

Kalle-Markus Virtanen

SAVUKAASUN PUHDISTUKSEN TOIMINTAKUVAUKSET AUTOMAATIO- SUUNNITTELUN JA OPEROINNIN TUKENA

Opinnäytetyö
Energiatekniikka

2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Kalle-Markus Virtanen	Insinööri (AMK)	Marraskuu 2017
Opinnäytetyön nimi		
Savukaasun puhdistuksen toimintakuvaukset automaatio-suunnittelun ja operoinnin tukena		42 sivua 7 liitesivua
Toimeksiantaja		
Kotkan Energia Oy		
Ohjaajat		
Yliopettaja Merja Mäkelä SST-asiantuntija Veli-Matti Arola		
Tiivistelmä		
<p>Operaattorit vastaavat nykyisin jopa tuhansista automaatiopiireistä koostuvista ohjausjärjestelmistä. Jotta laitoksen ajettavuus säilyisi olosuhteista riippumatta hyvänä, tulisi piirien toimintaa kuvaavien dokumenttien olla ajantasaisia, selkeitä ja koko käyttöhenkilöstön saatavilla. Suoraan automaatiojärjestelmään ladatuilla huolellisesti laadituilla piirikohtaisilla toimintakuvauksilla on edellytykset täyttää edellä esitetyt ehdot.</p>		
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia piirikohtaiset toimintakuvaukset Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistusjärjestelmään kuuluville noin 100 automaatiopiirille. Toimintakuvauksissa esitetään piirin perustoiminta sekä siihen liittyvät operoinnin kannalta oleelliset tekijät, kuten lukitusohjaukset ja piirien keskinäiset yhteydet. Työn teoriaosuudessa on esitelty Hyötyvoimalaitoksen toimintaa yleisellä tasolla, jonka jälkeen on syvennytty savukaasun puhdistusjärjestelmän toimintaan ja siihen liittyviin ohjausjärjestelmiin. Piirikohtaisten toimintakuvausten rooli automaatio-suunnittelussa sekä operoinnissa on tuotu esille kokeneiden asiantuntijoiden tuella.</p>		
<p>Piirikohtaisten toimintakuvausten laadinnassa hyödynnettiin tietolähteinä savukaasun puhdistusjärjestelmän mukana toimitettuja prosessi- ja automaatiokumentteja, joiden perusteella tulkittiin automaatiojärjestelmän Honeywell Experion PKS lohkopohjaisia sovellusohjelmia. Lopulliset toimintakuvaustiedostot laadittiin HTML-editorilla, jonka jälkeen ne tallennettiin automaatiojärjestelmän palvelimelle operaattorien käytettäväksi.</p>		
<p>Opinnäytetyön tuloksena on laadittu 105 piirikohtaista toimintakuvausta, joita hyödynnetään nykyisin Hyötyvoimalaitoksen päivittäisessä operoinnissa sekä mahdollisesti tulevaisuudessa myös uusien työntekijöiden perehdyttämisessä.</p>		
Asiasanat		
automaatio, toimintakuvaus, savukaasut		

Author (authors)	Degree	Time
Kalle-Markus Virtanen	Bachelor of Engineering	November 2017
Thesis title		42 pages
The use of the functional descriptions of the flue gas treatment system in automation engineering and plant operations		7 pages of appendices
Commissioned by		
Kotka Energy Ltd		
Supervisors		
Merja Mäkelä, Principal Lecturer Veli-Matti Arola, Specialist, Automation and Electricity		
Abstract		
<p>Today operators are responsible for control systems that might consist of thousands of automation loops. Documents that describe the functions of those loops should be up-to-date, clear and available to the whole operating staff to ensure the operability of the plant. Loop-specific functional descriptions that are available directly from the automation system's operating interface have the potential to meet these requirements.</p>		
<p>The main goal of this thesis was to create around 100 loop-specific functional descriptions for the automation loops that are related to the flue gas treatment system of Kotka Energy's waste-to-energy power plant. Functional descriptions provide information about the basic functions of the loops and for example their interlocks and connections to the other loops. Theoretical part of this thesis contains basic information about the waste-to-energy power plant. After that the flue gas treatment system and the related control systems are presented in a more detailed manner. The role of the loop-specific functional descriptions in automation engineering and daily plant operations is presented with the help of experienced professionals.</p>		
<p>The process and automation related documents of the flue gas treatment system were used to interpret the block based application programs of the Honeywell Experion PKS automation system. The final functional descriptions were created with an HTML editor and then saved to the server of the automation system. From there they can be accessed and utilized by the operators.</p>		
<p>105 loop-specific functional descriptions were created as a result of this bachelor's thesis. Descriptions are already being utilized in the daily operation of the waste-to-energy power-plant and they will possibly be used to familiarize the new employees with the automation loops of the flue gas treatment system.</p>		
Keywords		
automation, functional description, flue gas		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	HYÖTYVOIMALAITOS.....	6
2.1	Laitoksen toiminta.....	7
2.2	Tunnusjärjestelmä.....	9
3	SAVUKAASUN PUHDISTUSJÄRJESTELMÄ.....	12
3.1	NID-järjestelmän toiminta.....	13
3.2	Ilmaan johdetut päästöt.....	16
4	OHJAUSJÄRJESTELMÄT JA OPEROINTI.....	18
4.1	Automaatiojärjestelmä Honeywell Experion PKS.....	18
4.2	Puhdistuslogiikka EFFIC.....	23
4.3	Logiikkaohjain Siemens S7-200.....	25
5	PIIRIKOHTAISET TOIMINTAKUVAUKSET.....	27
5.1	Rooli automaatio suunnittelussa.....	28
5.2	Operoinnin tukena.....	29
6	TYÖN TOTEUTUS.....	30
6.1	Käytetty aineisto.....	30
6.2	Toimintakuvausten laadinta.....	34
6.3	Toimintakuvausten käyttöönotto.....	38
7	YHTEENVETO.....	39
	LÄHTEET.....	41

LIITTEET

Liite 1. Hyötyvoimalaitoksen Honeywell Experion PKS -järjestelmäkaavio

Liite 2. NID-järjestelmän sekoittimen ja kalkin sammuttimen PI-kaavio

Liite 3. Automaatiopiirin 10HTA11AA101 ohjauskaavio

Liite 4. Automaatiopiirin 10HTA20DP001 säätökaavio

Liite 5. Piirikohtaisen toimintakuvauksen runko

1 JOHDANTO

Nykyaikaisten voimalaitosten automaatiojärjestelmät koostuvat lukuisista ja usein monimutkaisistakin automaatiopiireistä. Esimerkiksi Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitoksen järjestelmässä on yhteensä noin 2000 piiriä, joiden operoinnista vastaa tyypillisesti kaksi henkilöä. Ongelmatilanteissa operaattorien on kyettävä jäljittämään pitkänkin lukitusketjun aiheuttanut tekijä ja siihen liittyvät piirit. Tällaisissa tapauksissa selkeät ja helppokäyttöiset kirjalliset piiri-kohtaiset toimintakuvaukset voivat nopeuttaa ongelmanratkaisua merkittävästi.

Automaatiopiirien toimintaa kuvaavat dokumentit luodaan tyypillisesti automaatioprojektin määrittelyvaiheessa. Toimintaa voidaan kuvata kirjallisten toimintakuvausten lisäksi esimerkiksi graafisilla toiminta- ja ohjauskaavioilla. Nämä dokumentit luovat pohjan automaatiosovellusten suunnittelulle. Varsinaisen suunnittelun edetessä dokumentit tarkentuvat tasolle, joka mahdollistaa niiden hyödyntämisen lopullisten automaatiosovellusten laadinnassa sekä myöhemmin mahdollisesti myös operoinnin ja kunnossapidon tukena.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistukseen liittyville noin 100 piirille kirjalliset toimintakuvaukset prosessi- ja automaatiokumenttien sekä automaatiojärjestelmän sovellusohjelmien pohjalta. Laitoksen alkuperäinen toimitus ei sisältänyt kirjallisia toimintakuvauksia, vaan piirien toimintaa on kuvattu erinäisillä graafisilla kaavioilla. Laadittujen toimintakuvausten ensisijainen tarkoitus on tukea käyttöhenkilökunnan työskentelyä sekä laitoksen kunnossapitoa. Työn tavoitteena on myös luoda toimeksiantajan laatiman asettelumallin mukaisia toimintakuvausrunkoja eri piirityypeille, joiden pohjalta tietosisällöltään yhtenäisiä kuvauksia voidaan laatia jatkossa lisää. Työn käytännön osuus toteutettiin kokonaisuudessaan Hyötyvoimalaitoksella vuoden 2017 aikana.

Kotkan Energia Oy on Kotkan kaupungin omistama energiayhtiö. Yhtiön päätuotteita ovat kaukolämpö, teollisuushöyry, sähkö ja jätteenhyötykäyttöpalvelut. Yhtiön merkittävimmät tuotantolaitokset ovat Hovinsaaren voimalaitos sekä Korkeakoskella sijaitseva Hyötyvoimalaitos. Kotkan Energia Oy:lla työskenteli vuonna 2016 yhteensä 92 henkilöä. (Kotkan Energia Oy 2017b.)

2 HYÖTYVOIMALAITOS

Kotkan Energia Oy:n Korkeakoskella sijaitsevan Hyötyvoimalaitoksen (kuva 1) rakennustyö käynnistyi syksyllä 2006 ja laitos valmistui kaupalliseen käyttöön huhtikuussa 2009 (Kotkan Energia Oy 2017b). Laitoksen pääpolttoaineena käytetään syntypaikkalajiteltua yhdyskuntajätettä Kymenlaakson, Itä-Uudenmaan, Päijät-Hämeen ja Mikkelin alueilta. Jätettä käsitellään vuosittain arviolta 100 000 tonnia, josta saadaan jätteen laadusta riippuen tuotettua energiaa noin 260 GWh. Tämän lisäksi laitoksella poltetaan teollisuusjätettä sekä käynnistys- ja tukipolttoaineena maakaasua. (Kotkan Energia Oy 2017a.)



Kuva 1. Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitos (Kotkan Energia Oy 2017b)

Laitoksella tuotetaan sähköä, kaukolämpöä ja prosessihöyryä. Noin puolet tuotetusta energiasta toimitetaan viereiselle Sonoco-Alcore Oy:n kartonkitehtaalle pääosin prosessihöyrynä ja muun tuotannon osuus on riippuvainen tehtaan energiatarpeista. (Kotkan Energia Oy 2017a.)

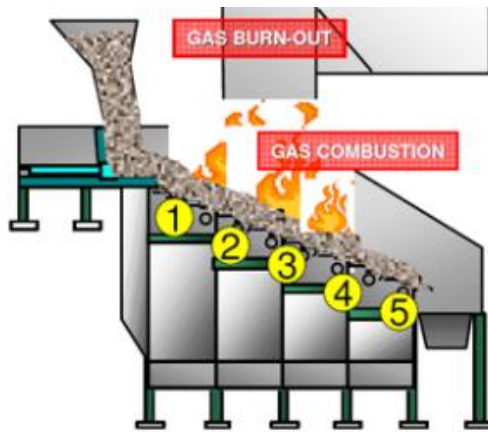
2.1 Laitoksen toiminta

Laitokselle saapuvat jäteautot ja rekkakuljetukset punnitaan ennen laitosalu- eelle saapumista, jonka jälkeen ne ajavat vastaanottohalliin. Vastaanottohal- lissa autojen kuormat puretaan vastaanottomonttuun, joka on jaettu välisei- nällä vastaanotto- ja varastopuoleen. Jätteen aiheuttamia hajuhaittoja on eh- käisty imemällä kattilan tarvitsema palamisilma vastaanottotiloista. (Kotkan Energia Oy 2017a.)

Itsenäisesti toimiva jätekahmari siirtää jätteen vastaanottopuolelta varastopuo- lelle. Varastopuolella kahmari sekoittaa jätettä, jotta polttoaine olisi mahdolli- simman tasalaatuista. Sekoitettua jätettä siirretään kattilan syöttösuppilon kerrallaan noin 2–3 tonnia. Syöttösuppilosta jäte siirtyy painovoimaisesti syöt- töpöydälle, josta se siirtyy hydraulisten sylinterien työntämänä poltettavaksi arinalle. Syöttöpöydän nopeutta säädetään laitoksen tuorehöyryn virtauksen perusteella. (Kotkan Energia Oy 2017a; Kotkan Energia Oy 2016b, 3.)

Jäte poltetaan hydraulisella vinoarinalla. Palamista säädetään ilmanjakoa muuttamalla, mutta myös arinan nopeutta voidaan säätää tarvittaessa. Arinan yläpuolella on kaksi sekundääri-ilmapuhallinta, joiden välityksellä säädetään kattilan jäännöshappea. Arina sisältää viisi elementtiä, joista jokaisella on oma primääri-ilmapuhaltimensa. Yksittäinen elementti sisältää kaksi kiinteää laatta- riviä, kaksi liukulaattariviä ja kaksi rumpulaattariviä. Liukulaatat siirtävät jätettä eteenpäin, joten niiden liike vaikuttaa muun muassa jätekerroksen paksuuteen arinalla. Rumpulaatat puolestaan sekoittavat jätettä ja tarvittaessa kohentavat palamista. (Kotkan Energia Oy 2017a; Keppel Seghers 2006, 2.)

Jätteen palaminen arinalla tapahtuu vaiheittain (kuva 2). Ensimmäisessä vai- heessa jäte kuivatetaan (1), jonka jälkeen se syttyy (2). Syttymistä seuraa pääpalamisvaihe (3), jonka jälkeen jäte poltetaan loppuun (4) ja jäähdytetään (5). Jäähdytetty palamisjäte putoaa arinalta vedellä täytettyyn kuonakuljetti- meen, joka vie sen kuonahalliin. Arinan elementtien alla on myös seulakulje- tin, joka kuljettaa sinne pudonneen tuhkan kuonakuljettimelle. (Kotkan Energia Oy 2017a.)



Kuva 2. Periaatekuva jätteen palamisesta vinoarinalla (Kotkan Energia Oy 2017a)

Jätteenpolto edellyttää korkeaa lämpötilaa, joten tulipesässä ylläpidetään polton aikana jatkuvasti vähintään 850 °C. Mikäli vähimmäislämpötila alittuu, kattilan maakaasupolttimet käynnistyvät riittävän palamislämpötilan takaamiseksi. Vähimmäislämpötila perustuu valtioneuvoston asetukseen jätteen polttamisesta. (Kotkan Energia Oy 2017a.)

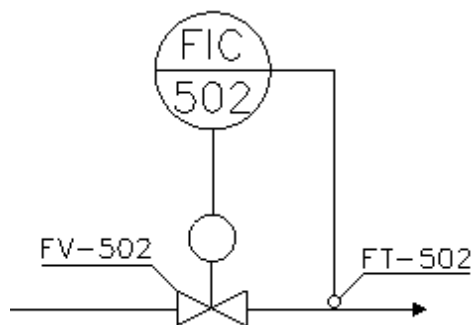
Palamisprosessissa vapautuva savukaasu käsitellään tulipesän yläosassa SNCR (*Selective Non-Catalytic Reduction*) -menetelmällä, jossa siihen ruiskutetaan ammoniakkivettä. Menettelyn tavoitteena on vähentää typen oksidien määrää savukaasussa. Käsitelty savukaasu etenee tulipesästä kattilan vaakatasossa olevaan konvektio-osaan, jossa se luovuttaa lämpöä lämmönvaihtimille ja täten jäähtyy tyypillisesti tasolle 160–180 °C. Jäähtynyt savukaasu johdetaan erillisen savukaasun puhdistusjärjestelmään kautta savupiippuun. (Kotkan Energia Oy 2017a.)

Kattilaan syötetty vesi kulkee kolmen savukaasun lämpösisältöä hyödyntävän syöttöveden esilämmittimen, eli ekonomaiserin, kautta höyrylieriöön. Kyseessä on luonnonkiertokattila, joten vesi kulkeutuu painovoimaisesti putkistoja pitkin lieriöstä höyrystimiin. Höyrystimissä vesi höyrystyy osittain ja syntynyt vesi ja höyryn seos nousee takaisin lieriöön. Lieriössä vesi ja höyry erottuvat toisistaan, jonka jälkeen vesi siirtyy uuteen vastaavaan kiertoon ja höyry etenee tulistimille. Tulistimissa höyryyn sidotaan lisää lämpöenergiaa nostamalla sen lämpötila höyrystymislämpötilaa korkeammaksi. Kolmen tulistusvaiheen jälkeen tuorehöyryn lämpötila on 400 °C ja paine 40 bar. (Kotkan Energia Oy 2017a; Koskelainen & Majanne 2007, 36.)

Tulituksen jälkeen höyry johdetaan Turbomachin toimittamalle MARC2-C10 -turbiinille. Turbiinin nimellissähköteho on 8,5 MW ja se on jaettu korkea- ja matalapaineosiin, joissa molemmissa on kahdeksan vaihetta. Höyry kulkee korkeapaineosan läpi ja osa höyryn lämpösisällöstä muuttuu akselia pyörittäväksi mekaaniseksi energiaksi, joka muunnetaan samalla akselilla sijaitsevalla generaattorilla sähköenergiaksi. Ennen matalapaineosaa turbiinissa on väliotto, jonka kautta höyryä johdetaan kaukolämmönvaihtimelle sekä prosessihöyryksi asiakastehtaille ja laitoksen omaan prosessiin. Tarvittaessa matalapainehöyry voidaan ottaa myös ennen turbiinia sijaitsevan tehdashöyryreduktion eli höyrymuuntoventtiilin kautta. Turbiiniin lauhdeperää eli matalapaineosaa voidaan käyttää lauhdesähkön tuottamiseen, mikäli prosessihöyryn tarve ja lämpökuorma sallivat sen. (Kotkan Energia Oy 2017a; Koskelainen & Majanne 2007, 32.)

2.2 Tunnusjärjestelmä

Prosessilaitoksien komponentit ja dokumentit yksilöidään siihen tarkoitettujen tunnusjärjestelmien avulla. Tunnusjärjestelmät pohjautuvat erinäisten kansainvälisten ja kansallisten järjestöjen laatimiin standardeihin, joissa esitetään järjestelmän soveltamisala, oleelliset käsitteet sekä tunnusten rakenne ja muodostuminen sekä siihen liittyvät säännöt ja rajoitteet. Esimerkiksi standardissa SFS-EN 81346-1 on esitelty viitetunnusjärjestelmä, joka soveltuu muun muassa kone-, sähkö-, rakennus-, ja prosessitekniikan alojen järjestelmien ja dokumenttien kirjaimista ja numeroista koostuvien tunnusten muodostamiseen (SFS-EN 81346-1: 2010).

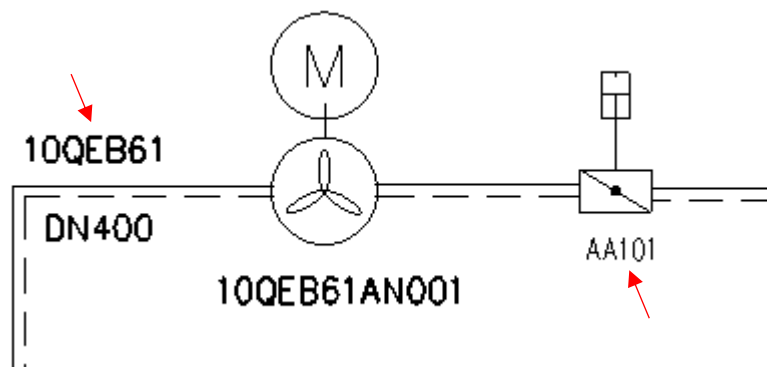


Kuva 3. Standardin SFS-ISO 14617-6 mukainen positiotunnus FIC-502

Automaatiopiirien positiotunnusten osalta prosessilaitoksilla hyödynnetään yleisesti SFS-ISO 14617-6 standardiin pohjautuvia tunnusjärjestelmiä. Standardin perusteella muodostetut tunnuksat kuvaavat niihin liittyvien piirien toimintaa. Tunnuksissa ensimmäinen kirjain ilmaisee mittaus- tai ohjaussuureen, jota voidaan tarkentaa tarvittaessa toisella kirjaimella. Loput kirjaimet kuvaavat piirin toimintaa. Kuvassa 3 on esitetty kuvitteellinen automaatiopiiri FIC-502 sekä siihen liittyvät laitteet. Esitetyn kaavion ja positiotunnuksen perusteella kyseessä on virtausta (*F – flow*) jatkuvatoimisen (*I – indicating*) mittauksen perusteella säätävä (*C – controlling*) piiri, jonka yksilöllinen numerotunnus on 502. Piiri säätelee putkivirtausta ohjaamalla säätöventtiiliä FV-502 oman asetusarvonsa ja virtausmittauksen FT-502 perusteella. (Kippo & Tikka 2008, 90-98.)

Hyötyvoimalaitoksen kaikkien komponenttien ja automaatiopiirien positiotunnuksen muodostamisessa on käytetty erityisesti voimalaitoskäyttöön suunniteltua saksalaista KKS-tunnusjärjestelmää (*Kraftwerk-Kennzeichensystem*), jonka avulla voimalaitoskomponenteille määritetään yksilölliset tunnuksat niiden tehtävän, tyyppin ja sijainnin perusteella. KKS-tunnuksat koostuvat neljästä järjestysasteesta, jotka ovat laitososa-, järjestelmä-, laitteisto- ja laitetunnus. (Kotkan Energia Oy 1996, 1-4.)

Seuraavaksi on esitetty KKS-tunnuksen muodostuminen esimerkkitunnuksen **10QEB61AA101** avulla. Tunnus kuuluu Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistuksen fluidi-ilmapuhaltimen sulkupellille. Kuvassa 4 on esitetty esimerkkitunnus PI-kaaviossa.



Kuva 4. Esimerkkitunnus PI-kaaviossa (Alstom Finland Oy 2009)

Laitososatunnus (1)

Laitososatunnus ilmaisee, mihin laitostuokkonaisuuteen tunnus kuuluu. Laitososa merkitään aina yhdellä kirjaimella tai numerolla ja se voidaan jättää pois tapauskohtaisesti tarpeettomana. Hyötyvoimalaitosta ei ole jaettu tunnusjärjestelmässä pienempiin osiin, mutta laitososatunnuksena käytetään aina numeroa yksi. (Huhtinen ym. 2008, 336.)

Järjestelmätunnuksen tunnusosa (0)

Tunnusosaa voidaan käyttää tarvittaessa erottamaan tietyn laitoksen samantlaiset järjestelmätunnuksot toisistaan ja se merkitään aina yhdellä numerolla. Useissa tapauksissa tunnusosaa ei käytetä. Hyötyvoimalaitoksella tunnusosa on otettu käyttöön, mutta se on aina nolla. (Huhtinen ym. 2008, 336.)

Järjestelmätunnus (QEB61)

Järjestelmätunnus ilmaisee, mihin järjestelmätuokkonaisuuteen KKS-tunnus liittyy. Tunnus koostuu KKS-tunnusjärjestelmän mukaisesta kirjainyhdistelmästä sekä tarkentavasta numero-osasta. (Huhtinen ym. 2008, 336.) Esimerkkitunnuksessa QEB viittaa työilman jakeluun ja 61 on putkilinjan yksilöivä tunnus (mts. 341).

Laitteistotunnus (AA101)

Laitteistotunnuksella ilmaistaan tunnukseseen liittyvä laitteisto, kuten pumppu tai venttiili. Tunnus koostuu KKS-standardin mukaisesta kirjainosasta ja numerotunnuksosta, jolla voidaan ilmaista laitteiston tyyppi. Esimerkkitunnuksen kirjainosa AA ilmaisee, että kyseessä on venttiili. (Huhtinen ym. 2008, 336.) Kotkan Energia Oy:n laatimassa (1996) KKS-sovellutusohjeessa laitteistotunnuksen numero-osat väliltä 101-199 on varattu toimilaitteella varustetuille sulkuventtiileille, jollainen esimerkkilaitteistokin on.

Laitteistotunnuksen tunnusosa

Laitteistotunnusta voidaan tarkentaa tarvittaessa yksittäisellä kirjaimella. Tunnusosaa voidaan käyttää esimerkiksi toimilaitteiden esiohjausventtiilien tunnuksissa. (Kotkan Energia Oy 1996, 6.)

Laitetunnus

Tunnuksen viimeisellä osalla voidaan ilmaista tarvittaessa laitteiston tietyn laitteen tyyppi KKS-järjestelmän mukaisesti kahdella kirjaimella ja kahdella numerolla (AANN). Esimerkkিতunnus 10QEB61AA101 ei sisällä laitetunnusosaa. (Kotkan Energia Oy 1996, 7.)

3 SAVUKAASUN PUHDISTUSJÄRJESTELMÄ

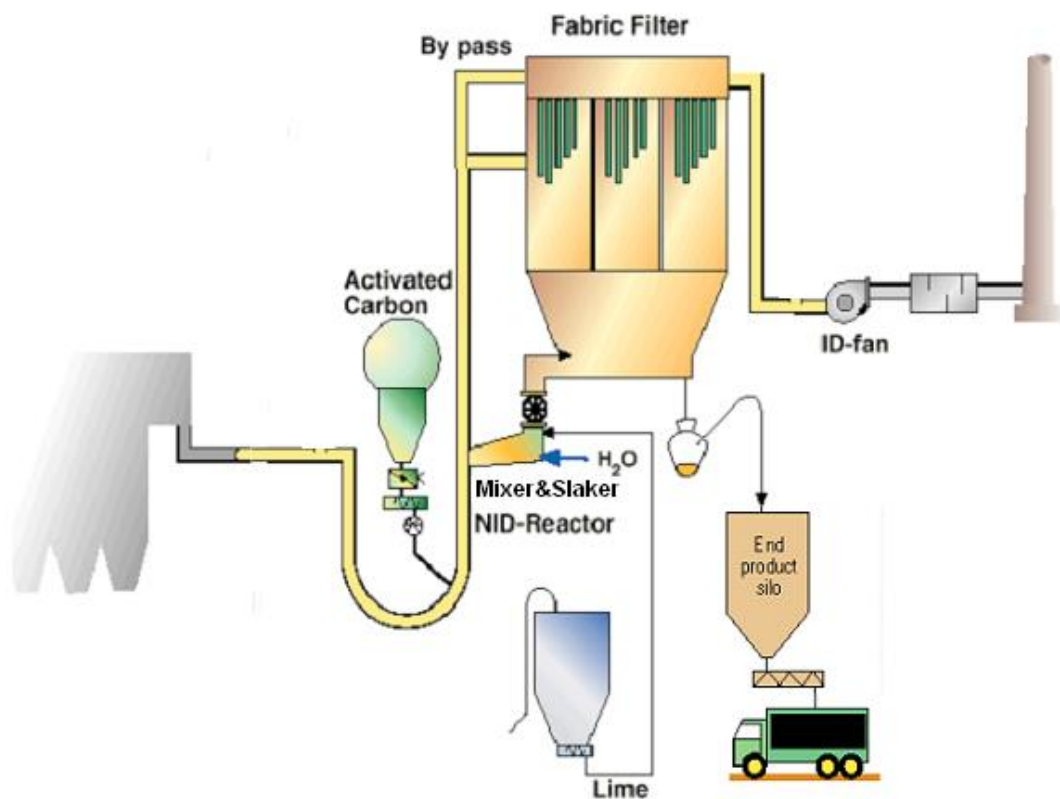
Jätteenpoltossa vapautuva savukaasu sisältää terveydelle ja ympäristölle potentiaalisesti haitallisia hiukkasia, raskasmetalleja, hiiliyhdisteitä, dioksiineja ja muita kaasukomponentteja, kuten vety-, rikki- ja typpiyhdisteitä. Jotta edellä esitettyjä epäpuhtauksia pääsisi ilmaan mahdollisimman vähän, tulee jätteenpolttolaitokset varustaa asianmukaisilla savukaasun puhdistusjärjestelmillä. (Reddy 2016, 53-59.)

Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistusjärjestelmä perustuu Alstomin kehittämään puolikuivaan Novel Integrated Desulfurization -konseptiin (NID). NID-järjestelmä mahdollistaa useiden epäpuhtauksien poistamisen yhdellä laitteistolla, jonka ansiosta se soveltuu käytettäväksi jätteenpolttolaitoksilla. Puolikuivassa puhdistusjärjestelmässä savukaasuun annostellaan sammutettua kalkkia, joka reagoi happamien kaasukomponenttien kanssa. Toinen NID-järjestelmissä tyypillisesti käytetty reagenssi on aktiivihili, jonka avulla savukaasusta poistetaan raskasmetalleja ja dioksiineja. Syntyvät reaktiotuotteet erotetaan savukaasuvirrasta letku- tai sähkösuodattimella. (Koskelainen & Majanne 2007, 45; Reddy 2016, 70-71.)

3.1 NID-järjestelmän toiminta

Tämän osion prosessikuvaus perustuu Alstom Finland Oy:n (2009) laatimiin käyttö- ja huolto-ohjeisiin sekä kenttätyöskentelyn yhteydessä tehtyihin havaintoihin.

Hyötyvoimalaitoksen NID-järjestelmän periaatteellinen rakenne on esitetty kuvassa 5. NID-laitoksen keskeisimpiä osia ovat reaktori, sekoitin, sammutin, letkusuodatin, savukaasupuhallin sekä lopputuotteen käsittelyyn liittyvät laitteet. Edellä lueteltujen ja kuvassa 5 esitettyjen pääkomponenttien lisäksi laitokseen kuuluu omat prosessivesi- ja fluidi-ilmajärjestelmät.



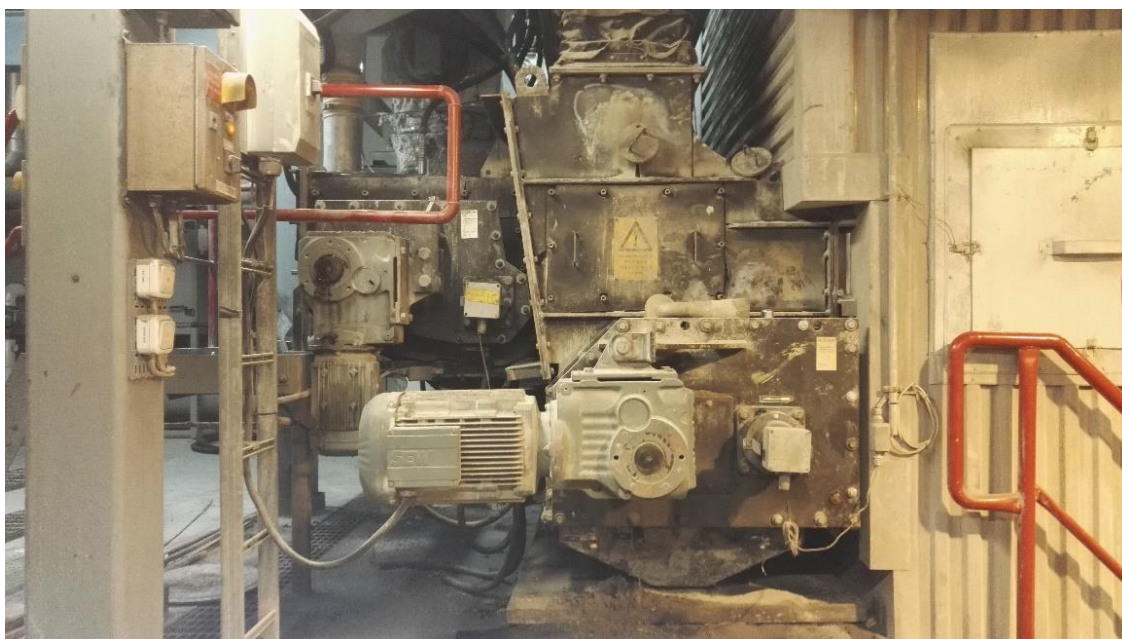
Kuva 5. Hyötyvoimalaitoksen NID-järjestelmän rakenne (Alstom Finland Oy 2009)

Aktiivihiilen annosteluruuvi syöttää ohjauksjärjestelmän ohjeen mukaisesti NID-järjestelmään saapuvaan savukaasuvirtaukseen verrannollisen määrän aktiivihiiltä kuljettimelle, jonka välityksellä aktiivihiili siirretään sulkusyöttimen kautta tulokanavaan. Tulokanavassa aktiivihiili sitoo savukaasun raskasmetalleja ja dioksiineja pinnalleen.

Seuraavaksi savukaasu etenee savukaasukanavaan integroituun reaktoriin, jossa suurin osa puhdistusprosessin kemiallisista reaktioista tapahtuu. Reaktorin yhteydessä sijaitsee sammutin ja sekoitin (kuva 6). Ensin sammuttimelle annostellaan laskentaohjeen mukainen määrä sammuttamatonta kalkkia kuljettimen välityksellä. Sammuttimessa kalkki sammutetaan annostelemalla siihen sen massavirtaan verrannollinen määrä vettä, jolloin tapahtuu yhtälön 1 mukainen reaktio.

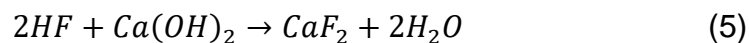
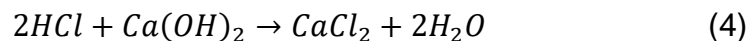
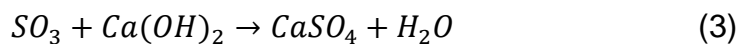
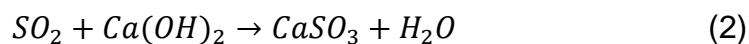


Kalkin reagoi vedessä veden kanssa syntyy kalsiumhydroksidia eli sammutettua kalkkia. Sammutettu kalkki on sammuttamatonta kalkkia reaktiivisempaa, jonka ansiosta se reagoi happamien yhdisteiden kanssa tehokkaasti. Sammutuksen jälkeen kalkki virtaa suoraan sekoittimeen.



Kuva 6. Sammutin, sekoitin ja osa NID-reaktorista

Sekoittimessa sammutettu kalkki sekoitetaan kiertopölyyn. Sekoitettu pöly siirretään fluidisoituna reaktoriin, jossa sen sisältämä kalkki reagoi savukaasun sisältämien happamien kaasukomponenttien kanssa. Yleisimmät polttoaineen palamisen seurauksena syntyneet happamat kaasukomponentit ovat rikkidioksidi (SO_2), rikkitrioksidi (SO_3), vetykloridi (HCl) ja vetyfluoridi (HF). Sammutetun kalkin ja edellä esitettyjen kaasukomponenttien reaktiot on esitetty reaktioyhtälöissä 2, 3, 4 ja 5.



Reaktorin jälkeen savukaasukanavassa on neljään erilliseen kammioon jaettu letkusuodatin. Jokaisessa kammiossa on 215 kuuden metrin pituista letkua, jotka on jaettu tasaisesti riveihin. Kun savukaasu johdetaan letkujen läpi, sen sisältämät aikaisempien reaktioiden tuloksena syntyneet hiukkaset jäävät letkujen pinnoille. Letkuille ohjataan säännöllisesti voimakas paineilmapulssi, jonka seurauksena pöly kulkeutuu kammioiden pohjasuppiloiden kautta fluidisoituun pölytaskuun. Pölytaskusta osa pölystä kulkeutuu jälleen edellä esitellylle sekoittimelle. Puhdistettu savukaasu kulkeutuu savukaasupuhaltimen kautta laitoksen savupiippuun. Savukaasun lämpötilan ollessa 190 °C tai korkeampi se ohjataan ohituskanavan kautta suodattimen ohi savupiippuun paloturvallisuussyistä.

Kierrosta poistuva pöly siirretään lopputuotekuljettimilla pneumaattisille pölylähettimille, jotka siirtävät pölyn lopputuotesiiloon. Tulokanavan mutkan pohjalle kertynyt kiertopöly siirretään lopputuotteeksi säännöllisesti sille määritetyn aikaohjauksen mukaisesti. Pölytaskun tyhjennyksen ohjaus on toteutettu pintakytkimillä, joiden toiminnan perusteella pölytaskun lopputuotteen sulkusyötin ja kuljettimet toimivat.

Puhdistusprosessin tarvitsema fluidi-ilma tuotetaan kahdella puhaltimella, jotka käyvät vuorotellen. Fluidi-ilma lämmitetään sähkövastusyksiköllä, jonka jälkeen se jaetaan letkusuodattimelle, sekoittimelle ja ohituskanavaan. Fluidi-ilman pääasiallinen tarkoitus on kiertopölyn fluidisointi, mutta sillä hoidetaan myös letkusuodattimen lämmitys ja ohituskanavan sulkupellin tiivistys. Molemmissa tapauksissa lämmitetty fluidi-ilma torjuu mahdollista korroosiota ja ylläpitää tarkoituksenmukaista kuivuutta.

NID-järjestelmän käyttämän prosessiveden painetta ylläpidetään kahdella pumpulla, jotka käyvät vuorotellen. Järjestelmään kuuluu vesiprosessin sulku- ja säätöventtiilit kattava venttiiliryhmä ja puskurisäiliö, jolla turvataan veden jatkuva syöttö prosessiin. Vettä syötetään sammuttimelle sammutusvedeksi ja sekoittimelle kostutusvedeksi.

3.2 Ilmaan johdetut päästöt

Hyötyvoimalaitos on energiantuotantolaitos, jossa käsitellään jätettä laitosmaisesti. Laitoksen toiminta on näiden tekijöiden ja ympäristönsuojelulain (27.6.2014/527) liitteessä 1 esitettyjen luvanvaraisten toimintojen perusteella luvanvaraista. Hyötyvoimalaitoksella on Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen 15.10.2004 myöntämä ympäristölupa (Dnro KAS-2003-Y-706-111), joka on toistaiseksi voimassa. Kotkan Energia Oy on ympäristöluvan ehtojen mukaisesti jättänyt syksyllä 2014 hakemuksen lupamääräysten tarkistamisesta. Laitoksen varakattilalaitoksella on oma 28.11.2007 myönnetty ympäristölupa (Dnro KAS-2007-Y-191-111). (Kotkan Energia Oy 2016b, 3; Kotkan Energia Oy 2017b.)

Hyötyvoimalaitoksen ympäristöluvassa on esitetty jätteenpolttoasetuksen mukaiset raja-arvot ilmaan johdettaville päästöille. Keskimääräisille päästöille on asetettu erilliset raja-arvot puolen tunnin ja vuorokauden ajanjaksoille, jotka on esitetty taulukossa 1. Taulukossa esitettyjen epäpuhtauksien pitoisuudet on ilmoitettu kuivissa savukaasuissa redusoituna 11 %:n happipitoisuuteen. Hyötyvoimalaitoksen savupiippuun johdettavasta savukaasusta mitataan hiilimonoksidi- (CO), typenoksidi- (NO_x), rikkidioksidi- (SO₂), suolahappo- (HCl) ja fluorivetyypäästöt (HF) sekä orgaanisen hiilen (TOC) ja hiukkasten kokonaismäärä jatkuvatoimisesti. Ennen mittauslaitteiden asennusta Kotkan Energia Oy:n on pitänyt toimittaa ympäristökeskukselle riippumattoman asiantuntijan lausunto, jossa on todettu mittauslaitteiston olevan tarkoituksenmukainen. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2004.)

Taulukko 1. Hyötyvoimalaitoksen ympäristölupapäätöksessä esitetyt raja-arvot ilmaan johdettaville päästöille (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2004)

Epäpuhtaus	Vrk-keskiarvo (mg/m ³)	0,5 tunnin keskiarvo (mg/m ³)
NO _x	200	400
SO ₂	50	200
Hiukkaset	10	30
TOC	10	20
HF	1	4
HCl	10	60
CO	50	100

Muita ympäristöluvassa määrättyjä jatkuvatoimisia mittauksia ovat savukaasun happipitoisuus, lämpötila, paine ja kosteus. Hyötyvoimalaitoksella mitataan myös ammoniakkin (NH₃) pitoisuus savukaasussa jatkuvatoimisesti, mutta sille ei ole määritetty raja-arvoa ympäristöluvassa. Kotkan Energia Oy:n ilmoittamat Hyötyvoimalaitoksen ilmaan johdettujen päästöjen vuorokausikeskiarvot vuodelta 2016 ja niiden raja-arvot on esitetty taulukossa 2. (Kotkan Energia Oy 2016b, 7-8; Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2004.)

Taulukko 2. Hyötyvoimalaitoksen jatkuvatoimisesti mitattujen päästöjen vuorokausikeskiarvot vuodelta 2016 (Kotkan Energia Oy 2016b)

Epäpuhtaus	Mittaustulos (mg/m ³)	Raja-arvo (mg/m ³)
NO _x	141,96	200
SO ₂	2,4	50
Hiukkaset	0,77	10
TOC	1,39	10
HF	0,34	1
HCl	2,61	10

Jatkuvatoimisten mittausten lisäksi Hyötyvoimalaitokselta ilmaan johdetun savukaasun raskasmetalli-, dioksiini- ja furaanipitoisuudet on mitattava ympäristöluvan mukaisesti vähintään kahdesti vuodessa. Mittaukset suoritettiin vuonna 2016 kahdesti. Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 3. (Kotkan Energia Oy 2016b, 7-8.)

Taulukko 3. Hyötyvoimalaitoksen kertaluonteisten raskasmetalli-, dioksiini- ja furaanipäästömittausten tulokset vuodelta 2016 (Kotkan Energia Oy 2016b)

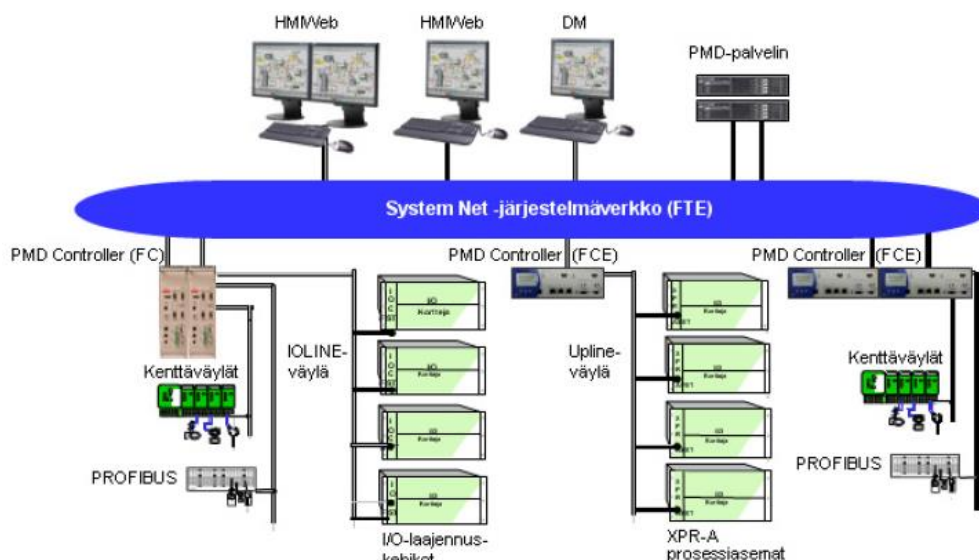
Epäpuhtaus	Mittaustulos	Raja-arvo	Yksikkö
Cd + Tl	< 0,025	yhteensä 50	µg/m ³
Hg	0,23	50	µg/m ³
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	< 4,6	yhteensä 500	µg/m ³
Dioksiinit, furaanit	< 0,0035	0,1	ng/m ³

Taulukoissa 2 ja 3 esitettyjen mittaustulosten perusteella Hyötyvoimalaitoksella käytetyt savukaasun puhdistusmenetelmät toimivat laitoksen ympäristöluvan edellyttämällä tasolla. Laitoksella oli muutamia hetkellisiä raja-arvojen ylityksiä, jotka johtuivat muun muassa korroosion aiheuttamista rei'istä letkusuodatinkammioissa. Ympäristöluvassa häiriö- ja poikkeustilanteista aiheutuvien päästöraja-arvojen ylitysten enimmäiskesto on määritetty 60 tuntia, kun Hyötyvoimalaitoksella ylitysten kokonaiskesto oli alle 30 tuntia. (Kotkan Energia Oy 2016a; Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2004.)

4 OHJAUSJÄRJESTELMÄT JA OPEROINTI

Savukaasun puhdistusjärjestelmän ohjaus- ja operointitoiminnot on toteutettu Hyötyvoimalaitoksen pääohjausjärjestelmänä käytetyllä Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmällä, johon on liitetty letkusuodattimen letkujen puhdistuksesta vastaava erillinen Alstomin toimittama EFFIC-järjestelmä sekä lopputuotteen lopputuotesiiloon kuljettavia pöyläheittämiä ohjaava logiikkaohjain Siemens S7-200, joka tullaan päivittämään vuonna 2018 uudempaan S7-1500 malliin.

4.1 Automaatiojärjestelmä Honeywell Experion PKS



Kuva 7. Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmän yksinkertaistettu järjestelmäkaavio (Honeywell Oy 2010a)

Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmän oleelliset komponentit ovat PMD-palvelin, sovellusasema (DM), valvomoasema sekä kenttäohjaimet

ja prosessiasemat. Komponentteja yhdistää Ethernet-pohjainen järjestelmäverkko, jossa ne liittyvät toisiinsa verkkokytönten välityksellä. Kuvassa 7 on esitetty Honeywell Experion PKS -järjestelmän yleistetty järjestelmäkaavio. (Honeywell Oy 2010a, 2-3.)

Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmän järjestelmäverkkona toimii Ethernet-pohjainen System Net, joka on aina varmennettu fyysisesti. Verkkoon kytkettyjen laitteiden välisen yhteyden vikasietoisuus voidaan toteuttaa Honeywellin kehittämällä Fault Tolerant Ethernet -protokollalla (FTE). FTE-menetelmää hyödyntävät laitteet liittyvät järjestelmäverkkoon kahden verkkoliittymän välityksellä, mutta niillä on vain yksi laitteen yksilöivä IP-osoite. Yksinkertaistettuna FTE-protokolla tarjoaa laitteiden välisille viesteille vaihtoehtoisia reittejä vikatilanteissa. (Honeywell Oy 2010a, 8-9.)

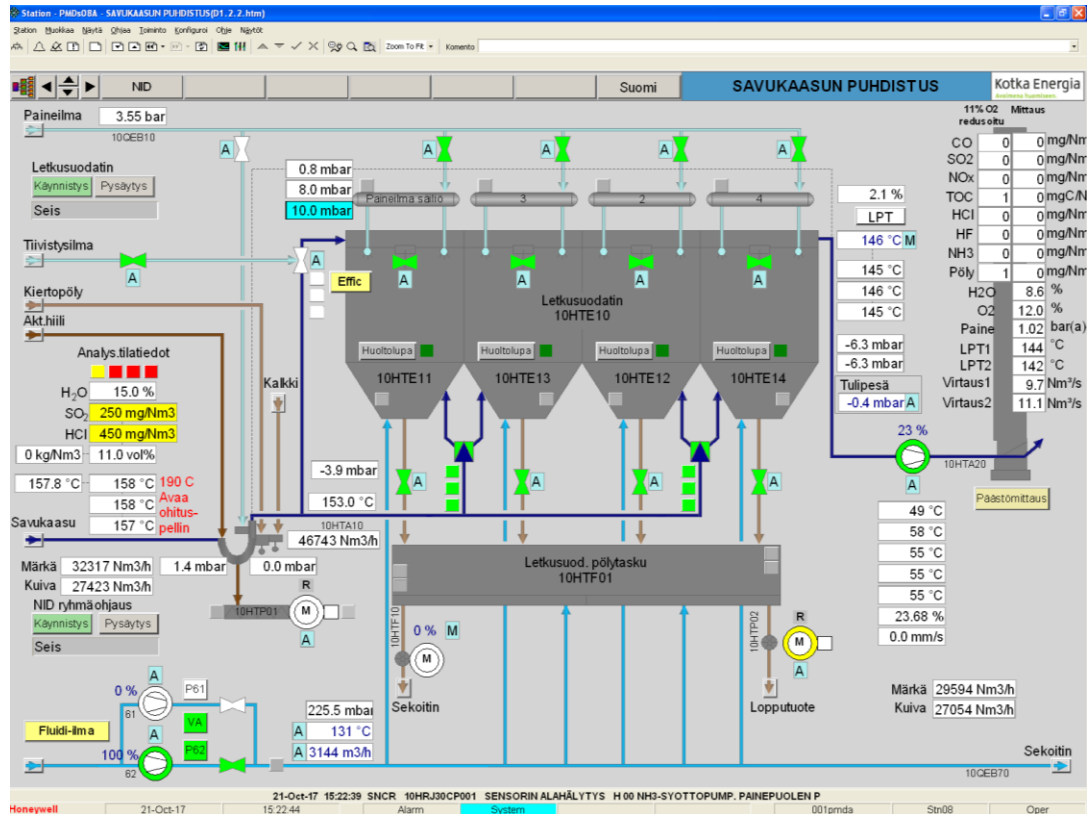
PMD-palvelin on Experion PKS -järjestelmän oleellinen osa, joka sisältää kaikki järjestelmään tehdyt sovellus- ja järjestelmämäärittelyt. Palvelin huolehtii myös järjestelmän hälytysten käsittelystä ja historiatietojen keruusta. Järjestelmän toimintavarmuuden takaamiseksi PMD-palvelin tyypillisesti varmenneetaan. Tällöin järjestelmään kuuluu kaksi identtistä palvelinta, joista toinen on varalla. Ensisijaisen palvelimen vikaantuessa varalla oleva palvelin ottaa ajovastuun ja järjestelmän toiminta jatkuu normaalisti. Liitteen 1 sivun 1 vasemmassa laidassa on esitetty Hyötyvoimalaitoksen järjestelmäkaappiin sijoitettu kahdenkertainen PMD-palvelin (001PMDA ja 001PMBD). (Honeywell Oy 2010a, 9-10.)

Sovellusasema on tietokone, joka sisältää ohjelmistot automaatiojärjestelmän ylläpitoa sekä järjestelmä- ja sovellusmäärittelyjä varten. Asemaa voidaan hyödyntää sovellusuunnittelussa myös järjestelmäverkon ulkopuolella, jolloin yhteyttä verkkoon tarvitaan ainoastaan sovelluksen PMD-palvelimelle siirtämisen yhteydessä. Experion PKS -järjestelmä sisältää kuitenkin aina vähintään yhden järjestelmäverkkoon liitetyn kiinteän sovellusaseman. Hyötyvoimalaitoksen ensisijainen sovellusasema (001DM001) on sijoitettu laitoksen ylläpitotilaan ja se on esitetty liitteen 1 sivun 1 vasemmassa alareunassa. (Honeywell Oy 2010a, 10.)

Experion PKS -järjestelmässä ohjattavan prosessin ja järjestelmän välisestä tiedonsiirrosta vastaavat PMD Controller -kenttäohjaimet. Kenttäohjaimet suorittavat prosessin säätö- ja ohjaustoimenpiteitä PMD-palvelimelta lataamiensa määrittelyiden perusteella sekä muodostavat muun muassa palvelimelle välitettävät hälytystiedot. Vanhemmista TotalPlant Alcont -järjestelmistä päivitetyissä Experion PKS -järjestelmissä voi vastaavia toimintoja suorittaa XRP-A-pohjainen prosessiasema, joka on liitetty osaksi järjestelmää kenttäohjaimen välityksellä. Hyötyvoimalaitoksen kenttäohjaimet on esitetty liitteen 1 sivulla 1 (FC1...3). Ohjaimien oikealla puolella on esitetty järjestelmän I/O-kehikot, jotka on liitetty kenttäohjaimiin IOLINE-väylän välityksellä. Ohjaimien alapuolella on esitetty kenttäohjaimien liittyminen prosessiin PROFIBUS-väylän välityksellä. PROFIBUS-osuuden esitys jatkuu liitteen 1 sivulla 2. (Honeywell Oy 2010a, 10-12.)

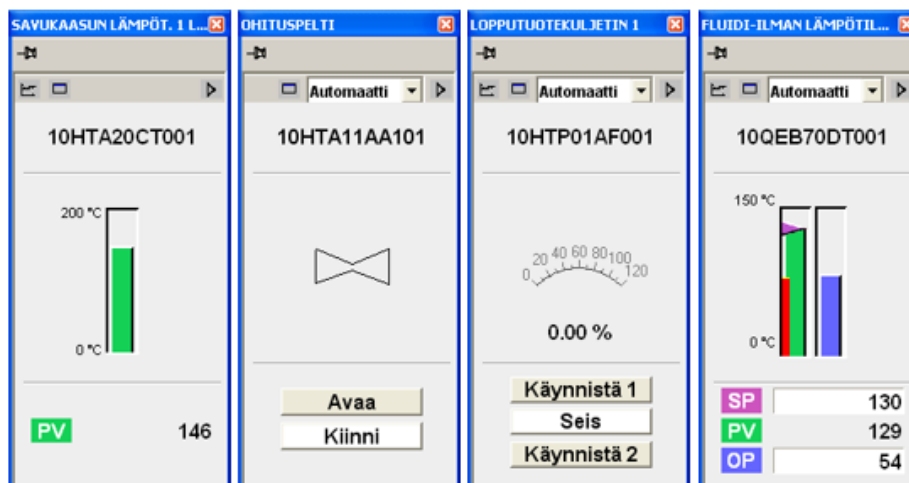
Valvomoasema on tietokone, joka sisältää Experion PKS -järjestelmän opeointiin ja valvontaan tarkoitetun HMIWeb -käyttöliittymän. Käyttöliittymän välityksellä on mahdollista valvoa ja ohjata järjestelmään liitettyjä prosesseja. Hyötyvoimalaitoksen päävalvomoon sijoitetut ensisijaiset valvomoasemat (001HM001, 001HM002 ja 001HM003) on esitetty liitteen 1 sivun 1 ylä-laidassa. (Honeywell Oy 2010a, 12.)

Operointi



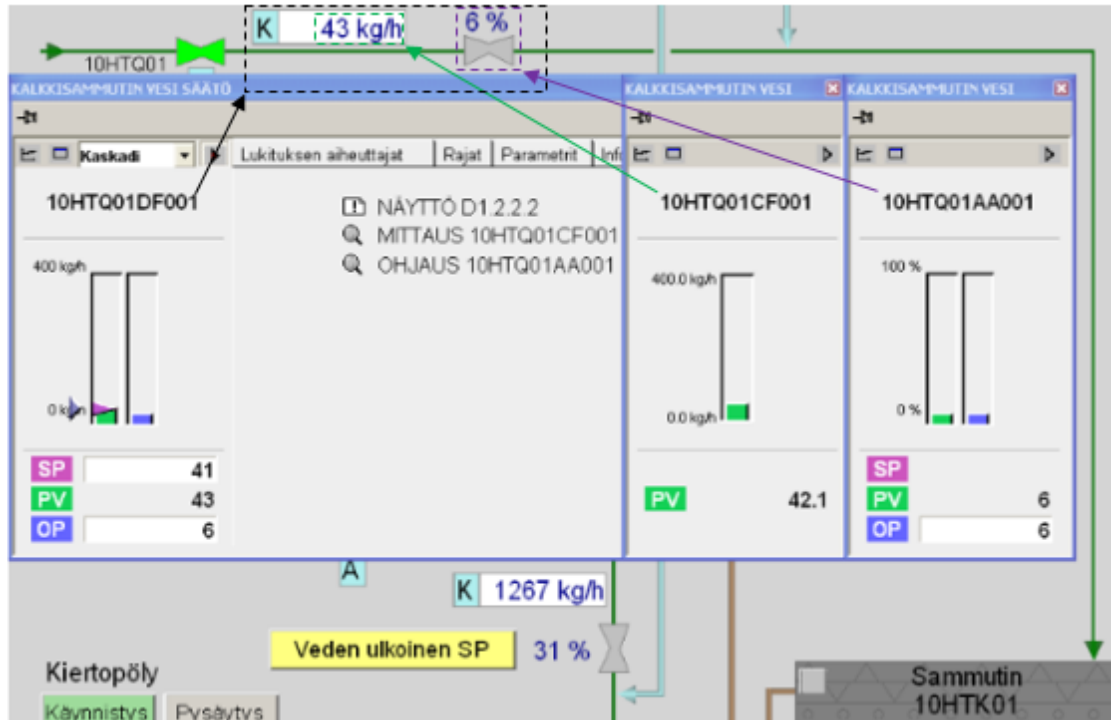
Kuva 8. Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistuksen prosessikaavionäyttö Honeywell Experion PKS -järjestelmässä

Experion PKS -järjestelmän operointi suoritetaan HMIWeb -käyttöliittymän välityksellä prosessikaavionäyttöä ja piirikuvia hyödyntäen. Kuvassa 8 on esitetty Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistusjärjestelmän päänäyttö. Näytössä esitetään muun muassa ohjattavan prosessin ohjausten ja säätöjen ajotavat, laitteiden tilatiedot, mittausarvot sekä prosessiin liittyvät hälytykset. Päänäyttöön voidaan määrittää erikseen avattavia tarkennekuvia, joissa esitetään prosessin tietty osa yksityiskohtaisemmin.



Kuva 9. Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmän käyttöliittymän piirikuvia

Operointi suoritetaan pääasiallisesti piirikuvien (kuva 9) välityksellä. Kuvat voidaan avata käyttöliittymästä niiden positiotunnusten tai niihin liitettyjen näyttöobjektien välityksellä. Piirikuvissa esitetään muun muassa piirien ajotavat, asetuservot (SP), mittausviestit (PV), ohjauservot (OP) sekä erinäiset ohjaustoiminnot. Piirikuvia voidaan tarkastella myös kuvan 9 esitystapaa laajemmassa muodossa, jossa esitetään välilehdittäin muun muassa piirin lukitukset, hälytys- ja varoitusrajat, piirin aseteltavat parametrit ja piiriin liittyvät muut piirit.

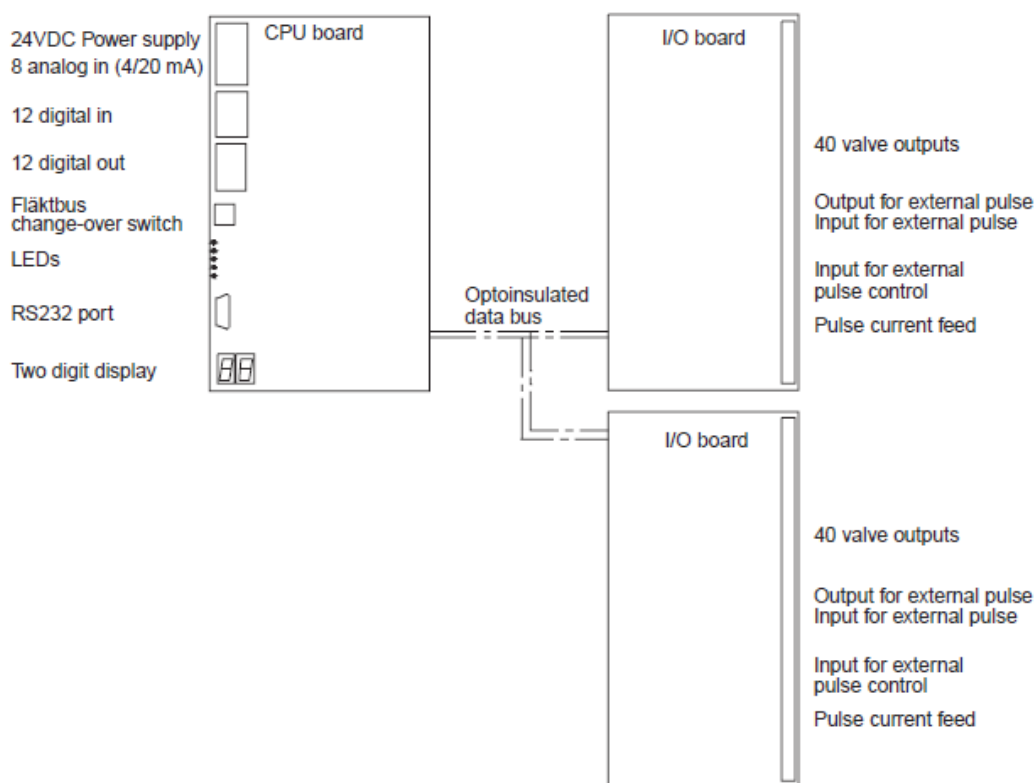


Kuva 10. Säätopiiriin 10HTQ01DF001 sekä sen mittauksen 10HTQ01CF001 ja säätöventtiilin 10HTQ01AA001 piirikuvat

Hyötyvoimalaitoksella automaatiopiirien pääpositiotunnuksina käytetään KKS-tunnusjärjestelmän mukaisesti muodostettuja konepaikkapositioneja, josta johtuen piirien keskinäistä yhteyttä ei voida todeta pelkkien positiotunnusten perusteella. Säätopiirien kohdalla niihin liittyvät mittaukset ja ohjaukset esitetään piirikuvan laajenteessa erillisinä linkkeinä operoinnin selkeyttämiseksi. Kuvassa 10 on esitetty säätopiiriin 10HTQ01DF001 sekä siihen liittyvän mittauksen ja ohjauksen piirikuvat. Piiri säättää normaaliajossa NID-järjestelmän kalkin sammuttimelle virtaavan veden määrää ohjaamalla venttiiliä 10HTQ01AA001 mittauksensa 10HTQ01CF001, veden ja kalkin suhteen asetuservon ja prosessiin annosteltavan kalkin kokonaismäärän perusteella. Muiden piirityyppien kohdalla yhteys toisiin piireihin esitetään piirikohtaisissa toimintakuvauksissa.

4.2 Puhdistuslogiikka EFFIC

EFFIC (*Fabric Filter Integrated Controller*) on Alstomin kehittämä letkusuodattimien letkujen puhdistukseen räätälöity ohjausjärjestelmä. Järjestelmän pääasiallinen tarkoitus on ohjata paineilmapulsseja magneettiventtiilien välityksellä suodattimen letkuille. Sen ydin on logiikkayksikkö, joka sisältää ohjauspiirilevyn sekä enintään kaksi I/O-yksikköä. Yksittäisellä logiikkayksiköllä voidaan toteuttaa korkeintaan 80 venttiilin yksittäisohjaus tai 800 venttiilin ryhmäohjaus. Ryhmäohjauksessa I/O-yksikköön on liitettävä erillinen ohjauspulsit välittävä komponentti, kuten puolijohderele. Kuvassa 11 on esitetty EFFIC-logiikkayksikön pääkomponentit. Ohjattavien venttiilien määrää voidaan kasvat-
taa myös muodostamalla useamman EFFIC-logiikan verkko. Tällöin yksi logiikoista määritellään tyypillisesti pääyksiköksi, jonka välityksellä ohjataan muita EFFIC-logiikoita. (Alstom Power Service 2006, 5.)



Kuva 11. EFFIC-logiikkayksikön pääkomponentit (Alstom Power Service 2006, 31)

Operointi

EFFIC-järjestelmää voidaan operoida järjestelmän kanssa samaan verkkoon liitetyllä tietokoneella. Järjestelmään kuuluu oletuksena verkkoselainpohjainen

operointikäyttöliittymä, jonka välityksellä järjestelmää voidaan ohjata ja valvoa. Vaihtoehtoinen tietokonepohjainen operointiratkaisu on erillinen ProMo-ohjelmisto. Erillisen ohjelmiston käytön etuja ovat muun muassa selkeä graafinen käyttöliittymä sekä prosessitietojen ja hälytysten jatkuva seuranta ja tallennus. (Alstom Power Service 2006, 5.)

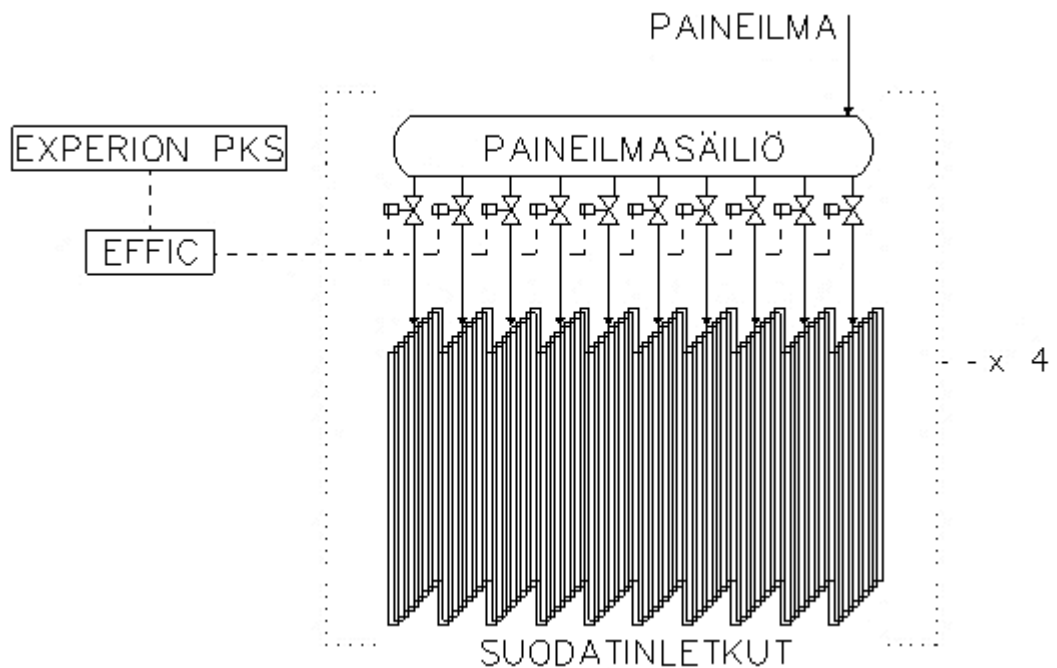
EFFIC-järjestelmä voidaan myös liittää osaksi korkeamman tason automaatiojärjestelmää. Tällöin järjestelmän päätoimintojen ohjaus ja tarkkailu voidaan toteuttaa pääautomaatiojärjestelmän välityksellä, mutta puhdistuksen ohjaukseen liittyvät parametrit on asetettava järjestelmän omien operointikäyttöliittymien tai erillisen fyysisen käyttöpaneelin välityksellä. (Alstom Power Service 2006, 27.)

Puhdistuksen ohjaus

EFFIC-logiikkayksikössä on neljä sisäänrakennettua puhdistuksen ohjausmenetelmää. Ensimmäinen menetelmä ohjaa paineilmapulsseja suodattimen letkulle säännöllisesti, mikäli paine-ero letkusuodattimen yli on sen asetusarvoa korkeampi. Toinen menetelmä on paineilmapulssien aikaohjaus. Pulssien välillä voi olla korkeintaan yksi tunti. Kolmas menetelmä perustuu letkujen pinnalle kertyneen pölykerroksen laskennalliseen paksuuteen. Paksuus määritetään letkusuodattimen paine-eron sekä sen läpi virtaavan kaasumäärän perusteella. Neljäs menetelmä on pulssien ohjaus käsiajolla tai korkeamman automaatiojärjestelmän toimesta. Eri puhdistuksen ohjausmenetelmien samanaikaista käyttöä ei ole rajoitettu. (Alstom Power Service 2006, 25.)

EFFIC-järjestelmän tuottaman paineilmapulssin pituudelle voidaan määrittää kiinteä arvo väliltä 10–1000 ms. Järjestelmässä on sisäänrakennettu suojausmekanismi, jonka takia pulssien välillä on aina vähintään pulssin pituuteen nähden viisinkertainen tauko. Paineilmapulssin pituus voidaan myös sijoittaa ohjattavien venttiileitä edeltävän paineilmasäiliön painemittaukseen. Paineperusteisen pulssin pituuden etuna on letkujen vähäisempi kuluminen. (Alstom Power Service 2006, 26.)

Käyttö Hyötyvoimalaitoksella



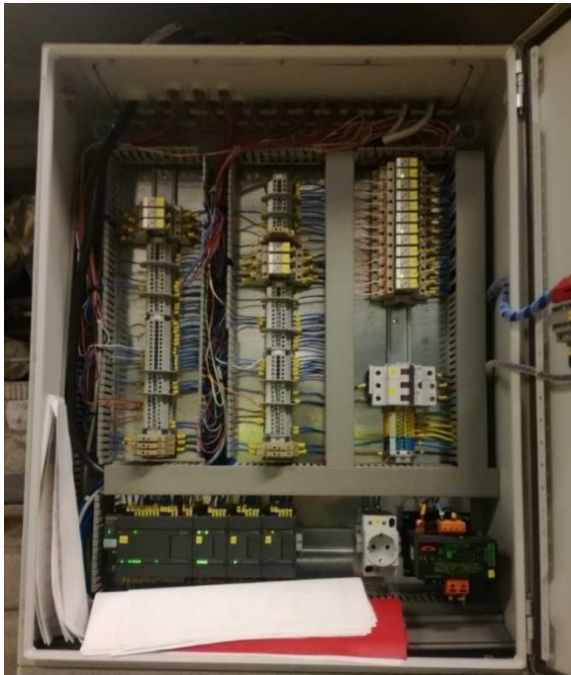
Kuva 12. Hyötyvoimalaitoksen EFFIC-järjestelmän yksinkertaistettu järjestelmäkaavio

Hyötyvoimalaitoksen EFFIC-järjestelmän periaatteellinen järjestelmäkaavio on esitetty kuvassa 12. Laitoksella yksi EFFIC-logiikka ohjaa 40 magneettiventtiiliä ja se toimii pääautomaatiojärjestelmän alaisena. Logiikkayksikön toiminta käynnistyy letkusuodattimen sekvenssiohjelman ohjaamana ja letkujen puhdistustarve määritetään laitoksen savukaasumäärän, letkusuodattimen yli mitatun paine-eron sekä kyseisen paine-eron asetusarvon perusteella. Tämän lisäksi logiikka ohjataan antamaan ylimääräisiä paineilmapulsseja, mikäli NID-laitoksen pölytaskun pinta on liian alhainen.

4.3 Logiikkaohjain Siemens S7-200

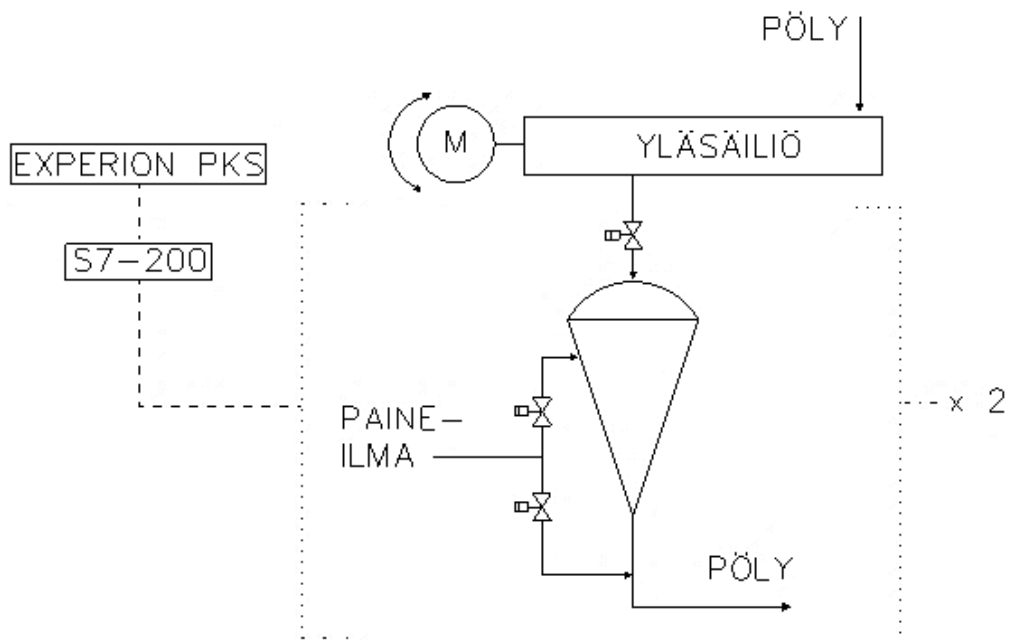
Siemens S7-200 on niin kutsuttu mikrologiikkaohjain, joka soveltuu pienten ja keskisuurten järjestelmien ohjaustoimintojen toteuttamiseen. Ohjain tarkkailee tulojensa tiloja ja suorittaa ohjaustoimintoja lähtöjensä välityksellä sille tehtyjen sovellusmäärittelyiden mukaisesti. Logiikkaohjaimen toiminnallisuutta voidaan laajentaa ohjaimen tarkemmasta mallista riippuen korkeintaan seitsemällä laajennusosalla, kuten ylimääräisillä IO-yksiköillä tai esimerkiksi PRO-FIBUS-DP -kenttäväyläliitännän tarjoavalla yksiköllä. Logiikkaohjaimista voidaan myös muodostaa verkko, joka mahdollistaa suurempien järjestelmien ohjauksen. (Siemens AG 2008.)

Käyttö Hyötyvoimalaitoksella



Kuva 13. Pöylähettimien S7-200 -logiikkaohjaimen kytkentäkaappi (Arola 2017)

Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistusjärjestelmän lopputuotteen pöylähettimiä ohjataan kuvan 13 vasemmassa alareunassa esitetyllä S7-200 -logiikkaohjaimella, joka on liitetty laitoksen pääautomaatiojärjestelmään. Logiikkasovellus hyödyntää 34 digitaalista IO-pistettä, joista 15 on tuloja ja 19 lähtöjä.



Kuva 14. Hyötyvoimalaitoksen pöylähettimien logiikkaohjauksen yksinkertaistettu järjestelmäkaavio

Kuvassa 14 on esitetty pöyläheittimien ohjauksen yksinkertaistettu järjestelmäkaavio. Pöyläheittimiä on kaksi ja ne siirtävät pölyä lopputuotesiiloon vuorotellen. Läheittimien toiminta jaetaan täyttö- ja kuljetusvaiheisiin. Täyttövaiheessa lopputuotekuljettimelta pöyläheittimien yläsäiliöön kulkeutunutta pölyä siirretään pöyläheittimen painesäiliöön täyttöventtiilin kautta. Yläsäiliön sekoitin pyörii täyttövaiheessa olevan läheittimen suuntaan. Kun täyttövaiheelle asetettu kiinteä ajanjakso on kulunut, logiikkaohjain pyrkii siirtymään kuljetusvaiheeseen. Kuljetusvaiheeseen siirtyminen edellyttää pääautomaatiojärjestelmän antamaa kuljetuslupaa. Kuljetusluvan viesti muodostetaan pöyläheittimen ajotavan, lopputuotesiilon pintamittausten ja poistopuhaltimen käyntitiedon perusteella. Näin varmistetaan, ettei pölyä yritetä siirtää esimerkiksi liian täyteen siiloon. Kuljetusvaiheessa painesäiliö paineistetaan paineilmalla ja pöly siirtyy kuljetusputkeen. Tällöin säiliön paineistus keskeytyy hetkeksi ja kuljetusputkeen johdetaan lisäilmaa, joka työntää pölyä kohti lopputuotesiiloa. Kun säiliö ja putki ovat tyhjentyneet pölystä ja painesäiliön paine on laskenut tarpeeksi alas, kuljetusvaihe päättyy.

Pääautomaatiojärjestelmän muodostamaa kuljetuslupaa lukuun ottamatta logiikkaohjain toimii itsenäisesti. Logiikka välittää pääautomaatiojärjestelmälle pöyläheittimien ajotavat, häiriötiedot sekä edellä kuvatun toiminnan tilatiedot. Läheittimien erillisohtaminen ei ole mahdollista pääautomaatiojärjestelmän operointikäyttöliittymän välityksellä.

Logiikalla on paikallinen ohjauspaneeli, joka sisältää pöyläheittimien ohjauskytkimet ja merkkivalot, joilla ilmaistaan läheittimien ajotapa ja järjestelmän ohjaukseen liittyvät häiriöt. Ohjauspaneelia käytetään pääasiassa häiriö- ja huoltotilanteissa. Läheittimien ohjauskytkimillä on kolme asentoa. A-asennossa pöyläheitin toimii automaattisesti logiikkaohjauksen mukaisesti, O-asennossa läheittimen toiminta keskeytyy ja St-asennossa läheittimen painesäiliöön siirretään pölyä, kunnes kytkin vapautetaan.

5 PIIRIKOHTAISET TOIMINTAKUVAUKSET

Piirikohtaisissa toimintakuvauksissa voidaan esittää muun muassa piirin positiotunnus, nimi, toiminta, lukitukset ja niiden aiheuttajat, hälytykset, muille piireille välitettävät tiedot sekä kuvauksen muutoshistoria. Toimintakuvauksien

laadinta voidaan aloittaa jo automaatioprojektin määrittelyvaiheessa, jonka jälkeen niiden sisältö tarkentuu projektiin liittyvän suunnittelun edetessä. Laadittuja toimintakuvauksia hyödynnetään automaatio-sovellussuunnittelussa sekä myöhemmin mahdollisesti myös operoinnin ja kunnossapidon tukena. (Mäkelä 2005, 21; Immonen 2017.)

Viime vuosina jälkitoimituksena tilattujen piirikohtaisten toimintakuvausten laatiminen on yleistynyt selkeästi. Eräs syy tälle on laitosten käyttöorganisaatioiden pienentyminen, jolloin hiljaisen tiedon kulkeutuminen eteenpäin saattaa katketa. Tällöin huolellisesti laaditut kirjalliset toimintakuvaukset tuovat operoinnin kannalta oleelliset tiedot automaatiopiireistä koko käyttöhenkilöstön saataville, joka parantaa laitoksen ajettavuutta. (Immonen 2017.)

5.1 Rooli automaatio-suunnittelussa

Piirikohtaisia toimintakuvauksia alettiin laatia osana automaatioprojekteja 1990-luvun loppupuolella ja kuvausten yleinen laadinta sekä niissä käytetyt nykyiset esitystavat alkoivat vakiintua kiinteäksi osaksi automaatio-suunnittelua 2000-luvun alkupuolella. Ennen piirikohtaisia toimintakuvauksia automaatio-suunnittelussa käytettiin yleisesti säätökaavioita, joissa saatettiin esittää useita laajoja kokonaisuuksia yhdessä dokumentissa. Tämän lisäksi yksittäiset prosessisuunnittelijat saattoivat esittää automaatiopiirien lukitukset sekä ohjaustoiminnot kirjallisesti laatimissaan prosessiselostuksissa, mutta tyypillisempää oli, että sovellussuunnittelija joutui käymään läpi useita eri dokumentteja piirin toimintaa selvittäessään. (Mäkelä 2005, 21; Immonen 2017.)

Nykyisin piirikohtaiset toimintakuvaukset laaditaan yleensä aina, kun projektiin sisältyy vakiomuotoisesta ratkaisusta poikkeavaa prosessisuunnittelua tai esimerkiksi vanhan automaatiojärjestelmän päivitystoimenpiteitä. Kuvausten laadinnassa on myös toimialakohtaisia eroja. Paperi- ja selluteollisuuden laitoksiin liittyvissä automaatioprojekteissa toimintakuvaukset laaditaan lähes poikkeuksetta, mutta esimerkiksi pienillä voimalaitoksilla ja elintarviketeollisuudessa niitä ei aina koeta tarpeellisiksi. (Immonen 2017; Asiantuntija 1 2017.)

Ennen toimintakuvausten laadintaa niiden sisältö ja väliotsakkeet sovitaan tyypillisesti yhdessä asiakkaan kanssa. Varsinaiset toimintakuvaustiedostot luodaan tämän jälkeen esimerkiksi erillisellä HTML-editorilla, tietokantasovelluksella tai tekstinkäsittelyohjelmalla. Nykyaikaisiin tietokantasovelluksiin voidaan tuoda piirien positiotunnukset ja nimet suoraan suunnittelutietokannasta, jolloin toimintakuvausten hallinta tehostuu. Menettelyn ansiosta esimerkiksi kuvausten sisältämät linkit päivittyvät automaattisesti mahdollisten piirimuutosten yhteydessä. (Immonen 2017.)

Piirikohtainen toimintakuvaus tulisi laatia siten, että automaatiopiirin sovellusohjelma olisi mahdollista tehdä sen pohjalta. Käytännössä monimutkaisia lukitus- ja ohjausketjuja on kuitenkin vaikea esittää kirjallisesti. Kirjallisissa toimintakuvauksissa esitetyt asiat voivat myös olla tulkinnanvaraisia, jolloin sovellussuunnittelijasta riippuen kuvauksen perusteella laadittu sovellus voi olla hyvin erilainen. Tällaisissa tapauksissa graafinen toimintakaavio, jossa esitetään kaikki piirin suunniteltu ohjelmallinen toiminta, on selkeämpi esitystapa. Laitetoimittajilla on usein omista laitteistaan ja osaprosesseistaan laaditut vakio- muotoiset toimintakaaviot, joita voidaan hyödyntää sovellussuunnittelussa. Toimintakaavioiden hyödyntäminen edellyttää kuitenkin loogisten operaatioiden ja muiden kaavioissa käytettyjen merkintöjen lukutaitoa, jolloin niiden käyttäminen esimerkiksi automaatioprojektiin liittyvissä asiakkaan kanssa käytävissä neuvotteluissa ei ole aina tarkoituksenmukaista. Tällöin huolellisesti laaditut piirikohtaiset toimintakuvaukset ovat parempi dokumenttivalinta. (Immonen 2017; Asiantuntija 1 2017.)

5.2 Operoinnin tukena

Hyötyvoimalaitoksen operaattorien automaatiopiirien tuntemus perustuu nykyisin kokemukseen ja laitoksen koulutukseen sekä niihin liittyviin materiaaleihin. Laitoksen valvomossa on myös automaatiojärjestelmän pääpiirien toimintaan liittyviä dokumentteja sekä automaatiojärjestelmän käyttöohjeet, joiden perusteella operaattorit voivat tulkita automaatiopiirien toimintaa yleisesti. Operaattorit voivat myös tarkastella muun muassa automaatiopiirien piirikaavioita laitoksen kunnossapitojärjestelmän välityksellä, mutta niistä ei selviä yksittäisen automaatiopiirin tarkka ohjelmallinen toiminta. Muistin, yleisten automaatiодо-

kumenttien ja laitoksen toimintaa yleisesti kuvaavien materiaalien varassa toimiminen voi johtaa virheellisiin käsityksiin sekä operointitoimenpiteisiin. (Arola 2017; Jalkanen 2017.)

Automaatiojärjestelmään ladatut piirikohtaiset toimintakuvaukset ovat nopeasti käytettävissä ja ne tukevat laitoksen päivittäistä operointia sekä mahdollisesti sujuvoittavat uusien työntekijöiden perehdytysprosessia. Operointia tukevassa toimintakuvauksessa tulee esittää käsiteltävän piirin perustoiminta selkeästi. Esimerkiksi säätöpiirin kohdalla vaikuttavan mittauksen sekä mahdollisen ulkoisen asetusarvon lähde ja muodostuminen ovat asioita, jotka eivät aina selviä operointikäyttöliittymästä. Perustoiminnan lisäksi operointia oleellisesti tukevia tietoja ovat piirin yhteys muihin piireihin sekä piirin lukitusohjaukset ja niiden aiheuttajat. Sekvenssien toimintakuvausten kohdalla vastaavasti erityiseen rooliin nousevat sekvenssien aloitusehdot ja askellukset etenemisehtoineen. Vikatilanteessa operaattori voi edellä esitettyjen tietojen perusteella jäljittää vian mahdollisen aiheuttajan itsenäisesti, jolloin prosessin saattaminen normaaliin ajotilanteeseen onnistuu nopeammin. Ilman toimintakuvauksia vastaavissa tilanteissa piirin toiminta joudutaan selvittämään erinäisten lähteiden ja dokumenttien avulla, joka piirin monimutkaisuudesta riippuen voi viedä huomattavasti aikaa. (Arola 2017; Jalkanen 2017.)

6 TYÖN TOTEUTUS

6.1 Käytetty aineisto

Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistusjärjestelmä ja siihen liittyvä automaatio on dokumentoitu kattavasti erinäisten tahojen toimesta ja kaikki aiheesta olemassa oleva aineisto oli vapaasti käytettävissä koko opinnäytetyöprosessin ajan. Toimintakuvausten laatimisen kannalta merkittävimpiä dokumentteja olivat NID-järjestelmän prosessikuvaus, laitteistojen käyttöohjeet, PI-kaaviot, sijaintipiirustukset, ohjaus- ja säätökaaviot sekä Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmän sovellusohjelmat.

Prosessikuvaus ja käyttöohjeet

Kuvausten laadinnassa hyödynnettiin NID-järjestelmän toimittajan laatimia dokumentteja, joissa kuvaillaan järjestelmän prosessitekkinen toiminta yksityiskohtaisesti. Kuvauksissa on esitetty muun muassa järjestelmän prosessin kulku, pääkomponenttien toiminta ja käytettyjen kemikaalien ominaisuudet. Dokumentteja ei ole päivitetty laitoksen käyttöönoton jälkeen, mutta opinnäytetyössä käsitelty NID-järjestelmä on pysynyt pääpiirteiltään alkuperäistä järjestelmäkuvausta vastaavana ja täten dokumentteja voidaan hyödyntää prosessitekkinen tarkastelun tukena.

Työssä hyödynnettiin myös NID-järjestelmälle ja sen laitteille laadittuja kirjallisia huolto- ja käyttöohjeita. Ohjeet sisältävät toimintaohjeet järjestelmän ylös- ja alasajoa, häiriötilanteita sekä NID-järjestelmän yleistä operointia koskien. Ohjeissa esitetyt yksityiskohtaiset laitetiedot selventävät eri osien teknistä toimintaa ja täten ohjaustarpeita.

PI-kaaviot ja sijaintipiirustukset

PI-kaavioissa eli putki- ja instrumenttikaavioissa esitetään kaikki tarkasteltavaan prosessiin kuuluvat putkilinjat, laitteet ja automaatiopiirit sekä näiden kaikkien yksilölliset tunnuksot. Liitteessä 2 on esitetty NID-järjestelmän sekoittimen ja kalkin sammuttimen PI-kaavio. Liitteen PI-kaaviossa automaatiopiirien positiotunnukset muodostuvat standardin SFS-ISO 14617-6 mukaisesta toimintaa kuvaavasta kirjainyhdistelmästä sekä piirin KKS-tunnuksen laitteistotunnusosasta. Menettely mahdollistaa piirien yleisen toiminnan yksiselitteisen esittämisen kaavioissa KKS-tunnusten rinnalla. Kaaviot rajataan tyypillisesti prosessialueiden mukaan erillisiin dokumentteihin, kuten NID-järjestelmänkin kohdalla on menetelty. PI-kaavioiden visuaalinen esitystapa mahdollistaa yksittäisen automaatiopiirin vaikutusalueen paikantamisen tarkasteltavassa prosessissa, joka on yksi edellytys piirin tarkoituksen ja toiminnan ymmärtämiselle. (PSK 3603: 2012, 3.)

NID-järjestelmän toimittaja on laatinut järjestelmän oleellisimmille komponenteille sijaintikaaviot, joissa esitetään rakennekuva NID-järjestelmän tietyistä osuudesta sekä siihen kuuluvien komponenttien KKS-tunnuksot ja sijainnit.

Kaaviot on jaettu erillisiin dokumentteihin laitoksen fyysisen rakenteen mukaisesti. Kaavioita hyödynnettiin suuntaa antavina karttoina kenttälaitteiden laitetietojen määrityksen yhteydessä.

Ohjaus- ja säätökaaviot

NID-järjestelmän kaikille yksittäis- ja sekvenssiohjauksille sekä erillislukituksille on laadittu omat ohjauskaaviot. Liitteessä 3 on esitetty NID-järjestelmän letkusuodattimen ohituskanavan sulkupellin 10HTA11AA101 ohjauskaavio. Ohjauskaavion vasemmassa laidassa eli tulopuolella esitetään piiriin liittyvät ohjaukset ja lukitusten aiheuttajat. Keskellä kaaviota on esitetty lukitus- (P), automaatti- (A) ja käsiajo-ohjausten (M) muodostuminen logiikkapiirien ja muiden erinäisiä toimintoja kuvaavien symboleiden avulla. Kaaviossa esitetään myös piirin ajotapaan (M/A) vaikuttavat tekijät. Oikeassa laidassa eli lähtöpuolella esitetään piirin tilatiedot. Sekvenssiohjausten kaaviot vastaavat esitystavaltaan liitteen 3 ohjauskaaviota, mutta niissä esitetyt toiminnot on jäsennelty tarkasteltavan sekvenssin askelten mukaisesti.

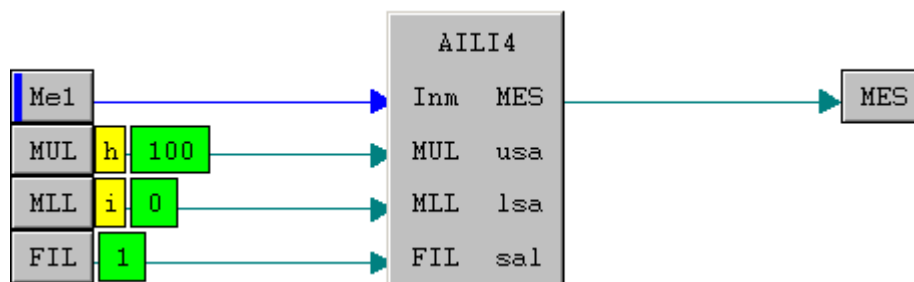
Säätökaavioissa esitetään säätöpiirin toiminta logiikkapiirien, laskentafunktioiden ja esimerkiksi ehdollisten kytkinten avulla. Kaavioissa esitetään myös säätöpiiriin liittyvät prosessilaitteet ja putkilinjat. Liitteessä 4 on esitetty piiriin 10HTA20DP001 säätökaavio. Piiri säätää tulipesän painetta antamalla nopeusohjeen savukaasupuhaltimelle 10HNC10AN001. Nopeusohje muodostetaan kolmesta tulipesän painemittauksesta arvoltaan keskimmäisen sekä säätimen paikallisen asetusarvon (LSP) perusteella. Säätimelle on myötäkytketty tulipesän paineeseen liittyvästä palamisilman kokonaisuudesta sekä NID-reaktorin ja letkusuodattimen paine-eromittauksista muodostettu viesti. Tulipesän paineeseen vaikuttavien olosuhteiden muuttuessa säädin korjaa ohjaustaan ja täten savukaasupuhaltimen nopeusohjetta myötäkytkennän perusteella. Menettelyllä hallitaan äkillisiä painemuutoksia. Mikäli kahden savukaasupuhallinta edeltävän painemittauksen keskiarvo on alle -50 mbar, generoidaan hälytys ja säätimen ohjaus lukitaan sen hetkiseen arvoonsa.

NID-järjestelmän ohjaus- ja säätötoiminnot ovat muuttuneet osittain laitoksen käyttöönoton jälkeen. Esimerkiksi edellä esitellyn piiriin 10HTA20DP001 myö-

täkytkentä ei enää vastaa säätökaaviossa esitettyä mallia, vaan siitä on kar-
sittu mittauksia pois. Ohjaus- ja säätökaavioita ei ole päivitetty muutosten yh-
teydessä, joten ajantasaisten toimintakuvausten laatiminen pelkästään niiden
perusteella ei ole mahdollista. Muutokset ovat kuitenkin olleet luonteeltaan
sellaisia, että kaavioita voidaan hyödyntää suuntaa antavina tukilähteinä so-
vellusohjelmien tarkastelussa.

Sovellusohjelmat

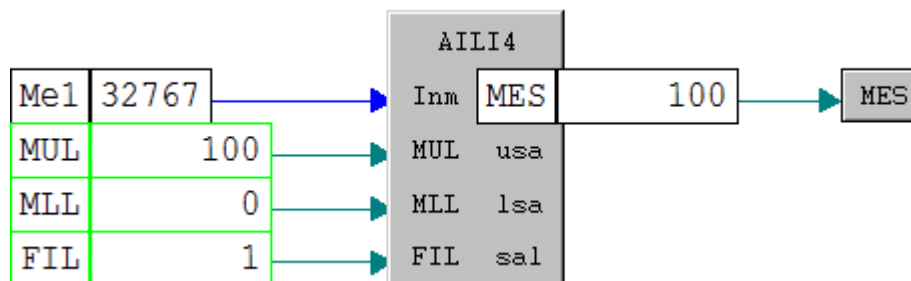
Honeywell Experion PKS -järjestelmässä sovellusmäärittelyt esitetään loh-
koina, jotka kerrostetaan hierarkkisesti. Tyypillisesti ylin lohko kuvaa tietyn
prosessialueen sovellusosastoa ja alin yksittäisen sovellusohjelman alilohkoa.
Järjestelmän mittauksien, säätöjen, moottori- ja venttiiliohjausten sekä muiden
prosessinohjaustoimintojen sovellusmäärittelyt tehdään graafisella lohkoedito-
rilla. Lohkoeditori sisältää valmiita peruslohkoja, joiden lisäksi järjestelmään
voidaan määrittellä tyyppilohkoja. Tyyppilohkot voivat koostua valmiista perus-
lohkoista tai niiden toiminta voidaan tarvittaessa määrittellä Pascal-ohjelmointi-
kielellä, mikäli ohjelma sisältää esimerkiksi monimutkaista laskentaa. (Honey-
well Oy 2010b.)



Kuva 15. Honeywell Experion PKS -järjestelmään määritelty mittauspiirin sovellusohjelma

Kuvassa 15 on esitetty yksinkertaisen mittauspiirin sovellusohjelma. Kuvan
vasemmassa laidassa on ohjelman tulopuolen reunalititimet, joista ylin (Me1)
on järjestelmään mittalaitteelta tuotu analoginen virta- tai jänniteviesti. Viesti
vietään perusmuotoiselle AILI4-lohkolle, joka skaalaa viestin mittausalueelle
määritetyn alarajan (MLL) ja ylärajan (MUL) mukaisesti sekä suodattaa sen
asetetun suodatusvakion (FIL) perusteella. Lohkolta lähtevä viesti (MES) on
järjestelmässä näkyvä lopullinen mittausarvo, jonka yksikkö voidaan määrittellä
sovellusohjelman kilpimäärittelyissä. Tyypillisesti mittauspiirin sovellus sisältää

vielä erillisen hälytysten käsittelystä vastaavan lohkon, joka välittää sille asetettujen rajojen ja ehtojen mukaisesti hälytykset operointikäyttöliittymään. (Honeywell Oy 2010b, 5.)



Kuva 16. Mittauspiirin toiminnan simulointi Honeywell Experion PKS -lohkosimulaattorissa

Sovellusohjelmien toimintaa voidaan tarkastella Experion PKS -järjestelmän sovellusmäärittelytyökaluihin oletuksena kuuluvalla lohkosimulaattorilla. Kun ohjelman toimintaa simuloidaan, sen sisältämien lohkojen liittimille voidaan syöttää haluttuja arvoja sekä vastaavasti tarkkailla syötettyjen arvojen vaikutusta niihin liittyviin lohkoihin ja liittimiin. Kuvassa 16 on esitetty aikaisemmin esimerkkinä käytetty sovellusohjelma simulointitilanteessa. Sovelluksen käyttämälle mittaukselle on annettu arvo 32767, joka vastaa sovellusympäristössä analogisen mittauksen ylärajaa. Tällöin skaalattu mittausarvo on vastaavasti mittausalueen ylärajan arvo eli 100. Simuloinnin avulla sovellusohjelman tarkastelija voi varmistaa ymmärtävänsä sovellusohjelman toiminnan oikein. (Honeywell Oy 2010b, 5.)

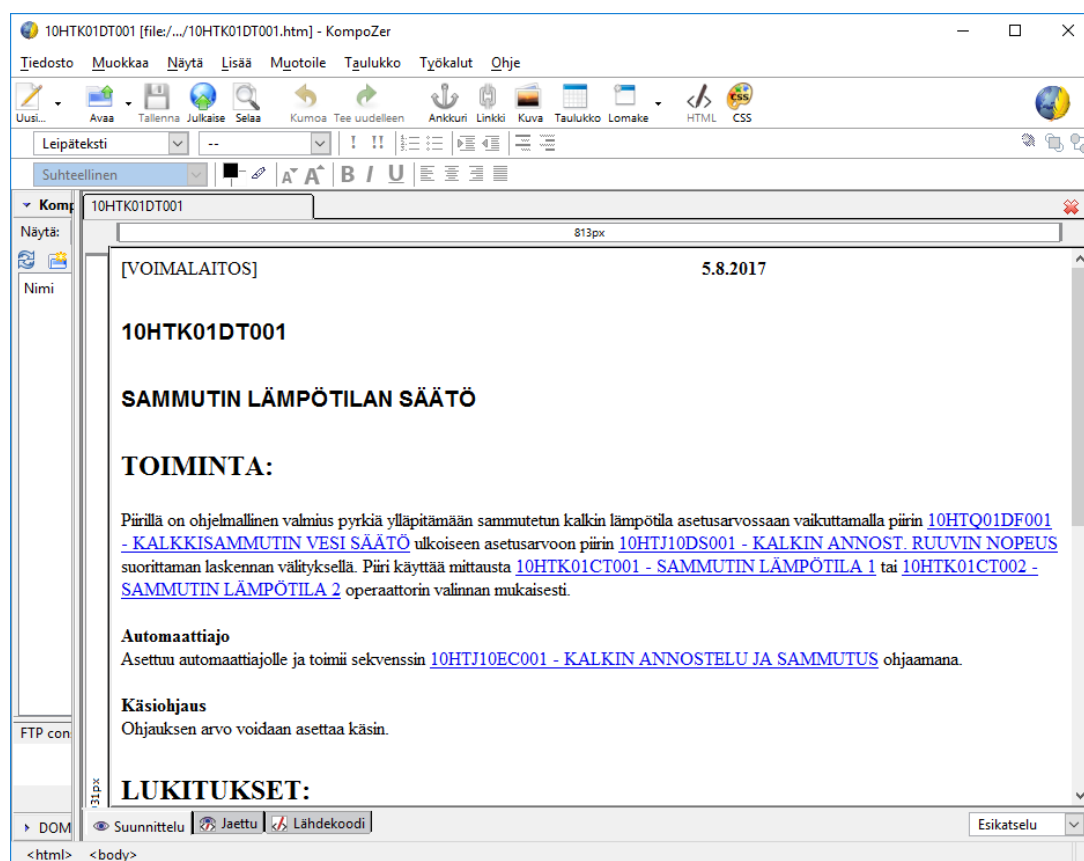
Automaatiojärjestelmään ladatut sovellusohjelmat sisältävät ajantasaiset sovellusmäärittelyt, joiden perusteella prosessin mittaus-, ohjaus- ja säätötoiminnot suoritetaan. Tämä tekee niistä ensisijaisen tietolähteen jo käytössä olevan automaatiojärjestelmän piirikohtaisten toimintakuvausten laadinnassa.

6.2 Toimintakuvausten laadinta

Opinnäytetyössä laadittiin yhteensä 105 toimintakuvausta savukaasun puhdistukseen liittyville piireille edellä esitetyn aineiston perusteella. Toimintakuvaukset laadittiin HTML-tiedostojen käsittelyyn tarkoitettulla KompoZer -ohjelmalla. Laadituissa toimintakuvauksissa esitetään käsiteltävän piirin positiotunnus, nimi, mahdolliset laitetiedot, toiminta yleisesti sekä eri ajotavoilla, lukitukset, hälytykset, piirin muille piireille välittämät tiedot ja toimintakuvauksen muutoshistoria.

KompoZer -ohjelma

KompoZer on avoimen lähdekoodin WYSIWYG (*What You See Is What You Get*) -ohjelma, jolla voidaan luoda HTML-dokumentteja. WYSIWYG-ohjelmissa muokattava dokumentti esitetään käyttäjälle sen lopullista asettelua vastaavassa muodossa. Dokumenttien muokkaus muistuttaa tyypillisten tekstinkäsittelyohjelmien käyttöä, joten ohjelman käyttö ei edellytä HTML-kielen tuntemusta. Ohjelma generoi käsiteltävälle dokumentille HTML-kielisen lähdekoodin, jota se päivittää käyttäjän tekemien muutosten perusteella. Ohjelman tuottamaa lähdekoodia voidaan muokata tarvittaessa myös käsin. Kuvassa 17 on esitetty KompoZer -ohjelman WYSIWYG-muokkaustila. (KompoZer 2017.)



Kuva 17. Kuvakaappaus KompoZer -ohjelmasta WYSIWYG-tilassa

Ohjelma soveltuu toimintakuvausten laadintaan sen monipuolisuuden ja helpokäyttöisyyden puolesta. Toimintakuvaukset ovat muotoilurakenteeltaan yksinkertaisia, mutta esimerkiksi ohjelman tarjoama linkitystyökalu nopeuttaa työskentelyä ja selkeyttää piirien keskinäisen yhteyden esittämistä lukijalle. Linkejä voidaan hyödyntää toimintakuvausten välillä liikkumiseen tai tiettyyn

kohtaan siirtymisessä toimintakuvauksen sisällä. Jälkimmäinen menettely parantaa toimintakuvausten käytettävyyttä, kun kyseessä on esimerkiksi erillisiin osiin jaetun sekvenssin laaja toimintakuvaus.

Toimintakuvausten sisältämien tietojen määrittäminen

Tässä osiossa käsiteltyjen asioiden esitysjärjestys seuraa liitteessä 5 esitettyä toimintakuvausrunkoa. Liite vastaa rakenteeltaan ja muotoilultaan opinnäyte-työssä laadittuja toimintakuvauksia.

PIIRIN POSITIOTUNNUS JA NIMI ovat ensimmäiset toimintakuvauksessa esitettävät tiedot. Sovellusohjelmissa nämä tiedot määritetään lohkoeditorin kilpimäärittelyissä. Positiotunnus ja nimi näkyvät määrittelyjen perusteella aikaisemmin esitellyissä piirikuvissa. Dokumentaation yhtenäisyyden kannalta on tärkeää, että piirikohtaisissa toimintakuvauksissa käytetään täsmällisesti sovellusohjelmille määritettyjä tunnuksia ja nimiä. Tällöin esimerkiksi sovellusohjelmien nimissä esiintyviä lyhenteitä ei avata myöskään toimintakuvauksissa.

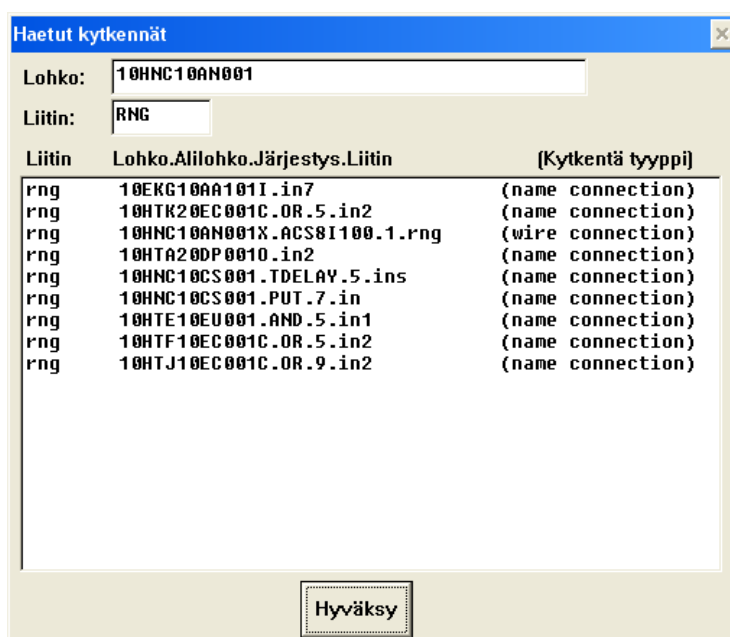
Toimintakuvauksien ensimmäisen pääotsikko on **LAITE**. Otsikon alle listataan piiriin liittyvän laitteiston oleelliset tiedot, kuten valmistaja ja tilaustunnus. Piirien kenttälaitteet paikallistettiin niiden KKS-tunnusten ja sijaintikaavioiden perusteella, jonka jälkeen niiltä kerättiin kunnossapidon kannalta oleelliset laitetiedot.

Kohdassa **TOIMINTA** esitellään piirin perustoiminta eri ajotavoilla. Yksinkertaisen mittauspiirin toiminta voidaan päätellä sen nimen ja piiriin liittyvän PI-kaavion perusteella, mutta monimutkaisemman säätöpiirin kohdalla toiminnan selvittäminen edellyttää tarkempaa tutustumista sen sovellusohjelmaan ja yleensä myös ohjattavaan prosessiin. NID-järjestelmän sovellusohjelmien sisältämä laskenta, kuten esimerkiksi ulkoisten asetusarvojen muodostaminen, on esitetty erillisten alilohkojen alla Pascal-ohjelmointikielillä. Pascal-kieliset ohjelmat on kommentoitu pääsääntöisesti hyvin, mutta kuvausten laadinnan yhteydessä tarkasteltavan piirin toiminta ja sen ymmärtäminen varmistettiin aikaisemmin esitellyillä lohkosimulaattorilla. Toinen säätöpiireihin oleellisesti liit-

tyvä tieto on säätimen toimituunta, joka selviää Honeywell Experion PKS -sovellusympäristössä säädinlohkon vahvistuskertoimen (GNF) etumerkin perusteella. Positiivisella vahvistuskertoimella säädin pienentää ohjaustaan, mikäli piirin mittaus on asetusarvoa korkeampi. Negatiivisella kertoimella säädin puolestaan kasvattaa ohjaustaan vastaavassa tilanteessa.

Otsikon **LUKITUKSET** alle listataan piiriin liittyvät lukitusohjaukset ja niiden aiheuttajat. Lukitukset on määritelty sovellusohjelmissa pääsääntöisesti erillisten lukitusalilohkojen alle, jotka tulojensa perusteella muodostavat lukitusohjauksen toteuttavan viestin. Viesti johdetaan tämän jälkeen varsinaisia ohjaustoimintoja suorittavan lohkon lukitustuloon, jolloin lohko suorittaa lukitusohjauksen.

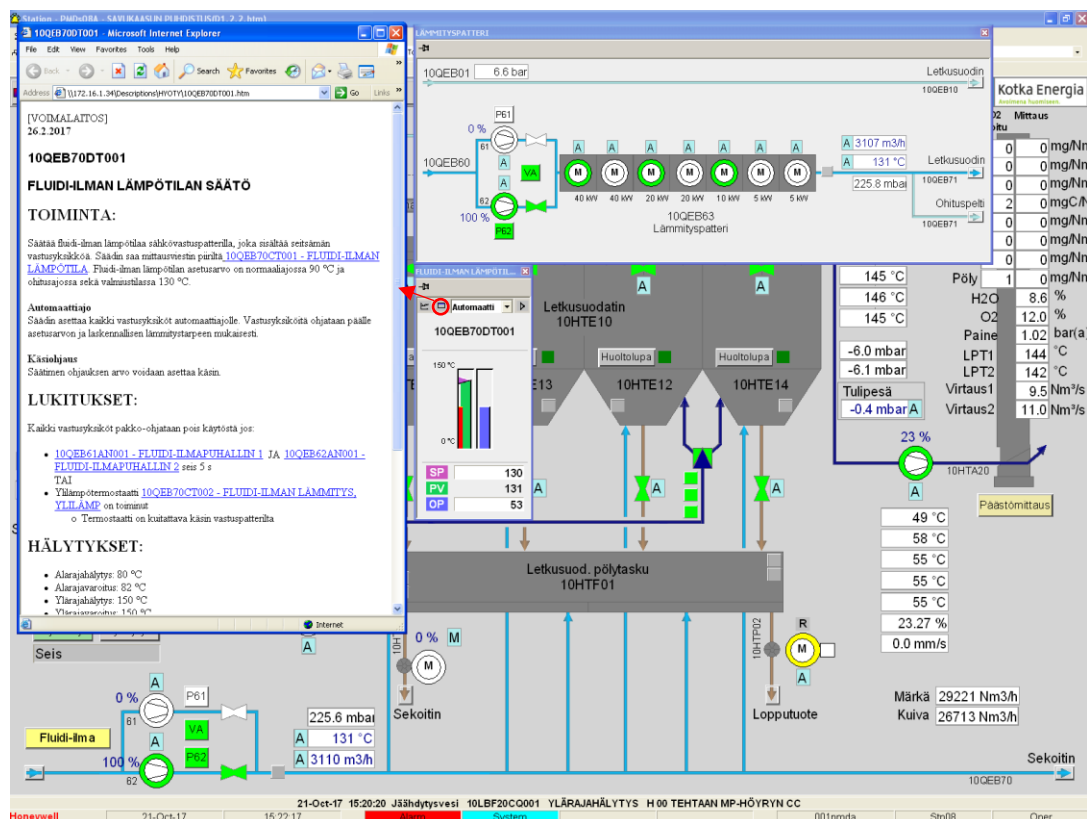
Kuten lukitukset, myös kuvauksissa seuraavavaksi esitetty **HÄLYTYKSET** käsitellään omissa alilohkoissaan. Tarkemmat hälytystekstit ja niiden aiheuttajat on määritetty alilohkon sisältämien hälytyslohkojen liittimiin. Kaikkia erillisiä tekstejä ei ole tuotu toimintakuvauksiin, vaan esimerkiksi moottorin ohjaukseen liittyvät hälytykset on supistettu muotoon ”moottoripiirin hälytykset”. Menettelyn tavoitteena on ylläpitää toimintakuvausten luettavuutta. Piirien varoitus-, hälytys- ja lukitusrajat on määritetty niitä vastaaviin reunaliittimiin sovellusohjelman päälohkossa.



Kuva 18. Piirin 10HNC10AN001 käytiedon välittyminen muille piireille

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN voidaan tarkastaa joko avaamalla kaikki sovellusohjelman ulkoiset liitännät esittävä näkymä tai käymällä ohjelman lähtöpuolen reunaliittimet läpi yksitellen. Kuvassa 18 on esitetty Hyötyvoimalaitoksen savukaasupuhaltimen 10HNC10AN001 käyntitiedon (rng) välittyminen muille piireille. Vakimuodosta poikkeavien liittinten kohdalla välitettävän tiedon tarkoitus on usein esitetty liittimen kuvauksessa, mutta toisinaan se täytyy selvittää tietoon liittyvistä alilohkoista ja niissä esitetystä laskennasta.

6.3 Toimintakuvausten käyttöönotto



Kuva 19. Säätiipiirin 10QEB70DT001 piirikohtainen toimintakuvaus operointikäyttöliittymässä

Toimintakuvauksia otettiin käyttöön tyypillisesti 20–40 kuvauksen ryhmissä. Ensimmäisten kuvausten kohdalla niiden perusrakenne ja tietojen oikeellisuus tarkastettiin satunnaisotannalla yhdessä toimeksiantajan SST-asiantuntijan kanssa ennen varsinaista käyttöönottoa. Näiden kuvausten yhteydessä myös käyttöhenkilökunnalle tiedotettiin kuvausten olemassaolosta ja toimintaperiaatteista. Operaattoreiden erillistä koulutusta ei katsottu tarpeelliseksi toimintakuvausten käytön suoraviivaisuudesta johtuen.

Kuvaukset nimettiin niihin liittyvien piirien positiotunnuksien mukaisesti, jonka jälkeen ne tallennettiin Honeywell Experion PKS -järjestelmän toimintakuvausten oletustiedostomuodon mukaisesti HTM-muotoon. Valmiit ja kertaalleen tarkastetut kuvaukset siirrettiin PMD-palvelimen toimintakuvauksille varattuun hakemistoon, jonka jälkeen niiden toiminta testattiin operointikäyttöliittymän piirikuvien välityksellä. Kuvassa 19 on esitetty piirikuvan toimintakuvauspainikkeen välityksellä avattu piirin 10QEB70DT001 toimintakuvaus operointikäyttöliittymässä. Kuvausten käyttöönoton jälkeen toimeksiantajan SST-asiantuntija aloitti toimintakuvausten oikolukuprosessin, jonka tarkoituksena on varmistaa kuvauksissa esitettyjen tietojen lopullinen oikeellisuus.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitoksen savukaasun puhdistukseen liittyville noin 100 automaatiopiirille kirjalliset toimintakuvaukset niihin liittyvien dokumenttien ja automaatiojärjestelmän sovel-lusohjelmien pohjalta sekä luoda toimeksiantajan laatiman asettelumallin mukaisia toimintakuvausrunkoja eri piirityypeille, joiden pohjalta tietosisällöltään yhtenäisiä kuvauksia voidaan laatia jatkossa lisää.

Työn tuloksena syntyi 105 piirikohtaista toimintakuvausta sekä yleisimpien piirityyppien kuvausrungot, joita voidaan hyödyntää kuvausten laadinnassa myös jatkossa. Hyötyvoimalaitoksen piirikohtaisia toimintakuvauksia on tarkoitus laatia tulevaisuudessa lisää opinnäyte- tai harjoitustöinä, joka pyrittiin huomioimaan myös tämän opinnäytetyön kirjallisen osuuden sisällössä. Näiden seikkojen perusteella työn tavoite voidaan katsoa täyttyneeksi.

Laadituissa piirikohtaisissa toimintakuvauksissa lukitukset on esitetty loogisia operaatioita hyödyntäen (liite 5). Menettely on otollinen automaatio-suunnittelun kannalta, mutta operoinnin yhteydessä se voi aiheuttaa sekaannuksia. Eri-tyisesti sana ”tai” mielletään usein poissulkevaksi, kun looginen TAI-operaatio on todellisuudessa ei-poissulkeva. Toimintakuvauksissa esitetään TAI-operaatioiden avulla useamman toisistaan riippumattoman yhtäaikaisen ehdon yhdistelmiä. Toisaalta loogisten operaatioiden käyttö myös selkeyttää kuvauksia, sillä yhtenä listana esitetyt ehdot voidaan tulkita yksittäiseksi laajaksi ehdoksi, jonka kaikkien osien tulee toteutua ehdon täyttymiseksi.

Toimintakuvausten sisältämät laitetiedot eivät vielä tämän opinnäytetyöprosessin jälkeen ole täydellisiä. Tietojen keräämistä hankaloittivat pääasiassa laitteiden kilpitiedot peittävät asennustavat ja laitteiden sijainnit. Laitetietoja voidaan tulevaisuudessa tarkentaa huolto- ja kunnossapitotöiden yhteydessä.

Eräs kuvausten laadinnan yhteydessä esille tullut kehitysidea on valokuvien sisällyttäminen toimintakuvauksiin. Ajatuksesta luovuttiin tämän opinnäytetyön osalta, mutta se on toteutuskelpoinen, kunhan kuvien laadun ja tiedostokoon välinen suhde saadaan optimoitua. Kuvien avulla voidaan esittää piiriin liittyvien laitteiden ulkonäkö ja sijainti, joka tukisi laitoksen kunnossapitoa. Kuvat tulisi määritellä avautumaan linkistä omaan ikkunaan, jolloin niiden lisäys ei vaikuttaisi toimintakuvausten luettavuuteen.

Toimintakuvausten tärkeimmät kehitys- ja muutostarpeet tulevat esille vasta pidemmän ajanjakson kuluttua, kun niiden sisältämiä tietoja on hyödynnetty laitoksen operoinnissa ja kunnossapidossa. Tästä johtuen laadittujen kuvausten kehitys- ja muutosprosessi ei pääty vielä tähän opinnäytetyöhön, vaan se jatkuu tulevaisuudessa alan opiskelijoiden ja toimeksiantajan edustajien toimesta.

LÄHTEET

- Alstom Finland Oy. 2009. Käyttö- ja huolto-ohjeet. Sisäinen kansio.
- Alstom Power Service. 2006. EFFIC Ethernet Operator's and Installation manual. Sisäinen asiakirja.
- Arola, V-M. 2017. SST-asiantuntija. Sähköpostiviesti 1.11.2017. Kotkan Energia Oy.
- Asiantuntija 1. 2017. Projekti-insinööri. Sähköpostiviesti 8.11.2017. Pöyry Finland Oy.
- Honeywell Oy. 2010a. Experion PKS Laitteistokäsikirja ver. 720. 1. Automaatiojärjestelmä. Sisäinen asiakirja.
- Honeywell Oy. 2010b. Experion PKS Sovellussuunnittelun käsikirja ver. 720. 4. Peruslohkot. Sisäinen asiakirja.
- Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. 1. painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Immonen, S. 2017. Projekti-insinööri. Sähköpostiviesti 30.10.2017. Pöyry Finland Oy.
- Jalkanen, P. 2017. Käyttöinsinööri. Sähköpostiviesti 7.11.2017. Kotkan Energia Oy.
- Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. 2004. Päätös ympäristösuojelulain 35 §:n mukaisesta ympäristölupahakemuksesta. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC5DF3DE6-DCFD-4B20-9312-FC4BC1C4C444%7D/79906> [viitattu 18.10.2017].
- Keppel Seghers. 2006. WASTE-TO-ENERGY – RDF Power Plants. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.keppelseghers.com/en/download.ashx?id=2756> [viitattu 9.10.2017].
- Kippo, A. K. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. 1. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- KompoZer. 2010. Ohjelmiston internetsivut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://kompozer.net/> [viitattu 12.10.2017].
- Koskelainen, L. & Majanne, Y. 2007. Teoksessa Joronen, T., Kovács, J. & Majanne, Y. (toim.) Voimalaitosautomaatio. 3. painos. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry, 26-53.
- Kotkan Energia Oy. 2017a. Hyötyvoimalaitos. Sisäiset esittelykalvot.
- Kotkan Energia Oy. 2017b. Yhtiön internetsivut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kotkanenergia.fi> [viitattu 13.9.2017].

Kotkan Energia Oy. 2016a. Hyötyvoimalaitoksen kuukausiraportti – tammikuu 2016. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://kotkanenergia.fi/sites/default/files/tiedostot/Tammikuu%202016%20Hy%C3%B6tyvoimalaitos.pdf> [viitattu 11.10.2017].

Kotkan Energia Oy. 2016b. Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitoksen yhteenvetoraportti 2016. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BCA4634AA-2CA6-496E-86EA-84121D74520A%7D/129015> [viitattu 30.9.2017].

Kotkan Energia Oy. 1996. KKS-sovellutusohje. Sisäinen asiakirja.

Mäkelä, M. 2005. Mitä vaativalta prosessiautomaatiolta on lupa odottaa?. *Kunnossapito* 8, 20-22.

PSK 3603. 2012. Prosessikaaviot ja merkinnät. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje.

Reddy, J. 2016. Energy Recovery from Municipal Solid Waste by Thermal Conversion Technologies. 1. painos. Leiden: CRC Press / Balkema.

SFS-EN 81346-1. 2010. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 1: Perussäännöt.

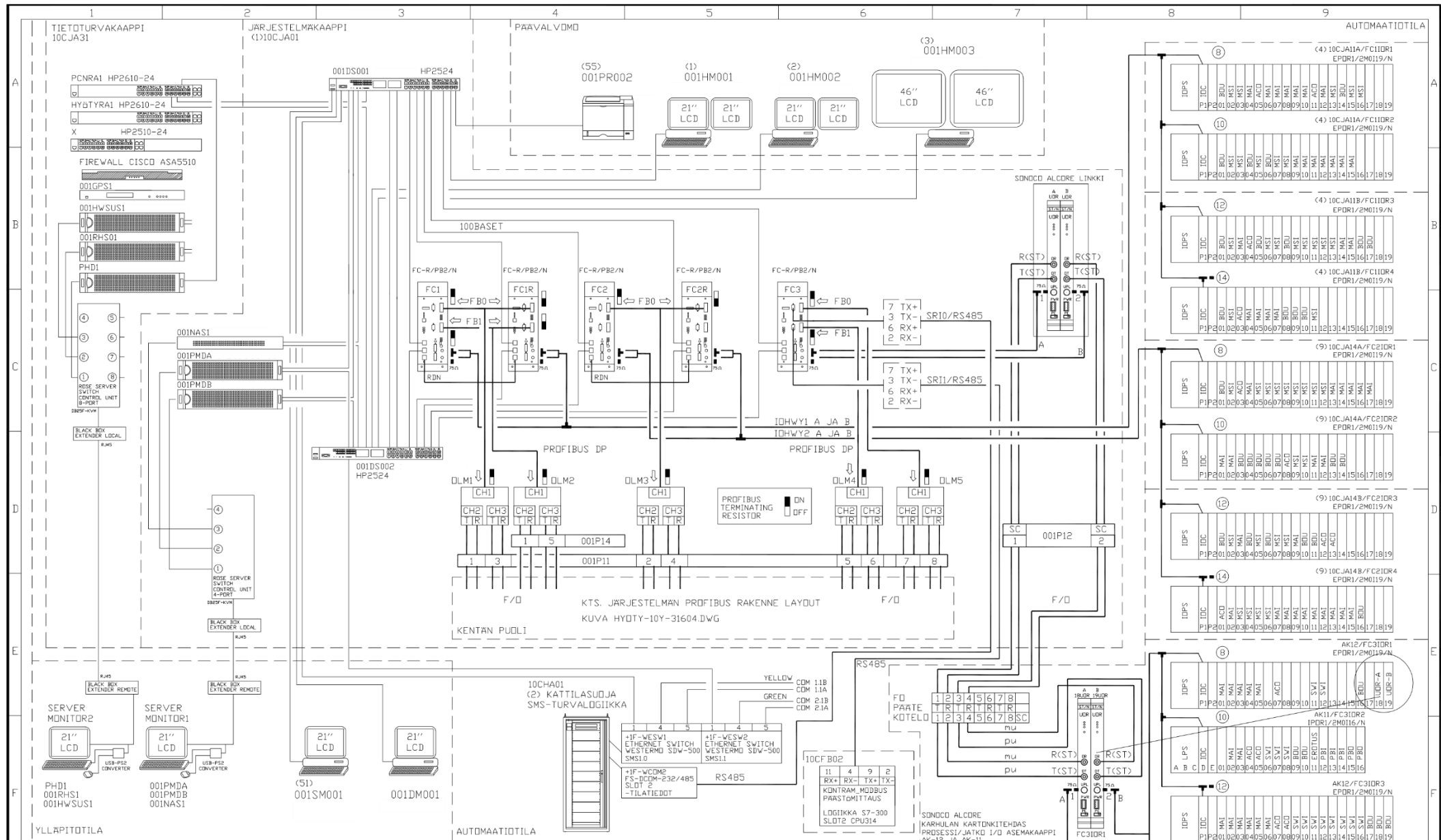
Siemens AG. 2008. S7-200 Programmable Controller System Manual. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/1109582/s7200_system_manual_en-US.pdf [viitattu 22.10.2017].

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527

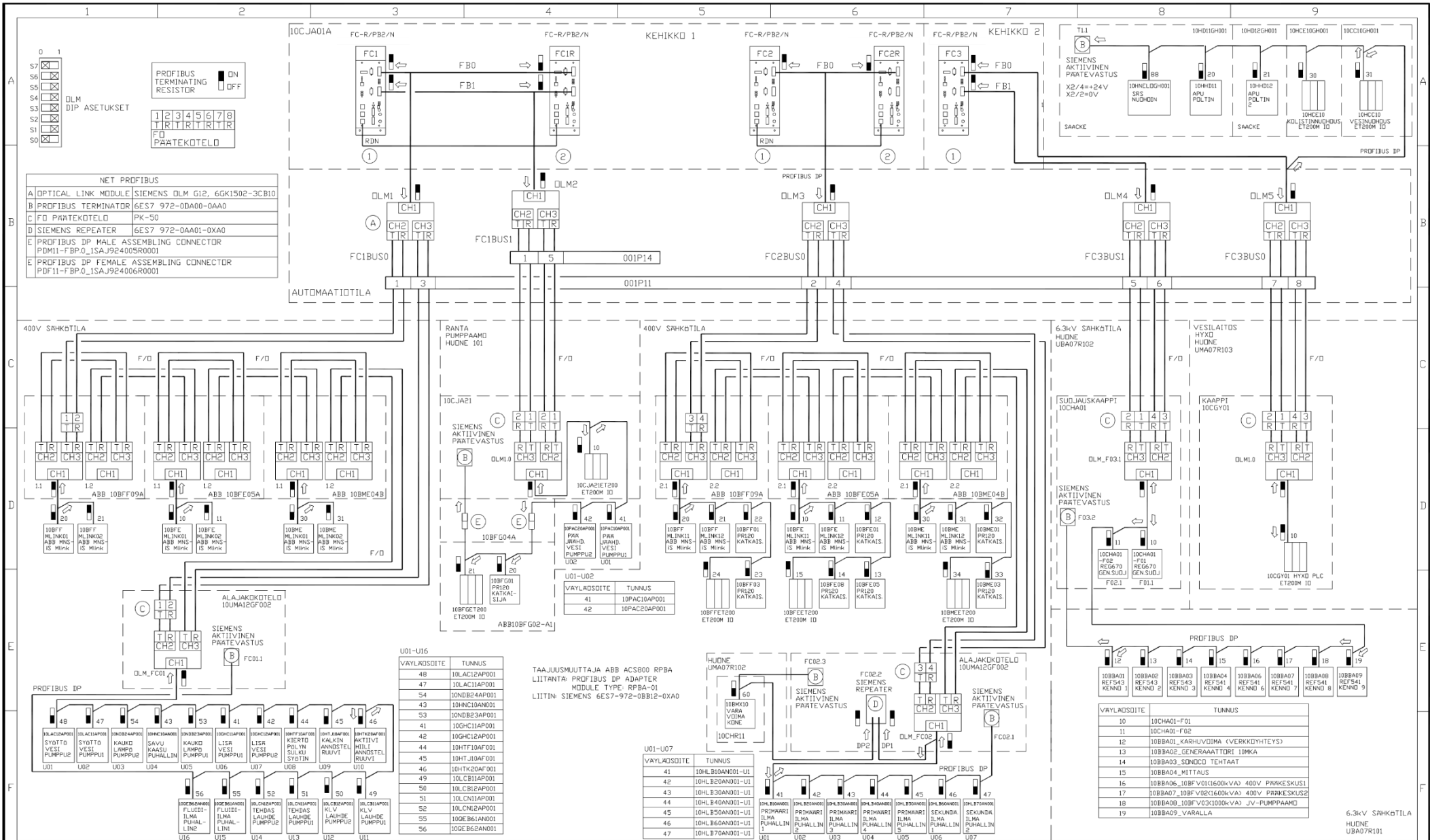
Hyötyvoimalaitoksen Honeywell Experion PKS -järjestelmäkaavio

Liite 1/1

COPYRIGHT (c) HONEYWELL OY 05/2007



DES. BY PKH DATE 21.05.2007 CHANGE/VERSION	DRAWN BY DATE	CHECKED BY DATE	KOTKA ENERGY LTD KOTKA WTE PLANT Experion PKS	JÄRJESTELMAN RAKENNE LAYOUT	CAB.TAG	DWG. NR.	SHEET 1/1	CONT. -	CODE HYDTY-10Y-31603.DWG
--	------------------	--------------------	--	--------------------------------	---------	----------	--------------	------------	-----------------------------



0 1

S7

S6

S4

S3

S2

S1

S0

DLM DIP ASETUKSET

PROFIBUS TERMINATING RESISTOR ON OFF

1 2 3 4 5 6 7 8

T R T R T R T R T R

PAATEKOTELO

NET PROFIBUS

A	OPTICAL LINK MODULE	SIEMENS DLM G12, 6GK1502-3CB10
B	PROFIBUS TERMINATOR	6ES7 972-0AA0-0AA0
C	F0 PAATEKOTELO	PK-50
D	SIEMENS REPEATER	6ES7 972-0AA01-0XA0
E	PROFIBUS DP MALE ASSEMBLING CONNECTOR	PDM11-F-BP_0_ISAJ92400SR001
F	PROFIBUS DP FEMALE ASSEMBLING CONNECTOR	PDF11-F-BP_0_ISAJ92400GR001

U01-U16

VAYLASSOITE	TUNNUS
48	10LAC12AP001
47	10LAC14AP001
54	10NDB24AP001
43	10HNC10AN001
53	10NDB23AP001
41	10CHC11AP001
42	10HFC12AP001
44	10HFC10AP001
45	10HT10AP001
46	10HTK20AP001
49	10LCB11AP001
50	10LCB12AP001
51	10LCN11AP001
52	10LCN12AP001
55	10GEB61AN001
56	10GEB62AN001

TAAJUUSMUUTTAJA ABB ACS800 RPBA LIITANTIA PROFIBUS DP ADAPTER MODULE TYPE: RPBA-01 LIITIN SIEMENS 6ES7-972-0BB12-0XA0

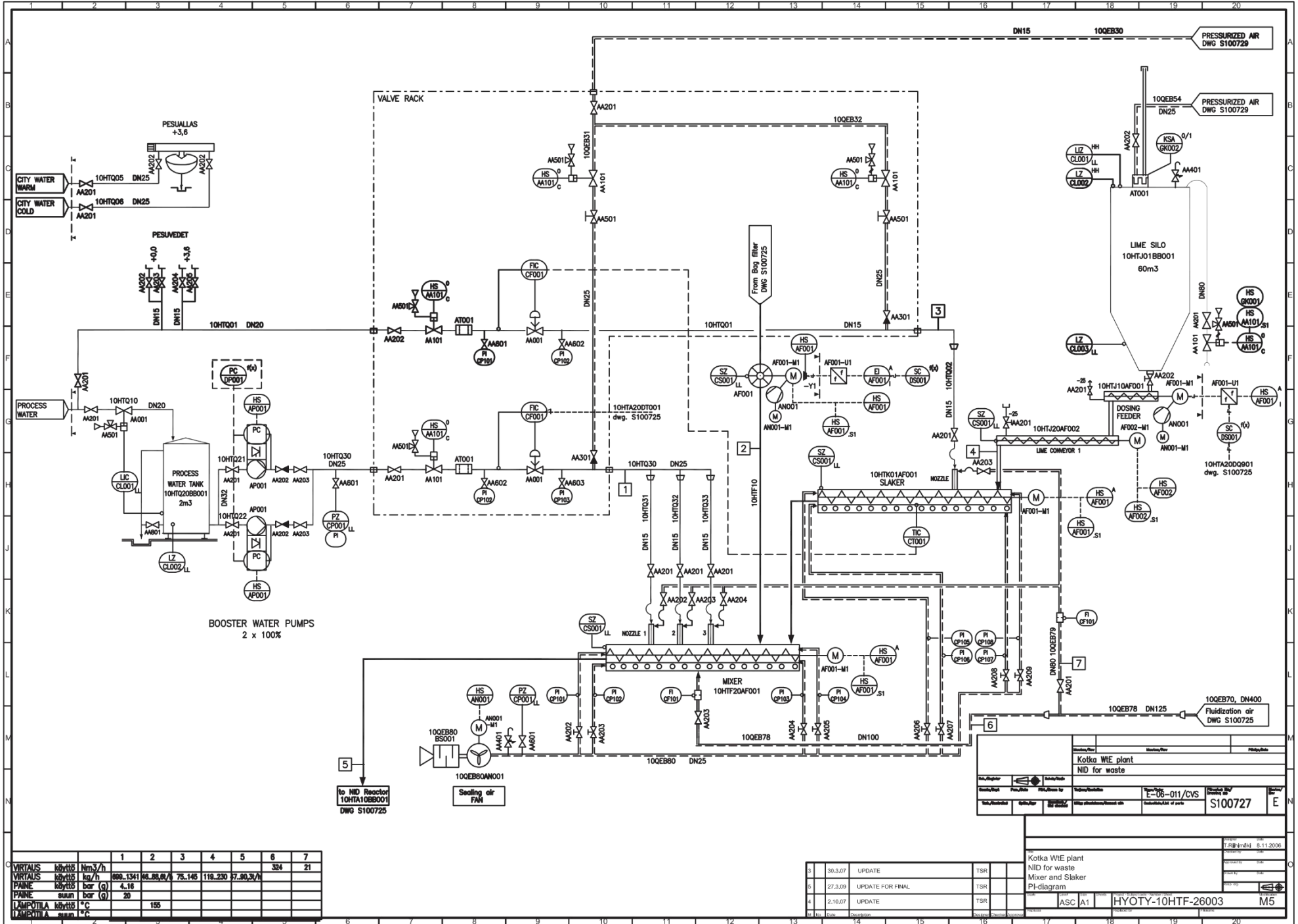
U01-U07

VAYLASSOITE	TUNNUS
41	10HLB0AN001-U1
42	10HLB0AN001-U1
43	10HLB30AN001-U1
44	10HLB40AN001-U1
45	10HLB50AN001-U1
46	10HLB60AN001-U1
47	10HLB70AN001-U1

VAYLASSOITE	TUNNUS
10	10CHA01-F01
11	10CHA01-F02
12	10BBA01_KARHUVOIMA (VERKKOYHTEYS)
13	10BBA02_GENERAATTORI 10MKA
14	10BBA03_SDNCCO TEHTAAT
15	10BBA04_MITTAUS
16	10BBA06_10BF V01(1600kVA) 400V PAAKESKUS1
17	10BBA07_10BF V02(1600kVA) 400V PAAKESKUS2
18	10BBA08_10BF V03(1000kVA) JV-PUMPPAAMO
19	10BBA09_VARALLA

DES. BY PKH	DRAWN BY DATE 14.04.2008	CHECKED BY DATE	KOTKA ENERGY LTD KOTKA	JARJESTELMAN PROFIBUS RAKENNE LAYOUT	CAB.TAG
CHANGE MI	DATE 19.04.2016	SYSTEM NUMBER 2014	WTE PLANT Experion PKS	F106-HW\SID2014\HYOTY\JARJESTELMA\F\EX	DWG NR.
					SHEET 1/1
					CONT. -
					CODE HYDTY-10Y-31604.DWG

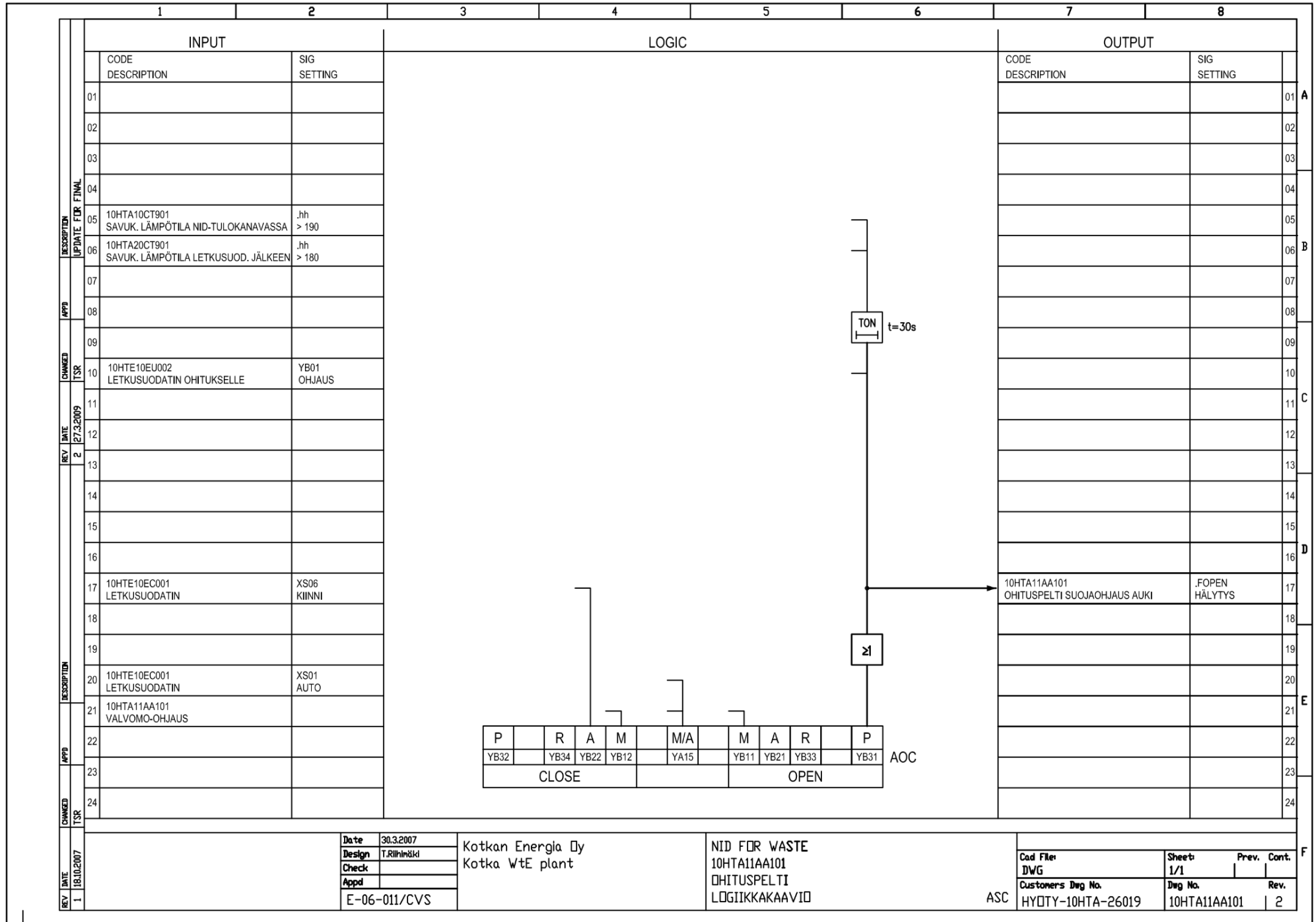
6.3kV SAHKOTILA HUONE UBA07R101



	1	2	3	4	5	6	7
VIRTAUS m ³ /h						326	21
VIRTAUS m ³ /h	899.1341	68.8806	75.148	118.230	57.9031		
PAINE bar (G)	4.16						
PAINE bar (Q)	20						
LÄMPÖTILA m ³ /h	185						
LÄMPÖTILA suun. °C							

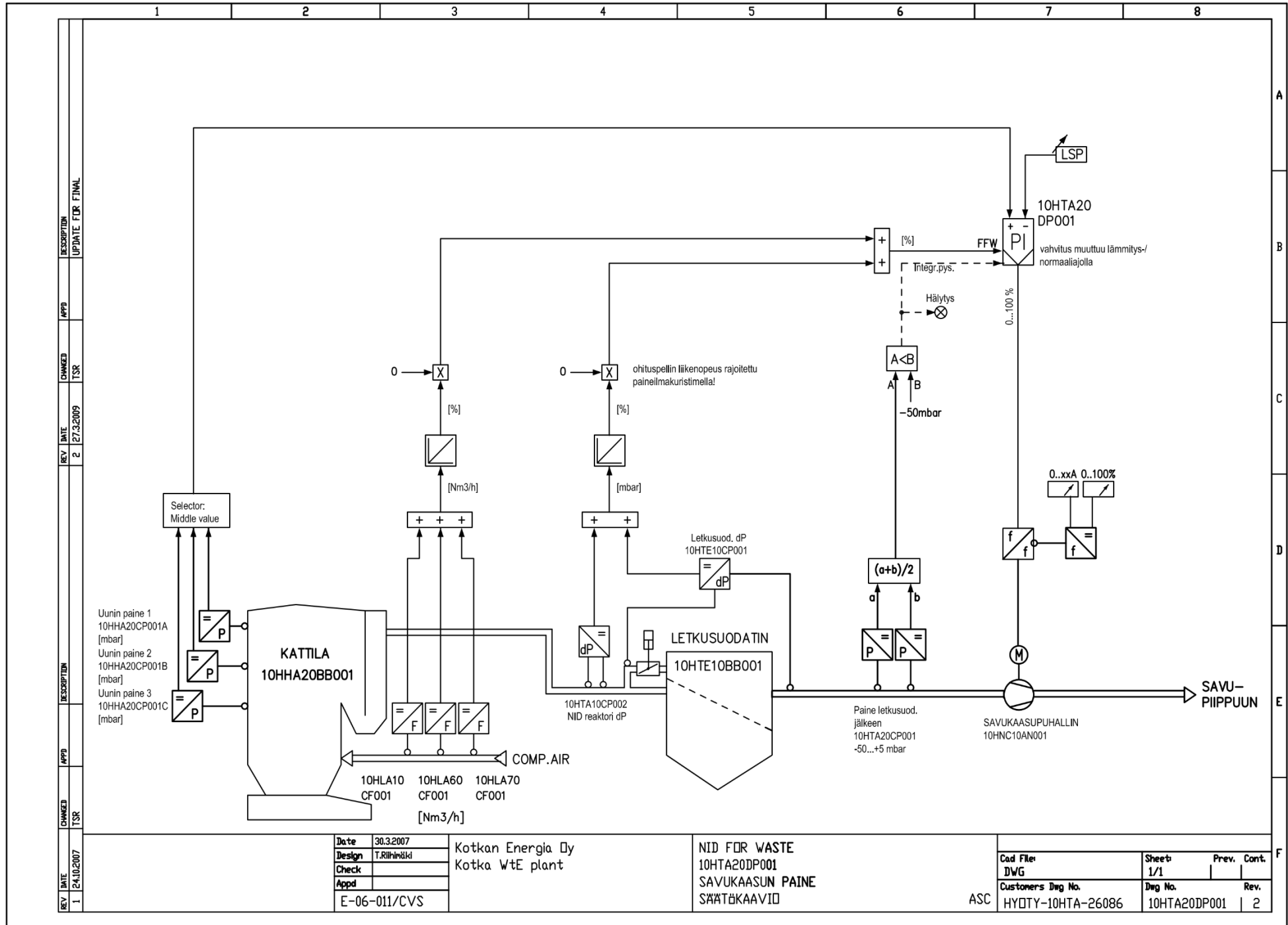
Kotka WtE plant		NID for waste	
Project No.	E-06-011/CVS	Project No.	S100727
Revision		Revision	

Kotka WtE plant		NID for waste		Mixer and Slaker		PI-diagram	
Project No.	ASC A1	Project No.	HYOTY-10HTF-26003	Revision	M5	Project No.	
Project No.		Project No.		Project No.		Project No.	



Automaatiopiirin 10HTA20DP001 säätökaavio

Liite 4



REV	DATE	DESCRIPTION	APPD	CHANGED	TSR
1	24.10.2007				
2	27.3.2009	UPDATE FOR FINAL			

Date	30.3.2007
Design	T.Riihimäki
Check	
Appd	
E-06-011/CVS	

Kotkan Energia Oy
Kotka WtE plant

NID FOR WASTE
10HTA20DP001
SAVUKAASUN PAINE
SÄÄTÖKAAVIO

Cad File:	DWG	Sheet:	1/1	Prev. Cont.	
Customers Dwg No.	HYOTY-10HTA-26086	Dwg No.	10HTA20DP001	Rev.	2

ASC

[VOIMALAITOS]

pp.kk.vvvv

POSITIOTUNNUS

NIMI

LAITE:

Tämä osio esitetään toimintakuvauksessa vain tarvittaessa.

Laite

Laitteen tarkka tilaustunnus ja valmistaja ja/tai kuvaus

Sijainti

Laitteen sijainti

"Prosessin osa, x. krs - Tila/tarkempi kuvaus"

TOIMINTA:

Tässä osiossa esitetään lyhyesti ja tarkasti piirin toiminta sekä tarvittaessa piirin sisältämä laskenta ja ulkoisen asetusarvon lähde. Mikäli kuvauksessa viitataan muihin piireihin, viittaukset tulee esittää linkkeinä.

Automaattiajo

Piirin käyttäytyminen automaattiajolla (automaattimoodi) sekä säätöpiirin tapauksessa toimisuunta selkokielisesti: "Kasvattaa ohjauksensa arvoa, mikäli mitattu lämpötila on asetusarvoa alhaisempi."

Käsiohjaus

Piirin käyttäytyminen käsiohjauksella (manuaalimoodi)

LUKITUKSET:

Tässä osiossa esitetään piirin lukitusohjaukset sekä niiden aiheuttajat. Lukitusten ehtojen esittämisessä on käytetty loogisia JA- ja TAI-operaatioita. Tällöin kuvausta tulkittaessa on huomioitava, että looginen TAI on ei-poissulkeva. Esimerkki:

Ohjaus lukitaan arvoon 0 % jos:

Ehto A

TAI

Ehto B

Esimerkissä molemmat ehdot voivat lukita ohjauksen arvoon 0 % joko itsenäisesti tai samanaikaisesti, eli ne eivät poissulje toisiaan.

HÄLYTYKSET:

Piirin mahdolliset varoitus- ja hälytysrajat sekä muut erillishälytykset esitetään tässä osiossa listana:

- Hälytys A
- Hälytys B

TIEDOT MUIHIN PIIREIHIN:

Piirin muille piireille välittämät tiedot eritellään tähän osioon. Tiedon vastaanottavat piirit esitetään välitettävän tiedon alla linkkeinä:

Ylärajalukitustieto

- [10QEB10AA001 - ESIMERKKIPIIRI](#)

MUUTOSHISTORIA:

Toimintakuvaukseen tehdyt muutokset ja lisäykset esitetään tässä osiossa:

pp.kk.vvvv Muutos (NIMIKIRJAIMET)