

Jouni Kaikkonen

## **LÄMPÖENERGIALAITOKSEN TLJ-SUUNNITTELU**

# LÄMPÖENERGIALAITOKSEN TLJ-SUUNNITTELU

Jouni Kaikkonen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2018  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-  
ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, automaatiotekniikka

---

Tekijä: Jouni Kaikkonen  
Opinnäytetyön nimi: Lämpöenergiailaitoksen TLJ-suunnittelu  
Työn ohjaaja: Tero Hietanen (Oamk), Ermo Lohi (Oukotek)  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2018  
Sivumäärä: 20 + 8 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella turvallisuuteen liittyvä järjestelmä (TLJ) Steel Kamet -yhtiön Turbo-lämpöenergiailaitokselle. Tavoitteena oli luoda dokumentaatio, jolla todetaan laitoksen automaation olevan riittävän turvallinen käyttötarkoitukseensa nähden.

Työn suorittaminen alkoi perehtymällä järjestelmään ja polttolaitosten turvallisuusohjeisiin. Tämän jälkeen tehtiin vaara- ja riskianalyysi asiakkaan kanssa ja itse TLJ-suunnitelma tämän pohjalta.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi turvallisuussuunnitelman valmisteleva versio, jota täsmennetään piirisuunnittelun jälkeen. Laitteisto oli jo aiemmin tehty varsin toimintavarmaksi, joten varsinaista uutta turvallistamista vaadittiin vain vähän.

---

Asiasanat: turvallisuussuunnittelu, TLJ, prosessinhallinta, öljynpolttolaitos, kaasunpolttolaitos

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Electrical and automation engineering, Automation engineering

---

Author: Jouni Kaikkonen  
Title of thesis: SRS Design of Heat Energy Plant  
Supervisor: Tero Hietanen (Oamk), Ermo Lohi (Oukotek)  
Term and year when the thesis was submitted: fall 2018  
Pages: 20 + 8 appendices

---

The purpose of this thesis was to produce a safety related system (SRS) design for Steel Kamet, Turbo-heat energy plant. The aim was to create documentation, which can prove that the automation of the plant is safe enough for its intended purpose.

The work began by taking a look at the process of the plant and the standards regarding it. The next step was to analyze dangers and risks with the customer and to make the documentation based on the analysis.

The result was a “beta” model of the full SRS design that will be revised after circuit planning. Plants are being sold already and they are made to be reliable, so there was no need for major changes.

---

Keywords: safety planning, SRS, process control, oil burning plant, gas burning plant

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 TLJ-SUUNNITELMA	8
3 TURBO-LÄMPÖLAITOS	10
4 TYÖN TOTEUTUS	12
4.1 Vaara- ja riskianalyysi	12
4.2 Turvallisuussuunnitelma	13
4.3 Lukituskaavio	15
4.4 Turvatoimintojen kuvaus	16
4.5 Piiriluettelo	17
4.6 Testisuunnitelmat	17
4.7 Tyyprikaaviot ja TLJ-laskelmat	18
4.8 Kokonaisuuden kelpoistus	19
5 POHDINTA	20
LÄHTEET	21
LIITTEET	22

## SANASTO

Input = Prosessointiyksikköön tuleva viesti. Analogisesta viestistä käytetään yleensä nimitystä mittaus ja digitaalisesta viestistä nimitystä tilatieto, mutta nykyään on käytössä myös digitaalisviestisiä mittauksia. Nimitystä käytetään ohjelmoitavissa logiikoissa yleensä vain kentältä tulevasta viestistä, eivätkä esimerkiksi verkkoyhteydet kuulu tähän käsitteeseen.

Output = Prosessointiyksiköstä lähtevä viesti. Outputit ovat käytännöllisesti katsoen aina laitteiden ohjauksia tai ohjelmoitavien logiikkojen välisiä viestejä varten.

SAT = Site acceptance test. Asennuspaikkatestaus. Asennuspaikalla tehtävä testisarja ennen laitteiston käyttöönottoa.

SIL = TET. Turvallisuuden eheystaso, englanniksi safety integrity level. Käytetään ilmoittamaan vaadittu toimintatodennäköisyys vikatilanteessa. Toimintavarmuusvaade kasvaa onnettomuusriskin ja seurausten kasvaessa.

TLJ = Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä. Prosessiautomaatiosta irrallinen automaatioyksikkö, jonka tarkoitus on saattaa prosessi turvalliseen tilaan vian sattuessa tai pysäyttää prosessi, mikäli edellinen tavoite epäonnistuu.

# 1 JOHDANTO

TLJ (turvallisuuteen liittyvä järjestelmä) on yleistymässä oleva tapa järjestää prosessiautomaatiikan turvallisuus ja toimintavarmuus kytkemällä erillinen turvamittaus ja turvaohjausyksikkö varsinaisen prosessiautomaation rinnalle. Erillisellä järjestelmällä saadaan prosessien riskejä pienennettyä huomattavasti, koska tällöin ei olla alttiita operaattorien sekä prosessiautomaatiojärjestelmän virheille.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Oukotek Oy:lle, jolta Steel Kamet Oy tilasi suunnittelun. Oukotek Oy on vuonna 2016 perustettu pohjoissuomalainen konsultointi- ja suunnittelupalveluyritys. Oukotek tarjoaa asiakkailleen automaatio-, sähkö- ja putkistosuunnittelua sekä asennusvalvonta-, käyttöönotto- ja dokumentointipalveluita. (1.)

Opinnäytetyöksi sovittiin tuottaa TLJ-aineisto modernisoitavana olevaan Steel Kametin Turbo-lämpöenergialaitteistoon, joka tuotettiin standardin SFS-EN-50156-1 mukaisesti. Opinnäytetyöhön sisältyivät laitteiston riskinarviointi, turvallisuussuunnitelma, vaatimusmäärittely, piiriluettelo, turvatoimintojen kuvaus sekä testausdokumentit.

Laitteistopohjaa käytetään useissa eri paikoissa, koska asiakasyritys valmistaa lämpöenergialaitoksia moneen eri paikkaan, usein vain pienin muutoksin tilaajasta riippuen, joskin turvallisuusvaikutukset ovat lähes poikkeuksetta samat. Näin ollen tämän työn tulosta voidaan käyttää miltei kaikkiin tilaajan öljy- ja kaasupohjaisilla polttoaineilla toimiviin laitoksiin. Opinnäytetyöhön sisältyi vain esisuunnittelu osuus ilman tarkkoja piiritunnuksia ja nimityksiä.

Huomattavaa on, että luvussa 2 käsitellään turvasuunnittelemista yleisesti ja luvussa 4 tämän erikoistapauksen puitteissa. TLJ-suunnittelu on uutuudestaan huolimatta monimuotoinen ala, ja kaikkia sen haaroja ja tekotapoja ei mitenkään voi käsitellä yhdessä opinnäytetyössä. Nimitystä tilaaja käytetään yhtiöstä Steel Kamet ja nimitystä toimittaja yhtiöstä Oukotek.

## 2 TLJ-SUUNNITELMA

Automaatiolaitteistoa suunnitellessa kiinnitetään nykyään yhä enemmän huomiota järjestelmän vikaantumisasioihin ja siitä johtuviin turvallisuustekijöihin. Tästä johtuen turvallisuusriskit mietitäänkin usein jo laitteiston vaatimusmäärittelyvaiheessa. Tämän jälkeisessä suunnitteluvaiheessa suunnitellaan tavat estää käyttövaiheen aikainen riskien realisoituminen aktiivisesti turvatoiminnoilla ja passiivisesti rakenteellisilla esteillä sekä käyttäjähenkilöstön ohjeistuksella. Turvasuunnitteluprojekti kulkee varsinaisen automaatioprojektin rinnalla ja ne menevät osin limittäin.

Pääjärjestelmään sisältyviä turvatoimintoja on ollut olemassa miltei yhtä kauan, kuin varsinaisia automaatiojärjestelmiäkin. Nämä ovat kuitenkin alltiita järjestelmän vioille, pahimmassa tapauksessa jatkaen mahdollisesti hengenvaarallista virhettä ohjausyhteyden katketessa tai mittauksen hajotessa, joten niiden toimintavarmuus ei ole lähellekään riittävä. Varsinainen TLJ-laitteisto alkoi yleistyä noin vuonna 2008, vaikka kotimainen polttolaitteistojen sähkölaitteiden standardi saatiin jo 24.1.2005. Tämä luotiin eurooppalaisen EN-50156-1:2004-standardin pohjalta. (2.)

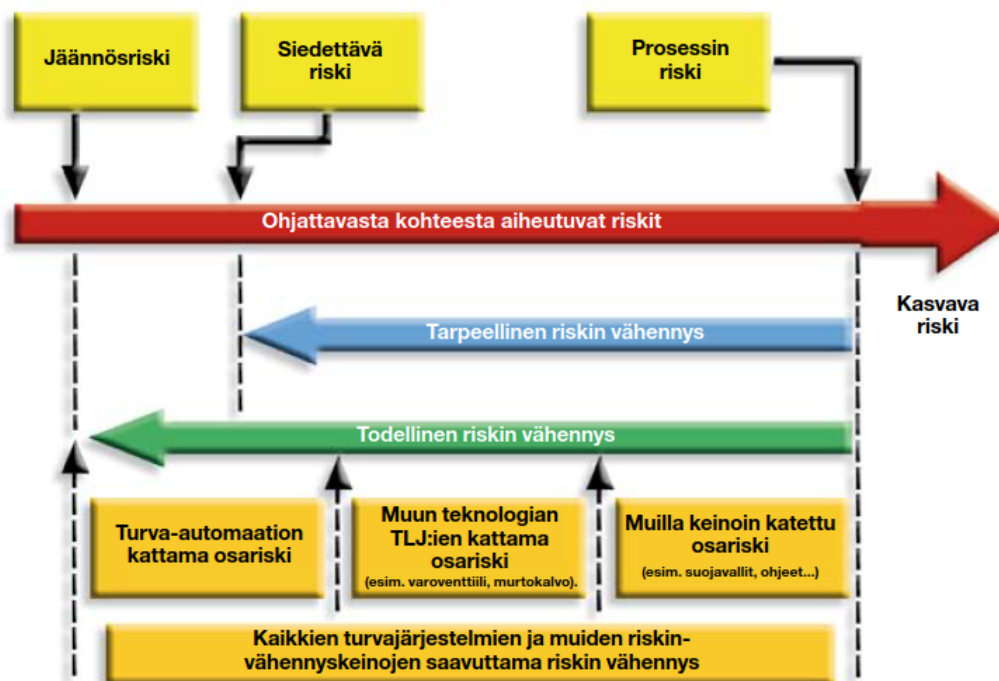
TLJ on pääautomaation toiminnasta erillinen yksikkö, joka pyrkii pitämään prosessin turvallisessa tilassa tai keskeyttämään sen tarpeen vaatiessa. Tällaiset järjestelmät voivat käyttää esimerkiksi valoverhoja ilmoittamaan ihmisen saapumisesta vaaravyöhykkeelle, tai painemittausta kertomaan putkistovuodoista, jolloin ne ajavat varsinaisen prosessin alas.

TLJ-dokumentaatio yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi järjestelmäsuunnittelun eri osaset, joita ovat tässä tapauksessamme vaara- ja riskianalyysi, turvallisuussuunnitelma, turvatoimintojen kuvaus, TLJ-eheystasolaskelmat, TLJ-piiriluettelo, TLJ-lukituskaavio, TLJ-testaussuunnitelma, TLJ-testauspöytäkirja ja kokonaisuuden kelpoistaminen.

Toiminnallisen turvallisuuden lähtökohtana on ohjattavan prosessilaitteiston riskin arvionti ja vaatimusten määrittely, joiden perusteella määritellään varautumiselle tarvittava turvallisuuden eheyden taso (TET), joka tunnetaan



myös nimellä SIL (safety integrity level). Turvallisuuden eheys tarkoittaa sitä, että turvatoiminto toteuttaa vaadittavat tehtävät määritellyissä olosuhteissa ja määritellyn ajan. SIL:n noustessa vaaditaan luotettavampia laitteita ja yhteyksiä, jolloin saadaan aikaan suurempi toimintavarmuus vaateen sattuessa. Näin toimien saadaan laitteiston kokonaisriski laskettua alle siedettävän tason, ja voidaan sanoa, etteivät haitalliset vahingot ole todennäköisiä. Riskien pieneneminen johtaa sekä parempaan taloudelliseen kannattavuuteen prosessin elinaikaisen toiminta-ajan kasvaessa että henkilövahinkojen vähenemiseen tapaturmien määrän laskiessa.



KUVA 1. Riskin vähennyksen yleiset periaatteet standardin SFS-EN-61508 mukaisesti (4)

### 3 TURBO-LÄMPÖLAITOS

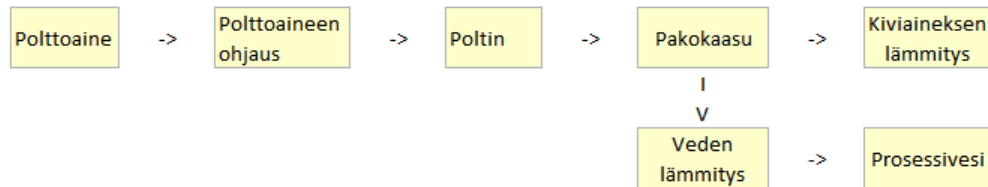
Turbo tuottaa lämpöenergiaa betoni- ja elementtiteollisuuden tarpeisiin. Käytettäviä polttoaineita ovat kevyt polttoöljy ja maakaasu. Yleisimmät käyttötarkoitukset ovat prosessi- ja käyttöveden, kiviainesten, betoniautojen pesuvesien ja elementtien valupetien lämmitys.

Lämpöenergian tuotolla on kaksi varsinaista käyttötapaa, jotka ovat vedenlämmitys ja kiviainesten lämmitys. Vedenlämmityksellä lämpöenergiasta 80 % siirtyy veteen ja 20 % kiviainekseen. Kiviainesten lämmityksellä 70 % lämpöenergiasta siirtyy kiviainekseen ja 30 % veteen. Automatiikka valvoo lämmitystä käyttäjän asettamien tavoitteiden mukaisesti. Näiden lisäksi voidaan polttimen sammuttua käyttää puhallusilmalämmitystä, joka puhalttaa ilmaa vesilämmitysputkiston läpi, jolloin vesisäiliöstä tarttuu lämpöä ilmaan ja sen kautta haluttuun kohteeseen. (3.)

Toimintaperiaate on seuraavanlainen. Polttoaine poltetaan pakokaasuksi vesisäiliön sisällä olevassa polttokammiossa. Kuuma pakokaasu johdetaan polttokammioista käyttötavan mukaiseen kohteeseen. Kiviainesten lämmityksellä pakokaasu johdetaan suoraan automatiikan tai operaattorin valitsemaan kiviainessiiloon. Vedenlämmityksellä pakokaasu ohjataan vesisäiliössä olevaan lämmönvaihtimeen, jolloin valtaosa lämpöenergiasta imeytyy prosessiveteen ja kiviainessiiloihin menevän pakokaasun lämpötila laskee. Poltin lopettaa polttamisen lämpötilojen saavuttua ylärajalle ja aloittaa sen uudestaan jonkin lämpötilan laskettua alarajan alapuolelle.

Joissain malleissa voidaan käyttää myös höyrylämmitystä, jolloin pakokaasuun ruiskutetaan vettä erillisessä höyrystimessä ja tuotettu höyry ajetaan kiviainessiiloihin. Kuumakaasukehitin mallissa höyrylämmitys on ainoa lämmitysmuoto. Tällöin käytettävän lämmityshöyryn lämpötila vaihtelee 150—350°C. Automatiikka säätelee höyryn lämpötilaa lisäämällä tai vähentämällä ruiskutettavan veden määrää. Höyrylämmitys-tila vaihtuu automaattisesti vedenlämmitys-tilaan kiviaineiden saavutettua asetetut tavoitelämpötilat. Poltin sammuu prosessiveden lämpötilan noustessa 85°C asteeseen.

Lämmitysjakson aikana lämmityshöyry johdetaan kiviainessiiloihin valitussa järjestyksessä ja valittujen lämmitysaikojen perusteella. (3.) Polttoprosessin selvennetty malli ilmenee prosessikaaviosta kuvassa 2.



*KUVA 2. Polttoprosessin prosessikaavio*

## 4 TYÖN TOTEUTUS

### 4.1 Vaara- ja riskianalyysi

Työ aloitettiin tekemällä vaara- ja riskianalyysi, jonka pohjalle muu suunnittelu perustuu. Ensin selvitettiin laitteen toimintaperiaate, käyttöympäristö ja kattilalaitosten turvallisuusmääräykset. Näiden pohjalta laadittiin lista todennäköisistä riskeistä ja esiteltiin listaus projektipäällikölle. Toimittajan projektiin kuuluvan henkilöstön kanssa pidettiin esipalaveri ja lisättiin muutama kohta, sekä useaa kohtaa muutettiin hiukan. Tämä osuus oli koko projektin vaikein osio, koska omaksuttavaa asiaa oli paljon ja niiden yhdistely asiaan todella työlästä asiaan harjaantumattomalle.

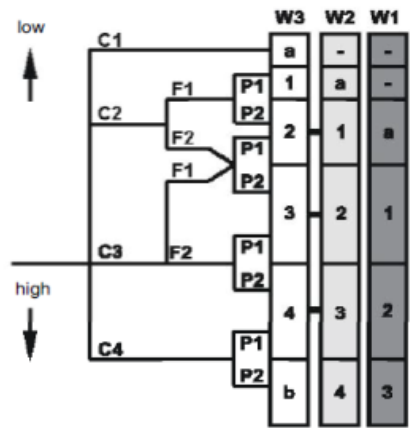
Lopullinen versio vaara- ja riskianalyysistä tehtiin palaverissa Steel Kametin henkilökunnan kanssa. Palaveriin osallistuivat Oukotekiltä Jouni Kaikkonen, Ermo Lohi ja Tuomas Kämäräinen. Steel Kametin edustajina olivat Marko Isojärvi ja Teemu Kurikkala. Tähän täsmennettyyn versioon nimettiin tekijäksi Tuomas Kämäräinen, koska hänellä on tehtävään vaadittavat pätevyudet.

Riskinarvionti palaverin aikana käytiin laitteisto ja sen riskit läpi laitteiston asiantuntijoiden kanssa. Arvioinnin aikana todettiin turva-asioiden olevan nykyiselläänkin toteutettu varsin hyvin. Kahteen kohtaan saatiin SIL1-luokitus. SIL-luokittelun perusteet on esitelty kuvassa 3. SIL-luokitus saatiin kohtaan 2.4 ”pakokaasun johtuminen väärään tilaan” ja kohtaan 4.2 ”kaasun paine laskee ennen poltinta”. Vain kaasunpaineeseen voi tehdä toimenpiteitä yleisesti. Kukin tehdas tekee häkämittauksen erikseen, eikä sitä voida toimittaa laitteiston mukana. Vaara- ja riskianalyysi on liitteessä 1, joka ei ole julkinen.

Vaarallisten tapahtumien seuraukset:	Altistusaika vaaratekijälle:	Todennäköisyys vaarallisten tapausten välttämiseen:	Ei toivottujen esiintymisten todennäköisyys:
C1, Vähäinen vamma	F1, harvoin	P1, mahdollista	W1, hyvin vähäinen tod.
C2, Vaikea vamma, yhden hlö kuolema	F2, toistuvasti	P2, melkein mahdoton	W2, vähäinen tod.
C3, Useiden hlö kuolema			W3, suht. korkea tod.
C4, Hyvin monia hlö kuolee			

Vaadittu turvallisuuden eheyden taso:

- "-" --> Ei mitään turvallisuusvaatimuksia
- "a" --> Ei mitään erityisiä turvallisuusvaatimuksia
- "1,2,3,4" --> Turvallisuuden eheyden tasot (SIL)
- "b" --> Yksittäinen suojausjärjestelmä ei riittävä



KUVA 3. SIL-luokituksen määrittäminen riskiarvion mukaan

## 4.2 Turvallisuussuunnitelma

Turvallisuussuunnitelmaan oli toimittajalla valmis pohja, johon tarvitsi vain muuttaa tiedot vastaamaan kohdetta ja poistaa tarpeettomat kohdat. Lopullinen sisällysluettelo esitellään kuvassa 4 ja se käydään läpi kohta kohdalta tässä luvussa. Tässä vaiheessa varsinainen haaste tuli laitteiston ymmärtämisestä ja standardien soveltamisesta.

1. KOHTEEN KUVAUS.....	2
2. PERUSTEET.....	2
3. TLJ PROJEKTI.....	3
3.1 TLJ-PROJEKTIORGANISAATIO.....	3
3.2 KÄYTÖNAIKAINEN ORGANISAATIO.....	3
3.3 ARVIOINTI.....	3
4. TURVAJÄRJESTELMÄN HALLINTAMENETTELYT JA OHJEET.....	4
4.1 KESKEISET TLJ DOKUMENTIT.....	4
4.2 OHJEET.....	5
4.2.1 Määräaikaistestiohjeet.....	5
4.2.2 Muutosten ja käytöstä poiston menettelyohjeet.....	5
4.2.3 Huolto-ohjeet.....	5
4.2.4 Ohjeet TLJ:n käyttö- ja ylläpitopäiväkirjasta.....	5
5. KOULUTUS.....	5
5.1 YLEISTÄ.....	5
5.2 KOULUTUSSUUNNITELMA.....	5
6. VERSIOHISTORIA.....	5

#### *KUVA 4. Turvallisuuksuunnitelman sisällysluettelo*

Perusteet-kohta on suoraan pohjan mukainen ja siinä kerrotaan standardit, joihin suunnitelma pohjautuu. Nämä ovat seuraavat:

- SFS EN 61508; Toiminnallinen turvallisuus, elinkaarimalli
- SFS EN 50156-1:en; Electrical equipment for furnaces and ancillary equipment – Part 1: Requirements for application design and installation
- SFS EN 60204-1; Koneturvallisuus
- EMC: IEC 61000 standardisarja
- SFS6002 Sähkötyöturvallisuus.

Näiden lisäksi suunnittelu pohjautuu myös Painelaitelakiin (869/1999), Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökseen painelaiteturvallisuudesta (953/1999) sekä KLTK:n Kattilalaitosten turvallisuusohjeisiin.

TLJ-projekti-osio on siinä mielessä poikkeuksellinen, että laitoksia tehdään aina tilauksesta, joten projektinaikaista turvallisuusorganisaatiota ei voida määrittää etukäteen. Myöskään käytönaikaista henkilöstöä ei voida määrittää. Käytön valvoja ja ylläpitäjät ovat tilaajan asiakasyrityksen määriteltävissä, ja heidän asiantuntemuksensa on laitoksen ostaneen tahon vastuulla.

Turvajärjestelmän hallintamenettelyt ja ohjeet -kohdassa listattiin aluksi projektiin kuuluvat dokumentit, jonka jälkeen käytiin läpi muutos- ja huolto-ohjeet. Tähän kohtaan ei tullut mitään muutettavaa, koska ne sopivat tilanteeseen jo valmiiksi.

Lopuksi todettiin käyttäjien ja ylläpitäjien tarvitsevan koulutusta laitteistosta ja suositellaan sen toimittamista SAT-testauksen aikana. Vaihe oli työläs, muttei suinkaan vaikea. Tulokset on esitelty liitteessä 2, joka ei ole julkinen.

### **4.3 Lukituskaavio**

Lukituskaavioon merkattiin sekä SIL-luokiteltu kaasunpainemittaus, että muutkin turvatoiminnot, jotka johtavat järjestelmän alasajoon katkaisemalla polttoaineensyötön. Muut lisättiin, koska vaara- ja riskianalyyssissä tuli selväksi nykyisen turvallisuustason pohjautuvan vahvasti jo olemassa oleviin varmennusmittauksiin. Lukitustaulukkomalli on esillä kuvassa 5.





Ympäristöolosuhteet ovat lämpimät, koska keskus, poltinlaite ja pumpput on rakennettu kontin sisälle. Ainoastaan savukaasukanavat ja polttoaineen säilöntä ovat kosketuksissa ulkoilman kanssa.

SIL-luokiteltuja turvatoimintoja oli vain yksi, kuten vaara- ja riskianalyyssissä määriteltiin. Turvatoiminnosta kirjoitettiin tarkka kuvaus, siihen liittyvä vaara, vaadittu turvallisuuden eheystaso, tyyppikaavio ja laskentatunniste, turvatoimintoon liittyvät I/O:t ja logiikkasovellus, turvallisen tilan kuvaus, erikoistoiminnot huolto/vikatilanteissa sekä vasteaika. Näistä turvatoiminnan tulo- ja lähtöliitäntä listaus sekä logiikka jäivät vajaiksi ja niitä täydennetään suunnittelun myöhemmässä vaiheessa.

Tämä osio kokosi jo aiemmin tehdyt osiot yhteen, joten se ei tuottanut ongelmia. Turvatoiminto on kuvattu liitteessä 4, joka ei ole julkinen.

#### **4.5 Piiriluettelo**

Piiriluetteloon merkattiin kullekin laitteelle piiri- tai laitepositio, laitenimitys, signaalinimitys, laitekuvaus, mahdolliset PI-kaaviot ja TLJ-tunnukset, standardin SFS EN-61508 elinkaarimallin vaihe, järjestelmäliitynnät, pysäytysluokka, turvatoimintojen vaadetiheys, piirin rakenne, vaadittu SIL, saavutettu SIL, hyväksymismerkintä sekä turvatoiminnon tyyppikaavion tunnus.

Tässä kohdassa ei tullut ongelmia, koska oikeastaan kaikki oli mietitty jo aiemmin ja koottiin vain nyt tähän. TLJ-piiriluettelo on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 5, joka ei ole julkinen.

#### **4.6 Testisuunnitelmat**

Testisuunnitelmatkin tehtiin valmiisiin pohjiin, joihin kirjattiin kohteeseen sopivat laitteet ja niiden toiminnan testaustavat. Päätettiin luottaa osavalmistajien omiin testauksiin ja suorittaa testit vain viestien kululle ja asiakkaan itse kasaamille piireille.

Testausohjeet tehtiin sekä turvallistettavalle piirille että muille turvatoiminnoille. Kaikkiin kuuluivat seuraavat vaiheet: yleistä, testaustapa, kuittaus ja turvallisen

tilan kuvaus. Testauspöytäkirjapohjan periaate on esitelty kuvassa 6. Pöytäkirjaan merkataan jokaisen testivaiheen suorittaminen.

LYHENTEET:									
Turvapöytäkirjan "Testaustapa": VT = Visuaalinen testaus, TT = Toiminnan tarkastus									
Turvapöytäkirjan "Kuittaus": KP = Kuittaus päällekkäisyydestä									
Piiri-/laitetunnus	Laitenimitys	Laitekuvaus	Sijoitus	TESTAUS/ TURVAPIIRIT					
				Testaus- tapa	Kuittaus	Takaisinryhtä	Visuaalinen tarkastuksen kuittaus	Toiminnan tarkastuksen kuittaus	HUOM!
Turvapöytäkirja:									
TT01: Ympäristön este									
Painemittaus ja sen tuottamat turvatiloinnot									
Päin komponentit:	Polttoainekäynnin painemittaus	Painemittaus	Polttoainekäynnin	VT-TT	KP	Turvaetien valvontavisuaalinen tarkastus			
7A1	Polttoaine	Rele	Sähkökeskus						

#### KUVA 6. Testauspöytäkirjan periaate

Käyttöönottotestaussuunnitelma on liitteessä 6 ja käyttöönottotestauspöytäkirja liitteessä 7. Kumpikaan ei ole julkinen. Määräaikatestaukset tehdään tilaajan oman käyttöohjeen mukaisesti.

#### 4.7 Tyyprikaaviot ja TLJ-laskelmat

Tyyprikaavioiden piirtovaihe täytyi jättää pois opinnäytetyöstä, koska se toteutetaan projektin myöhemmässä vaiheessa. Tämä perusteltiin sillä, että tarvitaan laitteet, jotka piirretään ja yhdistetään, eikä niitä ole vielä määritelty.

Laskelmia ei voitu toteuttaa, koska nekin toteutetaan projektin myöhemmässä vaiheessa. Laitteiden PFH-arvoja ei saatu suunnittelun keskeneräisyydestä johtuen, eikä laskelmia voi todentaa ilman niitä. Laitteiston SIL-luokituksen saaneen mittauksen rakenne on 1oo1, joka tarkoittaa yksittäistä anturia, josta saadaan kaavat, joilla laskennat tullaan aikanaan suorittamaan. Laskentakaavat ja niiden merkkien selitykset on esitelty kuvassa 7.

$$\lambda_D = \text{FIT}(\lambda_D) / 1E+9$$

$$\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$$

$$\lambda_D = 0,1 * C / B10_d$$

$$\lambda_{DU} = \lambda_D * (1-DC)$$

$$\lambda_{DD} = \lambda_D * DC$$

$$C = n_{op} / 8760$$

#### Rakenne 1001

$$t_{CE} = (\lambda_{DU} / \lambda_D) * (T_1 / 2) + \text{MRT} + (\lambda_{DD} / \lambda_D) * \text{MTTR}$$

Huom: MRT=MTTR

$$\text{PFH}_g = \lambda_{DU}$$

#### Lyhenne

MTTR [h]

T<sub>1</sub> [h]

PFH

PFH<sub>g</sub>

λ<sub>D</sub> [1/h]

λ<sub>DD</sub> [1/h]

λ<sub>DU</sub> [1/h]

FIT

β<sub>D</sub>

β

t<sub>CE</sub>

C

B10<sub>d</sub>

DC

n<sub>op</sub>

#### Selitys

Keskimääräinen palautumisaika (tuntia)

Määräaikaistestien väli (tuntia)

Laitteen keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä

Turvatoiminnan keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä

Vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys (tuntia kohti)

Havaittujen vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)

Havaitsemattomien vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)

1 vika /10E+9 (miljardia) tuntia kohti

Se osa havaituista vaarallisista vikaantumisista, joilla on yhteinen syy

Se osa havaitsemattomista vaarallisista vioista, joilla on yhteinen syy

Laitteen ekvivalentti keskimääräinen käytöstä poissaolon aika (h)

Toimintajaksot tuntia kohden

Toimintajaksojen lukumäärä, johon mennessä 10% komponenteista vikaantuu vaarallisesti

Vikojen paljastuminen (diagnostiikan kattavuus)

Keskimääräinen vuosittainen toimintajaksojen lkm

KUVA 7. Rakenteen 1001 SIL-laskentakaavat ja laskentamerkkien selitykset (5)

## 4.8 Kokonaisuuden kelpoistus

Kelpoistusdokumentti tehtiin valmiiseen standardin SFS-EN 61508-1 mukaiseen elinkaarimallin standardipohjaan, johon vaihdettiin vain kohteen työnumero, työkuvaus ja päiväys. Tähän tullaan merkkamaan jokaisen vaiheen hyväksyntä erikseen, kun ne on suoritettu onnistuneesti. Dokumenttiehdotus on liitteessä 8, joka ei ole julkinen.

## 5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa TLJ-aineisto Kamet Turbo - lämpöenergialaitokseen. Turvallisuutta oli toki mietitty jo aiemmin, mutta nyt dokumentit oli tarkoitus koota yhteen dokumenttikokoelmaan. Perusteena tälle on lainsäädäntö ja se, että onnettomuustilanteessa voidaan todistaa, että turvallisuusasioita on mietitty ja niiden hyväksi on toimittu.

Työssä tehtiin muutoksia jo myynnissä olevaan laitteistopohjaan, joten turvallisuusasiat oli mietitty hyvin jo aiemmin, eikä varsinaista turvallistamista vaadittu kovinkaan paljoa. Kävin työn aikana läpi järjestelmän toiminnan ja riskit kattavasti sekä mietin, miten niihin varaudutaan. Tämän pohjalta tehtiin turvallisuussuunnitelmaehdotus, jonka mukaiset muutokset asiakas oletettavasti hyväksyy.

Lopputulos oli suunnitelmaluonnos, joka auttaa aloittelevan turvasuunnittelijan alkuun antamalla yhden perustellun ennakkotapauksen, toisin kuin valmiit suunnitelmapohjat yleensä.

Henkilökohtaiseksi tavoitteeksi määriteltiin tutustua TLJ-suunnitteluun, sen tekoon ja aiheeseen liittyviin dokumentteihin ja standardistoon teollisuusjärjestelmissä. Tämä tavoitte täyttyi. Pääsin tutustumaan öljy- ja kaasupolttolaitteiden toimintaan ja turvavaatimuksiin, joista minulla ei ollut aiempaa kokemusta, vaikka molempien toimintaperiaatteet olivatkin jo aiemmin selvillä.

Työ oli varsin haastava, koska uutta asiaa oli paljon ja asioita piti osata yhdistellä oma-aloitteisesti, eikä se aina luonnistunut ihan itsestään. Lisäksi standardit olivat vaikeaselkoista "virkakieltä" ja selvennökset sain suullisesti kokeneemmilta suunnittelijoilta.

## LÄHTEET

1. Oukotek Oy. Saatavissa: <http://www.Oukotek.fi>. Hakupäivä 16.10.2018
2. SFS-EN 50156-1. 2005. Helsinki: Sesko Ry
3. Turbo huoltokirja 80022. 2017. Kalajoki: Steel-Kamet Oy.
4. Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. 2008. Helsinki: Turvatekniikan keskus
5. Kämäräinen, Tuomas 2016. Sisäisessä verkossa: P:\Steel Kamet\Turbon kehitystyö\TLJ-aineisto\08 TLJ laskelmat\TT01 Kuivakiehunta – turvarele – öljynsyöttö.xls.

## **LIITTEET**

Liite 1 Vaara- ja riskianalyysi

Liite 2 Turvallisuussuunnitelma

Liite 3 Lukitustaulukko

Liite 4 Turvatoimintojen kuvaus

Liite 5 Piiriluettelo

Liite 6 Käyttöönottestaussuunnitelma

Liite 7 Käyttöönottestauspöytäkirja

Liite 8 Kokonaisuuden kelpoistusraportti

















