Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisuja
76/2021

Rautateiden ERTMS/ETCS-järjestelmän kunnossapito

Esiselvitys

Sebastian Tapia Olguin, Jouni Lehmusto,
Toni Ahtiainen, Pekka Jäppinen

Rautateiden ERTMS/ETCS-järjestelmän kunnossapito

Esiselvitys

Väyläviraston julkaisuja 76/2021

Väylävirasto
Helsinki 2021

Kannen kuva: Jouni Lehmusto

Verkkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)
ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-927-1

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Sebastian Tapia Olguin, Jouni Lehmusto, Toni Ahtiainen, Pekka Jäppinen: Rautateiden ERTMS/ETCS-järjestelmän kunnossapito - Esiselvitys. Väyläviraston Helsinki 2021. Väyläviraston julkaisuja 76/2021. 46 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-927-1.

Avainsanat: ETCS, ERTMS, rautatiet, kunnossapito, digitaalisuus, FRMCS, kyberturvallisuus

Tiivistelmä

Tässä esiselvityksessä kartoitetaan Väyläviraston turvalaitekunnossapitoon kohdistuvia muutoksia siirryttäessä kohti eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän aikakautta. Tästä seurauksena on rataverkon digitaalisuuden lisääntyminen, millä on väistämättä vaikutusta myös turvalaitejärjestelmien kunnossapitoon. Raideliikennejärjestelmien digitalisoinnilla pyritään lisäämään rataverkon kapasiteettia sekä täsmällisyyden, toimintavarmuuden ja turvallisuuden tasoa. Tavoitteena on teknologialtaan modernit elinkaarihallinnan huomioivat kustannustehokkaat ratkaisut. Radiotiedonsiirtopohjainen ERTMS/ETCS-järjestelmä mahdollistaa jatkuvan digitaalisen keskitetyn seurannan kyseisille laitteille. Tämä vaikuttaa oleellisesti kunnossapitotoimintaan.

Eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä asettaa uusia vaatimuksia sekä haasteita kunnossapidolle ja sen organisoinnille. Yhtäältä digitaalinen ympäristö mahdollistaa entistä useamman toimijan tulemisen rautatiemarkkinoille ja kunnossapitoon myös rautatiemaailman ulkopuolelta. Toisaalta monimutkaistuva tekniikka korostaa sitä hallitsevien suurten laitetoimittajien asemaa ja voi johtaa laitetoimittajajohtoisiin palvelumalleihin. Digitalisaatio antaa mahdollisuuden laitteistojen kunnon reaaliaikaiseen seurantaan, mikä kunnossapidon korkeammilla tavoitetasoilla mahdollistaa nykyistä kehittyneemmät toimintatavat. Myös järjestelmien vikatilanteisiin liittyvän kunnossapidon eli viankorjauksen tehostumiselle ja nopeutumiselle on edellytykset vikatilanteista saatavan täsmällisemmän vikaindikoinnin kautta. Vikatietoja voidaan arvioida kunnossapidon analyysikeskuksissa.

Rautatiealalla tullaan siirtymään kohti digiaikaa. Ohjelmistoyritysten tarjoamana saadaan myös järjestelmäkunnossapidon huoltomarkkinoille digitaalisia ratkaisuja. On olennaisen tärkeää, että rautatieliikenteen harjoittajat päättävät, mitä digitaalinen kunnossapito merkitsee heille, tutkivat, miten se tuottaa eniten arvoa, ja luovat strategian tämän arvon hyödyntämiseksi tulevaisuuden kunnossapidossa.

Sebastian Tapia Olguin, Jouni Lehmusto, Toni Ahtiainen, Pekka Jäppinen: Underhållet av ERTMS/ETCS-systemet för järnvägar – Preliminär utredning. Trafikledsverket. Helsingfors 2021. Trafikledsverkets publikationer 76/2021. 46 sidor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-927-1.

Sammanfattning

Denna preliminära utredning kartlägger ändringarna i Trafikledsverkets underhåll av säkerhetsanordningar vid övergången till epoken med Europeiska trafikstyrningssystemet för tåg. Övergången leder till ökad digitalisering av bannätet, vilket oundvikligen påverkar också underhållet av säkerhetsanordningssystemen. Målet med digitaliseringen av spårtrafiksystemen är att öka bannätets kapacitet och nivån på punktligheten, driftsäkerheten och säkerheten. Målet är kostnadseffektiva lösningar med modern teknologi, vilka tar hänsyn till livscykelhanteringen. ERTMS/ETCS-systemet, som baserar sig på radiodataöverföring, möjliggör kontinuerlig digital centraliserad övervakning av dessa anordningar. Detta påverkar i väsentlig grad underhållsverksamheten.

Europeiska trafikstyrningssystemet för tåg medför nya krav och utmaningar för underhållet och organiseringen av det. Å ena sidan möjliggör den digitala miljön att fler operatörer kan komma in på järnvägs- och underhållsmarknaden, också från andra världar än järnvägsvärlden. Å andra sidan befäster den allt komplexare tekniken ställningen för de stora apparatleverantörer som bemästrar den, vilket kan leda till apparatleverantörsledda servicemodeller. Digitaliseringen möjliggör realtidsövervakning av utrustningens skick, vilket vid högre målnivåer för underhållet möjliggör mer avancerade förfaringssätt än för närvarande. Det finns också förutsättningar för effektivare och snabbare underhåll i anknytning till felsituationer i systemen, det vill säga felreparation, via den mer exakta felindikationen rörande felsituationer. Feluppgifter kan bedömas i analyscentralerna för underhållet.

I järnvägssektorn kommer man att övergå till den digitala tiden. Digitala lösningar för marknaden för systemunderhåll tillhandahålls också av mjukvaruföretagen. Det är av väsentlig vikt att operatörerna av järnvägstrafik beslutar vad digitalt underhåll innebär för dem, prövar hur de genererar mest värde och tar fram en strategi för att utnyttja detta värde i framtida underhåll.

Sebastian Tapia Olguin, Jouni Lehmusto, Toni Ahtiainen, Pekka Jäppinen: Maintenance of railway ERTMS/ETCS – Preliminary study . Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2021. Publications of the FTIA 76/2021. 46 pages. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-927-1.

Abstract

This preliminary study examines the changes targeting the safety equipment maintenance of the Finnish Transport Infrastructure Agency as we move towards the era of a European rail traffic management system. As a result, there will be an increase in the digitalisation of the network, which will inevitably also have an impact on the maintenance of safety equipment systems. The digitalisation of rail traffic systems aims to increase the capacity of the rail network as well as its the level of punctuality, operational reliability and safety. The target is to achieve cost-effective solutions that are modern in their technology and take lifecycle management into account. The systems based on radio data transmission, ERTMS/ ETCS, enable continuous, digital and centralised monitoring of system equipment. This has a significant impact on maintenance operations.

The European Rail Traffic Management System imposes new requirements and challenges for maintenance and its organisation. On the one hand, the digital environment will enable more operators to enter the railway market and maintenance, also from outside the railway world. On the other hand, the increasingly complex technology highlights the position of major equipment suppliers that are in command of such technology, and this can lead to supplier-led service models. Digitalisation enables real-time monitoring of the condition of equipment, which at higher target levels of maintenance enables more advanced operating methods. There are also preconditions for more effective and accelerated maintenance of systems with regard to fault situations, i.e. fault repair, through more accurate fault indicators generated in fault situations. Fault data can be assessed in maintenance analysis centres.

The railway sector will be moving towards the digital age. Software companies are innovating digital solutions for the system maintenance market as well. It is essential that railway operators decide what digital maintenance means to them, examine how it could generate the most value for them, and come up with a strategy to utilise this value in future maintenance operations.

Esipuhe

Tämän esiselvityksen tarkoituksena on arvioida eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän eli ERTMS-järjestelmän vaikutusta rautatieturvalaitejärjestelmien kunnossapitoon siirryttäessä nykyisestä junien kulunvalvontajärjestelmästä ERTMS-junakulunvalvontajärjestelmään. Esiselvityksen tavoitteena on tarkastella kunnossapitoon aiheutuvia muutospaineita ja mm. digitaalisten tukijärjestelmien tarjoamia mahdollisuuksia ja niiden avulla saatavia lisähyötyjä kunnossapitoprosessien optimoinnissa.

Esiselvityksen tekoon osallistuivat Sweco Infra & Rail Oy:n Sebastian Tapia Olguin, Jouni Lehmusto ja Toni Ahtiainen. Kyberturvallisuusosion kirjoitti Pekka Jäppinen Sweco Industry Oy:stä. Taustatietoa kunnossapidosta toimitti Markku Korhonen Ramboll CM Oy:stä ja Tomi Tikkanen Sweco Infra & Rail Oy:stä. Raportin esitarkasti Lassi Matikainen Sweco Infra & Rail Oy:stä. Väyläviraston työn tilaajana toimi Aki Härkönen.

Helsingissä joulukuussa 2021

Väylävirasto
Kunnossapito-osasto/Radanpidon keskitetyt tehtävät

Sisältö

MÄÄRITELMÄT 9

1 JOHDANTO 11
1.1 Digitalisointi 11
1.2 Tavoite 11

2 RAUTATIEJÄRJESTELMÄ 12
2.1 Rakenteelliset osajärjestelmät 12
2.2 Toiminnalliset osajärjestelmät 13
2.3 Nykyinen järjestelmä 14
2.4 Ratojen kunnossapidon nykyinen työnjako 14
2.5 Ratakunnossapidon osa-alueet 15
2.6 Kunnossapito 15
2.6.1 Huolto 16
2.6.2 Vasteajat 16
2.6.3 Viankorjausprosessi 17
2.6.4 Materiaalitilaus 18
2.6.5 Laitetoimittajien varaosien vaihtopalvelut 18
2.6.6 Materiaaliennustus 18
2.6.7 Varastointi 18
2.6.8 Varautuminen 18
2.7 ERTMS-järjestelmä 19

3 ERTMS-KUNNOSSAPITO 21
3.1 ERTMS-kunnossapitoon varautuminen 21
3.2 Huollettavat laitteet ja muutokset 21
3.2.1 Asetinlaite 21
3.2.2 Raidevirtapiirit 22
3.2.3 Akselinlaskenta 22
3.2.4 Tasoristeysten varoituslaitokset 22
3.2.5 Vaihteet ja niihin liittyvät laitteet 22
3.2.6 Paikallisluvat ja avainsalpalaitteet 22
3.2.7 Virransyötöt ja varasähkölaitteet 22
3.2.8 Baliisituotteet 22
3.2.9 Tapahtumatallennin 23
3.2.10 Radiosuojastuskeskus 23
3.2.11 Radioverkkotekniikat 23
3.2.12 Radioyhteyslaitteet 23
3.2.13 Radioverkko 24
3.2.14 Tukiasemat ja radiomastot 24
3.2.15 Radanvarren ETCS-merkit 24

4 DIGITAALISEN KUNNOSSAPIDON MALLI 25
4.1 Digitaalinen ylläpito 25
4.2 Digitaalinen huoltojärjestelmä 26
4.3 Kunnossapidon tavoitetilat 26

5 TAVOITETILAT 28
5.1 Kuntoon perustuva kunnossapito 28
5.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito 29

5.3 Ennustava kunnossapito ... 30
5.4 Ohjaava kunnossapito ... 30

6 HUOLTOSUUNNITTELU ... 32
6.1 Pilvipalvelut ... 32
6.2 Koulutustarpeet ... 33

7 ENNAKOIDUT MUUTOKSET ... 34
7.1 Kolmannen osapuolen tarjoamat huoltotuotteet ... 34
7.2 Etäkunnonvalvontajärjestelmät ... 34
7.3 Kuituoptiikka ja anturitekniikka ... 35
7.4 Kaksitoiminen baliisi ... 35
7.5 Älykäs kunnossapito ... 35
7.6 Tietoon pohjautuva kunnossapitopalvelu ... 36
7.7 IoT-arkkitehtuuri ... 37
7.8 Mobiilivalvonta ... 37
7.9 Palvelupiste ... 37
7.9.1 Hallinta- ja valvontapalvelu ... 37
7.9.2 Elinkaaripalvelu ... 38

8 LAITETOIMITTAJALTA OSTETTAVA PALVELU ... 39
8.1 Laitetoimittajan kasvava rooli ... 39
8.2 Laitetoimittajan palvelupaketti ... 39

9 RAIDELIIKENTEEN KYBERTURVALLISUUS ... 40
9.1 Kyberturvallisuusuhkien riskiarviointi ... 40
9.2 Kyberturvallisuus raideliikennelaissa ... 41
9.3 Kyberturvallisuuden hallinta ... 41
9.4 Kyberturvallisuus kunnossapidossa ... 42

10 JATKOTOIMET ... 44

LÄHDELUETTELO ... 45

Määritelmät

ERTMS (engl. European Rail Traffic Management System): Eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä.

ETCS (engl. European Train Control System): Eurooppalainen junien kulunvalvontajärjestelmä.

RBC (engl. Radio Block Centre): Radiosuojastuskeskus.

FRMCS (engl. Future Railway Mobile Communication System): Tulevaisuuden radioverkko rautatiekäyttöön.

GSM-R (engl. Global System for Mobile Communications for Railways): Eurooppalainen digitaalinen GSM-pohjainen matkaviestinjärjestelmä, jossa on erityisesti rautatiekäyttöön kehitettyjä ominaisuuksia.

TETRA (engl. Terrestrial Trunked Radio): Digitaalinen radioverkkotekniikka, eurooppalainen digitaalisen yhteiskäyttöisen radioverkon standardi.

VIRVE: TETRA-standardiin perustuva viranomaisradioverkko.

Eurobaliisi: ETCS-junakulunvalvonnan baliisi.

EuroLoop: Eurobaliisia täydentävä järjestelmä, joka mahdollistaa tiedon jatkuvan siirtämisen ratalaitteilta veturilaitteelle.

JKV ATP-VR/RHK: Suomessa käytetty junien kulunvalvontajärjestelmä.

Baliisi: Junien kulunvalvontajärjestelmän komponentti.

IoT (engl. Internet of Things): Järjestelmien, palvelujen ja ohjelmistojen yhteen liityntä Internetin avulla.

IIoT (engl. Industrial Internet of Things): Teollinen esineiden internet.

IOMC (engl. Integrated Operations and Maintenance Center): Integroitu käyttö- ja huoltokeskus.

ICT (engl. Information and Communication Technology): Tieto- ja viestintätekniikka.

Radio Infill: Radioteitse lähetettävä ennakkotieto seuraavan opasteen tilasta.

FOAS (engl. Fibre Optic Acoustic Sensing): Kuituoptiikkaan perustuva värähtelyn tunnistusmenetelmä.

DAS (engl. Distributed Acoustic Sensing): Värähtelyn tunnistusmenetelmä.

Airgap: Kahden järjestelmän välinen ilmavälirajapinta.

Moving Block: ETCS-tason 3 mahdollistama suojastusjärjestelmä, joka perustuu reaaliajassa tietokoneen määrittämiin dynaamisiin suojaväleihin.

TSR (engl. Temporary Speed Restriction): ETCS-radalle asetettava tilapäinen nopeusrajoitus.

RATKO: Ratainfratiedon tietovarasto (osa ratainfratiedon hallintajärjestelmää).

RAIKU: Kunnossapito (osa ratainfratiedon hallintajärjestelmää).

RYHTI: Ylläpidon ohjelmointi (osa ratainfratiedon hallintajärjestelmää).

POHA: Väyläviraston rautateiden poikkeamien hallintajärjestelmä.

REM: Väyläviraston rautatie-erityiset materiaalit.

LOKE: NRC Group Finland Oy:n materiaalilogistiikkakeskus.

VIVO: Viraston varaosien valtakunnallinen hallintajärjestelmä.

ERP (engl. Enterprise Resource Planning): Yleisnimike toiminnanohjausjärjestelmälle.

GDPR (engl. General Data Protection Regulation): EU:n tietosuoja-asetus.

ERRAC (engl. European Rail Research Advisory Council): Euroopan rautatietutkimuksen neuvoa-antava toimikunta.

ENISA (engl. European Union Agency for Cybersecurity): Euroopan unionin verkko- ja tietoturvavirasto.

NIST (engl. National Institute of Standardisation): Yhdysvaltojen kansallinen standardointi-instituutti.

1 Johdanto

1.1 Digitalisointi

Euroopassa laajasti käynnissä oleva raideliikennejärjestelmien digitalisointi tähtää raideliikenteen kilpailukyvyn ja houkuttelevuuden parantamiseen. Tavoitteisiin kuuluvat mm. liikenteen kapasiteetin, täsmällisyyden, toimintavarmuuden ja turvallisuuden lisääminen. Tavoitteena on teknologialtaan modernit, elinkaarihallinnan huomioivat ja kustannustehokkaat ratkaisut. Näihin tavoitteisiin pyrkii myös meillä käynnissä oleva DIGIRATA-hanke, jonka tarkoituksena on tutkia ja kehittää Suomeen soveltuvan tulevaisuuden junakulunvalvonnan toteutusta.

Hankkeessa on lähdetty laaja-alaisesti tutkimaan uutta eurooppalaista liikenteenohjauksen ja junakulunvalvonnan järjestelmää. Tavoitteena tällä hetkellä on radiotiedonsiirtopohjainen ERTMS-järjestelmä. Radiopohjainen kulunvalvontajärjestelmä vaikuttaa huomattavassa määrin järjestelmässä tarvittavaan ratalaiteinfrastruktuuriin. Uusina ratainfrastruktuurin laitteina tulevat asetinlaitteisiin liitettävät radiosuojastuskeskukset sekä koko rataverkon kattava dataradioverkko, ja näkyvät opastimet pitkälti poistuvat tarpeettomina.

Tulevaisuuden uusi järjestelmä asettaa aivan uusia vaatimuksia ja haasteita turvalaitejärjestelmän kunnossapidolle. Tämä tulee muuttamaan ratalaitteiden kunnossapidon rajoja ja vastuita. Uusi radiotiedonsiirtoon perustuva järjestelmä saattaa tuoda myös uusia toimijoita turvalaitteiden kunnossapitoon. Digitalisaatio antaa myös mahdollisuuden laitteistojen kunnon reaaliaikaiseen seurantaan, jolloin ennakoivaa kunnossapitoa voidaan toteuttaa nykyistä tehokkaammin. Samoin järjestelmien vikatilanteisiin liittyvä kunnossapito eli viankorjaus tulee tehostumaan ja todennäköisesti nopeutumaan vikatilanteista saatavan täsmällisemmän vikaindikoinnin vuoksi.

1.2 Tavoite

Tämän esiselvitystyön tavoitteena on hahmotella Suomessa käyttöönotettavaan radiopohjaiseen ERTMS/ETCS-järjestelmään liittyvät ratalaitekunnossapidon pääperiaatteet.

Aluksi luodaan lyhyt katsaus kunnossapidon nykytilanteeseen ja sen organisointiin. Sen jälkeen tarkastellaan radiopohjaiseen ERTMS/ETCS-järjestelmään liittyvää ratalaitekokonaisuutta ja mahdollisia tulevaisuuden tekniikoita kunnossapitoon liittyen. Työssä kartoitetaan myös uudet ratalaitteiden diagnostiikkamahdollisuudet.

Tässä esiselvityksessä on mukana myös katsaus kunnossapitoon liittyviin kyberturvallisuuskysymyksiin ja sen mukana tuleviin täysin uusiin haasteisiin. Kyberturvallisuus tulee olemaan tärkeä osa-alue siirryttäessä kohti digitaalisempaa ratainfrastruktuuria. Digitaalisuuden lisääntyminen tulee vaikuttamaan suurelta osin myös kunnossapitoon, ja sen johdosta on otettava huomioon kyberturvallisuuden riskit huoltotoiminnoissa ja huoltoon käytettävissä järjestelmissä.

2 Rautatiejärjestelmä

Euroopan unionin ja Suomen Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin säädösten mukaan nykyinen rautatiejärjestelmä perustuu seuraaviin perusosiin: rautatiejärjestelmän rakenteelliseen osajärjestelmään ja toiminnalliseen osajärjestelmään.

2.1 Rakenteelliset osajärjestelmät

Eurooppalaisen rautatiejärjestelmän yhteentoimivuuden näkökulmasta rautatiejärjestelmän rakenteellisia osajärjestelmiä ovat infrastruktuuri, energia, ratalaitteiden ohjaus, hallinta ja merkinanto sekä veturilaitteiden ohjaus, hallinta ja merkinanto ja lisäksi liikkuva kalusto /11/. Osajärjestelmät on esitetty Kuvassa 1.

Infrastruktuuri: raiteet, vaihteet, tasoristeykset, tekniset rakenteet (sillat, tunnelit jne.) asemien rautatieliikennettä palvelevat osat (mukaan luettuna sisäänkäynnit, laiturit, kulkuyhteydet, palvelupisteet, käymälät ja tietojärjestelmät ja niiden esteettömyys vammaisten ja liikkumisesteisten henkilöiden kannalta) sekä turva- ja suojalaitteet /24/.

Energia: sähköistysjärjestelmä, mukaan lukien ilmajohdot sekä sähkönkulutuksen mittaus- ja hinnoittelujärjestelmän ratalaitteisto /24/.

Ratalaitteiden ohjaus, hallinta ja merkinanto: kaikki ratalaitteet, joita tarvitaan varmistamaan verkolla luvallisesti liikkuvien junien turvallisuus, ohjaus ja valvonta /24/.

Veturilaitteiden ohjaus, hallinta ja merkinanto: Kaikki veturilaitteet, joita tarvitaan varmistamaan verkolla luvallisesti liikkuvien junien turvallisuus, ohjaus ja valvonta /24/.

Liikkuva kalusto: Rakenteet, junien kaikkien laitteiden ohjaus- ja valvontajärjestelmä, virranottolaitteet, vetolaitteet, energian muuntolaitteet, kalustoyksikköön sijoitettu sähkönkulutuksen mittaus- ja hinnoittelulaitteet, jarrulaitteet, kytkinlaitteet, pyörästölaitteet (telit, akselit) ja jousitus, ovet, ihmisen ja koneen väliset rajapinnat (kuljettaja, junahenkilökunta, matkustajat, mukaan lukien vammaisten ja liikkumisesteisten henkilöiden esteettömän pääsyn edellytykset), passiiviset ja aktiiviset turvalaitteet sekä matkustajien ja junahenkilökunnan terveyttä turvaavat laitteet /24/.

Kuva 1. Rakenteelliset osajärjestelmät.

2.2 Toiminnalliset osajärjestelmät

Eurooppalaisen rautatiejärjestelmän yhteentoimivuuden näkökulmasta rautatiejärjestelmän toiminnallisia osajärjestelmiä ovat käyttötoiminta- ja liikenteen hallinta-osajärjestelmä, kunnossapito sekä henkilö- ja tavaraliikenteen telemaattiset sovellukset /11/. Osajärjestelmät on esitetty Kuvassa 2.

Valtioneuvoston asetuksen mukaan käyttötoiminta ja liikenteen hallinta: menettelyt ja niihin liittyvät laitteet, joiden avulla voidaan varmistaa eri rakenteellisten osajärjestelmien yhdenmukainen käyttö sekä niiden tavanomaisen toiminnan että vajaatoiminnan aikana, mukaan lukien erityisesti junan kokoonpano ja junien ajaminen sekä liikenteen suunnittelu ja hallinta. Minkä tahansa rautatieliikennepalvelun suorittamisen edellyttämä ammatillinen kelpoisuus /24/.

Valtioneuvoston asetuksen mukaan kunnossapito: Menettelyt, niihin liittyvät välineet, kunnossapitotyön logistiset laitteistot sekä varastot, jotka mahdollistavat pakollisten korjaavien ja ennalta ehkäisevien kunnossapitotoimien suorittamisen unionin rautatiejärjestelmän yhteentoimivuuden varmistamiseksi ja tarvittavan suorituskyvyn takaamiseksi /24/.

Valtioneuvoston asetuksen mukaan telemaattiset sovellukset osajärjestelmä koostuu kahdesta osasta:

a) henkilöliikenteen sovellukset, mukaan lukien järjestelmät matkustajille tiedottamiseksi ennen matkaa ja sen aikana, varausjärjestelmät, maksujärjestelmät, matkatavaroiden käsittely sekä yhteyksien järjestäminen junien välillä ja muiden liikennemuotojen kanssa /24/.

b) tavaraliikenteen sovellukset, mukaan lukien tiedotusjärjestelmät (tavaroiden ja junien ajantasainen seuranta), lajittelu- ja jakelujärjestelmät, varaus-, maksu ja laskutusjärjestelmät, yhteyksien järjestäminen muiden liikennemuotojen kanssa ja saateasiakirjojen tuottaminen sähköisessä muodossa /24/.

Kuva 2. Toiminnalliset osajärjestelmät.

Luotettavuus ja käyttökunto

Junien liikkumiseen liittyvien kiinteiden tai liikkuvien komponenttien seuranta ja kunnossapito on järjestettävä ja toteutettava sekä niiden laajuus määritettävä siten, että ne pysyvät toimintakuntoisina tarkoitetuissa olosuhteissa /11/.

2.3 Nykyinen järjestelmä

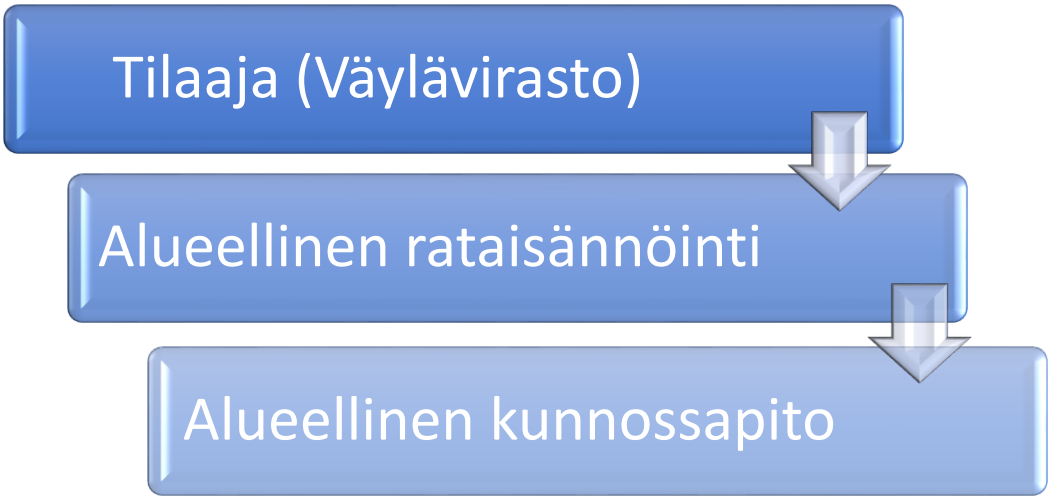
Nykyinen ohjausjärjestelmä perustuu näkyviin opasteisiin sekä yksiköiden sijainnin määrittämiseen joko raidevirtapiireillä tai akselinlaskennalla. Näkyviä opasteita ohjataan pääsääntöisesti kauko-ohjausjärjestelmällä asetinlaitteen kautta, joka viime kädessä vastaa toiminnan turvallisuudesta.

Asetinlaitteelta kaapeloidaan opastimelle ohjausvirtapiirit, ja radan varrella oleviin kojuihin viedään muut tarvittavat asetinlaitetiedot kaapeliyhteyksillä. Akselinlaskenta- ja raidevirtapiiritiedot todentavat yksikön sijainnin ja kulkusuunnan. Rataan asennetut ohjatut baliisit kaapeloidaan kojuissa oleville koodaimille. Baliisit välittävät informaatiota opasteista, nopeusrajoituksista ja radan geometriasta veturin ajotietokoneelle.

2.4 Ratojen kunnossapidon nykyinen työnjako

Väyläviraston aluetoiminta jakautuu Etelä-, Itä-, Länsi- ja Pohjois-Suomen alueille. Jokaiselle alueelle on nimetty rataisännöitsijät. Rataverkon kunnossapitoalueita on tällä hetkellä 12 kappaletta. Rataisännöitsijöiden toimenkuvaan kuuluvat kunnossapitotöiden ja rakentamistöiden valvominen, rataverkon hallintaan liittyvät lupa-asiat, sijoitussopimusten valmistelu, maankäyttöasiat sekä töiden kilpailutusten valmisteleminen.

Rataverkon hallinnasta, kunnossapidosta ja rakentamisesta vastaavat aluepäälliköt. Väyläviraston kiinteistöjen sekä maa-alueiden sopimuksista vastaavat muut virkamiehet. Alueellinen liikennesuunnittelu kuuluu aluetoimintaan. Liikennesuunnittelun tehtäviin kuuluu muun muassa alueellinen rataverkon hallinta, esimerkiksi myönnetyn ratakapasiteetin ja ratatöiden yhteensovittaminen.



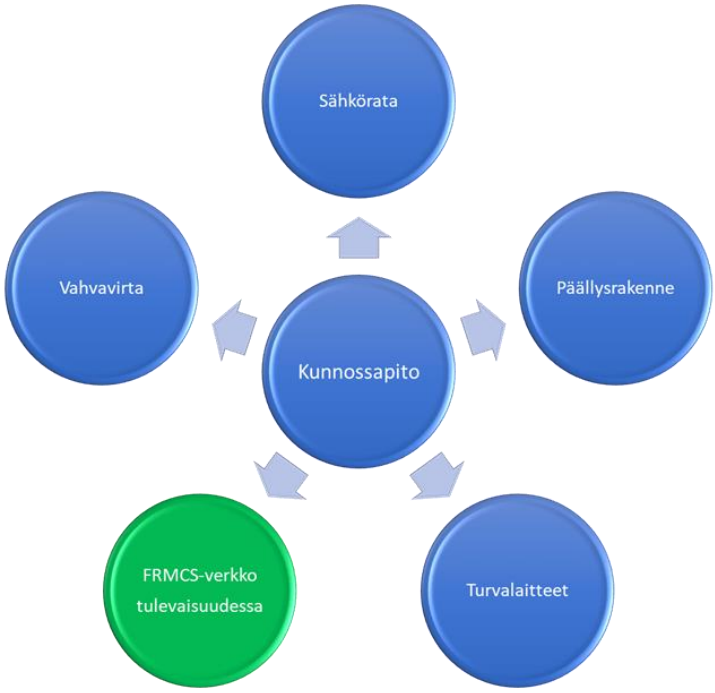
Kuva 3. Kunnossapidon hallinnointi.

Kunnossapitosopimukset

Väylävirastolla on kunnossapitoon liittyen kaksi voimassa olevaa sopimusta: toinen tehtynä kunnossapidon ja toinen rataisännöinnin kanssa. Kunnossapitoyritys vastaa Väylävirastolle alueellisesta kunnossapidosta, jota rataisännöinti alueellisesti valvoo /11/.

2.5 Ratakunnossapidon osa-alueet

Ratakunnossapito kostuu nykyisellään viidestä pää osa-alueesta. Tulevaisuudessa ERTMS/ETCS-järjestelmän myötä uusille osa-alueille voi nousta tarve, ja nämä on huomioitava ratakunnossapidossa. Osa-alueet on esitetty alla olevassa Kuvassa 4.



Kuva 4. Kunnossapidon osa-alueet.

2.6 Kunnossapito

Alueellisten kunnossapitosopimuksien kestot ja sisällöt vaihtelevat alueellisten tarpeiden mukaan. Esimerkiksi Itä-Suomen alueella on käytössä tällä hetkellä malliltaan viisivuotinen sopimus sisältäen kahden vuoden option.

Sopimuksen tyypillä on suuri merkitys kunnossapito-organisaation sitouttamiseen alueelliseen toimintaan. Tällä hetkellä radan ja turvalaitteiden kunnossapidon sopimukset on yhdistetty.

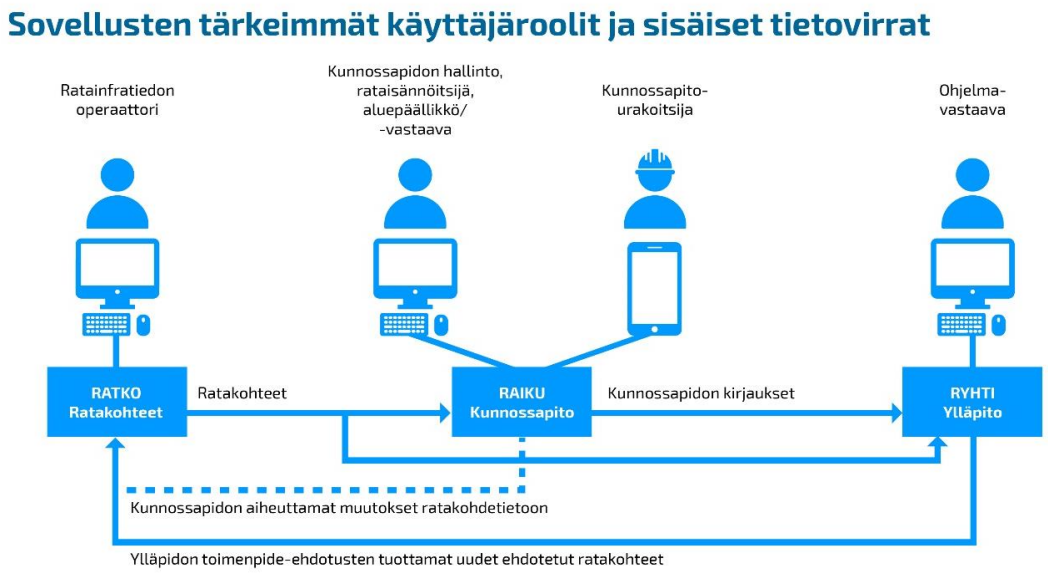
Rataisännöitsijät laativat aluekuvauksen kilpailutusta varten. Aluekuvauksista on selvittävä vähintään seuraavat asiat: laitekanta, kuka on toiminut alueella laitetoimittajana, kuinka paljon alueella on laitteita ja elementtejä, laitetyypit, varaosien saatavuus, alueen tyypilliset vikamäärät sekä mitä hankkeita on tiedossa jne. On-

nistuneen tarjouskilpailutuksen jälkeen valitaan kunnossapitoalueelle toimija. Valinta suoritetaan hinta- ja laatuperustein. Kilpailutus koskee olemassa olevaa tai tulevaa laitekantaa.

Rataverkolla toimii eri alueiden kunnossapito-organisaatioita: mm. sähkölaitteiden, tietoliikennelaitteiden ja useita pienempiä kunnossapidon toimijoita, jotka ovat erikoistuneet esimerkiksi VIRVE-verkon kunnossapitoon.

On olemassa myös tilanteita, joissa laitetoimittaja vastaa kunnossapidosta ja huollosta erityisesti toimittamansa järjestelmän alkuaikoina.

Väylän kehittämillä rataverkon kunnossapito- ja ylläpitojärjestelmillä pyritään helpottamaan ja edistämään kunnossapitotoimien ajoittamista. Raportointi- ja mobiilisovellukset kuten ratakohteiden hallintasovellus RATKO, kunnossapidon sovellus RAIKU ja ylläpidon ohjelmointisovellus RYHTI ovat käytössä usealla kunnossapitotoimijalla. Sovellusten on ollut tarkoitus helpottaa kunnossapidon suunnittelua ja kerätä dataa hallitusti ennalta määrättyihin tietopankkeihin.



Kuva 5. Väylän rataverkon kunnossapito- ja ylläpitojärjestelmät (Lähde: https://vayla.fi/-/uusilla-raportointisovelluksilla-mullistetaan-rataverkon-kunnossapito).

2.6.1 Huolto

Väyläviraston järjestelmien kunnossapidossa on noudatettava Rautatieturvalaitteiden yleisiä kunnossapito-ohjeita (Väyläviraston ohje 53/2020). Laitetoimittajan huolto-ohjeet on toimitettu alueellisille kunnossapidon edustajille, ja ohjeet ovat saatavilla Väyläviraston Extranet-palvelusta.

2.6.2 Vasteajat

Digitalisoinnilla pyritään ratakapasiteetin tehostamiseen, mikä puolestaan asettaa vikatilanteissa kunnossapidon vasteajoille entistä suurempia vaatimuksia. Vasteajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu viankorjauksen loppuunsaattamiseen siitä hetkestä, kun vian havaitsemisen jälkeen kunnossapitäjä on vikapaikalla. Kunnossapidon vasteajoilla on suuri merkitys korjaavassa kunnossapidossa. Korjaavan

kunnossapidon tarpeen ilmetessä on toimintamalli oltava selkeä ja etukäteen tiedossa.

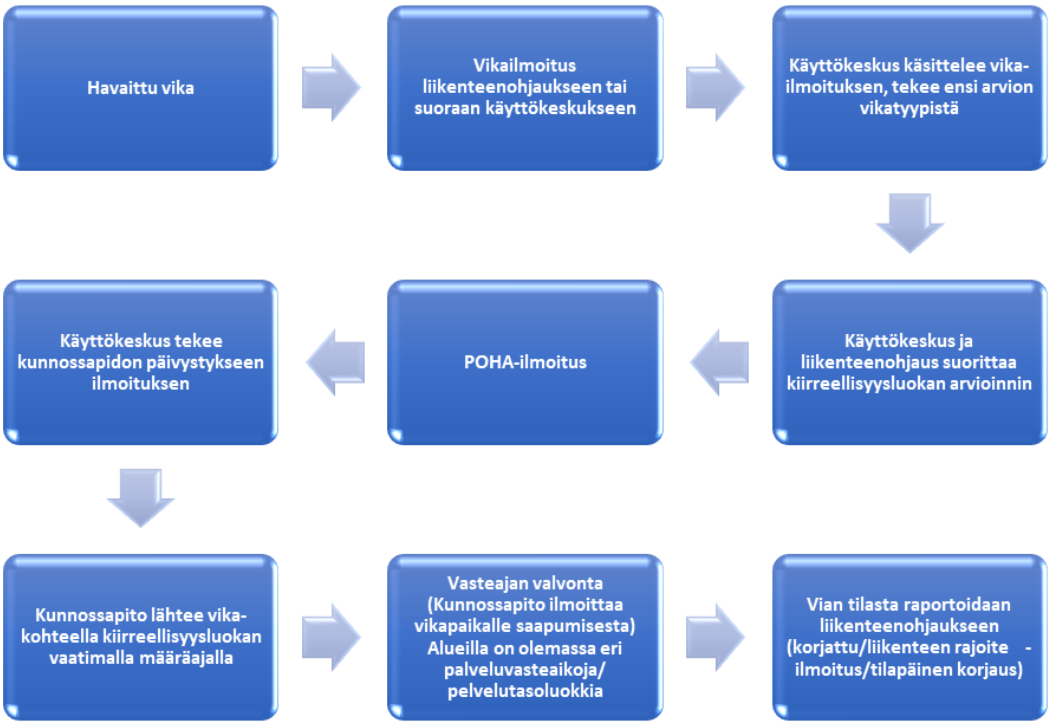
Kunnossapidon vasteajat sovitaan radanpitäjän ja kunnossapitäjän välisessä kunnossapitosopimuksessa. Samantyyppisiin vikoihin määritelty vasteaika saattaa olla erisuuruinen eri rataosille määriteltyjen kunnossapitotasojen ja palvelutasojen vuoksi. Tason määräytymisessä otetaan huomioon liikenteen määrä ja laatu, rataosan liikenteellinen merkitys, alueen laajuus ja sijainti sekä joukko muita rataosakohtaisia seikkoja kuten päällysrakenne ja maksiminopeus. Kunnossapitotasoja on valtion rataverkolle määritelty kahdeksan.

Viankorjauksen vasteaikojen minimoiminen oikeanlaisilla toimenpiteillä on erityisen tärkeää radiopohjaisen ERTMS/ETCS-järjestelmän tiedonsiirtovikojen osalta, koska häiriöt tiedonsiirrossa vaikuttavat välittömästi liikenteen sujuvuuteen ja kapasiteettiin.

Radiopohjaisen ERTMS/ETCS-järjestelmän kunnossapidon vasteaikoja määritettäessä voitaneen osittain käyttää nykyisissä kunnossapitosopimuksissa olevia JKV-kulunvalvontaan määriteltyjä ratalaitteiden kunnossapidon vasteaikoja. Uutena komponenttina tulevan FRMCS-dataradioverkon radiotiedonsiirron ja radiosuojastuskeskusten viankorjauksen vasteaikoja määritettäessä tulee huomioida liikenteelliset tarpeet alueellisesti.

2.6.3 Viankorjausprosessi

Prosessiketjuun ja sen laadunhallintaan kuuluvat vikaantumisten estäminen, varsinainen viankorjaus ja prosessin jatkuva parantaminen. Viankorjausprosessi on esitetty alla Kuvassa 6.



Kuva 6. Viankorjausprosessin kuvaus.

2.6.4 Materiaalitilaus

Kunnossapidon materiaalihallintaa suoritetaan rautatie-erityisten materiaalien (REM) hankinnalla ja toimituksella Tampereen materiaalilogistiikkakeskuksen kautta (LOKE). Materiaalien varastointia hallinnoi nykyisellään monivuotisella palvelusopimuksella NRC Group Finland Oy, jolta Väylävirasto ostaa palvelun. Rautatiemateriaalikeskuksen materiaalivarastot ovat nykyisellään Väyläviraston omistuksessa. Keskusten kautta materiaalit toimitetaan tilauksista ja tarpeista riippuen kunnossapitäjien ja urakoitsijoiden työmaille.

Materiaaleja seurataan kunnossapitäjien tilausnumeroilla, joita kunnossapito käyttää tilauksien yhteydessä. Kunnossapitäjillä on käytössä varastoja ympäri Suomea. Varastojen saldot pyritään pitämään vakiotasolla, mikä tarkoittaa käytännössä, että korjaus- ja kunnossapitotöihin tilatun tuotteen tilalle tilataan LOKEsta vastaava tuote tilalle mahdollisimman nopeasti. Materiaaleja tilataan ennakkoon tulevia kunnossapitotöitä ja -projekteja varten.

2.6.5 Laitetoimittajien varaosien vaihtopalvelut

Kriittisten järjestelmien varaosilla on yleensä laitetoimittajan ylläpitämä varaosien vaihtopalvelu. Viankorjauksen yhteydessä käytöstä poistettu viallinen komponentti tai laite toimitetaan takaisin laitetoimittajalle, ja tilalle saadaan uusi tai korjattu komponentti tai laite, tilanteesta riippuen joko hyvinkin pian tai viiveellä. Laitetoimittajien tukipalvelusopimuksiin sisältyy varaosien vaihtopalvelun lisäksi yleensä myös muita palveluja kuten laitetoimittajan puhelintuki viankorjaukseen.

2.6.6 Materiaaliennustus

Seuraavan vuoden materiaalitarvetta koskevat ennusteet annetaan alueellisesti vuosittain loppuvuonna. Yksittäisillä projekteilla on mahdollisuus tarvittaessa tilata ennakkoon REM-materiaalikeskukseen projektiin tarvittavia tuotteita.

2.6.7 Varastointi

Tuotteiden varastointi on lähtökohtaisesti alueellista, ja paikallista varastoa täydennetään tarpeen mukaan valtakunnallisesta materiaalivarastosta. Kunnossapitoalueella voi olla useampia eri toimijoita, joilla on omat ylläpidettävät varastonsa. Kunnossapidon kannalta tuotteiden varastointi tulee perustua käyttövarmuuteen. Tärkeää on, että varastoinnista vastaavalla organisaatiotasolla olisi käytössä työkalu, joka dataan perustuen määrittäisi varaosien kriittisyystason. Varastoitavien varaosien luokittelun ABC- ja vika-vaikutusanalyysiä hyödyntämällä voidaan siten arvioida komponenttien kriittisyyttä ja menekkiä.

Varastoinnissa on myös huomioitava tuotteiden mahdolliset saatavuusongelmat ja toimitusajat. Varastoissa olevien materiaalien toimintavarmuutta pystytään hallinnoimaan, kun varastossa oleva materiaalia kierrätetään käytössä sille määritellyin aikavälein.

2.6.8 Varautuminen

Kunnossapidon varautumisessa on huolehdittava varaosien, osaamisen ja henkilöstön riittävyydestä. Varaosien riittävyyttä ja saldoja seurataan Väyläviraston valtakunnallisen rautatieturvalaitteiden varaosahallintajärjestelmän VIVOn avulla.

Järjestelmästä ilmenee tuotteiden määrät kunnossapitoalueittain ja varastopaikoittain.

Henkilöstömäärän tarvetta määritellään sopimuksia kilpailutettaessa. Yleensä määritellään minimiresurssit henkilöstön riittävyyden varmistamiseksi erikseen rata- ja turvalaitepuolelle. Kunnossapitoyritykset itse varmistavat henkilöstönsä riittävän osaamisen ja pätevyyksien ylläpidon, joita Väylävirasto säännöllisesti valvoo. Alueelliset ja valtakunnalliset valmiussuunnitelmat määrittävät yleisen linjauksen varautumisen tasolle.

2.7 ERTMS-järjestelmä

Rautateille kehitetty eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (ERTMS) koostuu kahdesta järjestelmästä: eurooppalaisesta junien kulunvalvontajärjestelmästä (ETCS) ja rautateille suunnitellusta radioverkosta.

Eurooppalaisen junakulunvalvontajärjestelmän avulla voidaan välittää veturinkuljettajalle tietoja kullakin hetkellä sallitusta nopeudesta ja valvoa jatkuvasti, että sallittua nopeutta ei ylitetä. Lisäksi pystytään välittämään tietoa esimerkiksi radan vapaana olosta ja opastintiedoista.

ERTMS muuttaa nykytekniikkaa siltä osin, että näkyvät opastimet eivät enää ole pakollisia opasteiden antoon. Ajoluvan anto veturinkuljettajan näyttöpaneeliin tapahtuu radiosuojastuskeskuksen kautta GSM-R-radioyhteydellä. Radiopohjaisessa ERTMS/ETCS-järjestelmässä myös ratalaitteet kokevat muutoksen, kun nykyisessä junien kulunvalvontajärjestelmässä tarvittavat koodaimet jäävät pois. Eurobaliisien toimintaa ei radiopohjaisessa ERTMS/ETCS-järjestelmässä ohjata kaapeleiden kautta. Tämä johtaa kaapeloinnin vähentyneeseen tarpeeseen ja kaapelivioista johtuvien häiriöiden vähenemiseen. Haittapuolena voi järjestelmien monimutkaistuessa ilmetä, että myös huollon ja kunnossapidon osaamisen tarve lisääntyvät.

ERTMS/ETCS-järjestelmän kehittämisen lisäksi EU:ssa valmistellaan myös rautatiekäyttöön kehitetyn radioverkkojärjestelmän GSM-R:n korvaamista uudella tulevaisuuden radioverkkojärjestelmällä (FRMCS), joka tulee pohjautumaan 5G-tekniikaan. 5G-verkko mahdollistaa suuremman määrän yhtäaikaisia yhteyksiä yhden radiosuojastuskeskuksen (RBC) hallinnoimalla alueella. Pohdinnassa on vielä esimerkiksi, voidaanko viestintä hoitaa kaupallisen 5G-verkon kautta, vai edellytetäänkö rautatiekäyttöön rakennetun erillisen verkon ja rautatiekäyttöön varatun taajuusalueen käyttöä. Harvaan asuttuna maana Suomi kannattaa kaupallisen verkon käyttöä. Suomessa nykyisin käytettävä rautateiden viestintäjärjestelmä perustuu TETRA-teknologiaan ja viranomaiskäytössä olevaan digitaaliseen puheradioverkkoon (VIRVE).

ERTMS-tasot

ERTMS-järjestelmä koostuu kahdesta pääkomponentista, GSM-R-radiojärjestelmästä (tulevaisuudessa FRMCS-radiojärjestelmästä) ja ETCS-junakulunvalvontajärjestelmästä. GSM-R mahdollistaa kuljettajan ja liikenteen hallintakeskuksen välisen viestinnän radioverkkoa hyödyntäen, ja automaattinen ohjausjärjestelmä ohjeistaa kuljettajaa radan nopeusrajoituksista kuljettajapaneelin näytön avulla.

ERTMS/ETCS-järjestelmässä on nykyisen luokituksen mukaan valittavissa kolme tasoa: tasot 1, 2 ja 3, joista tasot 2 ja 3 ovat radiopohjaisia. Tason valintaan vaikuttaa vaadittu ratakapasiteetin tarve sekä radan kunnossapidollinen vaatimustaso.

ERTMS/ETCS-taso 1 on suunniteltu radoille, jotka on varustettu näkyvillä opastimilla ja raiteen vapaanaolon ilmaisimilla. Baliisit asennetaan opastimien kohdalle valvontatiedon välittämiseksi veturille. Baliiseista saatuja tietoja käytetään enimmäisnopeuden laskemiseen veturin ETCS-laitteiden avulla sekä määrittämään tarvittavat jarrutuskäyrät. Tiedon välitykseen voidaan Eurobaliisien lisäksi käyttää silmukoilla EuroLoop-toteutusta tai radiopohjaista ratkaisua, joilla osittainen jatkuva tiedonsiirto saadaan tehtyä tasolla 1. Tasolla 1 vaaditaan baliisien ohjaukseen koodaimet, jotka voivat olla nykyisen JKV:n tapaan ulkolaitekaappeihin sijoitettuja tai keskitetty asetinlaitetilaan.

ERTMS/ETCS-taso 2 ei vaadi näkyviä opastimia. Tiedonsiirto tapahtuu suoraan radiosuojastuskeskuksesta junayksikköön GSM-R:n avulla. Tason 2 jatkuva viestintäjärjestelmä sallii junan saavuttaa optimaalisen tai suurimman sallitun nopeutensa ja pitää samalla yllä turvallista jarrutusmatkaa. Nykytilaan verrattuna ERTMS/ETCS-taso 2 yleensä lisää rataverkon kapasiteettia, tasoristeys- ja henkilöturvallisuutta sekä rautatieliikenteen automaatiota. Taso 2 mahdollistaa myös junan sijainnin nykyistä tarkemman seurannan rataverkolla.

ERTMS/ETCS-taso 3, joka on edelleen kehitysvaiheessa, mahdollistaa muuttuviin suojaväleihin perustuvan suojastuksen (engl. Moving Block). Taso 3 vaatii junilta erityislaitteiden käyttöä mm. junan eheyden valvontatiedon toimittamiseksi jatkuvasti ohjauskeskukselle. Satelliittipaikannus on yksi erityistekniikoista, jota harkitaan käytettäväksi tasolla 3 junan sijaintitiedon välittämiseksi.

ERTMS/ETCS-järjestelmä on suunniteltu olemaan joustava tasoilta toiselle siirtymisen suhteen. Yhteentoimivuus on järjestelmän tärkein ominaisuus, jotta kaikki järjestelmässä liikkuvat junat voivat toimia eri rataosilla ja eri laitetoimittajien veturi- ja ratalaitteilla ilman ongelmia. Yhteentoimivuudella taataan myös valtioiden rajojen ylittävän liikennöinnin sujuvuus.

3 ERTMS-kunnossapito

ERTMS-kunnossapidossa suuri muutos nykyiseen on digitalisaation lisääntyminen ratainfran laitteissa. ERTMS-järjestelmä tuo mukanaan asetinlaitteelle liitettävän radiosuojastuskeskuksen (RBC) sekä uutta radiotekniikkaa radanvarteen. Yksi näistä tekniikoista on FRMCS, joka tulee korvaamaan GSM-R-yhteydet radiopohjaisessa ERTMS-kulunvalvonnassa. FRMCS-tekniikka on vasta kehitysvaiheessa, ja vaatimusmäärittelyt tekniikalle ovat vielä työn alla. Mahdollisia kunnossapitokohteita tulevat olemaan myös tukiasemat ja niiden radanvarren radiomastot, joiden kunnossapitäminen vaatii eritysalan osaamista.

Näiden uusien tekniikoiden ja muutosten tuomiin haasteisiin tulee valmistautua hyvissä ajoin kunnossapidossa. Suomen ensimmäinen radiopohjainen ERTMS/ETCS-rata tulee olemaan Kouvola–Kotka/Hamina-välin koerata, ja kaupalliseen käyttöön otettavien ERTMS/ETCS-ratojen rakentamiset alkavat laajemmin 2030-luvulla. Siinä vaiheessa ohjeiden ja vaatimusmäärittelyjen tulee olla valmiita: kuinka ja millä tavoin ERTMS-ratojen kuntoa ylläpidetään ja laitteistoja huolletaan.

Seuraavassa luvussa käsitellään ERTMS:n ratainfraan liittyviä kunnossapitokohteita ja niiden tuomia haasteita tulevaisuuden ratainfran ylläpitoon.

3.1 ERTMS-kunnossapitoon varautuminen

Kunnossapito-ohjeet ovat kaikkien kunnossapitotoimenpiteiden perusta. Kunnossapito-ohjeet on tarkoitettu ensisijaisesti kunnossapitohenkilökunnalle. Ne ovat huomattavasti laajempia kuin käyttäjille tarkoitetut ohjeet. Kunnossapito-ohjeet tulisi suunnitella käsi kädessä käyttöohjeen kanssa, pitkälti samoja periaatteita ja toimintatapoja käyttäen.

Nykyisestä kunnossapidosta on julkaistu Väyläviraston ”Rautatieturvalaitteiden yleiset kunnossapito-ohjeet sekä tarkastus- ja huolto-ohjeet 2012”. Dokumentissa on esitelty eri laitteiden yksityiskohtaiset kunnossapitotarpeet ja -aikataulut.

Kyseiset kunnossapito-ohjeet tulee päivittää uusien ERTMS-kunnossapidon alaisten laitteiden osalta sekä ETCS-radan kunnossapidon tarpeet huomioiden. Nämä ohjeet tulisivat olla saavutettavissa kaikille kunnossapitäjille sähköisessä muodossa esimerkiksi ekstranet-palveluun koottuna pakettina kuten nykyiset ohjeet.

3.2 Huollettavat laitteet ja muutokset

3.2.1 Asetinlaite

Asetinlaite valvoo ratalaitteilta saatavaa informaatiota ja toteuttaa tarvittavat kulkutiet. Asetinlaitteen rooli ja tarkoitus eivät sinänsä tule muuttumaan ERTMS/ETCS-järjestelmään siirryttäessä. Asetinlaite tulee edelleen huolehtimaan kulkuteiden turvallisesta asettamisesta sekä niihin liittyvien elementtien (vaihteiden ja mahdollisesti varajärjestelmänä käyttävien opastimien) ohjaamisesta. Radiopohjaisessa ERTMS/ETCS-järjestelmässä tiedot sallituista kulkuteistä (ajoluvista) siirtyvät liikkuvaan kalustoon asetinlaitteeseen liittyvän radiosuojastuskeskuksen kautta.

Vanhoissa, käytössä olevissa asetinlaitteissa liityntä radiosuojastuskeskukseen saattaa muodostua ongelmaksi, jolloin ERTMS/ETCS-järjestelmää rakennettaessa jouduttaneen myös asetinlaitteet uusimaan. Uusissa asetinlaitteissa on varauduttu erillisellä rajapinnalla radiosuojastuskeskuksen liittämiseen. Asetinlaite ja radiosuojastuskeskus voidaan myös integroida yhdeksi kokonaisuudeksi.

3.2.2 Raidevirtapiirit

Raidevirtapiirejä käytetään raiteiden vapaanaolon valvontaan. Raidevirtapiirien rooli turvalaitejärjestelmässä pysyy samana ERTMS:iin siirryttäessä, kun kyseessä on ERTMS/ETCS-taso 1 tai 2. ERTMS/ETCS-tasolla 3 vapaanaolon valvontaa ei enää ole, vaan juna itse paikantaa itsensä sekä valvoo kokonaisuuttaan ja eheyttään.

3.2.3 Akselinlaskenta

Akselinlaskenta on raidevirtapiireille vaihtoehtoinen tapa toteuttaa raiteiden vapaanaolon valvonta.

3.2.4 Tasoristeysten varoituslaitokset

Tasoristeysten varoituslaitosten kunnossapidosta tarvitaan uusi ohjeistus ERTMS/ETCS-järjestelmän mukaisille tasoristeysten varoituslaitoksille.

3.2.5 Vaihteet ja niihin liittyvät laitteet

Vaihteiden kunnossapito ei muutu ERTMS/ETCS-järjestelmässä nykyisestä ohjeistuksesta.

3.2.6 Paikallisluvat ja avainsalpalaitteet

Paikallislupien ja avainsalpalaitteiden kunnossapito ei muuttune ERTMS/ETCS-järjestelmässä.

3.2.7 Virransyötöt ja varasähkölaitteet

Virransyöttöjen ja varasähkölaitteiden kunnossapito ei muutu merkittävästi ERTMS/ETCS-järjestelmässä nykyisestä ohjeistuksesta.

3.2.8 Baliisituotteet

Baliisi toimii sanomia lähettävänä ratalaiteena JKV- sekä ERTMS-järjestelmissä. Radiopohjaisessa ERTMS/ETCS-järjestelmässä baliisit ovat vähäinen osa ratalaitteita, mutta niitä käytetään edelleen erityisesti paikannuksen kalibroinnissa. ETCS-järjestelmässä käytettävät baliisit eroavat vain sisäisen logiikan puolesta verrattaessa JKV-baliisiin, ja näin ollen niiden kunnossapitotoimet ovat samankaltaisia. Baliisi komponenttina ei tule katoamaan radiopohjaisessa ERTMS/ETCS-järjestelmässä, ja joissain erityistapauksissa rataan asennettujen baliisien määrä saattaa jopa kasvaa.

Eurobaliisi eroaa JKV-baliisista sen lähettäminen sanomien bittimäärän pituuden ja sanomarakenteen puolesta. Eurobaliisin ohjelmointikoodi on huomattavasti pidempi kuin mitä JKV-baliiseissa käytetään, minkä vuoksi niiden huoltotoimissa käytettävät ohjelmointi- ja lukutyökalut tulee olla uuteen järjestelmään sopivia.

3.2.9 Tapahtumatallennin

Datalogger (DL) eli tapahtumatallennin on vetureissa käytettävä ”musta laatikko”, tietokone, joka kerää ja tallettaa tietoa mm. ERTMS/ETCS-järjestelmän häiriöistä, vioista ja asetinlaitteen antamista komennoista.

3.2.10 Radiosuojastuskeskus

Radiopohjaisilla ERTMS/ETCS-tasoilla 2 ja 3 asetinlaitteeseen kytkettävän radiosuojastuskeskuksen tehtävä on välittää junan veturilaitteelle ajolupatietoja yhteentoimivan radioverkon, kuten FRMCS-verkon, välityksellä. Se muodostaa ajolupatietoja dynaamisesti perustuen liikenteenohjaajan antamiin kulkutiekomentoihin, aikatauluihin ja asetinlaitteelta saataviin rataan liittyviin tietoihin.

Ajolupien lisäksi radiosuojastuskeskuksen tehtävänä on välittää kalustoyksikölle mm. liikenteenohjauksen asettamat tilapäiset nopeusrajoitukset (TSR). Tämän lisäksi se valvoo, ettei luvattomien liikkeiden seurauksena synny vaaratilanteita. Radiosuojastuskeskus pysäyttää yksiköitä tarvittaessa alueellisella tai yksittäisillä hätäpysäytyskäskyillä.

3.2.11 Radioverkkotekniikat

FRMCS on todennäköisesti ERTMS/ETCS-järjestelmän tulevaisuudessa käyttämä yhteentoimiva radioverkkojärjestelmä, joka toteutetaan 5G-tekniikalla. Nykyisin useissa maissa ERTMS/ETCS-järjestelmä käyttää radioverkkona elinkaarensa päätä lähestyvää GSM-R-dataradioverkkoa, joka korvataan myöhemmin, kun tekniikka on saatu määriteltyä ja kaupallistettua markkinoilla myytäviksi tuotteiksi, FRMCS-tekniikalla.

FRMCS-tekniikka ei kuitenkaan ole vielä täysin määritelty tai standardoitu, ja siksi Suomessa täytyy pohtia, onko FRMCS mahdollista ottaa käyttöön vielä ensimmäisten ERTMS/ETCS-toteutusten yhteydessä. Nykyisin Suomessa käytettävä rautatieliikenteen puheradioverkko on viranomaisverkko Virve, joka ei nykymuodossa sovellu ERTMS:n tiedonsiirtojärjestelmäksi.

FRMCS-tekniikka tuo haasteena ratakunnossapidolle 5G-tekniikan, jonka toiminta täytyy olla varmennettua ja katkeamatonta, kun junien kulunvalvonta tapahtuu FRMCS-verkon välityksellä.

Yhteentoimivien radioverkkotekniikoiden määrittelyt annetaan Euroopan komission täytäntöönpanoasetuksena julkaistavassa ohjaus- hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmän yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä, jonka seuraavaa julkaisua odotetaan aikaisintaan loppuvuonna 2022.

3.2.12 Radioyhteyslaitteet

ERTMS/ETCS-tason 1 järjestelmissä mahdollisena lisälaitteena käytettävä radioyhteyslaite (engl. Radio Infill Unit, RIU) antaa yksikölle ennakkoinformaatiota seuraavasta opasteesta. Jos RIU ei ole käytössä tulee tieto välittää yksikölle perinteisellä informaatiopisteellä eli baliisilla.

3.2.13 Radioverkko

Radiopohjainen ERTMS/ETCS-järjestelmä perustuu radioverkon avulla tapahtuvaan kalustoyksikön ja radiosuojastuskeskuksen väliseen tiedonsiirtoon. Koska koko ERTMS/ETCS-järjestelmän liikennepoliittinen ydin on yhtenäisen eurooppalaisen rautatiealueen yhteentoimivuus, on myös hyödynnettävän radioverkkoratkaisun täytettävä yhteentoimivuuden teknisten eritelmien vaatimukset.

Suomessa rautateiden radioverkko tullaan toteuttamaan yhteentoimivalla 5G-tekniikalla, kuten FRMCS-verkolla. Koska yhteentoimivien radioverkkojen mahdollisia vaihtoehtoisia ratkaisuja ei ole vielä julkaistu, ei päätöstä ole vielä tehty. Tällä hetkellä todennäköisimmiltä näyttävät kolme vaihtoehtoa, joista päätös voitaisiin tehdä. Ensimmäinen vaihtoehto on rautateille rakennettava oma erillinen 5G-verkko, rautateiden FRMCS-verkko. Toinen vaihtoehto olisi hankkia tiedonsiirtopalvelu kaupallisilta toimijoilta verkkovierailusopimuksin. Kolmas epätodennäköisin vaihtoehto olisi hyödyntää viranomaisverkkoa sen uudella Virve 2.0 -verkolla, joka Suomessa otetaan käyttöön vuonna 2022.

Kaupallisen 5G-verkon ja Virve 2.0:n kapasiteettia voidaan priorisoida viipaloimalla, jolloin voidaan varmistaa rautateille kriittinen jatkuva tiedonsiirtokapasiteetti. Suorituskyvyn nousu perustuu 5G-verkossa kehittyneempään antenniteknologiaan. Antennielementit itsessään ovat yleisesti ottaen pienikokoisempia kuin aikaisemmassa sukupolvessa. 5G-verkon datanvälitys lyhyellä viiveellä mahdollistaa sen käytön turvallisuuskriittisissä rautatiesovelluksissa.

3.2.14 Tukiasemat ja radiomastot

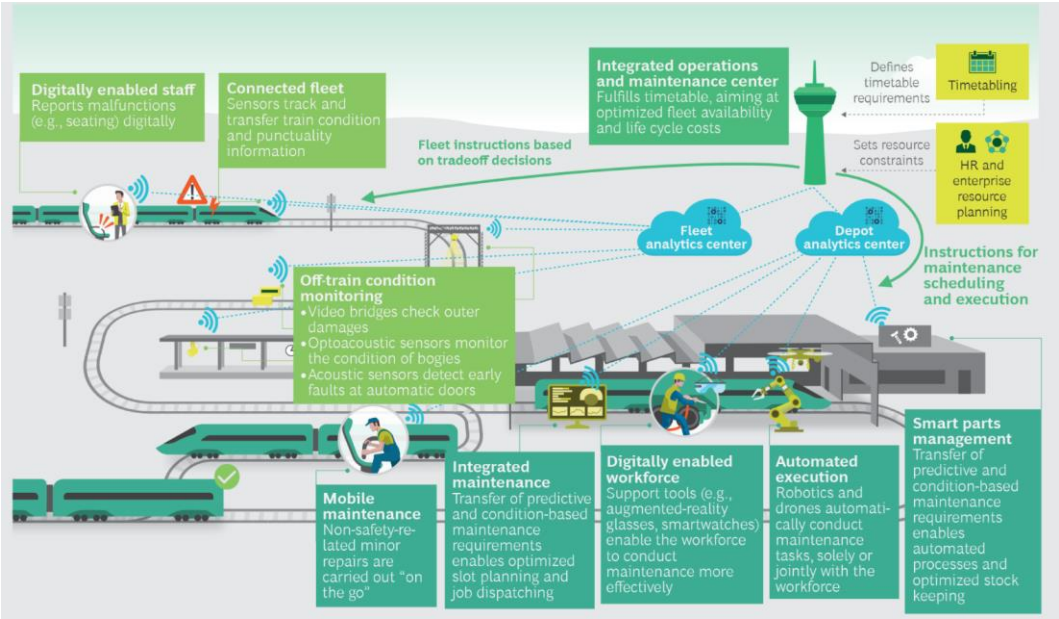
ERTMS/ETCS-ratojen yleistyessä rataverkolla joudutaan verkkokattavuuden varmistamiseksi rakentamaan myös uusia tukiasemia, jotta saadaan toteutettua haluttu peittoalue. Tukiasemat ja radiomastot tulevat osaksi kunnossapitoa, ja ne usein myös vaativat erityisalan osaamista ja pätevyyslupia.

3.2.15 Radanvarren ETCS-merkit

ERTMS/ETCS-ratojen radanvarren merkit huolletaan kuten nykyiset merkit. Merkkien määrät voivat vähentyä nykyisestä siirryttäessä ETCS-järjestelmään.

4 Digitaalisen kunnossapidon malli

Digitaaliteknologian laaja soveltaminen rautateiden kunnossapidossa tarjoaa mahdollisuuden kasvuesteiden voittamiseksi. Toimialalla on ollut merkittäviä huoltoon liittyviä haasteita, kuten luotettavuus- ja kustannustehokkuuden ongelmia. Ohjelmistoyritykset ovat tärkeässä osassa, kun rautatiemaailman huoltomarkkinoille tuodaan uusia digitaalisia ratkaisuja. Ohjelmointiyritykset voivat antaa tukea kunnossapitäjille päätöksenteossa sille, mitä digitaalisia kunnossapidon työkaluja otetaan käyttöön ratamaailmassa.



Kuva 7. Digitaalisen kunnossapidon malli
(Lähde: https://www.bcg.com/publications/2020/how-digital-maintenance-can-create-value-for-rail-operators).

4.1 Digitaalinen ylläpito

Digitaalinen ylläpito voi olla esimerkiksi kehittynyttä analytiikan ja tekoälyn hyödyntämistä kunnossapidon seurantaan, mikä mahdollistaisi nopeamman viankorjauksen ja huoltosyklien tehostamisen. Digitaalisuudella on mahdollista parantaa tehokkuutta vähentämällä huoltoviiveitä tai käyttämättömiä huoltoaikoja. Ennakoiva ylläpito antureiden ja algoritmien avulla voi minimoida odottamattomia vikoja, jotka usein aiheuttavat junien myöhästymisiä ja peruutuksia.

Digitaalisuudella voidaan myös tehostaa varaosalogistiikkaa käyttämällä prosessiautomaation ja optimoidun varastonpidon kaltaisia teknologioita huoltokulujen vähentämiseksi ja tehokkuuden parantamiseksi. Automatisoidut prosessit ja optimoitu varastonhallinta tarjoavat entistä tehokkaamman ja luotettavamman varaosien tilaus- ja inventointijärjestelmän, kun varaosat voidaan tilata automaattisesti ja toimittaa ajoissa kunnossapitäjälle huoltotarpeen ilmentyessä. Näillä parannuksilla on mahdollista tuottaa kustannustehokkuutta.

4.2 Digitaalinen huoltojärjestelmä

Digitaalinen huolto ei synny itsestään, vaan se vaatii uusien järjestelmien ja tapojen tuontia kunnossapitotoimintaan. Miltä digitaalinen huolto ja huoltojärjestelmä voisi näyttää ja miten siitä saataisiin paras hyöty? Yksi mahdollisuus on arvioida huoltotarvetta erilaisilla antureilla, jotka keräävät tietoa esimerkiksi akustisesti ja visuaalisesti ja siirtävät kerätyt tiedot huoltokeskukseen. Analytiikkakeskus hallinnoi kunnossapidon toteutusta keräämällä ja yhdistämällä saatavilla olevaa tietoa käytettävissä olevasta huoltokapasiteetista ja huoltotarpeesta sekä arvioi tehokkaimman huoltoajankohdan ja työvoiman saatavuuden.

Integroitua käyttö- ja huoltokeskusta (IOMC) hyödyntämällä mahdollistetaan esimerkiksi kattava ja luotettava huoltoennuste ja materiaalitarpeiden automaattinen laskenta. Digitaalisen ylläpidon koko potentiaali voidaan kuitenkin hyödyntää vain integroidulla näkymällä huolto- ja käyttösykleistä. Kilpailun lisääntymisen vuoksi rautatieliikenteen harjoittajien on laadittava digitaalinen kunnossapitostrategiansa.

4.3 Kunnossapidon tavoitetilat

Nykyinen rataverkon kunnossapito perustuu pitkälti ns. korjaavaan ja reagoivaan ja ennaltaehkäisevään kunnossapitoon. Elementtien ja järjestelmien huollontarve perustuu siihen, että saavutettaisiin tietty ennalta määritelty toiminnantaso. Tavoitteena on saavuttaa parempi toimintavarmuus.

Korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapitoa, jossa vikaantunut laite korjataan rikkoutumisen jälkeen. Tämä aiheuttaa järjestelmän toimintaan häiriön tai katkoksen. Tuotannollisesti ajateltuna kyseinen toimintamalli soveltuisi parhaiten ei-kriittisiin kohteisiin. Kunnossapito perustuu ennakkoon määriteltyihin ajanjaksoihin sekä etukäteen suunniteltuihin aikatauluihin. Näissä on yleensä myös huomioitu aikaisemmat suunnitelmat, tarkastukset ja kokemukset, joita on kerätty vuosien saatossa.

Säännölliset tarkastukset perustuvat nykytilassa pitkälti kunnossapitäjän kokemuksiin ja tehtyihin havaintoihin tai esimerkiksi tarkastusvaunun keräämään dataan.

Tulevaisuudessa rataverkolla on käytössä enemmän mittaus- ja valvontalaitteistoa nykytilaan verrattuna. Kyseiset järjestelmät mahdollistavat kattavan datan keräämisen. Tärkeää on löytää oikeat työtavat ja keinot sekä hyödyntää uusia mahdollisuuksia rataverkon kunnossapitoa ajatellen. Tulevaisuuden malleista tärkeimpään rooliin nousisi todennäköisesti ennakoivan kunnossapidon malli. Käsitteenä ennakoiva kunnossapito on ollut käytössä jo kauan. Tärkeimpänä tehtävänä ennakoivalla kunnossapidolla on ehkäistä ja havaita viat ennen niiden eskaloitumista. Uusilla ja kehitteillä olevilla järjestelmillä voimme tulevaisuudessa olla siinä tilanteessa, että järjestelmä valvoo ja kehottaa kunnossapitoa tekemään tiettyjä ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä kerättyyn ja käsiteltyyn dataan pohjautuen. Uusien järjestelmien hyödyntäminen lisää joustavuutta ja tehokkuutta. Toisaalta uudet ratkaisut vaativat kunnossapidolta uudenlaista osaamista, mikä voi vaikuttaa henkilöiden osaamisprofiiliin.

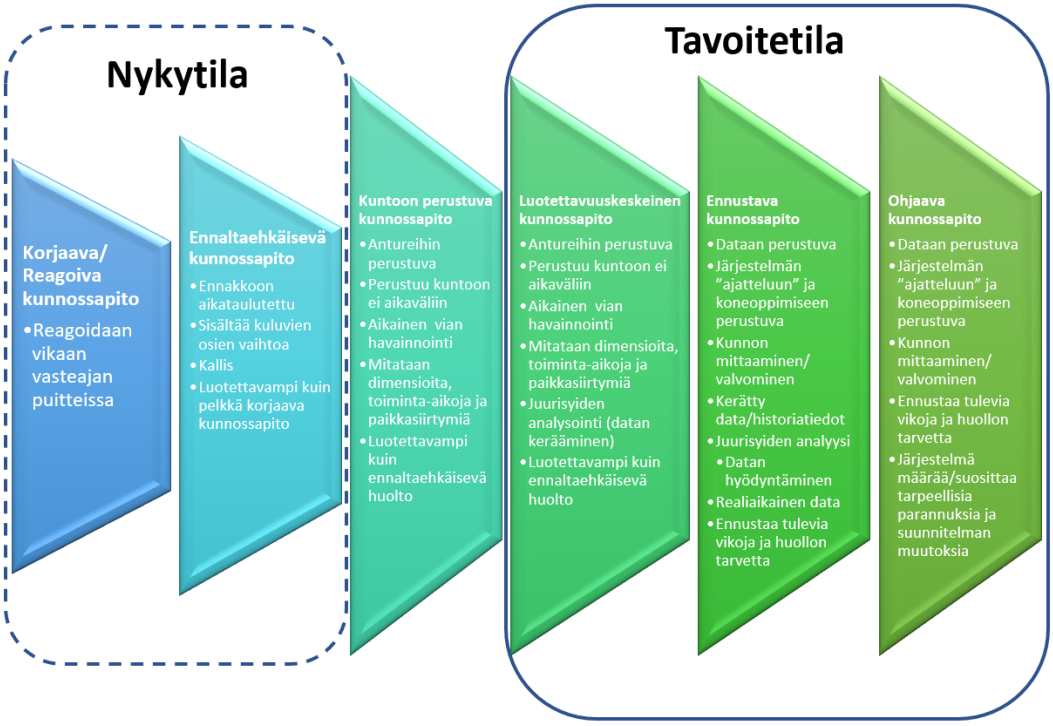
Tulevaisuuden kunnossapidonkustannusten jakautuminen on arvioitava sekä tehtävä päätelmät siitä, erottuuko jokin uusi osa-alue nykyisistä kustannuslaskelmista.

Arvioitavia asioita ovat seisontakustannukset, varastointi ja materiaalikustannukset, työn kustannukset sekä muut kustannukset, esim. alihankinta. Sen jälkeen on selvitettävä uudelleen mikä tai mitkä osa-alueet nähdään kriittisimpinä kohtina turvallisen ja sujuvan liikenteenhoidon kannalta. Alla on kuvattuna (Kuva 8) kunnossapidon kustannusrakenne.

Kuva 8. Kunnossapidon kustannusrakenne.

Kunnossapidon mahdollista kehityssuuntaa on havainnollistettu kappaleessa 5. Kappaleessa on myös kuvattuna tavoitetilat kaaviomalliin (Kuva 9). Jotta tavoitetilaan päästään ja tulevaisuuden ennakoivan kunnossapidon malli saavutetaan, täytyy välitavoitteiden ja etenemispolun olla hyvin selvillä. On tärkeää, että jokainen porras kunnossapidosta tavoittelee yhtenäisesti tulevaisuuden mallia ja edesauttaa kehityksen läpiviennissä.

5 Tavoitetilat



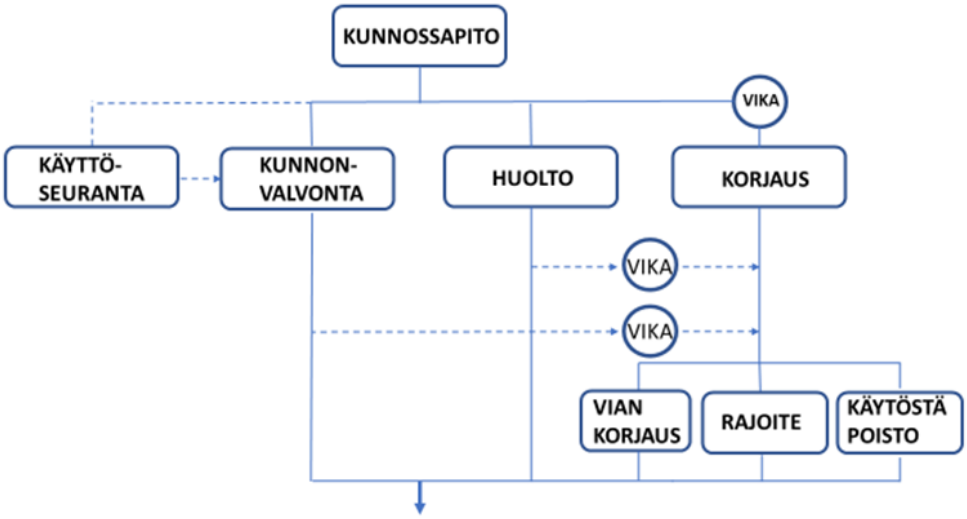
Kuva 9. Kunnossapidon tavoitetilat.

5.1 Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa seuranta voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai sitä tehdään tarvittaessa. Kuntoon perustuvan kunnossapidon toimia ei ole vielä suunniteltu ERTMS/ETCS-järjestelmän kunnossapitoon, ja siksi esimerkit ovat ratakunnossapidosta. Vastaavia menetelmiä voidaan kuitenkin käyttää tulevien ERTMS/ETCS-ratojen kunnossapidossa.

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa huollon tarpeen määrittely perustuu mittaaviin anturiyksiköihin. Säännöllinen antureilla mittaaminen edesauttaa puutteiden aikaista havainnointia ja mahdollistaa näihin reagoinnin. Oheisessa mallissa on tärkeää, että dataa aletaan kerätä valvotusti. Kuntoon perustuva kunnossapito täydentää jo olemassa olevia toimintamalleja. Tavoitteena on vikaantumattomaan ja häiriöttömään toimintaan pyrkiminen.

Alla prosessikuvan (Kuva 10) avulla on esitetty kunnossapidon toimet kuntoon perustuvassa kunnossapidossa. Käyttöseuranta kuuluu osana kunnonvalvontaan, ja se auttaa havainnoimaan mahdollisia ongelmia ja syntyviä vikoja. Vika voi tulla esiin myös ilman kunnonvalvontaa tai huoltotoimia. Tästä syntyy välitön tarve vian korjaukseen. Tavoitteena on aina, että vika tai häiriö saadaan korjattua, mutta on myös mahdollista, että vika jää ns. päälle tai ongelmaa ei saada heti ratkaistua. Nämä vaativat aina erillisiä toimia, esimerkiksi liikenteenrajoitteen tai ääritapauksessa laitteen käytöstä poiston.



Kuva 10. Kunnossapidon viankorjausprosessi.

5.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito perustuu vielä pitkälti kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Toiminnassa on otettava huomioon ERTMS/ETCS-järjestelmän tuomat vielä tarkemmin määrittelemättömät erityisvaatimukset. Järjestelmässä on käytössä anturit, jotka keräävät säännöllisesti dataa radan ja laitteiston kunnosta. Tämä tehostaa edelleen esimerkiksi radan geometrisen kunnon korjaamista. Datan hyödyntämiseen esimerkiksi etäkunnonvalvontajärjestelmistä on kehitetty prosesseja ja yhteentoimivia järjestelmiä ja sovelluksia. Tämä mahdollistaa vikojen aikaisen havaitsemisen, ja kunnossapitoa suoritetaan enemmän tarpeeseen kuin aikaväliin perustuen. Datan keräämistä ja tämän tehokasta hyödyntämistä on edelleen kehitettävä.

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito perustuu usein laitetoimittajalta saatuun huolto-ohjelmaan, joka saattaa jossakin tapauksissa olla ylimitoitettu. Huolto-ohjelmaa lähdetään usein soveltamaan analyyseihin ja mittareihin vedoten, jotta saavutetaan optimaalinen toiminta suhteessa kunnossapitoon. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito perustuu ajatukseen, että järjestelmä on yhtä luotettava kuin sen epäluotettavin komponentti.

Ajatuksena on siis jakaa kohde komponentteihin ja selvittää kerättyä dataa hyödyntämällä herkimmät ja useimmiten vikaantuvat kohteet. Samalla tulee myös analysoida vikaantumismetodi, vikaantumistiheys ja vikaantumisen vaikutukset. Tämän selvityksen jälkeen kohteen toimintavarmuus suurella todennäköisyydellä kasvaa.

Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon rinnalla edellä mainittujen lisäksi on syytä käyttää ns. ”parantavaa kunnossapitoa”. Parantavalla kunnossapidolla pyritään esimerkiksi korjaamaan suunnittelusta johtuvia ongelmatapauksia tai vaurioiden perussyitä.

5.3 Ennustava kunnossapito

Ennustavalla kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käytettävyyttä kunnon mittaamisella ja valvonnalla, reagoidaan heikentyneeseen toimintakykyyn ennen vian syntymistä tai estetään vaurioituminen. Ennustava kunnossapito voi perustua seuraaviin toimenpiteisiin: aikataulutettuihin jatkuviin toimenpiteisiin (ns. jatkuva ylläpito), tarpeen vaatiessa tehtäviin toimenpiteisiin (ns. reagoiva kunnossapito) ja tulevaisuudessa dataan perustuvaan kunnossapitoon.

Datan hyödyntämiseen on luotu toimintaympäristö esimerkiksi räätälöityyn toiminnanohjausjärjestelmään (ERP). Kunnossapitoon soveltuvaa ERP-järjestelmää apuna käyttäen pystytään esittämään reaaliaikaista dataa ja käsittelemään vikojen juurisyitä. Tämä luo uutta pohjaa tulevaisuuden kunnossapidolle.

Jotta toiminnanohjausjärjestelmä ja juurisyyanalyysit olisivat hyödynnettävissä, dataa on oltava kerättynä riittävä määrä sovitulta aikaväliltä. Analysointiin on varattava riittävät resurssit, jotta tulevaisuuden tahtotila olisi saavutettavissa. Kun riittävässä analysoinnissa onnistutaan, järjestelmät pystyvät ennustamaan mahdollisia tulevia vikoja ja ilmaisemaan tulevat huoltotarpeet historiatietoihin perustuen.

Kunnossapidolle luodut järjestelmät toimivat tukena, ja niillä pyritään puuttumaan myös mahdollisiin inhimillisiin unohduksiin. Järjestelmät tulee sovittaa vastaamaan ERTMS-järjestelmän tarpeita.

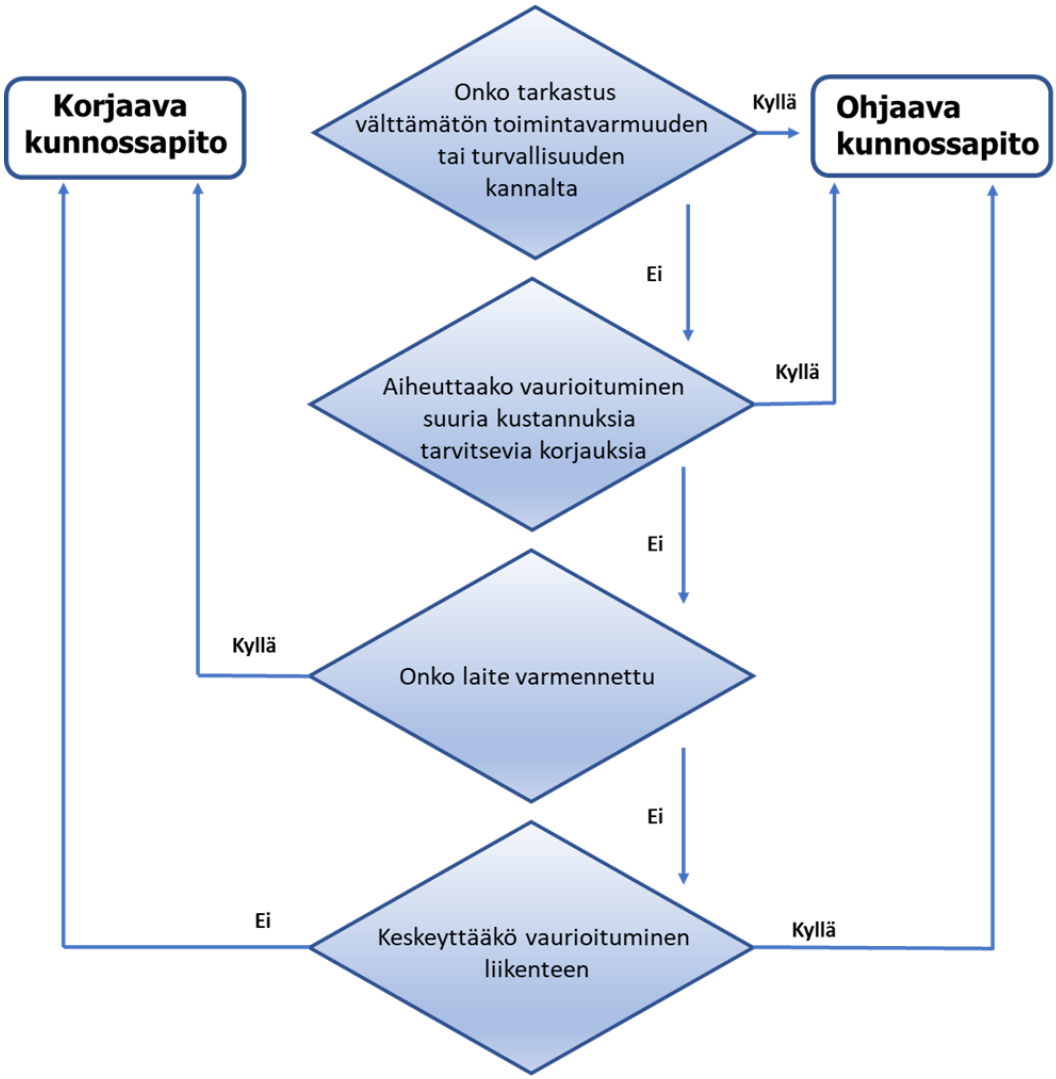
5.4 Ohjaava kunnossapito

Ohjaava kunnossapito tulevaisuudessa tulee todennäköisesti hyvin pitkälle perustumaan räätälöidysti edellä mainittuihin malleihin. Tämän mallin täytyy kattaa kokonaisuudessaan ERTMS-järjestelmän prosessit ja järjestelmät. Digitalisaatio, analytiikka, ja koneoppiminen luovat tulevaisuudessa uuden näkökulman kunnossapitoon. Edellä mainittujen hyödyt ja mahdollisuudet ovat kiistattomat. Analysoimalla järjestelmien toimintaa ja kerättyä dataa hyödyntämällä voidaan etukäteen tunnistaa tulevia vikoja, ja analyysien pohjalta voidaan koneoppimisen avulla tehdä huoltosuunnitelmia.

Tulevaisuudessa IoT/IIoT-älyantureiden soveltuvuutta rautatiemaailmaan kunnossapitoon täytyy tarkastella tarkemmin. Tehokas ohjaava kunnossapito vaatii IoT/IIoT-antureiden ja koneoppivan analytiikan yhdistämistä. Anturit keräävät järjestelmistä dataa ja lähettävät sitä langattomasti eteenpäin. Tätä dataa tekoäly tutkii jatkuvasti tarvittaessa käynnistäen ylläpitoprosessin itsenäisesti.

Teknologian voimakas kehittyminen tuo kunnossapidon saataville järjestelmiä, jotka perustuvat suurilta osin koneoppimiseen, automatiikkaan ja sähköiseen ohjaukseen.

Alla on kuvattuna (Kuva 11) arviointikaavio, jonka tarkoitus on selventää korjaavan ja ohjaavan kunnossapidon eroja vikojen havaitsemisen ajankohdassa.



Kuva 11. Arviointikaavio kunnossapitostrategian valintaan.

6 Huoltosuunnittelu

Samanaikaisesti ERTMS:n tulemisen kanssa rautatiemaailman muuttuessa enemmän digitaaliseen muotoon tulee myös markkinaympäristö muuttumaan vaativammaksi. Sen vuoksi kunnossapitotoiminnan on parannettava hallintotehokkuuttaan kustannusten ja hyötyjen tasapainottamiseksi.

Tulevaisuuden uusilla menetelmillä voidaan tehdä perusteellisia laitteiden huoltosuunnitelmia arvioimalla huollettavien kohteiden toimintavarmuutta. Huollon perustiedot, reaaliaikainen huoltotarpeen tila, investointikustannukset, ylläpitokustannukset, vikojen aiheuttamat kustannukset ja muut tekijät huomioon ottaen suoritetaan kunnossapidolle laitteiden riski- ja hyötyanalyysi.

Digitaalisuuden myötä on mahdollista kehittää uusia hallintomenetelmiä ja hyödyntää tieteellisiä menetelmiä, millä mahdollistetaan ennakoiva ja kohdennettu huolto hyödyntäen kerättyä tietoa. Huoltotiedon keruuta varten täytyy luoda uusia järjestelmiä, joissa näitä tietoja voidaan säilyttää ja analysoida. Tällaisia tiedonkeruujärjestelmiä voi olla tarjolla pilvipalveluina. Analysointi- ja hyödyntämistyökaluja ovat esimerkiksi huoltoterminaalit ja etäkunnonvalvontajärjestelmät.

ERTMS-huoltoterminaali

Huoltoterminaalia voitaisiin hyödyntää muun muassa tilapäisten nopeusrajoitusten hallintaan, ja niistä tiedon välittämiseen RBC:n kautta veturilaitteelle.

Huoltoterminaali voisi olla kunnossapidon käytössä, mutta vaihtoehtona tilapäisten nopeusrajoitusten hallintaan on liikenteenohjauksen ylläpitämä järjestelmä.

Huoltoterminaalin tiedot voitaisiin liittää datapalvelimeen, ja tämän kautta saada alueen kaikki rajoitukset nopeasti koostettuna raporttipohjalle tai mobiililaitteelle. Tämä helpottaisi niiden alueellista kokonaishallinnointia.

6.1 Pilvipalvelut

Pilvipalvelut helpottavat tietojen keräämistä ja hyödyntämistä. Kerätty data pysyy varmennetussa palvelussa vuosien ajan, ja tiedot ovat hyödynnettävissä tarvittaessa. Pilvipalveluiden turvallisuus on myös kehittynyt riittävälle tasolle myös kriittisissä sovelluksissa.

Tietojen säilöminen pilveen avaa mahdollisuuksia hyödyntää kerättyjä tietoja monin eri tavoin, kun ne eivät sijaitse ainoastaan toimistotietokoneella tai yrityksen omalla palvelimella. Tarvittavat tiedot ovat aina tavoitettavissa ajankohdasta ja paikasta riippumattomasti.

Pilvipalvelu antaa myös suojaa tiedon eheyden varmistamiseen. Pilvipalvelussa tiedot ja ohjelmat ovat turvassa, vaikka laitteet rikkoutuisivat tai ne varastettaisiin. Automaattiset varmuuskopioinnit ovat aina osa pilvipalvelutoimintoja.

Kuva 12. Pilvipalvelu tiedonhallinnan keskiössä.

6.2 Koulutustarpeet

ERTMS-järjestelmän osat tulevat vaatimaan kunnossapitäjiltä uutta osaamista digitalisaation kasvaessa rautatiejärjestelmissä. Tärkein koulutusta tarjoava osapuoli tulee olemaan laitteiden toimittaja, jonka kanssa uusia tilauksia tehdessä tulisi myös huomioida koulutustarpeet ostetun laitteiston ylläpitämiseksi. Mikäli kunnossapitäjä ei saa koulutusta uudelle laitteelle, on ylläpito ja huolto tilattava laitetoimittajan kautta, mikä saattaa nostaa kunnossapidon kustannuksia pitkällä aikavälillä huomattavan korkeaksi.

Myös huollon saatavuus on varmistettava, kun tehdään erillisiä sopimuksia laitetoimittajan kanssa. Laitteiden huoltotoimet vaativat yleensä kunnossapidolta fyysistä paikallaoloa, mikä saattaa jossakin määrin rajoittaa palvelun hankintaa laitetoimittajalta. Tämä ei aina ole kustannuksiltaan edullisin vaihtoehto.

Digitaalinen muutos, turvalaitejärjestelmien jatkuva kehittäminen sekä innovatiivisten teknologioiden käyttö luovat älykästä ja verkottunutta infrastruktuuria rataverkolle. Mitä digitaalisempia rataan liittyvistä kenttäelementeistä tulee, sitä enemmän dataa ne tuottavat. Tämän tuotetun ”Big Datan” käsittely ja hyödyntäminen tulee vaatimaan entistä enemmän tietoteknistä osaamista myös kunnossapitäjältä.

7 Ennakoidut muutokset

7.1 Kolmannen osapuolen tarjoamat huolto-tuotteet

Markkinoilta on mahdollista nykyään löytää huoltotoimia tukevia ja helpottavia välineitä, joilla on mahdollista tehdä datapohjaista tiedonkeruutta. Datan keruuta hyödynnetään laajasti ennakoivassa kunnossapidossa.

Tällaisia datankeruuvälineitä ovat esimerkiksi veturiin kiinnitettävä baliisin kunnonvalvontalaitteisto, jolla voidaan mitata baliisin lähetystehoa baliisin yliajon aikana. Yliajotapahtumista kerätään raportti, jota käytetään huollon kohdentamiseen oikealle alueelle. Kerätyn datan pohjalta voidaan ennustaa baliisien rikkoutumisia.

Kuva 13. Baliisin kunnonvalvontalaitteisto
(Lähde: www.ertmssolutions.com/balise-lifecheck-automate-balise-maintenance).

Tällaisia datankeruuseen perustuvia huoltolaitteita tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään laajemmin ERTMS-radoilla, mikä mahdollistaa myös huollon kehittymisen datapohjaisempaan suuntaan.

7.2 Etäkunnonvalvontajärjestelmät

Joillain laitetoimittajilla on jo nykyään tarjolla tuotteita, jotka hyödyntävät veturin keräämää dataa. Laitteet keräävät junan sijainnin perusteella vikatilastoa, minkä avulla toistuvat vikapaikat voidaan paikantaa tarkasti ja tehokkaasti sekä kohdentaa huoltotoimet kerätyn datan perusteella. Tämä vähentää perinteisillä tavoilla tehtävää kunnonseurantaa.

Samankaltaista tekniikkaa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää mahdollisesti myös kiskojen kunnon seurantaan, vaihteiden kunnon seurantaan, radioyhteyden eheyden valvontaan ja paikantamaan vikakohteet tarkasti. Hyvä paikannustieto lyhentää vikojen korjausaikaa.

7.3 Kuituoptiikka ja anturitekniikka

Kuituoptisia antureita (engl. Fiber Optic Acoustic Sensors, FOAS) on testattu myös rautatietekniikassa. Kuituoptisia antureita on hyödynnetty rautatietunneleiden ja -siltojen rakennusteknisessä monitoroinnissa. Kuituoptiikan hyödyntämistä on tutkittu erilaisissa rautatiejärjestelmissä korvaamaan tai täydentämään nykyisiä teknisiä menetelmiä.

Erityistä mielenkiintoa on herättänyt akustisten ilmiöiden havainnointiin ja tunnistamiseen perustuva Distributed Acoustic Sensing eli DAS-teknologia. DAS-teknologia koostuu yksinkertaisimmillaan ilmaisinlaitteesta ja hajautettuna anturina toimivasta valokuitukaapelista. Järjestelmällä on mahdollista seurata junan kulkua reaaliajassa, kisko- ja kalustovikoja, radalle pudonneita esteitä, luvatonta kulkemista radalla, rakenteiden runkomelua ja tärinää sekä muita ääneen perustuvia ilmiöitä.

7.4 Kaksitoiminen baliisi

Kaksitoiminen baliisi on uusi baliisityyppi, joka mahdollistaa saman informaatiopisteen käyttämisen sekä JKV:n että ETCS-järjestelmän sanomien välittämiseen. Kaksitoiminen baliisi valitsee lähetettävän sanomatyypin veturin antennin antaman impulssin modulaation perusteella. Kaksitoiminen baliisi tuo mukanaan myös langattoman airgap-ohjelmoinnin sekä tarjoaa kunnossapitäjälle käyttöön nykyaikaisen mobiilin tiedostonhallintajärjestelmän.

Viallisten baliisien vaihdossa tarvittavien baliisisanomien kenttäsaatavuus tulee paranemaan, kun ohjelmointityökalut modernisoituvat ja sanomat ovat löydettävissä pilvipalvelimilta. Sanomien versiointi sekä eheys voidaan nopeasti todentaa sovelluksen kautta.

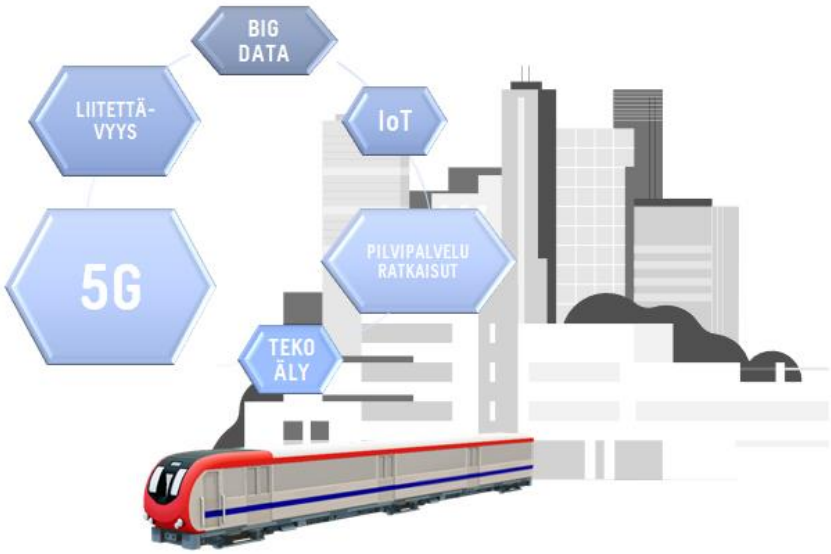
Kaksitoimisella baliisilla ei ole kunnossapidollista eroa euro- ja JKV-baliisien välillä. Tällä baliisityypillä on mahdollista keventää kunnossapitoa siten, että tämä baliisi voidaan asentaa ja ohjelmoida toimimaan eri rataosilla käytössä olevan kulunvalvontajärjestelmän mukaisesti. Näin säästetään sekä maastossa kuljetettavien että kunnossapidolle ostettavien ja varastoitavien baliisien määrissä.

7.5 Älykäs kunnossapito

Älykäs kunnossapito on yksi rautateiden keskeisistä innovatiivisista kehityskohteista. Älykäs kunnossapito tuo mukanaan kustannustehokkuutta sekä parannusta liikkuvan kaluston ja infrastruktuurin käytettävyyteen. Huoltojärjestelmät kehittyvät reaktiivisesta käyttäytymisestä tai tiukoista aikaperusteisista sykleistä ennakoivan huollon suuntaan.

Yritykset käyttävät yhä enemmän tätä käytössä olevaa dataa seurantaan ja analytiikkaan, minkä vuoksi yrityksillä tulisi olla valmis datastrategia, joka yhdistää tulevaisuuden vaatimukset ja kustannustehokkuuden. Älykkäällä huollolla on valtava

potentiaali, mutta oikean käyttötapauksen valinta on tehtävä huolella. Uuden tiedon käyttöönotto ja soveltaminen on tärkeää, ja suuri haaste on älykkään kunnossapidon toteuttamisessa. Rautatieliikenteen harjoittajien ja infrastruktuurin haltijoiden välistä tiedonvaihtoa voidaan tehostaa digitaalisia järjestelmiä hyödyntäen.



Kuva 14. Älykään kunnossapidon osatekijöitä.

7.6 Tietoon pohjautuva kunnossapitopalvelu

Data-analytiikka ja tekoälyteknologiat ovat viime vuosien aikana olleet nopeassa kehitysvaiheessa ja tulevat olemaan seuraavan vuosikymmenen ydinosaamista tietojenhallinnassa. Tietojen tyyppi voi vaihdella tapauskohtaisesti, mutta tietoja käytetään harvoin lisäanalytiikkaan ja ennakoivan ylläpidon toteuttamiseen.

Perinteisessä kunnossapitomallissa data on kunnossapitohenkilön päivittäisistä huolloista kirjoittamaa tietoa tehdyistä korjauksista ja huolloista, minkä seurauksena tieto voi olla puutteellista ja epäselvää. Tämän tyyppinen raportointi ei enää tulevaisuudessa ole riittävää tai tarpeeksi laadukasta, jotta kunnossapitopalvelu olisi optimaalista, jolloin vikojen koontijärjestelmästä ei saada tarpeellista lisähyötyä kunnossapidon tehokkuuden tueksi.

Perinteinen kunnossapidon valvonta aikataulutetaan perustuen joko kalenteriin tai komponenttien vikaantumistiheyteen. Korjaukset tehdään vasta kun komponentin käyttöikä on tullut täyteen tai se vikaantuu. Tämä malli johtaa siihen, että huoltotyö tehdään turhan aikaisin tai liian myöhään. Tietomäärän lisääntyessä kunnossapito voidaan muuttaa reaktiivisesta konseptista enemmän ennakoivan ylläpidon suuntaan, jolloin komponenttien vikasietoisuutta on mahdollista seurata tosiaikaisesti ja jatkuvasti.

7.7 IoT-arkkitehtuuri

IoT-teknologia voi olla tulevaisuudessa osoittautua käänteentekeväksi teknologiaksi elinkaarenhallinnalle. IoT-järjestelmä koostuu joko langattomasta tai kiinteästä verkosta ja siihen kytketyistä laitteista ja koneista. Ne tuottavat suuria määriä erilaista antureihin, mittareihin ja laiteparametreihin perustuvaa dataa automaattisesti. Tuotettu data vaatii erillistä tekoälypohjaista data-analytiikkaa ennen kuin sitä voidaan hyödyntää elinkaarenhallinnan tukena.

Tekoälyä voidaan hyödyntää IoT:n tuottaman datan sekä käytännön kunnossapitotoiminnassa tuotetun datan analysointiin ja sitä kautta myös kunnossapitotoiminnan optimointiin. Tekoälyn tehokas hyödyntäminen edellyttää yleisesti ottaen kahta asiaa: datan tulee olla laadukasta ja sitä tulee olla riittävästi. IoT-järjestelmällä voidaan tuottaa suuria määriä dataa, joka on usein valmiiksi strukturoitua ja näin tekoälyn helposti suoraan hyödynnettävissä.

7.8 Mobiilivalvonta

Mobiililaitteita hyödynnetään kunnossapitäjän välineenä dokumenttien säilyttämiseen, taltiointiin ja kirjaamiseen. Ne antavat mahdollisuuksia työhön ja kohteeseen liittyvien dokumenttien vaivattomaan saatavuuteen kunnossapitäjän käytettäväksi kohteen sijainnista riippumatta. Kunnossapitotoiminnassa syntyvää tietoa voidaan taltioida helposti kohteessa paikalla ollessa. Tällä voidaan varmistaa, että kerätty tieto on laadukasta ja sitä syntyy runsaasti päivittäisen huoltotoimien ohessa. Mobiilivalvonta lisää tulevaisuuden kunnossapidon optimointimahdollisuuksia.

7.9 Palvelupiste

Tällä tarkoitetaan keskitettyä, aina saatavilla olevaa ulkopuolista palvelupistettä (engl. help-desk), joka toimii asiakastukena ja vastaa vikatilanteiden sekä palvelupyyntöjen käsittelystä ja niihin liittyvistä tarvittavasta arkistoinnista. Datan käsittely sekä säilytys on pyritty mitoittamaan vastaamaan kunnossapidon tarpeita ja käytössä olevaa IT-ympäristöä. Palvelu tukee kehittyneiden apujärjestelmien käyttöä osana kunnossapitotoimintaa. Palvelun käytöllä voidaan tehostaa työntekijöiden tuottavuutta ja optimoida ajankäyttöä. Palvelu voi koostua esimerkiksi hallinta-, valvonta- sekä elinkaaripalvelusta.

7.9.1 Hallinta- ja valvontapalvelu

Hallintapalvelulla seurataan palveluiden ja laitteiden toimintaa. Palvelulla voidaan järjestää kriittisten osien valvonta jatkuvatoimiseksi. Reagointipalvelu vastaa vikatilanteiden hoitamisesta sovittujen vaste- ja ratkaisuaikojen puitteissa. Häiriötilanteessa ICT-järjestelmät palautetaan toimintakuntoon. Tietoturvan ylläpito on ulkoistettu palveluntuottajalle.

Valvontapalvelu tuottaa reaaliaikaisen näkymän koko ICT-ympäristön tilasta. Palveluun sisältyy asiakkaalle rakennetun valvontajärjestelmän ylläpito. Ylläpitoon lukeutuu valvontakohteiden lisääminen tai poistaminen ympäristön muutosten yhteydessä sekä tarvittaessa valvontakohteiden raja-arvojen muutokset.

7.9.2 Elinkaaripalvelu

Elinkaarenhallintapalvelulla ulkoistetaan laitteiden esiasennus, toimitus, käytönaikainen hallinta ja huoltopalvelut. Palvelun kautta hallinnoidaan laiterekisterin ylläpitoa ja laitteiden kierrätystä. Palvelukokonaisuudet ovat räätälöitävissä tarpeiden mukaisesti.

8 Laitetoimittajalta ostettava palvelu

Palvelun sisältö määritellään hankinnan sopimusvaiheessa. Toimintamallissa laitetoimittaja vastaa kokonaisuudessaan järjestelmän kunnon ylläpitämisestä sekä huollosta ja viankorjauksesta. Laitetoimittajalla on mahdollisuus ostaa alihankintapalvelua paikalliselta kunnossapitoyritykseltä. Kunnossapitomalli voi osoittautua kalliiksi sopimusten osalta. Vastineena hinnalle saadaan laitteiden, komponenttien ja järjestelmän yksityiskohtaista asiantuntemusta.

8.1 Laitetoimittajan kasvava rooli

Laitetoimittajien roolin kasvuhalu kunnossapitotoiminnassa on nähtävissä ERTMS-laitteiden markkinoinnissa. Nykyasetinlaitteet ja tulevat ERTMS-tekniikkaan kuuluvat laitteet kuten RBC, nojaavat voimakkaasti tietotekniikkaan, mikä tuo isoja haasteita niiden kunnossapidettävyyteen. Laitteiden yksiköt ovat kokonaisuuksia, ja toiminnat liittyvät vahvasti toisiinsa. Kunnossapidossa laitteiden vikaantuessa niiden komponentteihin ei asiakas voi itse tehdä huoltotoimia, vaan ne on vaihdettava yhtenä moduulikokonaisuutena. Näitä moduuleja on hankittava vain ja ainoastaan suoraan laitetoimittajalta.

Tämä toimintamalli tuo oman haasteensa laitteiden ylläpitoon, mikäli laitekokonaisuus koostuu useiden eri toimittajien laitteista ja vikaantuneita moduuleja joudutaan hankimaan useilta eri toimittajilta. Tästä voi muodostua pitkä ja aikaa vievä huoltoketju.

8.2 Laitetoimittajan palvelupaketti

Laitetoimittaja voi kehittää palvelupaketteja omien tuotteidensa ympärille. Palvelupaketit sisältävät valmiita huoltopalveluita ylläpitämään laitteistoa laitetoimittajan ohjeistusten mukaisesti. Kunnossapitäjä säästyy laitteiston kunnossapitoon mahdollisesti tarvittavien erikoistyökalujen hankinnalta. Palvelupaketit voidaan räätälöidä kattamaan kaikki yhdeltä toimittajalta hankitut järjestelmät, esimerkiksi asetinlaitteet ja radiosuojastuskeskukset sekä niiden mahdolliset yhdistelmät.

Palvelupakettien haittapuolena on riippuvuus laitevalmistajasta ja tämän kyvykkyydestä toimittaa vaihto-osia vikaantuneiden tilalle. Huoltoketjut ja vasteajat voivat kasvaa erittäin pitkiksi, mikä saattaa haitata operointia ja tarvittavan ratakapasiteetin ylläpitoa. Myös laitteiden tuntemus paikallisella kunnossapitäjällä jää vähäiseksi, mikä edelleen lisää riippuvuutta laitevalmistajasta ja palvelupakettisopimuksista.

9 Raideliikenteen kyberturvallisuus

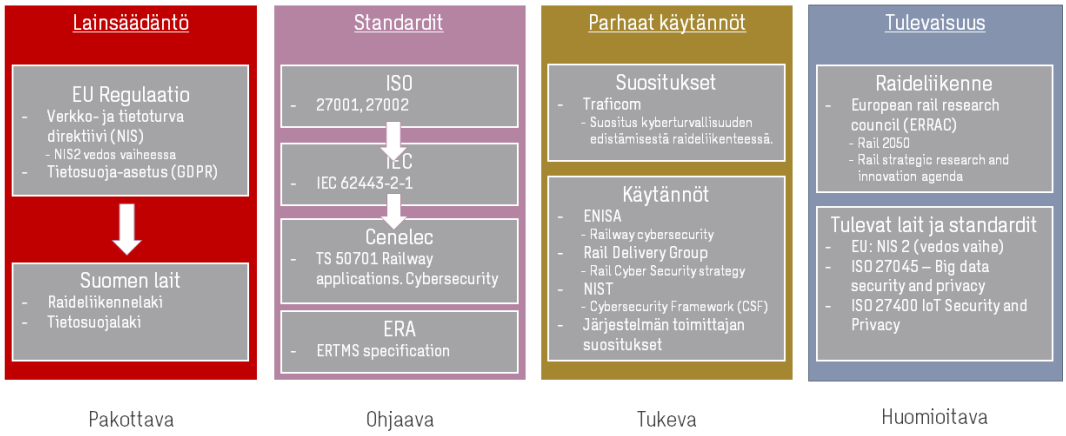
Raideliikenteen digitaalisissa niin ERTMS-järjestelmissä kuin turvalaitteissakin on näiden kriittisten osa-alueiden kyberturvaan kiinnitettävä huomiota. Järjestelmät tulevat olemaan avoimempia ja haavoittuvampia. Kyberturvallisuusriski voi realisoitua myös tahattomasti, mutta jatkossa erittäin todennäköisesti myös tarkoituksellisesti ulkoisissa hyökkäyksissä.

9.1 Kyberturvallisuusuhkien riskiarviointi

Kyberturvallisuuden vaatimusten määrittelyn perusteet luodaan toiminnan riskiarvioinnin perusteella. Riskiarvioinnissa pitää huomioida organisaation sisäinen ja ulkoinen toiminta sekä näihin liittyvät toimijat. Vaatimukset ja näiden laajuus kohdistetaan soveltuvin osin eri osa-alueisiin hyödyntäen riskiarvioinnista saatua informaatiota kyberuhkien vaikuttavuudesta toiminnalliseen turvallisuuteen sekä toiminnan jatkuvuuden varmistamiseen.

Digitaalisen toimintaympäristön kehittyessä ja muuttuessa kyberturva ja sen ajan tasalla pitäminen tulee olla jatkuvan kehitysprosessin alaista toimintaa. Toiminnassa on huomioitava koko kyberympäristö, myös varhaisemman elinkaaren järjestelmät koko elinkaarella. Kyberturvaa toteuttavissa menettelyissä on huomioitava järjestelmien erilaisuudet ja toisaalta järjestelmien keskinäisriippuvuus, niin paikallisella kuin laajemmin kansallisella tasolla.

Kyberturvan menettelyissä on huomioitava myös toiminnallisen turvallisuuden (Safety) teknisten järjestelmien liitokset ja liittymät sekä riippuvuudet osana turvajärjestelmiä. Kyberriskien kokonaisuuden kannalta on tärkeää tuntea, että kyberriskit korreloivat usein keskenään, ja yksi riski voi toteutuessaan aiheuttaa tapahtumasarjan, joka laukaisee useampia riskejä. Siksi järjestelmiä on käsiteltävä kokonaisturvallisuuden kannalta yhtenä järjestelmäkokonaisuutena.



Kuva 15. ERTMS:n kyberturvaa ohjaavat tekijät.

9.2 Kyberturvallisuus raideliikennelaissa

Raideliikennelaki (1302/2018) ja sen taustalla oleva NIS-direktiivi (1148/2016), velvoittavat huolehtimaan kyberturvaan liittyvistä toiminnoista. Raideliikennelain lisäksi kyberturvallisuus huomioidaan myös Traficomin määräyksessä valmiussuunnitelman järjestämisestä (TRAFICOM/308489/03.04.04.00/2019). Määräystä sovelletaan 1.6.2021 lähtien. Tämän lisäksi Traficom on julkaissut dokumentin suosituksen kyberturvallisuuden edistämisestä raideliikenteessä (TRFICOM/167875/03.04.02.01/2020).

Raideliikennelain taustalla olevasta NIS-direktiivistä on työn alla uusi versio (NIS2), joka laajentaa sen vaikutuksen alla olevia toimijoita sekä tuo mukanaan uusia vaatimuksia. Esimerkiksi riskianalyysi koskien kyberturvauhkia on nykyisen vedoksen pohjalta tulossa pakolliseksi turvatoimeksi (artikla 18.2). Uusiin vaatimuksiin on syytä varautua jo hyvissä ajoin.

NIS-direktiivin lisäksi EU:n tietosuoja-asetus (GDPR), joka määrittelee vaatimuksia henkilötietojen käsittelylle sekä takaa erilaisia oikeuksia henkilötietojen kohteelle, on syytä huomioida. Vaikka kaikki kunnossapidettävät järjestelmät eivät henkilötietoja käsittelekään, tallennetaan esimerkiksi järjestelmän lokeihin tietoa kunnossapitotoimenpiteistä ja niiden tekijöistä.

9.3 Kyberturvallisuuden hallinta

Kyberturvallisuus on kattavammin mukana myös CENELECin työstämässä TS 50701 -spesifikaatiossa (Railway Applications - Cybersecurity). Spesifikaatio pohjautuu IEC 62443-2-1 standardin sisältämiin turvallisuusjohtamisvaatimuksiin, jotka perustuvat yleiskäyttöisiin EN ISO 27001 ja EN ISO 27002 tietoturvanhallintajärjestelmä standardeihin. Spesifikaatio keskittyy kyberturvan hallintaan järjestelmän elinkaaren ajalta ja nojautuu vahvasti kyberturvariskiarviopohjaiseen toimintaan.

ERRAC (European Rail Research Advisory Council) nostaa esille strategisessa tutkimus- ja innovaatioagendassaan esille kyberturvan osalta uhka ja riskianalyysin, vastustuskykyisen ja turvallisen suunnittelun sekä jatkuvuuden hallinnan operoinnin suunnittelusta kunnossapitoon. Esille nostettiin myös ennustavan kunnossapidon kasvu tulevaisuudessa. Tämän myötä on tärkeää, että data, johon ennuste perustuu, on varmasti eheää, eikä siihen päästä ulkopuolelta vaikuttamaan.

Kuva 16. NIST-kyberturvan viitekehys.

Euroopan unionin verkko- ja tietoturvavirasto ENISA (European Union Agency for Cybersecurity) nostaa omassa rautateiden kyberturvaselvityksessään esille sen, että vaikka ERTMS on hyvin standardoitu, sen kunnossapitotyökalut ja ulkoiset rajapinnat (asetinlaite, kunnossapitojärjestelmä, liikenteenhallintajärjestelmä jne.) jäävät avoimiksi ja riippuvat järjestelmän toimittajasta. Huonosti suojatut kunnossapitotyökalut voivatkin omalta osaltaan avata kunnossapidon aikana uusia kyberturvauhkia, joita normaalin operoinnin aikana ei olisi.

Yhdysvaltalainen National Institute of Standards and Technology (NIST) on kehittänyt yleisen viitekehyksen kriittisen infrastruktuurin kyberturvan kehittämiseksi. Kyberturvatoiminnot on jaettu viiteen osa-alueeseen:

1. uhkien tunnistamiseen,
2. suojautumismenetelmien valintaan,
3. kybertapahtumien havainnointiin,
4. tapahtumiin reagointiin,
5. tapahtumista toipuminen.

Viitekehyksen hyödyntäminen auttaa varmistamaan, että kyberturvan eri osa-alueet on varmasti otettu huomioon.

9.4 Kyberturvallisuus kunnossapidossa

Kun puhutaan kunnossapidosta, niin on tunnistettava kaksi eri näkökulmaa: kunnossapidon kyberturva sekä kyberturvan kunnossapito. Digitaalisten järjestelmien käytön laajentuminen ja järjestelmien keskinäisriippuvuus ovat luoneet uudenlaisia uhkia ja haavoittuvuuksia operatiivisiin järjestelmiin sekä prosesseihin. Tästä on seurannut se, että paine myös kunnossapidon kyberturvan kokonaisvaltaiselle kehittämiselle on kasvanut, koska se on tärkeä osa toiminnan jatkuvuuden turvaamista ja varautumista. Kunnossapitoprosessia pitää toteuttaa niin, että toiminnassa huomioidaan kyberturvan liittyviä em. vaatimuksia, kuten toimintaympäristön riskiarviointi tarvittaessa sekä sisäisten ja ulkopuolisten toimijoiden/käyttäjien laajojen käyttövaltuuksien hallinnointi ja kontrollointi, niin digitaalisiin järjestelmiin kuin fyysiseen kulunvalvontaan liittyen.

Kunnossapitoon osallistuu usein tahoja, jotka eivät ole mukana normaalissa järjestelmän operoinnissa. Siksi onkin tärkeää, että kyberturvankin osalta roolit ja vastuut eri osapuolille on määritetty selkeästi. Ajan tasalla olevalla kunnossapitoprosessilla ja sitä tukevilla esimerkiksi älykkäillä ja ennustavilla tilannekuva- sekä digitaalinen kaksonen ratkaisuilla, pystymme minimoimaan erilaisten kyberriskien toteutumista, joita voi syntyä epäonnistuneiden sisäisten prosessien sekä ulkoisten tapahtumien johdosta. Kyberturvatoiminta pitää olla luonteva osa ERTMS- ja turvalaitejärjestelmiin liittyvää muuta kyberturvatoimintaa.

Kunnossapitovaiheet kyberturvan kannalta ovat valmistautuminen, toteutus, testaus ja jälkitoimet. Kyberturvajärjestelmiin liittyy myös kunnossapitoa, millä huolehditaan (ylläpito sekä huolto), että järjestelmä kykenee toteuttamaan sille vaadittua tehtävää. Esimerkkeinä käyttövaltuuksien ajan tasalla pitäminen sekä varmuuskopioiden hallinta ja hallinnointi. ERTMS:n myötä laitteilla on suojattua kommunikaatiota varten sertifioidut julkiset avaimet. Näiden päivittäminen joko voimassaolon umpeutumisen tai sertifikaatin peruuttamisen johdosta tulee olla osa kunnossapitotoimintaa. TS 50701 -spesifikaatio nostaa myös esille säännöllisen,

vähintään kerran vuodessa tehtävän päivityksen järjestelmään kohdistuvista kyberuhista ja nostaa esille trendit, joilla on merkitystä järjestelmän kyberturvan riskiarvioon. Tärkeä osa kyberturvan kunnossapitoa on myös dokumentaation ja ohjeistuksen ajan tasalla pitäminen.

10 Jatkotoimet

Tässä esitetty esiselvitys ERTMS/ETCS-kunnossapidosta kaipaa tulevaisuudessa selvitystyön jatkamista, samalla kun järjestelmille asetettavien vaatimusten yksityiskohdat tarkentuvat. ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönotto on paitsi suuri teknologinen, niin myös organisatorinen muutos, myös kunnossapidossa. Tärkeimmässä osassa tulevien järjestelmien ylläpidossa ovat sen kunnossapitoon osallistuvat osapuolet. Järjestelmän hallinnasta vastaavien ja sen käytännön kunnossapitoa suorittavien organisaatioiden on ennalta tarpeen selvittää, miten parhaiten voidaan saada lisäarvoa erilaisista uusista digitaalisista kunnossapidon tukijärjestelmistä ja muista tulevaisuuden mahdollisuuksista. Tässä työssä on esitetty joitakin näköpiirissä olevia mahdollisuuksia ja ajatuksia avustamaan tulevaa määrittelytyötä ja tukemaan päätöksentekoa.

Eurooppalainen junakulunvalvontajärjestelmä on rautatieliikenteen peruspalvelu, jonka toteuttamisen ratkaisutavat vaikuttavat myös kunnossapitoon ja sen organisointiin. Onko järjestelmän hankinnassa erotettavissa selvästi perinteiset investointi- ja kunnossapitovaiheet, vai hankitaanko järjestelmäpalvelut palvelumallilla, jossa palveluntuottaja integroi erilaiset laitteisiin liittyvät kunnossapito- ja ylläpitotoimet kokonaispalvelunsa osaksi, on järjestelmää hankittaessa tehtävä tärkeä linjapäätös.

Digitaalisten tukijärjestelmien selvityksessä voivat avustaa ohjelmistoyritykset, joilta löytyy valmiita konsepteja sekä työkaluja digitaalisen ympäristön kehittämiseksi. Useilla aloilla tämä murros on jo alkanut, ja näiden toimialojen ratkaisuja hyödyntäen on mahdollisuus löytää myös uusien turvalaitejärjestelmien kunnossapitoon soveltuvimmat mallit sekä tavat lisättäväksi kerroksittain nykyisen kunnossapidon tueksi.

Ratalaitteiden ja vetävän rautatiekaluston kunnossapidon murros digitaaliseen aikaan tulee tehdä hallitusti ja asteittain, jotta vältytään mahdollisilta kyberturvallisuuteen liittyviltä ongelmilta ja tietoturvallisuusuhkilta. Kyberturvallisuuden osuus kasvaa kunnossapidossa merkittävään osaan järjestelmien ympäristön muuttuessa enemmän verkkopohjaiseen muotoon. Tämä tulee muutoksessa huomioida ja turvallisuuden varmistamiseen varautua asianmukaisilla toimilla.

Lähdeluettelo

/1/ Susanna Kunttu Toni Ahonen, Jouko Heikkilä. Kehittyvä kunnossapito-ohjelma. VTT Kunnossapito, 2006. (pdf).

/2/ Matias Tuohino. Suomen raideliikenteen ja rataverkon kunnon akustinen valvonta kuituoptiikan avulla. Helsinki: Aalto-yliopisto sähkötekniikan korkeakoulu, 2017. (arkisto, Aalto 9785).

/3/ Benjamin Siebler, Erik Hedberg. Study of Train-Side Passive Magnetic Measurements with Applications to Train Localization. Hindawi Research Article, 2017. (article ID 8073982).

/4/ Jari Pylvänäinen, Juha Lehtola, Timo Nieminen, Marjo Brotherus, Esko Sandelin, Johanna Wallin, Juha Artukka. Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä - Digirata selvityksen loppuraportti, Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö, 2020. ISBN 978-952-243-589-7 (pdf).

/5/ Olli Jokinen, Juha-Pekka Piuva, Mikko Mäkipää, Laura Riihentupa. 5G Väylä-viraston toiminnassa. Helsinki: Väylävirasto, 2019. ISBN 978-952-317-741-3 (pdf).

/6/ Karsten Oberle. Global Railway Review, How FRMCS offers improved operational velocity by leveraging 5G. Nokia, 2021. (Verkkosivu).

/7/ Rob Redeker. Global Railway Review, Working towards an ERTMS maintenance regime, Strukton Rail AB, 2008. (Verkkosivu).

/8/ Priya Agrawal. Global Railway Review, The power of big data: Indian Railways. Smart maintenance using data analytics. 2021. (Verkkosivu).

/9/ UIC, Future Railway Mobile Communication System. 2020. (Verkkosivu).

/10/ ERA. System Requirements Specification. 2016 (Verkkosivu).

/11/ Finlex, Raideliikennelaki. 28.12.2018/1302. (Verkkosivu).

/12/ Liikenne- ja viestintäviraston Kyberturvallisuuskeskuksen sivut. Suositus kyberturvan edistämisestä raideliikenteessä. Traficom, Liikenne- ja viestintävirasto, 2020. (pdf).

/13/ Standardi. Railway applications, Cybersecurity, CLC/TS 50701:2021. ERRAC, Rail Strategic Research and Innovation Agenda, 2020.

/14/ Dimitra Liveri, Marianthi Theocharidou, Rossen Naydenov. Railway Cybersecurity. Enisa, 2020.

/15/ Railway-News. Digital Railway Maintenance – the New Rail Paradigm. Viper Innovations, 2020. (Verkkosivu).

/16/ Peter Ullrich, Henning Schierholz, Rich Davey, Philipp Silvestri. Digital Maintenance Can Unlock Growth in Rail. BCG, 2020. (Verkkosivu).

/17/ Jonathan Trout. Noria Corp. Condition-based Maintenance: A Complete Guide. Noria Corporation 2021 (Verkkosivu).

/18/ S. A. Oke. Condition Based Maintenace: Status and Future Directions. Department of Mechanical Engineering University of Lagos, Nigeria, 2004.

/19/ WSP. ERTMS tulee - oletko valmis?. Raportti, 2021. (pdf).

/20/ Kari Ojanperä, Liikkuvan kaluston valvontalaitteet ja radan kunnossapito. Helsinki: Liikennevirasto, 2014. (pdf).

/21/ Aki Härkönen. Rautatieturvalaitteiden yleiset kunnossapito-ohjeet sekä tarkastus- ja huolto-ohjeet. Helsinki: Liikennevirasto, 2012. 419/060/2012. (pdf).

/22/ Ari Kalliokoski, Janne Junes, Juha Kansonen, Esa Eerikäinen. Väylä-verkoston yhtenäinen luokittelu kunnossapidon suunnittelua varten. Helsinki: Liikennevirasto, 2012.

/23/ Väylävirasto. Uusilla raportointisovelluksilla mullistetaan rataverkon kunnossapito. 2019. (Verkkosivu).

/24/ Finlex, Valtioneuvoston asetus rautatiejärjestelmän yhteentoimivuudesta. 284/2019. 11 § Siirtymäsäännökset. Liite II, osajärjestelmät. (Verkkosivu)

Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-927-1
www.vayla.fi