



# PYROLYYSIÖLJYN KÄYTETTÄ- VYYS JA TARVITTAVAT OHEISJÄRJESTELMÄT PYRO- LYYSIÖLJYN POLTINPOLTOSSA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Timo Haapasaari			
Työn nimi Pyrolyysiöljyn käytettävyys ja tarvittavat oheisjärjestelmät pyrolyysiöljyn poltinpoltossa			
Päiväys	14.12.2015	Sivumäärä/Liitteet	40/3
Ohjaaja(t) Jukka Huttunen, Ritva Käyhkö			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä käsitellään Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden kampukselle rakenteilla olevan energiatutkimuskeskuksen osakokonaisuuden käyttöönottoa. Tämä osakokonaisuus käsittää pyrolyysiöljyn poltinpolttojärjestelmän öljysäiliöistä öljypolttimelle.</p> <p>Pyrolyysiöljyn poltinpoltton rungon perustaa erillisen yrityksen toimittama järjestelmä sisältäen pumppukoneikon, venttiilikoneikon, polttimen sekä ohjausjärjestelmän. Tuon lisäksi järjestelmään on hankittu kaksi erillistä öljysäiliötä. Asennusvaiheessa eri osakokonaisuuksien välille on rakennettu putkistot. Järjestelmään kuuluu myös erilaiset sähkövedot: sähkönsyötöt eri laitteille sekä signaalikaapeleiden asennukset.</p> <p>Työssä tutkitaan pyrolyysiöljyn ominaisuuksia sekä näiden ominaisuuksien aiheuttamia vaatimuksia järjestelmän käyttöönotossa. Lisäksi selostetaan itse järjestelmäkokonaisuus sekä sen toiminta. Työssä käsitellään myös käyttöönottoon liittyviä: toimituksen vastaanottoa, toimituksen oheistoimintoja sekä asennusjärjestystä.</p> <p>Eräs työn keskeinen asia on ottaa huomioon jo rakennusvaiheessa sellaisia asioita, jotka ovat tärkeitä nimenomaan pyrolyysiöljyn käyttöönotossa. Tällaisia asioita ovat mm. kiinnittäminen huomiota lämpötiloihin eri osissa järjestelmää.</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana on ollut Savonia-ammattikorkeakoulu.</p>			
Avainsanat			
pyrolyysiöljy, tutkimuskeskus, käyttöönotto, suunnittelu, kattila			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Timo Haapasaari			
Title of Thesis The Usability of Pyrolysis Oil and Required Peripheral Systems for the Combustion of the Pyrolysis Oil			
Date	14.12.2015	Pages/Appendices	40/3
Supervisor(s) Jukka Huttunen, Ritva Käyhkö			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The Bachelor's thesis deals with the commissioning of the subsystem of the energy research centre of Savonia University of Applied Sciences in Varkaus Campus. This subsystem comprises a pyrolysis oil combustion system from the oil tanks to the oil burner.</p> <p>The base of the pyrolysis oil burner system comprises of the items delivered by a separate company, including the pump unit, the valve unit, the burner and the control system. In addition two separate oil tanks have been purchased to the system. During the installation stage, pipelines have been built between separate modules. The system also includes various electric haulings: electric supplies for different devices and signal cable installations.</p> <p>In this thesis the properties of pyrolysis oil as well as the commissioning requirements caused by the characteristics of the oil were studied. Also the system configuration and operation are described. The thesis covers also things that have to be accounted for during the commissioning: delivery, additional activities linked to delivery as well as the order of assembly.</p> <p>Another key aspect of the thesis was to take into account such things, which are important especially for the pyrolysis oil commissioning. Such issues are amongst other things paying attention to the temperatures of different parts in the system.</p> <p>This thesis work was commissioned by Savonia University of Applied Sciences.</p>			
Keywords			
pyrolysis oil, research center, commissioning, designing, boiler			

## SISÄLTÖ

1	LYHENTEET JA TERMIT.....	7
2	JOHDANTO .....	8
2.1	Tausta.....	8
2.2	Ongelma .....	8
2.3	Tavoitteet.....	8
2.4	Rajaukset .....	8
3	TEORIAA PYROLYYSIÖLJYPOLTTIMEN KÄYTTÖÖNOTOSTA JA SEN VAATIMUKSISTA .....	9
3.1	Yleiset asennusohjeet.....	9
3.2	Järjestelmäkohtaiset asiat.....	10
3.3	Tarkastukset.....	10
3.4	Käyttöönotto.....	10
3.5	ATEX-määräysten huomioon ottaminen .....	11
4	PYROLYYSIÖLJY .....	13
4.1	Historia .....	13
4.2	Ominaisuuksista.....	13
5	PYROLYYSIÖLJYN POLTINJÄRJESTELMÄN KOKONAISUUS .....	15
5.1	Säiliötila .....	16
5.1.1	IBC-säiliöt.....	16
5.1.2	Sekoitinyksikkö .....	17
5.1.3	Liitännät .....	17
5.1.4	Pinnankorkeuden tarkkailu .....	17
5.2	Pumppauskoneikko .....	18
5.2.1	Sulkuventtiilit/juuriventtiilit .....	18
5.2.2	Suodattimet .....	18
5.2.3	Öljypumppu .....	19
5.2.4	Lämmönvaihdin .....	19
5.2.5	Lämpötilalähetin.....	19
5.2.6	Varoventtiili .....	19
5.2.7	Tyristoripaketti lämmönvaihtimille .....	20
5.3	Venttiilikoneikko.....	20
5.3.1	Sulkuventtiili/juuriventtiilit.....	20

5.3.2	Juuriventtiili / painekeytkin / painemittari .....	21
5.3.3	Öljymäärämittari .....	21
5.3.4	Säätöventtiili / sähköinen toimilaite .....	21
5.3.5	Pikasulkuventtiilit / solenoidiventtiilit .....	21
5.3.6	Puhdistusilmaliitäntä hajotusilmalinjasta .....	21
5.3.7	Juuriventtiili / painelähetin/keytkin .....	22
5.3.8	Lämpötilalähetin.....	22
5.3.9	Sulkuventtiili/juuriventtiili.....	22
5.3.10	Suodatin.....	22
5.3.11	Paineenalennin .....	22
5.3.12	Pikasulkuventtiili .....	22
5.3.13	Juuriventtiili / painelähetin.....	23
5.3.14	Takaiskuventtiili .....	23
5.4	Pyrolyysiöljypoltin .....	23
5.4.1	Poltinrunko, kiinnitys, näkölasit (2 kpl) .....	24
5.4.2	Öljylanssi, liekkilevy ja liekiputki .....	24
5.4.3	Kipinäsytytin ja pneumaattinen sylinteri.....	24
5.4.4	Palamisilma, läppäventtiili, painekeytkin .....	24
5.4.5	Liekinvalvoja.....	25
5.5	Paikallinen poltinohjauskeskus .....	25
6	PYROLYYSIÖLJYPOLTINJÄRJESTELMÄN OMINAISPIIRTEET .....	27
7	KÄYTTÖÖNOTTO.....	30
7.1	Toimituksen tarkistus/ reklamaatiot.....	30
7.2	Toimituksen ulkopuoliset osat ja laitteet .....	30
7.2.1	Sähkötarvikkeet .....	30
7.2.2	LVI-tarvikkeet .....	31
7.2.3	Työvälineet.....	31
7.2.4	Rakennusmateriaalit.....	32
7.2.5	Turvavarusteet.....	32
7.3	Asennusjärjestys.....	32
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34
9	YHTEENVETO.....	36

10 LÄHTEET .....	37
LIITE 1: SEKOITTIMEN KIINNITYSKEHIKKO .....	38
LIITE 2: KEHIKON KIINNITYS IBC-SÄILIÖIHIN .....	39
LIITE 3: PUTKISTO SÄILIÖILTÄ PUMPPAUSKONEIKOLLE .....	40

## 1 LYHENTEET JA TERMIT

ATEX-tila	Räjähdysvaarallinen tila.
Camlock-liitin	Pikaliitintyyppinen liitin, joka on yleisesti käytössä öljysäiliöiden täyttöliittiminä.
IBC-säiliö	Intermediate bulk container (IBC) on muovinen teollinen säiliö, joka on suunniteltu nestemäisten ja rakeisten aineiden varastointiin ja kuljettamiseen (Wikipedia 2015).
Lanssi	Lanssi on polttimessa oleva öljynsyöttöputkisto, jossa itse poltettava öljy johdetaan omaa kanavaa pitkin ja tuon vieressä/ympärillä kulkee kanavisto hajotusilmalle. Ilmavirta saadaan pyörteiseksi putkiston päässä olevalla liekkilevyllä. Hajotusilman avulla öljy saadaan pisaroitumaan.
LL	Low low on matala lukitusraja. Kun mennään tämän määritetyn raja-arvon alapuolelle, järjestelmä lukitaan (suljetaan).
Koksi	Koksi on pyrolyysillä kivihiilestä valmistettua polttoainetta. Koksilla on parempi lämpöarvo kuin kivihiilellä. (Wikipedia 2015.)
Polymeroituminen	Polymeroinnissa raaka-aineen pienet molekyylit (monomeerit) yhdistyvät katalyyttien vaikutuksesta isoiksi polymeerimolekyyleiksi (Wikipedia 2015).
Pyrolyysi	Pyrolyysi eli kuivatuslaus on kemiallinen reaktio, jossa orgaanisia kiinteitä aineita hajoitetaan kuumentamalla hapettomassa tilassa (Wikipedia 2015).
Pyreus-hanke	Hanke pyrolyysiöljyihin perustuvien energiaratkaisujen kehittämiseen ja arvioimiseen. Hanketta toteuttavat yhteistyössä Itä-Suomen yliopisto ja Savonia-ammattikorkeakoulu. (Savonia 2015.)
Pyrolyysiöljy	Puusta tuotettua bioöljyä. Voi korvata fossiilista polttoöljyä. Raaka-aineena voidaan käyttää metsähaketta sekä muuta puubiomassaa. (Tiedepuisto 2015.)

## 2 JOHDANTO

### 2.1 Tausta

Opinnäytetyön taustalla on Pyreus-hanke. Tässä hankkeessa edesautetaan pyrolyysiöljyn yleistä käyttöönottoa. Nykyisin pyrolyysiöljyn käyttö eri kohteissa on aika vähäistä. Pyrolyysiöljy voi korvata kevyen ja raskaan polttoaineen erityisesti pienissä kattiloissa. Hankkeen toteutuksesta vastaavat Itä-Suomen yliopisto sekä Savonia-ammattikorkeakoulu. (Savonia 2015.)

Työympäristönä toimi Savonia-ammattikorkeakoulun viereen rakennettu polttotekniikkaan keskittynyt energiatutkimuskeskus, jonne pyrolyysiöljypoltinjärjestelmä integroidaan osana suurempaa kokonaisuutta. Muita tutkimuskeskuksessa käytettäviä polttoaineita ovat mm. jätejakeet, hake, turve ja pelletti.

### 2.2 Ongelma

Pyrolyysiöljy on täysin erilainen polttoaine verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin; se ei ole täysin stabiili. Pyrolyysiöljyn poltinpolttojärjestelmistä ei ole vielä mittavasti kokemuksia tätä työtä tehdessä. Tästä huolimatta järjestelmää kasattaessa yritetään huomioida kaikki seikat, jotka vaikuttavat stabiilin järjestelmän aikaansaamiseksi tai edesauttavat myöhemmissä vaiheissa teknisten virheiden haussa ja korjauksessa. Tiedot mahdollisista pyrolyysiöljyn kanssa tulevista ongelmista ja niihin löytyvistä ratkaisuista on saatu lähinnä kuulopuheiden perusteella eri lähteistä.

### 2.3 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa pyrolyysiöljyä käyttävän poltinpolttojärjestelmän käyttöönotto. Pyrolyysiöljyn käyttö poltinpoltossa on öljyn ominaisuuksien johdosta haastavaa. Tämä työ pyrkii selvittämään pyrolyysiöljyn käytettävyyttä poltinpoltossa.

Työn tavoitteena on esittää keinot, joita järjestelmässä on tehtävä, jotta saataisiin aikaan mahdollisimman stabiili palaminen. Vaadittavat oheisjärjestelmät otetaan huomioon jo järjestelmän käyttöönoton yhteydessä. Nämä huomioiden järjestelmän toiminta tulee olemaan stabiilia ja mahdollisimman ongelmatonta.

### 2.4 Rajaukset

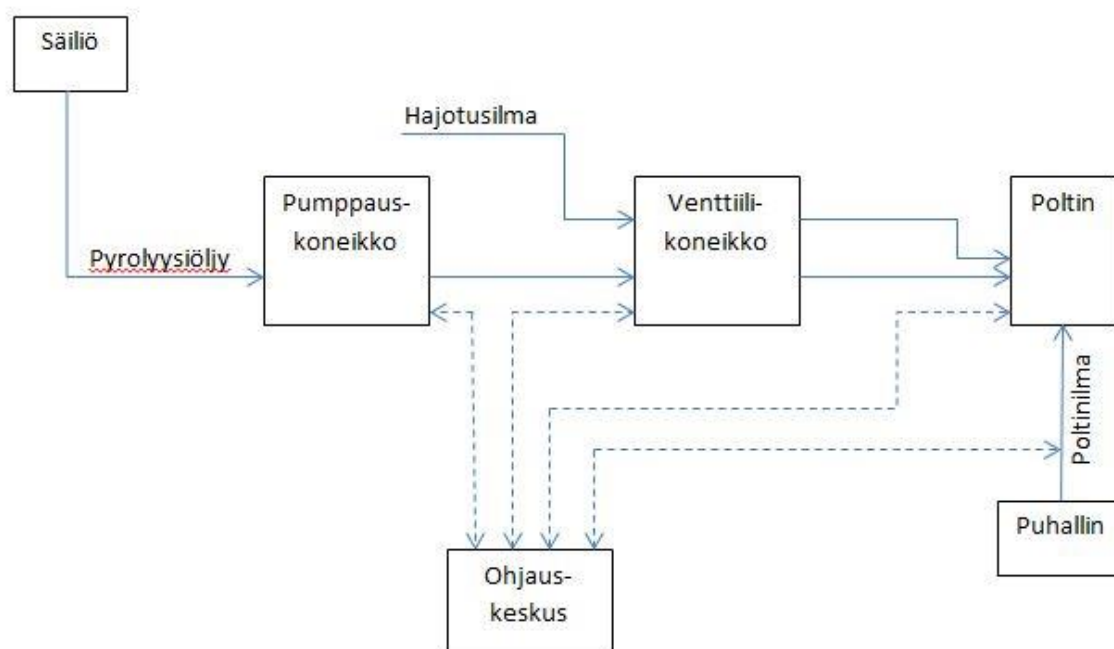
Opinnäytetyö kattaa järjestelmän polttoainesäiliöistä poltinpolttimelle saakka. Siihen sisältyy itse järjestelmä, joka on ulkopuolisen toimijan toimittama, sekä sen päälle rakennettavat erityisjärjestelmät.

Järjestelmä polttimelta eteenpäin ja itse poltto eivät kuulu työn piiriin muuten kuin, että koko järjestelmän tavoitteena on saada aikaan vakaa ja toimiva pyrolyysiöljyn palaminen.



### 3 TEORIAA PYROLYYSIÖLJYPOLTTIMEN KÄYTTÖÖNOTOSTA JA SEN VAATIMUKSISTA

Kuvassa 1 kuvataan pyrolyysiöljyn poltinpolttojärjestelmä yleisellä tasolla. Järjestelmään tulee seuraavia sisääntuloja: polttoaine (pyrolyysiöljy, diesel, alkoholi), laitteistoilma (hajotusilma, paineilma), poltinilma sekä käyttö sähkö (400 VAC, 230 VAC).



**KUVA 1.** Pyrolyysiöljyn poltinpolttojärjestelmän yleiskuvaus

#### 3.1 Yleiset asennusohjeet

Poltinta ja varusteita säilytetään kuivassa ja puhtaassa sisätilassa, kunnes ne asennetaan paikoilleen. Sisälämpötilan on oltava 20 – 40 °C. On varmistettava kaikki toimitukseen kuuluvat osat ovat työmaalla. Vaadittavat osat tarkistetaan toimituksen mukana tulevan manuaalin mukaisesti. Manuaali sisältää kokoonpanopiirustuksia, PI-kaavion, toimituskuvauksen sekä komponenttilistan. Tarkistetaan, että kaikki laitteet ovat varusteineen ehjiä ja hyvässä kunnossa kuljetuksen jäljiltä. Kaikki pakkausmateriaalit poistetaan ennen asennusta. (ENVIROBURNERS 2015.)

Laitteet on asennettava pystysuoraan. Laitteiden alla eikä läheisyydessä saa olla palavia aineita. Laitetilaa on oltava kuiva. Kaikki laitteiden liitokset on tehtävä siten, ettei putkissa esiinny jännityksiä. Huoltotoimenpiteitä ajatellen verkostossa on oltava tarvittavat sulkuventtiilit. Putkiliitokset ja tiivistytykset tarkistetaan putkiston täytön jälkeen. Palamisilman sisääntuloaukko puhaltimessa on oltava esteetön. (KAUKORA 2002.)

### 3.2 Järjestelmäkohtaiset asiat

Pyrolyysiöljysäiliöt tultaneen luokittelemaan ATEX-alueiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että öljysäiliöt ja niiden ympäristö ovat erityisjärjestelyjen piirissä. Tuolla alueella voi olla ilmassa sekä putkistoissa räjähdysherkkää ainetta. Näiden aineiden räjähtäminen tai syttyminen palamaan yritetään estää kaikin mahdollisin keinoin. Keinoja ovat mm. laitetilän tuuletus ja kipinöinnin estäminen laitevalinnoin ja, staattisen sähkön osalta, potentiaalın tasaaminen sekä maadoittaminen. Lisäksi alue merkitään esimerkiksi asfalttiin piirtämällä sekä alueelle asetetaan varoituskylttejä.

Säiliön lämpötila tulee olla välillä 15 – 20 °C. Säiliötilaan asennetaan lämmitin.

### 3.3 Tarkastukset

Ennen ensimmäistä käynnistystä tarkistetaan asennukset. Kaikki asennukset on oltava suoritettu loppuun. On tarkistettava että poltin on kiinnitetty huolellisesti tulipesään, polttimeen on liitetty palamisilmakanava ja että pumppaus- ja venttiilikoneikot ovat niille varatuilla paikoilla ja pultattu kiinni alustaan. On myös tarkistettava, että paikallisohjauskaappi on asennettu paikoilleen ja että sinne on esteetön pääsy. (ENVIROBURNERS 2015.)

Kaikki putkilinjat puhalletaan puhtaiksi paineilmailla ennen liittämistä venttiilikoneikkoon tai polttimeen. Kaikkien linjojen on oltava puhtaita ja kuivia ennen käyttöönottoa. Varmistetaan, että kaikki putkilinjat ovat valmiita ja että letkut ja liitokset ovat oikein yhdistetty ja kiristetty. On varmistettava että polttimeen on yhdistetty sekä pyrolyysiöljy- että hajotusilmalinjat. On tarkistettava, että kaikki laitteet ja varusteet ovat puhtaita ja käyttökuntoisia. Erityisesti kiinnitetään huomiota palamisilmapellin toimilaitteeseen, suurtaajuussytyttimeen, liekinvalvojaan sekä venttiilikoneikkoon. (ENVIROBURNERS 2015.)

### 3.4 Käyttöönotto

On varmistettava, että polttoainetta, paineilmaa, palamisilmaa ja sähköä on saatavilla oikeilla arvoilla. Pumppukoneikon ohivirtaus- ja varoventtiili säädetään taulukon 1 asetusarvojen mukaan. Pumppauskoneikolla oleville venttiileille valitaan haluttu tulosäiliö. Pumppauskoneikon lämmönvaihtimilla lämmitetään öljy halutun lämpöiseksi sekä ylläpidetään lämpötilaa saattolämmityksen avulla. Puhalletaan venttiilikoneikon puhalluslinjalla öljylinja puhtaaksi. Puhallusta ei saa suorittaa kattilaan, vaan on puhallettava erilliseen astiaan. Puhallus kuumaan kattilaan aiheuttaa räjähdysvaaran. Tämän jälkeen järjestelmä on valmis käynnistettäväksi. (ENVIROBURNERS 2015.)

TUNNUS	LINJA	ASETUSARVO alustava	ASETUSARVO säädetty	LISÄTIEDOT
V-9061	Ohivirtausventtiili pumpun jälkeen	7 bar (g)		
V-9073	Lämmönvaihtimen varoventtiili	7 bar (g)		
PS-9092	Pyrolyysiöljyn tulopainekeytkin	nouseva paine, 2 bar (g)		
PIT-9082	Pyrolyysiöljyn suutinpainekeytkin	laskeva paine, 1,2 bar (g)		
PIC-9088	Hajotusilman paineenalennin	4 bar (g)		
PIT-9090	Hajotusilman painekeytkin	laskeva paine, 1,5 bar (g)		
TT-9064	Pyrolyysiöljyn lämpötila lämmittimellä	Min. 40 °C Maks. 70 °C		<b>Varo pyrolyysiöljyn ylikuumentamista polymeroitumisen vuoksi.</b>
TT-9084	Pyrolyysiöljyn lämpötila suuttimella	sumutuslämpötila noin 40 - 70 °C		

**TAULUKKO 1.** Asetusarvot (ENVIROBURNERS 2015.)

### 3.5 ATEX-määräysten huomioon ottaminen

Räjähdyksvaarallisille tiloille on säädetty ATEX-laitedirektiivi sekä ATEX-olosuhdedirektiivi. Laitedirektiivi käsittelee tiloissa käytettäviä laitteita sekä suojausjärjestelmiä. Olosuhdedirektiivi käsittelee näissä tiloissa työskentelevien turvallisuutta sekä terveyden suojelun parantamista. ATEX-laitteita ovat sähkölaitteet, mekaaniset laitteet, suojausjärjestelmät, ohjauslaitteet sekä laitteiden ja suojausjärjestelmien komponentit. ATEX-tilat on luokiteltu kolmeen luokkaan: erittäin korkean, korkean ja normaalin turvallisuustason luokkiin. (Hakamäki 2015.)

ATEX-laitetilojen parissa työskentelevien henkilöiden on täytettävä tietyt pätevyysvaatimukset. Pätevyysvaatimuksia on määritelty vastuuhenkilöille, suunnittelijoille sekä työntekijöille standardin SFS 60079-14 liite F mukaisesti. Esimerkiksi suunnittelijoilla on oltava mm. yksityiskohtaiset tiedot räjähdysuojauksen yleisperiaatteista. Työntekijöillä on oltava mm. ymmärrys räjähdysuojaurakenteiden yleisperiaatteista ja merkinnöistä. (Hakamäki 2015.)

Pyrolyysiöljyn poltinpolttojärjestelmässä öljysäiliötilat määriteltäneen ATEX-tiloiksi. Muualla järjestelmässä ei ole niin suurta räjähdysvaaraa, koska kulkeva öljymäärä on pieni johtuen pienestä putki-koosta (DN15, sisähalkaisija 17,3 mm). Räjähdysvaara on tilanteessa, jolloin öljylinjaa puhdistetaan puhaltamalla. Jos puhdistus suoritetaan suoraan kuumaan kattilaan, voi syntyä räjähdys.

Räjähdyksen syntyminen edellyttää kolmea yhtäaikaista tekijää: syttyvä aine, hapettaja sekä syttymislähde. Syttyvä aine voi olla pyrolyysiöljy tai siitä haihtuva höyry. Hapettajana toimii yleisesti ilma. Syttymislähteenä voi toimia mm. kuuma pinta, kipinät, liekit, sähkölaitteet, kuumat kaasut, staattinen sähkö sekä kemialliset reaktiot. (Nissilä, Pietikäinen & Talvitie 2014; Tukes 2015.)

Räjähdysvaaran ja sen todennäköisyyden määrittämiseksi järjestelmän omistajan tulee tehdä laiteistolle ensin vaaranarviointi. Mikäli siinä havaitaan kohteita, joissa on ilmeinen räjähdysvaara ja sen mahdollisuus toistuu riittävän usein, on järjestelmän omistajan tehtävä laitekokonaisuudesta räjähdysuoja-asiakirja. Lisäksi on ryhdyttävä asiakirjan sekä vaaranarvioinnin edellyttämiin toimenpiteisiin räjähdysvaarallisten paikkojen tekemiseksi turvalliseksi.

Pyrittäessä poistamaan räjähdysvaara, keskitytään lähinnä syttymislähteiden eliminoimiseen ATEX-alueelta: avotulen käyttö on kiellettyä, ehkäistään kipinöintiä, käytetään ATEX-tiloihin suunniteltuja laitteita ym. Myös syttyvän aineen kehittymistä alueella pyritään välttämään. Pyrolyysiöljystä haihtuu herkästi syttyviä kaasuja yli 40 °C lämpötiloissa, joten öljyn lämpötila pyritään pitämään alle 30 °C lämpötilassa.

## 4 PYROLYYSIÖLJY

### 4.1 Historia

Pyrolyysissa palaminen tapahtuu ilman happea tai erittäin pienellä hapenmäärällä. 1800-luvun alkupuolella kivihielestä tehtiin pyrolyysimenetelmällä koksia. Suomessa tervan miilunpoltto on eräänlainen pyrolyysiprosessi. Nämä ovat niin sanottua hitaan lämmitysnopeuden pyrolyysiä. Pyrolyysiöljyä (nimitetään myös bioöljyksi) sen sijaan tehdään nopean lämmitysnopeuden pyrolyysillä eli fast-pyrolyysillä (kuumennus < 2 s, 500 – 600 °C). Tätä nopean pyrolyysin tekniikkaa alettiin käyttää 1980-luvun alussa. Tuotantoprosessien kehittäminen alkoi vasta 1990-luvun loppupuolella, jolloin tehtiin useita pilottilaitteistoja. (Innanen 2011.)

Fortum on valmistanut lokakuusta 2013 Joensuussa pyrolyysiöljyä suuremmissa mittakaavassa kauppanimikkellä Fortum Otso. Fortumin tehtaalla tuotetaan pyrolyysiöljyä 50 000 tonnia/v, joka tekee öljyn tiheydellä 1.2 kg/dm<sup>3</sup> laskien 41 667 000 l/v. Tämä tarkoittaa 114 000 litraa pyrolyysiöljyä joka päivä.

### 4.2 Ominaisuuksista

Pyrolyysiöljy on ominaisuuksiltaan täysin erilainen kuin fossiiliset öljyt. Pyrolyysiöljyille on spesifioitu standardi ASTM D7544. (Oasmaa & Peacocke 2010; Oasmaa, Sundqvist, Lindfors, Paasikallio & Solantausta 2015.)

Oleellista on pyrolyysiöljyn viskositeetti. Viskositeetti vaihtelee suuresti lämpötilan funktiona. Jähmeipiste (alin lämpötila, jossa öljyä voi vielä pumpata) on < -9 °C. Tuosta lämpötilan noustessa viskositeetti pienenee (öljy muuttuu notkeammaksi), kunnes > 100 °C tapahtuu polymeroitumista. Polymeroitunut pyrolyysiöljy jämähtää putkistoon, joten tilannetta pitää välttää estämällä öljyn ylikuumentuminen.

Pyrolyysiöljyn viskositeetti kasvaa varastoinnin aikana (ikäntyminen). Tästä syystä öljyn kosketusta ilman kanssa on pyrittävä välttämään. Avoimessa astiassa varastoituna pyrolyysiöljy muuttuu lopulta liimamaiseksi paksuksi massaksi. Stabiilisuutta voidaan parantaa lisäämällä valmiiseen pyrolyysinesteeseen esim. metanolia tai etanolia, jolloin pyrolyysinesteen viskositeetin kasvu ei ole niin jyrkkää ajan tai lämpötilan kasvaessa (Innanen 2011).

Turvallisuuskäytännöstä katsoen tärkeä ominaisuus on nesteen leimahduspiste. Leimahduspiste kertoo alimman lämpötilan, jossa öljystä haihtuvat höyryt voivat esim. kipinästä syttyä palamaan. Varastointilämpötila liittyy vahvasti leimahduspisteeseen siten, että varastointilämpötila saa olla maksimissaan 10 °C alle leimahduspisteen. Pyrolyysiöljyn leimahduspiste on >40 °C.

Eräs pyrolyysiöljylle ominainen piirre on sen korkea vesipitoisuus, joka vaihtelee välillä 20 – 35 w-%. Vesi heikentää lämpöarvoa sekä voi johtaa ennen aikaiseen höyrystymiseen ja myöhemmin syöttö-

vaikkeuksiin esilämmityksen aikana. Toisaalta vesi alentaa viskositeettiä sekä helpottaa öljyn pisaroitumista polttimessa.

Pyrolyysiöljy on pH-arvoltaan välillä 2,5 - 3,5. Tämä tarkoittaa, että öljy on hapanta (happamuudeltaan noin etikan luokkaa).

Seuraavia vaara- ja turvalausekkeita tulee käyttää pyrolyysiöljyä käsiteltäessä:

#### Vaaralausekkeet

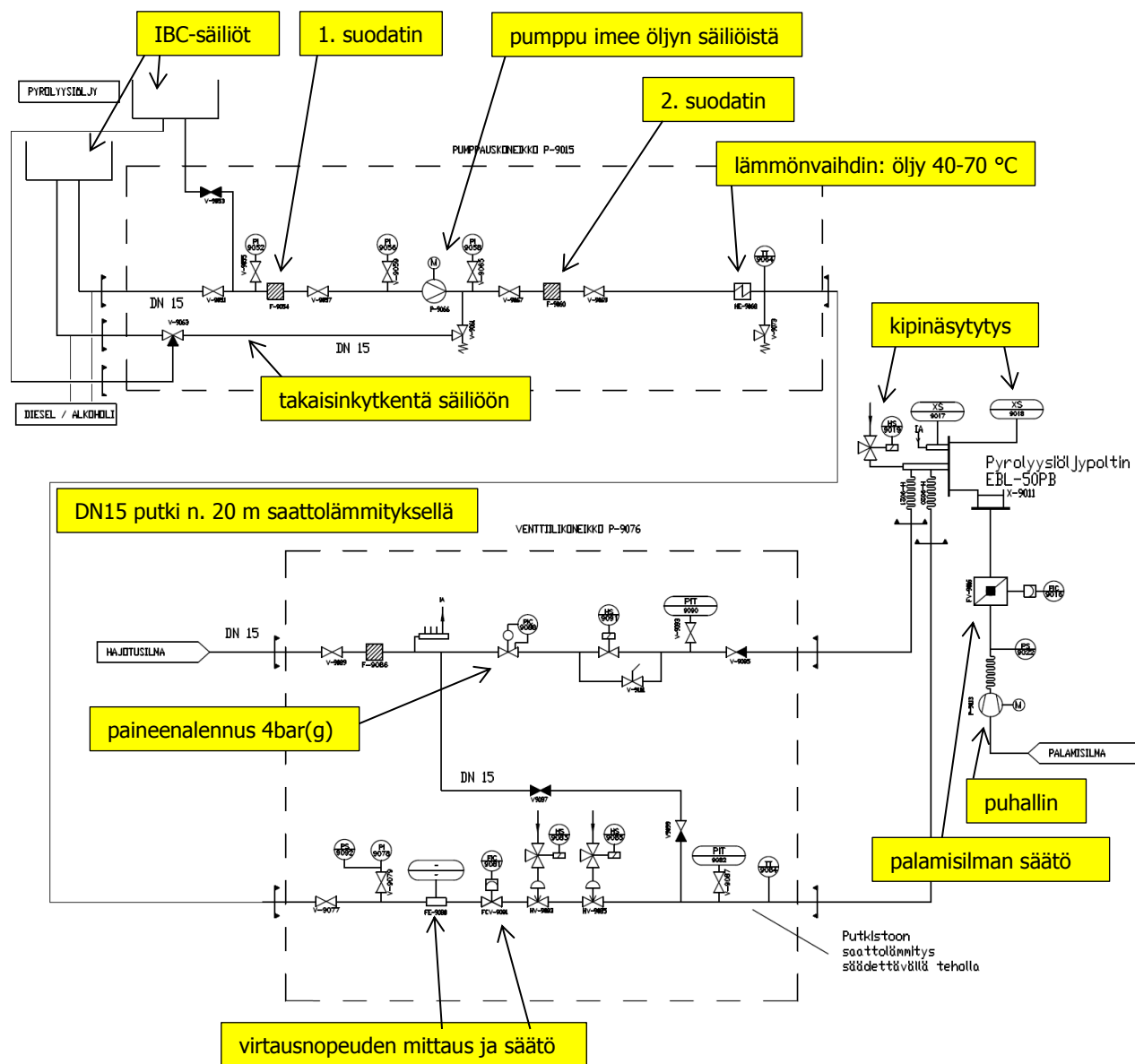
H290	Voi syövyttää metalleja.
H304	Voi olla tappavaa nieltynä ja joutuessaan hengitysteihin.
H314	Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.
H317	Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion.
H412	Haitallista vesieläimille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia.

#### Turvalausekkeet

P280	Käytä suojakäsineitä/suojavaatetusta/silmiensuojainta/kasvonsuojainta.
P284	Käytä hengityksensuojainta.
P301+P310	JOS KEMIKAALIA ON NIELTY: Ota välittömästi yhteys MYRKYTYSTIETOKESKUKSEEN tai lääkäriin.
P302+P352	JOS KEMIKAALIA JOUTUU IHOLLE: Pese runsaalla vedellä ja saippualla.
P305+P351+P338	JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhto huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista. (Fortum 2014, 2.)

## 5 PYROLYYSIÖLJYN POLTINJÄRJESTELMÄN KOKONAISUUS

Kuvassa 2 on PI-kaavio pyrolyysiöljyn poltinjärjestelmästä. Pyrolyysiöljyn poltinjärjestelmä koostuu seuraavista osakokonaisuuksista: säiliö, pumppauskoneikko, venttiilikoneikko, itse pyrolyysiöljypoltin sekä ohjauksyksikkö. Poltin on teholtaan max. 500 kW. Seuraavaksi tarkastellaan jokaista osakokonaisuutta erikseen.



**KUVA 2.** Pyrolyysiöljyn poltinjärjestelmän PI-kaavio (Enviroburners 2015, 11).

Kuvassa 3 on kuvattu öljyvarastokontti, jonka sisällä on kaksi IBC-säiliötä.



**KUVA 3.** Öljyvarastokontti.

## 5.1 Säiliötila

Öljyvarastokontti tultaneen luokittelemaan ATEX- eli räjähdysvaaralliseksi tilaksi. ATEX-tilalle on omat määräyksensä siitä, miten varmistetaan, ettei räjähdystä pääse tapahtumaan. Pitää varmistaa, etteivät sähkölaitteet aiheuta kipinöintiä. Myös tuuletus on oltava riittävää, että mahdolliset öljystä haihtuvat palavat höyryt saadaan tilasta ulos. Säiliötilaan asennetaan tuuletin.

Öljyvarastokontissa tulee olemaan lämmitin, joka pitää kontin sisälämpötilan 15 - 20 °C läpi vuoden.

### 5.1.1 IBC-säiliöt

Pyrolyysiöljy varastoidaan kahteen erilliseen IBC-säiliöön. Molemmat ovat tilavuudeltaan 1000 litran muovisia säiliöitä. Pyrolyysiöljy voi syövyttää metalleja, joten normaaleja terästankkeja ei voida käyttää. IBC-säiliöt ovat isomman öljyvarastokontin sisällä.

Säiliöissä syntyy alipainetta, kun öljyä imetään järjestelmään. Toisaalta säiliössä voi syntyä ylipainetta, kun seisova öljy laajenee kuumetessaan (esim. helteellä). Näiden takia säiliöön asennetaan yli- ja alipaineventtiilit.



### 5.1.2 Sekoitinyksikkö

Kummassakin IBC-säiliössä tulee olemaan erillinen sekoitin. Pyrolyysiöljyä sekoitetaan, ettei se pääse kerrostumaan. Eri faasit kerrostuvat eri kerroksiin, raskaampi aines vajoaa pohjalle. Tämä vaikuttaa esimerkiksi siten, että öljyllä on eri energia-arvot otettaessa kerrostunutta öljyä säiliön päältä tai pohjalta.

Sekoittimille asennetaan hätäkatkaisija, joka tullaan sijoittamaan öljyvarastokontin sisäpuolelle. Hätäkatkaisin on ATEX-mallinen.

Sekoitinyksikölle rakennettiin IBC-säiliön päälle oma kehikko (Liite 1, Liite 2), johon sekoitin saadaan tarpeeksi tukevasti kiinnitettyä. Öljyinpinta ei saa laskea sekoittimen pyörimislapojen alapuolelle, koska tällöin on vaarassa, että laitteessa syntyy kipinöintiä. Kipinät voivat taas sytyttää höyrystyneen öljyn palamaan.

Öljy voidaan pumpata IBC-säiliöstä kokonaan pois, mutta kun öljyinpinta laskee sekoittimien pyörimislapojen alapuolelle, on sekoitinmoottori sammutettava.

### 5.1.3 Liitännät

Pyrolyysiöljy tankataan molempiin IBC-säiliöihin erikseen. Molempiin kontteihin asennetaan 3" camlock-liittimet (uros), joiden kautta tankkaus tapahtuu. Camlock-liittimet kiinnitetään samaan kehikkoon, johon myös sekoitinyksikkö kiinnitetään (Liite 2). Molemmissa liittimissä on kannet / hatut, jottei ilma pääse vanhettamaan pyrolyysiöljyä ja jottei likaa ja muuta vieraita esineitä pääse säiliöihin.

Molemmista konteista on lähdöt pumppukoneikolle. Molempiin kontteihin tulee myös takaisinvirtaukset pumppukoneikolta.

### 5.1.4 Pinnankorkeuden tarkkailu

Pinnankorkeutta tarkkaillaan, jotta tiedetään polttoaineen määrä säiliöissä. Myös ATEX-tilan takia öljyinpinnan korkeutta tarkkaillaan, jottei öljyinpinta pääse laskemaan niin alas, että sekoitinyksikön sekoitineliimet jäisivät ilman kanssa kosketuksiin. Jos näin pääsee käymään, sekoittimessa voi mahdollisesti syntyä kipinöintiä, joka taas voi sytyttää höyrystyneen öljyn palamaan.

IBC-säiliön tilavuus on  $1 \text{ m}^3$ . Polttimen läpi kulkee keskimäärin  $120 \text{ kg/h}$ . Pyrolyysiöljyn tiheys on keskimäärin  $1,2 \text{ kg/dm}^3$  ( $1200 \text{ kg/m}^3$ ). Näistä tiedoista laskien IBC-säiliön 1000 litran säiliötilavuus kestää keskimäärin noin 10 h poltettuna kattilassa. ( $[1200 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3] / 120 \text{ kg/h} = 10 \text{ h}$ )

Pinnankorkeuden tarkkaileminen tapahtuu paine-erojen vertailulla lähtö-/takaisinvirtausputkistoissa olevien paineenmittausantureiden avulla.

## 5.2 Pumppauskoneikko

Pumppauskoneikon pääasialliset tehtävät ovat seuraavat:

1. Pumpun avulla imetään pyrolyysiöljyä valitusta säiliöstä tai vaihtoehtoisesti imetään esimerkiksi dieseliä tai alkoholia erillisestä säiliöstä. Pumpulla saadaan myös aikaan syöttöpaine polttimella.
2. Mahdolliset epäpuhtaudet suodatetaan pyrolyysiöljystä.
3. Pyrolyysiöljy lämmitetään sopivaan lämpötilaan.

Kuvassa 4 on kuvattu pumppauskoneikko. Se koostuu erillisistä komponenteista, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Seuraavissa alaluvuissa jokaista komponenttia tarkastellaan erikseen.



**KUVA 4.** Pumppauskoneikko.

### 5.2.1 Sulkuventtiilit/juuriventtiilit

Sulkuventtiilit ja juuriventtiilit ovat tyypillisesti palloventtiilejä (on/off). Käytetään esimerkiksi huollon aikana sulkemaan linjat. Juuriventtiilillä suljetaan linja esim. silloin kun juuriventtiilin takana oleva laite irroitetaan tai vaihdetaan uuteen.

### 5.2.2 Suodattimet

Ensimmäinen suodatin sijaitsee imulinjassa. Tämän suodatintiheys on 870  $\mu\text{m}$ .

Toinen suodatin sijaitsee öljypumpun jälkee painelinjassa. Tämän suodatintiheys on 560  $\mu\text{m}$ .

Paine-eroa suodattimien yli tulee seurata painemittareista ja puhdistaa suodatin tarvittaessa.

### 5.2.3 Öljypumppu

Öljypumppu imee öljyn tai putkiston huuhtelemiseen tarkoitettun nesteen venttiileillä valituista säiliöistä. Öljypumpun sähköinen liitäntä on 400 VAC. Öljypumpulle on olemassa hätäkatkaisin, joka sijaitsee seinällä pumppauskoneikon takana.

### 5.2.4 Lämmönvaihdin

Pyrolyysiöljyjärjestelmässä pyrolyysiöljyä esilämmitetään ennen poltinta. Tämä siksi, että öljystä saadaan tarpeeksi notkeaa, jotta se hajoaa pisaroiksi lanssisuuttimessa, ja itse palaminen saataisiin stabiiliksi. On kuitenkin varottava lämmittämästä öljyä liikaa, ettei se polymeroidu.

Pumppauskoneikossa on kaksi lämmönvaihdinta sarjaan kytkettyinä. Lämmönvaihtimissa pyrolyysiöljyn lämpötila nostetaan haluttuun lämpötilaan, kuitenkin välillä 40 – 70 °C. Kun putkistossa liikkuu putkiston huuhtelemiseen tarkoitettua nestettä, lämmitys ei saa olla päällä. Lämmönvaihtimet toimivat sähköllä. Kumpaankin tulee oma 400 VAC sähkönsyöttö.

Lämmönvaihtimien toimintaa voidaan manuaalisesti ohjata pumppauskoneikon takana seinällä sijaitsevan ohjaustaulun avulla. Ohjaustaulussa on molemmille lämmönvaihtimelle erikseen kytkimet.

On huomattava, että öljyn takaisinkytkennät IBC-säiliöille tapahtuvat ennen öljyn lämmitystä, koska muuten on vaarana aiheuttaa polymeroitumista.

### 5.2.5 Lämpötilälähetin

Tämän lähettimen avulla lähetetään ohjausjärjestelmään tieto öljyn lämpötilasta mittauskohdassa. Öljyn lämpötilan noustessa yli säädetyn alarajan, poltin saa käynnistysluvan (asetusarvona 40 °C).

Lämpötilälähettimen raja-arvot ovat 0 – 100 °C.

### 5.2.6 Varoventtiili

Varoventtiilin asetusarvo on tehtaalla asetettu 7 bar (g). Tätä voidaan tarpeen vaatiessa säätää erillisten ohjeiden mukaisesti. Varoventtiilistä asennetaan putki alla olevaan kaukaloon, jonne venttiilin mahdollisesti lauetessa putkiston nesteet kulkeutuvat.

### 5.2.7 Tyristoripaketti lämmönvaihtimille

Lämmönvaihtimen lämmittämän öljyn lämpötilaa tarkkaillaan Pt-100 anturin avulla. Tieto välitetään ohjausjärjestelmään.

### 5.3 Venttiilikoneikko

Kuvassa 5 on kuvattu venttiilikoneikko. Venttiilikoneikossa kulkee kaksi erillistä linjaa: alempana pyrolyysiöljylinja sekä ylempänä hajotusilmalinja. Linjat yhdistyvät polttimen lanssissa, jossa hajotusilman avulla saadaan öljy pisaroitumaan. Linjojen välillä kulkee venttiilikoneikossa yhde, jonka avulla voidaan halutessa paineilmalle puhaltaa öljylinja venttiilikoneikolta polttimelle puhtaaksi.

Sisääntulo hajotusilmalle otetaan tutkimuskeskuksen tiloissa kulkevasta laitteistoilmaputkistosta, jonne kompressorin avulla tehdään max. 8 bar ilmanpaine.



**KUVA 5.** Venttiilikoneikko.

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan erikseen venttiilikoneikon **öljylinjan** eri komponentteja.

#### 5.3.1 Sulkuventtiili/juuriventtiilit

Sulkuventtiilit ja juuriventtiilit ovat tyypillisesti palloventtiilejä (on/off). Niitä käytetään esimerkiksi huollon aikana. Juuriventtiilillä suljetaan linja esim. silloin, kun juuriventtiin takana oleva laite irrotetaan tai vaihdetaan uuteen.

### 5.3.2 Juuriventtiili / painekeytkin / painemittari

Painemittarilla voidaan seurata paineen kehitystä öljylinjassa. Painekeytkimestä on liitántä (DI-signaali) ohjausjärjestelmään. Painekeytkimelle on asetettu LL-arvoksi 2 bar, mikä tarkoittaa sitä, että kun paine laskee tuon alle, keytkin sulkee öljylinjan. Painekeytkin toimii 24 VDC sähkösyötöllä.

### 5.3.3 Öljymäärämittari

Mittari mittaa öljyn nopeuden putkistossa. Mittauksen raja-arvot ovat 20 – 200 l/h. Mittaustulos välitetään analogisena signaalina (AI) ohjausjärjestelmään.

Polttimessa on tässä järjestelmässä määritelty pyrolyysiöljyn massavirraksi 120 kg/h. Pyrolyysiöljyn tiheydellä ( $1,2 \text{ kg/dm}^3$ ) laskettuna 120 kg/h vastaa mittaustulosta 100 l/h.  
( $120 \text{ kg/h} / 1,2 \text{ kg/dm}^3 = 100 \text{ l/h}$ )

### 5.3.4 Säätoventtiili / sähköinen toimilaite

Säätoventtiilillä säädetään öljyn virtaamisnopeutta putkistossa. Sääto tapahtuu etänä ohjausjärjestelmän kautta analogisena signaalina (AO), ja jännite tapahtuu 12 VAC alueella. Säätoalue on säätoventtiilillä 0...100 %.

### 5.3.5 Pikasulkuventtiilit / solenoidiventtiilit

Pikasulkuventtiilit sisältävät pneumaattisia toimilaitteita. Ilmanpaine otetaan hajotusilma-linjasta. Pikasulkuventtiili sulkee öljylinjan vikatilanteessa. Sääto tapahtuu etänä ohjausjärjestelmän kautta digitaalisena signaalina (DO) kummallekin solenoidille erikseen. Säädön raja-arvot ovat: auki/kiinni. Solenoidiventtiilit toimivat 230 VAC sähkösyötöllä.

Järjestelmässä on pikasulkuventtiilejä kaksi kappaletta, koska näin saadaan varmuutta lisää. Tällöin vikatilanteessa ainakin toinen pikasulkuventtiili todennöisesti toimii.

### 5.3.6 Puhdistusilmaliihtäntä hajotusilmalinjasta

Hajotusilma- ja pyrolyysiöljylinjojen välissä kulkee näitä yhdistävä putkilinja. Tämän linjan tarkoitus on saada öljylinja ja varsinkin lanssi puhdistettua ilmanpaineella. Puhdistusta ei saa suorittaa suoraan kattilaan vaan lanssi on suunnattava erilliseen astiaan. Varsinkin kuumaan kattilaan puhaltaminen voi aiheuttaa räjähdysten.

Yhdeputkessa on takaiskuventtiili, jottei öljy pääse sekoittumaan hajotusilmaan.

### 5.3.7 Juuriventtiili / painelähetin/kytkin

Painelähettimen raja-arvot ovat -1...10 bar. LL-arvoksi on määritelty 1,2 bar, mikä tarkoittaa sitä, että kun paine laskee sen alle, digitaalinen signaali (DI) lähetetään ohjausjärjestelmään. Ohjausjärjestelmä taas ohjaa öljylinjan sulkeutumaan solenoidiventtiilien välityksellä. Pyrolyysiöljyn painetieto välitetään analogisena signaalina (AI) ohjausjärjestelmään. Panielähetin lähettää 4..20 mA mittasignaalin. Signaalijännite saadaan signaalikaapelin mukana ohjauskeskuksesta, jossa se aikaansaadaan muuntajien avulla.

### 5.3.8 Lämpötilalähetin

Lämpötilalähettimen raja-arvot ovat 0...100 °C. Pyrolyysiöljyn lämpötilatieto välitetään analogisena signaalina (AI) ohjausjärjestelmään. Lämpötilalähetin lähettää 4..20 mA mittasignaalin. Signaalijännite saadaan signaalikaapelin mukana ohjauskeskuksesta, jossa se aikaansaadaan muuntajien avulla. Lämpötilalähettimenä toimii Pt-100 anturi.

Seuraavaksi tarkastellaan erikseen venttiilikoneikon **hajotusilmalinjan** eri komponentteja.

### 5.3.9 Sulkuventtiili/juuriventtiili

Sulkuventtiilit ja juuriventtiilit ovat tyypillisesti palloventtiilejä (on/off). Niitä käytetään esimerkiksi huollon aikana. Juuriventtiilillä suljetaan linja esim. silloin, kun juuriventtiilin takana oleva laite irrotetaan tai vaihdetaan uuteen.

### 5.3.10 Suodatin

Koneikkoon sisään tulevasta paineilmasta on tarkoitus suodattaa mahdolliset epäpuhtaudet: vesihöyry, öljy, erilaiset hiukkaset ym. Suodattimen suodatusaste on 20 µm. Siinä on puoliautomaattinen lauhteenpoisto. Suodattimen alaosa on läpinäkyvä, jotta kertynyt lauhdevesimäärä voidaan havaita. Suuttimen alla olevaa tyhjennysruuvia kierretään ¼ kierrosta, jotta lauhdevesi saadaan valutettua suodattimesta.

### 5.3.11 Paineenalennin

Hajotusilman paine alennetaan 4 bar (g) arvoon.

### 5.3.12 Pikasulkuventtiili

Säätö tapahtuu etänä ohjausjärjestelmän kautta digitaalisena signaalina (DO). Säädön raja-arvot ovat: auki/kiinni. Pikasulkuventtiili toimii 230 VAC sähkösyötöllä.

Pikasulkuventtiilille on ohituslinja, jossa on käsin pyöritettävä ruuvitoiminen neulaventtiili. Ohituslinjaa käytetään suuttimen jäähdyttämiseen. Suutinta voidaan näin jäähdyttää, vaikka pikasulkuventtiili olisi kiinni.

### 5.3.13 Juuriventtiili / painelähetin

Painelähettimen raja-arvot ovat: -1...10 bar. LL-arvoksi on määritelty 1,5 bar, mikä tarkoittaa sitä, että kun paine laskee sen alle, niin digitaalinen signaali (DI) lähetetään ohjausjärjestelmään. Ohjausjärjestelmä taas ohjaa hajotusilmalinjan sulkeutumaan pikasulkuventtiilin välityksellä. Hajotusilman painetieto välitetään analogisena signaalina (AI) ohjausjärjestelmään. Painelähetin lähettää 4..20 mA mittasignaalin. Signaalijännite saadaan signaalikaapelin mukana ohjauskeskuksesta, jossa se aikaansaadaan muuntajien avulla.

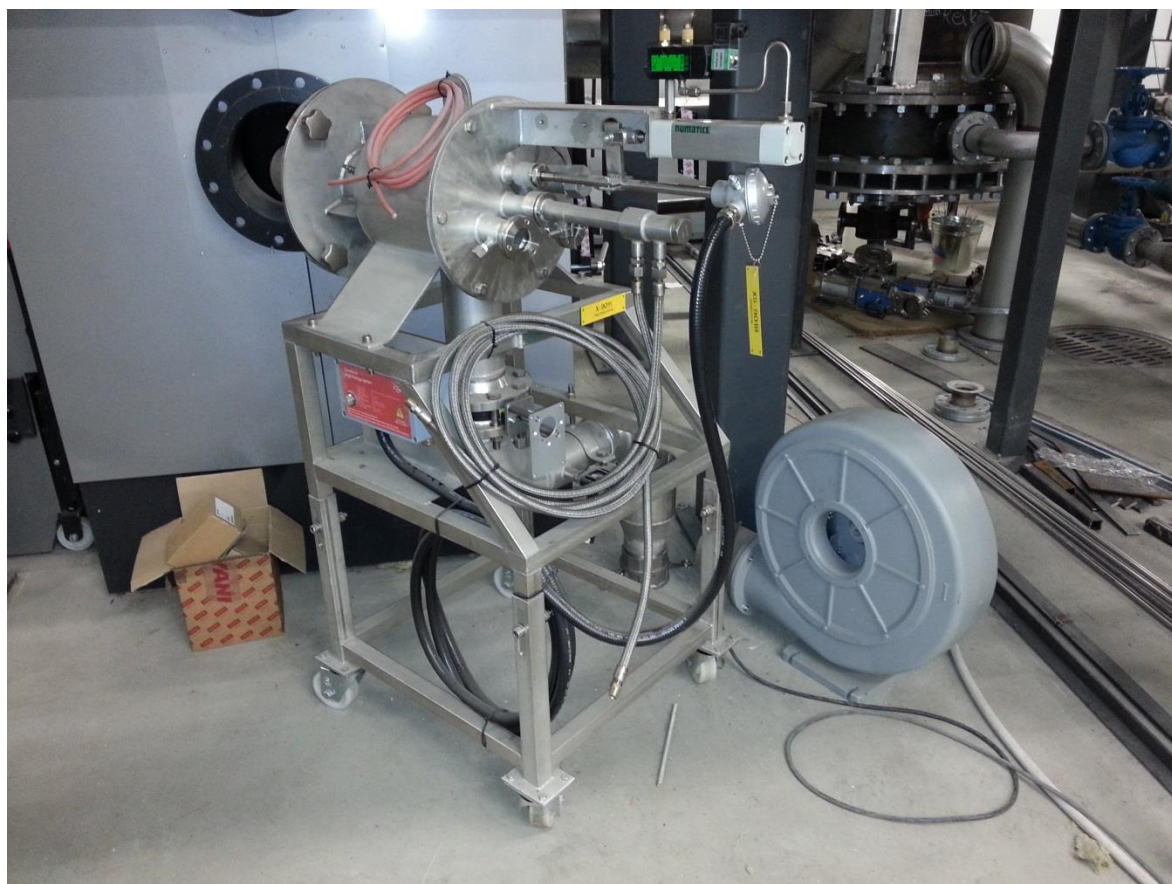
### 5.3.14 Takaiskuventtiili

Takaiskuventtiili varmistaa, että ilma liikkuu vain polttimen suuntaan.

Takaiskuventtiili on sijoitettu laippaliitoksen laippojen väliin.

## 5.4 Pyrolyysiöljypoltin

Kuvassa 6 on kuvattu pyrolyysiöljypoltin. Poltin on sijoitettu siirrettävän vaunun päälle, jotta se voidaan siirtää sivuun, jos kattilassa poltetaan jotain toista polttoainetta.



**KUVA 6.** Pyrolyysiöljypoltin.

#### 5.4.1 Poltinrunko, kiinnitys, näkölasit (2 kpl)

Poltin on asennettu pyörillä kulkevan vaunun päälle, jotta se voidaan siirtää sivuun tarvittaessa. Poltin kiinnitetään kattilaan neljän pultin/mutterin avulla. Näkölasien läpi voidaan tarkkailla liekkiä. Tämä on tarpeellista mm. liekkiä sytyttäessä sekä myöhemmin tarkkailtaessa liekin väriä.

#### 5.4.2 Öljylanssi, liekkilevy ja liekkiputki

Liekkiputken sisällä kulkee lanssi. Öljylanssissa sekä öljy että hajotusilma kulkevat omia vierekkäisiä kanavia pitkin tulipesään siten, että hajotusilma saa aikaan lanssin liekkilevyssä pyörteen. Pyörre saa aikaan öljyn pisaroitumisen tulipesään. Tällöin palaminen on kattilassa tehokasta.

Öljylinja kytketään lanssin taaimmaiseen liittimeen. Hajotusilma kytketään lanssin lähempänä kattilaa olevaan liittimeen.

#### 5.4.3 Kipinäsytytin ja pneumaattinen sylinteri

Käynnistettäessä poltinta, kipinäsytytin työnnetään pneumaattisen sylinterin avulla sisälle kattilaan. Liikerata on 125 mm. Kun liekki on saatu syttymään, sylinteri vetää kipinäsytyttimen pois kattilasta. Kipinäsytyttimen tilatieto (päällä/pois) välitetään digitaalisena signaalina (DI) ohjausjärjestelmään. Kipinäsytyttimen säätö tapahtuu etänä ohjausjärjestelmän kautta digitaalisena signaalina (DO). Säädön raja-arvot ovat: päällä/pois.

Pneumaattisen sylinterin asentoa säädetään etänä ohjausjärjestelmän kautta digitaalisena signaalina (DO). Säädön raja-arvot ovat päällä/pois.

Virtalähde ja sylinterin ohjausventtiili toimivat 230 VAC sähkösyötöillä.

#### 5.4.4 Palamisilma, läppäventtiili, painekytkin

Palamisilma tuotetaan erillisen puhaltimen avulla. Palamisilma on laadultaan normaali-ilmaa. Puhaltimen moottorin sähköinen liitäntä on 400 VAC. Puhaltimelle on oma turvakytkin, joka sijaitsee puhaltimen läheisyydessä.

Painekytkin tarkkailee puhaltimella aiheutetun palamisilman painetta ja avaa kytkimen, kun paine ylittää 1 kPa (0,01 bar) paineen. Painekytkimen tilatieto välitetään digitaalisena signaalina (DI) ohjausjärjestelmään. Säädön raja-arvot ovat: päällä/pois. Painekytkin toimii 230 VAC sähkösyötöillä.

Palamisilmaa säädetään läppäventtiilin avulla. Läppäventtiilin asentoa säädetään erillisen sähköisen toimilaitteen avulla etänä ohjausjärjestelmän kautta analogisena signaalina (AO). Säädön raja-arvot ovat: 0...100 %.



Polttua säädetään polttoaine/ilmakäyrän mukaisesti. Tämä käyrä tehdään käyttöönotossa. Pyrolyysiöljyn palamisilman tarve on noin  $3,67 - 5,39 \text{ Nm}^3/\text{kg}$  pyrolyysiöljyä.

#### 5.4.5 Liekinvalvoja

Liekinvalvoja nimensä mukaisesti valvoo onko liekki päällä vai ei. Liekinvalvoja tarkkailee esim. käynnistysvaiheessa, että liekki on syttynyt kolmen sekunnin päästä kipinäsytytyksestä. Myös sytyt-timen päälläoloa säädetään liekinvalvojan avulla. Tilatieto välitetään digitaalisena signaalina (DI) oh-jausjärjestelmään. Säädon raja-arvot ovat: auki/kiinni.

Liekinvalvojan yhteydessä on liitäntä instrumentti-ilmalle. Paineilman avulla sekä jäähdytetään että pidetään kanava polttotilaan puhtaana. Liitännässä on hyvä olla koko ajan pieni virtaus päällä, ettei liekin säteilylämpö heikennä liekinvalvojan toimintaa.

#### 5.5 Paikallinen poltinhjauskeskus

Poltinautomaatiikka toteutettu Siemensin LMV 52 -poltinhjaimella. Poltinhjain toimii 230 VAC säh-kösyötöllä. Poltinhjain sijaitsee seinällä kattilan vieressä. Kuvassa 7 on kuvattu poltinhjauskeskus.



**KUVA 7.** Poltinhjauskeskus.

Poltinohjainkeskuksessa on hätäkytkin, sekä kytkimet polttimelle (lukituksen poisto/poltin seis/poltin päällä) ja ohjaustavalle (paikallinen/kaukokäyttö).

Poltinohjainkeskuksesta on kytkennät antureille eri puolilla järjestelmää. Ohjainkeskukselta on kytkentä etäohjauskeskukseen, joka sijaitsee erillisessä huoneessa energiatutkimuskeskuksessa. Etäohjauskeskuksessa on kaksi erillistä tietokonetta sekä yksi printteri. Järjestelmästä on serverin kautta yhteys Savonian intranettiin.

## 6 PYROLYYSIÖLJYPOLTINJÄRJESTELMÄN OMINAISPIIRTEET

Kuten aiemmin mainittiin, pyrolyysiöljy on aivan toisenlaista polttoainetta kuin fossiiliset polttoaineet. Tämän takia myös poltinjärjestelmä poikkeaa fossiilista polttoainetta (kevyt-, raskas polttoöljy) käytävistä poltinjärjestelmistä. Seuraavaksi esitetään pyrolyysiöljypoltinjärjestelmän ominaispiirteitä.

Öljysäiliössä on oltava sekoitin, koska muuten öljy kerrostuu siten, että raskaampi aines vajoaa säiliön pohjalle. Pyrolyysiöljyn kuljetuksessa on huomioitava kuljetuksen aikana tapahtuva kerrostuminen. Isompaa kuljetuserää ei voida ilman erikoisjärjestelyjä (kuljetustankeissa sekoittimet tmv.) jakaa useampaan pienempään kohteeseen, koska näin eri kohteisiin menisi eri laatuista öljyä. Tämä voi vaatia pyrolyysiöljyn toimituksen pienemmissä tankeissa.

Öljyn varastointilämpötilan säiliössä suositellaan olevan välillä 15 – 20 °C. Öljy on tällöin tarpeeksi notkeaa, mutta jos lämpötila olisi korkeampi, niin öljy vanhenisi nopeammin. Pyrolyysiöljy lämmitetään 40 – 70 °C lämpötilaan, jotta siitä saadaan tarpeeksi notkeaa polttimen hyvän toiminnon kannalta.

Öljyn toimituserä verrattuna toiseen toimituserään voi vaatia hieman eri lämpötilan toimiakseen ideaalisesti. Korkeita lämpötiloja (yli 70 °C) tulee välttää pyrolyysiöljylinjassa, koska tuolloin on vaara, että öljy polymerisoituu. Tällöin voi käydä pahimmassa tapauksessa niin, että öljy jämähtää putkeen tukkien sen kokonaan.

Pyrolyysiöljy voi syövyttää metalleja. Tämän vuoksi suositellaan käytettäväksi muovista säiliötä. Syöpymisen estämiseksi käytetään ruostumattomasta teräksestä tehtyjä putkia. Pyrolyysiöljyn kanssa kosketuksiin joutuvat tiivisteet eivät saa olla luonnonkumia, koska ajan mittaan luonnonkumi haurastuu ja murenee pois. On käytettävä esimerkiksi synteettisiä kumilaatuja. Öljyn kanssa kosketuksiin joutuvien sähkökaapeleiden on oltava bioöljyä kestävää materiaalia.

Järjestelmän huuhtelemista varten varataan alkoholia (isopropanolia) omaan säiliöön sekä rakennetaan putkistoon omat liitännät näitä varten. Isopropanoli voidaan polttaa kattilassa, jos niin halutaan. Jos poltin ei ole kunnolla kiinni kattilassa, niin tällöin isopropanolia ei saa johtaa kattilaan, vaan se on johdettava erilliseen astiaan. Kun putkistossa virtaa isopropania tai dieseliä, niin esilämmitys ja saattolämmitys ovat kiellettyjä.

Lämmitetty öljy pidetään oikeassa lämpötilassa lämpökaapelilla tehdyn saattolämmityksen avulla polttimelle asti. Lämpökaapelin asennuksessa on varottava aiheuttamasta lämpöpiikkejä mihinkään kohtaan putkilinjaa. Jos käytetään saattolämmitystä öljysäiliön ja pumppauskoneikon välillä, on tässäkin varottava aiheuttamasta lämpöpiikkejä matkalla. Tässä linjassa öljyn lämpötilan ei suositella nousevan yli 40 °C. Korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa pyrolyysiöljyn polymerisoitumisen. Tämän estämiseksi pyrolyysiöljyputken eristeen alle yhdessä lämmityskaapelin kanssa kannattaa miettiä laserkuitukaapelin asentamista, jolloin kuitututkalla olisi mahdollista todeta varsin tarkasti pyrolyysiöljyputken lämpötila eri kohdissa linjaa.

Pyrolyysiöljyn ylikuumentuminen voi johtaa öljyn polymeroitumiseen, joka tukkii putket. Mahdollisiin tukkeutumiin putkistossa varaudutaan siten, että putkisto rakennetaan modulimaiseksi. Lisätään linjaan laippaliitoksia siten, että putkiston osat on helppo irroittaa tarvittaessa puhdistamista varten. On huomiotava se, että kun lisätään paljon liitoksia, tällöin lisätään myös mahdollisia vuotokohtia putkistoon. Tämä taas lisää räjähdysvaaran mahdollisuutta putkien läheisyydessä. Myös muualla laitetiloissa räjähdysvaara lisääntyy pyrolyysiöljystä haihtuvien palavien kaasujen johdosta.

Öljypumpun valinnassa on huomioitava, että se joutuu kovempaan rasitukseen, koska matalissa lämpötiloissa pyrolyysiöljy ei ole niin notkeaa. Fossiilisten öljyjen osalta putkistossa kulkeva öljy voitelee hyvin myös öljypumpun. Pyrolyysiöljy ei voitele öljypumppua samalla tavalla, koska öljyssä on vettä. Tällöin pumppu on vaarassa hajota, kun voitelu ei toimi ja tämä täytyykin ottaa huomioon pumppua mitoitettaessa ja valittaessa.

Pyrolyysiöljy on luokiteltu syttyväksi materiaaliksi. Pyrolyysiöljysäiliötilat tultaneen luokittelemaan ATEX-tiloiksi. ATEX-tiloissa on toimittava niille määrättyjen ohjeiden mukaisesti. Ohjeiden mukaisesti IBC-konttien potentiaali on tasattava maadoittamalla ne maadoituskiskoon. Maadoituskisko liitetään kaapelilla tilapäistä käyttöä varten olevaan potentiaalintasauspisteeseen, johon rekat tulee maadoittaa ennen tankkauksen aloittamista.

Öljyvarastokontista on järjestettävä hyvä tuuletus ulkoilmaan. Tämä voidaan tehdä katon läpi menevän huohotusputken avulla. Tällöin on huomattava, että huohotusputken päähän syntyy 4,5 m:n säteinen pallomainen erittäin korkean turvallisuustason alue. Tämän johdosta huohotusputki kannattaa mitoittaa riittävän korkeaksi. (Hakamäki 2015.)

Kontin lämmitys tulee hoitaa ATEX-patterilla tai sisältä pitää tuoda kanava, joka on ATEX-alueen ulkopuolella josta lämpö siirretään kanavapuhaltimen avulla. Kontissa olevat mittaukset tulee olla ATEX-mittauksia. Kaikki liitokset ja metalliosat tulee huolellisesti potentiaalitasata tai maadoittaa. Sähkökaapeleissa on käytettävä ATEX-liittimiä ja ne pitää suojaputkittaa teräsputkien sisään. Aluminiiputket voivat olla liian pehmeitä suojaamaan kaapeleita mekaanisilta iskuilta. Kaapeleissa on käytettävä mielellään täytteisiä kaapeleita, kuten KJAAM-HF. Valaisinten tulee olla ATEX-valaisimia. Johdot on suojattava ylikuormittumiselta sekä oikosulkujen ja maasulkujen haitallisilta vaikutuksilta. ATEX-tilaan päättyvät käyttämättömät johdinpäät on maadoitettava tai eristettävä liittimeen. Kaapeleiden jatkamista ATEX-alueella tulisi välttää. (Hakamäki 2015.)

Sähköurakointi ATEX-tilassa on ilmoituksenvaraista toimintaa, jota saavat tehdä vain riittävän pätevyyden omaavat sähköalan ammattilaiset. ATEX-tilassa työskentelevällä voi työluopa olla voimassa korkeintaan yhden päivän kerrallaan. (Hakamäki 2015.)

Suunniteltaessa laitteita ATEX-tilaan pitää aina selvittää, voidaanko laite sijoittaa ATEX-alueen ulkopuolelle. Jos laite on sijoitettava ATEX-tilaan, niin mahdollisesti laite tulee sijoittaa räjähdyskes-

tävän kotelon sisälle. Siirrettäviä laitteita ATEX-tilassa saa käyttää vain tilanteissa, joissa on varmistettu, että räjähdysvaaraa ei ole. (Hakamäki 2015.)

Hätätilanteiden varalta räjähdysvaarallisen alueen ulkopuolella on oltava mahdollisuus katkaista sähkönsyöttö räjähdysvaaralliselle alueelle. Jokainen virtapiiri tai ryhmäjohto on varustettava sopivalla erotuslaitteella (esimerkiksi varokkeella), myös 0-johdin on erotettava. (Hakamäki 2015.)

Staattisen sähkön syntyminen on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa. Staattisen sähkön synnyttämät kipinöinnit on estettävä ATEX-tiloissa. ATEX-tilassa on käytettävä ATEX-pistorasiaa, jossa pistotulpan liittäminen ja irottaminen tapahtuu jännitteettömänä. (Hakamäki 2015.)

ATEX-tilat on lakisääteisesti tarkastettava säännöllisesti määrätyin väliajoin. Tarkastusluokkia on kolme: silmämääräinen tarkastus (ilman lisävälineitä), lähitarkastus (käyttämällä lisävälineitä) sekä yksityiskohtainen tarkastus (avaamalla kotelo). (Hakamäki 2015.)

## 7 KÄYTTÖÖNOTTO

Järjestelmän käyttöönotto alkaa laittilojen suunnittelulla. Järjestelmän eri osioille on löydettävä sopivat sijainnit laiteympäristössä. Kun järjestelmän osat toimitetaan laiteympäristöön, ne voidaan sijoittaa oikeille paikoilleen tai mahdollisesti varastoon odottamaan sijoittamista.

Järjestelmän käyttöönotto tapahtuu tietyssä järjestyksessä. Jouhevan käyttöönoton saamiseksi on resursseja varattava eri vaiheisiin jo etukäteen. Tämä edellyttää käyttöönoton suunnittelua ja sopimista eri osapuolten kanssa.

Resurssienhallintaa varten käytetään esimerkiksi Microsoft Project-ohjelmistoa. Ohjelmassa syötetään projektissa tarvittavat työtehtävät sekä niiden aloitus- ja lopetusajat. Lisäksi kirjataan kuka tekee kyseisen työn. Näin saadaan havainnollinen kronologinen osatyölistaus tarvittavista töistä sekä niiden tekijöistä.

### 7.1 Toimituksen tarkistus/reklamaatiot

Toimitus tarkistetaan siinä vaiheessa, kun se saapuu laiteympäristöön. Tällöin mahdolliset puutteet reklamoidaan heti, jotta saadaan oikeat tuotteet ajoissa. Puuttuvilla osilla voi olla pitkät toimitusajat ja sen vuoksi niitä voi pahimmillaan joutua odottamaan kauan. Jos käy oikein huonosti, jälkitoimituksena toimitettu laite ei olekaan sopiva ja se joudutaan palauttamaan takaisin toimittajalle ja odottamaan taas uutta lähetystä.

Aina ei voida tarkistaa pelkän laitelistan perusteella, että oikeat osat ovat saapuneet. Laitteiden kiinnitysosissa voi olla puutteita. Laitteiden liitännät toisiinsa voivat vaatia adptereita tai liitäntäpaloja, joiden puutteet tarkistetaan käyttäen hyväksi esimerkiksi järjestelmäkuvaa tai PI-kaaviota. Jos puutteet huomataan vasta asennuksen aikana, niin järjestelmän käyttöönotto voi viivästyä hyvinkin pitkäksi aikaa.

### 7.2 Toimituksen ulkopuoliset osat ja laitteet

Toimitettuun pyrolyysiöljypoltinjärjestelmään kuuluu pumppauskoneikko, venttiilikoneikko, poltin sekä ohjauskeskus. Järjestelmään on hankittu tuon lisäksi polttoainesäiliöt. Näiden lisäksi järjestelmään liittyy paljon näiden toimitusten ulkopuolisia osia ja laitteita. Seuraavaksi kyseisiä asioita esitellään tarkemmin.

#### 7.2.1 Sähkötarvikkeet

Sähkötarvikkeista suurimman ryhmän muodostavat kaapelit ja niiden asennukset. Sähkökaapelien tarpeet käydään läpi sähköalan ammattilaisten kanssa. Pyrolyysiöljyn poltinjärjestelmään liittyy monenlaisia kaapelointeja: erikokoiset sähkönsyötöt eri laitteille sekä singaalikaapeloinnit antureiden ja ohjauskeskuksen välillä. Lisäksi järjestelmään asennetaan ohjauskeskuksen sekä etäohjauskeskuksen väliset kaapeloinnit. Lämpökaapelit asennetaan saattolämmitystä varten lämmönvaihtimelta polt-

timelle asti. Lämpökaapeleille asennetaan omat sähkönsyötöt sekä termostaatti lämpötilan säätöä varten.

Muita järjestelmässä tarvittavia sähkötarvikkeita ovat suojakytkimet ja ristikytkennät. Kaapeleille asennetaan kaapelihyllyt. Kaapelihyllyt asennetaan seinille ja järjestelmien välille siten, etteivät ne haittaa muiden järjestelmien toimintaa tai huoltoa eivätkä tuki kulkureittejä.

Kaikki kaapelihyllyt, putkistot ja laitteet tulee huolellisesti maadoittaa, ennen kuin järjestelmää otetaan käyttöön kipinöinnin välttämiseksi.

### 7.2.2 LVI-tarvikkeet

Suuri kokonaisuus järjestelmässä on putkitukset eri laiteosien välillä. Putkituksia suunnitellaan ja niistä tehdään piirustuksia hyvän kokonaisuuden aikaansaamiseksi. Suunnittelu kannattaa varsinkin silloin, kun putkia tulee laitteiden välille useampi. Putkien kulku on helpompi hahmottaa, kun siitä on tehty piirustus. Jos laitteiden välillä kulkee vain yksi putki, niin tällöin on tärkeämpää suunnitella putken kulkema reitti. Myös putkien kiinnitykset ovat tärkeä osa työtä. Jos putken kiinnitys on huono, putki voi alkaa tärisemään käytön aikana ja pahimmassa tapauksessa jopa rikkoutua. Liitteessä 3 kuvataan putkistoa IBC-säiliöiden ja pumppauskoneikon välillä (Liite 3).

Pyrolyysiöljyn kanssa kosketuksissa olevien putkien ym. materiaali on oltava ruostumatonta terästä. LVI-tarvikkeet (putket, liittimet, adapterit ym.) ostetaan sopimusmyyjältä. Jos sopimusmyyjältä ei löydy tarvittavaa osaa, ostetaan osa tarjouspyyntöjen perusteella edullisimmaksi todetulta myyjältä. Käytännössä ensin lasketaan tarve ja sitten tilataan tai haetaan tarvittavat osat suoraan tarvikeliikkeestä.

Alihankkija asentaa LVI-tarvikkeet järjestelmään. Yleisesti liitäntöjä tehdään hitsaamalla. Ruostumatoman teräksen hitsaaminen on vaativampaa kuin normaaliteräksen hitsaus ja se vaatii tähän erikoistuneen henkilön.

### 7.2.3 Työvälineet

Järjestelmän kasaamiseen tarvitaan erilaisia työvälineitä: lenkkiavaimia, hylsyjä, kuusiokoloavaimia, erilaisia meisseleitä ym. Työvälineille on oma paikkansa, jonne ne palautetaan käytön jälkeen. Energiatutkimuskeskuksessa on pyörillä kulkeva hyllykkö, jossa työvälineitä säilytetään.

Työvälineitä ovat myös hieman suurempikokoiset laitteet, kuten hitsauslaitteet, ruuvipenkki, rautasaha ym. Näillekin on hyvä löytää joku vakiopaikka, jonne ne käytön jälkeen aina palautetaan ja josta ne löytyvät tarvittaessa.

## 7.2.4 Rakennusmateriaalit

Järjestelmän kasaamisen yhteydessä tarvitaan erilaisia rakennusmateriaaleja. Laitteita voidaan joutua kiinnittämään kiinteisiin rakenteisiin, pilareihin tai lattiabetoniin. Esimerkiksi rautalevyjä voidaan tarvita latteiden asennusalustoiksi tai tukirakenteiksi. Yleensä tukielementit kiinnitetään hitsaamalla, jotta saavutetaan riittävän tukeva rakenne. Eräs esimerkki on IBC-säiliön päälle asennettu kehikko sekoittimen tukemiseen, joka kasattiin pulttaamalla neliörautaputket kiinni toisiinsa. Piirros tästä kehikosta löytyy [Liitteestä 1](#).

Kasaamiseen tarvitaan paljon pultteja, muttereita ja aluslevyjä. Esimerkiksi laippaliitokset yhdistetään toisiinsa pulteilla ja muttereilla. Tarpeet näille materiaaleille lasketaan etukäteen ja niitä hankitaan hieman tarvetta suurempi määrä. Tämä siksi, että asennuksessa syntyy aina hävikkiä. Materiaalia voi hävitä, tuhoutua tai materiaalia tarvitaankin laskettua enemmän.

## 7.2.5 Turvavarusteet

Erilaisia turvavarusteita on käytettävä, kun liikutaan energiatutkimuskeskuksen tiloissa. Kypärä, takki, housut, turvakengät ja hansikkaat ovat tarpeellisia. Erityisesti kypärä on olennaisen tärkeä ylemmistä kerroksista mahdollisesti putoavien esineiden varalta. Kypärä on myös oleellinen liikuttaessa ahtaissa paikoissa putkien välissä, joissa kypärä helposti osuu kiinnityspultteihin tai muihin vastaaviin teräviin kulmiin.

ATEX-tiloissa on käytettävä niihin määriteltyjä henkilösuojaimia. Esimerkiksi pukeutumisessa on varauduttava vaatteiden aiheuttaman staattisen sähköön estämiseen. ATEX-tilojen osalta tulee huomioida myös, ettei siellä saa käyttää normaaleja kipinöiviä sähkölaitteita, ei edes normaalia matkapuhelinta tai taskulamppua. Tätä varten ATEX-laitteita omistavan tahon täytyy antaa alueella toimivalle henkilöstölle riittävä koulutus, etteivät he tietämättömyyttään toimi väärin ATEX-alueiden läheisyydessä.

## 7.3 Asennusjärjestys

Järjestelmän asentaminen aloitetaan yleensä isoimmista komponenteista. Ensimmäiseksi asennetaan paikoilleen säiliöt, pumppauskoneikko, venttiilikoneikko sekä poltin. Tämän jälkeen asennetaan näiden väliset putkistot. Sähkökaapeleita voidaan asentaa osittain jo samaan aikaan putkistoasennusten kanssa.

Oma kokonaisuutensa on ohjausjärjestelmän asennus. Ensin asennetaan ohjauskeskus seinälle poltimen läheisyyteen. Sitten ohjauskeskukseen kytketään sähkö- ja signaalikaapelit. Asennukseen kuuluu lopuksi ohjauksen ohjelmointi.

Tärkeää on myös huomioida, että määrättyt laitteet on asennettava paikoilleen, ennenkuin voidaan asentaa toisia näihin kytköksissä olevia laitteita. Esimerkiksi seiniin on porattava reiät ennen kuin



putkia voidaan vetää niiden läpi. Tämä kuulostaa itsestäänselvältä, mutta reikien poraamiselle on varattava välineitä sekä aikaa niiden tekemiseen.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pyrolyysiöljyä käyttävän poltinpolttojärjestelmän käyttöönotto on pitkälti samanlaista kuin fossiilisia aineita käyttävien poltinpolttojärjestelmien käyttöönotto. Pyrolyysiöljyn ominaisuuksien takia järjestelmän käyttöönotossa on kuitenkin joitakin sille spesifisiä asioita. Näistä esimerkkinä mainitaan öljyn esilämmityksen alhainen lämpötila pyrolyysiöljyn polymerisoitumisen estämiseksi.

Pyrolyysiöljy on polttoaineena aika uusi, joten poltinjärjestelmiä ei ole kovin monta käytössä. Pyrolyysiöljyn poltinpoltole ei ole vielä olemassa vakiintunutta käytäntöä. Pyrolyysiöljyn ominaisuuksia ei tiedetä kaikissa olosuhteissa. Järjestelmään asennettavat laitteet voivat aiheuttaa yllätyksiä. Järjestelmässä voi tietyissä tilanteissa mahdollisesti syntyä painevaihteluja, joka taas voi pahimmillaan johtaa laitteiden hajoamisiin. Järjestelmää kasattaessa kaikki tähän mennessä tunnetut ominaisuudet on pyritty ottamaan huomioon.

Pyrolyysiöljy ei ole täysin ongelmaton ja helppo polttoaine. Sen käyttö poltinpolttijärjestelmässä on kuitenkin täysin mahdollista, joskin se vaatii tarkkuutta ja hyvää suunnittelua. On hyvä tietää pyrolyysiöljyn käsittelyyn vaadittavat erityisjärjestelyt. Viskositeetti kasvaa (öljystä tulee jähmeämpää) lämpötilan laskiessa ja tuolloin öljyn pumppaamiseen tarvitaan enemmän energiaa. On varottava pyrolyysiöljyn ylikuumentumista, koska tällöin öljy polymeroituu. Järjestelmässä onkin pyrittävä löytämään oikeat lämpötilat eri kohdissa järjestelmää siten, että öljy ei vanhene ennen aikojaan, pysyy juoksevana, ei polymeroidu sekä pisaroituu hyvin polttimessa.

Pitkään seisoessaan pyrolyysiöljyyn muodostuu kerroksia siten, että eri kerrokset ovat eri faaseissa. Raskaampi aines vajoaa pohjalle. Tämä ilmiö on otettava huomioon sekä varastoinnin että kuljetuksen aikana. Varastosäiliöissä on käytettävä sekoittimia. Kuljetuksen aikainen kerrostuminen aiheuttaa ongelmia silloin, kun samasta tankista pitäisi tankata useampaan eri kohteeseen. Kuljetuksen aikaiseen öljyn kerrostoitumiseen ei ole tätä työtä tehdessä olemassa ratkaisua. Mahdollisesti tankki-autoihin on asennettava sekoittimet.

Pyrolyysiöljyn eräs ominaisuus on se, että öljy vanhenee ajan myötä. Korkea lämpötila kiihdyttää ilmiötä. Jotkin pyrolyysiöljyn valmistajat lisäävät öljyn sekaan pienen määrän etanolia tai metanolia. Nämä aineet toimivat osaltaan liuottomina eli ne hajottavat vanhenemisen aiheuttamia polttoaineen muutoksia. Näitä aineita käytettäessä pyrolyysiöljystä tulee stabiilimpi polttoaine.

Jokainen pyrolyysiöljyerä voi olla ominaisuuksiltaan hieman erilainen ja vaatii järjestelmän säätöä. Säätojen tulee olla kohtalaisen helppoja tehdä. Savonian energiatutkimuskeskuksen järjestelmässä poltto tapahtuu polttoaine-ilmakäyrän perusteella. Tämä käyrä tehdään käyttöönotossa.

Ylimääräisiä kustannuksia syntyy modulaarisissa putkistoasennuksissa, kun niihin lisätään ylimääräisiä laippoja mahdollista putkien putsaamista varten. Myös saattolämmitys lisää kustannuksia. Tästä syystä on edullisempaa mitä lyhympi matka säiliöiltä on polttimelle. Pyrolyysiöljysäiliöiden sijoituspaikkaa kannattaakin tarkoin harkita.

ATEX-asiat on tärkeä ottaa huomioon järjestelmää kasattaessa. Hallitsemattoman räjähdysten vaara on todella olemassa. Pahimmillaan räjähdyksessä voi tulla henkilövahinkoja. Aineelliset vahingotkin voivat olla mittavia. Räjähdysä voidaan kuitenkin välttää ottamalla tämä mahdollisuus huomioon sekä toimimalla siten, että räjähdysvaara on olematon.

Räjähdysten estämiseksi on vältettävä palavien materiaalien muodostumista tai huonon tiivistyksen johdosta tapahtuvaa palavien nesteiden vuotoja. Toisaalta estetään palavia materiaaleja sytyttävät tapahtumat. Mahdolliset staattisen sähkön aiheuttamat kipinöinnit vältetään maadoittamalla kaikki metalliset esineet samaan potentiaaliin ATEX-tilassa.

ATEX-tilojen vaatimukset voivat vaatia suuriakin investointeja ja työmäärää. ATEX-alueella pitää laitteiden olla ATEX-luokitettuja. Nämä laitteet ovat yleensä kalliimpia. Laitteiden lisäksi pitää myös kaapelien liitinten olla ATEX-luokiteltuja. Kaapelit eivät kuulu ATEX:n piiriin. On kuitenkin käytettävä ATEX-tiloihin soveltuvia täytteisiä kaapeleita. ATEX-tilassa kannattaa käyttää mahdollisimman paljon omatoimisia laitteita. Omatoimisiin laitteisiin ei tule sähköliitäntää. Omatoimiset laitteet eivät yleensä vaadi ATEX-luokitusta, koska ne itsessään eivät aiheuta vaaraa.

Ongelmia käyttöönotossa tämän opinnäytetyöprosessin aikana aiheutti osaavan työvoiman puute. LVI-henkilöitä ei ollut aina helppo löytää työskentelemään ja tällöin putkitustyöt eivät edistyneet suunnitellun mukaisesti. Sähkömiehiä sen sijaan oli yleensä helpompi löytää ja sähkötyöt sujuvat näin ollen rivakammin.

Pyrolyysiöljyä käyttävän poltinpolttajärjestelmän käyttöönotto ei ole sen hankalampaa, kuin fossiilisia polttoaineta käyttävien järjestelmien käyttöönotto. Suuremmat haasteet voivat tulla eteen itse järjestelmän käytössä ja poltettaessa pyrolyysiöljyä.

Savonian energiatutkimuskeskukseen valittu järjestelmä oli melko selväpiirteinen ja selkeä ottaa käyttöön. Järjestelmässä oli järjestelmän vaatimat komponentit kasattu kahteen koneikkoon ja yhteen polttimeen. Tällöin niiden sijoittaminen laitetilaan oli helppoa. Kyseistä rakennetta kannattaa soveltaa järjestelmissä yleisemminkin.

## 9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa pyrolyysiöljyä käyttävän poltinpolttojärjestelmän käyttöönotto. Tavoitteena oli löytää keinot, joita järjestelmässä on toteutettava, jotta saataisiin aikaan mahdollisimman stabiili järjestelmän toimiminen.

Työssä huomattiin, että huolimatta pyrolyysiöljyn haasteita aiheuttavista ominaisuuksista pyrolyysiöljyn käytettävyys on hyvä, kunhan haasteihin varaudutaan etukäteen. Työssä tosin keskityttiin vain järjestelmän käyttöönottoon, eikä itse käyttöön.

Poltinpoltossa pyrolyysiöljyn käytettävyyteen vaikuttaa suuresti öljyn lämpötilojen hallinta järjestelmän eri osioissa. Suurta huomiota on kiinnitettävä pyrolyysiöljyn lämpötilan pitämiseen halutuissa arvoissa. Säiliölämpötilan tulisi olla välillä 15 – 20 °C. Esilämmityksessä lämpötilan taas tulisi olla välillä 40 – 70 °C. Esilämmityksessä saavutettu lämpötila ylläpidetään saattolämmityksellä polttimelle asti. Lisäksi on varottava ylikuumenemista.

Pyrolyysiöljyn taipumus kerrostua aiheuttaa sen, että säiliössä on oltava jatkuva sekoitus. Jos sekoitusta ei järjestetä, polttimelle menee hyvin erilaatuista polttoainetta, joka taas lisää epästabiiliutta.

Itse polttimen rakenteessa lanssilla todettiin olevan suuri merkitys stabiilin palamisen aikaansaamiseksi. Lanssin liekkilevyllä paineilmalla aiheutetut ilmapyörteet saavat aikaan pyrolyysiöljyn pisaroitumisen kattilaan. Tämä edellyttää kuitenkin, että pyrolyysiöljy on tarpeeksi juoksevaa, joka taas aikaansaadaan säädettävän esilämmityksen avulla.

Työssä todettiin, että kaikki pyrolyysiöljyn kanssa kosketuksissa olevat putket ym. laitteet on oltava ruostumatonta terästä. Tämä aiheuttaa hieman enemmän kustannuksia ja putkien hitsaaminen on tällöin hieman hankalampaa.

Käytettävyyden kannalta se, että säiliötilat todetaan ATEX-tiloiksi, voi aiheuttaa paljon käytännönmuutoksia niin laitteisto- kuin käyttötasollakin. ATEX-tilojen asettamat vaatimukset voivat olla työläitä ja kalliita toteuttaa.

## 10 LÄHTEET

ENVIROBURNERS 2015, EBL-50PB - pyrolyysiöljypoltin manuaali, 11

FORTUM 2014, Käyttöturvallisuustiedote/kemikaali-ilmoitus, 2

HAKAMÄKI, A. 2015. Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus.

INNANEN, J. 2011. Pyrolyysiöljyn polton edellytykset ja vaikutukset kaukolämpökäytössä [viitattu 2015-11-04]. Saatavissa: <http://www.doria.fi/handle/10024/67398>

KAUKORA 2002. Asennus- ja käyttöohje [viitattu 2015-12-08]. Saatavissa: [http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/kayttoohjeet/Jaspi\\_Tupla\\_Kayttoohje\\_0106.pdf](http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/kayttoohjeet/Jaspi_Tupla_Kayttoohje_0106.pdf)

NISSILÄ, M., PIETIKÄINEN, S., TALVITIE, M. 2014 Onnettomuustutkintaraportti [viitattu 2015-12-9]. Saatavissa: [http://www.tukes.fi/Tiedostot/varoasiat/onnettomuustutkintaraportti\\_joensuu2014.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/varoasiat/onnettomuustutkintaraportti_joensuu2014.pdf)

OASMAA, A., PEACOCKE, C. 2010. Properties and fuel use of biomass-derived fast pyrolysis liquids [viitattu 2015-11-05]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2010/P731.pdf>

OASMAA, A., SUNDQVIST, T., LINDFORS, C., PAASIKALLIO, V., SOLANTAUSTA, Y. 2015 Standardisation of fast pyrolysis bio-oils [viitattu 2015-11-17]. Saatavissa: [http://www.vtt.fi/files/sites/2g\\_biofuels/2G\\_poster\\_Oasmaa.pdf](http://www.vtt.fi/files/sites/2g_biofuels/2G_poster_Oasmaa.pdf)

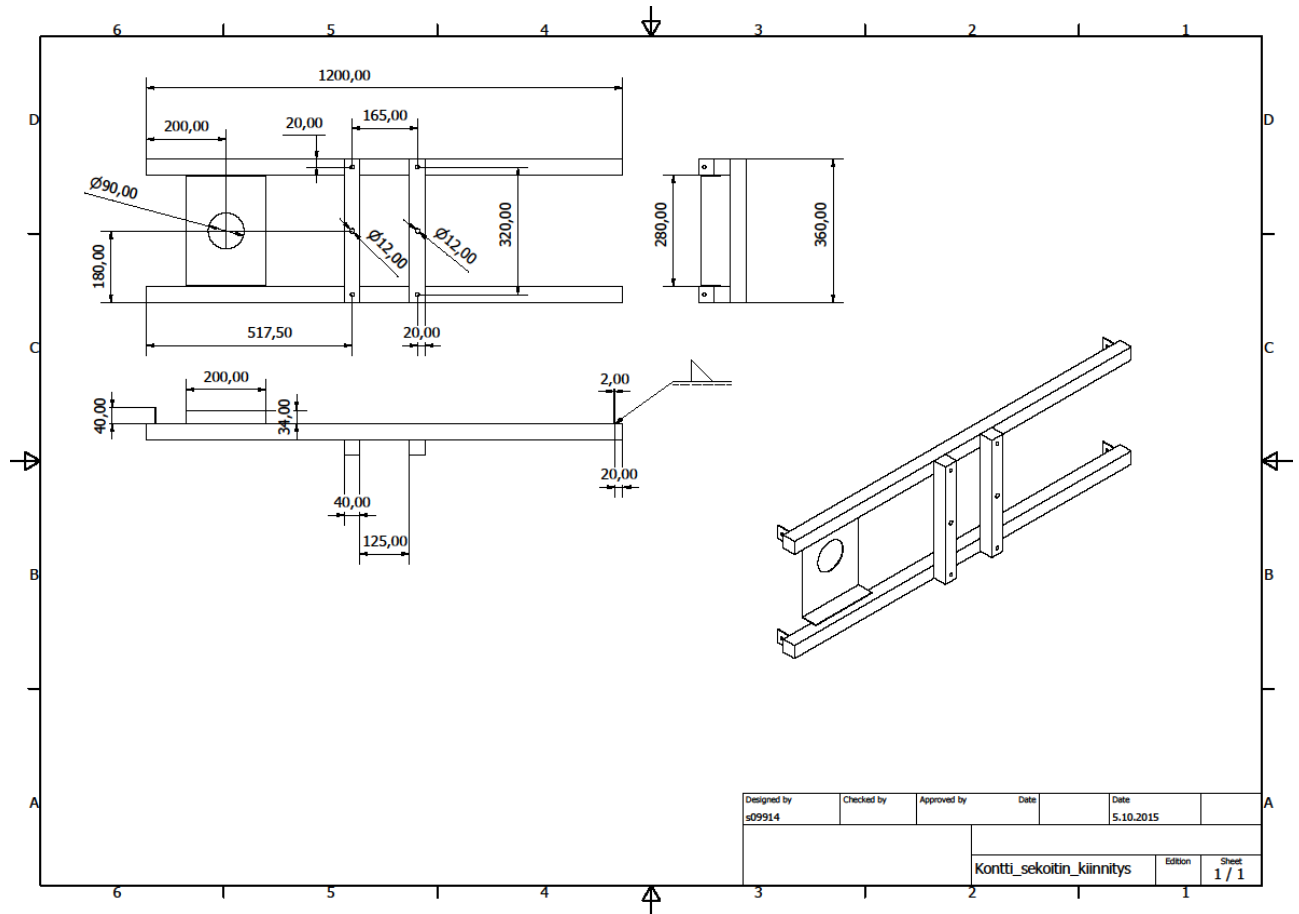
SAVONIA 2015. Pyreus [viitattu 2015-11-20]. Saatavissa: <https://uusiutuvaenergia.savonia.fi/hankkeet/pyreus>

TIEDEPUISTO 2015. [viitattu 2015-10-23]. Saatavissa: [http://www.tiedepuisto.fi/vihreakasvu/pyrolyysioljy\\_pulppuaa\\_pian](http://www.tiedepuisto.fi/vihreakasvu/pyrolyysioljy_pulppuaa_pian)

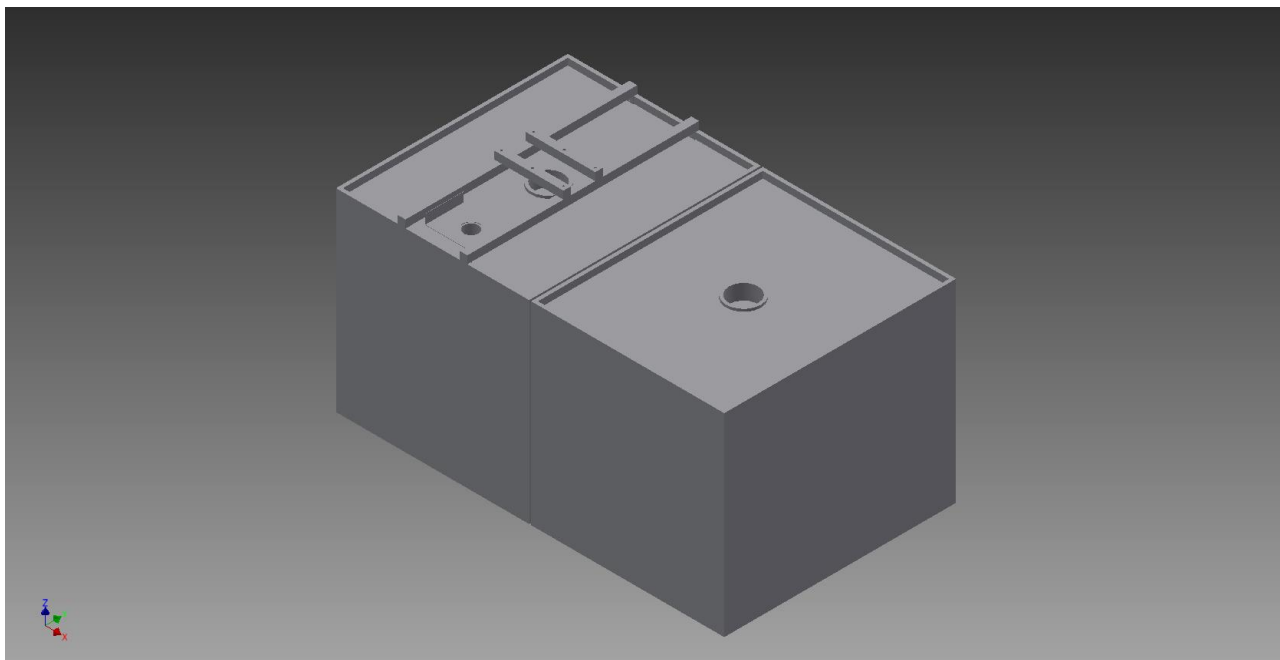
TUKES 2015. ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus [viitattu 2015-12-9]. Saatavissa: [http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset\\_aineet/esitteet\\_ja\\_oppaat/ATEX\\_opas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/ATEX_opas.pdf)

WIKIPEDIA 2015. [viitattu 2015-10-23]. Saatavissa: [https://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

## LIITE 1: SEKOITTIMEN KIINNITYSKEHIKKO



## LIITE 2: KEHIKON KIINNITYS IBC-SÄILIÖIHIN



## LIITE 3: PUTKISTO SÄILIÖILTÄ PUMPPAUSKONEIKOLLE

