

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**TAJ:n MÄÄRÄAIKAISTESTAUKSET
SOODAKATTILOILLA**

16.8.2011

Raportti 6/2011

(16A0913-E0126)



Raportti 6/2011 TAJ määräaikaistestaus 16A0913-E0126

1	YLEISTÄ.....	2
1.1	RAPORTISSA KÄYTETTÄVIEN MÄÄRITELMIEN JA LYHENTEIDEN SELITYKSIÄ.....	2
2	SELVITYKSEN TAVOITE.....	4
3	SELVITYS.....	5
3.1	TUTUSTUMINEN MUIHIN TOIMIALOIHIN.....	5
3.2	YHTEENVETO MUIDEN LAITOSTEN KÄYTÄNNÖISTÄ.....	5
3.2.1	Neste Oy.....	5
3.2.2	Vantaan Energialaitos.....	5
3.2.3	Oy VR Rata Ab.....	5
3.2.4	Metsä Botnia Äänekoski.....	5
3.3	STANDARDIT JA ASETUKSET.....	6
3.3.1	Turvastandardit EN 61508 ja EN 61511.....	6
3.3.2	Painelaitelaki, standardit, asetukset.....	6
3.4	KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄT.....	7
4	MÄÄRÄAIKAISTESTAUSVÄLIN JA MENETELMIEN MÄÄRITYS.....	8
4.1	YLEISTÄ.....	8
4.2	LASKENNALLINEN MÄÄRITYS (VIKAANTUMISTODENNÄKÖISYYSTARKASTELU).....	9
4.2.1	PFD_G ja PFD_{SYS} arvojen laskenta.....	9
4.2.2	PFD -esimerkkilaskuja.....	11
4.3	LAITETOIMITTAJEN TESTAUSOHJEET JA –MENETELMÄT.....	13
4.4	KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSIEN HUOMIOIMINEN.....	13
4.5	DOKUMENTOINTI.....	14
5	TESTAUSMENETELMÄT.....	14
6	KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO-OHJEET.....	14
7	YHTEENVETO.....	15

Liite 1 PFD laskentakaavat

Liite 2 Kenttälaitteiden vikaantumistodennäköisyysarvoja

Liite 3 PFD-arvojen laskentapohja

Liite 4 Laskentaesimerkkejä

Liite 5 Käytännökokemuksia kenttälaitteiden huolto- ja kunnossapitotarpeista

Liite 6 TAJ:n kenttälaitteiden testausesimerkkejä

Liite 7 Muistilista

1 YLEISTÄ

Suomen Soodakattilayhdistyksen Automaatiotyöryhmä perusti työryhmän keväällä 2010 laatimaan soodakattiloille määräaikaistestaus selvityksen, jossa on koottu parhaat hyväksyttävät testausmenetelmät turva-automaatiojärjestelmään liittyville kenttälaitteille. Kohteeksi asetettiin myös selvittää, kuinka pitkä testausväli olisi hyväksyttävää ja järkevää asettaa eri tyyppisille kenttälaitteille.

Työryhmään on kuulunut puheenjohtajana Eero Hakkarainen Oy Botnia Mill Service Ab ja jäseninä Toni Henriksson Stora Enso Oyj Sunilan tehdas ja Mauri Heikkinen Pöyry Finland Oy. Selvitystä on käsitelty ja kommentoitu Automaatiotyöryhmän kokouksissa.

Selvityksessä ei oteta kantaa soodakattiloiden turva-automaatiojärjestelmien (TAJ) toteutustapoihin ja tarvittavaan henkilöiden asiantuntemukseen, vaan viitataan yleisesti Soodakattilan Turva-automaatiosuosituksen, jossa nämä asiat on käsitelty laajamittaisesti.

1.1 Raportissa käytettävien määritelmien ja lyhenteiden selityksiä

Lyhenne/määritelmä	Selitys
Määräaikaistestaus	Määräaikaistestauksessa katsotaan määräajan välein jonkun toiminnan oikeellisuus
Määräaikaistarkastus	Määräaikaistarkastuksessa katsotaan silmämääräisesti jonkin laitteen kunto ilman toiminnallista testausta
Kunnonvalvonta	Kunnonvalvonta on osa laitteen kunnossapitoa
Kenttälaitteet	Turva-automaatiojärjestelmään kuuluvat lähde- ja kohdepuolen laitteet
Lähdepuoli	esim. mittalähettimet ja kytkimet
Kohdepuoli	esim. moottorit ja venttiili
TET (SIL)	Turvallisuuden EheysTaso on diskreetti taso S/E/OE turvallisuuteen liittyville järjestelmille osoitettavien turvatoimintojen turvallisuuden eheyden vaatimusten määrittämiseksi. Turvallisuuden eheystasojille käytetään asteikkoa 1:stä 4:ään, joista 4 on korkein turvallisuuden eheys
TAJ (SIS)	Turva-AutomaatioJärjestelmä, joka koostuu mittausantureista, logiikkaosasta, ohjattavista kohteista (releet, venttiilit, moottorit jne.) sekä näiden välisestä kaapeloinnista.
TLJ (SRS)	Turvallisuuteen Liittyvä Järjestelmä, joka koostuu mekaanisista turvajärjestelmistä (esim. varoventtiilit) ja Turva-automaatiojärjestelmästä (TAJ).
MTTR (h)	Keskimääräinen palautumisaika (tuntia)
TI (h)	Määräaikaistestien väli (tuntia)
PFD _G	Laitteen keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä
PFD _{SYS}	Turvatoiminnan keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaateen ilmetessä



λ_D (1/h)	Vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys (tuntia kohti)
λ_{DD}	Havaittujen vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)
λ_{DU}	Havaitsemattomien vaarallisten vikaantumisten todennäköisyys (tuntia kohti)
β_D	Se osa havaituista vaarallisista vikaantumisista, joilla on yhteinen syy
β	Se osa havaitsemattomista vaarallisista vioista, joilla on yhteinen syy
t_{CE}	Laitteen ekvivalentti keskimääräinen käytöstä poissaolon aika (h)
t_{GE}	Järjestelmän ekvivalentti keskimääräinen käytöstä poissaolon aika (h)

2 SELVITYKSEN TAVOITE

Selvityksen päällimmäisenä tavoitteena oli selvittää, miten Suomen Soodakattiloilla ja samalla myös muilla tehdaslaitoksissa määräaikaistestaukseen olisi mahdollista keventää pidentämällä määräaikaistestausvälejä ja selkeyttämällä kenttälaitteiden testaustapoja.

Aluksi tavoitteena oli tutustua muiden toimialojen vallitseviin käytäntöihin ja yrittää hyödyntää sieltä mahdollisesti löytyviä parhaita ratkaisuja ja käytäntöjä määräaikaistestausten toteutukseen. Tavoitevaiheessa asetettiin jo tutustumiskohteiksi öljyn jalostamo ja joku voimalaitos sekä Metsä Botnian Äänekosken tehtailla oleva käytäntö.

Tavoitemäärittelyssä haluttiin lisäksi selvittää, että voiko kunnon valvonnalla ja laitteiden omalla diagnostiikalla pidentää määräaikaistestausten väliä. Ja mitä eri turva- ja painelaitestandardit ja –säädökset määrittelevät määräaikaistestauksen turva-automaatiojärjestelmään kuuluville kenttälaitteille?

Selvityksen valmistuttua tavoitteena oli myös pyytää asiantuntijat Tukesista ja Inspecta Oy:stä kommentoimaan raporttia.

3 SELVITYS

3.1 Tutustuminen muihin toimialoihin

Työryhmä päätti tutustua kolmen laitoksen vallitsevaan käytäntöön määräaikaistestauksissa eli Neste Oy Kilpilahden laitokseen, Valtion Rautateiden Helsingin yksikköön. Tutustumisten aikana työryhmä päätti ottaa vielä mukaan Vantaan Energialaitoksen, koska VR:n määräaikaistestauskäytäntö selvisi puhelin soitolla.

3.2 Yhteenveto muiden laitosten käytännöistä

3.2.1 Neste Oy

Vierailukohteista Neste Oy:llä on lähdetty siitä, että kaikki määräaikaistestaukset suoritetaan tehdasseisokin yhteydessä, mikä on joko 4 tai 5 vuoden välein. Suunnitteluvaiheessa pidetään kiinni periaatteesta, että turva-automaatiojärjestelmään liitettävät kenttälaitteet ja niiden arkkitehtuurirakenne valitaan siten, että määräaikaistestaukset voidaan suorittaa tehdasseisokkien mukaisesti.

Testaukset Neste Oy:llä tehdään jakamalla suojapiiri lähde-, logiikka- ja kohdelaitteisiin ja testaamalla kukin osa-alue erikseen. Kuten on jo käytäntönä usealla uudemmalla soodakattilalla.

3.2.2 Vantaan Energialaitos

Vantaan Martinlaakson Energialaitoksella on turva-automaatiojärjestelmä rakennettu Metson AIU4I ja PLU-korteilla, mikä vaatii järjestelmän testaamisen aina 18kk välein. Käytäntö on kuitenkin pakottanut laitoksen tekemään määräaikaistestauksia lähettimille harvemmin ja keskittymään lähinnä impulssiputkien ja yhteiden tarkastamiseen.

3.2.3 Oy VR Rata Ab

Oy VR Rata Ab ilmoitti, että heillä ei tunneta ns. määräaikaistestausta vaan puhutaan kunnossapidosta. VR:llä kaikki laitteet ovat turvajärjestelmässä ja ovat kokoajan jatkuvassa käytössä ja on oletuksena, että laitteiden/ohjelmiston diagnostiikka löytää kaikki vikakohteet.

3.2.4 Metsä Botnia Äänekoski

Metsä Botnia Äänekosken tehtailla turva-automaatiojärjestelmä on uudistettu noin kaksi vuotta sitten ja määräaikaistestaukset tehdään harvemmin kuin muilla vastaavilla tehtailla. Esimerkiksi standardilähettimillä testaukset tehdään kahdessa vaiheessa siten, että 5 vuoden välein HART-palikalla syötetään lähettimelle ala- ja ylähälytysraja sekä lähettimen alue (4 ja 20mA) ja tarkistetaan mA-mittarilla, että arvot vastaavat toisiaan. 10 vuoden välein tarkistetaan edellä esitetyn lisäksi myös lähettimen arvot 0%, 25%, 50%, 75% sekä 100%:ssa kalibraattoreiden (esim.paine, lämpötila jne) avulla.

Lähettimien impulssiputket ja yhteet puhalletaan seisokeissa vuoden välein.

Muut lähdepuolen laitteet kuin standardilähettimet testataan 2 vuoden välein. Samoin kohdepuolen laitteet testataan 2 vuoden välein muut kuin pikatyhjennysventtiilit, jotka testataan kuukauden välein.

3.3 Standardit ja asetukset

3.3.1 Turvastandardit EN 61508 ja EN 61511

[Standardi EN 61508](#) on perustandardi ("kattostandardi") koskee kaikkien turvallisuuteen liittyvien teknisten järjestelmien (TLJ) suunnittelua, toteutusta, testausta, käyttöönottoa ja käytöstäpoistoa. Standardissa tuodaan esiin järjestelmän elinkaarimalli, jossa elinkaari on pilkottu useaan erilliseen osaan siten, että edellisen osan dokumentointi on seuraavan osan lähtötietona.

Standardissa määritellään toiminnallisen turvallisuuden eheystasot TET (SIL) 1...4, ja antaa määräyksiä niiden käytöstä.

Turvallisuuden eheystaso TET (SIL) on todennäköisyyksmitta sille, että:

- turvatoiminto täyttää sille asetetut turvallisuusvaatimukset, tai
- turvallisuuteen liittyvä järjestelmä (TLJ) toteuttaa hyväksyttävästi vaadittavat turvatoiminnot kaikissa määritellyissä olosuhteissa ja määriteltynä ajanjaksona

[EN 61511](#) on prosessiteollisuuden suuntautunut EN 61508:n sovellusstandardi.

Standardit EN 61508 ja EN 61511 käsittelevät määräaikaistestausta ja määräaikaistestausvälin pituutta vain suojan eheystason pysymisen kannalta määritellyssä. Standardeista ei löydy muunlaisia rajoitteita testausvälin pituudelle.

3.3.2 Painelaitelaki, standardit, asetukset

[Painelaissa](#), [KTM:n päätöksissä](#) sekä [Tukesin ohjeissa](#) painelaitteiden määräaikaistestauksista sanotaan, että painelaitteiden lisäksi tulee testata myös turvallisuuslaitteiden ja –järjestelmien, kuten automatiikan, ratkaisut ja toimintavarmuus. Edelleen niissä annetaan rekisteröidyille painelaitteille eri testauksille testausvälien pituudet, mutta tulkinnanvaraan jää kuitenkin, tuleeko turvallisuuslaitteet ja –järjestelmät testata samalla aikavälillä vai riittääkö niille, että ne on testattu sen määräaikaistestausvälin mukaisesti, jotta vaadittu eheystaso säilyy.

Työryhmä oli yhteydessä Tukeisiin ja Inspectaan tarkoituksena selvittää painelaitteisiin liittyvien TAJ:n laitteiden testauskäytäntö painelaitteiden yhteydessä.

Yleisenä informaationa painelaitteviranomaisilta on tullut, että määräaikaistarkastuksissa katsotaan painelaite sekä turvalaitteiden toiminta, mutta itse turvalaitteiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa erikseen muullakin tavalla. Esim. tässä dokumentissa kuvattavalla TET-hyväksynnällä / osoituksella ja siihen liittyvillä keinoilla ja määräaikaistarkastuksilla. Eli näyttää vahvasti siltä, että painelaitteisiin liittyvät TAJ:n laitteet voidaan testata erillisenä painelaitteista. Oleellista on, että on luotettava osoitus turvalaitteiden toiminta kyvystä – mikäli niitä joskus sitten tarvittaisiin – ja määräaikaistarkastus toteaa osoituksen riittävyyden.

Työryhmä päätti ottaa kannan, että painelaitteiden turvajärjestelmään liittyvät kenttälaitteet pysyvät kunnossa niiden oman määräaikaistestausvälin mukaisella testauksella, vaikka painelaitteita tarkistettaisiin osittain tiheämpään.

3.4 Kunnonvalvontajärjestelmät

[Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta 18.10.1999/953 pykälässä 19](#) todetaan: Määräaikaistarkastusvälin pituutta voidaan pidentää hyväksytyn laitoksen tarkastuskohdetta varten vahvistamalla kunnonvalvontajärjestelmällä, jos se vaikutukseltaan vastaa määräaikaistarkastusta.

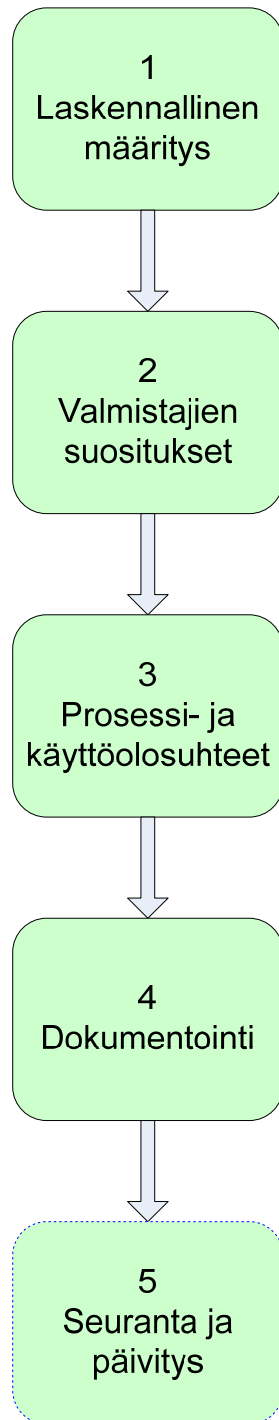
Kunnonvalvontajärjestelmä on laadittava kirjallisesti. Määräaikaistarkastukset korvaavien toimenpiteiden määrissä, sisällössä ja ajankohdissa on otettava huomioon tarkastuskohteen riskeistä, käytöstä ja tarkastuksista saadut tiedot. Toimintaan osallistuvien henkilöiden tehtävät ja pätevyysvaatimukset sekä toiminnan edellyttämien mittalaitteiden kunnossapito on määriteltävä. Painelaitteen omistajan tai haltijan on jatkuvasti kehitettävä kunnonvalvontajärjestelmää painelaitteen käytöstä ja tarkastuksesta saatujen tietojen avulla.

Työryhmä käsitteli kunnonvalvontajärjestelmää siten, että se käsittää niin sähköisen kunnonvalvontajärjestelmän kuin myös kunnossapitohenkilökunnan toiminnan sisältäen laitteiden tarkkailun, kalibroinnin, putkien puhallukset jne.

4 MÄÄRÄAIKAISTESTAUSVÄLIN JA MENETELMIEN MÄÄRITYS

4.1 Yleistä

Määräaikaistestausvälin määrittäminen muodostuu useasta työvaiheesta. Kuvassa 1 on hahmoteltu tätä kokonaisuutta. Tarkemmin menetelmä on kuvattu luvuissa 4.2 - 4.6. Liitteeseen 7 on eri vaiheiden tärkeät asiat koottu muistilistaksi.



Kuva 1. Määräaikaistestausvälin määrittämisen vaiheet

Määräaikaistestausvälin määrittämisessä ensimmäisenä tulee laskennallinen määrittäminen, jossa määritetään rakennetun suojapiirin eheyden säilyminen lasketulla määräaikaistestausvälinällä. Mitä useammin testataan sitä korkeamman eheystason suojapiiri saavuttaa. Jäljempänä olevista laskennoista selviää, että laskennallisesti voidaan käytettävillä kenttälaitteilla saavuttaa hyvinkin pitkiä määräaikaistestausvälejä, joilla vielä vaadittava eheystaso (riskin alenema) saavutetaan.

Laskennallisen määrittämisen lisäksi tulee ottaa huomioon kenttälaitteiden valmistajien suositukset määräaikaistestauksen suorittamiselle. Valmistajien testaus suosituksia löytyy laite-esitteistä.

Laskennallisten määrittämisten ja laitevalmistajien suositusten lisäksi tulee ottaa huomioon prosessi- ja ympäristöolosuhteet, jotka määrittämisessä kohteissa vaativat kunnossapitotoimia huomattavasti useammin kuin esim. laskennallinen määräaikaistestausvälin määrittäminen osoittaisi.

Menetelmän eri vaiheiden dokumentointi on tärkeää, jotta turvalaitteiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa tarvittaessa.

Määräaikaistestausohjeistuksen (testausvälejä) toimivuutta tulee seurata ja tarvittaessa kehittää painelaitteen käytöstä ja tarkastuksista saatujen tietojen avulla.

4.2 Laskennallinen määrittäminen (vikaantumistodennäköisyystarkastelu)

Määräaikaistestausvälin laskennallisessa määrittämisessä lasketaan ensin kukin suojan osan PFD (laitteen keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys vaadittaessa) erikseen eli normaalitapauksessa lähdepuoli (esim. lähtin), logiikka sekä kohdepuoli (esim. venttiili). Tämän jälkeen koko suojan keskimääräinen vikaantumistodennäköisyys (PFD_{SYS}) saadaan laskemalla yhteen eri osatekijöiden (lähde, logiikka, kohde) vikaantumistodennäköisyydet:

$$PFD_{SYS} = PFD_G(\text{lähde}) + PFD_G(\text{logiikka}) + PFD_G(\text{kohde})$$

Sitten katsotaan saavuttaako laskettu PFD_{SYS} vaadittavan TET-eheystason. TET-eheystasot on esitetty taulukossa 1. Esimerkiksi saavuttaakseen TET 2 tai paremman arvon suojan PFD_{SYS} arvon täytyy olla $<10^{-2}$.

On huomattava, että yksittäisiä PFD_G arvoja hyödynnettäessä kullekin kenttälaitteelle, tulee kenttälaitetta tarkastella siten, että minkälaiseen suojaan laite kuuluu ja mikä on suojalle määritetty eheystaso (TET 1-4). Minkään yksittäisen komponentin PFD_G -arvo ei riitä, vaan koko suojapiirin turvallisuuden eheystaso on laskettava kaikkien suojan komponenttien PFD_G -arvojen perusteella.

4.2.1 PFD_G ja PFD_{SYS} arvojen laskenta

PFD (Probability of the Failure on Demand) laskentakaavat on esitetty liitteessä 1. Kaa-
vat on otettu standardin [EN 61508-6](#) liitteessä B.

Eri osatekijöiden PFD_G laskemiseksi tarvitaan turvasuojiin kuuluville kenttälaitteille:

– λ_D = vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys arvot tuntia kohti

Tämä kokonaisvaarallisen vikaantumisen todennäköisyys tuntia kohti tulee vielä voida jakaa kahteen osaan:

– λ_{DD} havaittujen vaarallisten vikaantumisten todennäköisyyteen (tuntia kohti)

– λ_{DU} havaitsemattomien vaarallisten vikaantumisten todennäköisyyteen (tuntia kohti)

Helpoin tapa löytää ko. arvot on käyttää laitetoimittajien esitteitä tai laitetoimittajien teettämiä vikaantumisanalyysiselvityksiä valmistamilleen laitteille. Tunnetuin vikaantumisanalyysien tekijä lienee Exida. Oreda on toinen, joka on keskittynyt lähinnä öljyteollisuuden laitteisiin ja jonka kotisivuilta on löydettävissä myös mekaanisille laitteille tehtyjä analyysejä.

Vikaantumistodennäköisyysarvoja haettaessa tulee ottaa huomioon laitteen hankintavuosi. Saman laitetyypin uudemmille versioille laitetoimittajat antavat parempia vikaantumistodennäköisyysarvoja kuin vanhemmille laitteille oli saatavissa.

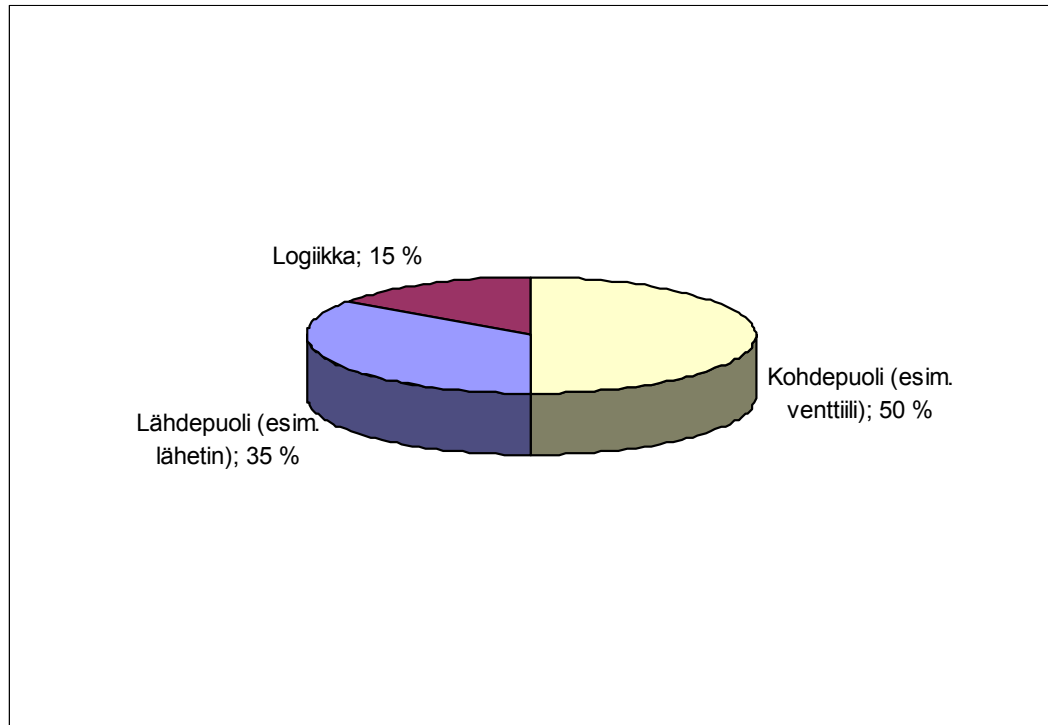
Liitteeseen 2 on kerätty laitetoimittajien esitteistä sekä kirjallisuudesta saatuja vikaantumisarvoja kenttälaitteille.

Kun vikaantumistodennäköisyys arvot (λ_D , λ_{DU} ja λ_{DD}) on hankittu voidaan yksittäisille kenttälaitteille (lähde, logiikka, kohde) laskea PFD_G arvot liitteen 3 excel-pohjan avulla. Laskupohjassa on esitetty laskentataulukko PFD_G -arvoille eri laitekonfiguraatioille (1001, 1002, 2002 ja 2003) ja eri pituisille määräaikaistestausväleille.

Taulukko toimii siten, että taulukon sarakkeisiin λ_D , λ_{DU} ja λ_{DD} syötetään liitteestä 2 tai laite-esitteistä saadut arvot. Jonka jälkeen taulukko laskee kutakin laitekonfiguraatiota ja määräaikaistestausväliä vastaavat pfd-arvot. Laskupohjasta tulee valita haluamansa laitteen konfiguraation mukainen ja haluamaansa määräaikaistestausväliä vastaava PFD_G -arvo. Laskennassa lisäksi tarvittavilla MTTR (h), β_D , β arvoilla ei ole kovin merkittävää vaikutusta saatuun tulokseen.

Ennen koko suojan PFD_{SYS} laskemista tulee tarkistaa että lähdepuolen (lähettimet, kytkimet jne.) osuus kokonaissuojan vikaantumisesta ei huomattavasti ylitä 35%, logiikan osuus 15% ja kohdepuolen (venttiilit, moottorit jne.) 50%. Tämä tarkoittaa esim. sitä, että suojan eheystasovaateen ollessa TET 2, ei lähetin puolen laitteiden PFD -arvo ylitä $3,5 \times 10^{-3}$. Näin painotus vikaantumistodennäköisyydessä suojan sisällä pysyy kokemusperäisten arvojen mukaisina ja määräaikaistestausvälit pysyvät laskennallisesti asiallisina.

Kenttälaitteiden vaarallisten vikaantumisten jakauma turvasuojissa jakautuu kokemusperäisesti kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 2 Turva-automaatiojärjestelmän vikaantumistodennäköisyysjakauma alajärjestelmille.

Kun yksittäisille kenttälaitteille (lähde, logiikka, kohde) on laskettu PFD_G -arvot ja tarkastettu että arvot pysyvät kokemuseräisten arvojen mukaisina voidaan suojaan kuuluvien kenttälaitteiden PFD_G -arvot laskea yhteen ja verrata taulukkoon 1, että onko valitut määräaikaistestausvälit soveltuvia ko. laitteille.

Taulukko 1. TET (SIL)–eheystasojen vaatimukset

Eheystaso (TET)	Keskimääräinen vikaantumis-todennäköisyys vaadittaessa
4	$\geq 10^{-5} < 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4} < 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3} < 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2} < 10^{-1}$

4.2.2 PFD-esimerkkilaskuja

Esimerkki 1.

Jos laiteratkaisut ovat seuraavat:

- Rosemountin lähettimiä 3051T on 3 kpl rakenteella 2003
- Himan tulokortti F6217, samoin rakenteella 2003
- Hima logiikka H51q-HS rakenteella 1001
- Himan lähtökortti F3330 rakenteella 1001
- Metson venttiili M1+B6+Magn.venttiilillä Asco rakenteella 1001



katsotaan jokaiselle laitteelle liitteestä 2 (tai laite-esitteestä/valmistajalta) vikaantumistodennäköisyys arvot (λ_D , λ_{DU} ja λ_{DD}):

Laite	Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}
Lähetin	Rosemount	3051T	3,7E-07	3,4E-07	3,4E-08
Tulokortti	Hima	F6217	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10
Logiikka	Hima	H51q-HS	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09
Lähtökortti	Hima	F3330	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10
Toimilaite	Metso	M + B6 + Magn	6,8E-07	2,1E-07	4,7E-07

ja lasketaan liitteen 3 avulla PFD_G -arvot, kun käytetään lähettimille määräaikaistestausväliä 5 vuotta, logiikalle 10 vuotta ja venttiilille 2 vuotta:

Laite	Valmistaja	Tyyppi	Rakenne	testausväli	PFD_G
Anturi	Rosemount	3051T	2003	5 vuotta	1,72E-05
Tulokortti	Hima	F6217	2003	5 vuotta	4,42E-07
Logiikka	Hima	H51q-HS	1001	10 vuotta	1,65E-04
Lähtökortti	Hima	F3330	1001	2 vuotta	6,66E-07
Toimilaite	Metso	M + B6 + Magn	1001	2 vuotta	4,12E-03

Koko suoja **4,33E-03**

= 4,3E-03 (koko suoja).

Nyt vertaamalla saatua arvoa taulukkoon 1 nähdään, että luku on välillä $\geq 10^{-3}$ $< 10^{-2}$ jolloin käytetyillä määräaikaistestausväleillä saavutetaan eheystaso TET 2.

Esimerkki 2.

Jos laiteratkaisut ovat seuraavat:

- E+H massamäärämittari Promass 80/83 2 kpl rakenteella 2002
- Himan tulokortti F6217, samoin 2 kpl rakenteella 2002
- Hima logiikka H51q-HS rakenteella 1001
- Himan lähtökortti F3330 rakenteella 1001
- Metson venttiili M1+B6+Magn.venttiilillä Asco rakenteella 1001

Laite	Valmistaja	Tyyppi	λ_D	λ_{DD}	λ_{DU}
Anturi	E+H	Promass 80/83	1,2E-05	1,2E-05	1,8E-07
Tulokortti	Hima	F6217	2,4E-07	2,4E-07	9,6E-10
Logiikka	Hima	H51q-HS	9,3E-07	9,2E-07	3,6E-09
Lähtökortti	Hima	F3330	1,2E-07	1,2E-07	6,5E-10
Toimilaite	Metso	M + B6 + Magn	6,8E-07	2,1E-07	4,7E-07

saadaan liitteitä 2 ja 3 apuna käyttäen seuraavat PFD_G -arvot, kun käytetään lähettimille määräaikaistestausväliä 4 vuotta, logiikalle 10 vuotta ja venttiilille 2 vuotta;

Laite	Valmistaja	Tyyppi	Rakenne	Testausväli	PFD_G
Anturi	E+H	Promass 80/83	2002	4 vuotta	6,50E-05
Tulokortti	Hima	F6217	2002	4 vuotta	3,75E-05
Logiikka	Hima	H51q-HS	1001	10 vuotta	1,65E-04
Lähtökortti	Hima	F3330	1001	2 vuotta	6,66E-07

Toimilaite	Metso	M + B6 + Magn	1001	2 vuotta	4,12E-03
Koko suoja					1,08E-02

= 1,1E-02 (koko suoja).

Nyt vertaamalla saatua arvoa taulukkoon 1 nähdään, että luku on välillä $\geq 10^{-2}$ $< 10^{-1}$ jolloin käytetyillä määräaikaistestausväleillä saavutetaan vain eheystaso TET 1. Jos eheystasovaateen ollessa TET 2, tulee lähtien puolen määräaikaistestausväliä lyhentää ainakin 3 vuoteen, mieluummin 2 vuoteen, jotta päästään lähettimien 35% vikaantumisosuuteen suojaassa.

Lisäksi liitteessä 4 on esimerkin omaisesti laskettu saatuja PFD_G ja PDF_{SYS} arvoja eri laiterakenteille käyttämällä liitteessä 1 esitettyjä kaavoja. Esimerkilaskennassa on käytetty painelähetintä, turvalogiikkaa sekä palloventtiiliä.

Laskentaesimerkeissä on MTTR (h) :lla käytetty 8 h, β_D :llä lähettimellä arvoa 1% ja venttiilillä 5% sekä β :llä lähettimellä arvoa 2% ja venttiilillä 10%. On huomattava, että ko. arvoilla ei ole kovin merkittävää vaikutusta saatuun tulokseen.

4.3 Laitetoimittajien testausohjeet ja –menetelmät

Testausohjeita löytyy Rosemountilta paine-, paine-ero- ja lämpötilälähettimille sekä massamäärämittarille, ABB:ltä paine-, paine-ero- ja lämpötilälähettimille, E+H:lta paine- ja paine-erolähettimille, Siemensiltä paine-, paine-ero- ja lämpötilälähettimille sekä Yokogawalta painelähettimille. On huomattava, että testausohjeita löytynee laitetoimittajien esitteistä tulevaisuudessa enenevässä määrin myös muille laitetoimittajien laitteille kuin edellä on kerrottu.

Rosemount ja E+H ovat jakaneet turvatestauksen turvatesti 1:een ja turvatesti 2:een, joista testi 1 tehdään viiden vuoden välein HART-kapulan ja mA-mittarin avulla ja testi 2 10 vuoden välein HART-kapulan, mA-mittarin sekä painekalibraattorin avulla. Muut esittävät vain turvatestin, mikä toteutetaan HART-kapulan ja mA-mittarin avulla.

4.4 Käytännön kokemusten huomioiminen

Määräaikaistestausvälien määrittämisessä on otettava huomioon mekaaniset- ja prosessiolosuhteet, jotka on todettu vaikuttavan käytännössä määräaikaistestauksen testausvälin pituuteen. Tällaisia sovelluksia voisi olla kuluttava väliaine esim. mustalipeä, joka kuluttaa lähettimien kalvoja tai sitten impulssiputkien tukkeentuminen, mikä hidastaa tai estää mittauksen toimimisen.

Liitteessä 5 on koottu käytännönkokemuksia kenttälaitteiden huolto- ja kunnossapitotarpeista, jotka tulee ottaa huomioon Turva-automaatiojärjestelmään liitettyjen kenttälaitteiden määräaikaistestausväliä määritettäessä. Liitteestä havaitaan, että on monia tapauksia, joissa laskennallinen tai laitetoimittajien suosittelema testausväli voisi olla huomattavasti pitempi, niin todellinen testaus ja/tai huoltotarve on lyhyempi. Liitteeseen on merkattu eri kenttälaitteille suositusmääräaikaistestausvälit, joita ei tulisi ylittää tai ainakin tulisi tehdä liitteessä esitetyt huoltotoimenpiteet esitetyn mukaisesti.

4.5 Dokumentointi

Menetelmän eri vaiheiden dokumentointi on tärkeää jotta turvalaitteiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa tarvittaessa.

4.6 Testausvälien seuranta ja päivitys kokemusten perusteella

Määräaikaistestausohjeistuksen (testausvälejä) toimivuutta tulee seurata ja tarvittaessa kehittää painelaitteen käytöstä ja tarkastuksista saatujen tietojen avulla.

5 TESTAUSMENETELMÄT

Liitteeseen 6 on koottu esimerkin omaisesti turva-automaatiojärjestelmään liitetyille erilaisille kenttälaitteille testausmenetelmiä. Testausmenetelmiä ei ole lähdetty esittämään laitetyyppien tarkkuudella vaan on esitetty mittaus- ja ohjaustavan mukaan.

Laitetoimittajien esitteistä tulee katsoa ensisijaisesti testausmenetelmä tai jos ei tällaista ohjetta ole saatavilla, niin testausmenetelmään voi soveltaa liitteistä löytyvien mallien mukaisesti.

6 KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO-OHJEET

Käyttö- ja ylläpito-ohjeet tulee olla laitoksella, jonka mukaisesti testaukset toteutetaan. Käytön aikaisten kokemusten mukaan määräaikaistestausohjeistusta (testausvälejä) tulee tarkastella ja korjata tarvittaessa sopivaksi.

7 YHTEENVETO

Selvitys osoitti, että vaikka soodakattiloiden Turva-automaatiojärjestelmien määräaikaistestauksissa on ajaututtu suhteellisen raskaaseen menettelyyn, ei käytäntö muilla toimialoilla olen kovinkaan erilainen. Riippuen toimialan turva-automaatiojärjestelmän toteutusjärjestelmästä, testausmenettely esim. voimalattiloilla on jopa hankalampaa kuin useilla soodakattiloilla tänä päivänä.

Kokonaan toisen ryhmän muodostavat laitokset (esim. VR), joissa TAJ on toteutettu ns. jatkuvan vaateen periaatteella eli TAJ on käytössä kokoajan normaaliohjauksissa. Tällä saavutetaan se etu, että voidaan olettaa normaalitoiminnan yhteydessä dignosoinnilla löydettävän kaikki piilevät vikaantumiset ja siten määräaikaistestaukset voidaan jättää tekemättä. Tämän tyyppinen toiminta soodakattiloilla voitaisiin ajatella turvalogiikalla toteutettujen poltinohjausten yhteydessä.

Selvityksen tavoitteena oli saada soodakattiloille sekä samalla muille tehdaslaitoksille ohje TAJ:n määräaikaistestaustyön saamiseksi helpommaksi ja selkeämmäksi. Koska TAJ:n toteutukset eri laitoksissa poikkeavat lukitusten ja laitteistojen osalta suurestikkin toisistaan, niin tarkkaa testausohjetta selvityksessä ei voitu tehdä, vaan selvityksessä on esitetty menettelytapa, jolla eri suojauslaiterakenteisiin saadaan määritettyä paras mahdollinen määräaikaistestausväli.

Koska olemassa olevat turva- ja painelaitestandardit ja –säädökset eivät määrittele TAJ:n määräaikaistestausten teolle ja testausväleille selviä tapoja ja aikavälejä, selvityksessä päädyttiin toteuttamaan turvapiirien testaukset jo osittain vakiintuneella tavalla eli jakamalla suoja osajärjestelmiin ja testaamalla osajärjestelmät sopivien aikavälien mukaisesti. Tämä menettely sallii suojien osajärjestelmien, joissa ei ole havaittu käytännössä vikoja, testata huomattavasti harvemmin kuin järjestelmät, joissa vikoja on ollut ja joissa niitä oletetaan olevan useammin.

Kunnonvalvontajärjestelmät antavat mahdollisuuden myös pidentää osajärjestelmien määräaikaistestausten välejä, kunhan huolehditaan siitä, että kunnonvalvontajärjestelmän käytöstä laaditaan kirjallinen selvitys ja se vahvistetaan hyväksytyllä laitoksella. Selvityksessä katsottiin kuitenkin siten, että kunnonvalvonta yleensä koskee lähetinlaitteita, joiden määräaikaistestausväli saadaan muutenkin tarpeeksi pitkäksi (5-10 vuotta), ei kunnonvalvontajärjestelmällä ole kovin suurta käyttöä. Tietenkin, jos esim. venttiilit kuuluvat asialliseen kunnonvalvontajärjestelmään, kannattaa järjestelmää hyödyntää ja laatia tarvittava kirjallinen selvitys ja hyväksyttää.

Kuten PFD-arvojen laskennoista (liite 4) selviää, päästäisiin varsinkin standardilähettimien osalta hyvinkin pitkiin määräaikaistestausväleihin, aina 10 vuoteen saakka. Tätä puoltavat myös laitetoimittajien suositukset jakamalla testaukset kahteen osaan, joissa osa 1 tehdään 5 vuoden välein HART-kapulalla ja lähettimien alueen tarkistus paine- tai lämpötilakalibraattoreiden avulla osassa 2 10 vuoden välein. Mutta tässä pitää ehdottomasti ottaa huomioon mittauspaikkakohtaisesti prosessi- ja ympäristöolosuhteet, jotka voivat vaatia testauksen tekemään joko kokonaan tai osittain huomattavastikin useammin.

Käytössä olevilla laitoksilla TAJ:ään kuuluvat laitteet ovat jo useimmiten ns. ”vanhempaa sukupolvea”, tulee harkita liitteestä 2 löytyvien vikaantumistodennäköisyysarvojen käyttöä laskelmissa tai ainakin keskustella laitteen toimittajan kanssa, onko arvot käytettävissä laitoksella oleville laitteille tai löytyykö toimittajalta vastaavat arvot ko. laitteille.

Koska TAJ:n lähdepuolen laitteiden määräaikaistestausten osuus on työmäärältään ja ajallisesti huomattavasti suurempi kuin kohdepuolen laitteiden, jotka pääsääntöisesti voidaan tehdä logiikalta pakottamalla, saavutetaan huomattava työmäärän ja ajan säästö, kun lähdepuolen laitteiden (standardilähettimet) testausväli saadaan tämän päivän käytäntöä pitemmäksi. Laskelmista selviää kyllä myös, että kohdepuolen laitteista esim. venttiileille voidaan saada pitempiä testausvälejä, mutta käytännön kokemukset tulee ottaa tällöin huomioon. Jos venttiilien normaali ohjaukset on toteutettu turvalogiikan kautta (esim. auki-kiinni-venttiilit), on luontevaa hyödyntää ns. kokoajan testauksessa periaatetta ja määräaikaistestausväliä voi pidentää laskennan edellyttämälle tasolle.

Menetelmän eri vaiheiden dokumentointi on tärkeää jotta turvalaitteiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa tarvittaessa.

Määräaikaistestausohjeistuksen (testausvälejä) toimivuutta tulee seurata ja tarvittaessa kehittää painelaitteen käytöstä ja tarkastuksista saatujen tietojen avulla.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 11.2.2010, esitelmät
Scandic Oscar Varkaus/Stora Enso Oyj, Varkauden tehdas
(16A0913-E0108) 29.1.2010
- 2/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Once-through and reheater recovery boiler – concept studies
Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology. Departement of Energy Technology
Esa Vakkilainen, Juha Kaikko, Marcelo Hamaguchi
(16A0913-E0110) 17.3.2010
- 3/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Emäveden jatkokäsittely
Kurt Sirén, Sirra T:mi
(16A0913-E0111) 15.3.2010
- 4/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Seisokin vaativat määräaikaistestaukset soodakattiloilla
Mauri Heikkinen, Pöyry Finland Oy
(16A0913-E0112) 15.3.2010
- 5/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2009
(16A0913-E0113) 14.4.2010
- 6/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Pöytäkirja. Vuosikokous 14.4.2010, Scandic Jyväskylä, Jyväskylä
(16A0913-E0114) 5.5.2010
- 7/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Hajukaasujen polttosuosituksen päivitykseen liittyvä selvitys
Markku Pekkanen, Raimo Nieminen, Tuomas Lehtinen; Pöyry Finland Oy
(16A0913-E0115) 3.7.2009
- 8/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
NOx-päästöt soodakattilasta
Puu-127.4030 Ympäristötekniikan erikoistyö
Andreas Lindberg, TKK, Puunjalostustekniikan osasto
(16A0913-E0116) 15.6.2010
- 9/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Final Summary Report on Nitrogen Oxide Emissions from Finnish Pulp Mills
Nikolai DeMartini, Mikko Hupa
(16A0913-E0117) 12.2.2010
- 10/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Metsäteollisuuden hiukkaspäästöt
Ulrika Backman, VTT
(16A0913-E0118) 17.6.2010
- 11/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Viherlipesakan hiilipitoisuuden riippuvuus soodakattilan ajo-olosuhteista
Mikael Forssén, Mikko Hupa; ÅboAkademi
(16A0913-E0119) 1.10.2010
- 12/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 27.10.2010
Hotel Ilves, Tampere
(16A0913-E0120) 19.10.2010

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 3.2.2011, esitelmät
Scandic Patria Lappeenranta/Stora Enso Oyj, Imatran tehdas
(16A0913-E0121) 24.1.2011
- 2/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kattilalaitoksen sähkötekniset turvajärjestelmät
Mika Nevalainen
Savonia Ammattikorkeakoulu / Pelastusopisto
(16A0913-E0122) 18.2.2011
- 3/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Metsäteollisuus ry
Päästömittauspäivä 16.3.2011
Aalto yliopisto, Puunjalostustekniikan laitos
(16A0913-E0123) 16.3.2011
- 4/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2010
(16A0913-E0124) 14.4.2011
- 5/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 14.4.2011, VTT Expert Services Oy, Espoo
(16A0913-E0125) 31.5.2011
- 6/2011 Suomen Soodakattilayhdistys ry
TAJ määräaikaistestaukset soodakattiloilla
(16A0913-E0126) 16.8.2011