



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# POLTINOHJAUKSET

TEKIJÄ/T: Kimmo Huttunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Kimmo Huttunen			
Työn nimi Poltinohjausjärjestelmät			
Päiväys	21.01.2020	Sivumäärä/Liitteet	39/2
Ohjaaja(t) yliopettaja Harri Heikura, lehtori Jukka Huttunen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) OS Automation Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän työn tarkoitus oli suunnitella ja toteuttaa voima- ja lämpölaitoksissa käytettyjen polttimien automaatio. Automaatio sisältää poltinohjauslogiikan, käyttöliittymän ja näiden välisen väylän ohjelmoinnin. Ohjausjärjestelmänä käytettiin Schneiderin turvalogiikkaa. Schneider ei ole tyyppillinen laitetoimittaja kyseisiin poltinturvaohjelmistoihin, koska heidän turvahyväksytyt ohjausjärjestelmänsä ovat uusia tuotteita alan markkinoilla. Työssä kuului huomioida vaadittu turvallisuuden taso, yleiset käytetyt lait ja standardit. Turvallisuuden tasoluokituksella oli suuri vaikutus, kuinka itse toiminnot suunniteltiin ja toteutettiin.</p> <p>Työ aloitettiin keräämällä vanhoista toteutuneista poltinprojekteista tyyppilohkoja, joita jatkojalostettiin, että niitä voidaan käyttää helpolla soveltamisella myös muiden laitetoimittajien ohjelmissa. Seuravaksi lohkot ja toiminnot testattiin ja dokumentointiin. Operointinäytöistä tehtiin mallikirjasto, josta on helppo poimia toimintoon soveltuva näyttöpohja.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin toimiva ja helposti mukautuva kokonaisuus. Uuden tuotteen tuomat haasteet saatiin ratkaistua ja työn tavoitteisiin päästiin.</p>			
Avainsanat poltin, automaatio, BMS, turvalogiikka			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Kimmo Huttunen			
Title of Thesis Burner Management System			
Date	21.01.20	Pages/Appendices	39/2
Supervisor(s) Principal Teacher Harri Heikura, Senior Lecturer Jukka Huttunen			
Client Organisation /Partners OS Automation Oy			
<p>The purpose of this thesis was to design and implement the automation of burners which are used in power and heating plants. Automation includes burner control logic, operator user interface and bus programming. Schneider's safety M580 logic was used as the control logic system. Schneider is not a typical supplier of such burner automation solutions because their safety-approved logic is a brand-new product on the market. The work involved considering the required level of safety and the general laws and standards used. The level of security rating had a major impact on how the functions were engineered and implemented.</p> <p>The work was started by collecting type blocks from old completed burner projects, which were further refined so that they can be used easily in other vendor software applications. Next the blocks and functions were tested and documented. Operational displays were built into a model library, which makes it easy to pick a suitable display template.</p> <p>The result of the work was a functional and easily adaptable whole. The challenges of the new product were solved, and the goals of the work were achieved.</p>			
Keywords burner, automation, BMS, safety PLC			

SISÄLTÖ	
1	JOHDANTO ..... 7
2	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT ..... 8
3	JOHDANTO ..... 9
3.1	Tavoite..... 10
3.2	OS Automation Oy ..... 11
3.3	Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltijat tai muut tahot ..... 11
4	KATTILASUOJA JA TLJ ..... 12
4.1	TLJ-projektit OS Automationilla ..... 15
5	POLTTIMET..... 16
5.1	Eri polttoaineiden ryhmittely ..... 17
5.1.1	Kaasut..... 17
5.1.2	Öljyt..... 17
5.1.3	Kiinteä polttoaine ..... 19
5.2	Polttimien sijoitus kattilaan ..... 20
6	PALAMISEN KEMIAA ..... 21
6.1	Palaminen ..... 21
6.2	Palamisreaktiot ..... 21
6.3	Ilmakerroin..... 22
7	TYÖN SUORITTAMINEN ..... 23
7.1	TOIMINTA KEVYELLÄ POLTTOÖLJYLLÄ ..... 23
7.1.1	LUKITUS..... 23
7.1.2	ESTO..... 23
7.1.3	POLTTIMEN KÄYNNISTYS ..... 23
7.1.4	KÄYNNISTYSVALMIS ..... 23
7.1.5	KÄYNNISTYS ..... 24
7.1.6	TUULETUS..... 24
7.1.7	TULIPESÄ SYTYTYSVALMIS ..... 25
7.1.8	ÖLJYN SYTYTYS..... 25
7.1.9	PÄÄÖLJYVENTTIILIT ..... 25
7.1.10	KÄYNNISSÄ ..... 26
7.1.11	PYSÄYTYS ..... 26
7.1.12	PYSÄHTYY ..... 26

7.1.13	PYSÄYTETTY .....	27
7.2	Poltinlukitukset .....	27
7.2.1	HÄTÄ – SEIS, VALVOMO, KENTÄLLÄ, POLTTIMELLA.....	28
7.2.2	PÄÄLIEKIN ANTURIHÄIRIÖ.....	28
7.2.3	PÄÄLIEKKIHÄIRIÖ.....	28
7.2.4	PÄÄLIEKIN VALVONTAHÄIRIÖ .....	28
7.2.5	PALAMISILMANPAINE MATALA .....	28
7.2.6	O2 HÄIRIÖ .....	28
7.2.7	SYTYTYSAIKA YLITETTY.....	29
7.2.8	POLTTOAINE / ILMASUHDE < 1,0.....	29
7.2.9	LANSSIHÄIRIÖ.....	29
7.3	Poltinhälytykset .....	30
7.3.1	ILMANVIRTAUKSEN TUULETUSMÄÄRÄHÄIRIÖ .....	30
7.3.2	ILMAPELLIN TUULETUSASENTOHÄIRIÖ .....	31
7.3.3	SYTYTYSLIEKKIHÄIRIÖ .....	31
7.3.4	SYTYTYSLIEKIN VALVONTAHÄIRIÖ.....	31
7.3.5	MODBUSHÄIRIÖ .....	31
7.3.6	KEVYTÖLJY.....	31
7.3.7	ILMANVIRTAUKSEN SÄÄTÖPOIKKEMAHÄIRIÖ .....	32
7.4	Öljylukitukset.....	32
7.4.1	PIKASULKUVENTTIILI 1 ja 2, PUHALLUSVENTTIILI, PALUUVENTTIILI SULKUHÄIRIÖ.....	32
7.4.2	PIKASULKUVENTTIILI 1 ja 2, PUHALLUSVENTTIILI, PALUUVENTTIILI, PALUUVENTTIILI AVAUSHÄIRIÖ .....	32
7.4.3	ÖLJYNPAINE MATALA.....	33
7.4.4	ÖLJYNPAINE KORKEA.....	33
7.4.5	HAJOTUSAINEEEN PAINE MATALA.....	33
7.4.6	KÄSIVENTTIILI KIINNI .....	33
8	OHJELMOINTI TURVAJÄRJESTELMÄLLÄ .....	34
8.1.1	Diagnostiikka .....	34
8.1.2	Ohjelmalohkojen esittely.....	34
9	LOPPUTULOKSEN TARKASTELU .....	35
10	KEHITYSNÄKYMÄT .....	36
11	LÄHTEET JA LAINAUKSET .....	37

LIITE 1 .....	38
LIITE 2 .....	39

## 1 JOHDANTO

Poltinohjaukset ovat hyvin yleinen osa-alue energia- ja prosessiteollisuudessa. Burner Management System (BMS) on polttimien ohjaamiseen tarkoitettu järjestelmä. Osa poltinohjauksen toiminnoista on turvakriittisiä, joten poltinautomaatio toteutetaan useimmiten turvalogiikalla. Eheystason määrittelyssä päädytään normaalisti SIL2- tai SIL3-tason ratkaisuihin. Joissain tilanteissa halutaan tehdä poltinohjaus kahdennetulla logiikalla.

Laajimmillaan BMS-toimitus käsittää poltinautomaation "avaimet käteen" -toimituksena. Joskus asiakas haluaa itse ostaa logiikan ja OS Automation toimittaa logiikkakeskuksen. Toisinaan taas asiakkaamme haluaa käyttää omaa sovellustaan, jolloin toimitamme vain rautaa. Joskus taas asiakkaamme ostaa vain sovelluksen tai käyttöönoton taas toimitukseen kuuluu vain perussuunnittelu.

BMS liitetään yleensä pääautomaatioon kahdennetulla väylällä. I/O-kortteja voidaan hajauttaa paikallisohjauskoteloihin tai ne voidaan keskittää automaatiotilaan. Paikallisohjauskoteloissa voi olla kosketusnäyttö tai ohjaukset voidaan hoitaa kytkimillä ja lampuilla. Periaatteena on kuitenkin, että poltin voidaan käynnistää näköetäisyydeltä.

Polttoaineena voi olla öljy, kaasu, hajukaasut ja erilaiset teollisuuden kemikaalit. Raskasta polttoöljyä korvataan vähärikkisillä öljyillä, kevyellä polttoöljyllä, pyrolyysiöljyllä (bioöljy), biokaasulla tai esim. pellettipölyllä.

Projekteissa on käytetty lähinnä Siemensin, HIMA:n ja Schneiderin turvalogiikoita.

## 2 LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

FB = Function Block

DCS = Distributed Control System

HMI = Human Machine Interface

PLC = Programmable Logic Controller

SIL = Safety Integrity Level

TET = Turvallisuuden Eheyden Taso

BMS = Burner Management System

TLJ = Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä

SRS = Safety Related System

SIA = Sähkö, Instrumentointi, Automaatio

LCP = Local Control Panel, paikallisohjauskaappi

PMD = Honeywell:in automaatiojärjestelmä

FAT = Factory Acceptance Test

SAT = Site Acceptance Test



### 3 JOHDANTO

Poltinohjaukset ovat hyvin yleinen osa-alue energia- ja prosessiteollisuudessa. Burner Management System (BMS) on polttimien ohjaamiseen tarkoitettu järjestelmä. Osa poltinohjauksen toiminnoista on turvakriittisiä, joten poltinautomaatio toteutetaan useimmiten turvalogiikalla. Eheystason määrittelyssä päädytään normaalisti SIL2- tai SIL3-tason ratkaisuihin. Joissain tilanteissa halutaan tehdä poltinohjaus kahdennetulla logiikalla.

Laajimmillaan BMS-toimitus käsittää poltinautomaation ”avaimet käteen” –toimituksena. Joskus asiakas haluaa itse ostaa logiikan ja me toimitamme logiikkakeskuksen. Toisinaan taas asiakkaamme haluaa käyttää omaa sovellustaan, jolloin toimitamme vain rautaa. Joskus taas asiakkaamme ostaa vain sovelluksen tai käyttöönoton taas toimitukseen kuuluu vain perussuunnittelu.

BMS liitetään yleensä pääautomaatioon kahdennetulla väylällä. I/O-kortteja voidaan hajauttaa paikallisohjauskoteloihin tai ne voidaan keskittää automaatiotilaan. Paikallisohjauskoteloissa voi olla kosketusnäyttö tai ohjaukset voidaan hoitaa kytkimillä ja lampuilla. Periaatteena on kuitenkin, että poltin voidaan käynnistää näköetäisyydeltä.

Polttoaineena voi olla öljy, kaasu, hajukaasut ja erilaiset teollisuuden kemikaalit. Raskasta polttoöljyä korvataan vähärikkisillä öljyillä, kevyellä polttoöljyllä, pyrolyysiöljyllä (bioöljy), biokaasulla tai esim. pellettipölyllä.

Projekteissa on käytetty lähinnä Siemensin, HIMA:n ja Schneiderin turvalogiikoita.

### 3.1 Tavoite

Työssä perehdytään ohjelmoitavien logiikoiden käyttöön poltinhjausjärjestelmissä, sekä pyritään helpottamaan mm. uutta sovellussuunnittelijaa toteuttamaan PLC-ohjelman kehittämistä ilman monivuotista työkokemusta.

Työssä käsitellään jonkin verran myös apulohkoja, esim. venttiililohkoja, liekinvalvontaa. Näistä tullaan dokumentoimaan vain oleellinen. Poltinlohkon ja apulohkojen kytkennöistä esitetään esimerkkejä avaamaan toimintaa ja helpottamaan suunnittelua.

Työ sisältää itsessään myös käyttöohjeen polttimen käytöstä ja valvonnasta. Käyttöohje tulee kuvaamaan poltintoiminat, perussäädöt ja lukitukset mahdollisimman selkeästi.

Käyttöohje tulee palvelemaan erityisesti kattilalaitoksen käyttöhenkilökuntaa. Se toimii myös käyttöhenkilöstön koulutuksen materiaalina ja jatkossa käyttöohjeena koneen/polttimen lähistöllä.

### 3.2 OS Automation Oy

Yritys perustettiin 1993 palvelemaan voimalaitosten ja teollisuuden automaatioasiakkaiden tarpeita. Yrityksen perustajien tausta on Ahlström Automation Oy:ssä ja Altim Control Oy:ssä 80-luvun alusta lähtien.

OS Automation Oy toimi lähinnä suunnittelutoimistona lähes 10 ensimmäistä toimintavuottaan, kunnes he päättivät siirtyä kattila- ja energiapuolen SIA kokonaistoimituksiin. OS on toimittanut useita sähköautomaation kokonaistoimituksia lämpölaitoksiin. Samanaikaisesti Honeywell ulkoisti laitteisto-suunnittelun OS Automation Oy:lle ja yritys kasvoi yli 30 hengen suunnittelutoimistoksi. Vuonna 2010 päätettiin luopua pienten lämpölaitosten kokonaistoimituksista.

Näin toimialoiksi muodostui energiatuotannon osajärjestelmät, kuten poltinhjaus, turvallisuuteen liittyvät järjestelmät yms. sekä teollisuuden suunnittelupalvelut käsittäen sähköautomaation suunnittelualueet, asennusvalvonnan ja käyttöönotot.

Yritys sai Varkauden yrittäjäpalkinnon vuonna 2006.

Tällä hetkellä yrityksen palkkalistoilla on 13 työntekijää.

### 3.3 Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltijat tai muut tahot

Koskinen, Jukka. Toimitusjohtaja. OS Automation Oy. Varkaus.

#### 4 KATTILASUOJA JA TLJ

Turva-automaation avulla pyritään pienentämään vakavien onnettomuuksien riskiä. Tällaisia riskejä voivat olla esim. voimalaitoskattilan tulipesäräjähdykset, tasoristeysonnettomuus tai jokin muu vastaava onnettomuus, joissa on riski menettää ihmishenkiä tai syntyä merkittäviä aineellisia menetyksiä.

Ohjausjärjestelmien vikoihin johtavat syyt ovat useimmiten seurausta puutteellisesta määrittelystä.

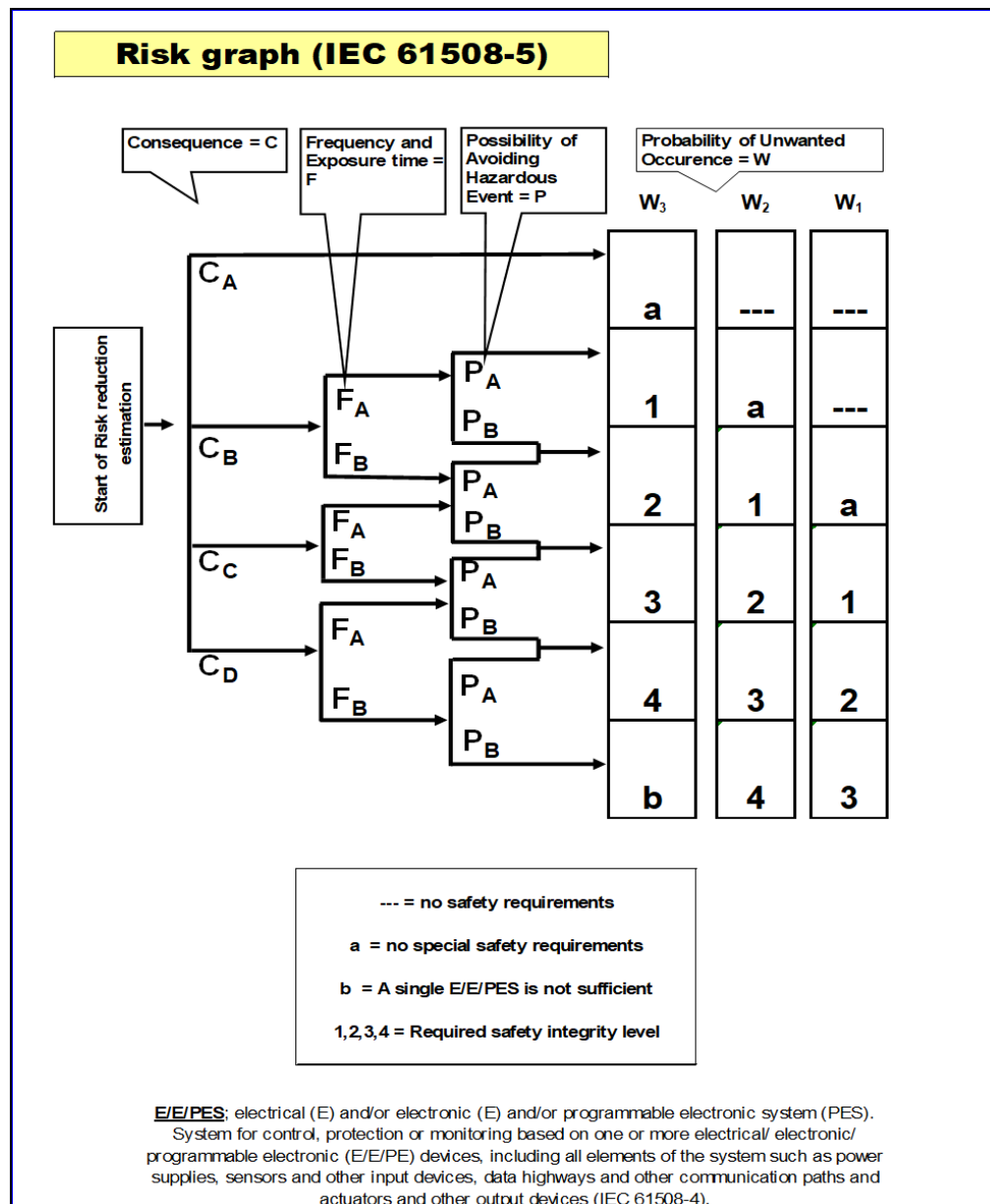
Turvallisuuteen liittyvien järjestelmien (TLJ) suunnittelu ja projektointi noudattaa standardeja IEC-61508 ja IEC-61511.

Kattilasuojan toteuttaminen alkaa turvallisuussuunnitelmasta ja vaaranarvioinnista. Nämä tehdään yhteistyössä loppukäyttäjän kanssa. Turvallisuussuunnitelmassa määritellään ne hallinnolliset ja tekniset toimenpiteet, joita tarvitaan, jotta varmistetaan laitoksen turvallisuuteen liittyvän järjestelmän turvallisuus toiminnallisuus. Standardissa IEC 61508-1 sovelletut toimenpiteet ulotetaan perussuunnittelusta elektronisiin ja ohjelmoitaviin laitteisiin toiminnallisen turvallisuuden mukaisesti.

Turvallisuussuunnitelma tulee sisältää menettelyt ja vastuut, joita sovelletaan turvallisuuden varmistamiseen. Sekä määrittää organisaatiot ja henkilöt, jotka vastaavat SRS-järjestelmän elinkaaren jokaisesta vaiheesta. (Andritz, 2016)

Vaaranarvioinnissa käydään läpi kattilan toiminnot ja kattilassa esiintyvät potentiaaliset vaaranpaikat. Riskianalyysin pohjalta määritellään piirien TET-eheystaso, jonka pohjalta tehdään laite- ja komponenttivalinnat.

Eheystason määrittäminen antaa tuloksena laitteiden SIL-tason, joka vaikuttaa laitevalintaan. Risk graph toimii työkaluna eheystasomäärittelyyn ja vaaditun SIL-luokan valintaan.



KUVA 1. Riskigraafi. (Andritz, 2016)

Perinteisten voimalaitosten ja lämpölaitosten vaaranarvioinnissa päädytään yleensä eheystasoon 2 tai 3. Kattilasuojaa toteutettaessa on huomioitava laitoksen käytettävyyksivaatimukset, mikä usein lisää varmentavien laitteiden ja toimintojen määrää.

Kattilasuojan toteutuksessa on mukana myös hyväksytty tarkastuslaitos, joka seuraa toteutuksen vaatimustenmukaisuutta. Kattilasuoja projektista tehdään erillinen dokumenttikansio, johon kerätään kaikki projektin aikana syntyneet dokumentit ja suunnitelmat.



#### 4.1 TLJ-projektit OS Automationilla

OS Automation on toteuttanut ja toteuttaa seuraavia turva-automaatioprojekteja:

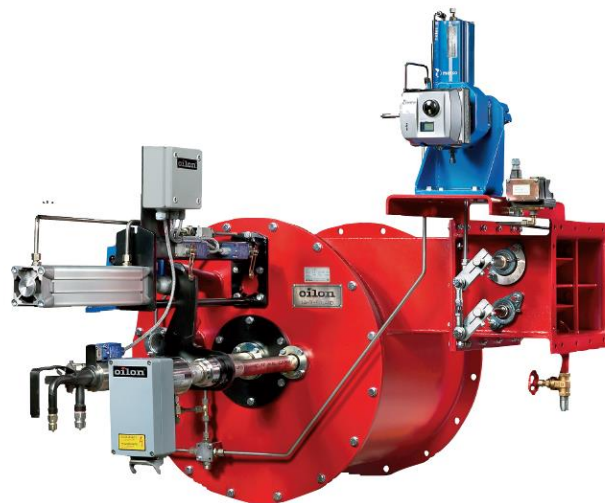
- uusien kattiloiden kattilasuoja- ja poltinlogiikat
- vanhojen turvalogiikoiden uusiminen
- kattilasuojan määräaikaistarkastukset, mm. soodakattilat ja voimalaitokset
- tasoristeys- ja muut raideliikenneprojektit
- eheystason määritykset

## 5 POLTTIMET

Polttimia käytetään hyvin monenlaisissa ympäristöissä, mm. voimalaitoksissa, lämpölaitoksissa, sellu- ja paperiteollisuudessa, kemianteollisuudessa, metallurgian prosesseissa, yhdyskuntajätteenpoltossa.

Polttokohde saattaa olla esimerkiksi leijukattila, soodakattila, laivakattila, höyry- ja vesikattila, kuumaaöljykattila ja prosessiuuni.

Kovien ilmaston päästötavoitteiden takia on mm. öljyn polttoa rajoitettu ja tullaan rajoittamaan lisää. Kotitalouksien öljynpoltto tullaan mahdollisesti kieltämään lähitulevaisuudessa kokonaan.



KUVA 3. Öljypoltin automaattisella ulosvedolla. (Oilon)



## 5.1 Eri polttoaineiden ryhmittely

Kuvassa 4 on tyypillisten polttimissa käytettyjen polttoaineiden lämpöarvoja.

		Maakaasu	Propani	Kevyt pö	Raskas pö
Tiheys		0,72 kg/m <sup>3</sup>	2,01 kg/m <sup>3</sup>	0,85 kg/dm <sup>3</sup>	0,96kg/dm <sup>3</sup>
Ylempi lämpöarvo	MJ/m <sup>3</sup> n	39,8	101,2		
	MJ/kg	55,3	50,3	44,6	44,4
Tehollinen lämpöarvo	MJ/m <sup>3</sup> n	36,0	93,0		
	MJ/kg	50,0	46,0	42,7	40,6
	kWh/kg	13,9	12,8	11,8	11,3
	kWh/m <sup>3</sup> n	10,0	28,8		

KUVA 4. Lämpöarvot. (kaasuyhdistys)

### 5.1.1 Kaasut

Kaasupolttimina käytetään joko atmosfääripolttimia tai puhallinpolttimia. Etuina öljyihin ja kiintoainesten polttoon pienet päästöt, palamisen valvonta helppoa ja laaja säätöalue. Tyypillisiä polttoaineita ovat maakaasu, nestekaasu ja eri prosessikaasut, kuten hajukaasut, koksi- ja masuunikaasut. (Oulun yliopisto)

Atmosfääripolttimissa palamisilma imetään polttimen ympäristöstä kaasun virtauksen ja vedon avulla. Atmosfääripolttimen etuja ovat yksinkertaisuus, helppo tehonsäätö ja hiljainen käyttööni. Täydellinen palaminen vaatisi suuren ilmakertoimen, jolloin hyötysuhde heikkenee. Palamistilan ja ympäristön välillä pieni paine-ero. Tämä sulkee käyttökohteita pois. (Oulun yliopisto)

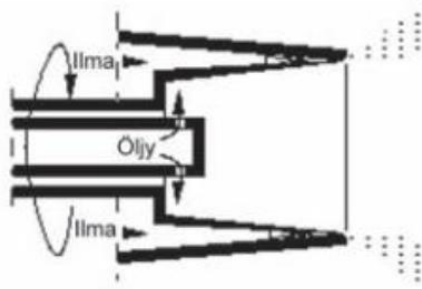
Puhallinpolttimien tarkalla säätämisellä saavutetaan tarkkaa optimaalista palamista, jolloin hyötysuhde saadaan pidettyä hyvänä. Paine-ero palamisilmakanavan ja tulipesän välillä on suuri. Näin ollen käyttökohteita on aivan eri tavalla kuin atmosfääripolttimella. Huonona puolena tulee prosessilaitteiden hinta. (Oulun yliopisto)

### 5.1.2 Öljyt

Polttimet jaotellaan tavalla, jolla polttoaine saadaan poltettavaan muotoon.

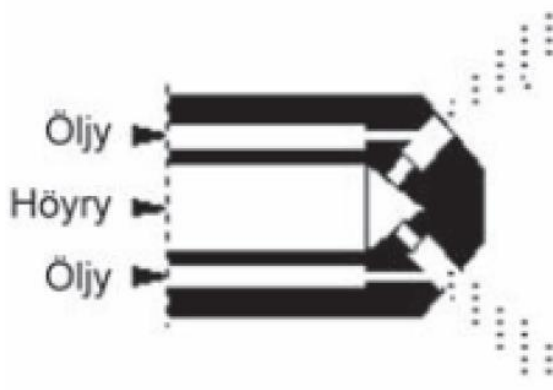
Keskikokoiset polttimet tai ”pyöriväkuppiset polttimet käyttävät pyörivää ”kuppia”, joka keskikokoisvoimalla ja ulkoisella voimakkaalla ilmavirtauksella saattaa polttoaine/ilmaseoksen ohuena filminä polttoon.

Näiden hyvinä puolina pidetään hyvää palamistulosta, laajaa säätöaluetta ja käytettävyyttä eri viskositeeteille.



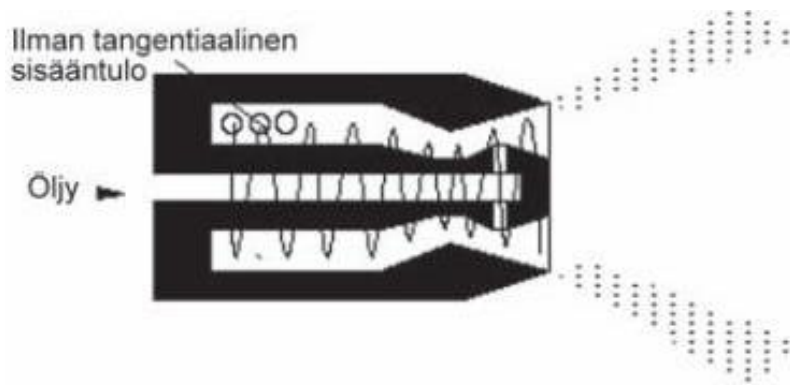
KUVA 4. Pyöreäkuppinen poltin.  
(Oulun yliopisto).

Höyryhajoitteiset polttimet ovat hyvin yleisiä varsinkin isoissa teholuokissa. Näissä polttimissa öljy hajoitetaan suuttimella välipainehöyryn avulla. Näitä pidetään luettavina, yksinkertaisina ja varsinkin höyryhajoitteisen suuttimen puhdistusväli on pitkä.



KUVA 5. Höyryhajoitteinen poltin. (Oulun yliopisto)

Hajoitusainepolttimia on myös ilmahajoitteisena. Näitä käytetään monesti voimalaitoksen apukattiloissa ja erikoistilanteissa, jolloin höyryä ei ole saatavilla. Näiden miinuksena pidetään öljysumun laadukkuutta ja suuttimen koksiintumista.

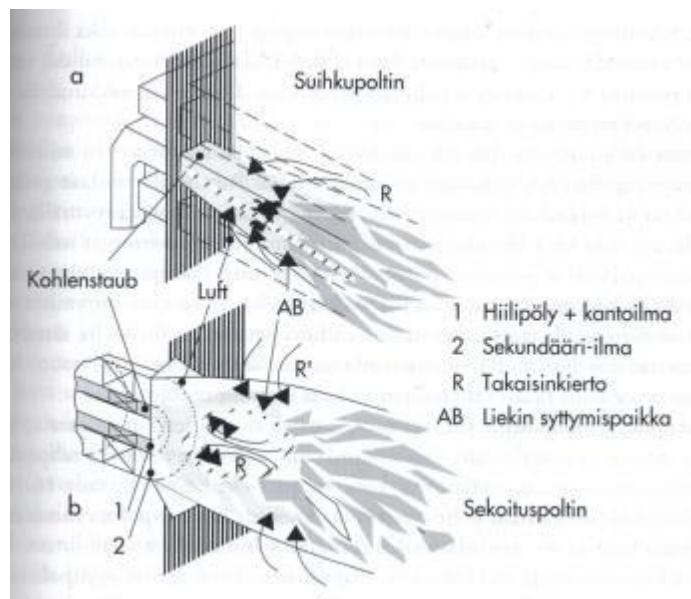


KUVA 6. Ilmahajotteinen poltin. (Oulun yliopisto)

### 5.1.3 Kiinteä polttoaine

Kiinteän polttoaineen polttimien terminä käytetään pölypolttimia tai puupölypolttimia. Yleensä poltimilla poltetaan jauhettua kivihiiltä, turvetta, jauhettua puuta ja biojätteitä.

Polttoaine esikäsitellään jauhamalla ja kuivaamalla. Kuivaus vaatii paljon energiaa. Usein tämä lämmitysenergia otetaan prosessista, esim. savukaasujen lämmöstä.

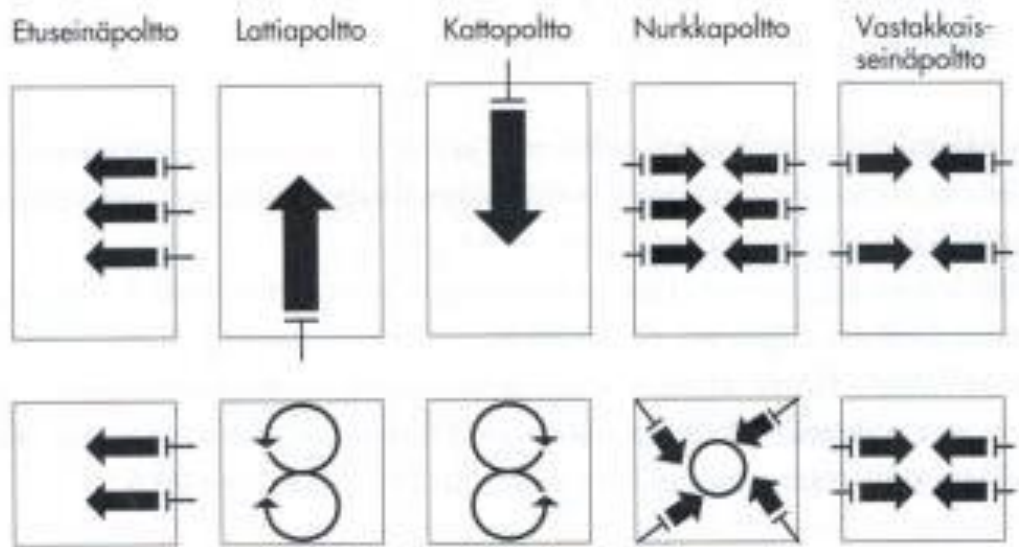


KUVA 7. Pölypoltin poltin. (Oulun yliopisto)

## 5.2 Polttimien sijoitus kattilaan

Polttimet pyritään sijoittamaan kattilaan paikkoihin, joissa taataan tasainen ja tehokas lämmönsiirto. Sijoitukseen vaikuttaa polttimien lukumäärä, kattilan koko ja tyyppi, vaadittu säätöalue, käytettävyys ja huolto. Sijoituspaikat ovat tulipesän tai kattilan sivuseinille, kattoon, pohjalle tai nurkkiin.

Joissakin kattiloissa ja kuivureissa on käytetty myös kanavapolttimia. Tässä tapauksessa poltin asennetaan pyöreään tai neliskulmaiseen kanavaan.



KUVA 8. Polttimien sijoittelu kattilaan. (Oulun yliopisto)

## 6 PALAMISEN KEMIAA

### 6.1 Palaminen

Palaminen on korkean lämpötilan eksoterminen kemiallinen hapetus/pelkistys reaktio. Reaktiossa polttoaine toimii pelkistimenä ja hapettimena yleensä ilmakehän happi. Hapen kanssa reagoivat aineet ovat hiili (C), vety (H<sub>2</sub>), rikki (S) ja typpi (N). Palaminen tuottaa hapettuneita, usein kaasumaisia yhdisteitä eli oksideja, esim. H<sub>2</sub>S ja CO<sub>2</sub>.

Eksoterminen palaminen tuottaa aina myös energiaa, valoa, liekkiä ja lämpöä. Typen reaktio hapen kanssa on endoterminen eli sitoo lämpöä ympäristöstä.

Syttymisessä hapen ja polttoaineen välinen reaktio kiihtyy niin, että se pitää itse itseään yllä. Jotta aine syttyy palamaan, on sen ensin höyrystyttävä kaasumaiseen olomuotoon. Palamisen ehtoihin kuuluu riittävä lämpötila juuri aineen höyrystymiseen. Liekki on palavan aineen, hapen ja palamistuotteiden muodostama kaasuseos. Liekin värin aiheuttaa taas näiden molekyylit ja atomit.

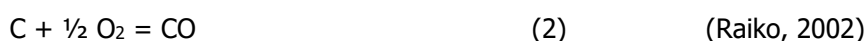
(Raiko, 2002)

### 6.2 Palamisreaktiot

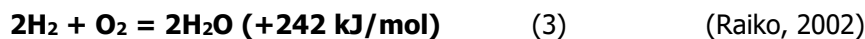
Hiilen reagoiessa hapen kanssa syntyy hiilidioksidia ja samalla vapautuu 411 kJ/mol energiaa.



Hiilen palaessa epätäydellisesti eli happea ei ole riittävästi, muodostuu häkää:



Vedyn palamisessa syntyy puhdasta vesihöyryä ja samalla vapautuu energiaa 242 kJ/mol.



Rikin palaminen eli rikin reagoiessa hapen kanssa syntyy ympäristölle haitallista rikkidioksidia.

Energia vapautuu 9,2 kJ/mol



### 6.3 Ilmakerroin

Palaminen tarvitsee aina happea. Ilmakerroin kuvaa stökiömetrisen palamisen ilman suhdetta polttoaineeseen. Tällöin puhutaan teoreettisesta palamisesta. Normaalisti happikerroin on yli 1. Kokemus on osoittanut, että öljypoltossa pyritään pitämään jäännöshappi 2-3 %:n tasolla. Kaasupolttimessa jäännöshappi on yleensä hieman korkeampi, noin 4 %:n luokkaa. (Raiko, 2002)

## 7 TYÖN SUORITTAMINEN

### 7.1 TOIMINTA KEVYELLÄ POLTTOÖLJYLLÄ

Seuraavissa luvuissa on kuvattu polttimen eri toimintavaiheet. Voidaan puhua myös sekvenssistä. Poltinohjelmoinnissa on kuitenkin pyritty välttämään sekvenssejä ja sekvenssityökaluja. On huomattava, että häiriö- tai lukitustilanteessa ohjelma saattaa jumiuutua vaaralliseen tai kelvottomaan tilaan.

#### 7.1.1 LUKITUS

Mikä tahansa yhteisistä lukituksista lukitsee polttimen ja estää käynnistyksen. Myös mikä tahansa polttoaineikohtainen lukitus lukitsee polttimen ja estää käynnistyksen. Poltin voidaan käynnistää toisella polttoaineella, vaikka toinen polttoaine on lukituksessa. Edellytyksenä on, että lukitus ei ole molempien polttoaineiden yhteisissä kohteissa.

#### 7.1.2 ESTO

Polttoaineen käyttö on estetty, kun ohjauskytkin on käännetty 0-asentoon, tai toinen polttoaine on käynnistetty ja on käynnistymässä.

#### 7.1.3 POLTTIMEN KÄYNNISTYS

Polttimen ohjauskytkin käännetään 1-asentoon. Operaattori antaa valvomosta luvan käynnistykselle.

#### 7.1.4 KÄYNNISTYSVALMIS

Polttoaine (poltin) on valmiina käynnistykseen, kun mikään yhteisistä ja polttoaineikohtaisista lukituksista ei ole päällä. Polttoaineikohtaiset hälytykset eivät estä käynnistystä. Hälytykset voivat keskeyttää käynnistymisen myöhemmässä vaiheessa. Sytystyspoltin ei käynnisty, jos hälytyksiä on aktiivisena.

### 7.1.5 KÄYNNISTYS

Pääsääntöisesti poltin käynnistetään valvomosta. Poltin voidaan käynnistää myös paikallisesti LCP:stä kääntämällä polttoaineen ohjauskytkin S-asentoon.

Käynnistettäessä toimintavaiheikkunassa alkaa vilkkua KÄYNNISTYY-teksti.

Polttimen palamisilmapuhallin käynnistyy automaattisesti, mikäli sitä ei ole jo aiemmin käynnistetty käsiohjauksella. Normaalisti puhallin valitaan automaattikäytölle.

Kevytöljypumppu käynnistyy, mikäli sitä ei ole jo aiemmin käynnistetty käsiohjauksella. Normaalisti pumppu valitaan automaattikäytölle.

Puhaltimen käynnin valvonta käynnistyy.

Palamisilman painesäätö siirtyy A-tilaan ja säätö käynnistyy.

Palamisilman paineen valvonta käynnistyy. Jos painekytkin tai painemittauksen raja-arvo ei ylitä haluttua rajaa 30s, aiheutuu poltinlukitus.

Polttimen ilmapelti ohjataan tuuletusasentoon. Tuuletusasennossa pelti on normaalisti vähintään 90 % auki.

### 7.1.6 TUULETUS

Operointipaneelin Start – sivulla alkaa vilkkua TUULETUS – teksti tuuletusvaihetta ilmaisemaan. Tuuletusajan laskenta lähtee käyntiin, kun seuraavat tuuletuksen ehdot ovat täyttyneet:

- ei liekkiä
- palamisilmapuhallin käynnissä
- palamisilman paine ylittää minimiraja-arvon
- polttimen ilmapelti on tuuletusasennossa
- palamisilmamäärä ylittää tuuletusrajan
- kaikki polttoaineventtiilit kiinni.



### 7.1.7 TULIPESÄ SYTYTYSVALMIS

Operointipaneelin Start-sivulla alkaa vilkkua VALMIUS–teksti ilmaisemaan tulipesän sytytysvalmiutta. Valmiusajan laskenta lähtee käyntiin heti tuuletuksen päätyttyä. Pääliekin on sytyttävä valmiusajan kuluessa. Mikäli liekki ei ole syttynyt ajan päättyessä, tulee "SYTYTYKSEN VALMIUSAIKA YLITETTY" -lukitus.

Välittömästi tuuletuksen päätyttyä avautuu hajotusaineventtiili ja viiveen kuluttua käynnistyy hajotusaineen paineen valvonta. Hajotusaineen matala paine aiheuttaa poltinlukituksen.

Ilmanvirtaus ohjataan sytytysasetukselle. Ilmanvirtauksen tulee asettua sytytysasetukselle viiveen kuluessa. Mikäli ilmamäärä ei ole viiveen päätyttyä sytytysasetuksella, annetaan ILMANVIRTAUKSEN SÄÄTÖPOIKKEAMAHÄIRIÖ–hälytys, joka keskeyttää käynnistyksen.

### 7.1.8 ÖLJYN SYTYTYS

Kun ilmanvirtaus on saavuttanut sytytysasetuksen, käynnistyy sytytyspoltin.

Ensimmäisenä avautuu sytytysilmaventtiili, seuraavana tulevat sytytyskipinä ja sitten aukeavat sytytyskaasuventtiilit.

Jos sytytyspolttimen liekki ei syty, tulee SYTYTYSLIEKKIHÄIRIÖ ja käynnistys keskeytyy.

Mikäli sytytysliekkisignaali on aktiivinen sytytyspolttimen käynnistyessä seura tästä SYTYTYSLIEKIN VALVONTAHÄIRIÖ. Tämä häiriö aiheuttaa myös käynnistyksen keskeytyksen.

### 7.1.9 PÄÄÖLJYVENTTIILIT

Pääöljyventtiilit avautuvat, kun seuraavat ehdot ovat voimassa:

- kaikki lukitukset ovat kunnossa
- sytytyspolttimessa on liekki
- ilmanvirtaus on sytytysasetuksessa.

Pääliekin tulee syttyä varmuusajan kuluessa. Mikäli liekki ei syty tulee PÄÄLIEKKIHÄIRIÖ ja poltin lukitaan. Öljykäytöllä varmuusaika on 3 sekuntia. Poltin lukitaan tästä hetkestä alkaen välittömästi, mikäli pääliekki katoaa.

Liekin varmuusaika on normaalia pysäytystä seuraavassa käynnistyksessä pitempi, jolloin öljyputkisto on puhallettu puhtaaksi. Tällöin näytöllä on teksti EI PUHALLETTU. Mikäli putkistoa ei ole puhallettu puhtaaksi, on varmuusaika silloin lyhyempi.

#### 7.1.10 KÄYNNISSÄ

Poltin on käyntitilassa, kun pääöljyventtiileiden avautumisesta jälkisytytysviive on kulunut.

Toimintavaiheikkunassa alkaa näkyä KÄYNNISSÄ-teksti.

Säätimen siirtyvät A-tilaan, jolloin säädöt alkavat. Myös käsin operointi on mahdollista.

Happisäätö käynnistyy käynnistysviiveen kuluttua.

Polttimen valvontatoiminnot ovat toiminnassa. Jos jokin yhteisten lukitusten laukaisuraja ylitetään, lukitaan poltin ja poltinkohtaisen laukaisurajan ylityksessä lukitaan vain kyseinen polttoaine.

#### 7.1.11 PYSÄYTYS

Pysäytyksen alkaessa tilatietoikkunassa alkaa vilkkua PYSÄHTYY-teksti ja pysäytysviive käynnistyy.

Polttoaineiden virtaussäädöt saavat pysäytysasetuksen.

Sytytyspoltin käynnistyy ja ensimmäisenä avautuu sytytysilmaventtiili, seuraavana tulevat sytytyskipinä ja sitten aukeavat sytytyskaasuventtiilit.

Jos sytytyspolttimen liekki ei syty, tulee SYTYTYSLIEKKIHÄIRIÖ ja poltin pysäytetään. Öljyputkiston puhdistuspuhalluksen keskeytyminen lyhentää seuraavan käynnistyksen valvonta-aikaa.

#### 7.1.12 PYSÄHTYY

Pysäytysviiveen kuluttua pysäytetyn polttoaineen pikasulkuventtiilit sulkeutuvat ja puhdistuspuhallusventtiili avautuu, mikäli sytytysliekki palaa. Venttiileiden on toimittava valvonta-aikojen kuluessa.

Jälkituuletusviiveen kuluttua sulkeutuu puhdistuspuhallusventtiili, sytytyspoltin sammuu ja myös palamisilmapuhallin pysähtyy.

### 7.1.13 PYSÄYTETTY

Jälkituuletusviiveen kuluttua on poltin jälleen käynnistysvalmis kummalla polttoaineella tahansa, mikäli pysäytys on tapahtunut automaattisesti.

Häiriön aiheuttamassa pysäytyksessä on lukitus ensin kuitattava, jotta käynnistys on mahdollista.

## 7.2 Poltinlukitukset

Kaikki poltinlukitukset aiheuttavat polttimelle samanlaisen pysäytyksen. Lukitustilanteessa pikasulkuventtiilit avataan välittömästi. Yleensä myös palamisilmapuhallin pysäytetään.

Valvomon tai ohjauspaneelin näytöllä normaalitilanteessa tekstikentän väri on vihreä. Laukaisun tapahduttua tekstikentän väri muuttuu punaiseksi. Lisäksi ensiksi tullen lukituksen kohdalla vilkkuu kolmio punaisena. Kolmio kuvaa ensimmäiseksi generoitunutta lukitusta.

Mittauspiirihäiriössä mittaussignaaliiksi tulee mittausalueen ääriarvo, aiheuttaen samanlaisen häiriön, mitä mittapiiri laukaistessaankin aiheuttaa. Mittapiirihäiriö syntyy, kun mittaussignaalin arvo alittaa 3,2 mA tai ylittää 21 mA. Nämä arvot voivat hieman poiketa eri logiikoiden välillä.

Mittauksista muodostetuissa lukituksissa näkyy laukaisuraja-arvo tekstikentässä.

Lukitusten kuittaus on mahdollinen silloin, kun mittaesarvo tai binäärinen raja-arvoanturi on sallitulla toiminta-alueella.

Poltinlukitukset kasataan näytölle loogisessa järjestyksessä.

POLTINLUKITUKSET		
HÄTÄ-SEIS, VALVOMO		
HÄTÄ-SEIS, KENTÄLLÄ		
HÄTÄ-SEIS, POLTTIMELLA		
PÄÄLIEKIN ANTURIHÄIRIÖ		
PÄÄLIEKKIHÄIRIÖ		
PÄÄLIEKIN VALVONTAHÄIRIÖ		
PALAMISILMAN PAINEMATALA	2,50	kPa
O <sub>2</sub> HÄIRIÖ	1,00	%
SYTYTYSAIKA YLITETTY	600	s
POLTTOAINE/ILMA-SUHDE < 1,0	1,00	
LANSSIHÄIRIÖ		

KUVA 9. (OS-Automation, 2019)

### 7.2.1 HÄTÄ – SEIS, VALVOMO, KENTÄLLÄ, POLTTIMELLA

Hätä – seis -painikkeet aiheuttavat aina polttimen laukaisun. Signaalit tulevat logiikan turva-alueelle. Lukitus tapahtuu, kun virtapiirin kosketin aukeaa.

### 7.2.2 PÄÄLIEKIN ANTURIHÄIRIÖ

Pääliekin valvojalta saadaan erillinen valvojan tilaa ilmaiseva signaali. Signaali tulee logiikan turva-alueelle. Lukitus tapahtuu, kun virtapiirin kosketin avautuu.

### 7.2.3 PÄÄLIEKIHÄIRIÖ

Pääliekinvalvojalta saadaan erillinen liekkiä ilmaiseva signaali. Signaali tulee logiikan turva-alueelle. Lukitus tapahtuu kaasukäytöllä 3 sekuntia pääkaasuventtiileiden avautumisen jälkeen, jos pääliekinvalvoja ei ole havainnut liekkiä.

Lukitus tapahtuu öljykäytöllä 13 sekuntia pääöljyventtiileiden avautumisen jälkeen, jos pääliekinvalvoja on havainnut liekkiä. Jos EI PUHALLETTU -signaali on aktiivinen, lukitus tapahtuu 3 s pääöljyventtiileiden avautumisen jälkeen.

Vaihtoehtoisesti häiriö tulee, jos liekki katoaa polttimen käydessä.

### 7.2.4 PÄÄLIEKIN VALVONTAHÄIRIÖ

Pääliekin valvontahäiriö tulee, mikäli kaikkien polttoaineventtiileiden sulkeuduttua 90 s kuluttua on vielä liekkisignaali voimassa.

### 7.2.5 PALAMISILMANPAINEN MATA

Palamisilmanpaine matala laukaisu muodostetaan analogisesta mittaussignaalista. Signaali tulee logiikan turva-alueelle, jossa raja-arvo ja laukaisu muodostetaan.

Lukitus tulee, jos palamisilman paine ei ole noussut yli minimipainerajan 90 s viiveen kuluessa palamisilmapuhaltimen käynnistyksen tapahduttua tai 2 s kuluttua, jos paineraja alittuu käynnin aikana.

### 7.2.6 O<sub>2</sub> HÄIRIÖ

Savukaasun happitaso matala laukaisu muodostetaan maksimivalinnalla happimittausten analogisista mittaussignaaleista. Signaalit tulevat logiikan turva-alueelle, jossa raja-arvo ja laukaisu muodostetaan.

Lukitus tulee, jos savukaasun hapen taso alittaa laukaisurajan.

### 7.2.7 SYTYTYSAIKA YLITETTY

Sytytyksen valmiusajan ylityslaukaisu on ohjelmallinen laukaisu. Mikäli poltinta ei saada käyntiin 10 minuutin kuluessa tuuletuksen päättymisestä, tapahtuu polttimen lukitus. Uudelleen käynnistäminen on mahdollista häiriön kuittauksen jälkeen.

### 7.2.8 POLTTOAINE / ILMASUHDE < 1,0

Polttoaine / ilmasuhde -laukaisu on ohjelmallinen. Laukaisu perustuu palamisilmamäärän ja polttoainoiden virtausmittausten suhteeseen. Mikäli ilmamäärä alittaa stökiometrisen palamisen edellyttämän ilmamäärän, laukaistaan poltin 30 s viiveen kuluttua. Uudelleen käynnistäminen on mahdollista häiriön kuittauksen jälkeen.

### 7.2.9 LANSSIHÄIRIÖ

Polttoainelanssin asentoa valvotaan rajakytkimellä. Signaali tulee logiikan turva-alueelle. Lukitus tapahtuu, kun virtapiirin kosketin avautuu.

### 7.3 Poltinhälytykset

Hälytykset eivät lukitse ja pysäytä poltinta. Käynnistysvaiheessa hälytys keskeyttää käynnistyksen.

POLTINHÄLYTYKSET		
ILMAN TUULETUSVIRTAUSHÄIRIÖ	20000	Nm <sup>3</sup> /h
ILMAN TUULETUSASENTOHÄIRIÖ	90,0	%
SYTYTYSLIEKKIHÄIRIÖ		
SYTYTYSLIEKIN VALVONTAHÄIRIÖ		
MODBUS HÄIRIÖ		
KEVYTÖLJY, FC SYTYTYSASENTOHÄIRIÖ		
EJEKTORIÖLJY, FC SYTYTYSASENTOHÄIRIÖ		
ESIÖLJY, FC SYTYTYSASENTOHÄIRIÖ		
ILMANVIRTAUKSEN SÄÄTÖPOIKKEAMAHÄIRIÖ		

KUVA 10. (OS-Automation, 2019)

Mikäli hälytys ei poistu, voi sytytysaika ylittyä ja aiheuttaa laukaisun.

Normaalitilanteessa tekstikentän väri on vihreä ja hälytyksen tapahduttua tekstikentän väri muuttuu keltaiseksi. Lisäksi ensiksi tulleen hälytyksen kohdalla vilkkuu kolmio keltaisena.

Mittauspiirihäiriössä mittaussignaaliksi tulee mittausalueen ääriarvo, aiheuttaen samanlaisen häiriön, jonka piiri laukaistessaankin aiheuttaa.

Mittauksesta muodostettu laukaisuraja-arvo näkyy tekstikentässä.

Lukitusten kuittaus on mahdollinen silloin, kun mittausarvo tai binäärinen raja-arvoanturi on sallitulla toiminta-alueella.

#### 7.3.1 ILMANVIRTAUKSEN TUULETUSMÄÄRÄHÄIRIÖ

Ilmanvirtauksen tuuletusmäärähäiriö muodostetaan analogisesta mittaussignaalista. Signaali tulee logiikan turva-alueelle, jossa raja-arvoa valvotaan. Tuuletusajan laskenta ei käynnisty, mikäli raja-arvoa ei ole ylitetty. Raja-arvo tuuletusmäärälle saadaan yleensä kattilatoimittajalta.

Hälytys tulee kattilan tuuletusvaiheessa, jos ilmamäärä ei ole ylittänyt tuuletuksen raja-arvoa määräajan kuluessa tuuletuksen käynnistyksen tapahduttua.

### 7.3.2 ILMAPELLIN TUULETUSASENTOHÄIRIÖ

Ilmapellin tuuletusasettohäiriö muodostetaan turvalogiikassa. Signaali tulee logiikan turva-alueelle, jossa raja-arvoa valvotaan. Tuuletusajan laskenta ei käynnisty, mikäli raja-arvoa ei ole ylitetty.

Hälytys tulee kattilan tuuletusvaiheessa, jos polttimen ilmapelti ei ole ylittänyt tuuletuksen raja-arvoa määrääjän kuluessa tuuletuksen käynnistykseen tapahtuttua.

### 7.3.3 SYTYTYSLIEKKIHÄIRIÖ

Sytytysliekinvalvojalta saadaan liekkiä ilmaiseva signaali. Signaali tulee logiikan turva-alueelle. Luku tapahtuu 5 s. sytytyskaasuventtiilien avautumisen jälkeen, jos sytytysliekinvalvoja on havainnut liekkiä. Vaihtoehtoisesti häiriö tulee, jos liekki katoaa sytytyspolttimen käydessä.

Joskus sytytysliekkihäiriö käsitellään hälytyksenä. Tällöin kattilaa ei tarvitse tuulettaa uudestaan.

### 7.3.4 SYTYTYSLIEKIN VALVONTAHÄIRIÖ

Sytytysliekin valvontahäiriö tulee, mikäli sytytyspolttimen käynnistyshetkellä liekkisignaali voimassa. Eli hetkellä, jolloin sen ei pitäisi olla voimassa. Tämä kertoo yleensä valvontalaitteen vikaantumisesta.

### 7.3.5 MODBUSHÄIRIÖ

Pääautomaatiojärjestelmän ja poltinlogiikan informaatioväylän toimintaa valvotaan jatkuvasti. Häiriö väyläliikenteessä ei aiheuta kattilalla käyttökeskeytystä.

### 7.3.6 KEVYTÖLJY

Säätöventtiilin sytytysasettohäiriöhälytys muodostetaan säätöventtiilin analogisesta asentomittaus-signaalista. Signaali tulee logiikan tavalliselle alueelle, jossa raja-arvo ja hälytys muodostetaan. Signaalista muodostetaan poikkeamahälytys. Mikäli käynnistettäessä asentopoikkeama ei ole viiveen kulluttua poikkeama-alueen sisäpuolella, tulee hälytys ja keskeytetään käynnistys.

### 7.3.7 ILMANVIRTAUKSEN SÄÄTÖPOIKKEAMAHÄIRIÖ

Ilmavirtauksen säätöpoikkeamahäiriöhälytys muodostetaan DCS:stä tai turvalogiikan normaalipuolella saatavasta laskennasta. Mikäli käynnistettäessä säätöpoikkeama ei ole viiveen kuluttua poikkeama-alueen sisäpuolella, tulee hälytys ja käynnistys keskeytetään.

## 7.4 Öljylukitukset

Lukitus pysäyttää ja lukitsee polttimen välittömästi.

KEVYTÖLJYLUKITUKSET		
SSV#1 SULKUHÄIRIÖ		
SSV#1 AVAUSHÄIRIÖ		
SSV#2 SULKUHÄIRIÖ		
SSV#2 AVAUSHÄIRIÖ		
PUHALLUSVENTTIILIN SULKUHÄIRIÖ		
PUHALLUSVENTTIILIN AVAUSHÄIRIÖ		
ÖLJYNPAINE MATALA	10	kPa
ÖLJYNPAINE KORKEA	570	kPa
HAJOTUSILMAN PAINE MATALA	400	kPa
HAJOTUSINEEN VIRTAUSHÄIRIÖ	50	kPa
KÄSIVENTTIILI KIINNI		

KUVA 11. (OS-Automation, 2019)

#### 7.4.1 PIKASULKUVENTTIILI 1 ja 2, PUHALLUSVENTTIILI, PALUUVENTTIILI SULKUHÄIRIÖ

Sulkuventtiilin sulkuhäiriölaukaisu tulee erilliseltä pikasulkuventtiilin rajakytkimeltä. Signaali tulee logiikan turva-alueelle. Lukitus tapahtuu, jos virtapiiri ei ole sulkeutunut venttiilin sulkuehjouksen tapahduttua sulkuviiveen kuluttua. Laukaisu tulee myös välittömästi, kun virtapiirin kosketin aukeaa polttimen pysähtyessä. Sulkuvalvonta on 1 sekunti.

#### 7.4.2 PIKASULKUVENTTIILI 1 ja 2, PUHALLUSVENTTIILI, PALUUVENTTIILI, PALUUVENTTIILI AVAUSHÄIRIÖ

Sulkuventtiilin avaushäiriölaukaisu tulee samalta pikasulkuventtiilin rajakytkimeltä, jolla sulkuhäiriökin toteutetaan. Lukitus tapahtuu, jos virtapiiri ei ole avautunut venttiilin avausohjouksen tapahduttua avautumisviiveen kuluttua. Laukaisu tulee myös välittömästi, kun virtapiirin kosketin sulkeutuu polttimen käydessä. Avauman valvonta on yleensä 3 sekuntia, riippuen laitteen mitoituksista.



#### 7.4.3 ÖLJYNPAINEN MATALA

Öljynpaine matala -laukaisu muodostetaan analogisesta mittaussignaalista. Signaali tulee logiikan turva-alueelle, jossa raja-arvo ja laukaisu muodostetaan.

Lukitus tulee, jos öljynpaine ei ole noussut yli minimipaineen rajan viiveen kuluessa käynnistyksen tapahduttua tai välittömästi, jos paineraja alittuu käynnin aikana.

#### 7.4.4 ÖLJYNPAINEN KORKEA

Öljynpaine korkea -laukaisu muodostetaan analogisesta mittaussignaalista. Signaali tulee logiikan turva-alueelle, jossa raja-arvo ja laukaisu muodostetaan.

Lukitus tulee, jos öljynpaine nousee yli maksimipaineen rajan viiveen kuluessa käynnistyksen tapahduttua tai välittömästi, jos paineraja ylittyy käynnin aikana.

#### 7.4.5 HAJOTUSAINEN PAINEN MATALA

Hajotusainen paine matala -laukaisu muodostetaan analogisesta mittaussignaalista. Signaali tulee logiikan turva-alueelle, jossa raja-arvo ja laukaisu muodostetaan.

Lukitus tulee, jos hajotusainen paine ei ole noussut yli minimipaineen rajan viiveen kuluessa käynnistyksen tapahduttua tai välittömästi, jos paine raja alittuu käynnin aikana.

#### 7.4.6 KÄSIVENTTIILI KIINNI

Käsiventtiilin häiriölaukaisu tulee erilliseltä käsiventtiilin auki-asennon rajakytkimeltä. Signaali tulee logiikan turva-alueelle. Lukitus tapahtuu, jos virtapiiri ei ole sulkeutunut ja polttoaineella LCP:n valinta kytkin on 1-asennossa.

## 8 OHJELMOINTI TURVAJÄRJESTELMÄLLÄ

Tämän työn esimerkit luotiin Schneider M580 Safety logiikalla ja Siemens S7-315f turvalogiikalla. Molemmat ovat SIL -luokiteltuja turvalogiikoita. Poltinohjaukset eivät ole sidottu minkään toimittajan tuotteeseen. Ratkaisuja voidaan toteuttaa, kunhan vaan SIL -luokitus toteutuu eheystasomäärittelyn mukaan.

### 8.1.1 Diagnostiikka

Kun turvajärjestelmä toimii turvatilassa, turvajärjestelmä lukee turvatulot (F-DI) säännöllisesti, käsittelee sovellusohjelman turvallisuuslogiikan, suorittaa diagnostiikan ja kirjoittaa logiikan tuloksia turvalähtöihin (F-DO). Monet PLC:t havaitsevat myös vieraan jännitteen piirissä. Tila voi aiheutua esimerkiksi tulipalossa, jossa kaapeli on sulanut ja johtimet ovat oikosulussa.

Turvallinen tila on aina jännitteetön tila. Esimerkiksi, jos analoginen tulomoduuli- tai digitaalinen tulomoduulin kanava havaitsee vaarallisen sisäisen kunnan, se asettaa tulojen arvoksi turvalogiikkaan tilan: "0". Tila pysyy kyseisessä tilassa, kunnes taustalla oleva häiriö on ratkaistu ja vika kuitattu.

Jos digitaalinen lähtömoduuli- tai digitaalinen relälähtö moduuli havaitsevat vaarallisen sisäisen tilan, se asettaa lähdöt jännitteettömään tilaan. Moduuli on myös vikatilassa, kunnes taustalla oleva vika tai häiriö on ratkaistu ja moduuli käynnistetty uudelleen. Turvalähtö kykenee valvomaan myös kanavaan kytkettyä tehokuormaa. Jos kuormaa ei ole, todennäköisesti tällöin kaapeli on poikki tai laite vikaantunut.

### 8.1.2 Ohjelmalohkojen esittely

Liitteissä 1 ja 2 on näytetty esimerkkinä poltin-, liekinvalvonta- ja pikasulkuventtiililohkot.

## 9 LOPPUTULOKSEN TARKASTELU

Opinnäytteen tarkoituksena oli tarkastella ja luoda kattava dokumentaatio polttimien ja poltinautomaatioiden parissa työskenteleville henkilöille. Kohdehenkilö voi olla niin aloitteleva suunnittelija kuin kattilalaitoksen operaattorikin. Suunnittelijalle työ on tarkoituksella pidetty modulaarisena ja avoimena pohjana uusiin projektien lähtöaineistoksi. Operaattorille työssä kuvattu diagnostiikka ja polttimien eri toimintavaiheet avaavat näkymää myös automaatioon ja helpottamaan vian paikallistamista erilaisissa häiriötilanteissa.

Polttimien ja palamisen perusteita, mekaniikkaa, prosessitekniikkaa on kuvattu myös siinä määrin että työn perusteella osataan erottaa eri polttimia toisistaan. Tiedetään, kuinka polttimet asennetaan kattilaan. Tunnistetaan yleisesti käytetyt polttoaineet, joita pääsääntöisesti käytetään poltossa. Ja kuinka näiden saattaminen polttoon tapahtuu. Erityisesti tärkeitä kohtia ovat polttimien valinnoissa kohdan 4.1.2 tavat ja poltintyytit, suutin vai pyöriväkuppipoltin. Nämä ovat myös kustannuskysymyksiä itse polttolaitteiden hankintaan.

Suurimpana haasteena pidän laajan alueen sovittamisen ja muotoilemisen esitettäväksi työksi ja että silti saisi kuvattua mahdollisimman selkeästi sitä maailmaa mitä polttimet muodostavat.

Turvallisuuteen liittyvät asiat ovat hyvin laaja alue. Myös tämän alueen käsittelyssä oli oma haasteensa. Suurilta osin onnistuin mielestäni pitämään esittelyn riittävän kattavana, vaikkakin joidenkin alueiden esim. mekaniikan suhteen täytyi keskittyä vain avainkohtiin ja olennaisiin asioihin.

## 10 KEHITYSNÄKYMÄT

Polttoaineiden kehitysnäkymät ovat kovasti muutoksen tuulissa. Fossiiliset polttoaineet tullaan korvaamaan pääosin uusiutuvilla biopolttoaineilla. Päästöjen vähentämistä eri polttotekniikoin kehitetään jatkuvasti. Yleisesti ei kuitenkaan uskota, että fossiilisten poltto täysin loppuu kokonaan, ainakaan vielä pitkään aikaan.

Polttolaitteisto on mekaanisesti pääpiirteittäin aivan samanlainen, poltetaanko kevyttä öljyä vai BIO-öljyä, tai onko poltossa maakaasu vai power to X prosessilla tuotettua BIO-kaasua. Tämä prosessitekniikka tuskin paljon muuttuu.

Lähitulevaisuudessa poltin voisi olla enemmän kokonaisuus, jossa mekaniikka ja sähkö/automaatio olisi yhtä samaa konetta. Laitteella voisi olla oma polttoaineen mittaus- ja analysointitekniikka. Tällöin ei olisi niin tarkkaa mitä ja minkä laatuista öljyä kulloinkin poltetaan. Poltin säätäisi itse omat säätöparametrisa parhaan vähäpäästöisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Operaattorilla ja käyttöhenkilökunnalla voisi olla mahdollisuus vaikuttaa tiettyihin ennalta tiedossa oleviin palamiseen liittyviin perusparametreihin. Ennalta tiedossa olevia asioita voivat olla esim. akuutit laatu- ja koostumusvaihtelut polttoaineissa, joita voisi ennakoida ilman isompia automaation muutostöitä.

## 11 LÄHTEET JA LAINAUKSET

Andritz. 2016. *Safety Plan*. 2016.

Automation, OS. *Käyttöohje*.

kaasuyhdistys, Suomen. Suomen kaasuyhdistys. <https://www.kaasuyhdistys.fi/>. [Online]

Käyttöohje. 2019. 2019.

Oilon. [Online]

OS Automation. *Käyttöohje Kumpuniemen Voima*.

Raiko, Saastamoinen, Hupa & Kurki-Suonio. 2002. *Poltto ja palaminen*. 2002.

Savonia. *Polttoaineiden palaminen, palamisilman ja savukaasun määrät ja ominaisuudet*. Kuopio, Varkaus : s.n.

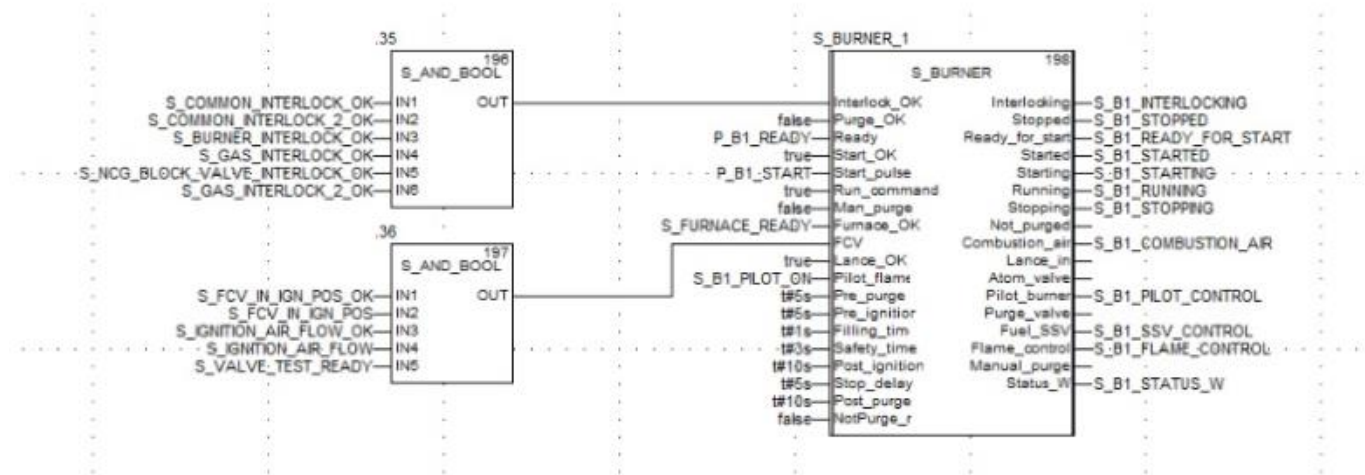
Schneider. *Burner Block*.

—. 2012b. OIS-ONT käytännössä. *Savonian uutiset*. Ykkönen, Kuopio : Yle, 1. 3 2012b.

Oulun yliopisto. [Online] [http://cc oulu.fi/~kamahei/b/477416S/KLTP-2019-poltto\\_polttimet.pdf](http://cc oulu.fi/~kamahei/b/477416S/KLTP-2019-poltto_polttimet.pdf).

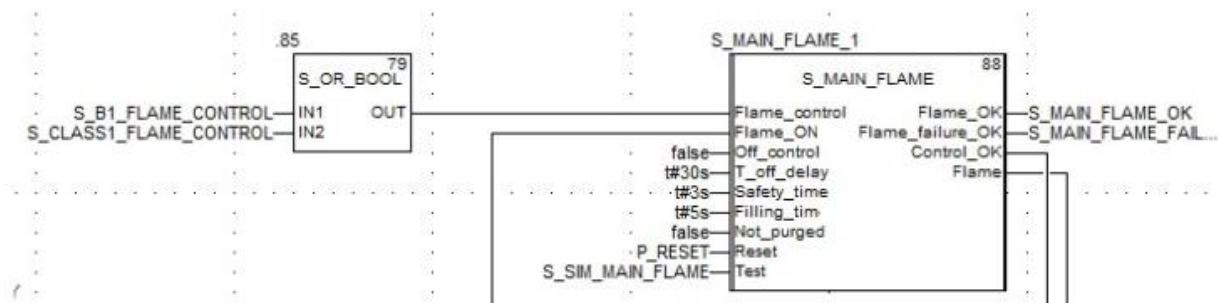
## LIITE 1

Näyttökopio Schneiderin turvalogiikalta. Oikeanpuoleinen lohko on itse polttimen ohjauslohko.



Kuva 12. Poltinlohko (Schneider)

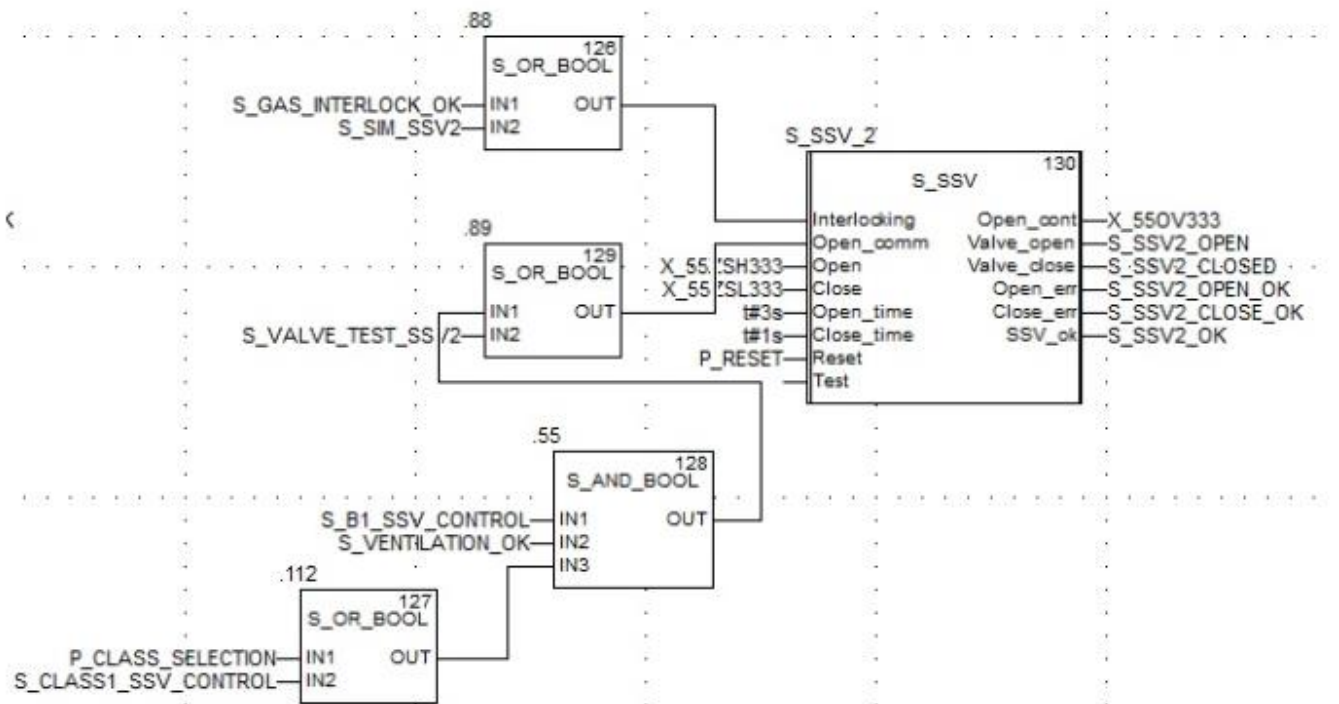
Alla näkymä liekinvalvontalohkosta. Vasemmalla on nähtävissä liekin valvonta ja varmuusajat. Tarkemmat toiminat ovat kuvattu itse tekstissä.



Kuva 13. Pääliekinvalvontalohko (Schneider)

## LIITE 2

Pikasulkuventtiililohko. Jokaisella turvasulkuventtiilillä on oma lohko, jota itsenäisesti valvotaan turvalogiikassa.



Kuva 14. Pääliekinvalvontalohko (Schneider)