

Palvelutuotteen vaatiman teknisen järjestelmän luotettavuusriskien ja käyttövarmuuden analysointi

Kirjoittajat

Pasi Valkokari, Helena Kortelainen, Susanna Kunttu

Muutoshistoria

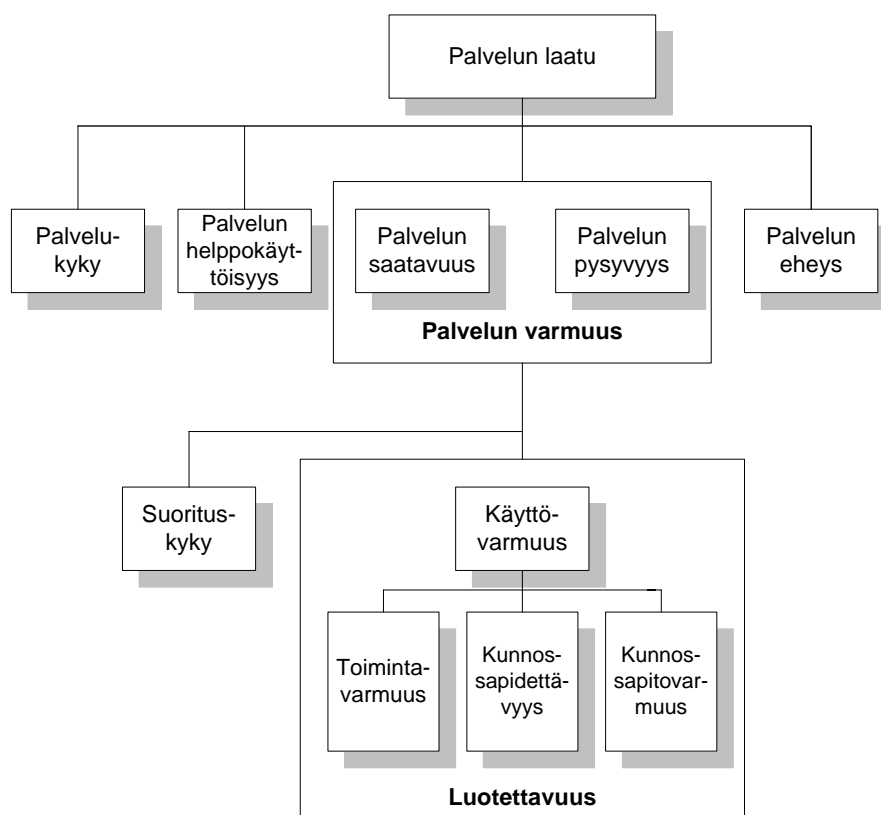
Versio	Päiväys		Kommentteja
0.1	8.6.2005	Helena Kortelainen	Ensimmäinen draft-versio. Modulin rungon hahmottelu.
0.2	18.11.2005	Pasi Valkokari	Toinen draft-versio.
1.0	23.12.2005	Pasi Valkokari	Ensimmäinen Final-versio luotettavuusriskien analysoinnin kuvauksesta
1.1	30.6.2006	Pasi Valkokari, Susanna Kunttu	Referenssit lisätty, tekstiä editoitu ja sisällysluettelo tehty
1.2	28.12.2007	Pasi Valkokari	Lisätty käyttövarmuus näkökulma, päivityksiä tehty

Sisällysluettelo

Muutoshistoria	1
1 Arvioinnin tavoite	3
2 Arviointiprosessin kuvaus, rajaus ja näkökulmat	4
3 Arviointimenetelmät ja mittarit	5
4 Tulokset, päätelmät, suositukset ja raportointi	7
5 Liityntä muihin moduuleihin	8
6 Referenssejä	8
Lähteitä	10

1 Arvioinnin tavoite

Moduulin tavoitteena on arvioida palvelutuotteen tukena tarvittavan teknisen järjestelmän luotettavuutta ja käyttövarmuutta osana palvelun laatua. Tekninen järjestelmä muodostaa alustan palveluille, jolloin järjestelmän toiminnan häiriöt heikentävät palvelun laatua tai estävät palvelun toteutumisen. Järjestelmän kaikkien osatekijöiden (päätelaitteet, tiedonsiirto jne.) korkea luotettavuus on siis palvelun käyttäjälle välttämätöntä ja teknisen järjestelmän luotettavuuden merkitys korostuu turvallisuuden kannalta kriittisissä sovelluksissa. Palvelukykyyn liittyvät käsitteet on kuvattu standardissa Sähköteknillinen sanasto - Luotettavuus ja palvelun laatu (SFS-IEC 50(191) kuvan yksi mukaisesti.



Kuva 1. Palvelukykyyn liittyvät käsitteet (SFS-IEC 50(191) 1996).

Luotettavuus on yleistermi, joka kattaa teknisen järjestelmän käyttövarmuuden, toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden aspektit. Toimintavarmuus kuvaa laitteen kykyä toimia halutulla tavalla vaaditun ajan. Kunnossapidettävyyys puolestaan kuvaa sitä, miten nopeasti laite on korjattavissa toimintakuntoon vikaantumisen jälkeen. Kunnossapitovarmuus ei liity suoraan tarkasteltavaan tekniseen laitteeseen vaan on kunnossapitoorganisaation kyky suorittaa tarvittava kunnossapito, esim. huolehtia varaosien ja osaavan henkilöstön saatavuudesta. Käsiteltäessä järjestelmän luotettavuutta, puhutaan usein RAMS¹-ominaisuuksista ja -vaatimuksista.

¹ Reliability (toimintavarmuus), Availability (käyttövarmuus, käytettävyyys), Maintainability (kunnossapidettävyyys), Safety (turvallisuus)

Teknisen järjestelmän luotettavuuden ja käyttövarmuuden analysoinnin tavoitteena on selvittää järjestelmän toimintaan liittyvät mahdolliset häiriö- ja vaaratekijät. Mitä aikaisemmassa vaiheessa järjestelmän elinkaarta analysointi tehdään, sen paremmin voidaan jo suunnitteluvaiheessa huomioida luotettavuuteen liittyvät vaatimukset. Parhaimmissa tapauksissa teknisen järjestelmän luotettavuusriskien hallinta aloitetaan jo palvelutuotteen konseptointivaiheessa. Riskianalyysi, johon liittyy häiriö- ja vaaratekijöiden tunnistamisen lisäksi niiden todennäköisyyden ja seurausten arviointi, auttaa kohdistamaan suunnittelupanokset järjestelmän toiminnan kannalta kriittisiin kohteisiin. Systemaattisella luotettavuusjohtamisen työkalujen hyödyntämisellä vähennetään teknisen järjestelmän uudelleensuunnittelun ja testauksenkin tarvetta käyttöönotossa ja sitä seuraavissa elinajan vaiheissa.

2 Arviointiprosessin kuvaus, rajaus ja näkökulmat

Lähtökohtana teknisen järjestelmän luotettavuuden arvioinnille on kansainvälisen IEC-standardin (SFS-IEC 60300-1) järjestelmätoimittajalle asettamat velvoitteet: *"Toimittaja kehittää luotettavuusjohtamissuunnitelman osaksi tuotekehitys- tai projektisuunnitelmaa. Luotettavuusjohtamissuunnitelma katselmoidaan ja sitä muutetaan tarvittaessa projektin ja tuotteen katselmuksissa. Näissä katselmuksissa todennetaan myös, että luotettavuusjohtamissuunnitelma ja tehtävät, analyysit ja tulokset vastaavat suunniteltuja ja spesifioituja luotettavuusvaatimuksia. Toimittaja luo ja pitää yllä menettelyohjeet, joilla varmistetaan luotettavuusvaatimusten jäljitettävyyden standardin IEC 300-2 määrittelemällä tavalla. Luotettavuus on tuotemuunnosten hallinnassa merkittävästi vaikuttava osatekijä. Tuotemuunnosten hallintaa kehitetään ja ylläpidetään standardin ISO 9004 kohdan 8.8 mukaisesti."*

Järjestelmän luotettavuuden hallintaan liittyviä tehtäviä ovat mm (IEC 60300-2):

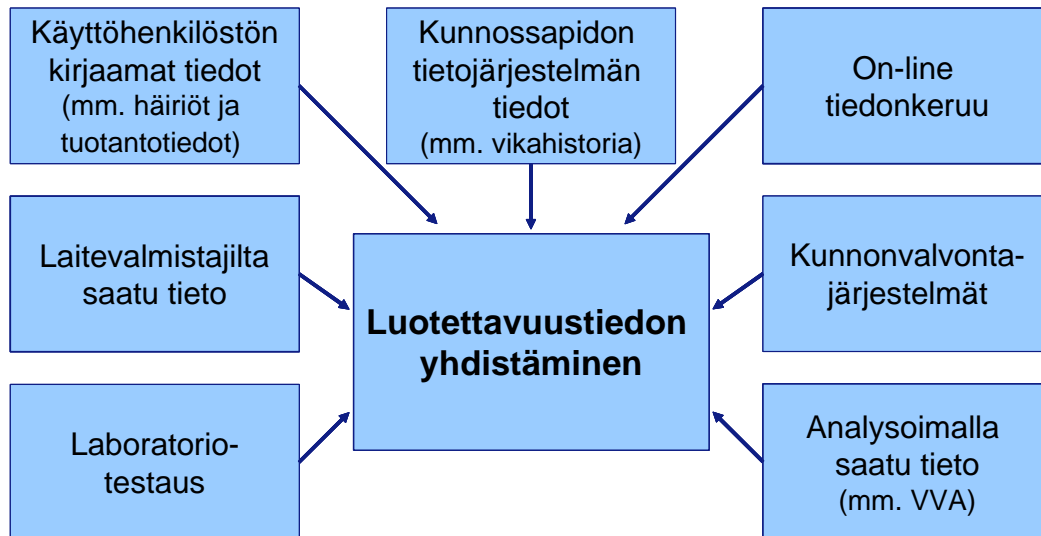
- luotettavuusvaatimukset
- analyysit, ennusteet ja katselmuksiset
- todentaminen, kelpuutus ja testaus
- käytön ja kunnossapitovarmuuden suunnittelu

Teknisen järjestelmän arviointiprosessi on mahdollista muodostaa em. standardissa kuvatun menettelyn pohjalle ottaen käyttöön soveltuvia elementtejä. Telematiikkajärjestelmän riskien hallintaan sovellettavia lähestymistapoja on esitetty myös muissa standardeissa (esim. EN50126 "Railway applications - the specification of Reliability, Availability, Maintainability and Safety"), jossa esitetyt tehtävät poikkeavat hieman IEC-standardin mukaisista tehtävistä peruseriaatteen ollessa kuitenkin sama.

Järjestelmän elinkaaren tärkein vaihe on tutkimus- ja tuotekehitys- sekä suunnitteluvaihe, jolloin merkittävimmät tekniset ratkaisut tehdään. Arviointiprosessissa käytettävien työkalujen avulla varmistetaan, että luotettavuuteen, käyttövarmuuteen, turvallisuuteen ja kunnossapidettävyyteen liittyvät vaatimukset sekä mahdolliset viranomaismääräykset siirtyvät kehitettävän konstruktion eri suunnitteluvaiheissa itse konstruktion. Näin uudelleensuunnittelun ja testauksen tarve vähenee.

3 Arviointimenetelmät ja mittarit

Teknisten järjestelmien luotettavuuden ja käyttövarmuuden analysointiin käytetään lukuisia menetelmiä, kvalitatiivisia, kvantitatiivisia ja niiden yhdistelmiä. Menetelmien valinta ja niiden vaiheistus on tehtävä asiakastarpeen määrittämisen perusteella. Menetelmän valintaan vaikuttaa keskeisesti myös tarkasteltavasta järjestelmästä käytävissä olevan luotettavuustiedon määrä ja laatu. Kuvassa 2 esitetään tyypillisiä teknisen järjestelmän luotettavuustiedon lähteitä, joita on mahdollista yhdistää kattavan analyysin tekemiseksi.



Kuva 2. Teknisen järjestelmän luotettavuustiedon lähteitä.

Kvalitatiivinen, laadullinen, menetelmä on perusteltua valita luotettavuusriskien arviointiin, jos tarkasteltavasta kohteesta ei ole käytävissä kattavaa vikatilastoa. Kvalitatiiviset menetelmät perustuvat asiantuntijatyöryhmältä kerättävään käyttökokemustietämykseen kohteen vikaantumisista, käytettävyydestä ja kunnossapidettävyydestä. Useimmiten analyyseissä arvioidaan, kvantifioidaan, tunnistettujen vikamuotojen kriittisyys. Tyypillisiä kvalitatiivisia luotettavuusjohtamisen työkaluja ja riskianalyysimenetelmiä ovat Potentiaalisten ongelmien analyysi (POA), vikapuut (FTA), luotettavuuslohkokaaviot, vika- ja vaikutusanalyysit (VVA, FMECA), vaara-analyysit (esim. EN 1050 Check list) sekä kunnossapitoanalyysit (esim. RCM). Kuvassa 3 esitetään luotettavuusriskien analysoinnin tyypilliset vaiheet.



Kuva 3. Luotettavuusanalyysin tyypilliset vaiheet.

Analyysiin käytettävistä resursseista on vaikea antaa tarkkaa määritelmää, resursseihin vaikuttavat tarkasteltavan järjestelmän laajuus ja se kuinka tarkkaan vikaantumisiin liittyvät syyt on tarkoitus tunnistaa. Nyrkkisääntönä voidaan todeta, että useimmissa tapauksissa kattavan analyysin tekeminen vaatii neljä analyysikokousta, jotka kalenteriajassa vaativat n. yhden kuukauden.

Kvalitatiivisten työkalujen ohella markkinoilla on lukuisia kvantitatiiviseen mallintamiseen, käytettävyyden ja muiden simulointiohjelmistoja, joita on mahdollista hyödyntää teknisen järjestelmän luotettavuuden ja käyttövarmuuden arvioinnissa. Käytettävät menetelmät valitaan tarkasteltavalta kohteella käytettävissä olevan datan perusteella. Datan saatavuuteen vaikuttavat mm. järjestelmän elinkaaren vaihe ja analyysin tavoite. Useimmiten kattavaa tietoa ei teknisestä järjestelmästä kuitenkaan ole kerätty, eli sitä ei ole saatavilla. Puuttuvia tai vajavaisia tietoja voidaan periaatteessa täydentää laskelmien tekemistä varten muista erityyppisistä lähteistä peräisin olevalla tiedolla. Tärkeimpiä hyödynnettäviä tietolähteitä ovat tällöin esim.:

- asiantuntija-arvioinnit samalla laitoksella (käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö vrt. kvalitatiiviset analyysit)
- suunnitteluvaiheessa mahdollisesti toteutettujen käyttövarmuusanalyysien ja -arviointien lähtötiedot (vrt. kvalitatiiviset analyysit)
- käyttökokemustiedot (samoista tai vastaavanlaisista) laitteista/laitteistoista muista vastaavista kohteista
- laitevalmistajan tiedot (käyttökokemustiedot erilaisista kohteista tai testaustiedot)
- kilpailevien laitevalmistajien tiedot (käyttökokemustiedot erilaisista kohteista tai testaustiedot)
- yleisten vikatietolähteiden (tietokannat, datakirjat) tiedot vikaantuvuudesta ja korjattavuudesta (korjausaika) erilaisille järjestelmille.

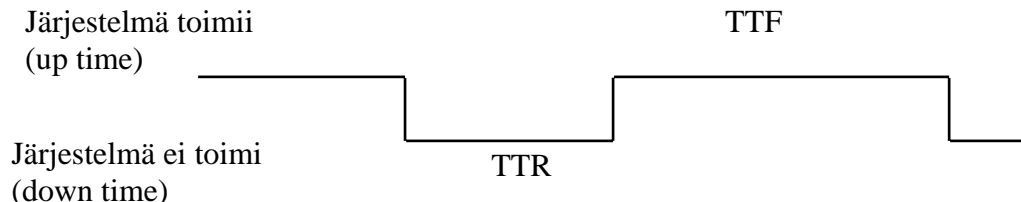
Luettelo erilaisista riski- ja luotettavuusanalyyseissä käytettävistä yleisistä tietolähteistä on saatavilla esim. linkin <http://www.ntnu.no/ross/info/data.php> kautta.

Elinjaksokustannus- ja elinjaksotuotto- analyysit ovat avainasemassa teknistaloudellisten riskienhallinnassa. Näillä analyyseillä voidaan arvioida yrityksen investoinnin tärkeimpien kustannusten ja tuottojen kehittymistä investoinnin koko elinjakson aikana ja laskea investoinnin kannattavuus. Arviointinäkökulma on perinteistä investointilaskentaa laajempi, sillä LCC/LCP –laskennan (Life Cycle Cost / Life Cycle Profit) kautta huomioidaan välillisten kustannusten merkitys.

Riskianalyysimenetelmien yksityiskohtaisempia kuvauksia on saatavissa esimerkiksi linkin <http://riskianalyysit.vtt.fi> kautta.

Järjestelmän tai sen osan luotettavuutta kuvaavia kuvaavia mittareita on lukuisia. Pelkästään IEC 50(191)-standardissa vuodelta 1996 määritellään yli 30 käytettävyyden mittaria. Tyypillisiä mittareita ovat

- keskimääräinen toimintakelpoisuusaika (MUT = mean up time)
- keskimääräinen toimintakelvottomuusaika (MDT = mean down time)
- käytettävyys ($A = (MUT / (MUT + MDT)) \times 100\%$)
- keskimääräinen vikaantumisaika (MTTF = mean time to failure)
- keskimääräinen toipumisaika (MTTR = mean time to restoration)
- vikataajuus (vikojen määrä tarkasteluajanjaksolla esim. vuoden aikana)



Kuva 4. Käyttövarmuuden mittareiden merkitystä esittelevä kuva.

4 Tulokset, päätelmät, suositukset ja raportointi

Teknisen riskianalyysin tulosten raportoinnin muoto vaihtelee suuresti tarkastellulle kohteella käytettyjen menetelmien vuoksi. Yleinen tavoite on kuitenkin hyödyntää tuloksia suunnittelu-prosessin kuluessa esim. suunnitteluvaihtoehtojen valinnassa. Seuraavassa kuvataan yleisiä piirteitä liittyen tulosten raportointiin ja niiden hyödyntämiseen.

Arviointiprosessin avulla teknisen järjestelmän tilaaja ja toimittaja voivat yhdessä määrittää tulevalle järjestelmälle asetettavat luotettavuustavoitteet ja seurata niiden toteutumista. Toimittaja huomioi vaatimukset suunnittelu-prosessissa ja mahdollisesti sitä edeltävässä tuotekehitysvaiheessa, jolloin vältytään kalliilta uudelleensuunnittelulta ja muutoksilta. Samoin voidaan vähentää tarvittavan testauksen määrää.

Tilaaja saa prosessin tuloksena arvion järjestelmän luotettavuudesta ja kunnossapitosuunnitelman. Kun järjestelmään mahdollisesti liittyvät häiriö- ja vaaratekijät ovat tiedossa, voi käyttäjä varustautua esim. tarvittavilla varaosilla ja henkilöstön koulutuksella.

Kvantitatiivisilla menetelmillä on mahdollisuus mallintaa eri toteutusvaihtoehtojen vaikutusta kokonaisen järjestelmän käyttövarmuuteen.

LCC/LCP- analyysistä saadaan laskentamalleja eri toteutusvaihtoehtojen kustannus- ja tuotokertymien muodostumisesta. Malleja on hyödynnetty niin itse teknisen järjestelmän kuin myös tekniseen järjestelmään liittyvien palvelukokonaisuuksien liiketaloudellisten riskien hallinnassa.

5 Liityntä muihin moduuleihin

Luotettavuuden arvioinnilla on luonnollinen liityntä kolmeen EVASERVE- moduuliin. Tekninen toteutettavuus moduuliin luotettavuuden ja käyttövarmuuden arviointi tuottaa lisätietoa mm. järjestelmän vikaantumista ja vaadittavasta kunnossapidosta. Nämä ovat oleellisia tietoja myös palvelun kannattavuuden arvioinnin kannalta, esim. määritettäessä palvelun elinjakosokustannus ja tuottotietoja. Tietovarastot moduuliin on löydettävissä myös liityntä, mikäli palvelujärjestelmään halutaan liittää järjestelmään liittyvän vika- ja kunnossapitotiedon keruun ominaisuuksia. Tällainen piirre on tarpeen palvelun laadun ylläpitämisessä ja kehittämisessä. Luotettavuuden ja käyttövarmuuden arvioinnin on mahdollista tuottaa tietovarastoihin rakenne keruussa tarvittavissa tiedoista ja malli toimintatavoista, joilla tämän tiedon perusteella järjestelmän käyttövarmuutta ja kunnossapitoa kehitetään.

6 Referenssejä

Seuraavassa on lueteltu referenssejä, joissa on hyödynnetty käyttövarmuuden analysointimenetelmiä. Referenssikuvauksissa on tavoitteena tuoda esille, miten ko. hankkeissa on analyysimenetelmäosaamista hyödynnetty. Valtaosa näistä referensseistä on toteutettu luottamuksellisissa toimeksiannoissa, joten niistä ei ole saatavilla lisätietoja. Referensseihin, joista on käytettävissä julkista materiaalia, on liitetty mukaan linkki tähän materiaaliin.

Luotettavuustavoitteiden asettaminen ja vaatimusten hallinta

- Konsultointia kriittisen varastojärjestelmän RAMS –analyysiin. Sovelluskohteena vientiprojekti Länsi-Euroopan terästeollisuudessa (2003-2004) Awa Advanced Warehouse Automation Oy, tavoitteena asiakkaan asettamien käyttövarmuus-, käytettävyy-, kunnossapidettävyy- ja turvallisuusvaatimusten hallinta suunnittelu- ja toimitusprosessissa. (lisätietoja <http://www.tsr.fi/tutkimus/tutkittu/hanke.html?id=104168>).

Koulutus, käyttö- ja kunnossapito-ohjeiden kehittäminen

- Metso Paper Pansion tuotekehityksen ja suunnittelun riskikartoituskoulutus (2002) Metso Oyj Pansio.
- On-line monitelakalanterin työturvallisuuden varmistaminen ja käyttöohjeiden arviointi (1999 – 2000) Metso Oyj Järvenpää.
- Riskitietoisen ja kustannustehokkaan kunnossapito-ohjelman suunnittelumenetelmän kehittäminen (2004-2005) Varenso Oy, Varkaus.

Konejärjestelmien turvallisuusanalyysit ja riskikartoitukset

- OptiLoad Twinline –kalanterin turvallisuuden tarkastelu (2003) Metso Oyj Järvenpää, tavoitteena turvallisuuden varmistaminen ennen markkinoille tuomista.

Käyttövarmuus- ja luotettavuusanalyysit

- Paperikoneen puristimen uusintaosan toimintavarmuustarkastelu (2001) Metso Oyj Rautpohja, tavoitteena tuotannollisen käyttöönoton nopeuttaminen.

Elinjaksokustannus- ja -tuottoanalyysit

- Cost per Ton –sopimuksien riskien hallinta ja laskentamallin rakentaminen (2000-2001) Metso Minerals Oy Tampere, tavoitteena hallita uuteen liiketoimintaan liittyvät riskit.

Käyttövarmuustakuiden määrittelyt (tutkimushanke)

- Liikkuvien työkonoiden käyttövarmuuden hallinta- hanke (1998-2000), Nordberg-Lokomo Oy, Sandvik Tamrock Oy, Timberjack Oy/ Plustech Oy ja VTT. (Lisätietoja <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2061.pdf>).

Käyttövarmuustiedon keruun ja hallinnan kehittäminen

- Tiedonkeruu- ja hyödyntämiskonsepti kansainvälisen tuotekehitys- ja service-liiketoiminnan tukena (2000-2001) Andritz Oy, tavoitteena toimintamallin kehittäminen käyttäjälaitoksilla syntyvän käyttökokemustiedon siirtämiseksi laitetoimittajalle kansainvälisessä verkostossa.
- Teollisuuden käynnissäpidon prognostiikka - Järjestelmien käyttövarmuus- ryhmän tehtävän tavoite on kehittyvän kunnossapidon suunnittelumenetelmän luominen (2003-2006). (Lisätietoja <http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2005/S239.pdf>)
- Turvakaari- yritysprojekti. Mukana Valtra Oy, Sandvik Tamrock Oy, Kalmar Industries Oy, Epec Oy, Timberjack Oy ja Insinööritoimisto Comatec Oy sekä asiantuntijapalvelujen tuottajina VTT, MTT/Vakola ja Teknologiateollisuus ry ja koordinaattorina Tuotekehitys Oy Tamlink . (Lisätietoja http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/MASINA/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ ja_ aktivointi/Julkaisut/Turvakaari_ raportti.pdf).

Käyttövarmuustiedon tilastollinen analysointi

- Varastointiolosuhteiden tilastollinen analyysi (2002) Materiaalilaitoksen Esikunta.

Käyttövarmuus- ja luotettavuusanalyysit

- Käyttövarmuuden analysointi – kuivattamo (2003), BMS Oy, tavoitteena käyvän laitoksen tuotantotehokkuuden kehittäminen.
- Azipod -kääntöjärjestelmän käyttövarmuusanalyysi (2005), ABB Oy, Helsinki.

Käyttövarmuuden mallintaminen

- ”Tuotantolinjan käyttövarmuuden kokonaismalli” -projekti toteutettiin laajassa Teke-sin ”Käyttövarmuus kilpailutekijänä” (KÄKI) teknologiaohjelmassa. Projektin osapuo- lia olivat Ahlstrom Machinery Oy (projektin vastuullinen johtaja), ABB Industry Oy, Metsä-Serla Savon Sellu Oy, UPM Kymmene Kajaanin ja Kaukaan tehtaat, Valmet Oyj ja VTT. Projekti ajoittui vuosille 1997 - 2000. (Lisätietoja http://www.vtt.fi/vtt_show_record.jsp?target=tutk&form=sf&search=6075)
- Luotettavuuspohjainen verkostonhallinta – VTT:n osaprojekti (2002-2004) Fortum Sähkönsiirto Oy, tavoitteena kehittää luotettavuusmalli sähkönjakeluverkolle.

Lähteitä

SFS-IEC 50(191). Sähköteknillinen sanasto. Luotettavuus ja palvelun laatu. Helsinki, 1996. Suomen standardisoimisliitto. 143 s.

SFS-IEC 60300-3-9. Luotettavuusjohtaminen osa 3: Käyttöopas. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Suomen standardoimisliitto SFS. 47 s.

EN50126. Railway applications - The specification of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). CENELEC, 1999. 76 s.

Kortelainen, Helena. Paperi- ja selluteollisuuden käyttövarmuuden mittarit. Tampere. VTT, 1999. 22 s. + liitteitä 3 s. Raportti RIS B005.

Valkokari, Pasi. Käyttövarmuuden analysointi - menetelmä tuotantotehokkuuden kehittämässä. 2002. VTT Tuotteet ja tuotanto, Tampere. 24 s. + liitt. 4 s. Raportti RISB-038.

Suutarinen, Juha. Kämäräinen, Pekka. Tiusanen, Risto. Reunanen, Markku. Työkoneiden ja työkonejärjestelmien yleinen turvallisuus- ja käyttövarmuustiedon hallintamalli. Teknologiateollisuus ry, 2005. 64 s.

Pylvänäinen, Jouni; Verho, Pekka; Järvinen, Jussi; Kunttu, Susanna; Sarsama, Janne. Advanced failure rate and distribution network reliability modelling as part of network planning software 18th International Conference on Electricity Distribution,; CIRED 2005. Turin, 6-9 June 2005. IEE Conference Publication Volume 5, Issue 2005-11034 (2005), 315-319.