

Tuomas Heikkinen

# HYÖTYVOIMALAITOKSEN KORKEAPAINEHÖYRYN AJOTAPOJEN ANALYYSINTI

Opinnäytetyö  
Energiatekniikka

2019



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Tuomas Heikkinen	Insinööri (AMK) Energiatekniikka	Helmikuu 2019
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		
Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryn ajotapojen analysointi		44 sivua 8 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Kotkan Energia Oy		
<b>Ohjaajat</b>		
Merja Mäkelä (Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu) Veli-Matti Arola (Kotkan Energia Oy)		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Kasvihuonepäästöjen hillitsemiseksi ja kaatopaikkojen kuormituksen vähentämiseksi on otettu käyttöön jätteitä polttavia voimalaitoksia. Jätteenpoltto aiheuttaa haasteita voimalaitoksen automaatiolle ja käyttöhenkilöstölle lähinnä polttoaineen koostumuksen takia. Lisäksi monet samanaikaisesti tuotettavat energiatuotteet lisäävät haasteita ja edellyttävät höyryn tuotannolle ja jakelulle useita ajotapayhdistelmiä. Näiden takia jätteenpolttolaitos poikkeaa prosessin ja automaation haastavuudeltaan muista tasalaatuisempaa polttoainetta käyttävistä lauhde- tai CHP-voimalaitoksista.</p> <p>Keskeisenä tavoitteena oli analysoida prosessihöyryä, kaukolämpöä ja sähköä tuottavan Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryn ajotapoja positiokohtaisten toimintakuvausten laadinnalla. Positiokohtaiset toimintakuvaukset integroitiin Hyötyvoimalaitoksen prosessiohjausjärjestelmään ja tulivat sitä kautta operaattoreiden ja kunnossapidon käyttöön. Positiokohtaiset toimintakuvaukset laadittiin laiteposiioille laitoksen höyrynjakeluosasta kattilalta turbiinille ja reduktion kautta turbiinin väliotolle. Niiden luomiseen käytettiin prosessi- ja automaatiiodokumentteja sekä automaatiojärjestelmän sovellusohjelmia.</p> <p>Korkeapainehöyryn ajotapojen analysoinnissa muodostettiin kokonaisvaltainen kuva haastavasta jätteenpolttoprosessin korkeapainehöyryn tuotannosta ja jakelusta. Analysoinnin tuloksena opinnäytetyössä saatiin Hyötyvoimalaitoksen keskeisimmät ajotavat, joita ovat normaaliajo, tehdashöyryreduktioajo, turbiinin ohitusreduktio- ja sähkötehoajo ja turbiinilaitoksen saarikäyttö- ja omakäyttöajo. Positiokohtaisia toimintakuvauksia laadittiin 56 kappaletta ja ne tulivat lopulta Hyötyvoimalaitoksen käyttöön.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
energia, jätteenpolttolaitokset, ajotapa, höyry, automaatio, toiminta, kuvaus		

Author (authors)	Degree	Time
Tuomas Heikkinen	Bachelor of Engineering	February 2019
<b>Thesis title</b> Analysis of high-pressure steam production and distribution methods in a waste-to-energy plant		44 pages 8 pages of appendices
<b>Commissioned by</b> Kotkan Energia Oy		
<b>Supervisors</b> Merja Mäkelä (South-Eastern Finland University of Applied Sciences) Veli-Matti Arola (Kotkan Energia Oy)		
<p data-bbox="164 797 300 831"><b>Abstract</b></p> <p data-bbox="164 871 1453 1126">Waste-to-energy plants have been developed and commissioned to reduce greenhouse gas emissions and loads in landfills. Waste is a challenging fuel due to its varying composition requiring complex automation and competent process operators in a power plant. In addition, production of several simultaneous energy products (process steam, district heat, electricity) creates alternative methods to produce and distribute high-pressure steam. For that reason, the automation of waste-to-energy plants is more complex compared to CHP-plants or condensation electric power plants which use more stable fuel.</p> <p data-bbox="164 1167 1453 1453">The main objective of this thesis was to analyze the production and distribution methods of high-pressure steam in Kotkan Energia Oy waste-to-energy plant, which produces electricity, district heat and process steam, via functional loop descriptions. The functional loop descriptions were integrated in the automation system of the plant, from where they are available for the process operators and maintenance personnel to use. The functional loop descriptions were created for the loops in a pipeline from boiler to turbine and from steam reduction line to turbine bypass line. Process and automation documents and loop program documents were used for creating the functional loop descriptions.</p> <p data-bbox="164 1494 1453 1749">In this analysis, a complete description was created of challenging high-pressure steam production and distribution methods in Kotkan Energia Oy waste-to-energy plant. As a result, the main production and distribution methods were formed, which are normal method, steam reduction method, turbine electric power method, turbine bypass reduction method, turbine plant in an island method and turbine plant as a stand-alone unit method. Altogether 56 functional loop descriptions were made and integrated in the automation system of the plant.</p>		
<p data-bbox="164 1794 320 1827"><b>Keywords</b></p> <p data-bbox="164 1868 1437 1928">power, plant, steam, high-pressure, function, loop, automation, method, production, distribution, energy, waste-to-energy, description</p>		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	JÄTE POLTTOAINEENA.....	7
2.1	Kotkan Energian Hyötyvoimalaitos .....	9
2.2	Hyötyvoimalaitoksen toiminta .....	11
3	HYÖTYVOIMALAITOKSEN AUTOMAATIO .....	15
3.1	Laitapaikkapohjainen positiointi .....	16
3.2	Honeywell-automaatiojärjestelmä .....	18
3.3	Positiokohtaiset toimintakuvaukset sovelluksen määrittelynä .....	21
3.4	Sovellusohjelmien analysointi ohjelmakaavioiden perusteella .....	22
4	HYÖTYVOIMALAITOKSEN KORKEAPAINEHÖYRYN TUOTANTO .....	25
4.1	Säätötavat voimalaitoksissa .....	26
4.2	Ajotavat Hyötyvoimalaitoksella .....	29
5	KORKEAPAINEHÖYRYYN LIITTYVÄT TOIMINTAKUVAUKSET .....	37
5.1	Rakenne ja otsakkeet .....	39
5.2	Toimintakuvaukset operaattoreille ja kunnossapidolle .....	40
6	YHTEENVETO .....	41
	LÄHTEET.....	43

## LIITTEET

Liite 1. Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryverkon PI-kaavio

Liite 2. Position 10LAF20AA101 toimintakuvaus

Liite 3. Position 10LBF20DP001A toimintakuvaus

## 1 JOHDANTO

Energiantuotanto maailmassa on kehittynyt ja monipuolistunut jatkuvasti lähinnä hiilidioksidipäästöjen vähentämisen ohjaamana. Energiantuotantotapojen määrä on lisääntynyt ja energiantuotantolaitosten hyötysuhteet ovat parantuneet paljon. Kaukolämmityksen yleistyessä Suomessa, erilliset lauhdevoima- ja lämpölaitokset on yhdistetty niin sanotuiksi CHP-laitoksiksi, joissa sähköä ja kaukolämpöä tuotetaan samassa energialaitoksessa. Tämän kautta energiantuotannon hyötysuhdetta on saatu nostettua niin, että aikaisempi pelkän lauhdevoimalaitoksen matala hyötysuhde (40–45 %) on nykyisissä CHP-laitoksissa jopa 90 % (Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos 2004, 74).

Suomessa jätettä on alettu polttaa jätteenpolttolaitoksissa kaatopaikkasijoittamisen sijasta lisääntyvissä määrin. Jätteen polttaminen energiaksi vähentää kaatopaikkojen ilmastovaikutuksia ja kuormitusta. Kaikki Suomen nykyiset jätteenpolttolaitoksista ovat CHP-laitoksia, joissa jätteestä tuotetaan sähkön lisäksi kaukolämpöä sekä joissain laitoksissa lisäksi prosessihöyryä. Jäte on kuitenkin polttoaineena haastava ja aiheuttaa vaatimuksia laitoksen ohjausjärjestelmille ja käyttöhenkilöstölle. Edistyneen automaation ja ammattitaitoisten henkilöstön roolit ovat tällaisessa laitoksessa isot. (Pöyry Management Consulting Oy 2015.)

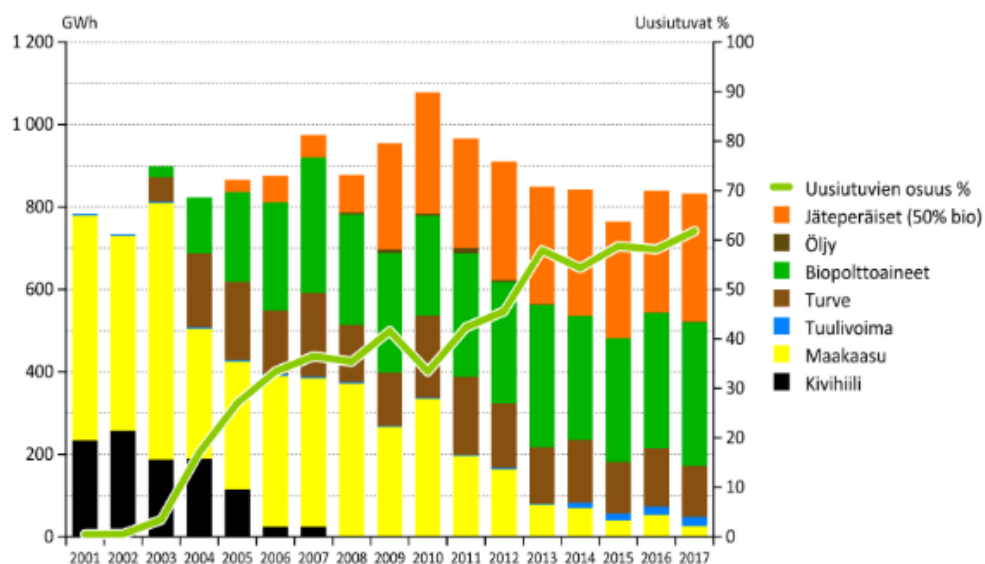
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on analysoida korkeapainehöyryn ajotapoja Kotkan Energian Korkeakosken Hyötyvoimalaitoksella positiokohtaisten toimintakuvausten laadinnalla. Kotkan Energian Korkeakosken Hyötyvoimalaitos käyttää polttoaineenaan syntypaikkalajiteltua jätettä ja tuottaa prosessihöyryä, kaukolämpöä ja sähköä, mikä tekee siitä haastavan laitoksen ajotapojen ja automaation kannalta. Korkeapainehöyryn ajotapojen analysointi tiivistää haastavan jätteenpolttolaitoksen ajotavat selkeään mutta yksityiskohtaiseen muotoon, mitä voidaan käyttää Hyötyvoimalaitoksen henkilökunnan tukena.

Positiokohtaiset toimintakuvaukset tehdään automaatiotoimintojen määrittämiseksi ja niitä käytetään automaation suunnittelussa ja toteutuksessa sekä myöhemmin prosessilaitoksissa lähinnä kunnossapidon ja operaattoreiden tukena. Yleensä positiokohtaiset toimintakuvaukset luodaan jo automaatiojärjes-

telmän määrittelyvaiheessa, mutta Hyötyvoimalaitoksen tapauksessa ne tehdään jälkeinpäin. Hyötyvoimalaitoksessa vain positiokohtaiset DIN-toiminta-kaaviot on tehty laitoksen automaation määrittelyvaiheessa. Korkeapainehöyryn ajotapojen määrittely positiokohtaisten toimintakuvausten laadinnalla on tehokas tapa analysoida ja tarkentaa korkeapainehöyryn ajotapoja.

Tämän opinnäytetyön tutkimusmetodi on kvalitatiivinen kartoittava tutkimus. Keskeisinä menetelminä tässä opinnäytetyössä on käytetty eri automaatiiodokumenttien (sovellusohjelmakaaviot, lukituskaaviot, PI-kaaviot) ja ajokaavi-onäyttöjen analysointia. Näiden lisäksi on käytetty Hyötyvoimalaitoksella toimivien asiantuntijoiden apua. Tätä kautta on saatu monipuolinen kuva laitoksen toiminnasta ja korkeapainehöyryn ajotavoista eri tilanteissa.

Kotkan Energia Oy on Kotkassa toimiva energiakonserni, mikä on kokonaan Kotkan kaupungin omistuksessa. Kotkan Energian päätuotteita ovat sähkö, teollisuushöyry ja kaukolämpö, mitä se toimittaa Kotkan alueen asukkaille ja toimijoille. Lisäksi se tarjoaa jätteenhyötykäyttöpalveluita. Kotkan Energian liiketoiminta on jakautunut kolmeen alueeseen: energian tuotantoon, kaukolämpöpalveluihin ja sähköverkkoihin ja sen tavoitteena on tuottaa energiaa monipuolisesti käyttäen pääsääntöisesti Kymenlaakson alueelta hankittua puuta ja turvetta. Kuva 1 esittää Kotkan Energian polttoaineiden käyttöä vuosina 2001–2017. Lisäksi Kotkan Energialla on kaksi tytäryhtiötä: Karhu Voima Verkko ja Karhu Voima Palvelu, jotka harjoittavat lähinnä sähkönsiirto- ja maakaasuliiketoimintaa Kotkan alueella. (Kotkan Energia Oy 2018.)



Kuva 1. Kotkan Energia Oy:n polttoaineiden käyttö vuosina 2001-2017 (Kotkan Energia Oy 2018)

## 2 JÄTE POLTTOAINEENA

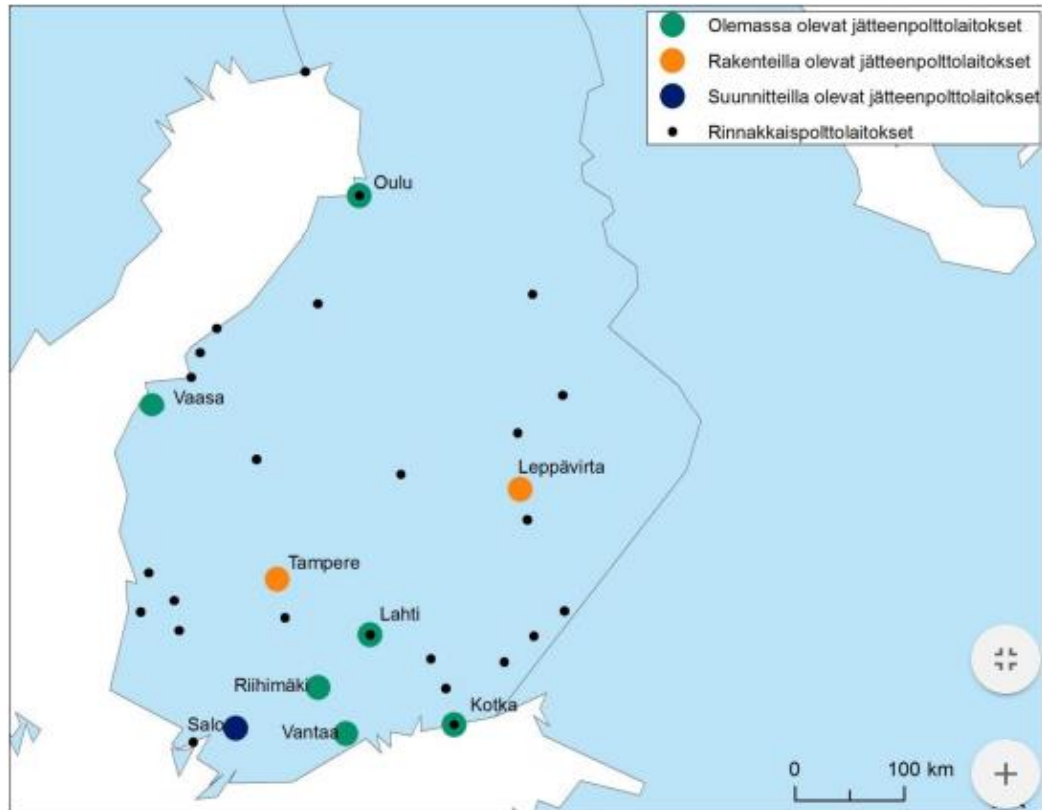
EU:n kiertotaloustavoitteiden mukaisesti jätteiden hyötykäyttöä on pyritty Suomessa lisäämään ja viime vuosina jätteenpoltosta on tullut jätteen yleisin loppukäsittelymuoto Suomessa, mistä syystä kaatopaikkojen kuormituksia ja niiden aiheuttamia kasihuonepäästöjä on saatu vähennettyä. Jätteenpolton ansiosta aiemmin kaatopaikalle päätynyt jäte saadaan hyödynnettyä energiaksi ja jäte korvatesaan fossiilisen polttoaineen toimii vähemmän kasihuonepäästöjä aiheuttavana polttoaineena. Esimerkiksi verrattuna kivihiilen polttoon jätteenpoltossa syntyy yli puolet vähemmän hiilidioksidipäästöjä. (Pöry Management Consulting Oy 2015.)

Suurin tekijä kaatopaikkojen kasihuonepäästöissä on biohajoavat jätteet, jotka hajotessaan kaatopaikalla päästävät ilmakehään metaania. Kaatopaikat ovat yksi merkittävimmistä jätehuollon kasihuonekaasulähteistä ja ne ovat merkittävässä roolissa ihmisen aiheuttamissa metaanipäästöissä. Metaani on lyhytikäinen kasihuonekaasu, mutta verrattuna hiilidioksidiin sen kasihuonevaikutus on monikymmenkertainen. Nykyään Suomessa kaatopaikoille päätyvän biojätteen määrä on laskenut paljon jätteenpolton ja erilliskerättävän biojätteen käsittelyn vuoksi. Tästä syystä kaatopaikkojen aiheuttamia metaanipäästöjä on saatu vähennettyä. (Pipatti ym. 1996, 10.)

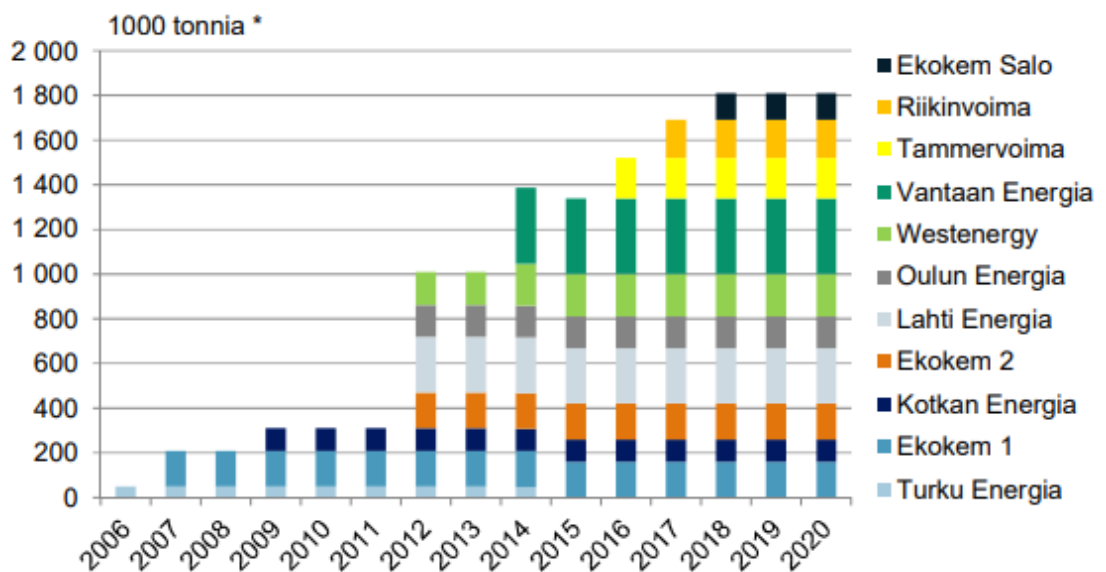
Poltoon päätyvä jäte poltetaan joko jätteenpolttolaitoksissa, kuten hyötyvoimalaitoksissa, jätevoimalaitoksissa, ekovoimalaitoksissa, tai rinnakkaispolttolaitoksissa. Pöry Management Consulting Oy (2015) kuvaa laitosten eroja seuraavasti: "Jätteenpolttolaitoksella tarkoitetaan yksikköä, joka on tarkoitettu jätteiden lämpökäsittelyyn, riippumatta siitä, hyödynnetäänkö poltossa syntyvä lämpö vai ei ja rinnakkaispolttolaitoksella yksikköä, jonka pääasiallisena tarkoituksena on tuottaa energiaa tai aineellisia tuotteita ja jossa käytetään jätettä vakinaisena tai lisäpolttoaineena". (Pöry Management Consulting Oy 2015.)

Vuoteen 2006 asti Suomessa toimi vain yksi jätteenpolttolaitos, joka sijaitsi Turun Orikedossa. Vuodesta 2007 lähtien jätteenpolttolaitosten määrä on kasvanut Suomessa voimakkaasti ja niitä on sijoitettu pohjoisinta Suomea lukuun ottamatta tasaisesti (kuva 2). Arvioiden mukaan jätteenpolton sähköntuotanto

tulee olemaan 1,2 TWh ja jätteenpolton kaukolämmön tuotanto 2,9 TWh vuonna 2020. Tämän lisäksi rinnakkaispolttolaitoksissa käytetään noin 300 000–400 000 tonnia jätettä vuosittain. Kuva 3 havainnollistaa hyvin jätteenpolton nopeaa kasvua viimeisen runsaan kymmenen vuoden aikana. (Pöyry Management Consulting Oy 2015.)



Kuva 2. Valmiiden ja tulevien jätteenpolto- ja rinnakkaispolttolaitosten tilanne vuonna 2015 (Pöyry Management Consulting Oy 2015)



Kuva 3. Jätteenpolttolaitosten kapasiteetti ja arvio vuoteen 2020 (Pöyry Management Consulting Oy 2015)



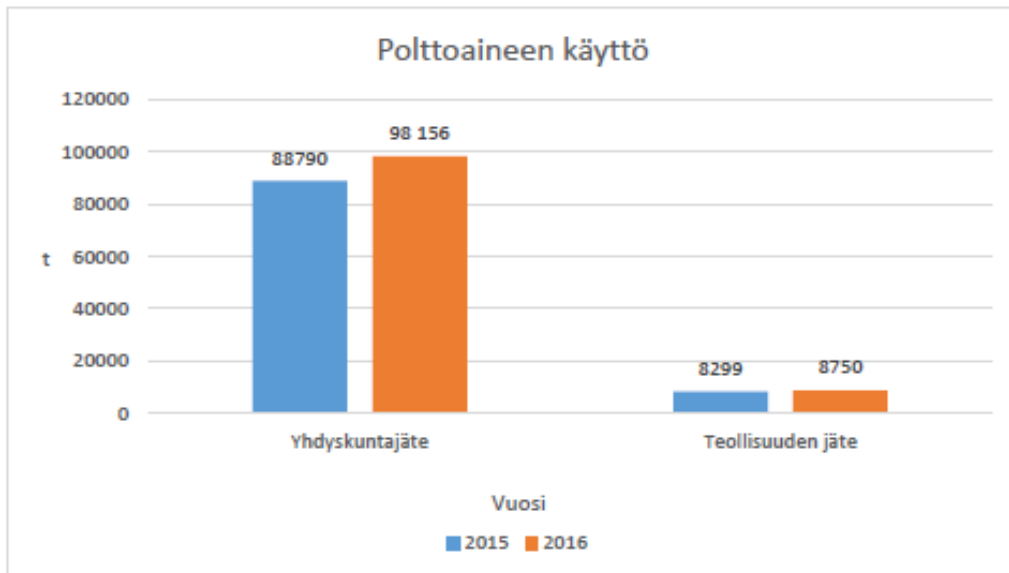
Jätteenpoltoon päätyvän jätteen koostumus riippuu paljolti kierrätyksestä ja alueellisista jätehuollon eroista. Polttoon päätyvä jäte kerätään syntypaikalla joko energijäteastiaan tai sekajäteastiaan. Energijätteeseen sisältyy: muovi (ei PVC), likaiset paperit ja kartongit, styroksi, paperipyhkeet, puupakkaukset, vaatteet ja tekstiilit. Energijäte murskataan ennen sen päättymistä jätteenpolttolaitokselle. Sekajätteeseen sisältyvät taas kaikki loput jätteet, joita ei voi erillisinä käyttää hyödyksi. Sekajäte käsitellään jätteenkäsittelylaitoksella, jossa siitä erotellaan polttoon sopiva jäte. (Lassila & Tikanoja Oy 2019.)

## 2.1 Kotkan Energian Hyötyvoimalaitos



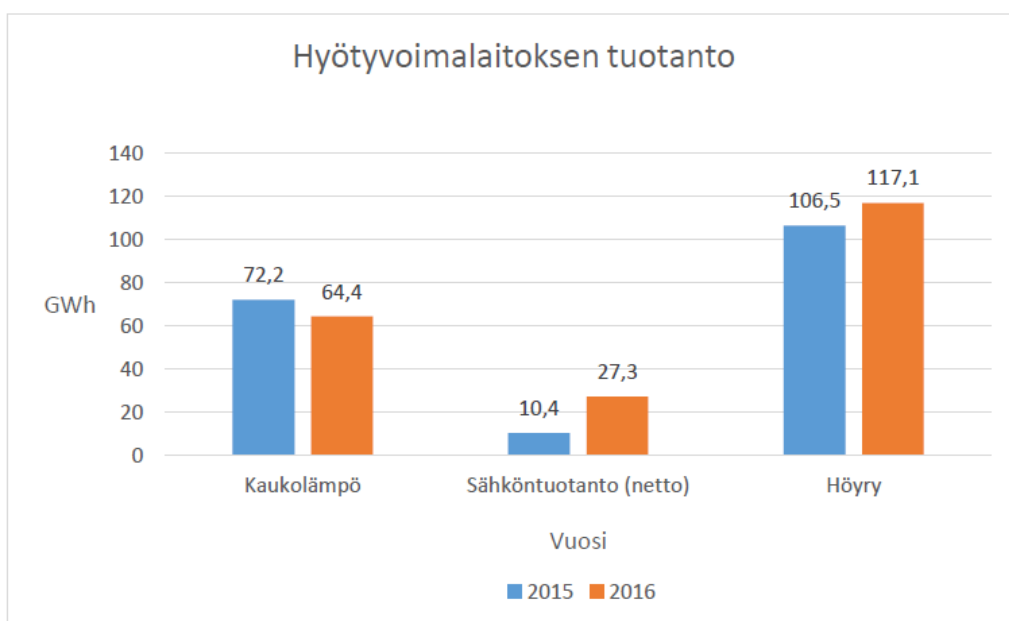
Kuva 4. Kotkan Energian Hyötyvoimalaitos (Kotkan Energia Oy 2018)

Kotkan Energian Korkeakosken Hyötyvoimalaitoksen (kuva 4) rakentaminen aloitettiin vuonna 2006. Lokakuussa 2008 laitos otettiin ensimmäistä kertaa koekäyttöön ja huhtikuussa 2009 lopulta kaupalliseen käyttöön. Hyötyvoimalaitos käyttää pääpolttoaineenaan syntypaikkalajiteltua jätettä. Jäte kerätään Kymenlaakson, Päijät-Hämeen, Itä-Uudenmaan ja Mikkelin alueelta. Syntypaikkalajiteltu jäte tarkoittaa jätettä, josta kierrätykseen kelpaavat jätteet esimerkiksi biojäte, paperi, kartonki, metalli, lasi ja ongelmajätteet on lajiteltu pois. Kymenlaakson alueen jätemuovi päätyy joko polttoon Hyötyvoimalaitokselle tai uusiokäyttöön. Lisäksi hyötyvoimalaitos käyttää polttoaineenaan pieniä määriä Sonoco-Alcore Ltd:n teollisuusjätettä (kuva 5). (Kotkan Energia Oy 2018; Kotkan Energia Oy s.a; Kymenlaakson Jäte Oy 2019.)



Kuva 5. Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksen polttoaineen käyttö vuosina 2015 ja 2016 (Kotkan Energia Oy 2016)

Hyötyvoimalaitos käyttää vuosittain yhteensä noin 100 000 tonnia polttoainetta, mikä vastaa 260 000 MWh energiaa. Hyötyvoimalaitos tuottaa sähköä, kaukolämpöä ja prosessihöyryä ja laitosta ajetaan aina 100 % teholla vuositaisella 11 kuukauden käyttöajalla. Kuva 6 esittää Hyötyvoimalaitoksen eri energiatuotteiden tuotantomääriä vuosina 2015 ja 2016. Sonoco-Alcore Ltd:n kartonkitehdas käyttää noin puolet Hyötyvoimalaitoksen koko tuotetusta energiasta ja on näin sen pääasiakas. Hyötyvoimalaitoksen ensimmäinen prioriteetti on tuottaa kartonkitehtaan prosessihöyry ja muu tuotanto riippuu tämän prosessihöyryn energiantarpeesta. (Kotkan Energia Oy s.a.)



Kuva 6. Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksen tuotanto vuosina 2015 ja 2016 (Kotkan Energia Oy 2016)

## 2.2 Hyötyvoimalaitoksen toiminta

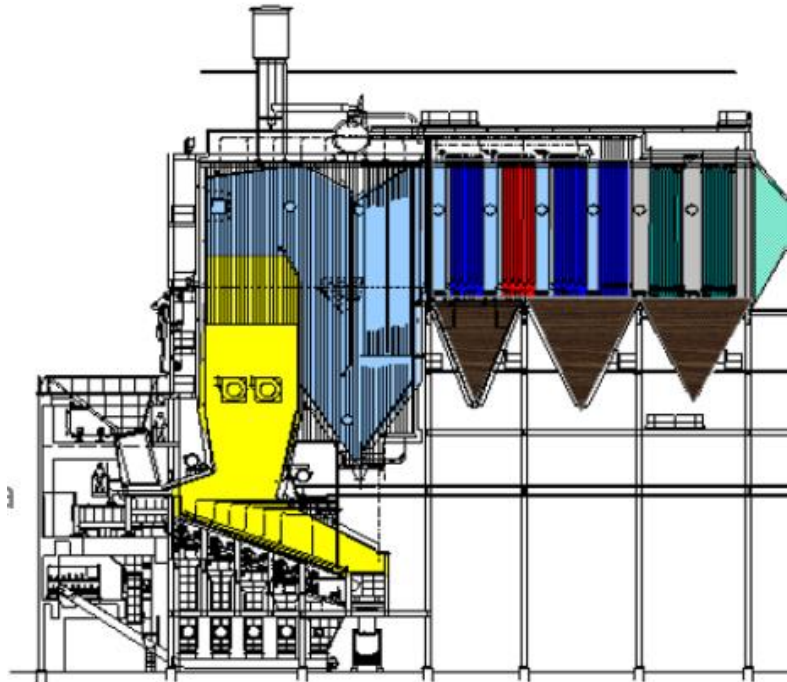
Kuva 7 esittää Hyötyvoimalaitoksen poikkileikkauksen toimintaan liittyvine pisteineen. Jäteautojen ajaessa laitokselle ne ensin punnitaan (1), minkä jälkeen autojen kuormat puretaan (2) tilavuudeltaan 3 600 m<sup>3</sup> olevaan vastaanottomonttuun (3). Vastaanottomontun hajuhaittoja on ehkäisty käyttämällä sen ilmaa kattilan palamisilmana. Vastaanottomontusta automaattisesti toimiva kahmari siirtää jätettä varastomonttuun (4). Varastomonttua myös sekoitetaan polttoaineen tasaamiseksi. Varastomontusta kahmari annostelee jätettä 2–3 tonnia kerrallaan vastaanottosuppiloon (5) ja sitä kautta hopperiin, joka toimii kattilan ilmalukkuna. Hopperin kautta jäte päätyy syöttöpöydälle ja sitä kautta polttoon arinalle (6). (Kotkan Energia Oy s.a; Kotkan Energia 2016.)

Jäte poltetaan arinalla ja arinan syöttöpöydän nopeutta säädetään halutuksi korkeapainehöyryn virtauksen mukaan. Normaalisti jätettä käytetään noin 300 tonnia vuorokaudessa, mikä vastaa 100–150 kahmarillista jätettä. Jätteenpoltoista jäljelle jää palamatonta ainesta eli kuonaa, joka kerätään pois (7) jatkokäyttöä varten. Jätteenpoltoissa muodostuvien savukaasujen lämpöä käytetään korkeapainehöyryn tuotantoon monessa eri lämmönsiirtimissä (8). Lopulta jäähtynyt savukaasu puhdistetaan ja päästetään piipun kautta ulos (10). Savukaasujen puhdistuksessa syntyvä APC-lopputuote kerätään pois jatkokäyttöä varten, kuten myös poltoissa syntyvä kattilatuhka (9). (Kotkan Energia Oy s.a; Kotkan Energia 2016.)



Kuva 7. Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksen poikkileikkaus (Kotkan Energia Oy 2018)

Hyötyvoimalaitoksen kattilan polttoaineteho on 36 MW ja sen on valmistanut Keppel Seghers. Kattila on luonnonkiertokattila horisontaalisella konvektiosalla (kuva 8). Kattila sisältää kolme tulistinta, kaksi höyrystintä ja kolme veden esilämmitintä ja yhden ilman esilämmittimen. Lisäksi kattilaan kuuluu ilmajäähdytteinen hydraulinen viistoarina, viisi primääri-ilmapuhallinta ja kaksi sekundääri-ilmapuhallinta. Arinan pituus on 10 metriä ja leveys 4,5 metriä ja siihen kuuluu viisi elementtiä: 2 kiinteää laattariviä, 2 liukulaattariviä ja 2 rumpulaattariviä. Hyötyvoimalaitoksen prosessihöyryn tuotannon varakattiloina toimii kaksi maakaasukattilaa, joiden yhteisteho on 20,8 MW. Varakattiloita käytetään lähinnä vuosihuoltojen aikana, mutta tarvittaessa myös häiriötilanteissa. Maakaasu toimii myös laitoksen tukipolttoaineena startti- ja apupolttimissa. (Kotkan Energia Oy s.a; Kotkan Energia 2016.)

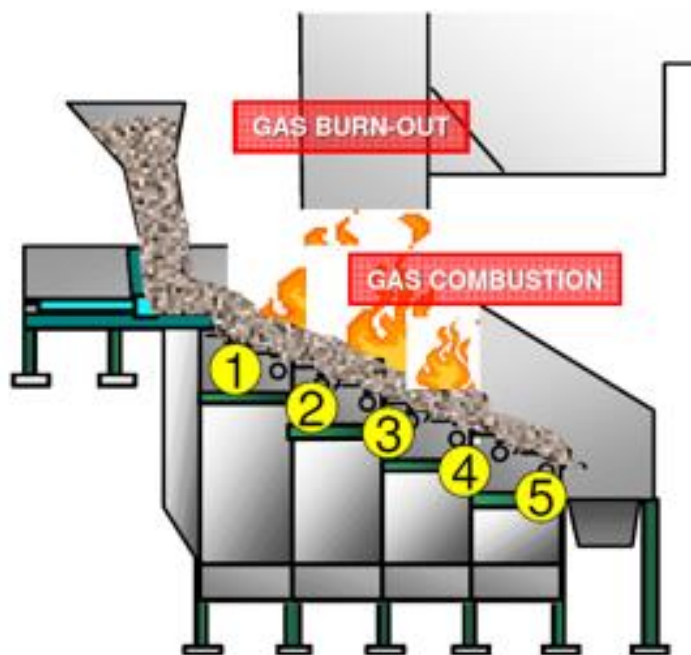


Kuva 8. Kattilan rakenne (Kotkan Energia Oy s.a)

Arinalla jäte poltetaan viidessä eri vaiheessa (kuva 9):

1. kuivattaminen
2. sytyttäminen
3. palaminen
4. loppuun palaminen
5. jäähdytys. (Kotkan Energia Oy s.a).

Ensimmäisessä vaiheessa jäte kuivataan, eli siitä poistetaan vesi. Toisessa vaiheessa se sytytetään ja kolmannessa vaiheessa tapahtuu pääpalamisvaihe. Neljännessä vaiheessa vielä palamattomat aineet poltetaan ja viidennessä vaiheessa palamaton aine eli kuona jäähdytetään ja ohjataan kuljettimen avulla kuonahalliin. Arinan alla on lisäksi kuljetin, joka kerää arinan tiilien välistä putoavan jakeen. Kuonahallista kuona lastataan kontteihin ja kuljetetaan jatkokäsittelyyn, missä siitä erotetaan metalli, ja näin sitä voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi maanrakennuksessa. (Kotkan Energia Oy s.a.)



Kuva 9. Polttoaineen palaminen arinalla (Kotkan Energia s.a)

Arinalla palamista säädetään arinan nopeuden muutoksilla ja primääri- ja sekundääri-ilmapuhaltimilla. Arinan lämpötila voi olla korkeimmillaan jopa 1000 °C. Palamisessa syntyviä savukaasuja käytetään korkeapainehöyryn tuotantoon, missä savukaasujen lämpöä siirretään useissa kattilassa sijaitsevilla lämmönsiirtimillä. Lämmönsiirtimet ovat putkistoja ja niistä muodostuvia paketteja, joissa virtaa vesi tai höyry. Putkissa virtaavan veden tai höyryn lämpötilaa nostetaan savukaasujen avulla, joiden lämpötila puolestaan laskee. (Kotkan Energia Oy s.a.)

Hyötyvoimalaitoksen tuottama kaukolämpö valmistetaan turbiinin väliotosta otettavalla matalapainehöyryllä tai tehdashöyryreduktion tuottamalla matalapainehöyryllä. Hyötyvoimalaitoksen kaukolämmönvaihtimen on valmistanut Högfors / Sento Oy ja sen mitoitusteho on 22 MW. Kaukolämmönvaihtimessa virtaa kaukolämpöpiirin vesi, mitä lämmitetään matalapainehöyryllä. Prosessihöyry otetaan samoista kohteista kuin kaukolämmöntuotantoon otettava höyry ja sitä käytetään kulutuskohteessa sellaisenaan eri käyttötarkoituksiin. Sähköä tuotetaan generaattorilla, jota pyöritetään turbiinilla, jota puolestaan pyöritetään sinne johdettavalla korkeapainehöyryllä. Hyötyvoimalaitoksen turbiini on reaktiotyyppinen väliottolauhdeturbiini, jossa on erilliset korkea- ja matalapaineosat. Turbiinin malli on MAN MARC2-C10, ja sen on toimittanut Turbomach. (Kotkan Energia Oy s.a; ÅF-Consult Oy 2008a.)

Hyötyvoimalaitoksen ja yleisesti jätteenpolttolaitosten kattiloiden ongelmana on niiden lämmönsiirtopintojen likaantuminen käytössä. Likaantumista aiheuttavat polttoaineen epästabiilisuus, jäännöshapen korkea määrä, tyhjän vedon pieni lämmönsiirtopinta-ala ja lämmönsiirtimien ahtaat putkipaketit. Hyötyvoimalaitoksella likaantuvien pintojen puhdistamiseen käytetään automaattisia nuohoimia, joita ovat vesinuohoimet, räjäytysnuohoimet ja kolistinnuohoimet. Likaantuminen aiheuttaa muun muassa lämmönsiirtimissä lämmönsiirtotehon heikkenemistä, mikä vaikuttaa suoraan esimerkiksi laitoksen hyötysuhteeseen. (Kotkan Energia Oy s.a.)

Jätteenpolttolaitosten päästörajoitukset ovat tavanomaisia polttoaineita käyttäviin laitoksiin verrattuna korkeammat. Hyötyvoimalaitoksella päästöjä rajoitetaan polttoteknisesti ja savukaasuja puhdistamalla. Savukaasuja puhdistetaan tulipesän yläosassa ammoniakkiveden avulla ja prosessin loppupäässä Alstomin toimittamalla puolikuivalla NID-järjestelmällä, minkä puhdistusaste on noin 99 %. Sen etuna on myös, että siinä ei synny jätevesiä. NID-järjestelmän pääkomponentit ovat reaktori, jossa savukaasuihin sekoitetaan kalkkia ja vettä, ja letkusuodattimet, joihin savukaasujen pöly jää kiinni. Pöly kerätään säiliöön ja käytetään uudelleen prosessissa. Savukaasujen puhdistuksessa syntyy APC-lopputuotetta, joka stabiloidaan ja toimitetaan kaatopaikalle. (Kotkan Energia Oy s.a; Kotkan Energia Oy 2016; Pöyry Management Consulting Oy 2015.)

### 3 HYÖTYVOIMALAITOKSEN AUTOMAATIO

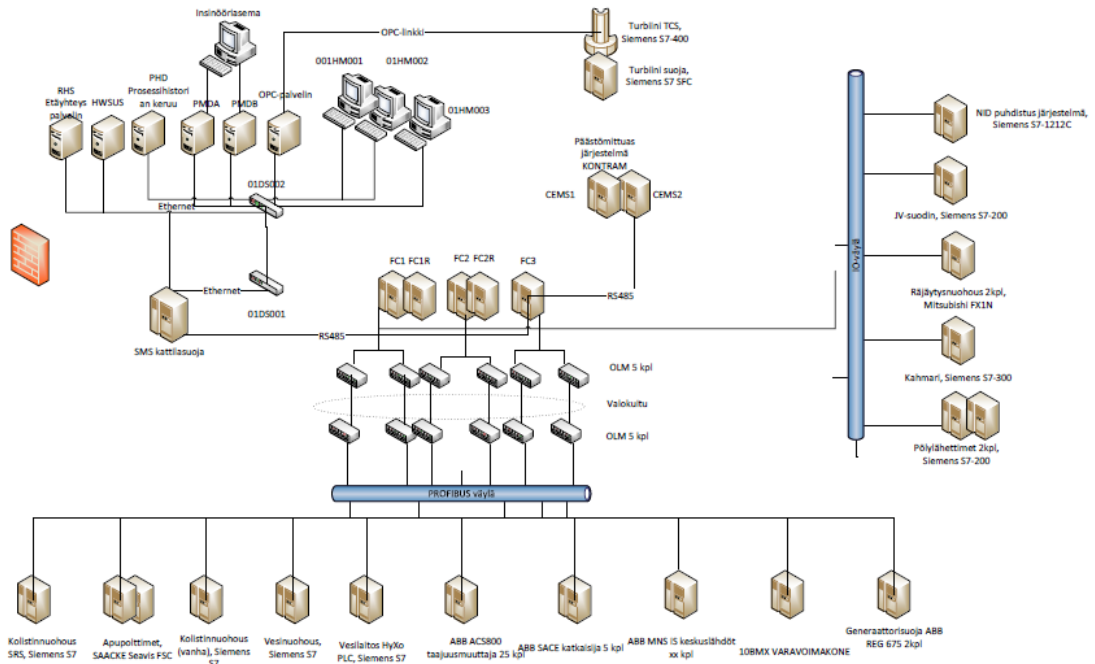
Voimalaitoksissa automaation rooli on merkittävässä asemassa, koska voimalaitokset ovat järjestelmänä monimutkaisia ja ne vaativat jatkuvaa valvontaa ja erilaisia toimenpiteitä. Voimalaitoksen automaatiojärjestelmän tärkein tehtävä on ohjata prosessia ja varmistaa, että toiminnan tavoitteet saavutetaan. Voimalaitos asettaa sen automaatiolle paljon vaatimuksia esimerkiksi nopean säädön, korkean suorituskyvyn, varmuusvaatimusten sekä häiriö- ja vaaratilanteiden hallitsemisen takia.

Normaalisti voimalaitoksissa on yksi pääautomaatiojärjestelmä, mutta sen koko automaatio harvoin rakennetaan vain yhteen automaatiojärjestelmään. Voimalaitosten pääautomaatiojärjestelmä on yleensä jokin hajautettu automaatiojärjestelmä (DCS), johon kytketään vähintään kaikki pääprosessin tavanomaisimmat ohjaukset, mittaukset ja säädöt. Muita osaprosesseja esimerkiksi kaasua- ja höyryturbiineja, generaattoreita ja savukaasun puhdistuslaitteita voidaan ohjata omilla ohjausjärjestelmillään, joita pystytään kuitenkin yleensä valvomaan ja ohjaamaan pääautomaatiojärjestelmästä. Näiden lisäksi voi olla joitain sivu- ja apuprosesseja, joita ohjataan esimerkiksi pääautomaatiojärjestelmään liitetyillä ohjelmoitavilla logiikoilla (PLC). (Joronen ym. 2007, 185.)

Hyötyvoimalaitoksella pääautomaatiojärjestelmänä toimii hajautettu automaatiojärjestelmä Honeywell Experion PKS. Se toteuttaa valtaosan koko laitoksen mittauksista, säädöistä ja ohjauksista. Siihen on liitetty kaikki muut laitoksella olevat järjestelmät, jotta niitä voidaan valvoa ja ohjata pääautomaatiojärjestelmästä. Kuva 10 esittää Hyötyvoimalaitoksen pääautomaatioon liitetyt ulkoiset järjestelmät.

Hyötyvoimalaitoksella ulkoisten järjestelmien liittämiseen pääautomaatiojärjestelmään on käytetty Profibus-väylää, IO-väylää (Upline/IOLINE), RS485-sarjaliikenneyhteyttä ja OPC-linkkiä. Profibus- ja IO-väylän kautta pääautomaatiojärjestelmään on kytketty lähinnä ulkoiset logiikkaohjaukset. OPC-linkkiä on käytetty turbiinin automaatiojärjestelmän liittämiseen ja RS486-sarjaliikenneyhteyttä Kontram-päästömittausjärjestelmän liittämiseen. Enemmän tietoa Honeywell-järjestelmän väylistä on luvussa 3.2.





Kuva 10. Pääautomaatiojärjestelmään liitetyt ulkoiset järjestelmät (Kotkan Energia Oy:n luvalla)

### 3.1 Laitepaikkapohjainen positiointi

Erilaisia kirjaimista ja numeroista koostuvia tunnuksia, positiotunnuksia, luodaan teollisuudessa oleville järjestelmille ja laitteille, jotta ne voidaan helposti ja yksiselitteisesti tunnistaa. Yleisesti käytössä olevat tunnusjärjestelmät ovat KKS-järjestelmä ja SFS-ISO 14617-6 -standardin mukainen järjestelmä. Näiden tunnusjärjestelmien merkittävin ero on, että KKS-järjestelmä kuvaa tarkemmin laitteen sijaintia ja itse laitetta (laitepaikkapohjainen positiointi) ja SFS-ISO 14617-6 -standardin mukainen järjestelmä kuvaa tarkemmin toimintaa. SFS-ISO 14617-6 -standardin mukaisessa järjestelmässä positiotunnus esitetään kirjain-numero-yhdistelmällä, jossa piirin kirjaintunnus on toimintaa kuvaava standardin mukainen merkintä ja numerotunnus yksilöivä numero. Esimerkiksi tunnus PI-100 tarkoittaa paineen mittausta (pressure indicating), toisin sanoen paineanturia. (Huhtinen ym. 2008, 336; Kippo & Tikka 2008, 91–93.)

Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksella on käytössä laitepaikkapohjainen KKS-tunnusmerkintäjärjestelmä (Kraftwerk-Kennzeichensystem), joka soveltuu erityisesti voimalaitoskäyttöön. Tämän järjestelmän avulla voimalaitoksen käyttöä ja voimalaitosprojektin eri vaiheita pyritään helpottamaan määrittä-



mällä positioille ja laitteille tehtävä, tyyppi ja sijainti. KKS-järjestelmää käytetään ja se esiintyy seuraavissa kohteissa: kaaviot ja piirustukset, laiteluettelot, asennusohjeet, käyttöohjeet, mittauspistekaaviot, laitokselle asennetut toimilaitteet, kaapelit ja putket. (Kotkan Energia Oy 1996.)

KKS-tunnusmerkintäjärjestelmään sisältyy neljä järjestysastetta, jotka kuvaavat kohdeyksion laitososaa, tehtävää, tyyppiä ja sijaintia. Laitteen tai position jokainen järjestysaste koostuu kirjain- ja numeroyhdistelmästä. Tunnusmerkinnöissä käytetään käyttökohteesta riippuen joko juoksevaa, 10-jakoista, 100-jakoista tai ryhmiteltyä numerointia. Järjestysasteet järjestyksessään ovat:

- laitososatunnus
- järjestelmätunnus
- laitteistotunnus
- laitetunnus. (Kotkan Energia Oy 1996.)

**Laitososatunnus** (järjestysaste 0) merkitään yhdellä kirjaimella tai numerolla ja se on näkyvissä vain, jos se eroaa kyseisen kaavion nimityksen mukaisesta laitososasta. Sen tarkoituksena on jakaa voimalaitoksen laitoskokonaisuudet osakokonaisuuksiin, jotka ovat selvästi eroteltavissa. (Kotkan Energia Oy 1996.)

**Järjestelmätunnus** (järjestysaste 1) jakaa laitososat pienempiin osakokonaisuuksiin. Tällaisia osakokonaisuuksia ovat esimerkiksi lauhdejärjestelmä, kytkinlaitos tai jäähdytysvesijärjestelmä. Kohdejärjestelmä jaetaan vielä pääryhmiin, ryhmiin ja alaryhmiin omilla kirjainosillaan. Järjestelmätunnukseen voisi sisältyä myös tunnusosa, jota käytetään saman tunnusosan omaavien järjestelmien erottamiseen. (Kotkan Energia Oy 1996.)

**Laitteistotunnus** (järjestysaste 2) jakaa järjestelmän osat laitteistoihin (esimerkiksi pumppu tai venttiili) ja sen merkitsemistapa ja merkitys riippuvat kyseessä olevan järjestelmän sovellutuskohteesta. Laitteistotunnusmerkintä koostuu kirjainosasta ja numero-osasta. Laitteistotunnukseen voi sisältyä myös tunnusosa, jota käytetään tarvittaessa tarkentamaan laitteistotunnusta. (Kotkan Energia Oy 1996.)

**Laitetunnus** (järjestysaste 3) määrittää laitteen tyyppin ja numeron, missä laitteen tyyppi määritetään kirjainosalla ja laitteen numero kaksinumeroisella tunnusosalla. (Kotkan Energia Oy 1996.)

Tunnukset kirjoitetaan järjestysasteittain yhteen ilman välilyöntejä. Esimerkiksi Hyötyvoimalaitoksella korkeapainehöyryn puhallusventtiilin tunnus (ei sisällä laitteistotunnuksen tunnusosaa, eikä laitetunnusta) on **10LBA10AA101**, jossa:

**1** = laitostunnus

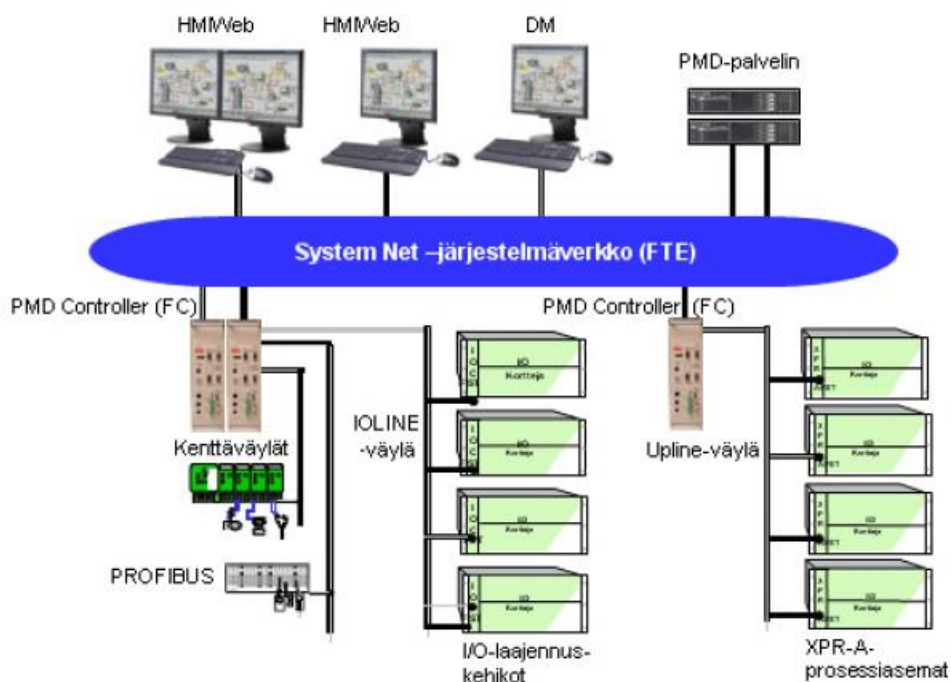
**0** = järjestelmätunnuksen tunnusosa

**LBA10** = järjestelmätunnus

**AA101** = laitteistotunnus. (Kotkan Energia Oy 1996.)

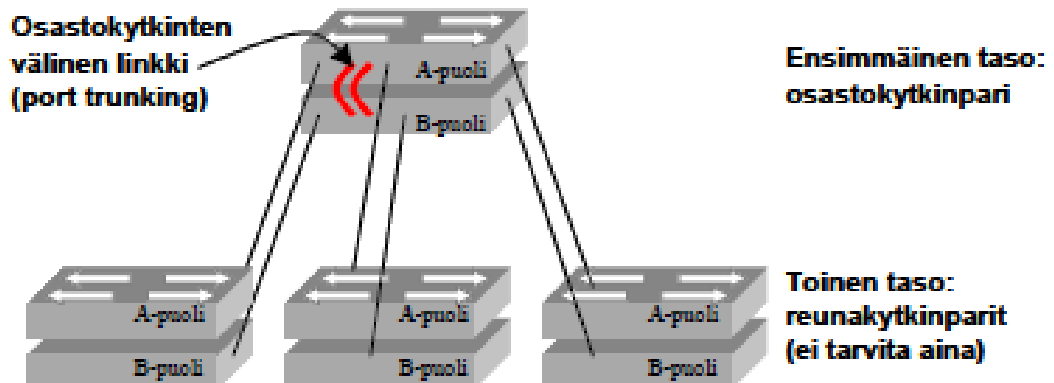
### 3.2 Honeywell-automaatiojärjestelmä

Honeywell Experion PKS-automaatiojärjestelmä (kuva 11) käyttää hyväkseen Honeywellin PMD-teknologian toiminta-ajatusta, jossa yksi järjestelmä ohjaa jatkuvia prosesseja, koneita ja sähkökäyttöjä. Sen tärkein toimielin on PMD Controller -kenttäohjain, jolla toteutetaan kaikki ohjaukset ja kenttäväyläliitynnät. Kenttäohjainta voidaan käyttää perinteisissä prosessisäädöissä, mutta myös kehittyneissä säädöissä, nopeissa koneohjauksissa ja prosessisäädöissä. (Honeywell Oy 2010a.)



Kuva 11. Honeywell-automaatiojärjestelmän periaaterakenne (Honeywell 2010a)

Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmän arkkitehtuurissa System Net -järjestelmäverkkoon on liitetty suoraan HMIWeb-käyttöliittymät, PMD-palvelin, PMD-Controller-kenttäohjaimet ja sovellusasema. System Net -järjestelmäverkko takaa luotettavan ja avoimen tiedonsiirron siihen kytkettyjen komponenttien välillä. Järjestelmän tähtimuotoiseen fyysiseen rakenteeseen sisältyy yksi tai kaksi hierarkiatasoa (kuva 12), jossa ensimmäisellä tasolla on eräänlaisen verkon ytimen muodostava toisiaan varmentava osastokytkinpari ja toisella hierarkiatasolla toisiaan varmentavat reunakytkinparit, joita ei välttämättä tarvita, jos liitettyjen laitteiden fyysiset etäisyydet tai niiden lukumäärä ei ole liian suuri. (Honeywell Oy 2010a.)



Kuva 12. Honeywell Experion PKS-järjestelmän hierarkiatasojen kytkinparit (Honeywell Oy 2010a)

Honeywell Experion PKS-automaatiojärjestelmän pääkomponentit ovat (Honeywell Oy 2010a):

**System Net.** Ethernet-pohjainen TCP/IP-järjestelmäverkko, jonka ympärille koko järjestelmä rakentuu. Sen kautta järjestelmään liitetään myös muuten tietojärjestelmät. Tyypillisesti System Net- verkko-osastolla on useampi Ethernet-liittymällä varustettu laite, joten laitteiden yhdistämiseen tarvitaan kytkimiä. (Mt.)

**PMD-palvelin.** Tärkeä talletuspaikka koko järjestelmän toiminnan kannalta, minne talletetaan järjestelmän ohjelmistot, järjestelmämäärittelyt ja sovelluskonfiguraatiot. Lisäksi sen tehtävänä on hälytysten ja tapahtumien käsittely, historiatietojen keruu, näyttöjen talletus ja jakelu ja koko järjestelmän tietojenkäsittely ja tiedonsiirto. (Mt.)

**Sovellusasema (DM).** Sen avulla automaatiojärjestelmän rakenne määritetään ja sovellusmäärittelyistä muodostetaan graafiset rakenteet sovelluskokonaisuuksien hallintaa varten. Lisäksi prosessisäätöjen- ja logiikoiden toiminta, prosessihälytykset ja prosessitiedon keruu määritetään sovellusasemalla. (Mt.)

**PMD Controller FCE- ja FC-ohjaimet ja XPR-A-prosessiasemat.** Näiden ohjaimien ja prosessiasemien kautta järjestelmä on liitetty ohjattavaan prosessiin ja niiden tehtävänä on ohjata itsenäisesti I/O-väylään ja kenttäväylään kytettyjä prosesseja ja prosessilaitteita. Lisäksi niiden tehtävänä on keskustella muiden yksiköiden ja käyttäjien kanssa välittämällä prosessitietoja ja vastaanottamalla ohjauksia ja asetusarvoja. (Mt.)

**HMIWeb-käyttöliittymä.** Se mahdollistaa laitoksen prosessi-, tuotanto- ja liitetoimintatietojen integroinnin käyttäen hyväksi yleisiä tiedonsiirtostandardeja (Internet, HTML, Ethernet) WEB-pohjaisella arkkitehtuurilla. Se liitetään suoraan System Net- järjestelmäverkkoon, joka mahdollistaa käyttöliittymien ja ohjaimien tietojen päivittymisen prosessikaavionäyttöihin reaaliajassa. (Mt.)

Kenttäväylät, esimerkiksi Profibus DP/PA, liitetään PMD Controller -ohjaimiin, jossa on kaksi kenttäväyläliitäntää. Profibus on kenttäväylä, mitä käytetään Honeywell Experion PKS-järjestelmään integroitavien älykkäiden Profibus-liitännäisten prosessinohjauslaitteiden tai Profibus-I/O-yksiköiden liittämiseen. Kenttäväyliä avulla voidaan prosessin ja automaatiojärjestelmän tiedonsiirtoa yksinkertaistaa viemällä I/O-liitännät lähelle prosessia. Kenttäväyläliitännässä prosessilaitteet kytketään itsenäisiin kenttäväylä-I/O-yksiköihin. (Honeywell Oy 2010a.)

XPR-A-prosessiasemien ja I/O-laajennuskehikkojen liittämiseen PMD Controller-ohjaimiin käytetään keskinopeaa Upline/IOLINE-väylää. Upline/IOLINE-väylä on tarkoitettu tiedonsiirtoon erityisesti pitkällä etäisyyksillä ja häiriöisessä ympäristössä. Väylä on toteutettu varmennetulla koaksiaalikaapelilla, ja väylän nopeudeksi voi valita 1,2 Mbit/s tai 4 Mbit/s. Upline/IOLINE-väylään voi liittää maksimissaan 16 asemaa. (Honeywell Oy 2010a.)

PMD Controller -ohjaimen voidaan kytkeä myös RS485-standardin mukaisia sarjaliikenneyhteyksiä. Tämän kaksi- tai nelijohtimisen liitännän avulla voidaan toteuttaa jopa 115200 bit/s nopeuteen ylttäviä asynkroniseen merkkiliikenteeseen pohjautuvia sarjaliikenneyhteyksiä. (Honeywell Oy 2010a.)

System Net- järjestelmäverkkoon voidaan liittää suoraan myös CANOpen- ja Profibus-kenttäväyliä I/OWeb Link -yksikön kautta. I/OWeb Link -yksikön tehtävänä on liittää järjestelmäverkkoon kenttäväylä-I/O-yksiköitä CANOpen- tai Profibus-kenttäväyläliitännällä. I/OWeb Link -yksikkö huolehtii kenttäväylien tiedonvälityksestä itsenäisesti ja toimii kenttäväylien väyläisäntänä. (Honeywell Oy 2010a.)

OPC on avoin standardi, mitä käytetään pääasiassa teollisuudessa tiedon siirtoon esimerkiksi ohjelmoitavien logiikoiden, käyttöliittymien ja valvomosovellusten välillä. Tiedonsiirron toimimiseksi ohjelmoitavien logiikoiden OPC-liityntä vaatii OPC-palvelimen ja OPC-client-rajapinnan. (OPC DataHub 2019.)

### **3.3 Positiokohtaiset toimintakuvaukset sovelluksen määrittelynä**

Positiokohtaisten toimintakuvausten laadinta kuuluu automaation elinkaaren suunnitteluvaiheeseen, mutta se voidaan aloittaa jo määrittelyvaiheessa. Niiden sisältö tarkentuu vähitellen automaatiotoimituksen edetessä aina käyttöönottoon asti. Määrittelyvaiheessa luodaan automaatiojärjestelmästä tulevaa yksityiskohtaista suunnittelua ja toteutusta tukeva tarpeeksi tarkka kuvaus. Määrittelyvaiheen perussuunnittelu keskittyy prosessin automaation toimintojen kuvaukseen, missä positiokohtaiset toimintakuvauksen astuvat kuvaan. Suunnitteluvaiheessa tehdään automaatiojärjestelmän järjestelmäsuunnittelu ja toteutussuunnittelu ja tavoitteena on, että suunnitteluvaiheen jälkeen automaatiojärjestelmän toteutus voidaan aloittaa. Positiokohtaiset toimintakuvaukset määritetään loppuun suunnitteluvaiheen toteutussuunnittelussa ennen automaatiojärjestelmän toteutusvaihetta, jossa ohjelmistot ja laitteet hankitaan. Toimintakuvaukset voivat kuitenkin muuttua vielä toimituksen edetessä positioiden toimintojen muuttuessa. Automaatiotoimituksen valmistuttua toimintakuvauksia päivitetään, jos positioiden toimintaan tehdään muutoksia. Tällöin muutospäivä ja muutoksen tekijä tulee merkata kuvaukseen. (Mäkelä 2005; Suomen automaatioseura ry 2001.)

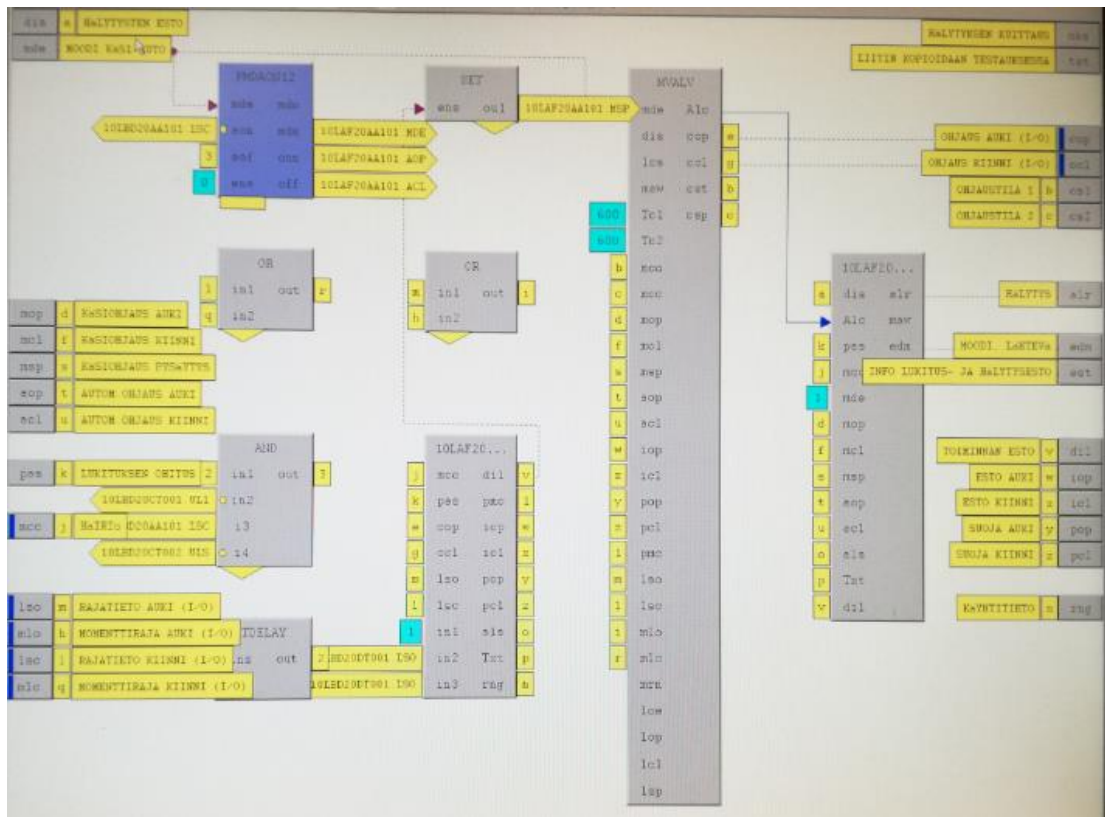
Positiokohtaisten toimintakuvausten tarkoituksena on esittää positioiden perustoiminnat ja ominaisuudet. Ne toimivat ikään kuin positioiden yhteenvevoina, joissa yksityiskohtainen ohjelma on määritetty yksinkertaisesti ja helposti tulkittavaksi. Positiokohtaisten toimintakuvausten rakenne riippuu paljon tehtaan, suunnittelutoimiston tai järjestelmätoimittajan käytännöistä ne voivat sisältää esimerkiksi seuraavat otsikot: positiotunnus, toiminta, lukitukset, tiedot muihin piireihin, hälytykset, liitännät, parametrit ja muutoshistoria. Positiokohtaisia toimintakuvauksia hyödynnetään pääasiassa laitoksen operoinnin ja kunnossapidon vianhaun tukena. (Mäkelä 2005; Suomen automaatioseura ry 2001.)

### **3.4 Sovellusohjelmien analysointi ohjelmakaavioiden perusteella**

Positiokohtaisten toimintakuvausten laadintaan käytettiin erilaisia prosessi- ja automaatiiodokumentteja, mutta pääasiassa automaatiojärjestelmän sovellusohjelmia. Kuva 13 esittää position 10LAF20AA101 -sovellusohjelman, josta luotiin liitteen 2 toimintakuvaus. Hyötyvoimalaitoksella sovellusohjelmat tehdään Honeywellin PMD Builder -ohjelmalla, jolla määritellään kaikki prosessin-ohjaustoiminnot sisältäen mittaukset, säädöt, moottori- ja venttiiliohjukset, sekvenssit, logiikat, laskennat ja hälytyksiin ja historian keruuseen liittyvät määrittelyt. PMD Builder -ohjelmalla sovellusmäärittely tehdään lohkohierarkian avulla, mikä sisältää erilaisia lohkoja. Positioiden sovellusohjelmat ovat hierarkian alimmalla tasolla.

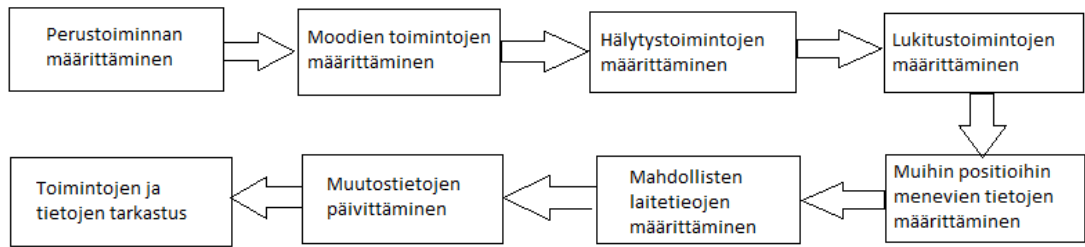
Positioiden sovellusohjelmien määrittämiseen käytetään lähinnä valmiita peruslohkoja, erillisiä projektikohtaisia tyyppilohkoja ja hierarkkisia lohkoja. Peruslohkot ovat valmiiksi ohjelmoituja järjestelmän mukana tulevia lohkoja. Tyyppilohkojen toiminta voidaan määrittellä lohkoeditorin lausekielellä, tai ne voivat sisältää toisia lohkoja esimerkiksi perus- ja tyyppilohkoja. Hierarkkiset lohkot voivat sisältää toisia sisempiä hierarkkisia lohkoja tai perus- ja tyyppilohkoja. Lohkot sisältävät liittimiä, joiden kautta positioiden toiminta kytketään ja rakennetaan. Liittimet yhdistetään joko johdottamalla tai lipuilla, joka selkeyttää ohjelman luettavuutta, jos johdotuksia tulee liian paljon. Liittimiin voi kytkeä myös toisien positioiden lohkojen liittimiä käyttäen nimi-liitäntää. Posi-

tion sovellusohjelman sivuilla on vasemmalla tuloliitännät ja oikealla lähtöliitännät, joita kytketään lohkoihin. I/O-liitännät ovat merkattu näissä sinisillä laatikoilla. (Honeywell Oy 2010b.)



Kuva 13. Position 10LAF20AA101 sovelluslohkokaavio (Kotkan Energia Oy:n luvalla)

Yleisimmät peruslohkot Hyötyvoimalaitoksen vesi-höyry-piirin sovellusohjelmissa olivat analogiset sisään- ja ulostulolohkot (AILI0, AILI4, AOLI0, AOLI4), rajatarkkailu- ja rajoituslohkot (CUTLIM, LIMIT, RAMP), kytkimet (SWITCH), peruslaskutoimituslohkot (ADD, DIV, GT, EQ, SUB, MUL), säätölohkot (MODCHA, MODLOG, PID), logiikkalohkot (AND, DELAY, INVER, OR, PULSE, RESET, SET, TDELAY, TPULSE, XOR), logiikkapaketit (MVALV, VALV) ja hälytyslohkot (ALARMD, ALARIO). Tämän lisäksi oli paljon erilaisia tyyppilohkoja esimerkiksi mittausten, hälytysten ja lukitusten käsittelyyn ja hierarkkisia lohkoja lähinnä vaikeampien säätötoteutusten ja laskentojen määrittämiseen. Sovellusohjelmassa peruslohkot ja hierarkkiset lohkot näkyvät harmaalla ja tyyppilohkot sinisellä. (Honeywell Oy 2010b.)



Kuva 14. Toimintakuvausten laadinnan toimintakaavio

Käytännössä toimintakuvausten laadinta tehtiin sovellusohjelmia analysoimalla, missä positioin toiminta selvitetään position tulevien ja lähtevien liitännöiden ja lohkojen kytkentöjen ja ulkoisien kytkentöjen avulla. Kuva 14 esittää toimintakuvausten laadinnan periaatteellisen toimintajärjestyksen, millä yleensä toimittiin. Laadinta alkaa perustoiminnan ja moodien toimintojen määrittelyllä, minkä jälkeen siirrytään hälytys- ja lukitustoimintojen määrittämiseen. Nämä vaiheet ovat toimintakuvausten laadinnassa eniten aikaa vieviä. Näiden jälkeen määritetään muihin positioihin menevät tiedot ja mahdolliset laitetiedot. Lopuksi merkitään toimintakuvauksen muutostiedot ja tarkistetaan koko toimintakuvaus mahdollisten virheiden takia.

Esimerkkinä ON/OFF-moottoriventtiilin position 10LAF20AA101 toimintakuvausten laadinta aloitettiin sen sovellusohjelman pääsivun (kuva 13) lohkoista PMDAON12, joka on tyyppilohko. Se kuvaa venttiilin toimintaa sen ollessa automaattilla, kun kyseisellä venttiilillä on kaksi moodia: automaatti- ja käsiohjaus. Kytkennoistä voidaan päätellä, että sen alapuolella sijaitsevat lohkot AND ja TDEALY liittyvät myös tähän toimintaan, ja ne tulee huomioida. Tämän jälkeen voitiin siirtyä lohkoon MVALV, joka on peruslohko ja toimii moottoriventtiilin ohjauslohkona. Se ohjaa venttiiliä siihen tulevien tietojen perusteella ja vie esimerkiksi tietoja hälytyslohkoon. Tässä positiossa näiden vaiheiden ja lohkojen jälkeen toimintakuvausten toimintaosuus on jo pääpiirteittäin selvitetty.

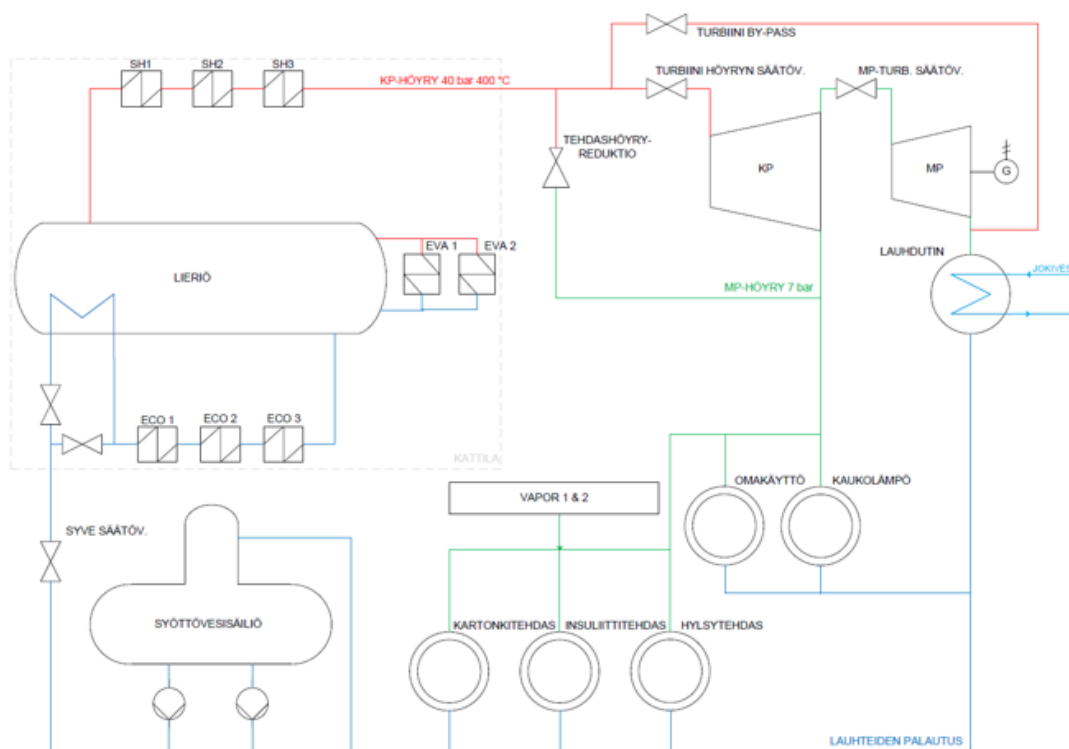
Seuraavana selvityksen alle tulivat lukituslohko (10LAF20AA101L) ja hälytyslohko (10LAF20AA101A), mitkä sijaitsevat lohkon MVALV molemmin puolin. Nämä lohkot ovat hierarkkisia lohkoja, jotka sisältävät toisia toimintaa kuvaavia lohkoja. Näiden lohkojen avulla saadaan kirjoitettua toimintakuvausten hälytykset ja lukitukset. Kuvassa näkyvät kaksi OR-lohkoa toimivat MVALV-lohkon rajatietojen toimittajina, missä sekä rajatieto, että momenttiraja toimivat



venttiilin asennon tilatietoina. Kuvassa näkyvä SET-lohko asettaa venttiiliin kiinni toiminnan eston mennessä päälle. Lopuksi tiedot muihin piireihin-osion saa kirjoitettua position sovellusohjelman työkalun avulla, jolla sen tulojen ja lähtöjen muihin piireihin liitettyjä tietoja voidaan tarkastella. Näiden vaiheiden jälkeen tämän position toimintakuvaus oli valmis.

#### 4 HYÖTYVOIMALAITOKSEN KORKEAPAINEHÖYRYN TUOTANTO

Kuva 15 esittää yksinkertaistetun kuvan Hyötyvoimalaitoksen vesi-höyry-piiristä ja sen tärkeimmistä komponenteista. Opinnäytetyön liitteenä 1 on Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryverkon tarkka PI-kaavio. Hyötyvoimalaitoksen vesi-höyrypiirin rungon luovat syöttövesisäiliö, lieriö, putkistot, venttiilit, lämmönsiirtimet, turbiini, lauhdutin ja kulutuskohteet. Kuvassa 15 on punaisella merkattu korkeapainehöyryverkko, vihreällä tehdashöyryverkko ja sinisellä lauhde- ja vesikierto.



Kuva 15. Yksinkertaistettu kuva Hyötyvoimalaitoksen vesi-höyry-piiristä (Kotkan Energia s.a)

Vesi-höyrypiirin tarkoituksena on tuottaa korkeapainehöyryä halutussa paineessa ja lämpötilassa. Korkeapainehöyryn tuotannossa savukaasujen lämpöä hyödynnetään kolmessa eri vaiheessa (veden esilämmittimet, höyrystimet ja tulistimet). Vesi-höyrykierto alkaa syöttövesisäiliöstä, josta vesilaitoksella puhdistettua vettä pumpataan kiertoon. Aluksi vettä esilämmitetään kolmessa

esilämmittimessä eli ekonomaiserissa, jotta sen lämpötila saataisiin mahdollisimman lähelle sen paineen mukaista höyrystyslämpötilaa. Tämän jälkeen vesi johdetaan veden ja höyryn seoksen sisältävään höyrylieriöön, joka sijaitsee laitoksen kattilaosan päällä. Vesi johdetaan lieriön laskuputkia pitkin kattilan tulipesän ympärillä oleville höyrystimille (evaporators), missä se höyrystyy. Hyötyvoimalaitoksella on käytössä luonnonkiertokattila, jossa vesi virtaa kattilaan ja sieltä höyrynä takaisin lieriöön veden ja höyryn tiheyseron avulla. Höyry johdetaan lieriöstä eteenpäin tulistimille (superheaters), missä höyryä tulistetaan eli nostetaan sen lämpötilaa yli vallitsevan paineen mukaisen höyrystyslämpötilan. Tulistus tapahtuu kolmessa tulistimessa ja tulistuksen lämpötilaa säädetään kahdella vesiruiskulla ensimmäisen ja toisen tulistimen jälkeen. Tulistimien jälkeen putkilinjassa on kattilan starttiventtiili (ulospuhallus), jolla voidaan säätää korkeapainehöyryverkon painetta ja korkeapainehöyryn virtausmittaus, jonka avulla säädetään laitoksen polttoaineensyöttöä.

Tulistuksen jälkeen tuotteena on korkeapainehöyryä (40 bar, 400 °C), mikä normaaliajossa johdetaan ensimmäisenä turbiiniin, joka voidaan tarvittaessa ohittaa tehdashöyryreduktioventtiiliin tai turbiinin ohitusreduktioventtiiliin (bypass) avulla. Tehdashöyryreduktioventtiiliä käytettäessä höyry johdetaan matalapainehöyrynä tehdashöyryverkkoon ja turbiinin ohitusreduktioventtiiliä käytettäessä höyry johdetaan lauhduttimelle, jossa se lauhtuu takaisin vedeksi. Turbiinissa korkeapainehöyry pyörittää turbiinia, joka taas pyörittää generaattoria, joka tuottaa sähköä. Turbiinista höyry poistuu turbiinin väliotosta matalapainehöyrynä tehdasverkkoon ja ajotavasta riippuen osa höyrystä turbiinin matalapaineosan kautta lauhduttimelle. Osa turbiinin välioton matalapainehöyrystä käytetään kaukolämmönvaihtimessa kaukolämmön tuotantoon, missä se lauhtuu ja osa sellaisenaan prosessihöyrynä lauhtuen kulutuskohteessa. Lauhteet puhdistetaan ja pumpataan takaisin syöttövesisäiliöön ja kiertoon.

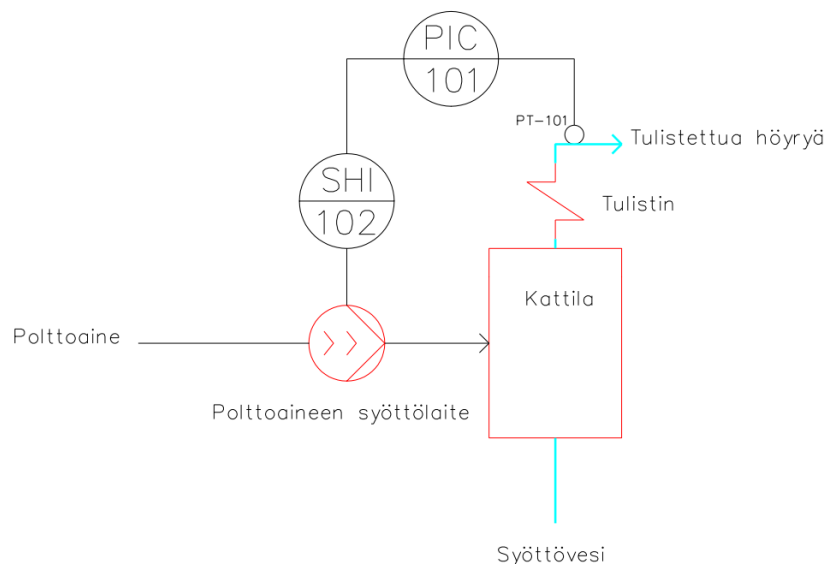
#### **4.1 Säädetävät voimalaitoksissa**

Voimalaitosten korkeapainehöyryn tuotantoa ja jakelua ohjataan ja seurataan jatkuvatoimisesti. Höyryä tuotetaan ja jaetaan eri tavoilla riippuen siitä, mitä ja kuinka paljon energiatuotetta tai energiatuotteita (sähkö, kaukolämpö, proses-

sihöyry) tuotetaan ja millä prioriteetilla. Yleisesti lähes aina voimalaitosten perusajotapaa kuvaa kattilan tehonsäätöön perustuva korkeapainehöyryn paineen säätö, mutta laitosten välillä on aina laitoskohtaisia eroja ajotavoissa ja säätökytkennöissä. Korkeapainehöyryn paineensäädössä paineeseen vaikutetaan yleensä laitoksen polttoaineensyötöllä. Korkeapainehöyryn paineen säätö voidaan jakaa kolmeen periaatteelliseen säätötapaan, mitkä ovat:

- kiinteän paineen säätö
- etupainesäätö
- liukuvan paineen säätö. (Huhtinen ym. 2008, 154–155.)

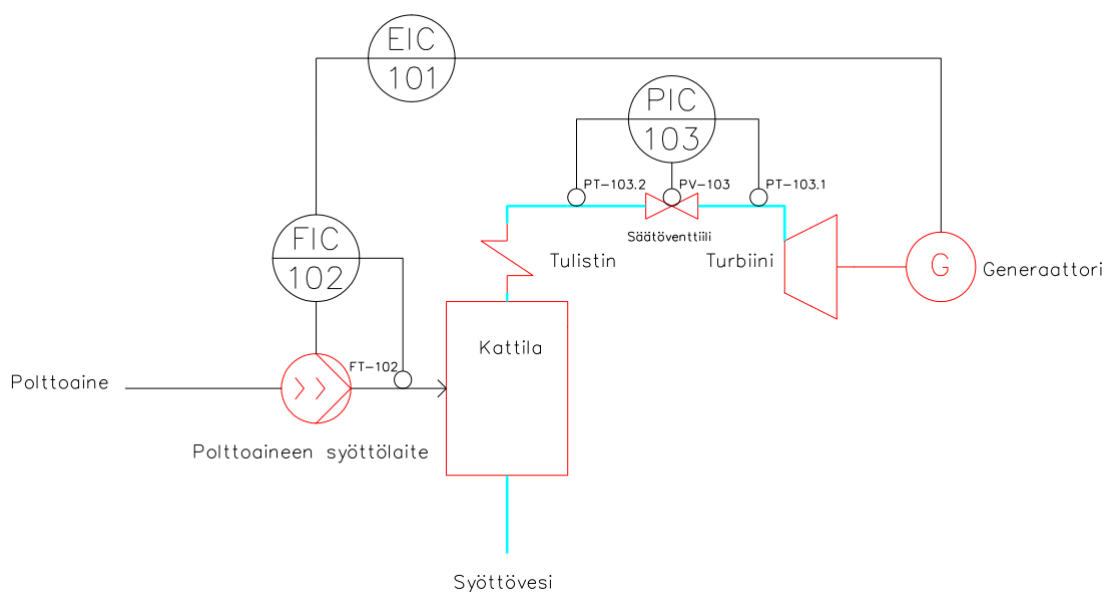
Kiinteän paineen säädössä (kuva 16) korkeapainehöyryn paine vakioidaan korkeapainehöyryn painemittauksen mukaan polttoaineensyötön avulla. Tässä säädössä piiri PIC-101 mittaa tulistetun höyryn painetta paineanturin PT-101 avulla ja antaa etäasetusarvon alapiirille SHI-102, joka säätelee polttoaineensyöttöä ja sitä kautta höyryn painetta. Höyryn paineen laskiessa polttoaineensyöttöä lisätään ja päinvastoin. Tämän säätötavan huonona puolena sen hidas reagointi muuttuvaan höyryn paineeseen. Kiinteän paineen ajotapa on yleisesti käytetty pelkästään kaukolämpöä tai prosessihöyryä tuottavissa laitoksissa. (Huhtinen ym. 2008, 155.)



Kuva 16. Kiinteän paineen säätö

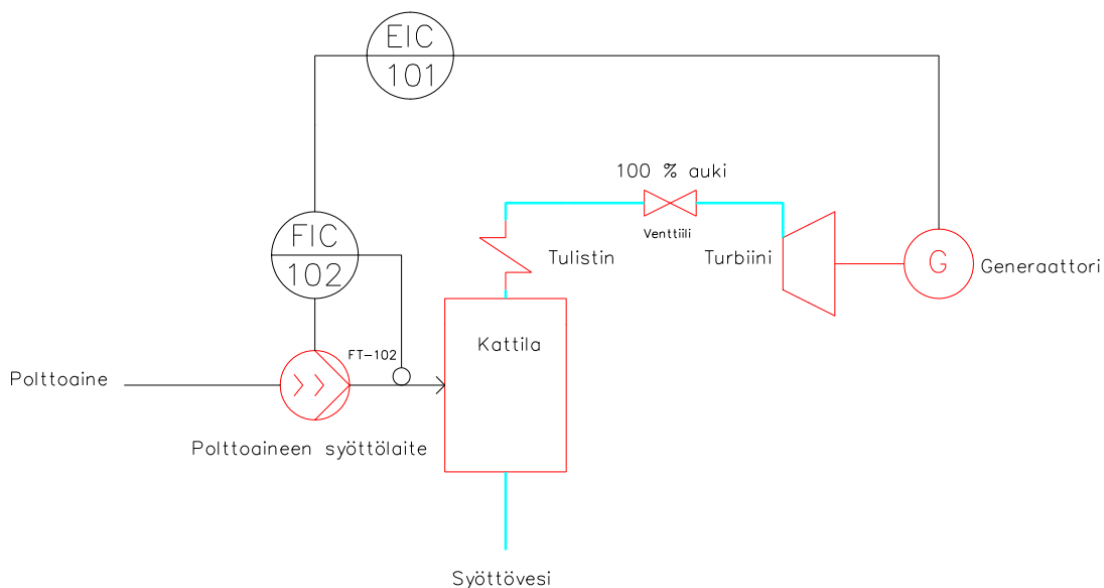
Etupainesäädössä (kuva 17) kattilan paine tai turbiinille menevän höyrylinjan paine vakioidaan säätöventtiilin avulla. Painemittaus voi olla joko kattilan tai turbiinin puolella säätöventtiilin nähden ja laitoksen sähkö- tai lämpötehoa

säädetään polttoaineen syötön kautta. Piiri PIC-103 mittaa höyryn painetta paineantureiden PT-103.1 ja PT-103.2 avulla ja säätää sen mukaan säätöventtiiliä PV-103. Piiri EIC-101 mittaa sähköntuotantoa ja antaa sen mukaan etäasetusarvon alapiirille FIC-102, joka mittaa polttoaineen virtausta virtausanturin FT-102 avulla ja säätää sen mukaan polttoaineensyöttöä. Etupainesäätö on yleisesti käytetty säätötapa prosessihöyryä ja sähköä tuottavissa laitoksissa. (Huhtinen ym. 2008, 155.)



Kuva 17. Etupainesäätö

Liukuvan paineen säädössä (kuva 18) höyryn paine saa muuttua. Tässä säädössä generaattorin sähkötehoa mitataan, minkä avulla polttoaineensyöttöä ohjataan. Polttoaineensyöttö vaikuttaa kattilan tehoon, ja höyryn paine muuttuu lineaarisesti kattilan tehon muuttuessa. Piiri EIC-101 mittaa sähköntuotantoa ja antaa etäasetusarvon alapiirille FIC-102, joka mittaa polttoaineen virtausta anturin FT-102 avulla ja säätää sen mukaan polttoaineensyöttöä. Tämä ajotapa on yleisesti käytetty suurissa lauhdevoimalaitoksissa. (Huhtinen ym. 2008, 155–156.)

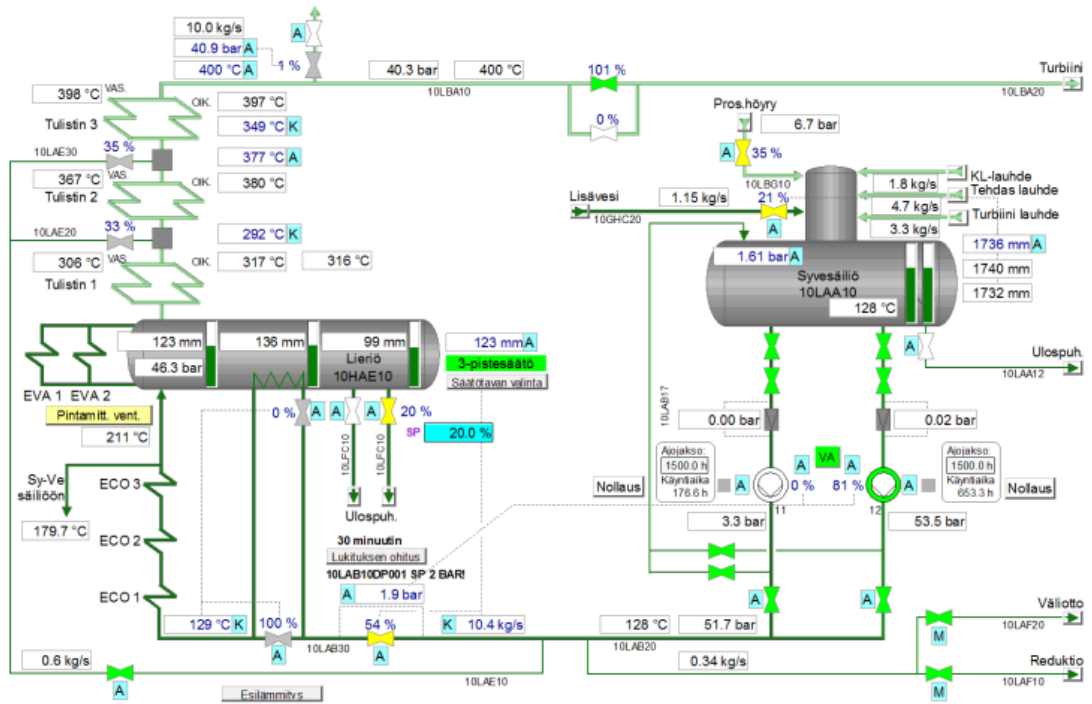


Kuva 18. Liukuvan paineen säätö

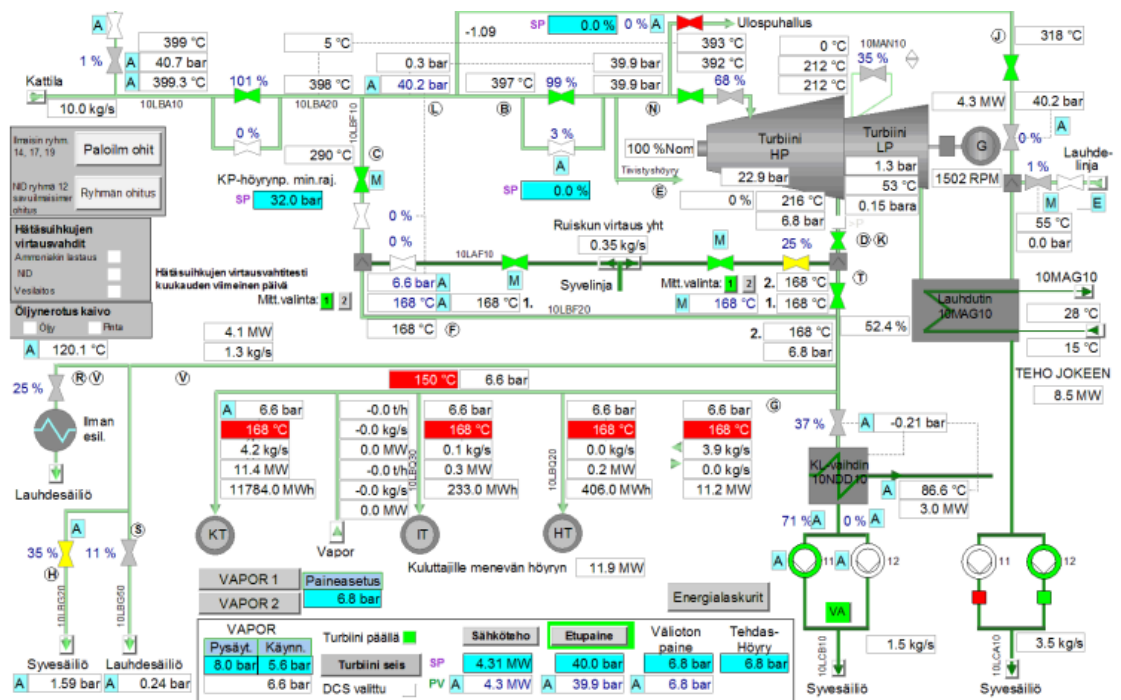
Lisäksi on olemassa niin kutsuttu reduktioajo, joka on yleensä laitoksen poikkeustilanne. Reduktioajossa korkeapainehöyry ohjataan reduktioventtiilille, missä sen paine ja lämpötila muuttuvat (reduktioventtiili mallintaa turbiinin korkeapainehöyrylle aiheuttavaa muutosta). Yleensä reduktioajoa käytetään, jos turbiini ei ole käytössä, milloin matalapainehöyryä saadaan kuitenkin tuotettua prosessihöyryksi tai kaukolämmön tuotantoon. Lisäksi reduktiota voidaan käyttää tukemaan joko prosessihöyryn tai kaukolämmön tuotantoa sähkön tuotannon kustannuksella.

## 4.2 Ajotavat Hyötyvoimalaitoksella

Hyötyvoimalaitoksella prosessioperaattorit valvovat ja ohjaavat prosessia ajokaavionäyttöjen kautta. Kuva 19 ja kuva 20 esittävät Hyötyvoimalaitoksen vesi-höyrypiirin ajokaavionäytöt, joita on kaksi sivua. Ensimmäisessä kuvassa näkyvät pääasiassa korkeapainehöyryn valmistukseen liittyvät komponentit ja toisessa kuvassa korkeapainehöyryn jakeluun ja käyttöön liittyvät komponentit. Ajokaavionäytöissä näkyvät kaikki mittaukset, ohjaukset ja säädöt ja niiden mahdolliset aktiiviset moodit. Lisäksi niissä näkyy esimerkiksi erilaisia toimintaikkunoita toimintojen ollessa aktiivisia. Ajokaavionäytöt ovat vapaasti muokattavissa ja yleensä niiden tarkoituksena on olla mahdollisimman selkeitä ja helppokäyttöisiä



Kuva 19. Vesi-höyry-piirin ajokaavionäyttö sivu 1 (Kotkan Energia Oy:n luvalla)



Kuva 20. Vesi-höyry-piirin ajokaavionäyttö sivu 2 (Kotkan Energia Oy:n luvalla)

Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryn ajotapoja, tuotanto- ja jakelutapoja, on monia lähinnä koska tuotettavia energiatuotteita on monta, polttoaineen lämpöarvo vaihtelee paljon ja tuotannon prioriteetit ja niiden kysyntä voivat muuttua. Ajotapojen voidaan ajatella olevan ikään kuin toimintatapoja eri olosuhteista riippuen. Hyötyvoimalaitoksen jätteen lämpöarvo vaihtelee välillä 9-

12 MJ/kg, minkä takia myös korkeapainehöyryn tuotanto vaihtelee ja poltto-prosessia säädetään koko ajan. Normaaliajossa Hyötyvoimalaitosta ajetaan etupainesäädöllä, jossa turbiinin säätöventtiili säättää korkeapainehöyryn paineen. Hyötyvoimalaitoksen toiminnan prioriteettijärjestys on:

1. prosessihöyryn tuotanto
2. kaukolämmön tuotanto
3. sähkön tuotanto. (ÅF-Consult Oy 2008b; Kotkan Energia Oy s.a.)

Hyötyvoimalaitoksen pääsäädöt ovat korkeapainehöyryn virtaussäätö, polttoainesäätö (polttoaineensyöttö, ilma- ja savukaasusäädöt), turbiinin etupaine-, turbiinin välioton paine- ja turbiinin sähkötehonsäätö ja tehdashöyryreduktion ja turbiinin ohitusreduktion (by-pass) paine- ja lämpötilasäädöt. Hyötyvoimalaitoksen pääsäätokonseptit ovat seuraavat: kattila ajaa aina täyttä tehoa mahdollisuuksiensa mukaan ja kattilan polttoaineensyöttöä ohjaa korkeapainehöyryn virtaussäädin. Korkeapainehöyryn paineensäädöstä vastaavat turbiinin etupainesäädin ja turbiinin ohitusreduktioventtiili (by-pass), sekä kattilan starttiventtiili. Tehdashöyryverkon paineensäädöstä vastaavat turbiinin välioton painesäätö sekä tarvittaessa tehdashöyryreduktion painesäätö. Tehdashöyryverkon lämpötilaa säädetään kahdella vesiruiskulla sekä turbiinin välioton että tehdashöyryreduktion puolelta. Kaukolämmöntuotanto on polttoprosessia seuraavalla tai ulkolämpötilan mukaisella tehosäädöllä tai poikkeustapauksissa paine-ero säädöllä. Kaukolämmön lämmönsiirtimen venttiilillä säädetään kaukolämmöntuotannon tehoa eli käytännössä menoveden lämpötilaa. Kaksi Vapor-kattilaa toimivat tehdashöyryverkon varakattiloina käynnistyen automaattisesti, jos tehdashöyryverkon paine laskee liikaa. (ÅF-Consult Oy 2008b.)

Hyötyvoimalaitoksen valmistuttua periaatteena oli, että polttoaineen lämpöarvosta johtuvat höyryntuotannon vaihtelut tasataan turbiinin matalapaineosalla matalapainehöyryn kulutuksen ollessa vakio. Matalapaineturbiinin käyttö ja lauhdesähkön tuotanto vaikuttavat kuitenkin negatiivisesti laitoksen hyötysuhteeseen ja tulokseen, koska matalapaineturbiinista poistuva höyry lauhdetaan jokivedellä lauhduttimessa, eikä tätä lämpöä saada hyödynnettyä. Parannuksena tähän vuonna 2013 valmistui opinnäytetyö, jonka aiheena oli höyrynajon optimointi luomalla polttoprosessia seuraava kaukolämpötehon säätö.

Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi säädin ”vastapainesäätö”, jonka tarkoituksena on minimoida lauhdesähkön tuotanto pitämällä matalapaineturbiinin säätöventtiili kiinni ja ottamalla kaikki höyry turbiinin väliotosta. Säätimellä on kaksi asetusarvoa, ylempi ja alempi, joista ylempi toteutuu, jos lukituksia ei ole aktiivisena. Ylempi asetusarvo tulee kaukolämpöverkon säätävältä Hovinsaaren voimalaitokselta. Säädin on suunniteltu talvikaudelle, jolloin kaukolämmön kulutus on korkeampi tai kun Hovinsaaren voimalaitos ei ole käytössä. Tämän säätimen ansiosta jokivesilauhduttimen käyttö on vähentynyt ja kaukolämmön tuotanto kasvanut, mikä on vaikuttanut suoraan Hyötyvoimalaitoksen tuotettavuuteen positiivisesti. (ÅF-Consult Oy 2008b; Lehtomäki 2013.)

Hyötyvoimalaitoksen pääajotapa on niin kutsuttu normaaliajo ja erilaisista häiriöistä ja kulutusten vaihteluista johtuvia ajotapoja ovat (ÅF-Consult Oy 2008b):

- tehdashöyryreduktioajo
- turbiinin ohitusreduktioajo
- turbiinin sähkötehoajo
- turbiinilaitoksen saarikäyttöajo
- turbiinilaitoksen omakäyttöajo.

**Normaaliajo** on tilanne, mikä vallitsee suurimman osan ajasta. Siinä kaikki Hyötyvoimalaitoksen komponentit ovat käytössä ja prosessihöyryntuotanto on prioriteettina ensimmäisenä ja sille on kysyntää. Normaaliajo voidaan tiivistää ajatukseen, missä kattilaa ajetaan täydellä teholla ja turbiinin väliotosta otettavalla höyryllä tuotetaan ensimmäisenä kartonkitehtaan tarvitsema prosessihöyry ja loput välioton höyrystä käytetään kaukolämmön tuotantoon. Talviaikaan jätteen lämpöarvosta johtuvat tehonmuutokset ja prosessihöyryn kulutuksen vaihtelut otetaan vastaan kaukolämmön tehosäädöllä ja vain sen säätövaran loppuessa käytetään turbiinin matalapaineosaa lopun höyryn käsittelemiseen. Kesäaikaan nämä muutokset otetaan vastaan pääasiassa turbiinin matalapaineosalla, kun kaukolämpöä tuotetaan ulkolämpötilan mukaan kaukolämmön kysynnän ollessa matalampi. Kaukolämpöä voidaan myös tuottaa turbiinin ohi kaukolämmön huipputehon aikaan tehdashöyryreduktioventtiilin avulla, jolloin kaukolämpötehon säätimestä valitaan KL-maksimointi. Normaaliajon periaate on seuraava:



- Kattilaa ajetaan täydellä teholla.
- Korkeapainehöyryn virtaussäädin ohjaa polttoaineensyöttöä.
- Turbiinin etupainesäätö säätää korkeapainehöyryn paineen.
- Turbiinin ohitusreduktioventtiili (by-pass) on automaattilla ja kiinni, mutta tukee tarvittaessa korkeapainehöyryn paineen säätöä.
- Kattilan starttiventtiili on automaattilla ja kiinni, mutta tukee tarvittaessa turbiinin ohitusreduktiota.
- Tehdashöyryverkon paine säädetään turbiinin väliotolla.
- Tehdashöyryreduktioventtiili on automaattilla ja kiinni, mutta tukee tarvittaessa turbiinin välioton painetta.
- Kaukolämpöä tuotetaan polttoprosessia seuraavalla tai ulkolämpötilan mukaisella tehosäädöllä. (ÅF-Consult Oy 2008b; Lehtomäki 2013.)

Normaalijosta poikkeavat ajotavat voivat johtua ulkoisista tai sisäisistä häiriöistä. Ulkoisia häiriöitä ovat häiriöt tehdashöyryverkossa tai sähköverkossa. Yleisimmät häiriöt tehdashöyryverkossa ovat kulutuspuolen häiriöitä, joissa prosessihöyryn tai kaukolämmön kysyntä voivat olla erikseen tai yhtä aikaa poissa kokonaan. Molempien kysynnän ollessa nolla ajaa laitos täyttä lauhdeajoa tuottaen pelkkää sähköä ja lauhduttaen matalapaineturbiinista poistuvan lauhteen jokivesilauhduttimella. Suuria kulutuksista johtuvia höyryntuotannon vaihteluita otetaan pääasiassa vastaan turbiinin matalapaineosalla, missä ylijäämähöyryllä tuotetaan sähköä. Yleisimmät sähköverkon häiriöt ovat katkoksia Karhuvoiman 6 kV:n liittynässä. Katkokset aiheuttavat aina muutoksia höyrynojoon, koska ulkoinen sähkönsyöttö on poikki. Käytännössä tämä tarkoittaa aina suurempaa sähkön tuotantoa. Black-out-tilanne on myös mahdollinen; siinä laitos menettää kokonaan ulkoisen ja sisäisen sähkönsyötön. Tällöin diesel-varavoimakone käynnistyy ja alkaa syöttää sähköä laitoksen omakäyttökiskoon ja sitä kautta kriittisiin kohteisiin esimerkiksi syöttövesipumpulle ja lisävesipumpulle jäähdytyksen turvaamiseksi. (ÅF-Consult Oy 2008b.)

Sisäisiä häiriöitä ovat turbiinin ja kattilan pikasulkutoiminnot ja lauhduttimen, savukaasujen puhdistuslaitoksen ja polttoaineensyötön häiriöt. Turbiinin pikasulku on turbiinin häiriötilanne, jossa turbiini ohitetaan ja tehdashöyryreduktio huolehtii matalapainehöyryn tuotannosta ja turbiinin ohitusreduktio ylijäämä-

höyryn lauhduttamisesta. Kattilan pikasulku on kattilan häiriötilanne, minkä aikana Vapor-kattilat huolehtivat prosessihöyryn valmistuksesta. Lauhduttimen häiriötilanteessa kattilan starttiventtiili säättää korkeapainehöyryn painetta, mistä johtuen ylijäämähöyry ajetaan ulos lauhduttamisen sijasta. Savukaasujen puhdistuslaitoksen häiriötilanteessa jätteen poltto on lopetettava ja käynnistettävä maakaasupolttimet, jos kattila on tarkoitus pitää päällä. Polttoaineensyötön häiriöitä ovat kahmarin toiminnan häiriö, syöttösuppilon tukos ja arinan liikkeen pysähtyminen. Jos näiden häiriöiden takia savukaasujen lämpötila alittaa 850 °C, maakaasupolttimet käynnistyvät. (ÅF-Consult Oy 2008b.)

**Tehdashöyryreduktioajo** on tilanne, jossa turbiini, turbiinin ohitusreduktioventtiili ja lauhdutin eivät ole käytössä ja laitos tuottaa vain prosessihöyryä ja kaukolämpöä. Tehdashöyryreduktioajo voidaan tiivistää ajatukseen, jossa kattilaa ajetaan täydellä teholla ja tehdashöyryreduktioventtiilillä tuotetaan kartonkitehtaan tarvitsema prosessihöyry ja loput höyrystä käytetään kaukolämmön tuotantoon. Talviaikaan jätteen lämpöarvosta johtuvat tehonmuutokset ja prosessihöyryn kulutuksen vaihtelut voidaan ottaa vastaan kaukolämmön tehosäädöllä tai tehdashöyryreduktioventtiilillä ja kattilan starttiventtiilillä, jotka ottavat vastaan nämä muutokset kesäaikaan. Tehdashöyryreduktioajon periaate on seuraava:

- Korkeapainehöyryn virtaussäädin ohjaa kattilan polttoaineensyöttöä.
- Korkeapainehöyryn painetta säädetään kattilan starttiventtiilillä, joka ohjaa ylimääräisen höyryn tarvittaessa ulos.
- Tehdashöyryverkon paine säädetään tehdashöyryreduktioventtiilillä.
- Kaukolämpöä tuotetaan joko käsin kaukolämmön menoveden lämpötilan mukaan siten, että kattilan starttiventtiilillä on säätövaraa molempiin suuntiin, ulkolämpötilan mukaisella tehosäädöllä tai vastapainesäätimen ominaisuuksilla valitsemalla siitä Ohita turbiini. (ÅF-Consult Oy 2008b; Lehtomäki 2013.)

**Turbiinin ohitusreduktioajo** on tilanne, jossa turbiini ei ole käytössä. Tällöin tuotetaan vain prosessihöyryä ja kaukolämpöä. Tämä ajotapa on muuten vastaava kuin tehdashöyryreduktioajo, mutta tässä turbiinin ohitusreduktioventtiili säättää korkeapainehöyryn paineen starttiventtiilin tukiessa tarvittaessa. Turbiinin ohitusreduktioajon periaate on seuraava:

- Korkeapainehöyryn virtaussäädin ohjaa kattilan polttoaineensyöttöä.
- Korkeapainehöyryn paine säädetään turbiinin ohitusreduktioventtiilillä ja ylimääräinen höyry lauhdutetaan lauhduttimella.
- Kattilan starttiventtiili on automaattilla ja kiinni, mutta tukee tarvittaessa turbiinin ohitusreduktiota.
- Tehdashöyryverkon paine säädetään tehdashöyryreduktioventtiilillä.
- Kaukolämpöä tuotetaan joko käsin kaukolämmön menoveden lämpötilan mukaan siten, että kattilan starttiventtiilillä on säätövaraa molempiin suuntiin, ulkolämpötilan mukaisella tehosäädöllä tai vastapainesäätimen ominaisuuksilla valitsemalla siitä Ohita turbiini. (ÅF-Consult Oy 2008b; Lehtomäki 2013.)

**Turbiinin sähkötehoajo** on poikkeava tilanne, jossa laitosta ajetaan turbiinin sähkötehon mukaan. Sähköteholla voidaan ajaa esimerkiksi, jos sähköstä saadaan hetkellisesti hyvä hinta ja prosessihöyryn kysyntä on nolla. Turbiinin sähkötehoajon periaate on seuraava:

- Korkeapainehöyryn virtaussäädin ohjaa kattilan polttoaineensyöttöä.
- Korkeapainehöyryn paine säädetään turbiinin ohitusreduktioventtiilillä ja ylimääräinen höyry lauhdutetaan lauhduttimella.
- Kattilan starttiventtiili on automaattilla ja kiinni, mutta tukee tarvittaessa turbiinin ohitusreduktiota.
- Turbiini ajaa sähkötehoa asetusarvon mukaan.
- Tehdashöyryverkon paine säädetään turbiinin väliotolla tehdashöyryreduktioventtiilin tukiessa tarvittaessa.
- Kaukolämpöä tuotetaan joko käsin kaukolämmön menoveden lämpötilaan mukaan siten, että turbiinin ohitusreduktioventtiilillä on säätövaraa molempiin suuntiin tai ulkolämpötilan mukaisella tehosäädöllä. (ÅF-Consult Oy 2008b.)

**Turbiinilaitoksen saarikäyttöajo** on häiriötilanteesta johtuva ajotapa, jossa Hyötyvoimalaitos ja Sonoco-Alcore menettävät ulkoisen 6 kV sähkönsyötön. Tällöin laitosta ajetaan sähköntuotanto edellä (turbiinin pyörimisnopeussäätö). Turbiinilaitoksen saarikäyttöajon periaate on seuraava:

- Korkeapainehöyryn virtaussäädin ohjaa kattilan polttoaineensyöttöä.
- Korkeapainehöyryn paine säädetään turbiinin ohitusreduktioventtiilillä ja ylimääräinen höyry lauhdutetaan lauhduttimella.
- Kattilan starttiventtiili on automaattilla ja kiinni, mutta tukee tarvittaessa turbiinin ohitusreduktiota.
- Saarikäyttöajossa toinen Vapor-kattila käynnistyy heti tukemaan turbiinin ohitusreduktiota paineensäädössä, jos Sonoco-Alcoren kartonkikone on päällä. Tämän tarkoitus on laskea turbiinin välioton höyrymäärää, jolloin sähköä saadaan tuotettua turbiinilla enemmän.
- Tehdashöyryverkon paine säädetään turbiinin väliotolla tehdashöyryreduktioventtiilin tukiessa tarvittaessa.
- Turbiini on pyörimisnopeussäädöllä ja generaattori on "saarella" Sonoco-Alcoren sähköverkon kanssa.
- Kaukolämpöä tuotetaan joko käsin kaukolämmön menoveden lämpötilaan mukaan siten, että turbiinin ohitusreduktioventtiilillä on säätövaraa molempiin suuntiin tai ulkolämpötilan mukaisella tehosäädöllä. (ÅF-Consult Oy 2008b.)

**Turbiinilaitoksen omakäyttöajo** on häiriötilanteesta johtuva ajotapa, missä Hyötyvoimalaitos menettää ulkoisen 6 kV sähkönsyötön ja tuottaa käyttämänsä sähkön itse. Tällöin laitosta ajetaan sähköntuotanto edellä (turbiinin pyörimisnopeussäätö). Turbiinilaitoksen omakäyttöajon periaate on seuraava:

- Korkeapainehöyryn virtaussäädin ohjaa kattilan polttoaineensyöttöä.
- Korkeapainehöyryn paine säädetään turbiinin ohitusreduktioventtiilillä ja ylimääräinen höyry lauhdutetaan lauhduttimella.
- Kattilan starttiventtiili on automaattilla ja kiinni, mutta tukee tarvittaessa turbiinin ohitusreduktiota.
- Turbiini on pyörimisnopeussäädöllä ja generaattori on omalla käytöllä.
- Tehdashöyryverkon paine säädetään tehdashöyryreduktioventtiilillä.
- Kaukolämpöä tuotetaan joko käsin kaukolämmön menoveden lämpötilaan mukaan siten, että turbiinin ohitusreduktioventtiilillä on säätövaraa molempiin suuntiin tai ulkolämpötilan mukaisella tehosäädöllä. (ÅF-Consult Oy 2008b.)

Hyötyvoimalaitoksen ajotavat riippuvat monesta tekijästä, minkä takia ajotapoja ei voida valita esimerkiksi ajokaavionäytöistä. Normaaliajoo ajetaan kuitenkin suurin osa vuodesta ja häiriöistä johtuvat poikkeusajotavat ovat suhteellisen harvinaisia. Yleisimmät häiriöt ovat kulutuspuolen häiriöt, joita saattaa kuitenkin esiintyä päivittäin johtuen mahdollisista Sonoco-Alcoren kartonkikoneen ratakattojen aiheuttamista prosessihöyryn kulutuksen notkahduksista. Tällaiset häiriöt jäävät yleensä kuitenkin varsin lyhyiksi. Ajotapoihin suhteutettuna kesä- ja talviajoilla ei ole suurta eroa lukuun ottamatta kaukolämpöä, jonka tuotanto on sen kysynnän takia luonnollisesti vähäisempää. Tämä näkyy Hyötyvoimalaitoksella turbiinin matalapaineosan ja jokivesilauhduttimen suurempina käyttötunteina. Hyötyvoimalaitoksen hallinta ja ajo vaativat paljon sen automaatiolta monien erilaisten säätöjen takia, joita on jouduttu lisäämään prosessin ja laitoksen hyötysuhteen ja tuloksen parantamiseksi. Lisäksi käyttökonekunnan ammattitaito on tärkeässä asemassa, koska erilaisia korkeapainehöyryn tuotannon ja jakelun tilanteita on paljon, mihin pitää osata reagoida nopeasti tarvittaessa. (ÅF-Consult Oy 2008b.)

## **5 KORKEAPAINEHÖYRYYN LIITTYVÄT TOIMINTAKUVAUKSET**

Tämän opinnäytetyön yhteydessä luotiin positiokohtaisia toimintakuvauksia Kotkan Energian Hyötyvoimalaitokselle. Liitteistä 2 ja 3 löytyvät esimerkkeinä Hyötyvoimalaitokselle tehtyjen ON/OFF-sulkuventtiilin ja painesäätöpiirin toimintakuvaukset. Liitteen 3 toimintakuvaus oli tämän työn ehkä haastavin kuvaus tehdä suurista lukitusehtomääristä ja toiminnan monimutkaisuudesta johtuen. Toimintakuvausten määrittelyllä Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryn ajotavoista saa tarkan ja kokonaisvaltaisen kuvan, mitä kautta korkeapainehöyryn ajotapojen analysointi on helpompia tehdä. Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksella positiokohtaiset toimintakuvaukset tehdään vasta laitoksen valmistumisen jälkeen yleisestä automaation elinkaaren vaiheista poiketen. Aikaisemmin toimintakuvaukset on tehty Hyötyvoimalaitoksella vain savukaasujen puhdistuksen positiioille. Kotkan Energia Oy on käyttänyt esimerkiksi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun opiskelijoita Hyötyvoimalaitoksen toimintakuvausten luomiseen jälkepäin. Hyötyvoimalaitoksella on kuitenkin paljon positiioita, joten tulevaisuudessa töitä vielä riittää.

Toimintakuvauksen luomiseen käytettiin avoimen lähdekoodin Kompozer-ohjelmaa, joka on tarkoitettu HTML-dokumenttien luomiseen. Kompozer on WYSIWYG-ohjelma (What You See Is What You Get), mikä tarkoittaa, että tekijä näkee muokattavan HTML-dokumenttinsa juuri sellaisenaan, kun sen lopullinen asettelu on. Tämän ansiosta tekijän ei tarvitse osata HTML-kieltä HTML-dokumenttien luomiseen, vaan tekijä kirjoittaa normaalia tekstinkäsittelynäköymää hyödyntäen haluamansa HTML-dokumentin tekstin asettelun ja Kompozer muuntaa sen HTML-muotoon. Tämän ohjelman avulla toimintakuvaukset oli helppo luoda yksinkertaisella tekstinkäsittelyllä. (Charles Cooke s.a.)

Hyötyvoimalaitoksen ajokaavionäytöistä toimintakuvaukset aukeavat internet-selaimessa (kuva 21) HTML-dokumentteina positioikkunoiden kautta. Toimintakuvaukset sisältävät linkkejä, joita avaamalla pääsee kyseisen position toimitavaukseen helposti ilman, että sen joutuu erikseen etsimään hakuikkunan avulla tai etsimään ajokaavionäytöstä. Linkkejä on käytetty toimintakuvauksissa kaikissa tapauksissa, joissa mainitaan jokin toinen positio. Näiden integroitujen toimintakuvausten avulla operaattorit tai kunnossapitohenkilöstö saavat nopeasti ja helposti tietoonsa position toiminnan ja parametrit.



10LAF20AA101

VÄLIOTON RUISKU SULKUVENTTILI

**LAITE:**

**Laite**  
Moottoriventtili Auma AD00 63-4-80.

**Sijainti**  
2 kerros, turbiinitali.

**TOIMINTA:**

Venttili toimii turbiinin välilieton vesinäiskutuksen sulkuventtilinä.

**Auomaasti**

Venttili ohjautuu automaattisesti auki jos venttili 10LBD20AA101 - VÄLIOTON SULKUVENTTILI on auki.  
Venttili ohjautuu automaattisesti kiinni jos:

- Venttili 10LAF20AA001 - SÄÄTÖVENTTILI on kiinni (ohjaus vähemmän kuin 0,1 %, viive 1 minuutti).
- ja
- Mittauksen 10LBD20CT001 - VÄLIOTTOHÖYRYN LÄMPÖTILA REDUKTION JÄLKEEN lämpötila on alle 240 °C.
- ja
- Venttili 10LBD20AA101 - VÄLIOTON SULKUVENTTILI on kiinni.
- ja
- Mittauksen 10LBD20CT002 - VÄLIOTTOHÖYRYN LÄMPÖTILA lämpötila on alle 240 °C.

**Käsiohjau**

Operaattori voi asettaa venttiilin käsin valvomasta auki/kiinni.

**LUKITUKSET:**

Venttiilin ohjaus on kokonaan esetty jos:

- Venttili 10LAF20AA001 - SÄÄTÖVENTTILI on auki (ohjaus enemmän kuin 0,1 %).

**HÄLYTYSET:**

- Rajatieto ei vastaa ohjausta.
- Moottorin ohjauspiirin hälytykset.

**TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN:**

Venttili kiinni:

- 10LBD20DT001 - TURBIINIVÄLIOTON LÄMPÖTILASÄÄTÖ

**MUTOSHISTORIA:**

TH 3.1.2019

Kuva 21. Toimintakuvauksen näköymä ajokaaviosta avattuna

## 5.1 Rakenne ja otsakkeet

Hyötyvoimalaitokselle tehdyistä positiokohtaisista toimintakuvauksista selviää position tunnus ja nimi, mahdollisen toimilaitteen sijainti ja tyyppi, position toiminta, sen lukitukset ja hälytykset ja toimintakuvauksen muutoshistoria. Esimerkit Hyötyvoimalaitokselle tehdyistä toimintakuvauksista ovat liitteissä 2 ja 3. Kotkan Energia Oy halusi otsikoinnin yksinkertaiseksi ja sellaiseen muotoon, että sitä on helppo lukea ja ymmärtää. Tämä on tärkeää, koska toimintakuvauksia lukevat monet ja erilaiset ihmiset ja tarvittaessa toiminta pitää pysyä selvittämään nopeasti esimerkiksi vikatilanteissa. Tarkoituksena on, että jatkossa vielä tekemättömät toimintakuvaukset tehdään tällä samalla asettelulla, jotta kaikista toimintakuvauksista saadaan yhdennäköisiä. Päätetty otsikointi, asettelu ja sisältö näyttävät seuraavalta:

### **Positio**

Hyötyvoimalaitoksella olevan KKS-järjestelmän mukainen positiotunnus.

### **Position nimi**

Järjestelmästä löytyvä positiolle annettu, toimintaa kuvaava nimi.

### **LAITE: (ei säätöpiireille)**

#### **Laite**

Toimilaitteen tiedot (valmistaja, mallinumero ja mahdollisesti tuotenumero).

#### **Sijainti**

Toimilaitteen sijainti kohtuullisen tarkasti esimerkiksi kerros ja tila.

### **TOIMINTA:**

Position toiminta pääpiirteittäin. Jos positiolla on moodeja (automaatti, käsiohjaus, kaskadi) niiden toiminta esitetään erikseen.

### **LUKITUKSET:**

Mahdolliset position lukitusehdot esimerkiksi laitoksen suojaustoiminnot.

**HÄLYTYKSET:**

Position hälytykset, jotka hälyttävät valvomossa äänimerkillä esimerkiksi mitausten ylä- ja alarajahälytykset.

**TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN:**

Mahdolliset positiolta lähtevät tiedot muihin positiioihin. Tietoja käytetään toisissa positiioissa esimerkiksi toimintojen laskentaa varten.

**MUUTOSHISTORIA:**

Toimintakuvausta viimeksi muokanneen henkilön nimikirjaimet ja muokkauksen päivämäärä.

**5.2 Toimintakuvaukset operaattoreille ja kunnossapidolle**

Positiokohtaiset toimintakuvaukset toimivat laitoksilla lähinnä operaattoreiden ja kunnossapidon vianhaun tukena. Tilanteet, joissa operaattorit tarvitsevat toimintakuvauksia, voivat olla esimerkiksi seuraavia:

- laitevikojen ja positioiden virheellisten toimintojen havaitseminen
- aktiivisten lukitusten syy
- aktiivisten hälytysten syy
- moodien vaikutus ajoon
- position toiminnan tarkastus
- uusien operaattoreiden tueksi.

Voimalaitoksilla yleensä operaattorit ja käyttöhenkilökunta havaitsevat viat ensimmäisenä ja ilmoittavat niistä kunnossapitohenkilöstölle. Tämä riippuu tietenkin laitoskohtaisesti kunnossapidon vastuiden jakamisesta. Vikojen havaitsemiseen operaattorit voivat käyttää hyväksi toimintakuvauksia, kun on epäily, että jokin positio tai sen toimilaite ei toimi oikein ja se tarkistetaan toimintakuvauksesta. Ajon aikana operaattorit voivat tarkastella myös positioiden moodien muutosten vaikutuksia, jos niitä on tarvetta muuttaa. Toimintakuvaukset toimivat myös hyvänä koulutusmateriaalina uusille operaattoreille.

Kunnossapitohenkilöstö taas voi käyttää toimintakuvauksia vian syyn tarkempaan etsimiseen. Jos kyseessä on haastavampi ongelma, toimintakuvausten



rinnalla voidaan käyttää esimerkiksi trendinäyttöjä ja sähkö- tai instrumentti-kaavioita tukemaan ongelman selvittämistä. Yleensä positiot tai automaatiojärjestelmä eivät itsessään vikaannu, vaan vikaa etsitään toimilaitteista. Toimilaitteiden vikoja voidaan havaita toimintakuvasten kautta vertailemalla esimerkiksi suoritettua ohjaukaskäskyä toimintakuvauksessa selvitettyyn toimintaan. Mittausvikojen suhteen tärkeitä tietoja toimintakuvauksissa ovat hälytysrajat ja mahdolliset mittausalueen rajat.

## 6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli jatkaa Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitoksen positiokohtaisten toimintakuvausten laadintaa edellisen vastaavan projektin mallilla ja analysoida Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryn ajotapoja näiden toimintakuvausten kautta. Tavoitteena oli saada selkeä ja kokonaisvaltainen kuva haastavasta Hyötyvoimalaitoksen jätteenpolttoprosessista ja korkeapainehöyryn ajotavoista ja laatia Hyötyvoimalaitoksen 56:lle vesi-höyrypiirin positiioille positiokohtaiset toimintakuvakset sen automaatiojärjestelmään.

Opinnäytetyön tuloksena on saatu kattava kuvaus Hyötyvoimalaitoksen korkeapainehöyryn ajotavoista, mikä lisäksi tiivistää vaikean kokonaisuuden selvästi ymmärrettävään muotoon. Näitä tietoja voidaan käyttää Hyötyvoimalaitoksella esimerkiksi uusien operaattoreiden koulutuksessa ja operoinnin tukena. Lisäksi on laadittu 56 positiokohtaista toimintakuvausta Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitokselle ja ne ovat integroitu laitoksen automaatiojärjestelmään. Tätä kautta ne ovat operaattoreiden ja kunnossapidon saatavilla ja jokapäiväisen toiminnan tukena. Toimintakuvausten laadinnassa on huomioitu jatkossa toteutuvat vastaavat projektit esimerkiksi luomalla toimintakuvauksissa linkit myös positiioihin, joihin ei vielä ole tehty toimintakuvausta.

Toimintakuvausten runkona käytettiin aikaisemmin vastaavaan projektiin päätettyä asettelua, jotta toimintakuvauksista tulisi visuaalisesti yhtenäisiä riippumatta niiden tekijästä. Hyötyvoimalaitoksella positiokohtaisten toimintakuvausten laadintaa on tarkoitus jatkaa tulevaisuudessa muiden opiskelijoiden toimesta.

Tämä opinnäytetyöprojekti onnistui hyvin ja olen tyytyväinen tuloksiini. Toimintakuvausten laadinnassa eniten haasteita aiheuttivat joidenkin positioiden sovellusohjelmien haastavat laskutoimenpiteet ja JA- ja TAI-operaatioiden auki kirjoittaminen. JA- ja TAI-operaatioita saattoi olla yhdessä positiossa paljon, mistä johtuen esimerkiksi lukitukset-otsikon alle saattoi tulla pitkiä listoja, joiden väliin JA- ja TAI-operaatioita asetettiin monessa eri tasossa. Näiden operaatioiden kirjoittamiseen saimme kuitenkin mielestäni luotua tarpeeksi selvän kirjoitustavan, jossa toiminnot on ryhmitelty sisennysten avulla. Nämä tehdyt sisennykset ovat nähtävissä liitteessä 3.

Korkeapainehöyryyn ajotapojen analysointi onnistui hyvin toimintakuvasten laadinnan kautta, koska suurin osa vesi-höyrypiirin positioiden yksityiskohtaisista toiminnoista oli saatu jo näiden kautta selvitettyä. Kuitenkin normaalijajasta poikkeavien ajotapojen harvinaisuus ja energiatuotteiden kulutusten vaihtelujen seuraukset aiheuttivat jonkin verran haasteita, mutta ne saatiin selvitettyä asiantuntijoiden avustuksella. Lisäksi Hyötyvoimalaitokselle on tehty vuosien varrella joitain muutoksia, jotka vaikuttavat laitoksen ohjaukseen ja ajoon, jotka täytyi myös selvittää.

Tämä opinnäytetyö oli haastava, mutta opettavainen. Olen tyytyväinen aiheeseen ja siihen, että sain tehdä opinnäytetyöni juuri Kotkan Energia Oy:lle. Opinnäytetyö kokonaisuutena sisälsi sopivasti uutta ja valmiiksi tuttua, joten valmiudet opinnäytetyön kautta uuden oppimiselle olivat hyvät. Lisäksi pidin erityisesti siitä, että opinnäytetyö sisälsi myös käytännön työtä, jonka kautta oppi paljon Hyötyvoimalaitoksen toiminnasta, säädöistä ja sen ohjausjärjestelmistä. Yksi opintojeni erikoistumisalueestani on energiantuotannon automaatio ja tunnen, että kehityin erityisen paljon juuri tällä alueella, mistä olen iloinen. Tämän opinnäytetyön kautta ammattitaitoni kehittyi paljon ja uskon olevani valmis opintojeni jälkeen insinöörin tehtäviin.

## LÄHTEET

- Charles Cooke s.a. KompoZer and Nvu User Guide. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.chromakinetics.com/Kompozer/KompoZer%20User%20Guide.pdf> [viitattu 11.2.2019].
- Honeywell Oy. 2010a. Experion PKS Laitteistokäsikirja ver. 720. Sisäinen asiakirja.
- Honeywell Oy. 2010b. Experion PKS Sovellussuunnittelun käsikirja ver. 720. Sisäinen asiakirja.
- Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. 1. painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Joronen, T., Kovács, J. & Marjanne, Y. 2007. Voimalaitosautomaatio. 2. painos. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.
- Kippo, A. K. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Kotkan Energia Oy. 1996. KKS-sovellutusohje. Sisäinen asiakirja.
- Kotkan Energia Oy. 2016. Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitoksen yhteenvedoraportti 2016. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BCA4634AA-2CA6-496E-86EA-84121D74520A%7D/129015> [viitattu 28.12.2018].
- Kotkan Energia Oy. 2018. Yhtiön internet-sivut. WWW-dokumentti. Saatavissa: [www.kotkanenergia.fi](http://www.kotkanenergia.fi) [viitattu 21.10.2018].
- Kotkan Energia Oy s.a. Hyötyvoimalaitos. Sisäiset esittelykalvot.
- Kymenlaakson Jäte Oy. 2019. Lajitteluohjeet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kymenlaaksonjate.fi/jatehaku/> [viitattu 13.2.2019].
- Lassila & Tikanoja Oyj. 2019. Kodin lajitteluohjeet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lt.fi/fi/henkiloasiakkaat/kodin-lajittelu-ja-kierratys/kodin-lajitteluohjeet> [viitattu 9.1.2019].
- Lehtomäki, L. 2013. Höyrynajon optimointi jätteenpolttolaitoksella. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan koulutusohjelma. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53883/lauri\\_lehtomaki.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53883/lauri_lehtomaki.pdf?sequence=1) [viitattu 31.1.2019].
- Mäkelä, M. 2005. Mitä vaativalta prosessiautomaatiolta on lupa odottaa?. Kunnossapito 8/2005.
- OPC DataHub. 2019. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://opcdatahub.com> [viitattu 30.1.2019].
- Pipatti, R., Hänninen, K., Vesterinen, R., Wihersaari, M. & Savolainen, I. 1996. Jätteiden käsittelyvaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. PDF-

dokumentti. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/julkaisut/1996/J811.pdf> [viitattu 28.12.2018].

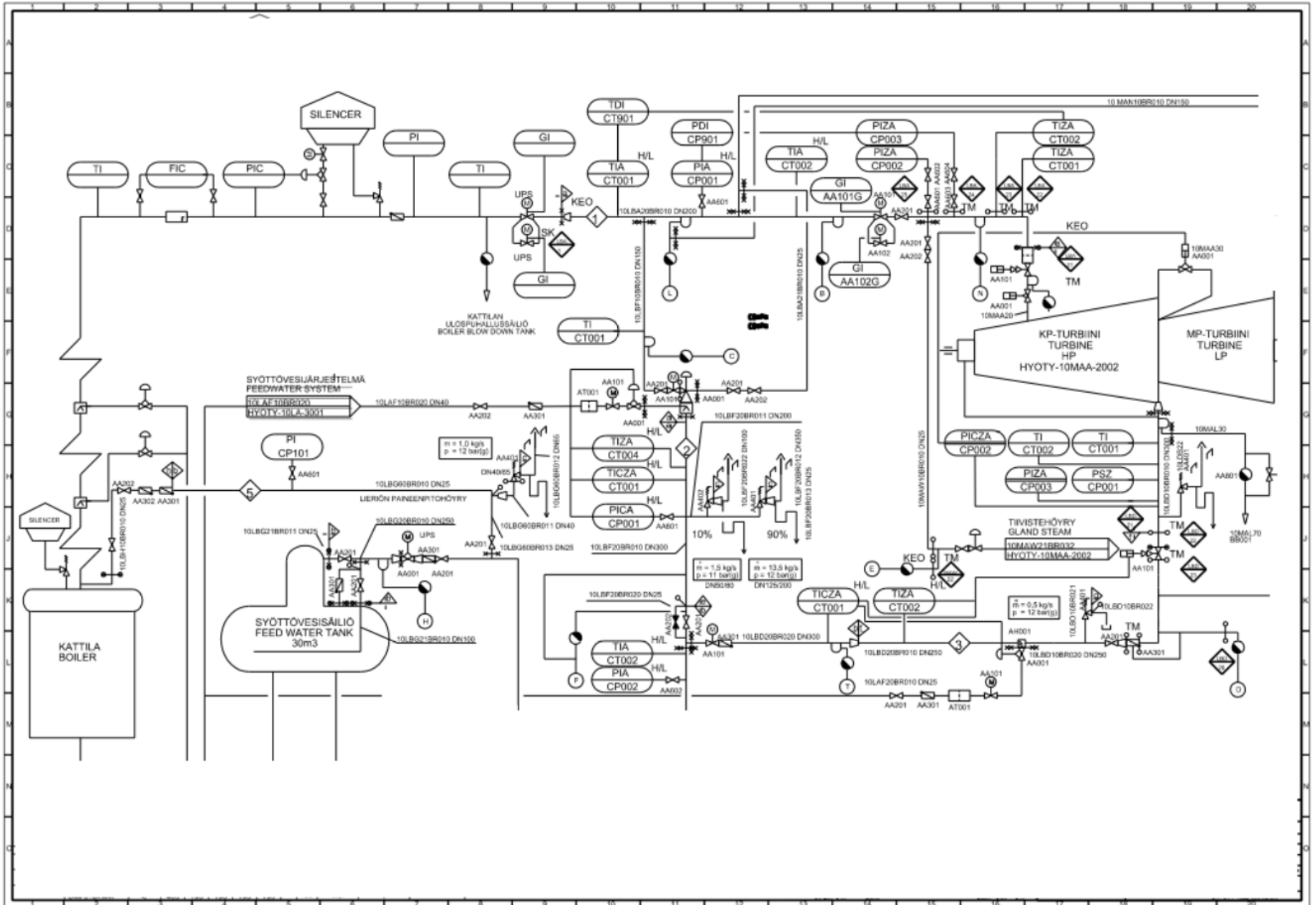
Pöyry Management Consulting Oy. 2015. Jätteiden energiahöydyntäminen Suomessa. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/405/ET\\_Jatteiden\\_energiakaytto\\_Loppuraportti\\_161015.pdf](https://energia.fi/files/405/ET_Jatteiden_energiakaytto_Loppuraportti_161015.pdf) [viitattu 28.12.2018].

Suomen Automaatioseura ry. 2001. Laatu automaatioissa. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/laatuautomaatioissa.pdf> [viitattu 30.1.2019].

Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. 2004. Energia Suomessa. 3. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.

ÅF-Consult Oy. 2008a. Kaukolämpöjärjestelmä. Sisäinen asiakirja.

ÅF-Consult Oy. 2008b. Ajotapakuvauus. Sisäinen asiakirja.



## **10LAF20AA101**

### **VÄLIOTON RUISKU SULKUVENTTIILI**

#### **LAITE:**

##### **Laite**

Moottoriventtiili Auma AD00 63-4/80.

##### **Sijainti**

2 kerros, turbiinisali.

#### **TOIMINTA:**

Venttiili toimii turbiinin välioton vesiruisikutuksen sulkuventtiilinä.

##### **Auotmaatti**

Venttiili ohjautuu automaattisesti auki jos venttiili [10LBD20AA101 - VÄLIOTON SULKUVENTTIILI](#) on auki.

Venttiili ohjautuu automaattisesti kiinni jos:

- Venttiili [10LAF20AA001 - SÄÄTÖVENTTIILI](#) on kiinni (ohjaus vähemmän kuin 0.1 %, viive 1 minuutti).

**ja**

- Mittauksen [10LBD20CT001 - VÄLIOTTOHÖYRYN LÄMPÖTILA REDUKTION JÄLKEEN](#) lämpötila on alle 240 °C.

**ja**

- Venttiili [10LBD20AA101 - VÄLIOTON SULKUVENTTIILI](#) on kiinni.

**ja**

- Mittauksen [10LBD20CT002 - VÄLIOTTOHÖYRYN LÄMPÖTILA](#) lämpötila on alle 240 °C.

##### **Käsiohjaus**

Operaattori voi asettaa venttiilin käsin valvomosta auki/kiinni.

## **LUKITUKSET:**

Venttiilin ohjaus on kokonaan estetty jos:

- Venttiili [10LAF20AA001 - SÄÄTÖVENTTIILI](#) on auki (ohjaus enemmän kuin 0.1 %).

## **HÄLYTYSET:**

- Rajatieto ei vastaa ohjausta.
- Moottorin ohjauspiirin hälytykset.

## **TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN:**

Venttiili kiinni:

- [10LBD20DT001 - TURBIINIVÄLIOTON LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#)

## **MUUTOSHISTORIA:**

TH 3.1.2019

## 10LBF20DP001A

### REDUKTIOASEMAN PAINESÄÄTÖ

#### TOIMINTA:

Piiri mittaa reduktiohöyryn painetta reduktiohaarassa paineanturin [10LBF20CP001 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN PAINE](#) avulla ja säättää sitä reduktioventtiilin [10LBF10AA001 - SÄÄTÖVENTTIILI](#) kautta. Piirin yhtenä tehtävänä on varmistaa prosessihöyryn tuotanto kuluttajille (kartonkitehdas ja kaukolämpö).

Toimisuunta: jos mittaus kasvaa yli asetusarvon, ohjaus pienenee. PI-säätimen viritysarvoja muutetaan laskennallisesti jos mittauksen ja asetusarvon erotus on suuri tai pieni, jolloin säädöstä tulee nopeampi tai hitaampi.

Piiriltä lähtevä etäasetusarvo piirille [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#) lasketaan seuraavasti:

- 6.8 bar + piirin [10LBQ40DP001 - PAINESÄÄDÖN ASETUSARVON KORJAUS](#) ohjausarvo ins. yksiköissä - rampitus (0.01 - 0.3, kun rampitus on aktiivinen).
- Rampitus on aktiivinen kun:
  - Turbiini on päällä.

**ja**

- Venttiili [10LBD20AA101 - VÄLIOTON SULKUVENTTIILI](#) auki.

**tai**

- Turbiinin säätöventtiilin [10MAA20AA001 - LIVE STEAM CONTROL VALVE](#) ohjaus on enemmän kuin 26 %.

**ja**

- Venttiili [10LBD20AA101 - VÄLIOTON SULKUVENTTIILI](#) on kiinni.

#### Kaskadi

Piirin asetusarvo on piiriltä lähtevä etäasetusarvo. Piiri antaa etäasetusarvon alapiirille [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#).

#### Automaatti

Piiri antaa etäasetusarvon alapiirille [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN](#)



LÄMPÖTILASÄÄTÖ. Piirin asetusarvo voidaan asettaa käsin valvomosta.

### **Käsiohjaus**

Reduktioventtiiliä voidaan ajaa käsin valvomosta auki/kiinni.

## **LUKITUKSET:**

- Säätlukitus on päällä jos:

- Anturihälytys on päällä.

**tai**

- Piiri 10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ on automaattilla.

**ja**

- Piiri 10LBF20DP001A - REDUKTIOASEMAN PAINESÄÄTÖ on käsiohjauksella.

- Venttiilin ohjauksen ollessa 0 %, aukiohjaus vapautetaan jos:

- Mittaus 10LBF20CP001 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN PAINE on yli 10 bar.

**tai**

- Mittaus 10LBF20CP002 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN PAINE on yli 10 bar.

**tai**

- Mittaus 10LBF20CP003 - TEHDASHÖYRYN PAINE on yli 10 bar.

**tai**

- Mittaus 10LBF20CT001 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN LÄMPÖTILA on yli 225 °C.

**tai**

- Mittaus 10LBF20CT002 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN LÄMPÖTILA on yli 225 °C.

**tai**

- Mittaus 10LAB20CP001 - SYVEN SIIRTOLINJAN PAINE on alle 25 bar.

**tai**

- Mittaus [10LBA20CP001 - TUOREHÖYRYN PAINE](#) on alle 10 bar.

**tai**

- Mittaus [10LBA20CT001- TUOREHÖYRYN LÄMPÖTILA](#) on alle 200 °C.

- Venttiili pakko-ohjataan kiinni ja ohjaus lukitaan jos:

- Mittaus [10LBA10CP001 - TUOREHÖYRYN PAINE](#) on vähemmän kuin 10 bar.

**tai**

- Mittaus [10LBA20CT001 - TUOREHÖYRYN LÄMPÖTILA](#) on vähemmän kuin 200 °C.

**tai**

- Mittaus [10LBF20CP001 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN PAINE](#) on enemmän kuin 11 bar.

**tai**

- Mittaus [10LBF20CP002 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN PAINE](#) on enemmän kuin 11 bar.

**tai**

- Mittaus [10LBF20CP003 - TEHDASHÖYRYN PAINE](#) on enemmän kuin 11 bar.

**tai**

- Mittaus [10LBQ40CT001 - KARTONKITEHTAAN HÖYRYN LÄMPÖTILA](#) on enemmän kuin 250 °C (60 sek. viive, 15 sek. pulssi).

**tai**

- Mittaus [10LBF20CT001 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN LÄMPÖTILA](#) on enemmän kuin 240 °C (60 sek. viive, 15 sek. pulssi).

**tai**

- Mittaus [10LBF20CT002 - TEHDASHÖYRYREDUKTION JÄLKEINEN LÄMPÖTILA](#) on enemmän kuin 240 °C (60 sek. viive, 15 sek. pulssi).

**tai**

- Mittaus [10LBF20CT003 - TEHDAIDEN HÖYRYN LÄMPÖTILA](#) on enemmän kuin 240 °C (60 sek. viive, 15 sek. pulssi).

**tai**

- Venttiili [10LBF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION SULKUVENTTIILI](#) on kiinni (viive 5 sek).

## **HÄLYTYSET:**

- Ylävaroitusraja: 16 bar
- Alavaroitusraja: 0 bar
  
- Ylähälytysraja: 9 bar
- Alahälytysraja: 6 bar
  
- Ylälukitusraja: 11 bar
- Alalukitusraja: 0 bar

## **TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN:**

Sulkuventtiilin lukitus:

- [10LBF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION SULKUVENTTIILI](#)

Ohjausarvo:

- [10LAA10DP001 - SYVESÄILIÖN PAINESÄÄTÖ](#)
- [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#)

Kaskadimoodi:

- [10LBQ40DP001 - PAINESÄÄDÖN ASETUSARVON KORJAUS](#)

Ohjaus alle 2 %:

- [10LAF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTUION RUISKUTUKSEN SULKUVENTTIILI](#)

Ohjaus lukittu:

- [10LBQ40DP001 - PAINESÄÄDÖN ASETUSARVON KORJAUS](#)

Venttiili auki:

- [10LBF20DP001B - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILARAJOITUS](#)

- [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#)
- [10LBF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION SULKUVENTTIILI](#)

Ohjaus 0%:

- [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#)

Moodi käsi/auto:

- [10LBF20DP001C - KORKEAPAINEHÖYRYN PAINEEN MINIRAJOITUS](#)
- [10LBF20DP001B - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILARAJOITUS](#)

Mittaus:

- [10LAF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION RUISKUTUKSEN SULKUVENTTIILI](#)
- [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#)
- [10LBF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION SULKUVENTTIILI](#)
- [10LAA10DP001 - SYVESÄILIÖN PAINESÄÄTÖ](#)

Säätölukitus:

- [10LBF20DP001C - KORKEAPAINEHÖYRYN PAINEEN MINIRAJOITUS](#)
- [10LBF20DP001B - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILARAJOITUS](#)

Ulkoinen asetusarvo:

- [10LBF20DT001 - REDUKTIOASEMAN LÄMPÖTILASÄÄTÖ](#)

Asetusarvo:

- [10LAA10DP001 - SYVESÄILIÖN PAINESÄÄTÖ](#)
- [10LBF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION SULKUVENTTIILI](#)
- [10LAF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION RUISKUTUKSEN SULKUVENTTIILI](#)

Vapautus venttiilille 10LBF10AA101:

- [10LBF10AA101 - TEHDASHÖYRYREDUKTION SULKUVENTTIILI](#)

## **MUUTOSHISTORIA:**

TH 3.1.2019