

TUKES-julkaisu 2/2003

**PAINELAITTEIDEN RISKIPERUSTEINEN
KUNNOSSAPITO JA TARKASTUS**

RISK BASED MAINTENANCE AND INSPECTION
RBMI

Kansallinen menettelyohje

Irina Aho-Mantila, VTT Tuotteet ja tuotanto
Tiina Hakonen, Fortum Oil and Gas Oy
Urho Säkkinen, Turvatekniikan keskus

ISBN 952-5095-66-5 ISSN 1455-0822

TURVATEKNIIKAN KESKUS

HELSINKI 2003

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	II
ALKUSANAT	III
1 JOHDANTO	1
2 TAVOITE	1
3 VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET JA -OHJEET	2
4 RBMI-ANALYYSI	3
4.1 RBMI-RYHMÄN KOKOAMINEN.....	3
4.2 LAITOKSEN YKSIKÖIDEN RBMI-ANALYYSI	3
4.2.1 Laitoksen yksiköiden määrittely	4
4.2.2 Yksikössä esiintyvien vauriomuotojen määrittely	4
4.2.3 Yksikön vaurioiden todennäköisyyden tarkastelu.....	4
4.2.4 Yksikön vaurioiden vaikutuksen tarkastelu	4
4.2.5 Yksiköiden riskimatriisi	5
4.3 YKSIKÖN PAINELAITTEIDEN RBMI-ANALYYSI	5
4.3.1 Yksikön painelaitteiden määrittely	5
4.3.2 Painelaitteessa esiintyvien vauriomuotojen määrittely	6
4.3.3 Painelaitteen vaurioiden todennäköisyyden tarkastelu.....	6
4.3.4 Painelaitteen vaurioiden vaikutuksen tarkastelu	6
4.3.5 Painelaitteiden riskimatriisi.....	6
5 KUNNOSSAPIDON JA TARKASTUSTEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	7
5.1 TARKASTUSTEN SUUNNITTELU	7
5.1.1 Laitoksen tarkastusohjelma	7
5.1.2 Painelaitteiden tarkastussuunnitelmat ja niiden toteuttaminen	8
5.2 LAITTEISIIN LIITTYVÄN RISKIN HALLINTA KUNNOSSAPITOTOIMENPITEIDEN AVULLA	9
6 RBMI-ANALYYSIN JA TARKASTUSOHJELMAN PÄIVITTÄMINEN	9
7 RBMI-MENETTELYN YLLÄPITO JA KEHITTÄMINEN	9
KIRJALLISUUTTA	10

LIITE 1. Esimerkkitaulukot vaurion todennäköisyyden ja vaikutuksen luokittelusta.

LIITE 2. Yksiköiden / painelaiteryhmien ja painelaitteiden RBMI-analyytiesimerkit.

TIIVISTELMÄ

Painelaitteiden käyttäjiltä edellytetään aktiivisia menettelyjä, jotka varmistavat painelaitteiden turvallisen käytön. Painelaitteiden kunnonvalvonta- ja seurantajärjestelmä voi perustua riskiperusteiseen tarkastukseen. Riskiperusteisen kunnossapidon ja tarkastuksen menettelyihin vaikuttavat viranomaismääräykset.

Julkaisussa annetaan ohje painelaitteiden riskiperusteisen kunnossapidon ja tarkastuksen (RBMI) kansalliseksi menettelyksi. Aihealueella tehdään tutkimusta, kehitystä ja sovellutuksia eri teollisuudenaloille eri puolilla maailmaa. Kansainvälinen kehitystyö voi aikanaan muuttaa myös kansallisten menettelyjen sisältöä.

RBMI-menettelyn tavoitteena on painottaa kunnossapito- ja tarkastustoimenpiteitä suuren riskin laitteisiin. Riskiperusteinen kunnossapito ja tarkastus jakaantuu usein kahteen vaiheeseen. Ensin tehdään RBMI-analyysi ja tulosten perusteella laaditaan kunnossapito- ja tarkastusohjelma. Analyysiä ja tarkastusohjelmaa päivitetään uuden tiedon avulla jatkuvasti. Menettelyn tehokas käyttö edellyttää laitoksen omien toimintatapojen ylläpitoa ja kehittämistä.

RBMI-analyysiä varten kootaan RBMI-ryhmä. Analyysi tehdään laitoksen yksiköille ja edelleen yksiköiden painelaitteille. Analyysissä tarkastellaan vaurioiden todennäköisyyttä ja vaikutuksia, joiden perusteella määritetään riski. Painelaitteeseen liittyvä riski vaikuttaa tarkastuksiin siten, että tarkastusvälin pidentämistä ja tarkastustehokkuuden (menetelmä ja laajuus) vähentämistä voidaan harkita, kun riski on pieni ja tarkastusvälin lyhentämistä ja tarkastustehokkuuden lisäämistä tulee harkita, kun riski on suuri.

Painelaitteen tarkastuksen ja muutoksiin tai häiriöihin liittyvien tapahtumien jälkeen RBMI-analyysi päivitetään. Viallisen painelaitteen sopivuus käyttötarkoitukseen käydään erikseen läpi. Riskiperusteista kunnossapito- ja tarkastusmenettelyä kokonaisuudessaan ylläpidetään ja kehitetään jatkuvasti.

Julkaistu menettelyohje perustuu kansainvälisiin menettelyihin ja kansallisessa projektissa toteutettuun testaus- ja kehitystyöhön. Menettelystä on pyritty tekemään sellainen, että se rohkaisee siirtymään riskiperusteisiin kunnossapito- ja tarkastusmenettelyihin. Menettelyä voi syventää omien mahdollisuuksien mukaan.

ALKUSANAT

Menettelyohje on osa Riskiperusteinen kunnossapito ja tarkastus -projektia, joka toteutettiin vuosina 2000 - 2002. Projekti toteutettiin VTT Tuotteet ja tuotanto -yksikössä ja projektia ohjasi johtoryhmä, jossa olivat edustettuina Borealis Polymers Oy, Fortum Oil and Gas Oy, If Vahinkovakuutus Oy, Inspecta Oy, Kunnossapitoyhdistys ry., Neste Engineering Oy, Polartest Oy, Tekes, Turvatekniikan keskus (TUKES), Vahinko-Pohjola ja VTT Tuotteet ja tuotanto. Projektin johtoryhmän puheenjohtaja oli Kirsi Rintamäki Neste Engineering Oy:ltä.

Projektissa on selvitetty kirjallisuuden ja kansainvälisen yhteistyön avulla painelaitteiden riskiperusteisen tarkastuksen ja kunnossapidon menettelyjä. Kansainvälisiä menettelyjä on testattu ja kehitetty käytännön tapauksissa. Tässä raportissa kuvattua kansallista menettelyohjetta on valmisteltu pienryhmässä, jossa ovat olleet mukana Tiina Hakonen Fortum Oil and Gas Oy:ltä, Urho Säkinen Turvatekniikan keskukselta ja Irina Aho-Mantila VTT Tuotteet ja tuotanto -yksiköstä.

Espoossa tammikuussa 2003

Tekijät

1 JOHDANTO

Painelaitteiden valmistukseen ja käyttöön liittyvät menettelyt ovat muuttuneet voimakkaasti. Painelaitedirektiivi ohjaa markkinoille saatettavia painelaitteita ja lisää valmistajien vastuita. Painelaitteiden käytön puolella käyttäjiltä edellytetään aktiivisia menettelyjä, jotka varmistavat painelaitteiden turvallisen käytön.

Päätös painelaiteturvallisuudesta toteaa, että painelaitteiden määräaikaistarkastuksia voidaan korvata hyväksytyin laitoksen tarkastuskohdetta varten vahvistamalla kunnonvalvontajärjestelmällä, jos se vaikutuksiltaan vastaa määräaikaistarkastuksia. Määräaikaistarkastukset voidaan myös osittain tai kokonaan korvata rekisteröitävän painelaitteen omistajan tai haltijan hyväksytyin laitoksen kanssa sopimalla painelaitteen seurannalla, jos painelaitteiden turvallisuudesta voidaan seurannan avulla varmistua.

Painelaitteiden kunnonvalvonta- tai seurantajärjestelmä voi perustua riskiperusteiseen tarkastusmenettelyyn. Riskiperusteisen kunnossapidon ja tarkastuksen tutkimusta, kehitystä ja sovellutuksia eri teollisuudenaloille tehdään parhaillaan eri puolilla maailmaa (esimerkiksi hanke Risk based inspection and maintenance procedures for European Industries, RIMAP). Riskiperusteinen kunnossapito ja tarkastus -projektin yhtenä tavoitteena oli selvittää, missä muodossa riskiperusteinen kunnossapito ja tarkastus -menettely voi olla osana painelaitesäädösten mukaista kunnonvalvonta- tai seurantajärjestelmää.

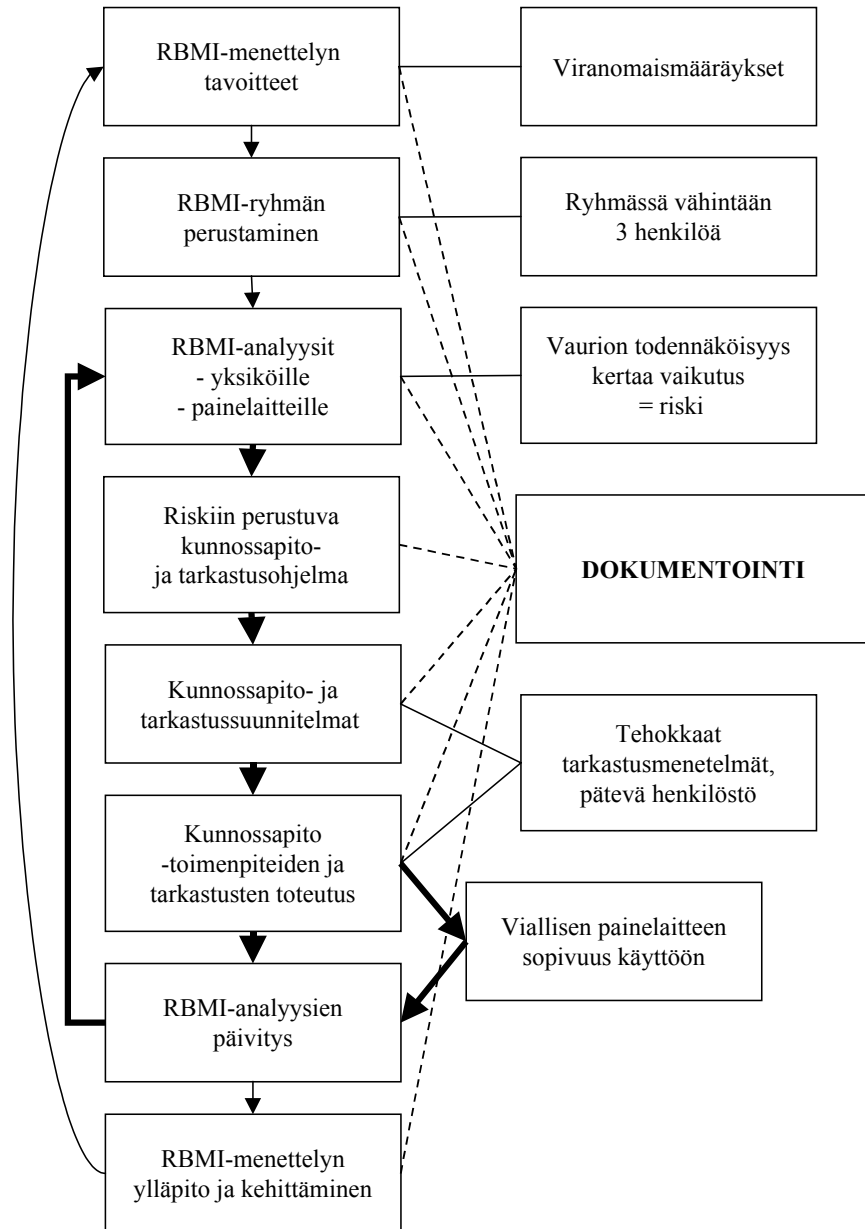
2 TAVOITE

Raportin tavoitteena on antaa suomalaiselle painelaitteen käyttäjälle ohje riskiperusteisen kunnossapidon ja tarkastuksen (jäljempänä RBMI) menettelystä ja käytännön soveltamisesta. RBMI-menettelyn tavoitteena on painottaa kunnossapito- ja tarkastustoimenpiteitä suuren riskin laitteisiin.

Riskiperusteisen kunnossapidon ja tarkastuksen menettelyihin vaikuttavat viranomaismääräykset, joista on lyhyt esittely luvussa 3. Riskiperusteinen kunnossapito ja tarkastus jakaantuu usein kahteen vaiheeseen. Ensimmäiseksi tehdään RBMI-analyysi (luku 4) ja toiseksi laaditaan kunnossapito- ja tarkastusohjelma (luku 5). Analyysiä ja tarkastusohjelmaa päivitetään uuden tiedon avulla jatkuvasti (luku 6). Menettelyn tehokas käyttö edellyttää laitoksen omien toimintatapojen ylläpitoa ja kehittämistä (luku 7).

RBMI-analyysillä tarkoitetaan tässä yhteydessä painelaitteen omistajan tai haltijan toimesta tehtävää painelaiteryhmien ja yksittäisten painelaitteiden vaurioiden todennäköisyyden ja vaikutusten tarkastelua. Tarkastuksilla tarkoitetaan painelaitteen omistajan tai haltijan toimesta tehtävää / teetetävää / toteutettavaa tarkastusta, joka voi sisältää rikkomatonta ja rikkovaa tarkastusta sekä on-line monitorointia asiantuntevalla henkilöstöllä. Kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla samoin kuin tarkastuksilla vaikutetaan vaurion todennäköisyyden pienentämiseen ja vaurioiden estämiseen kokonaan.

Kuvassa 1 on esitetty RBMI-menettelyn eli painelaitteiden riskiperusteisen kunnossapidon ja tarkastuksen menettelyn periaatteet.



Kuva 1. RBMI-menettelyn eli riskiperusteisen kunnossapidon ja tarkastuksen menettelyn periaatteet.

3 VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET JA -OHJEET

Painelaitelaki n:o 869/1999.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta n:o 953/1999.

Päätös käsittelee tarkastusten korvaamista painelaitteen seurannalla (18 §) ja kunnonvalvontajärjestelmällä (19 §).

Turvatekniikan keskuksen (TUKES) ohjeet: TUKES-ohje P1-2000 Painelaitteiden seuranta ja TUKES-ohje P2-2000 Painelaitteiden kunnonvalvonta.

4 RBMI-ANALYYSI

RBMI-analyysi tehdään yksikkö- ja painelaitetasolla. Yksikkötasolla analysoidaan laitoksen painelaiteryhmiä ja painelaitetasolla painelaiteryhmän yksittäisiä painelaitteita. RBMI-analyysissä erotetaan seuraavat vaiheet:

- 1) RBMI-ryhmän kokoaminen
- 2) Yksiköiden RBMI-analyysi ja
 - laitoksen yksiköiden (painelaiteryhmien) määrittely
 - yksikössä mahdollisten vauriomuotojen määrittely
 - yksikön vaurioiden todennäköisyyden tarkastelu
 - yksikön vaurioiden vaikutuksen tarkastelu
 - yksiköiden riskimatriisi
- 3) Painelaitteiden RBMI-analyysi
 - yksikön painelaitteiden määrittely
 - painelaitteessa mahdollisten vauriomuotojen määrittely
 - painelaitteen vaurioiden todennäköisyyden tarkastelu
 - painelaitteen vaurioiden vaikutuksen tarkastelu
 - painelaitteiden riskimatriisi.

4.1 RBMI-ryhmän kokoaminen

RBMI-analyysi tehdään asiantuntijaryhmässä. RBMI-ryhmässä on ryhmän vetäjän lisäksi mukana asiantuntemusta seuraavilta osa-alueilta:

- suunnittelu,
- käyttö,
- turvallisuus,
- kunnossapito,
- tarkastus ja
- materiaalitekniikka (vauriomekanismit).

Ryhmän vetäjällä on asiantuntemusta RBMI-analyysistä.

Ryhmän kokouksissa on mukana vähintään 3 henkilöä. Ryhmän kokoonpano voi vaihdella riippuen käsiteltävästä asiasta.

Ryhmän tulee dokumentoida työnsä tulokset.

4.2 Laitoksen yksiköiden RBMI-analyysi

Laitoksen yksiköiden RBMI-analyysin tavoitteena on määrittää eri yksiköihin eli painelaiteryhmiin liittyvät riskit. Analyysi auttaa kohdentamaan jatkoanalyysin tekemisen suurimman riskin omaaviin yksiköihin.

Yksiköiden RBMI-analyysi on luonteeltaan suuntaa-antava. Yhden yksikön analyysin tekemiseen menee käytäntöjen vakiinnuttua muutamia tunteja.

4.2.1 Laitoksen yksiköiden määrittely

Laitos jaetaan yksiköihin, jotka kattavat koko laitoksen. Yksikköjen rajat määritellään niin, että kaikki painelaitteet tulevat tarkastelluiksi. RBMI-analyysi voidaan tehdä laitoksen kaikille yksiköille tai valituille yksiköille.

4.2.2 Yksikössä esiintyvien vauriomuotojen määrittely

Yksikössä esiintyvät vauriomuodot määritellään. Vauriomuodot liittyvät painelaitteiden mekaaniseen eheyteen. Painelaitteiden riskiperusteisessa kunnossapidossa ja tarkastuksessa keskitytään niihin vauriomuotoihin, joita voidaan tarkastuksilla tai kunnanvalvontamenetelmillä havaita.

4.2.3 Yksikön vaurioiden todennäköisyyden tarkastelu

Vaurioiden todennäköisyys analysoidaan vähintään seuraavien asioiden avulla:

- yksikön painelaitteiden lukumäärä ja ryhmä (tyyppi),
- yksikön painelaitteiden suunnittelu,
- yksikön painelaitteissa esiintyvien vauriomuotojen määrä,
- yksikössä esiintyvät prosessivaihtelut ja niiden lukumäärä,
- yksikön painelaitteiden ulkopuoliset käyttöolosuhteet,
- yksikön tarkastusohjelma ja
- yksikön kunnossapito-ohjelma.

Vaurioiden todennäköisyydet jaotellaan viiteen eri luokkaan: erittäin epätodennäköinen, epätodennäköinen, mahdollinen, todennäköinen, hyvin todennäköinen. RBMI-ryhmä perustelee kirjallisesti, miksi yksikön vaurioiden todennäköisyys sijoitetaan tiettyyn luokkaan.

4.2.4 Yksikön vaurioiden vaikutuksen tarkastelu

Yksikkötasolla vaurioiden vaikutus arvioidaan aina turvallisuuden kannalta, mutta vaikutus voidaan arvioida myös käyttövarmuuden, ympäristövaikutusten, suorien taloudellisten menetysten jne. kannalta.

Painelaitelain ja sen nojalla annettujen säädösten vaatimukset kohdistuvat vain painelaitteen turvallisuuteen.

Vaurioiden turvallisuusvaikutusta analysoitaessa selvitetään painevaikutukset ja vaurion seurauksena vapautuvan painelaitteen sisällön vaikutukset (myrkyllisyys, syövyttävyys, palavuus, leimahtavuus, räjähtävyys, kuumuus, kylmyys jne.). Tämän jälkeen selvitetään, miten laajalle vaikutus voi ulottua ja onko vaikutusta rajoittavia tekijöitä olemassa. Erittäin tärkeää on selvittää, työskenteleekö vaikutuksen kohdealueella työntekijöitä ja mikä vaikutus vaurioilla on heihin.

Käyttövarmuuden kohdalla tarkastellaan potentiaalisia seisokkiaikoja ja suorien taloudellisten menetysten kohdalla selvitetään, miten suuria ovat potentiaaliset laitevauriot ja korjauskustannukset. Taloudellisesti seisokkien vaikutukset voivat olla huomattavan paljon suuremmat kuin laitevaurioiden vaikutukset.

Vaikutukset jaotellaan viiteen eri luokkaan: erittäin pieni, pieni, keskinkertainen, suuri, hyvin suuri. Perustellaan kirjallisesti, miksi osaprosessin vaurioiden vaikutus sijoitetaan tiettyyn luokkaan.

4.2.5 Yksiköiden riskimatriisi

RBMI-analyysissä käytetään analyysin tuloksen esittämisessä ja riskin määrittämisessä 5*5 matriisia, jonka vaaka-akselina on vaurioiden vaikutus ja pystyakselina vaurioiden todennäköisyys. Riski määritellään vaurioiden todennäköisyyden ja vaikutuksen tulona. Riski on pienin matriisin vasemmassa alakulmassa, jossa todennäköisyys ja vaikutus ovat pieniä, ja suurin oikeassa yläkulmassa, jossa todennäköisyys ja vaikutus ovat suuria.

Riskimatriisi jaetaan kolmeen luokkaan, joissa riski on pieni, keskinkertainen ja suuri. Luokat on esitetty kuvassa 2. Riskiluokkien rajat ovat suuntaa-antavia ja varsinkin lähelle suuren riskin rajaa sijoittuviin yksiköihin pitää kiinnittää huomiota.

Vaurion todennäköisyys

Hyvin todennäköinen 5					Suuri riski
Todennäköinen 4					
Mahdollinen 3					
Epätodennäköinen 2					
Erittäin epätodennäköinen 1	Pieni riski				
	Erittäin pieni A	Pieni B	Keskinkertainen C	Suuri D	Hyvin suuri E
	Vaurion vaikutus				

Kuva 2. Riskimatriisi, jossa vaaka-akselilla on vaurion vaikutus ja pystyakselilla on vaurion todennäköisyys. Matriisiin on erotettu pienen, keskinkertaisen ja suuren riskin alueet. Alueiden rajat ovat suuntaa-antavia.

4.3 Yksikön painelaitteiden RBMI-analyysi

Yksikön painelaitteiden RBMI-analyysin tavoitteena on määrittää yksittäisiin painelaitteisiin liittyvät riskit.

Painelaitetason riskianalyysissä tarkennetaan yksikkötasolla tehtyä RBMI-analyysiä. Painelaitteiden RBMI-analyysi tehdään asiantuntija-arviona ja käyttäen lopputuloksessa samaa 5*5 riskimatriisia kuin yksikkötasolla. Painelaitteiden RBMI-analyysi tehdään systemaattisesti ja asiantuntevasti.

4.3.1 Yksikön painelaitteiden määrittely

Yksikön painelaitteet määritellään.

Painelaittekohtaista tarkastelua varten RBMI-ryhmällä tulee olla käytettävissä tietoa:

- suunnittelusta,
- käytöstä: prosessitieto, tulevat käyttöolosuhteet,

- kunnossapidosta ja tarkastuksista: käyttöhistoria, nykytilanne, ja
- mahdollista vertailutietoa (kirjallisuus, kokemukset vastaavilta laitoksilta).

4.3.2 Painelaitteessa esiintyvien vauriomuotojen määrittely

Ryhmä määrittää, mitä vauriomuotoja analysoitavassa painelaitteessa esiintyy. Apuna voi käyttää esim. seuraavaa luetteloa (API), jossa on lueteltu erilaisia vauriotyyppejä:

- oheneminen (thinning),
- metallurgiset muutokset (metallurgical changes),
- murtuma (surface connected cracking),
- mittamuutokset (dimensional changes),
- pinnanalainen murtuma (subsurface cracking),
- vetykuplat (blistering),
- mikroviat (micro fissuring / microvoid formation) ja
- materiaaliominaisuuksien muutokset (material properties changes).

Vaurioluetteloa täydennetään oman sovelluksen mukaan. RBMI-ryhmän tulee listata myös ne vauriomuodot, jotka voivat esiintyä painelaitteessa, mutta joista ei ole omaa kokemusta.

4.3.3 Painelaitteen vaurioiden todennäköisyyden tarkastelu

Todennäköisyyden tarkastelussa käytetään samaa luokittelua kuin yksikkötasolla.

Mitä puutteellisempaa laitteesta käytettävissä oleva tieto on, esim. jos aikaisempia tarkastustuloksia tai käyttöolosuhdetietoja ei ole käytettävissä, sitä suuremmaksi vaurion todennäköisyysluokka määritetään.

Liitteen 1 taulukoissa on esitetty esimerkki vaurioiden todennäköisyysluokittelusta. Vaurioiden todennäköisyyden määrittäminen tapahtuu valitsemalla suurin luokka joko taulukosta 1 tai 2 ja sijoittamalla se taulukkoon 3.

4.3.4 Painelaitteen vaurioiden vaikutuksen tarkastelu

Painelaitteen vaurioiden vaikutusten tarkastelussa käytetään samaa luokittelua kuin yksiköiden analysoinnin yhteydessä. Myös vaikutusten kohdalla analyysia syvennetään yksikkötason analyysista. Vaikutusten arvioinnissa voidaan käyttää useita menettelyjä, esim. tapahtumapuuta. Turvallisuuteen ja terveyteen liittyvät vaikutukset työntekijöille ja yleisölle ovat ensisijaisen tarkastelun kohteena, joten RBMI-ryhmässä tulee olla mukana turvallisuusasiantuntemusta.

Liitteen taulukossa 4 on esitetty ehdotus vaurioiden vaikutusten luokittelulle.

4.3.5 Painelaitteiden riskimatriisi

Painelaitteiden riskimatriisi on samanlainen kuin yksiköiden riskimatriisi, joka on esitetty kuvassa 2.

5 KUNNOSSAPIDON JA TARKASTUSTEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Kunnossapito- ja tarkastusohjelma laaditaan ottaen huomioon RBMI-analyysin tulos. Kunnossapidon ja tarkastusten avulla vaikutetaan lähinnä vaurioiden todennäköisyyteen.

Vaurion todennäköisyys on riippuvainen:

- vauriomekanismista ja siitä seuraavasta vauriosta,
- vaurion etenemisestä,
- tarkastusmenetelmän kyvystä havaita vaurio,
- laitteen vaurionkestävyydestä ja
- kunnossapitomenetelmien kyvystä varmistaa painelaitteiden toiminta ja tarkoituksenmukainen kunto.

Kunnossapitotoimenpiteiden ja tarkastusten tavoitteena on pienentää vaurioiden todennäköisyyttä.

5.1 Tarkastusten suunnittelu

Tarkastusten suunnittelu sisältää:

- 1) laitoksen tarkastusohjelman ja
- 2) painelaitteiden tarkastussuunnitelmat.

5.1.1 Laitoksen tarkastusohjelma

Laitoksen tarkastusohjelmassa määritetään painelaitteet, jotka kuuluvat RBMI-menettelyn piiriin. Laitoksen tarkastusohjelmassa myös määritetään tarkastettavien painelaitteiden tarkastussuunnitelmien yleisperiaatteet.

Painelaitteen käyttöönoton yhteydessä sille tehdään ensimmäinen määräaikaistarkastus. Tämä tarkastus on tärkeä RBMI-analyysin kannalta, koska sen perusteella tehdään laitteen riskiluokitus ja se toimii perustana, johon seuraavia tarkastustuloksia ja vaurioiden etenemistä verrataan. Riskiperusteiseen tarkastukseen siirryttäessä voi olla tarpeen tehdä käytössä olevalle suuren riskin omaavalle laitteelle perustarkastus, jotta riskiluokitus voidaan määrittää luotettavasti.

Laitteiden tarkastusvälin määrittämisessä käytetään avuksi

- a) riskin arviointia,
- b) jäljellä olevan eliniän tarkastelua,
- c) kokemusta ja
- d) teollisuudenalakohtaisia ohjeita.

Maksimitarkastusväli määritetään vakiintuneiden edellä mainittujen menetelmien avulla (b–d). Tätä tarkastusväliä muutetaan riskianalyysin tulosten avulla.

Tarkastusvälin pidentämistä ja tarkastustehokkuuden (menetelmä ja laajuus) vähentämistä voidaan harkita

- kun vaurion todennäköisyys on luokiteltu erittäin epätodennäköiseksi ja vaurion vaikutus keskinkertaiseksi tai sitä pienemmäksi (1C, 1B, 1A),
- kun vaurion vaikutus on luokiteltu erittäin pieneksi ja vaurion todennäköisyys mahdolliseksi tai sitä pienemmäksi (3A, 2A, 1A) ja

- kun vaurion todennäköisyys on luokiteltu epätodennäköiseksi ja vaurion vaikutus pieneksi (2B).

Tarkastusvälin lyhentämistä ja tarkastustehokkuuden (menetelmä ja laajuus) lisäämistä tulee harkita

- kun vaurion todennäköisyys on luokiteltu hyvin todennäköiseksi ja vaurion vaikutus keskinkertaiseksi tai sitä suuremmaksi (5C, 5D, 5E),
- kun vaurion vaikutus on luokiteltu hyvin suureksi ja vaurion todennäköisyys mahdolliseksi tai sitä suuremmaksi (3E, 4E, 5E) ja
- kun vaurion todennäköisyys on luokiteltu todennäköiseksi ja vaurion vaikutus suureksi (4D).

Edellä esitetyt alueet on esitetty kuvassa 3. Suuren riskin reuna-alueilla toimitaan tapauskohtaisesti kuten suuren riskin alueella.

Vaurion todennäköisyys

Hyvin todennäköinen 5					Suuri riski
Todennäköinen 4					
Mahdollinen 3					
Epätodennäköinen 2					
Erittäin epätodennäköinen 1	Pieni riski				
	Erittäin pieni A	Pieni B	Keskinkertainen C	Suuri D	Hyvin suuri E

Vaurion vaikutus

Kuva 3. Riskimatriisin pienen riskin alueella voidaan harkita tarkastusvälin pidentämistä. Suuren riskin alueella tarkastusväliä lyhennetään ja tarkastustehokkuuden parantamista harkitaan. Suuren riskin reuna-alueella toimitaan tapauskohtaisesti kuten suuren riskin alueella.

5.1.2 Painelaitteiden tarkastussuunnitelmat ja niiden toteuttaminen

Tarkastussuunnitelma tehdään määrittämällä:

- a) minkä tyyppistä vauriota etsitään,
- b) mistä vauriota etsitään,
- c) mitä tarkastusmenetelmää käytetään ja
- d) kuinka usein tarkastus tehdään.

Painelaitteiden tarkastussuunnitelmat tehdään kirjallisesti. Pätevä ja osaava henkilökunta tekee tarkastukset kirjallisten tarkastusohjeiden mukaan käyttäen tehokkaita tarkastusmenetelmiä.

5.2 Laitteisiin liittyvän riskin hallinta kunnossapitotoimenpiteiden avulla

Laitteisiin liittyvää riskiä (vaurion todennäköisyyttä) voidaan hallita tarkastusten lisäksi kunnossapitomenetelmien avulla. Kunnossapitotoimenpiteiden valinnassa voidaan käyttää avuksi riskimatriisia noudattelevaa karttaa, kuva 4.

Vaurion todennäköisyys

Hyvin todennäköinen	Ehkäisevä / säännöllinen kunnossapito ja tarkastus Korjaava kunnossapito Uudelleensuunnittelu	Erityissuunnitelma
Todennäköinen		Ennustava kunnossapito
Mahdollinen		Uudelleensuunnittelu
Epätodennäköinen	Minimitarkkailu	Ehkäisevä / säännöllinen kunnossapito ja tarkastus Vaikutusten pienentämistoimenpiteet
Erittäin epätodennäköinen		
	Erittäin pieni Pieni	Keskinkertainen Suuri Hyvin Suuri

Vaurion vaikutus

Kuva 4. Kunnossapitotoimenpiteiden tyyppi riskimatriisin eri osissa.

6 RBMI-ANALYYSIN JA TARKASTUSOHJELMAN PÄIVITTÄMINEN

Painelaitteen tarkastuksen jälkeen RBMI-ryhmä tarkistaa tai korjaa painelaitteen RBMI-analyysin. RBMI-analyysin päivittäminen on syytä tehdä myös seuraavien tapahtumien jälkeen:

- painelaitteiden korjaukset ja muutokset,
- vakava prosessin häiriötilanne,
- laitteen vaurioituminen,
- käyttöalueen muutos,
- toimintaympäristöön liittyvät muutokset.

Viallisen painelaitteen sopivuus käyttötarkoitukseen käydään erikseen läpi (FFS, Fitness for Service -tarkastelu). RBMI-analyysin päivittäminen aiheuttaa automaattisesti tarkastusohjelman päivittämisen.

7 RBMI-MENETTELYN YLLÄPITO JA KEHITTÄMINEN

Riskiperusteisen kunnossapito- ja tarkastusmenettelyn tehokkuuden arviointi edellyttää, että laitos on asettanut RBMI-menettelyn tuloksille tavoitteen. Tuloksia verrataan asetettuihin tavoitteisiin.

Riskiperusteista kunnossapito- ja tarkastusmenettelyä ylläpidetään ja kehitetään varmistamalla, että

- RBMI-ryhmä ja sen asiantuntemus, vastuut ja valtuudet on määritelty,
- RBMI-analyysit on tehty ja kunnossapito- ja tarkastusohjelmat ja -suunnitelmat on laadittu kirjallisesti,
- ohjelmat on toimeenpantu suunnitelmien mukaisesti ja
- menettely on tehokas.

KIRJALLISUUTTA

API Publication 581, 2000. Risk-Based Inspection, Base Resource Document. American Petroleum Institute. Noin 100 s. + liitt.

Wintle, J. B., Kenzie, B.W., Amphlett, G .J. & Smalley, S. 2001 [online]. Best practice for risk based inspection as a part of plant integrity management. Contract research report 363/2001. Health and Safety Executive. 114 s. + liitt. [viitattu 11.01]. www.hse.gov.uk

ESIMERKKITAUUKOT VAURION TODENNÄKÖISYYDEN JA VAIKUTUKSEN LUOKITTELUSTA

Taulukko 1. Laitteisiin liittyvän tiedon tason luokittelu esimerkinomaisesti Wintle et al. (2001) mukaan.

Suunnitteluun, käyttöön, kuntoon ja vaurioitumiseen liittyvän tiedon taso	Luokka
Täydellinen käyttöhistoria ja aikaisempien tehokkaiden tarkastusten tulokset käytettävissä. Kuormitus- ja käyttöolosuhteet tunnetut, niitä seurataan ja valvotaan. Vaurioitumisnopeus tiedossa ja sitä valvotaan. Suunnittelu-, ym. tiedot käytettävissä.	1
Käyttöhistoria- ja tarkastustiedot lähes täydellisiä. Kuormitus- ja käyttöolosuhteet tunnetut. Vaurioitumisnopeus arvioitu tarkasti. Suunnittelu-, ym. tiedot käytettävissä.	2
Käyttöhistoria- ja tarkastustiedot suhteellisen täydellisiä. Kuormitus- ja käyttöolosuhteet tunnetut. Vaurioitumisnopeus arvioitu karkeasti. Suunnittelu-, ym. tiedot käytettävissä.	3
Käyttöhistoriatiedot epätäydelliset. Aikaisemmista tarkastuksista tiedetään vain kattavuus. Vaurioitumisnopeus epävarma. Suunnittelu-, ym. tiedot käytettävissä.	4
Käyttöhistoria tuntematon. Aikaisempien tarkastusten tuloksia ei saatavilla. Kuormitus- ja käyttöolosuhteet tuntemattomat. Suunnittelu-, materiaali- tai valmistustiedot tuntemattomat.	5

Taulukko 2. Laitteiden vaurioitumisen ja käytettävyyden arviointi esimerkinomaisesti Wintle et al. (2001) mukaan.

Laitteiden vaurioitumisen ja käytettävyyden arviointi	Luokka
Ei arvioitua eikä aiemmissa tarkastuksissa todettua vaurioitumista, vikoja eikä heikentymistä. Ei vaaraa ylittää suunnittelu- tai käytettävyyssrajat.	1
Arvioinnissa esiin tuleva, mutta ei aiemmissa tarkastuksissa todettu vaurioituminen, vika tai heikentyminen. Ei ennusteta suunnittelu- tai käytettävyyssrajojen ylitystä.	2
Arvioinnissa esiin tuleva ja/tai aiemmissa tarkastuksissa todettu vaurioituminen, vika tai heikentyminen. Suunnittelu- ja käytettävyyssrajoihin on kohtuullinen marginaali.	3
Arvioinnissa esiin tuleva ja aiemmissa tarkastuksissa todettu vaurioituminen, vika tai heikentyminen. Ollaan lähellä suunnittelu- ja käytettävyyssrajoja.	4
Arvioinnissa esiin tuleva ja aiemmissa tarkastuksissa todettu vaurioituminen, vika tai heikentyminen. Suunnittelu- ja käytettävyyssrajat ylitetään.	5

Taulukko 3. *Vaurioiden todennäköisyyden arviointi Wintle et al. (2001) mukaan.*

Maksimiluokka	Vaurioiden todennäköisyys
1	Erittäin epätodennäköinen
2	Epätodennäköinen
3	Mahdollinen
4	Todennäköinen
5	Hyvin todennäköinen

Taulukko 4. *Vaurioiden vaikutuksen arviointi Wintle et al. (2001) mukaan.*

Luokka	Turvallisuusvaikutus	Terveysvaikutus
A Erittäin pieni	Työntekijän korkeintaan ensiapua vaativa loukkaantuminen.	Vähäiset terveysvaikutukset. Ei menetettyä työaika.
B Pieni	Työntekijän lievä loukkaantuminen ja täydellinen tervehtyminen.	Lyhytaikaiset terveysvaikutukset, täydellinen tervehtyminen ja menetetty työaika.
C Keskinertainen	Sairaalahoittoa vaativa työntekijän vakava loukkaantuminen.	Työntekijän keskipitkät terveysvaikutukset ja menetetty työaika.
D Suuri	Yksittäisen työntekijän kuolemantapaus tai vakava loukkaantuminen. Hoitoa vaativia loukkaantumisia tehtaan ulkopuolella.	Työntekijän pitkäaikaiset terveysvaikutukset tai akuutit lyhytaikaiset vaikutukset. Hoitoa vaativat terveysvaikutukset tehtaan ulkopuolella.
E Hyvin suuri	Työntekijöiden ja/tai ulkopuolisten useita kuolemantapauksia tai vakavia loukkaantumisia.	Työntekijöiden tai ulkopuolisten pitkäaikaiset terveysvaikutukset tai akuutit lyhytaikaiset vaikutukset.

YKSIKÖIDEN / PAINELAITERYHMIEN JA PAINELAITTEIDEN RBMI-ANALYYSI-ESIMERKIT

Esimerkki 1. Iso Tehdas Oy ja yksiköiden RBMI-analyysi

Iso Tehdas Oy:llä on kymmeniä painelaitteita, jotka ovat ikääntymässä. Iso Tehdas Oy on kärsinyt yllättävistä tuotantoseisokeista ja läheltä piti -tilanteista (turvallisuutta vaarantaneista tilanteista) laitevaurioiden takia.

Painelaitteiden riskien hallitsemiseksi ja tarkastusten optimoimiseksi päätetään kokeilla riskiperusteinen kunnossapito ja tarkastus -menettelyä. Iso Tehdas Oy:n johto nimeää RBMI-ryhmän, johon kuuluu 4 henkilöä tehtaan käyttö- ja kunnossapito-osastoilta sekä suunnittelusta ja turvallisuudesta vastaavilta osastoilta. Iso Tehdas Oy palkkaa ulkopuolisen vetäjän RBMI-ryhmälle.

Iso Tehdas Oy:n painelaitteet jakaantuvat viiteen yksikköön (I-V), joista jokaisessa on noin 30 painelaitetta. Näille yksiköille eli painelaiteryhmille tehdään aluksi yksikkötason RBMI-analyysi.

Yksikkö I:n painelaitteista osa on melko vanhoja. Yksikkö I:ssa on Iso Tehdas Oy:n korkeimmat paineet ja lämpötilat. RBMI-ryhmän analyysissä selviää, että yksikkö I:n painelaitteissa voi esiintyä muita yksiköitä enemmän vauriomuotoja, esimerkiksi korroosiota, väsymistä ja haurasmurtumaa. Yksikkö I:n painelaitteissa on tarkastuksissa havaittu vaurioita.

Yksikkö V:n painelaitteissa ei ole ollut ongelmia ja prosessiolosuhteet ovat rakennemateriaalien kannalta lievät, joten vauriomuotoja ei pidetä mahdollisina. Yksikön painelaitteiden paineet ja lämpötilat ovat kuitenkin sellaiset, että painelaitteille on vaadittu säännölliset tarkastukset.

RBMI-ryhmä kirjaa yksikkötason tarkastelun huolellisesti ja päätyy tarkastelussaan siihen, että yksikkö I:n vaurion todennäköisyys on "todennäköinen" eli 4 ja vaurion vaikutus on "suuri" eli D. Yksikkö V:n vaurion todennäköisyys on "erittäin epätodennäköinen" eli 1 ja vaurion vaikutus on "keskinkertainen" eli C.

Iso Tehdas Oy:n yksiköihin I ja V liittyvät riskit on esitetty alla olevassa riskimatriisissa (kuva 1).

Vaurion todennäköisyys

Hyvin todennäköinen 5					Suuri riski
Todennäköinen 4			I		
Mahdollinen 3					
Epätodennäköinen 2					
Erittäin epätodennäköinen 1	Pieni riski		V		
	Erittäin pieni	Pieni	Keskin-kertainen	Suuri	Hyvin suuri
	A	B	C	D	E

Vaurion vaikutus

Kuva 1. Iso Tehdas Oy:n painelaiteryhmiin I ja V liittyvät riskit.

Iso Tehdas Oy:n RBMI-ryhmä jatkaa välittömästi työtään yksikkö I:n yksittäisten painelaitteiden analyysillä. Menettelyä on kuvattu Pieni tehdas Oy:n esimerkissä.

Painelaitteiden analyysin jälkeen Iso Tehdas Oy suunnittelee painelaitteisiin liittyvien riskien hallitsemiseksi tarvittavat toimenpiteet (tarkastus-, kunnossapito-, suojaus-, sijoitus-, ym. toimenpiteet).

Iso Tehdas Oy:n mielestä tarkastusten painopistettä ja resursseja pitäisi siirtää yksiköstä V yksikköön I.

Iso Tehdas Oy päättää siirtyä virallisesti riskiperusteiseen tarkastukseen ja esittää käyttämänsä menettelyn, yksiköiden ja painelaitteiden analyysitulokset ja niiden perusteella tehdyt painelaitteiden toimenpidesuunnitelmat hyväksytylle tarkastuslaitokselle, joka vahvistaa Iso Tehdas Oy:n painelaitteiden kunnonvalvontajärjestelmän. Iso Tehdas Oy ilmoittaa Turvatekniikan keskukselle siirtyneensä painelaitteiden kunnonvalvontajärjestelmään, jonka hyväksytty tarkastuslaitos on vahvistanut.

Esimerkki 2. Pieni Tehdas Oy ja painelaitteiden RBMI-analyysi

Pieni Tehdas Oy:llä on muutamia painelaitteita, joiden tarkastustoimintaa halutaan tehostaa. Pieni Tehdas Oy:n painelaitteita on aikaisemmin käsitelty viranomaisen määräysten mukaan, mutta nyt on alkanut tuntua siltä, että joihinkin laitteisiin pitäisi kiinnittää enemmän huomiota ja toisten laitteiden tarkastukset tuntuvat turhilta.

Pieni Tehdas Oy:n johto nimeää RBMI-ryhmän, johon kuuluu 3 henkilöä tehtaan käyttö- ja kunnossapito-osastoilta. Kaikille Pieni Tehdas Oy:n painelaitteille tehdään RBMI-analyysi.

Painelaite X:n prosessiolosuhteet ovat sellaiset, että RBMI-ryhmän mielestä korroosio on mahdollista. Tarkastuksissa on jossain vaiheessa havaittakin sisäpuolista korroosiota. Paine-

laite X on tarkastettu silmämääräisesti neljän vuoden välein. Painelaitteen seinämän paksuusmittauksia ei ole tehty, joten ei tiedetä kuinka lähellä suunnitteluarvojen ylitystä ollaan.

Vaurion todennäköisyys on vaurion esiintymisen ja vajavaisen tiedon takia "todennäköinen" eli 4.

Painelaitteen syöpyminen ja siitä aiheutuva vuoto voisi aiheuttaa lähellä työskenteleville pahoja vammoja. Painelaite on suuri ja sisältö on luokiteltu vaaralliseksi.

RBMI-ryhmä luokittelee vaurion vaikutuksen "suureksi" eli D.

Suuren riskiluokan takia painelaite X:lle päätetään heti tehdä paksuusmittauksia eri puolilta painelaitetta. Näiden perusteella painelaitteen seinämä on ohentunut vain vähän eli ollaan kaukana suunnitteluarvojen ylityksestä. Paksuusmittausten perusteella määritetään painelaitteen kriittiset kohdat, joiden ohenemista seurataan paksuusmittauksilla.

RBMI-ryhmä luokittelee uuden tiedon perusteella vaurion todennäköisyyden "mahdolliseksi" eli 3.

Painelaite Y:stä RBMI-ryhmä ei arvioinnissaan löydä vaurioiden mahdollisuutta eikä vikoja ole havaittu myöskään aiemmissa tarkastuksissa. Vaurion todennäköisyys on "erittäin epätodennäköinen". Painelaite sisältää kohtalaisen myrkyllistä ainetta, jonka vapautuminen saattaisi aiheuttaa lähellä työskentelevien työntekijöiden sairastumisen. Vaikutus on "suuri".

Painelaitteen Y:n vaurion todennäköisyys on erittäin pieni, mutta koska mahdollinen vaikutus on suuri, Pieni Tehdas Oy päättää suojata painelaitteen siten, ettei sen läheisyydessä työskentele ketään ja tehostaa tilan valvontaa mahdollisten päästöjen varalta. Näiden muutosten jälkeen painelaitteen tarkastusväliä ehdotetaan pidennettäväksi.

Vaurion todennäköisyys

Hyvin todennäköinen 5					Suuri riski
Todennäköinen 4				X _e ↓ X _j	
Mahdollinen 3					
Epätodennäköinen 2					
Erittäin epätodennäköinen 1	Pieni riski		Y ← Y _e		
	Erittäin pieni	Pieni	Keskinkertainen	Suuri	Hyvin suuri
	A	B	C	D	E

Vaurion vaikutus

Kuva 2. Pieni Tehdas Oy:n painelaitteisiin X ja Y liittyvät riskit ennen ja jälkeen RBMI-analyysin jälkeen toteutettuja toimenpiteitä.