

Onko monimutkaistuva rautatieympäristö uhka turvallisuudelle?

Esitelmä RATA 2010 seminaarissa

Matti Katajala

12.11.2009

Esitelmässä pohditaan monimutkaistuvan rautatieympäristön uhkaa turvallisuudelle. Lainsäädäntö ja standardit muuttuvat. Uudet organisaatiot sekä hallinnossa että toimijoissa vaikuttavat. Erityisesti informaatioteknologian kiihtyvä muutos tuo muutoksia ja uhkia rautateiden pitkään ja eristyneenä kehittyneeseen teknologiahistoriaan. Turvallisuuden hallintajärjestelmissä keskeinen teema on riskien tunnistamisen hallinta rautatiejärjestelmän elinkaaren eri vaiheissa. Kansainvälisten standardien ja vakiintuneiden työtapojen käyttöä turvallisuuteen liittyvien järjestelmien elinkaaren hallinnassa on lisättävä.

Johdanto

Turvallisuuden toteutuminen rautatieympäristössä vaatii monien eri toimijoiden onnistumisen ja toimivan yhteistyön. Kilpailun lisääntyminen ja teknistyvät järjestelmät asettavat uusia ja entistä vaativampia tehtäviä turvallisuuden hallinnalle.

Liittyessään osaksi Euroopan Yhteisöä, Suomi on sitoutunut myös noudattamaan eurooppalaista lainsäädäntöä. Yhdentymisen myötä ja rajoja ylittävän kaupankäynnin ja liikenteen vilkastuessa on rautatiealalla kuitenkin osoittautunut erääksi kovimmista haasteista yhteistoiminnan käytännön toteutuksessa.

Pääosin yhteiskunnan omistuksessa olleiden rautatieyritysten monopoliasemat kussakin maassa, rautatiealan suhteellisen pitkä teknologinen ikä ja alan pienuudesta johtuva eristyneisyys ovat viimeisen 150 vuoden aikana ilmentyneet monin tavoin. Pelkästään tekniikan kehityksen eri vaiheissa tehdyt juniin liittyvät sähköistysratkaisut ovat luoneet tilanteen, jossa yhteensopivuutta ei ole. Vaikka junat liikkuvat kiskoja pitkin eri maissa hyvin samanlaisten fysikaalisten lakien ohjaamina, on lähes jokaisessa Euroopan maassa saatu aikaan hyvin erilaisia ja epäyhteensopivia, toimintaa säänteleviä määräyksiä ja ohjeita. Rautatieliikenteen turvallisuuteen liittyvien valvonta- ja ohjausjärjestelmien kansainväliset toimittajat ovat pienistä markkinoista huolimatta joutuneet sovittamaan tuotteensa kunkin asiakasmaan erityispiirteiden mukaisesti.

Turvallisuuteen liittyvien tekniikoiden kehittyminen on liittynyt myös rautateihin. Tietoliikennetekniikkaa on sovellettu menestyksellä suoritussopimusten tekemiseen Suomessa jo lähes puolentoista vuosisadan ajan. Junien kulkuteiden tekniseen turvaamiseen liittyviä lukitusjärjestelmiä on ollut rautateillä jo 1940-luvulta alkaen. Tietotekniikkaan perustuvat hallinta-, turvallisuus-, ohjausjärjestelmät lisääntyvät kiihtyvällä tahdilla.

Rautatiealallakin kilpailu lisääntyy. Sen myötä myös toimijoiden määrä lisääntyy voimakkaasti. Teknisen monimutkaisuuden lisäksi turvallisuuden hallinta ja johtaminen monikulttuurisessa monitoimittajaympäristössä vaatii uusia työkaluja.

Standardit

Rautateiden turvallisuuteen liittyvien järjestelmien hallintaan ja toteutukseen kohdistuvat Eurooppalaisen lainsäädännön vaatimukset, jotka on muotoiltu Ratalaiksi (1).

Vaatimusten toteuttamisen työkaluina ovat muun muassa rautatiealan turvallisuusstandardit, jotka lainsäädännön tukemana määrittelevät menetelmiä turvallisuuden toteuttamiseksi. RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) standardina tunnettu EN 50126 (2) luettelee myös muut rautatietoimialaan keskeisesti liittyvät standardit:

- Laatustandardit ISO 9000 (3)
- EN 50128, Rautatiesovellukset – Rautateiden ohjaus- ja turvasovelluksien hallinta
- EN 50129, Rautatiesovellukset – Turvallisuuteen liittyvät elektroniset ohjausjärjestelmät, Safety Case
- IEC 60050, sanasto 191 (4) – Riippuvuus ja palvelun laatu
- IEC 61508 (5), Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus
- Euroopan rautatievirasto on valmistellut Common Safety Methods (6) (CSM) -nimellä tunnetun säädöksen, jossa esitetään prosessi rautatiealalla tapahtuvien turvallisuuteen liittyvien hankkeiden hallintaan.

Turvallisuuden liittyvistä vastuista rautatieympäristössä

Rautateiden turvalaite- ja asetinlaitejärjestelmät ovat aina olleet arvostettujen ammattilaisten käsissä. Esimerkiksi vaihteisiin ja turvalaitteisiin liittyvä tietotaito on siirtynyt ”mestari-kisälli” -periaatteella sukupolvelta toiselle aina näihin päiviin saakka. Kirjallinen dokumentointi, oppikirjat ja työohjeet eivät ole olleet alalle tyypillistä.

Alkuaikojen kelloseppätaitoja vaatineet, mekaniikkaan perustuvat asetinlaitejärjestelmät väistyivät releillä toteutettujen asetinlaitejärjestelmien tieltä. Vielä pitkään keskeisillä liikennepaikoilla käytössä olevien releasetinlaitteiden parissa työskentelee mestareita, jotka hallitsevat muutosten tekemisen järjestelmiin ja tarvittaessa jopa kuuloastin avulla tietävät, mistä järjestelmän vikaa tulee etsiä.

Tietokoneisiin perustuvien asetinlaitejärjestelmien turvallisuuden liittyvän ytimen sisältävät ohjelmistot ovat järjestelmien valmistajien hallussa. Muutokset toteuttaa tyypillisesti järjestelmän alkuperäinen valmistaja.

Uusien asetinlaitejärjestelmien rakentamisessa ja käytössä olevien järjestelmien muutoksiin liittyvissä käyttöönotoissa on oleellista varmistaa toteutukseen liittyvän osaamisen hallinta sekä tuotteeseen että käyttöönottoon liittyen.

Elinkaaren palvelujen varmistamiseksi infrastruktuurin haltija on tehnyt valmistajien kanssa kunnossapidon tukisopimuksia.

Rautatiealalla ollaan nopeasti siirtymässä omaan osaamiseen perustuvasta mallista yhteistyökumppaneiden verkoston toteuttamaan malliin, jossa turvallisuuden hallinta jakautuu useille toimijoille.

Rautatieturvallisuuden toteuttajista

Eurooppalaisten rautatiealaan liittyvien direktiivien tarkoituksena on sekä harmonisoida eri maiden rautatiejärjestelmiä yhteentoimivuuden näkökulmasta että määritellä käytettävät turvallisuusperiaatteet ja turvallisuuden tasot.

Euroopan rautatietavoitteiden, yhteentoimivuus ja turvallisuus, valvojaksi on luotu Euroopan rautatievirasto, ERA (European Railway Agency) (7).

Toimilupien valvontaa ja kansallista viranomaistehtävää hoitaa Suomessa Liikenteen turvallisuusvirasto (8).

Liikennevirasto (9) on rautatiejärjestelmässä toimiva toiminnanharjoittaja, jolla on oltava lainsäädännön mukainen turvallisuuden takaava organisaatio ja turvallisuusjohtamisjärjestelmä. Liikennevirasto säätelee dokumentaatioissaan ja ohjeistuksessaan rautatieinfrastruktuurin turvallista rakentamista ja käyttöä.

Suomessa kansallista riippumattomasta, toteutuneiden riskien tutkinnasta vastaa Onnettomuustutkintakeskus (10).

Rataverkolla liikennöivillä operaattoreilla sekä erilaisissa rautateiden liikenteenohjaus-, ylläpito- ja rakentamistehtävissä toimivilla organisaatioilla on keskeisin vastuu turvallisuuden liittyvien käytännön toimenpiteiden toteuttamisessa.

Rautatieturvallisuuden keskeiset epäjatkuvuuskohdat

Turvallisuuteen liittyvät uhat keskittyvät rautatiejärjestelmässä tiettyihin kohteisiin, joihin liittyvien riskien arviointi ja hallinta muodostaa käytännössä pääosan rautateillä tehtävästä turvallisuuteen liittyvästä työstä.

Vaihteet ja asetinlaitteet

Junan reitillä keskeisimpiä epäjatkuvuuskohteita ovat vaihteet. Suuri osa vakavista rautatieonnettomuuksista on tapahtunut sen vuoksi, että junan saapuessa vaihteeseen, se on ollut syystä tai toisesta toivotun junaliikkeen kannalta väärässä asennossa.

Vaihteiden asentoja ja niiden muodostamia junakulkuteitä hallitaan teknisillä lukitusjärjestelmillä, joita suomenkielessä kutsutaan asetinlaitteiksi. Nimi asetinlaite periytyy mekaanisesta vaihteen asettimesta, jolla aseman vaihdemies on aikanaan kääntänyt vaihteen junansuorittajan antamisen ohjeiden mukaan.

Junan reitti rautatieliikennejärjestelmässä perustuu asetinlaitteessa hallittuihin kulkuteihin, joissa junan liikkuminen varmistetaan etukäteen turvaamalla kulkutie vaihteiden kautta suunniteltuun reittipisteeseen.

Nykyisessä rautatiejärjestelmässä vaihteita valvovia asetinlaitteita ohjataan pääosin kauko-ohjatusti alueellisista liikenteenohjauskeskuksista. Yksi liikenteenohjaaja hallitsee useiden liikennepaikkojen muodostamaa kokonaisuutta tietotekniikkaan perustuvien ohjauslaitteiden avulla.

Junien kulunvalvonta

Junien kulunvalvonta (JKV) on järjestelmä, joka valvoo junan suurinta nopeutta. Junalaitteet lukevat rautatieinfrastruktuuriin liittyvää tietoa ratapölkkyihin asennettujen baliisien kautta. Baliisit ovat JKV-ratalaitteita, jotka lähettävät muistiinsa ohjelmoidun tai tiedonsiirtokaapelin avulla sille lähetetyn sanoman veturilaitteille.

JKV-veturilaitteet määrittävät sanomien perusteella junan suurimman sallitun nopeuden ja muita junan reittiin liittyviä tekijöitä, jotka ilmaistaan kuljettajalle ja joiden perusteella tarvittaessa junaa jarrutetaan automaattisesti. Kun junien kulunvalvontajärjestelmä on käytössä, junien kuljettajat saavat järjestelmän päätelaitteelta ohjeita muun muassa opasteista ja tavoitenopeudesta.

Junan kulunvalvonta on käytössä lähes koko rataverkolla. Järjestelmän avulla parannetaan merkittävästi junaturvallisuutta ja sen käyttö mahdollistaa junien nopeuden nostamisen.

Ratatyöt

Rautatieinfrastruktuurin rakentamiseen ja ylläpitoon liittyy jatkuvasti tehtäviä, jotka vaativat liikkumista ja työskentelyä raiteilla.

Ennakkotietojärjestelmän ja ratatyöilmoitusten avulla ennakoidaan ja hallitaan ratatöiden käytännön toteuttamista. Rataverkolla liikkumista varten on käytössä varausjärjestelmä, jolla liikenteenohjaaja ja ratatyöstä vastaava sopivat työskentelystä ja sen päättymisestä.

Uusien järjestelmien rakentamiseen ja vikojen korjauksiin liittyy tilanteita, joissa turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä otetaan tilapäisesti pois käytöstä.

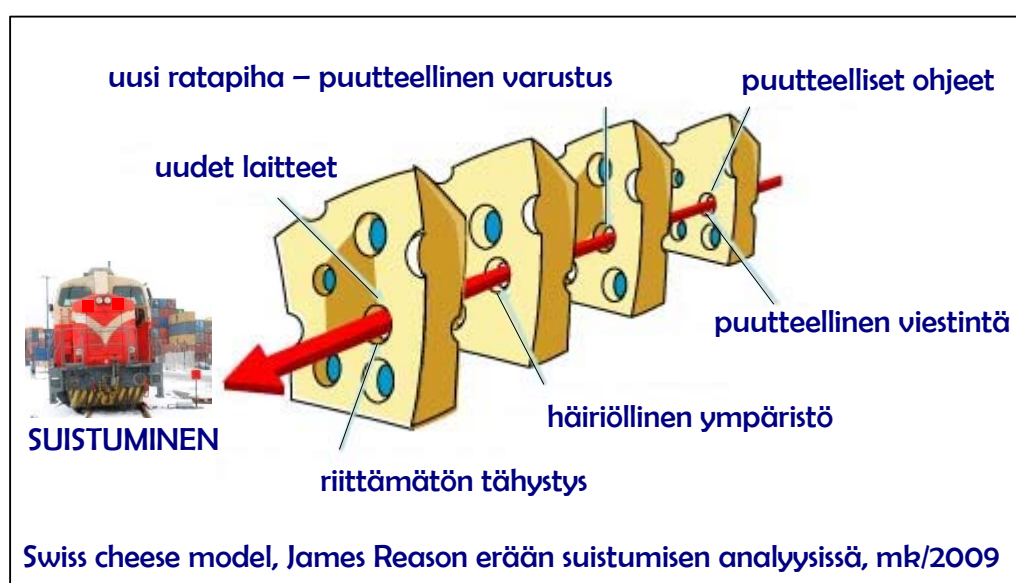
Rautatiejärjestelmässä ei ole riittävästi kiertoteitä. Tämän vuoksi liikennettä joudutaan usein ohjaamaan alueilla, jossa on käynnissä ratatöitä.

Ratatoiden aloittamisesta ja päättymisestä sovitaan liikenteenohjauksen kanssa käyttämällä muototarkkaa viestintää, jonka tarkoituksena on hallita täsmällistä työhön liittyvää paikantamista ja yhteydenpitoa.

Riskien toteutuminen

Lainaus vapaasti James Reason¹: ” Sen sijaan, että käyttäjät olisivat ensisijaisia onnettomuuksien aiheuttajia, he perivät järjestelmän viat ja poikkeamat, jotka ovat seurausta puutteellisesta suunnittelusta, keskeneräisistä asennuksista, huonosta kunnossapidosta ja väärin perustein tehdyistä johdon päätöksistä.”

James Reason on mallintanut riskienhallintaa kuvauksella (11), jossa reikäjuuston palat esittävät eri suojaustasoja, joilla riskien toteutumista pyritään torjumaan. Hyvistä yrityksistä huolimatta juustopaloihin jää aina reikiä, joiden kautta onnettomuuteen johtavat tekijät voivat toteutua.



Rautatieympäristössä kohdataan ajoittain tilanteita, jossa suurin osa normaalitilanteessa läsnä olevista suojaustasoista (juustonpaloista) puuttuu kokonaan, vaikka osapuolet ovat noudattaneet annettuja ohjeita ja määräyksiä.

Ratatyö rautatieympäristössä voi johtaa tilanteeseen, jossa turvalaitteet ovat pois käytöstä tai niitä käytetään puutteellisesti yhdessä tehtyjen hallinnollisten turvallisuutta heikentävien ratkaisujen kanssa. Tällöin turvallisuuden toteutuminen riippuu vain ja ainoastaan inhimillisten toimenpiteiden onnistumisesta.

Esimerkinä tästä on tilanne, jossa vanha asetinlaitejärjestelmä eli viimeisiä päiviään ja käyttöönoton seurauksena siitä oli poistettu käytöstä toimintoja, jotka vaikuttivat myös junien kulunvalvontalaitteisiin. Jälkeenpäin arvioiden puutteellisen turvallisuuden kokonaishallinnan vuoksi järjestelmään jäi tilanne, jossa käyttäjä saattoi inhimillisen erehdyksen vuoksi turvata kulkutien kahdelle junalle risteäville reiteille. Lopputilanteessa junat ajautuvat vastakkain samalle raiteelle. Huonommalla onnella syntynyt tilanne olisi voinut johtaa katastrofiin.

Esimerkin vaaratilanteesta tekee turvallisuuden hallinnan kannalta merkittävän se, että siihen reagoitiin ja se tutkittiin ja dokumentoitiin hyvin. Vaaratilanteen analyysissä on ilmennyt, että huolimatta kaikkien osapuolten pyrkimyksistä hallita turvallisuutta parhaalla mahdollisella tavalla,

¹ James Reason, Professor Emeritus, University of Manchester, UK

siinä ei kuitenkaan onnistuttu. Tapahtuneen kaltainen vaaratilanne voi toimia oikein käsiteltynä ja kommunikoituna positiivisena kannustimena rakennettaessa entistä parempaa ja kattavampaa turvallisuuden hallintajärjestelmää rautatieympäristöön.

Miten monimutkaisuuden aiheuttamia riskejä torjutaan?

Turvallisuuden hallintajärjestelmät on rakennettava kokonaisuutena siten, että eri toimintojen välisiin rajakohtiin ei jää turvallisuutta vaarantavia aukkoja.

Riskien hallintaa on kehitettävä kokonaisuutena siten, että tunnistettuihin ja luokiteltuihin riskeihin liittyvä tietämys jalostetaan vaatimuksiksi, jotka ohjaavat rautateiden järjestelmiin liittyvien määräysten ja ohjeiden valmistelussa.

Turvallisuuteen liittyviä organisaatioita ja niiden hallitsemaa osaamista on kehitettävä huomioiden erityisesti yhteistoiminta muiden turvallisuuteen liittyvien tahojen kanssa.

Turvallisuuteen liittyvien vaatimusten ymmärtäminen ja hallinta projekteissa eivät pelkästään riitä. Turvallisuuden toteuttamiseen tarvitaan näkemyksiä, kokemuksia sekä jatkuvaa kehittämistyötä, jonka lähteenä on käytännön työstä tehdyt havainnot ja arviot.

Turvallisuuteen liittyvän tekniikan hyödyntäminen on keino, jolla erityisesti inhimillisiin tekijöihin liittyviä riskejä voidaan hallita. Tekniikan käyttöön liittyy kuitenkin vaatimuksia standardien noudattamisesta ja osaamisesta sekä toimittajan että tilaajan organisaatioissa. Formaalit, tietotekniikkaan perustuvat menetelmät tuovat uusia keinoja (joskus vain näennäisenkin) monimutkaisuuden hallintaan.

Kansainvälinen yhteistyön tiivistäminen rautatiealan konkreettisissa turvallisuuteen liittyvissä hankkeissa vaatii lisää ponnisteluja. Yhteistyön ja kokemusten vaihdon avulla voidaan kehittää kestäviä turvallisuusratkaisuja.

Dokumentointi on turvallisuuden hallinnan keskeisiä työkaluja. Sen käyttäminen mahdollistaa turvallisuuteen liittyvän tietämyksen lisäämisen rautatiejärjestelmien arvioinnissa. Riippumaton arvioija tuo hankkeisiin tietämystä ja uusia näkökulmia.

Rautatiealan tulevaisuuteen sisältyy huomattavasti enemmän mahdollisuuksia kuin uhkia. Kilpailun tuoksinassa on hallittava turvallisuuteen liittyvät perustehtävät. Niihin liittyviä rakenteita ja kehitystä ei saa hylätä näennäisen tehokkuuden hyväksi.

Turvallisuuteen liittyvissä havainnoissa ja kehittämistyössä kaikilla on puheoikeus.

Esitelmän pitäjä

Matti Katajala, turvallisuusasiantuntija on toiminut ohjelmistotekniikan ja tuotekehityksen parissa erilaisissa tehtävissä lähes kolmenkymmenen vuoden ajan. Suoraan rautatiealaan ja turvallisuuteen liittyvien järjestelmien parissa kokemusta on kertynyt noin viidentoista vuoden verran. Ensin alalla toimivassa yrityksessä ja viimeiset pari vuotta itsenäisenä yrittäjänä, Safety Advisor Oy (12). Kuluneen runsaan vuoden aikana myös toteutuneiden riskien tutkintaan ja dokumentointiin liittyvät tehtävät ovat tulleet mukaan kuvaan Onnettomuustutkintakeskuksen tutkijana.

Lähdeluettelo

1. **Finlex.** Rautatielaki. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060555>. [Online]
2. **Winther, Troels.** Quick Guide to Safety Management based on EN 50126. <http://en50126.blogspot.com/2008/07/velkommen.html>. [Online]
3. **Wikipedia.** ISO 9000. http://fi.wikipedia.org/wiki/ISO_9000. [Online]
4. **IEC.** International Electrotechnical Commission, ELECTROPEDIA. <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/index?openform&part=191>. [Online]
5. **Wikipedia.** IEC 61508. http://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61508. [Online]
6. **Safety Advisor Oy.** CSM esitys. [http://www.safetyadvisor.fi/Download/Common Safety Methods 20090102.pdf](http://www.safetyadvisor.fi/Download/Common%20Safety%20Methods%20090102.pdf). [Online]
7. **European Railway Agency.** Euroopan rautatieviraston kotisivu. <http://www.era.european.eu>. [Online]
8. **Turvallisuusvirasto, rautatieosasto.** Kotisivu. <http://www.rvi.fi>. [Online]
9. **Liikennevirasto, rautatieosasto.** Kotisivu. <http://www.rhk.fi>. [Online]
10. **Onnettomuustutkintakeskus.** <http://www.onnettomuustutkinta.fi>, Raideliikenne. [Online]
11. **NationMaster, Encyclopedia.** Swiss Cheese model. <http://www.statemaster.com/encyclopedia/Swiss-Cheese-model>. [Online]
12. **Safety Advisor Oy.** Home. <http://www.safetyadvisor.fi>. [Online]
13. **FINLEX.** Rautatievirasto, määräykset. <http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/499001/>. [Online]