, kun säiliöihin liittyviä komponentteja ei tarvitsisi suunnitella tai mitoittaa lujusteknillisesti uudelleen jokaiseen projektiin. Näiden suhteen pitäisi pystyä hyödyntämään tehokkaammin jo aikaisemmin valmistettuja säiliöitä. Haastatteluissa todettiin, että säiliöiden suunnitteluprosessia tulisi kehittää siihen suuntaan, että aikaisemmin tehtyjä säiliöitä pystyttäisiin hyödyntämään monipuolisemmin erikokoisille kattilalaitoksille.

6.2 Eri säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyviä haasteita

Näistä opinnäytetyöhön valituista säiliöistä Rantotekilla on ylivoimaisesti eniten suunnittelukokemusta lieriöstä. Lieriön suunnitteluprosessi on yrityksellä erittäin rutinoitunut, ja tämän vuoksi tähän ei löytynyt suuria ongelmakohtia.

Teemahaastatteluissa ilmenneet lieriön suunnitteluprosessiin liittyvät haasteet olivat pieniä mekaaniseen suunnitteluun liittyviä haasteita. Osittain haastatteluiden vastaukset sisälsivät suunnitteluprosessiin liittyvien toimintatapojen muutosehdotuksia, mutta nämäkin olivat usein haastateltavan omia kehittyneitä mieltymyksiä. Näitä mekaanisen suunnitteluun liittyviä haasteita ja kehityskohteita on esitetty liitteessä 2.

Teemahaastatteluissa säiliöihin liittyvät haasteet koskivat eniten ulospuhallussäiliöitä johtuen siitä, että ne olivat yleistyneet yrityksen projektien toimituslaajuuksissa vasta lähivuosina. Näiden suunnittelussa kohdattiin paljon uusia haasteita, koska kokemuspohjaa ja rutiinia näiden tekemiseen ei ollut vielä kertynyt lieriön suunnittelun kaltaiselle tasolle. Ulospuhallussäiliöiden suunnittelussa haasteita ovat tuottaneet yksityiskohtaiset vaatimukset ja selvitykset, joita ei olla osattu ennakoita. Nämä vaatimukset ovat ilmenneet vasta suunnitteluprosessin aikana ja ovat tämän vuoksi aiheuttaneet kiirettä ja ns. säntäilyä suunnitteluprosessien aikana.

Mekaaniseen suunnitteluun liittyviä haasteita ja ongelmakohtia ilmeni muihin säiliöihin verrattuna eniten ulospuhallussäiliöiden suunnittelussa. Toisaalta lähes kaikkiin näihin ongelmiin haastateltavilla oli ehdottaa jonkinlainen kehitysehdotus, koska haastateltavat olivat joutuneet nämä ongelmat jo jollain tavalla ratkaisemaan. Näitä mekaanisen suunnittelun haasteita, ongelmakohtia ja kehitysideoita on esitetty liitteessä 2.

Syöttövesisäiliön suunnitteluprosessiin liittyvä otanta on melko suppea verrattuna muihin tässä opinnäytetyössä käsiteltäviin säiliöihin. Syynä tähän on, että tämä säiliö ei ole ollut tähän mennessä mukana yrityksen suunnitteluprojektien toimituslaajuuksissa. Yrityksessä näihin säiliöihin on kuitenkin tehty prosessitekniä mitoitusta sekä nämä säiliöt on täytynyt huomioida mm. layout- ja putkistosuunnittelussa. Näistä seikoista johtuen syöttövesisäiliöihin liittyvät haasteet nousivat edellä mainituista näkökulmista.

Yritykselle on jo muodostunut näkemys siitä, mitä asioita syöttövesisäiliöiden suunnitteluun liittyen täytyy lähteä kehittämään, jos syöttövesisäiliöitä ollaan tulevaisuudessa ottamassa mukaan suunnitteluprojektien toimituslaajuuksiin. Osa-alueet, joita tämän säiliön suunnittelussa tulee vielä kehittää ja jotka tarvitsevat vielä syvempää perehtymistä on esitetty liitteessä 2.

6.3 Teemahaastatteluissa esiin nousseita kehitysideoita ja hyviä toimintatapoja

Teemahaastatteluissa nousi esiin paljon kehitysideoita säiliöiden suunnitteluprosessien kehittämiseksi. Etenkin ulospuhallussäiliöiden suunnitteluprosesseihin useilla haastateltavilla oli paljon erilaisia kehitysehdotuksia. Tämä johtui siitä, että näihin liittyviä ongelmakohtia ja haasteita oli jouduttu ratkaisemaan lähiaikoina aikaisemmissa projekteissa. Tässä luvussa on esitetty muutamia olennaiseksi katsottuja kehityskohteita ja kehitysideoita teemahaastatteluiden pohjalta.

Teemahaastatteluiden aikana yhteisen pohdinnan tuloksena muodostui kehitysehdotus luoda yrityksen yhteinen tietopankki ulospuhallussäiliöiden suunnitteluun liittyvän tiedon keräämiseksi. Tässä ideassa ajatuksena on luoda yrityksen yhteiseen käyttöön Excel-tiedosto, johon kerätään kaikki projektit, joihin ulospuhallussäiliötä on suunniteltu. Tämän Excel-tiedoston avulla pyrittäisiin vähentämään aikaa, jota kuluu ulospuhallussäiliöihin liittyvien tietojen etsimiseen yrityksen vanhoista projekteista. Tämä Excel-tiedosto suunniteltaisiin niin, että sillä olisi mahdollista kartoittaa aikaisemmat kattilalaitosten suunnitteluprojektit mm. niihin käytettyjen standardien sekä kattilalaitoksen pääsuureiden perusteella. Tämän Excel-tiedoston ylläpitämiseksi valittaisiin yksi henkilö, joka ottaisi tämän ylläpidettäväkseen.

Yhtenä hyvänä kehitysideana teemahaastatteluissa mainittiin kyselylomake, joka lähetettäisiin asiakkaalle aina suunnitteluprojektin alkuvaiheessa. Tällä kyselylomakkeella kerättäisiin vastaukset ja tarvittavat lähtötiedot, joita yritys tarvitsee projektin läpiviemiseksi. Tällä kyselylomakkeella pystyttäisiin vähentämään jokaisessa projektissa toistuvaa tiedonvälitystä yrityksen ja asiakkaan välillä. Käytännössä tämä vähentäisi jokaisessa projektissa toistuvien samojen kysymysten kysymistä asiakkaalta. Tämä kyselylomake tehostaisi suunnitteluprosesseja, koska aikaa ei kuluisi tiedonvälitykseen asiakkaan ja Rantotekin välillä projektin aikana. Kyselylomakkeen ansiosta asiakkaalta saatava tieto ei myöskään olisi hajallaan eri sähköposteissa, vaan se löytyisi suurelta osin yhdestä paikasta. Tätä ideaa voisi hyödyntää säiliöiden sekä muiden suunnitteluprojektien toimituslaajuuksiin kuuluvien kohteiden suhteen. Kyselylomaketta voitaisiin päivittää sitä mukaa, kun vastaan tulisi uusia asiakkailta kysyttäviä kysymyksiä, jotka toistuisivat yleisesti suunnitteluprojekteissa.

Lieriön suunnitteluun liittyen teemahaastatteluissa esiin nousi kehitysehdotus, jonka avulla lieriön ohjaustavan valintaan pystyttäisiin kehittämään järkevä ratkaisu. Lieriön ohjauksella tarkoitetaan tässä tapauksessa lämpöliikkeitä huomioivaa lieriötä kannattelevaa tukirakennetta. Tässä ideassa kehitettäisiin kaavio, joka auttaisi valitsemaan oikeanlaisen ohjaustavan lieriölle. Tämä kaavio olisi tyyliltään lohkokaaavio, jonka kysymykset ohjaisivat valitsemaan tietyn lieriön ohjaustavan. Vastausvaihtoehdot lohkokaaviossa olisivat joko kyllä tai ei.

Tämä lohkokaaavio suunniteltaisiin suosimaan joitakin ohjaustapoja lieriölle, jotta näiden käyttäminen alkaisi yleistyä yrityksen toiminnassa. Muutamaa lieriön ohjaustapaa suosimalla nämä lieriön ohjaustavat jalostuisivat, koska näitä ratkaisuja pitäisi käsitellä useasti. Tämä myös kehittäisi yrityksen toimintaa, koska samanlaisia ratkaisuja lieriön ohjaukselle olisi helpommin hyödynnettävissä aikaisemmista suunnitteluprojekteista. Tämän kehitysidean toteuttaminen korjaisi ongelmaa yrityksen toiminnassa, jossa lieriön ohjaustapaa on suunniteltu liian useilla erilaisilla tavoilla.

Säiliöiden suunnitteluprosessien tehostamiseksi Visual Vessel Design (VVD) nostettiin usein esille teemahaastatteluissa. Tämä eri standardeja huomioiva suunnittelu- ja laskentaohjelma sai paljon positiivista palautetta useilta haastateltavilta. Tämän ohjelman käytön yleistyminen tulevaisuudessa nähtiin etenkin ulospuhallussäiliöiden suunnitteluprosesseja kehittävänä tekijänä. VVD todettiin haastattelijoiden keskuudessa helppokäyttöiseksi ja toimivaksi ohjelmaksi, joka helpottaa mm. säiliön laskentaan liittyvää työtä suunnitteluprojektin eri vaiheissa.

Asiakkaisiin liittyen teemahaastatteluissa esiin nostettiin asiakassuhteiden jatkuvuuksien hyödyntäminen. Pidempikestoista asiakassuhteista on hyötyä, koska tällöin asiakkaan kanssa on mahdollista sopia yhteisistä asioista pohjaten aikaisempiin yhteisiin suunnitteluprojekteihin. Säiliöiden suunnitteluprosessia voidaan tehostaa, kun asiakkaan kanssa sovitaan, että hyödynnetään aikaisemmista yhteisistä projekteista hyväksi todettuja suunnitteluratkaisuja. Tätä voidaan soveltaa säiliöiden kohdalla, kun asiakkaan kanssa sovitaan käytettäväksi samanlaisia säiliöitä aikaisemmista yhteisistä projekteista.

6.4 Säiliöiden suunnitteluprosessin kuvaus

Työn toteutuksessa teemahaastatteluiden pohjalta pystyttiin muodostamaan näkemys säiliöiden suunnitteluprosessien eri vaiheista. Säiliöiden suunnitteluprosessia on kuvattu eri suunnittelun alojen näkökulmista, jotta prosessi pysyisi mahdollisimman selkeänä. Säiliöiden suunnitteluprosessia on kuvattu yksinkertaistettuina luvuissa 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3 ja 6.4.4.

6.4.1 Prosessiteknisen mitoituksen näkökulma

Kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosessit alkavat aina prosessiteknisellä mitoituksella. Tässä mitoituksessa olennaisimmat suunnittelua määrittävät tekijät ovat kattilalaitoksella käytössä olevat polttoaineet ja kattilalaitokselta tarvittava höyryn tuotannon tarve (massavirta, paine, lämpötila).

Prosessitekkinen mitoitus määrittää säiliöiden tilavuuden, jotta kattilan prosessi saadaan toimivaksi. Jokaisella säiliöllä on omat ominaisuudet, jotka tulee ottaa huomioon suunnittelutyössä. Esimerkiksi lieriössä sykloni ja demisteri tulee määrittää prosessiteknisessä mitoituksessa, kun taas JUP-säiliölle on ominaista flash-ilmiön huomiointi. Olennaisena tehtävänä prosessitekkinen mitoittamiseen kuuluu säiliölle tulevien ja siltä lähtevien massavirtojen mitoittaminen. Käytännössä tämä tarkoittaa säiliöön kytkeytyvien putkiyhteiden sisähalkaisijoiden määrittämistä. Tyypillisesti suunnitteluprojektin alkuvaiheessa prosessitekkinen mitoituksessa määritellään tilavuus lieriölle ja mahdollisesti syöttövesisäiliölle. Ulospuhallussäiliöiden mitoittaminen voidaan suorittaa myöhemässä vaiheessa suunnitteluprojektia.

6.4.2 Lujuusteknisen mitoituksen näkökulma

Lujuustekninen mitoittaminen on koko säiliön suunnitteluprosessin ajan mukana kulkeva tapahtuma, mutta se voidaan jakaa karkeasti kolmeen suunnitteluprosessia selkeyttävään eri vaiheeseen.

Ensimmäinen vaihe aloitetaan aikaisessa vaiheessa suunnitteluprosessia eli käytännössä heti prosessiteknisestä mitoituksesta saatavien tietojen saavuttua. Tässä vaiheessa muodostetaan käsitys säiliöön liittyvistä perusasioista, kuten mm. säiliöön liittyvästä paineesta, tilavuudesta ja standardien määräyksistä. Tähän vaiheeseen kuuluu myös painelaitedirektiivin liitteen II mukainen painelaitteen määrittely luokkiin I-IV. Muita määriteltäviä asioita ovat mm. säiliön korroosiovara ja käyttöikä.

Toisessa vaiheessa määritellään lieriön vaipalle ja päädyille seinämävahvuudet. Tässä vaiheessa on olennaista mitoittaa seinämävahvuus niin, että se sopii kaikille mahdollisille säiliöön tuleville putkiyhteille. Tähän toiseen vaiheeseen kuuluu myös materiaalin määrittely säiliölle. Lujuustekninen mitoittaminen täytyy aloittaa aikaisessa vaiheessa, koska säiliöitä valmistavat konepajat tarvitsevat materiaalilistat hyvissä ajoin itselleen. Näiden listojen pohjalta konepajat tilaavat terästä säiliön valmistamista varten. Säiliön materiaalivalintaan vaikuttaa merkittävästi suunnittelustandardi ja joidenkin säiliöiden tapauksessa säiliön suunnittelupaine. Korkeammissa paineissa käytetään lujuusteknisesti kestävämpiä materiaaleja, jotta vältetään kohtuuttoman suurilta seinämävahvuuksilta.

Viimeisessä vaiheessa toteutetaan lopullinen dokumentoitava lujuustekninen laskenta, jossa osoitetaan säiliön kestävyys. Tarvittaessa säiliön lujuuslaskentaan liittyvät dokumentit lähetetään kolmannen osapuolen arviointilaitokselle tarkastettavaksi.

6.4.3 Layout-suunnittelun näkökulma

Layout-suunnittelu alkaa aikaisessa vaiheessa suunnitteluprojektia, käytännössä välittömästi prosessiteknisestä mitoituksesta saatavien tietojen saavuttua. Layout-suunnittelu antaa tiedot esim. lieriön laskuputkien sijoittelusta, jonka avulla määritetään lieriön pituus. Kun pituus on tiedossa ja prosessiteknisessä mitoituksessa on määritetty tilavuus, pystytään lieriölle määrittämään halkaisija.

Lieriö ja syöttövesisäiliö ovat kattilalaitoksen suunnitteluprosessin kokonaisuuden kannalta merkityksellisiä ja tästä syystä näiden säiliöiden sijoittelu lyödään lukkoon aikaisessa vaiheessa suunnitteluprojektia. Näiden säiliöiden siirtely layoutissa myöhemmässä vaiheessa suunnitteluprojektia on erittäin haastavaa, koska moni asia on kytköksissä näihin säiliöihin. Ulospuhallussäiliöiden sijoittelu lyödään lukkoon huomattavasti myöhäisemmässä vaiheessa suunnitteluprojektia verrattuna lieriöön ja syöttövesisäiliöön. Ulospuhallussäiliöitä on kohtalaisen helppo liikutella kattilalaitoksen hoitotasoilla niiden pienestä koosta johtuen.

Layout-suunnittelusta saatavat dokumentit ovat olennaisia koko kattilalaitoksen suunnittelun kannalta, koska näiden pohjalta mietitään kaikkien laitoksessa olevien komponenttien sijoittelua. Säiliöiden layout-suunnittelussa on olennaista huomioida mm. säiliöiden koko, massa ja huollettavuus. Layout-suunnittelun tulee olla valmis ennen säiliön mekaanisen suunnittelun aloittamista, jotta esim. säiliöön tulevat putkiyhteet voidaan sijoittaa oikealla tavalla.

6.4.4 Detaljisuunnittelun näkökulma

Detaljisuunnittelu on koko säiliön suunnitteluprosessin viimeinen vaihe. Detaljisuunnittelu voidaan aloittaa, kun siihen tarvittavat lähtötiedot ovat saatavilla. Säiliön suunnittelun aloittaminen vaja-
vaisilla lähtötiedoilla voi aiheuttaa joidenkin työvaiheiden uudelleen tekemisen. Detaljisuunnittelu tulee toteuttaa yhteistyössä lujuusteknisen suunnittelun kanssa, jotta tekniset ratkaisut voidaan todeta toimiviksi myös lujuusteknisesti. Säiliön detaljisuunnitteluun tarvittavia lähtötietoja ovat mm.

- Mahdolliset konepajalta saatavat tiedot säiliön valmistusmenetelmistä ja -rajoitteista
- Lujuusteknisestä mitoituksesta saatavat tiedot (mm. seinämävahvuudet ja putkiyhteisiin tarvittavat tiedot)
- Prosessiteknisestä mitoituksesta saatavat tiedot (mm. säiliön tilavuus ja PI-kaaviot)
- Layout-suunnittelusta saatava tieto säiliön sijainnille kattilalaitoksessa

Detaljisuunnittelussa tehtävänä on miettiä säiliöön liittyviä yksityiskohtia ja suunnitella säiliön 3D-malli. Asiakkaille palautettavia dokumentteja ovat mm. valmistuskuvat, osaluettelo ja tarvittaessa hitsaussuunnitelma. Säiliöön liittyvä suunnittelutyö on valmis, kun viimeiset kommentit on huomioitu asiakkailta, tarkastajilta ja säiliötä valmistavalta konepajalta.

7 Johtopäätökset

Monet haastatteluissa esiin nousseista ongelmista olivat jo yrityksessä yleisesti tiedostettu. Tämä voitiin nähdä positiivisena asiana. Jos isoja ongelmia olisi tullut esiin yksittäisiltä suunnittelijoilta, olisi tämä jo itsessään kertonut omanlaisesta tiedonkulun ongelmasta yrityksen sisällä. Nyt isoimpien ongelmien ollessa yleisessä tiedossa näitä osattiin lähteä korjaamaan yleisesti yrityksen toiminnassa.

Säiliöiden suunnitteluprosessissa useat suunnittelun vaiheet ovat riippuvaisia toisistaan ja tapahtuvat samanaikaisesti. Tämän vuoksi säiliön suunnitteluprosessin kokonaisuuden onnistumisen kannalta olennaista on hyvä kommunikointi suunnittelijoiden välillä. Myös asiakkaiden kanssa tapahtuva kommunikointi ja näiden toiveiden huomiointi ovat olennaisia asioita suunnitteluprosessin kokonaisuuden onnistumisen kannalta.

Haasteita ja ongelmakohtia yrityksen säiliöiden suunnitteluprosesseissa oli huomattavasti enemmän, kun siirryttiin matalapaineisiin säiliöihin. Tässä opinnäytetyössä matalapaineisilla säiliöillä tarkoitetaan ulospuhallussäiliöitä ja syöttövesisäiliöitä. Matalapaineisten säiliöiden suunnittelussa vastaan tulleet haasteet ja ongelmat olivat erilaisia kuin korkeapaineisten säiliöiden suunnittelussa. Vaikka säiliön suunnittelu vaihtuu korkeapaineisesta säiliöstä matalapaineiseen säiliöön ei voida kuitenkaan olettaa, että säiliö olisi matalamman paineen vuoksi helpompi suunnitella. Matalapaineisen säiliön suunnittelussa tulee huomioida sille ominaiset asiat.

Esimerkiksi lieriössä on tyypillisesti korkea paine, jonka vuoksi tämän seinämävahvuus on mitoitettava kohtalaisen paksuksi. Tämä kohtalaisen paksu seinämävahvuus tekee säiliöstä rakenteeltaan jäykän ja jyrkän. Ulospuhallussäiliö puolestaan toimii normaalitilanteessa normaalissa ilmanpaineessa, koska se on yhteydessä ulkoilmaan kattilalaitoksen katolle menevän hönkähöyryputken kautta. Pelkästään UP-säiliön sisälle muodostuvaa painetta huomioimalla säiliön seinämävahvuudesta tulee melko ohut. Liian ohut seinämä saattaa taas puolestaan olla liian heikko ottamaan vastaan erilaisia putkiyhteille muodostuvia voimia ja momentteja. Laskennallisesti tämä pakottaa lujuuslaskijaa miettimään UP-säiliön seinämävahvuutta jossain määrin eri näkökulmista verrattuna lieriön suunnitteluun. Usein seinämävahvuuden saattaa määrittää jokin standardista tuleva sääntö.

Teemahaastatteluiden tuloksista oli todettavissa, että ongelmat liittyivät usein säiliölle ominaisiin ominaisuuksiin, joihin osaamista korkeapaineisten säiliöiden suunnittelusta ei voitu soveltaa. Kaikilla opinnäytetyöhön valituilla säiliöillä on omanlaisensa rooli kattilalaitoksen toiminnassa, joten uusien säiliöiden mukaan ottaminen toimituslaajuuksiin vaatii näiden säiliöiden ominaisuuksien ymmärtämisen. Kun tiettyyn säiliöön liittyvät ominaisuudet ovat täysin ymmärretty, voidaan näitä ominaisuuksia alkaa huomioida mekaanisessa suunnittelussa. Säiliöihin liittyvien teknisten ratkaisuiden tulee aina täyttää niille asetetut vaatimukset. Nämä vaatimukset tulevat mm. prosessiteknisestä laskennasta sekä erilaisten standardien määräyksistä. Suunnitteluprosessi kuitenkin tehostuu jatkuvasti ja kehittyy teknisten ratkaisujen osalta, kun säiliön suunnitteluun liittyvää kokemusta kertyy. Tämä kehitys on ollut nähtävissä ulospuhallussäiliöiden suunnitteluun liittyen, jossa ensimmäiset suunnittelussa olleet säiliöt ovat aiheuttaneet eniten haasteita.

8 Pohdinta

Kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosessin kehittämistutkimuksessa tavoitteena oli kehittää toimeksiantaja Rantotek Oy:n kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosesseja. Tehtävänä oli selvittää yrityksen kattilalaitoksen säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyviä haasteita ja ongelmakohtia. Tutkimus toteutettiin kehittämistutkimuksena, jossa hyödynnettiin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Työn aikana kerätyn aineiston avulla pyrittiin luomaan kehitysehdotuksia säiliöiden suunnitteluprosessien kehittämiseksi. Tässä tutkimuksessa tarkasteltavina säiliöinä olivat lieriö, syöttövesisäiliö, ulospuhallussäiliö ja jatkuvan ulospuhalluksen säiliö.

Tutkimuksen tuloksina saavutettiin selkeä käsitys eri säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyvistä haasteista ja ongelmakohdista. Laajojen teemahaastattelujen pohjalta työssä pystyttiin luomaan myös kehitysehdotuksia, jotka saivat kannatusta yrityksen työntekijöiltä. Kehitysideat olivat monipuolisia säiliöiden suunnitteluprosesseihin liittyen ja niiden nähtiin kehittävän mm. tiedonkulkua, säiliöiden suunnitteluun liittyvän tiedon keräämistä sekä mekaanista suunnittelua. Kehitysideat nousivat osittain teemahaastatteluiden haastateltavilta ja osittain työn toteutuksen tuloksena.

Työn tuloksena toimeksiantaja sai käyttöönsä hyödyllisen yhteenvedon teemahaastatteluiden tuloksista. Näitä tuloksia yritys voi myöhemmin hyödyntää toimintansa kehittämiseen. Teemahaastatteluista saadut vastaukset olivat kattavia ja sisälsivät vastauksia usean eri roolin suunnittelijoilta.

Käytetyt tutkimusmenetelmät soveltuivat tutkimustyöhön hyvin. Tässä työssä tiedonkeruumenetelmäksi valittiin teemahaastattelut. Nämä laaja-alaiset haastattelut antoivat hyvän mahdollisuuden suunnittelijoille tuoda esiin omat haasteet ja ongelmat liittyen eri säiliöiden suunnittelutöihin. Teemahaastattelut toimivat myös hyvänä paikkana eri roolin suunnittelijoille tuoda esiin omia kehitysehdotuksia säiliöiden suunnitteluun liittyen. Referoivan litterointityylin käyttäminen haastatteluiden litteroimiseksi oli opinnäytetyön kannalta oikea ratkaisu, koska pelkästään pääsisällön kirjaaminen haastatteluista riitti laajaan aineistoon. Näiden menetelmien avulla saavutettiin tarvittava määrä aineistoa, jotta selkeä käsitys tutkittavasta ongelmasta muodostui.

Jälkeenpäin ajateltuna työn toteutuksen olisi voinut hoitaa paremmin aloittamalla teemahaastattelut aikaisemmassa vaiheessa opinnäytetyön tekoa. Tämä olisi jättänyt enemmän aikaa kehitysideoiden kehittämiseen yhdessä toimeksiantajan työntekijöiden kanssa. Työn toteutuksen aloittaminen aikaisemmin olisi myös helpottanut tietoperustaan kirjoitettavien asioiden määrittelyä. Tästä huolimatta tietoperustaan saatiin koottua opinnäytetyön kannalta olennaiset asiat.

Tätä tutkimustyötä olisi mahdollista jatkokehittää useilla eri tavoin, koska tämä opinnäytetyö tarjosi säiliöiden suunnitteluprosessien kehittämiseen runsaasti erilaisia kehitysehdotuksia. Luonnollinen jatkumo tästä olisi tehdä kehittämistutkimus, jossa kehitysideoita sovellettaisiin käytännössä yrityksen toiminnassa. Omalta osaltani pääsen tekemään tätä kehittämistyötä työsuhteeni jatkuessa Rantotek Oy:llä.

Jatkotutkimuksena opinnäytetyön tuloksien pohjalta olisi mahdollista toteuttaa kyselyitä yrityksen työntekijöiltä. Näiden avulla selvitetäisiin teemahaastatteluissa esiin nousseiden haasteiden ja ongelmakohtien yleisyyttä ja niiden vaikuttavuutta suunnitteluprosesseihin. Kyselyjen tulokset helpottaisivat yritystä, kun tämä myöhemmin kehittää omaa toimintaansa tämän tutkimuksen tuloksien pohjalta.

Tutkimuksen aihe oli mielestäni mielenkiintoinen ja opettavainen. Moni tutkittava asia sisälsi syy-seuraussuhteita, joita oli kiinnostavaa tutkia. Opinnäytetyön aikana pääsin jatkuvasti haastamaan itseäni, mikä piti työn toteutuksen jatkuvasti mielenkiintoisena. Opinnäytetyön yhtenä osatavoitteena oli myös oman ammattitaidon kehittäminen. Tässä tämä tutkimus onnistui erittäin hyvin. Useat tutkimuksessa tutkittavat asiat vaativat syvällistä ymmärrystä, jotta niistä oli mahdollista keskustella tai luoda uusia kehitysehdotuksia.

Lähteet

Boiler steam drum, custom boiler parts. N.d. Zhang Jiagang Huadong Boiler yrityksen verkkosivuilla tuote-esittely. Viitattu 4.5.2021. <http://hdboilerparts.com/1-boiler-steam-drum.html>.

Direktiivi 2014/68/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 27.6.2014. Viitattu 23.4.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0068>.

EU ja standardointi. N.d. Artikkelin Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n internetsivuilla. Viitattu 29.4.2021. <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/eu-ja-standardisointi/>.

HE 117/2016. Hallituksen esitys eduskunnalle painelaitelaiksi. Viitattu 24.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2016/20160117#idp446352208>.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen P. & Pakkanen, H. 2004. Höyrykattilatekniikka. 6. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. Helsinki: Opetushallitus.

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 202. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 234. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2019. Opinnäytetyön ja pro gradun pikaopas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 262. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kvalitatiivisen datan käsittely. N.d. Aineistohallinnan käsikirja yhteiskuntatieteellisen tietoarkiston nettisivuilla. Viitattu 28.4.2021. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/aineistohallinta/kvalitatiivisen-datan-kasittely/>.

Manivasakam, N. 2011. Practical Boiler Water Treatment Handbook. Chemical Publishing Company Inc.

Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. N.d. Opas Turvallisuus- ja kemikaaliviraston sivustolla. Viitattu 24.4.2021. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/painelaitteet/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arviointi>.

Papunen, R. 2021. Prosessisuunnittelija. Rantotek Oy. Suullinen tiedonanto puhelinkeskustelussa 4.5.2021.

Power boilers: Blowdown or blowoff? 2018. Lehtiartikkeli Today's Boiler lehdessä. Abma Education. Viitattu 16.3.2021. <http://digital.bnppmedia.com/publication/?m=15033&i=500192&p=14&ver=html5>.

Rantotek presentation. 2020. Yrityksen oma esitysmateriaali. Sisäinen materiaali.

Rantotek Yritys. N.d. Perustietoa Rantotek Oy:stä Comatec Oy:n verkkosivustolla. Viitattu 1.3.2021. <https://www.comatec.fi/tietoa-meista/rantotek/>.

Tuotteiden CE-merkinnät kuntoon. 2014. Tiedote Turvallisuus- ja kemikaaliviraston sivustolla 29.08.2014. Viitattu 28.4.2021. <https://tukes.fi/-/tuotteiden-ce-merkinnat-kunto-1>.

Vakkilainen, E. 2017. Steam Generation from Biomass, Construction and Design of Large Boilers. Elsevier: Buttenworth-Heinemann.

Visual Vessel Design. 2018. Hexagon PPM:n tuote-esittely Visual Vessel Design tietokoneohjelmasta. Viitattu 4.5.2021. https://bynder.hexagon.com/m/56b4194b8de02577/original/Hexagon_PPM_Visual_Vessel_Design_Product_Sheet_US_2018.pdf.

Liitteet

Liite 1. Teemahaastattelun runko

Teemahaastattelun runko	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot:	
Yrityksen nimi:	Rantotek Oy
Toimiala:	Insinööritoimisto, kattilalaitos suunnittelu- ja modernisointiprojektit
Teemahaastattelun toteutus:	
Haastattelija:	Tuomas Vertanen
Ajankohta:	xx.xx.xxxx
Haastattelun kesto	xx:xx
Haastateltava henkilö	
Asema	
Teemat:	
Teema 1	Yleiset haasteet säiliöiden suunnittelussa
Teema 2	Lieriö
Teema 3	Syöttövesisäiliö
Teema 4	Ulospuhallussäiliö

Liite 2. Yhteenveto opinnäytetyön teemahaastatteluista (Salassapidettävä)