LAB University of Applied Sciences

Digirata – Tulevaisuus raiteilla

Raideliikenteen digitalisaatio

LAB-ammattikorkeakoulu
Tradenomi (AMK)
2023
Riikka Kulju

Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Riikka Kulju	Opinnäytetyö, AMK	2023
	Sivumäärä 39	

Työn nimi

Digirata – Tulevaisuus raiteilla

Raideliikenteen digitalisaatio

Tutkinto ja koulutusala

Tradenomi (AMK), liiketoiminta ja logistiikka

Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä perehdyttiin tulevaisuuden raideliikenteeseen ja tarkasteltiin Digirata-hanketta. Tarkoituksena oli kuvata tiivistetysti, miltä raideliikenne tulevaisuudessa näyttää ja esitellä tulevaa European Train Control System (ETCS) kulunvalvontajärjestelmää. Työssä pyrittiin selvittämään millaisia hyötyjä digitalisointi tuo tullessaan esimerkiksi ympäristönäkökulmaa ajatellen.

Työssä vertailtiin ja havainnoitiin Suomen, Tanskan ja Ruotsin digitaalista siirtymää. Vertailua tehtiin myös nykyisen käytössä olevan junien kulunvalvontajärjestelmän JKV:n ja tulevan ETCS-järjestelmän välillä. Apuna käytettiin haastatteluja, asiantuntijalausuntoja, alan artikkeleita ja julkaisuja sekä muuta avoimesta datasta saatavilla olevaa materiaalia.

Haastattelujen ja muun tutkittavan aineiston perusteella on selvää, että nykyinen kulunvalvontajärjestelmä on lähestymässä elinkaarensa loppua. Raideliikenteen digitalisointi on seuraava askel kohti Euroopan yhtenäistä liikennöintimallia. Uusi ETCS-järjestelmä otetaan tulevaisuudessa käyttöön koko Suomen rataverkolla ja siitä tullaan hyötymään merkittävästi. Hyödyt tulevat näkymään positiivisina ympäristövaikutuksina, mahdollisuutena kapasiteetin lisäämiseen ja turvallisempana junaliikenteenä.

Raideliikenteen digitalisaatio tuo tullessaan myös uhkakuvia. Suomen kunnianhimoinen tavoite kehittää Euroopan paras digitaalinen rautatiejärjestelmä asettaa omat haasteensa. Uuden järjestelmän käyttöönotto, operaattoreiden ja raideliikenteessä työskentelevien henkilöiden koulutus ja osaaminen sekä digitalisaation kyberuhkat on myös huomioitava.

Asiasanat

Raideliikenne, Digirata, ETCS, ERTMS, JKV

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Riikka Kulju	Thesis, UAS	2023
	Number of Pages	
	39	

Title of Publication

Digirail – The future on rails

Digitalisation of rail traffic

Degree, Field of Study

Bachelor (UAS), business and logistics

Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)

Abstract

The thesis focused on future rail traffic and examined the Digirail-project. The aim was to summarize what rail traffic will look like in the future and to present the future European Train Control System (ETCS). The intention of the work was also to find out what kind of benefits digitalisation brings, for example, from an environmental point of view.

The work compared and observed the digital transition in Finland, Denmark and Sweden. Comparisons were also made between the current train access control system JKV and the future ETCS system. Interviews, expert statements, industry articles and publications, as well as other material available from open data were used.

Based on interviews and other research material, it is clear that the current JKV system is approaching the end of its life cycle. The digitalisation of rail transport is the next step towards an unified European transport model. In the future, the new ETCS system will be deployed on the entire Finnish rail network and it will bring significant benefits. The benefits can be seen in the form of positive environmental impacts, an opportunity to increase capacity and safer train services.

The digitalisation of rail traffic also brings with it threats. Finland's ambitious goal of developing the best digital rail system in Europe poses its own challenges. The introduction of the new system, the training and competence of operators and people working in rail transport, and the cyber threats of digitalisation must also be considered.

Keywords

Rail traffic, Digirail, ETCS, ERTMS, JKV

Sisällys

1 Johdanto ... 1
1.1 Tausta ... 1
1.2 Tavoite ja rajaukset ... 2
1.3 Tutkimuskysymykset ja -menetelmät ... 3
1.4 Teoreettinen viitekehys ... 4
2 Raideliikenne nyt ... 6
2.1 Suomen raideliikenne ... 6
2.2 Euroopan raideliikenne ... 8
3 Digirata-hanke ... 11
4 Junien kulunvalvontajärjestelmät ... 16
4.1 JKV-järjestelmä ... 16
4.2 ETCS-järjestelmä ... 17
4.3 JKV-järjestelmästä ETCS-järjestelmään ... 22
5 Yhtenäinen ja ympäristöystävällinen raideliikenne ... 24
5.1 Yhteentoimiva rautatiealue ... 24
5.2 Suomen siirtymä ... 27
5.3 Ympäristö ... 31
6 Yhteenveto ja pohdinta ... 36
Lähteet ... 40

Liite 1. Haastattelukysymykset Suomen raideliikenteen digitalisaatiosta

Liite 2. Haastattelukysymykset Tanskan, Ruotsin ja Alankomaiden raideliikenteen digitalisaatiosta

1 Johdanto

1.1 Tausta

Maailma muuttuu ja digitalisaatiosta tulee entistä enemmän osa jokaisen arkipäivää. Sama koskee myös rautatieliikennettä. Raideliikenteen digitalisaatiota vie eteenpäin Digirata-hanke, jota on toteuttamassa useampi asiantuntijataho. Hankkeessa ovat mukana Liikenne- ja viestintäministeriö, Väylävirasto sekä Fintraffic. Myös Traficom, VR, Helsingin seudun liikenne, muut yhteistyötahot, asiantuntijat sekä tukitoimintoja toteuttavat kumppanit liittyvät olennaisesti hankkeeseen. Hanke mahdollistaa kustannustehokkaan ja modernin ratkaisun, jolla voidaan turvata raideliikenteen kilpailukyky. (Digirata a.)

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui rautatieliikenteen digitalisaatio aiheen ajankohtaisuuden, ympäristönäkökulman ja oman työkokemuksen takia. Junalla matkustetaan entistä enemmän. Liikennöintimuodon houkuttelevuutta on kasvattanut matkustustavan ympäristöystävällisyys, helppous ja mahdollisuus esimerkiksi työskennellä junamatkan aikana. Myös Interrail on kasvattanut suosiota ja EU:n tavoitteena onkin yhdenmukaistaa junaliikennettä Euroopassa. Jotta Digirata toteutuu ja raideliikennettä saadaan sujuvoitettua, tarvitaan suuria investointeja ratojen perusparannukseen ja turvalaitteiden uusimiseen. On vain löydettävä kustannustehokkaimmat keinot, joilla saavutetaan turvallinen, ilmastoystävällinen ja sujuva ratkaisu. (Brandt 2023.)

Euroopan ympäristökeskuksen (EEA, European Economic Area) toteuttamissa liikenne- ja ympäristötutkimuksissa vertailtiin raide-, maantie- ja lentoliikenteen päästöjä. Junalla matkustaminen todettiin ympäristöystävällisimmäksi matkustusmuodoksi. Vuoteen 2050 mennessä, Euroopan vihreän kehityksen ohjelma tavoittelee liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämistä 90 prosentilla verrattuna vuoden 1990 päästöihin. Erittäin suuri merkitys tavoitteen saavuttamiseksi olisikin lentomatkustamisen siirtymisellä raiteille. (Euroopan ympäristökeskus 2023.)

Tutkimusten mukaan maantieliikenteen osuus kasvihuonekaasupäästöistä on 72 %, laivaliikenteen 14 %, lentoliikenteen 13 % ja raideliikenteen osuus 0,4 %. Raideliikennettä mitattaessa mukaan on otettu ainoastaan dieseljunista aiheutuneet päästöt. Tarkastelu huomioi myös päästöt, jotka syntyvät energian tuotannossa, siirrossa ja jakelussa. Raideliikenteestä aiheutuu myös muita epäpuhtauksia, kuten jarrujen, pyörien ja kiskojen kulumisesta johtuvat hiukkaspäästöt. Raportti keskittyy pääosin raide- ja lentoliikenteeseen, koska niillä on merkittävin rooli Euroopan matkustajaliikenteessä. Kun matkustusmuotojen järkevyyttä lähdetään luetteloimaan, kävelyn ja pyöräilyn jälkeen junalla matkustaminen on järkevintä. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma tukee Digirata-hanketta, jotta vihreä siirtymä, kestävä

liikkuminen sekä liikenteen päästöjen vähentäminen saavutetaan. (Euroopan ympäristökeskus 2023.)

Eurooppalainen rautatieliikenteen liikenteenohjauksen kokonaisuus ERTMS (European Rail Traffic Management System) ja radioverkkopohjainen ETCS-järjestelmä (European Train Control System) ovat tärkeimmät työkalut EU:n kestävän liikenteen tavoitteessa siirtää maantieliikennettä rautateille. Suomen rataverkko on osa eurooppalaista rautatiealuetta, joten myös Suomen rataverkon on oltava yhteentoimiva ERTMS-järjestelmän kanssa. Parhaillaan käynnissä oleva Euroopan rautatievirasto ERA:n (European Railway Agency) koordinoima yhteentoimivuuden teknisten eritelmien tarkastaminen ja uudistaminen on keskeinen automaation edistämisen säädöshanke. Nämä tekniset eritelmät sisältävät yksityiskohtaista sääntelyä eri rautatiejärjestelmistä kuten turvalaitteista, kalustosta ja infrastruktuurista. Eritelmät tulevat hyväksyttäväksi tänä vuonna ja vaikuttavat olennaisesti tulevaan rautateiden digitalisaatioon. (Traficom 2022.)

1.2 Tavoite ja rajaukset

Digirata-hankkeessa on kyse Suomen rautatieinfrastruktuurin varustamisesta eurooppalaisella rautatieliikenteen ohjausjärjestelmällä (ERTMS, European Rail Traffic Management System). Tämä ohjausjärjestelmä tulee korvaamaan Suomessa nykyisin käytössä olevan järjestelmän, johon ei lähitulevaisuudessa ole saatavilla enää varaosia tai laitetoimittajien tukea. Myös EU-sääntely on vauhdittanut siirtymistä kohti yhtenevää rautatiealuetta jäsenvaltioiden alueella. Sääntely muun muassa estää omien kansallisten kulunvalvontajärjestelmien kehittämisen. (Liikenne- ja viestintäministeriö LVM004:00/2021.)

Tämä opinnäytetyö esittelee tulevaisuuden digitaalisen rautatieliikennöintimallin pähkinänkuoressa. Tarkoituksena on tarjota tietoa, vertailla nykyistä ja tulevaa liikennöintimallia ja pohtia digitalisaation tuomia mahdollisuuksia. Vertailua tehdään myös muihin Euroopan maihin. Osassa Eurooppaa ETCS-kulunvalvontajärjestelmä on jo käytössä, osassa sitä ollaan Suomen tavoin parhaillaan rakentamassa. (Ruesen 2022.) Tavoitteena on myös tarkastella, onko digitaalisen raideliikennöinnin avulla mahdollista saada vähennettyä haitallisia ympäristövaikutuksia ja hidastaa ilmastonmuutosta.

Opinnäytetyön rajaaminen on haastavaa aiheen laajuuden takia. Laadullisessa tutkimuksessa rajausta voidaan lähteä tekemään asettamalla tutkimusongelma. Ongelmanasettelu voi olla joustavaa, eikä aina tarvita tarkkoja rajoja vaan asiaa voidaan tutkia yleisluontoisemmin. Rajaamisessa on tärkeää määritellä ongelma siten, että siihen voidaan löytää vastaus tutkimuksen keinoin. Keskittymällä tutkimusongelmaan tutkimus pysyy koossa, eikä lukija keskity epäolennaiseen. (Günther & Hasanen.)

Kyseessä on massiivinen hanke, jossa on useampia osa-alueita ja näkökulmia. Tarkoituksena on esitellä Digirata-hanketta yleisellä tasolla paneutumatta liikaa yksityiskohtiin. Tärkein osa-alue on esitellä itse hanketta, tulevaa ETCS-kulunvalvontaa ja sen tuomia hyötyjä junaliikenteelle ja ympäristölle Digirata-hankkeen näkökulmasta. Työssä pohditaan hieman myös haasteita ja mahdollisia uhkia, joita raideliikenteen digitalisaatio mahdollisesti tuo tullessaan. Tarkoituksena ei ole lähteä esittelemään haasteita ja uhkia tarkemmin, vaan pitää niiden kuvailu suhteellisen suppeana.

1.3 Tutkimuskysymykset ja -menetelmät

Miltä tulevaisuuden rautatieliikennöinti näyttää? Tähän pääkysymykseen opinnäytetyössä lähdetään hakemaan vastausta. Asian tietopohjaksi ja opinnäytetyön selkiyttämiseksi tarvitaan myös useita apukysymyksiä:

- Miksi Suomessa siirrytään digitaaliseen kulunvalvontaan?
- Miten siirtymä toteutetaan ja millaisella aikataululla?
- Onko vertailtu muiden maiden kokemuksia ETCS-järjestelmästä?
- Mitkä ovat mahdolliset ympäristövaikutukset?
- Mitkä ovat vaikutukset raideliikenteen kapasiteettiin?

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytetään kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusmenetelmä kerää tietoja ja kuvailee aihetta sen mittaamisen sijasta (SurveyMonkey). Sen myötä on helpompi selvittää hyötyjä ja mahdollisuuksia, joita raideliikenteen digitalisaatio Suomeen tuo. Työssä hyödynnetään benchmark-toimintaa käyttämällä vertailun ja tutkimuksen avuksi haastatteluja ja asiantuntijoiden näkemyksiä sekä haetaan tietoa erilaisista julkaisuista ja havainnoidaan jo saatuja tuloksia muista Euroopan maista. Kvalitatiivisessa tutkimusmenetelmässä näitä tuloksia ja saatua materiaalia voidaan tulkita osana asiayhteyttä. Aineistoa on haettu aktiivisesti suunnittelemalla, valitsemalla ja rajaamalla olennainen käytettävä materiaali. Laadullinen tutkimus vaatii tarpeeksi vaihtelevan aineiston, jotta tutkimusongelmaa voidaan tarkastella useamman näkökulman kautta. Aineiston laajuus ei ole tärkein kriteeri, vaan kvalitatiivinen tutkimus pyrkii saamaan analyysiin enemmän syvyyttä ja oivaltavuutta. (Vuori.)

Haastattelut on tehty sähköpostitse Google Formsin avulla haastateltavien kiireisen aikataulun takia. Tästä huolimatta haastattelu ymmärretään vuorovaikutustilanteena, eikä haastattelijan merkitystä voida mitätöidä. Kaikki haastateltavat työskentelevät Suomessa käynnissä olevassa Digirata-hankkeessa. Osa on työskennellyt myös muiden Euroopan maiden

ETCS-järjestelmän käyttöönotossa, joten opinnäytetyössä verrataan myös mahdollisia kansainvälisiä eroavaisuuksia. Käytettäessä kvalitatiivista tutkimusmenetelmää on hyväksyttävä, että selvät syy-seuraus -suhteet saattavat jäädä tunnistamatta. Merkitykset ovat moninaisia ja ristiriitaisia ja kietoutuvat toisiinsa erilaisilla tavoilla. Opinnäytetyössä pyritäänkin yksinkertaistamaan ja tiivistämään tätä monimuotoisuutta ja ristiriitaisuutta. (Günther & Hasanen.)

Tavoitteena on ymmärtää digiradan toimintaa ja hyötyä raideliikenteeseen ja saada tarkempi käsitys aiheesta. Koska kvalitatiivinen menetelmä auttaa ymmärtämään laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä kokonaisvaltaisesti, se tukee opinnäytetyön tavoitteen saavuttamista parhaiten. Laadullisella tutkimuksella saadaan laajaa ja yksityiskohtaista tutkimustietoa luotettavista ja kokemuksellisista lähteistä. Sen avulla tuotetaan myös realistista tietoa, jota ei muilla tavoin välttämättä saada selvitettyä. Menetelmän toimintamalleja ovat luonnollisuus, ajantasaisuus ja tarkoituksenmukaisuus. (Auvinen & Tarkiainen 2018.) Tarvittaessa tukena käytetään myös muita tutkimusmenetelmiä.

1.4 Teoreettinen viitekehys

Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys rakentuu tutkimuskysymysten ympärille. Pääkysymys, miltä tulevaisuuden rautatieliikennöinti näyttää, tarvitsee ajantasaista tietoa ja vertailupohjaa. Taustatietoa haetaan apukysymysten avulla. Teoria ja tutkimuksesta saatava tieto täydentävät toisiaan ja vahvistavat tutkimuksen tietopohjaa.

Koska opinnäytetyön tarkoituksena on antaa yleiskuva digitaalisesta tulevaisuuden rautatieliikennöinnistä, on syvennyttävä Digirata-hankkeesta saatavaan materiaaliin. Se toimii perustana koko opinnäytetyölle. Lisätietoa hankitaan haastattelujen ja asiantuntijoiden näkemysten avulla. Tärkeässä asemassa ovat myös ERA (European Union Agency for Railways) -sivusto sekä muut kansainväliset sivustot ja tietopankit. Ympäristövaikutuksia arvioidessa on verrattava mennyttä ja tulevaa, huomioitava muista maista saadut tulokset sekä muut liikennemuodot.

Euroopassa on tällä hetkellä käytössä yli 20 erilaista kulunvalvontajärjestelmää. Suomessa käytössä on JKV eli junien kulunvalvontajärjestelmä, joka alkaa olla tiensä päässä. Digiradan myötä Suomen raiteille saadaan uusi ERTMS-järjestelmä (European Rail Traffic Management System), joka pitää sisällään ETCS kulunvalvonnan (European Train Control System) sekä GSM-R radiojärjestelmän. (Sainio 2021.) Opinnäytetyössä vertaillaan nykyistä kulunvalvontajärjestelmää tulevaan järjestelmään ja pureudutaan muutokseen ja sen vaikutukseen. Tietoa kerätään nykyisestä sekä tulevasta junien kulunvalonnasta ja

turvalaitteista, verrokkimaiden kokemuksista ja junaliikenteen vertailusta, sekä kartoittamalla uhkia ja mahdollisuuksia.

Opinnäytetyö tehdään ilman toimeksiantoa, joten lähdemateriaalina käytetään avoimen datan tarjoamia sivustoja ja materiaaleja, sekä muun muassa Rautatietekniikka-lehteä. Tarkoituksena on myös toteuttaa haastatteluja ja käyttää hyväksi asiantuntijoiden tietämystä aiheesta. Euroopan liikennöinnistä haetaan tietoa Euroopan Unionin, ERA:n sekä muiden kansainvälisten sivustojen lähteistä.

2 Raideliikenne nyt

2.1 Suomen raideliikenne

Suomen rautatieverkosto kattaa 5918 km rataverkkoa. Radasta sähköistettyä on 3359 km ja loput 2559 km sähköistämätöntä. (Väylävirasto 2021.) Oman haasteensa rataverkolle tuo yksiraiteisuus, jolloin samaa raidetta liikennöidään molempiin suuntiin. Matkustaja- ja tavaraliikenne käyttävät pääosin samoja raiteita, poikkeuksena Helsingin lähiliikenteen matkustajajunat, jotka käyttävät omia raiteitaan. Suurin syy junien myöhässä kulkemiseen johtuu ratainfran häiriöistä, mutta myös pohjoisen ilmasto-olosuhteet vaikuttavat liikennöintiin. Merkittävä vaikutus junaliikenteen sujuvuuteen on rataverkon kunnolla ja kapasiteetilla. (VR Group.)

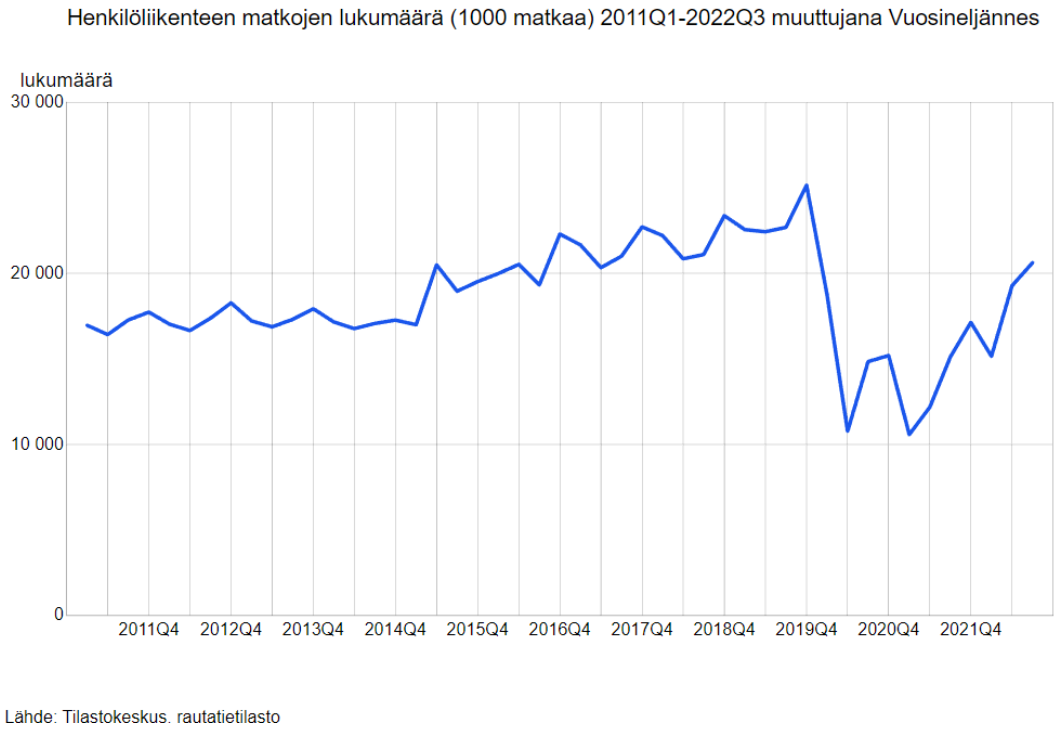
Rataverkon ylläpidosta, kehittämisestä ja kunnossapidosta vastaa Väylävirasto. Suomessa raideleveys on 1524 mm, joka poikkeaa yleisemmin Euroopassa käytössä olevasta 1435 mm:n raideleveydestä. Raideliikenteemme on kuitenkin jo nyt rajoitetusti kansainvälistä. Suomella on raideyhteydet Tornion kautta Ruotsiin sekä Vainikkalasta, Imatrankoskelta, Niiralasta ja Vartiuksesta Venäjälle. (Väylävirasto 2021.)

VR Oy (Valtion Rautatiet) toimi pitkään monopoliasemassa Suomen rautateiden ainoana liikennöijänä. Muutos tapahtui vuoden 2007 alussa kun tavaraliikenne avattiin kilpailulle, ja myöhemmin, vuonna 2016, kilpailu avautui myös Suomen ja Venäjän välisessä yhdysliikenteessä. Tällä hetkellä valtion rataverkolla on myönnetty toimilupa viidelle rautatieyritykselle. Näitä ovat VR-Yhtymä Oy, Fenniarail Oy, Operail Finland, Ratarahti Oy sekä Aurora Rail Oy. Ratarahti ja Aurora Rail toimivat pienemmässä mittakaavassa, kun taas VR-Yhtymä, Fenniarail Oy ja Operail Finland liikennöivät koko Suomen rataverkolla. (Rautatiealan sääntelyelin 2022.)

Päätös henkilöliikenteen kilpailutuksesta tehtiin hallituksen talouspoliittisen ministerivaliokunnan toimesta huhtikuussa 2017. Tähän velvoitti joulukuussa 2016 hyväksytty EU:n neljännen rautatiepaketin täytäntöönpano, jonka tavoitteena on henkilöliikenteen kilpailun edistäminen. Uudistus toteutetaan vaiheittain, hallitusti ja noudattamalla hyvää henkilöstöpolitiikkaa. VR Oy:n monopoliaseman purkamisen ja rautatieliikennöinnin kilpailun avaamisen tavoitteena on palvelutason ja asiakaslähtöisyyden parantaminen, sekä junaliikenteen osuuden kasvattaminen henkilöliikenteessä. Sen toivotaan myös edistävän lippujen hintakilpailua ja tavaraliikenteen kuljetuskustannusten alenemista. Maakunnat on kytketty alusta alkaen mukaan kilpailutukseen. Näin toimimalla suuret kaupungit, kaupunkiseudut ja maakunnat saavat mahdollisuuden järjestää alueellista sekä paikallista junaliikennettä.

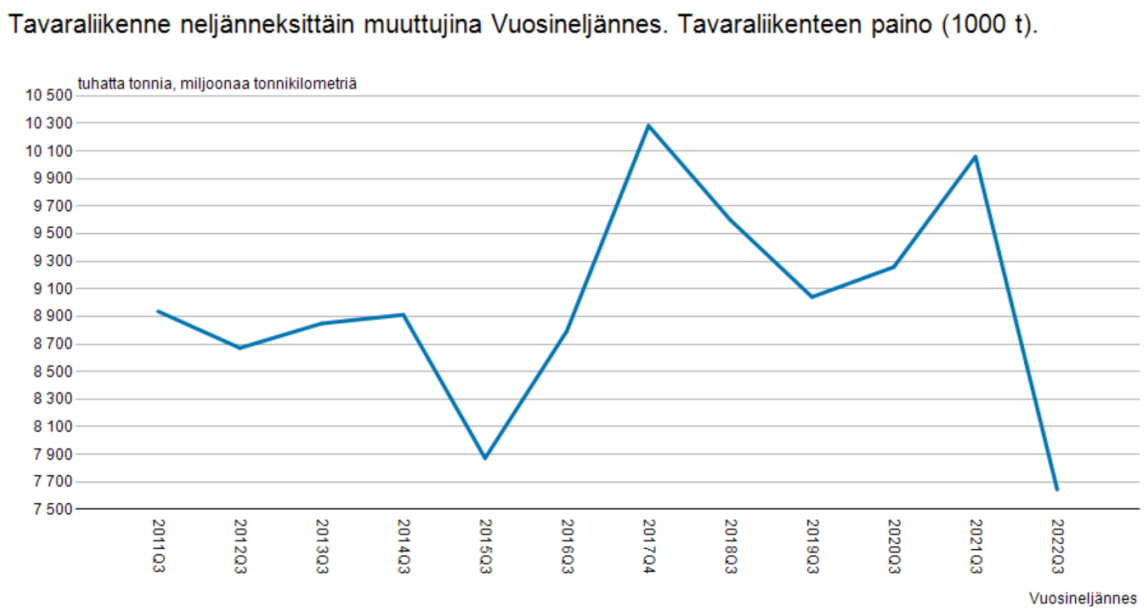
Henkilöliikenteen kilpailutus avataan vaiheittain käyttöoikeussopimusmallilla. Näin turvataan palvelun saatavuus koko maassa. Muutoksista huolimatta turvallisuudesta ei tulla tinkimään. Turvallinen rautatieliikennöinti taataan sillä, että nykyisten ja tulevien rautatieliikenteenharjoittajien on noudatettava rautatieturvallisuusasioissa kansallista ja EU-lainsäädäntöä. Toimijat hakevat Liikenteen turvallisuusvirastolta turvallisuustodistuksen. Todistus osoittaa, että rautatieliikenteen harjoittajalla on käytössä turvallisuusjohtamisjärjestelmä ja se noudattaa raideliikenteeseen liittyviä turvallisuussäädöksiä ja -määräyksiä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017.)

Alla olevissa kuvioissa (kuvio 1 ja kuvio 2) on esitetty henkilöliikenteen matkojen lukumäärä sekä tavaraliikenteessä kuljetettu tonnimäärä.



Kuvio 1. Henkilöliikenteen matkojen lukumäärä (Tilastokeskus 2022)

Vuoden 2022 kolmannella kvartaalilla Tilastokeskuksen (2022) mukaan tehtiin henkilöliikenteessä 20,6 miljoonaa matkaa. Tämä on 36 % enemmän, kuin vuotta aiemmin. Tavaraliikenteessä kulki 7,6 miljoonaa tonnia, joka taas on 24 % vähemmän kuin edellisvuonna. Henkilöliikenteessä on päästy lähelle koronaa edeltäviä matkalukemia, mutta tavaraliikenne ei ole vielä elpynyt samalle tasolle.



Kuvio 2. Tavaraliikenne neljänneksittäin (Tilastokeskus 2022)

Suomen rautatieliikenne on muutosten keskellä. Raideliikenteen kilpailuttamisen lisäksi digitalisaatio tekee tuloaan ja samalla pyritään luomaan yhtenäistä eurooppalaista rautatieliikennealuetta. Jotta rautatiejärjestelmästä saadaan yhteensopiva, on yhdenmukaistettava tekniset, hallinnolliset ja turvallisuuteen liittyvät säännöt. Todennäköisesti myös ympäristönsuojelu- sekä kuluttajansuojelutoimenpitetä tullaan yhtenäistämään kilpailun vääristymisen välttämiseksi sekä uusien yritysten markkinoille pääsyn helpottamiseksi. (Pernice 2022.)

2.2 Euroopan raideliikenne

Euroopan unioni on tavoitellut jo 1990-luvulta alkaen yhtenäisempää rautatieliikennettä. EU pyrkii yhtenäistämään raideliikenteen sääntelyä, parantamaan raideyhteyksiä maiden rajoilla ja tukemalla raideliikenteen modernisointia. Varsinkin itä-länsi -suunnan raideyhteyksiä pyritään kehittämään. Uusia raiteita rakennetaan kiihtyvällä tahdilla ja esimerkiksi Ranska, Iso-Britannia ja Ruotsi ovat investoineet merkittävästi raideliikenteen kehittämiseen. (Raidepuolue.)

Euroopan unionin rautatievirasto ERA perustettiin vuonna 2006 ja sen tehtävänä on kehittää yhteisiä standardeja sekä turvallisuusnormeja. Virasto sijaitsee Ranskassa Valenciennesissa ja sillä on tilat myös Lillessä. Viraston tavoitteena on junien turvallisuuden parantaminen ja junaliikenteen kehittäminen, jotta maasta toiseen voidaan liikennöidä pysähtymättä. (Euroopan unioni.)

Euroopan rautatiet ovat olleet hyvin erilaisia määräyksineen ja merkinantojärjestelmineen. Todennäköisesti yhtenäisiä määräyksiä ja järjestelmiä ei tulla lähitulevaisuudessa saamaan, joten tavoitteena on luoda yhteensopiva rajapinta radan ja kulkuneuvon välille. Näin mahdollistetaan rajat ylittävä raideliikennöinti EU maissa. Tuloksena on luotu eurooppalainen junavalvontajärjestelmä ETCS (European Train Control System), joka on osa Euroopan rautateiden ERTMS-toiminnanohjausjärjestelmää (European Rail Traffic Management System). Järjestelmää ollaan ottamassa vähitellen käyttöön eri EU-maiden rautatieverkoilla. Esimerkiksi Saksassa varustelu on parhaillaan menossa ja nykyään käytössä oleva LZB-järjestelmä korvataan ETCS-järjestelmällä vuoteen 2030 mennessä. Myös Belgian, Luxemburgin, Tanskan, Sveitsin ja Norjan kulunvalvonnassa siirrytään tai on jo siirrytty ETCS-järjestelmän käyttöön. (Trackopedia.)

ETCS-järjestelmän lisäksi Euroopassa on meneillään myös muita rautatiehankkeita, kuten Trans Europ Express (TEE) 2.0. Saksa käynnisti suunnitelman elvyttää alkuperäinen Trans Europ Express, joka oli käytössä Euroopassa vuoteen 1995 asti. Enak Ferlemann, Saksan edellinen liikenne- ja digitaali-infrastruktuurin parlamentaarinen valtiosihteeri, kertoo rajat ylittävästä junaverkostosta Euroopassa, joka toteutetaan yhteistyössä rautatieyhtiöiden kanssa. "Verkkoa on laajennettava kaikkialle Eurooppaan, jotta mahdollisimman monet matkustajat saataisiin junaan", sanoo Ferlemann. 21 jäsenvaltiota allekirjoitti toukokuussa 2021 aiesopimuksen verkostolle, joka ulottuu esimerkiksi Lissabonista Tallinnaan, Roomasta Tukholmaan ja Unkarista Amsterdamiin. Alkuperäiseen junaverkostoon verrattuna TEE 2.0 tulee olemaan tarjonnaltaan huomattavasti monipuolisempi. (Geerts.)

Euroopan unionissa raideliikenteessä on käytössä kansalliset säännöt, joilla tarkoitetaan kaikkia jäsenvaltioissa annettuja sitovia sääntöjä. Säännöt sisältävät kyseisessä jäsenvaltiossa asetetut rautatieturvallisuusvaatimukset tai tekniset vaatimukset ja niitä sovelletaan kyseisen valtion rautatieyrityksiin, infrastruktuurin haltijoihin ja kolmansiin osapuoliin. Säännöissä on usein vaatimuksia, jotka liittyvät yhteentoimivuuteen ja turvallisuuteen. Säännöt perustuvat kansallisiin standardeihin ja niitä ollaan korvaamassa yhteisiin standardeihin perustuvilla säännöillä, jotka on vahvistettu yhteisillä turvallisuusmenetelmillä ja yhteentoimivuuden teknisillä menetelmillä (YTE). Näitä yhteentoimivuuden teknisiä menetelmiä laajennetaan koskemaan koko unionin rautatiejärjestelmää. Tästä syystä jäsenvaltioiden on pidettävä omat kansalliset sääntönsä ajan tasalla ja ilmoitettava sääntöjen vanhentumisesta ja poistamisesta Euroopan komissiolle ja virastolle välittömästi. (European Union Agency for Railways.)

Marraskuussa 2021 perustettiin Euroopan rautatieyhteisyritys EU-Rail, joka on Horisontti Eurooppa -puiteohjelman mukainen rautatiealan tutkimuksen ja innovoinnin kumppani. EU-

Railin visiona on tarjota täydellisen integraation ratkaisuja Euroopan kansalaisille ja tavaraliikenteelle. Tavoite on nopeuttaa teknologian ja operatiivisten toimintojen tutkimusta ja kehitystä. Kumppanuus tukee Euroopan unionin tavoitteiden saavuttamista. (Europe's Rail.)

EU-Rail tukee myös European Green Deal -tavoitetta saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä. Eurooppaa digitalisoidaan, automatisoidaan ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteet on asetettu. Rautatiealan virstanpylväät liittyvät kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategiaan, joka tarkentaa liikennealan vihreää toimintaa ja digitalisointia. Tavoitteena on myös parantaa rautatieteollisuuden kilpailukykyä. EU-Rail kehittää huipputeknologiaa käytettäväksi koko Euroopan rautatieverkostoille. Tämän teknologian avulla saadaan lisättyä raidekapasiteettia ja pyritään tukemaan kustannustehokkaita ja älykkäitä yhteyksiä kestäville liikkuvuusjärjestelmille. Tukemalla vahvan ja maailmanlaajuisesti kilpailukykyisen eurooppalaisen rautatieteollisuuden kehittämistä, EU-Rail edistää myös SERA:n (Single European Railway Area) saavuttamista. (Europe's Rail.)

EU-Rail tavoittelee suuren kapasiteetin integroitua rautatieverkkoa. Yritys pyrkii poistamaan esteitä yhteentoimivuudelle ja tarjoamaan ratkaisuja liikenteenhallinnan, ajoneuvojen, infrastruktuurin ja palvelujen saumattomaan integraatioon. Digitalisaation ja automaation mahdollisuudet hyödynnetään ja se tulee vähentämään kustannuksia ja lisäämään rautateiden kapasiteettia, joustavuutta ja luotettavuutta. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi EU-Rail toimii yhteistyössä Euroopan unionin rautatieviraston (ERA) kanssa. (Europe's Rail.)

Kunnianhimoisten tavoitteiden saavuttaminen on aloitettava tunnistamalla merkittävät haasteet, joihin tulevan ratajärjestelmän on vastattava. Muuttuvat matkustaja- ja rahtiasiakkaiden tarpeet, pandemia ja muut maailman tapahtumat vaativat entistä joustavampaa rautatieliikennettä. Rautateiden on vastattava lisääntyneeseen kysyntään ja taisteltava ilmastonmuutoksen vaikutuksia vastaan. Digitalisaatio saattaa vaatia uutta infrastruktuuria, mutta suuri osa pystytään toteuttamaan hyödyntämällä jo olemassa olevaa infrastruktuuria. (Europe's Rail.)

Euroopassa on maailman johtava rautatieteollisuus ja se tulee vahvistumaan entisestään tulevien innovatiivisten ratkaisujen ansiosta. Uusien ja parempien palveluiden tarjoamiseksi rautatieliikenteen on siirryttävä yhteen eurooppalaiseen verkkoon ja oltava joustava uusien teknisten ja toiminnallisten ratkaisujen laajentamisessa ja käyttöönotossa. Mikäli tavoitteet, visiot ja rautatiejärjestelmän muutokseen liittyvät haasteet saavutetaan, asiakasvaatimuksiin voidaan vastata, suorituskyky ja kapasiteetti paranevat ja kustannukset vähenevät. Liikenne on kestävämpää ja yhdenmukaisempaa. Kaiken kaikkiaan rautateiden rooli Euroopan liikenteessä tulee vahvistumaan ja EU:n rautatiealan kilpailukyky paranee. (Europe's Rail.)

3 Digirata-hanke

Digirata-hankkeen tarkoituksena on uudistaa raideliikenteessä olevia teknisiä järjestelmiä. Tärkein osa rautateiden turvallisuuden ja sujuvuuden varmistamiseksi on toimiva junien kulunvalvontajärjestelmä. Hankkeessa lähdetään modernisoimaan kulunvalvontaa, jotta saadaan mahdollistettua nykyaikaisten ja digitaalisten järjestelmien käyttöönotto. Se tarkoittaa myös reaaliaikaisen tiedon tuottamista sekä päivittyvien aikataulujen luomista. (Digirata 2021.)

Hanke ja uudet järjestelmät turvaavat ja tehostavat liikkumista, niin matkustaja- kuin tavaraliikenteen näkökulmasta. Näin rautatieliikenteestä saadaan entistä houkuttelevampaa ja liikenteen siirtyessä yhä enemmän kiskoille, liikennepäästöt vähenevät. Nykyinen JKV järjestelmä, joka vanhentuu lähitulevaisuudessa, tullaan korvaamaan EU-vaatimusten mukaisella ETCS kulunvalvontajärjestelmällä. (Digirata 2021.)

Digirata-hanke toteutetaan vaiheittain, ja alustavan suunnitelman mukaan viimeinen vaihe saadaan valmiiksi vuonna 2040. Kyseessä on iso, koko Suomen kattava hanke, ja kustannukset nousevat korkeiksi. Kustannusarvio rautatieinfrastruktuurin osalta on noin 1,4 miljardia ja junakaluston omistajien kustannukset 250 miljoonaa euroa. Infrastruktuuriin kohdistuvat varat saadaan valtion budjetista sekä hyödyntämällä EU-tukia. Kaluston omistajat vastaavat omalta osaltaan junakalustosta aiheutuvista kustannuksista. (Digirata 2021.)

Haverinen ja Häkki (2023, 154–155) kertovat Digiradan tuovan merkittävän muutoksen koko rautatiealalle. Muutos koskettaa uuden teknologian kehittämistä ja implementointia, mutta ennen kaikkea se tulee olemaan kulttuuri- ja osaamismuutos. Tämän suuren muutoksen läpivienti vaatii organisaatiorajat ylittävää yhteistyötä ja tiedonjakoa. Laajuuden, ajan ja tavoitteiden suhteen hankkeessa on paljon yritysmäisiä piirteitä. Osaamisen johtaminen on digiradassa kuitenkin kompleksisempi, kuin perinteiset yritystoiminnan kentässä yleensä nähtävät hankkeet. Mukana olevat henkilöt tulevat erilaisista taustaorganisaatioista ja hankkeen vaikuttamisala on koko rautatiealan verkosto.

Osaamisen kehittämisen korkein prioriteetti on varmistaa laadullisesti, määrällisesti ja oikea-aikaisesti hankkeella työskentelevien osaaminen hankkeen tarpeisiin nähden. Hankkeen toimintatavoilta, ihmisiltä ja kulttuurilta vaaditaan paljon, koska hankkeessa työskentelevien tehtävänä on synnyttää uutta tietoa, jakaa kokemuksia, oppia toisilta ja reflektoida jatkuvasti uutta kertyvää kokemusta. Tästä syystä osaamisen kehittämistä on lähdetty rakentamaan menestystekijöiden, arvojen ja yhteisen hankekulttuurin elementtien määrittämisen kautta. Kehittymisen tärkeitä kulmakiviä on osata kysyä oikeita kysymyksiä ennakoiden ja fasilitoida keskustelua eri osaamistarpeiden ympärillä. Tarpeeksi suurella määrällä

ihmisiä on oltava laaja ymmärrys kokonaisuudesta. Muutosjohtamisen ja projektijohdon kyvykkyys ja osaaminen, sekä digiradassa työskentelevien perehdytys ja osaamisvaatimukset on priorisoitu korkealle. Digiratalaisuuden perusperiaatteiksi ja onnistumisen edellytykseksi on muodostunut yhteisöllisyys, jatkuva oppiminen ja tiedonjako sekä rohkea kokeilukulttuuri. (Haverinen & Häkki 2023, 154–155.)

Digirata-hankkeen aloittamista on vauhdittanut myös EU-regulaatio. Suomi on EU:n jäsenmaa, joten järjestelmät tulee tehdä yhteensopiviksi eurooppalaisten järjestelmien kanssa. Jotta yhteentoimivuus voidaan taata, varustellaan Euroopan laajuinen TEN-T verkko ERTMS-järjestelmällä. Suomeen tulee hankkeen myötä ilman näkyviä opastimia toteutettava moderni radioverkkopohjainen ETCS kulunvalvontajärjestelmä, jonka avulla saadaan Suomelle kestävä teknologinen kehityspohja. Ratakapasiteettia pystytään kasvattamaan ja junaliikenteen täsmällisyyttä parantamaan. Häiriöiden vaikutukset ja kestot saadaan minimoitua ja ratatöihin ja tasoristeyksiin liittyvä turvallisuus paranee. Käytettävä radioverkko perustuu yhteiseurooppalaiseen FRMCS-järjestelmään (Future Railway Mobile Communication System). (Digirata b.)

FRMCS:n käyttöönotosta Suomessa vastaava projektipäällikkö Simon Indola (2023) sanoo, että kaupallisesti saatavilla olevia mobiiliverkko-operaattoreita (MNO) hyödyntävä FRMCS-ratkaisu on merkittävä mahdollisuus Euroopan rautateille. Vuonna 2021 tehtiin selvitys tarvittavan radioverkon kapasiteetin tunnistamiseksi. Tarkoituksena oli ymmärtää junan ja radan välisiä viestintätarpeita eri sidosryhmien näkökulmista. Näitä ovat esimerkiksi kaluston kunnossapito, matkustajainformaatio, diagnostiikka, paikannus, automatisoitu junatoiminta, matkustajat, turvallisuus ja muut muuttujat. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että tehtäviin ja aikakriittisiin liikenteenhallintatarkoituksiin riittävä tiedonsiirtonopeus on 50 kb/s, mutta sen on oltava vakaa, jatkuvasti käytettävissä ja luotettava.

Tutkimusta jatkettiin keväällä 2022 mittaamalla koko Suomen rataverkon kuuluvuus ja tiedonsiirtonopeus olemassa olevilla kaupallisilla 4G-verkoilla. Tulokset olivat erinomaiset. Neljässä viidestä testatusta muuttujasta saatiin 99,99 % luotettavuusvertailu. Suomessa voidaankin täyttää jo tänään luotettavuus- ja FRMCS-vaatimukset 4G-verkoissa. MNO:n hyödyntäminen on nopein ja kustannustehokkain tapa ottaa FRMCS käyttöön. Sen avulla Suomessa voidaan käynnistää kaikki linjat yhtä aikaa ja käytännössä katsoen ottaa ne yhdessä yössä käyttöön. ”En malta odottaa, että pääsen painamaan sitä kytkintä” Indola (2023) toteaa.

Käytännössä Digiradan pilottivaihe tullaan toteuttamaan Tampere-Pori/Rauma-rataosuudella. Rataosuudesta käytetään nimeä EKA, eli ensimmäinen kaupallinen rataosio. Vuoden 2023 ensimmäisellä kvartaalilla on aloitettu kilpailutus ja turvalaitehankinnat ja Euroopan

rautatievirastolta haetaan lupaa järjestelmän käyttöönotolle. Näin voidaan varmistaa, että yhteensopivuussäädöksiä on noudatettu. (Digirata 2022.)

Liikkuvan kaluston saaminen EKA-radalle on varmistettava, joten yhteistyö kaluston hankintaan liittyvien operaattoreiden kanssa on jo aloitettu. Seuraavaksi tavoitteena on hyödyntää digitalisaatiota, optimoida kunnossapidon ja käytettävyyden ratkaisuja ja tuoda Digirata kattavasti koko Suomen rataverkolle. (Digirata 2022.)

Perehdyttäessä Digirata-hankkeeseen tavoitekuvan (kuva 1) avulla, voidaan miettiä opinnäytetyön pääkysymystä useammalta kantilta. Miltä tulevaisuuden rautatieliikennöinti näyttää?

Kuva 1. Digiradan tavoitekuva (Digirata b)

Teknologian näkökulmasta**:**

Tarkoituksena on luoda moderni, radioverkkopohjainen järjestelmä, joka helpottaa tulevan teknologian käyttöönottoa. Liikenteenhallinnasta tulee entistä dynaamisempaa, järjestelmiä on helppo päivittää ja asetinlaitteita pystytään nostamaan digitaaliselle tasolle. Uusi teknologia mahdollistaa datan seurannan ja tallentamisen, joten kaluston ja verkon kunnossapidon ennakointitarpeet helpottuvat. Tämä tuo merkittäviä kustannussäästöjä. Junaliikennettä voidaan automatisoida ja logistiikkaa digitalisoida entistä enemmän. Radioverkko on tärkeä tekijä myös ratahankkeiden toteutuksessa.

Kapasiteetin lisäyksen näkökulmasta:

Tämänhetkinen ratakapasiteettitarjonta ei ole riittävää tulevaisuuden kasvavalle junaliikenteen kysynnälle. Kysynnän odotetaan nousevan erityisesti Etelä-Suomen kaupunkiliikenteessä sekä pääradalla. Digiradan toteutuessa pystytään kapasiteettia kasvattamaan paikoin jopa 30 %. Digirata on suunnitteilla koko Suomen rataverkolle, joten se tulee palvelemaan kaikkia.

Ympäristönäkökulmasta:

Suomen tavoitteena on puolittaa liikenteestä aiheutuvat päästöt vuoteen 2030 mennessä. Myös EU tasolla tavoitellaan liikennepäästöjen pienentämistä ja rautatieliikenteen osuuden kasvattamista. Siitä esimerkkinä on Euroopan vihreän kehityksen ohjelma Green Deal. Rautatieliikenteen päästöt ovat huomattavasti pienemmät muihin liikennemuotoihin verrattaessa. Digiradan myötä mahdollistetaan sekä henkilö- että tavaraliikenteen markkinaosuuden kasvattaminen ja siten vähennetään merkittävästi liikenteen päästöjä. Digiradalla on iso positiivinen vaikutus ilmastonmuutoksen hillitsemisessä Euroopan laajuisesti.

Matkustajanäkökulmasta:

Junaliikenteen täsmällisyys tulee parantumaan digitalisaation myötä. Junat pystyvät kulkemaan entistä tiheämmin vuorovälein ja häiriöitä tulee olemaan vähemmän. Häiriöiden vaikutukset pystytään rajaamaan entistä paikallisemmiksi, joten niiden vaikutus liikenteeseen on huomattavasti pienempi. Matkan teko on sujuvaa ja digipalveluja on tarjolla runsaasti. Digirata takaa myös saumattomien matkaketjujen toiminnan.

Turvallisuuden näkökulmasta:

Junaliikenteen ykkösasia on aina ollut turvallisuus. Tämä ei tule muuttumaan digiradan myötä, vaan turvallisuus on edelleen prioriteeteissä korkeimmalla. Radioverkkopohjainen järjestelmä helpottaa, nopeuttaa ja parantaa mahdollisten liikenteen rajoitteiden asettamista. Ratatöiden aikainen työntekijöiden turvallisuuden varmistaminen pystytään tekemään entistä paremmin. Tienkäyttäjien odotusaika tasoristeyksissä pystytään minimoimaan turvallisesti tasoristeyksissä toimivien junatunnistimien avulla. Tiedotus ja tarvittavat lisäpalvelut voidaan järjestää ajantasaisesti, ja se tulee parantamaan matkustajien kokemaa turvallisuutta.

Digirata haluaa myös edistää kansainvälistä vaikuttamis- ja verkostoitumistyötä. Vuoden 2022 aikana Digiradan tunnetuksi tekemiseen ja kansainvälisen kentän seurantaan erikoistuneet työryhmät on integroitu mukaan hankkeeseen. Ulkomaiset toimijat ovat kiinnostuneet Suomalaisista ratkaisuista ja innovaatioista, ja Suomi on ottamassa suunnannäyttäjän roolia tietyillä osa-alueilla. Digirataa voidaankin pitää kasvualustana uudelle osaamiselle ja

liiketoiminnalle. Sitä kautta päästään esittelemään suomalaista teknologiaosaamista ja innovaatioita eurooppalaisille kumppaneille. (Digirata b.)

Kaiken kaikkiaan Digirata on merkittävä investointi rautatieliikenteeseen. Tulevaisuuden junaliikenteessä mahdollistetaan korkeampi rautatieliikenteen saavutettavuus, parempi palvelutaso sekä turvallinen ja sujuva liikkuminen. Digirata luo houkuttelevan tulevaisuuden rautatieliikennemallin. (Digirata b.)

4 Junien kulunvalvontajärjestelmät

4.1 JKV-järjestelmä

Suomessa on tällä hetkellä käytössä JKV-järjestelmä, eli junien kulunvalvontajärjestelmä, jolla varmistetaan junan kulkeminen sääntöjen mukaisesti. JKV otettiin käyttöön rantaradalla 1995 ja neljätoista vuotta myöhemmin se oli käytössä lähes koko Suomen rataverkolla. JKV-järjestelmä varmistaa sekä rataan että vetureihin asennettujen laitteiden osalta sen, että liikennöinnissä noudatetaan radan nopeuksia, merkkejä ja opasteita. Mikäli veturinkuljettaja ei reagoi nopeusrajoituksiin tai opastimiin, järjestelmä varoittaa ja tarvittaessa jarruttaa junaa. JKV toimii baliisien avulla pistemäisesti, eli JKV-päätelaite saa tietoja ainoastaan veturin ylittäessä baliisiryhmän. (Pyykkönen 1999.)

Baliisit ovat rataan asetettuja tiedonsiirtolaitteita, jotka on yleensä asetettu opastimien kohdille pareittain. Baliisit välittävät tietoa esimerkiksi suunnasta, etäisyyksistä ja nopeusrajoituksista. Ennen matkan alkua, kuljettaja syöttää JKV-päätelaitteistoon tiedot junan pituudesta, painosta ja jarrupainosta, sekä tiedot vallitsevista keliolosuhteista. Näiden tietojen sekä baliisin antamien tietojen perusteella, junalle määräytyy jarrukäyrä. Kuljettaja näkee määrätyn nopeuden, tulevat rajoitukset sekä rajoitusten lajit nopeusmittarin näytöltä. Kaikki junan kulkuun liittyvät tiedot tallentuvat junan rekisteröintilaitteeseen automaattisesti. Mikäli kyseessä on erityisen raskas juna, sillä voi olla erikseen määrätty mahdollisuus vauhdinottoon ja vastaavasti rajoitettu nopeus alamäessä. JKV ottaa huomioon myös junan pituuden, joten junan nopeutta voidaan nostaa vasta sen jälkeen, kun juna on ohittanut rajoitusalueen koko pituudeltaan. (Pyykkönen 1999.)

Ratateknisiin ohjeisiin (RATO 10) Junien kulunvalvonta JKV (2021, 10.2) on määritelty JKV:n perusperiaatteet ja vaatimukset. Junan on esimerkiksi aina saatava ennakkotieto tulevasta opasteesta, vaihteesta, nopeusrajoituksesta tai junakulkutien päätekohdasta. Kun JKV-varusteltua rataa suunnitellaan, onkin tärkeää määritellä tiedonsiirtomatka. Matka määrittyy raidenopeuden mukaan ja se saa olla korkeintaan kuusi kilometriä. Ratatekniset ohjeet määrittelevät myös esimerkiksi baliisien asennusohjeet, sekä tarkastustoimenpiteet JKV-radalla. JKV:n käyttöönoton aloitukselle on oltava Väyläviraston hyväksyntä.

Teknisesti tai taloudellisesti ajateltuna nykyisen junien kulunvalvontajärjestelmän elinkaaren jatkaminen ei ole järkevää. Mikäli rautateille ei saada uutta kulunvalvontajärjestelmää, junaliikenteessä ei pystytä takaamaan nykyisen kaltaista palvelutasoa, eikä vastaamaan tulevaisuuden kasvaviin liikennetarpeisiin. (Traficom 2023.) Nykyisen JKV:n on kuitenkin tärkeä pysyä toiminnallisena siihen saakka, että Digirata on lopullisesti käytössä. Erillisessä JKV:n elinkaaren varmistamisselvityksessä tutkittiin asiaa niin ratainfran kuin liikkuvan

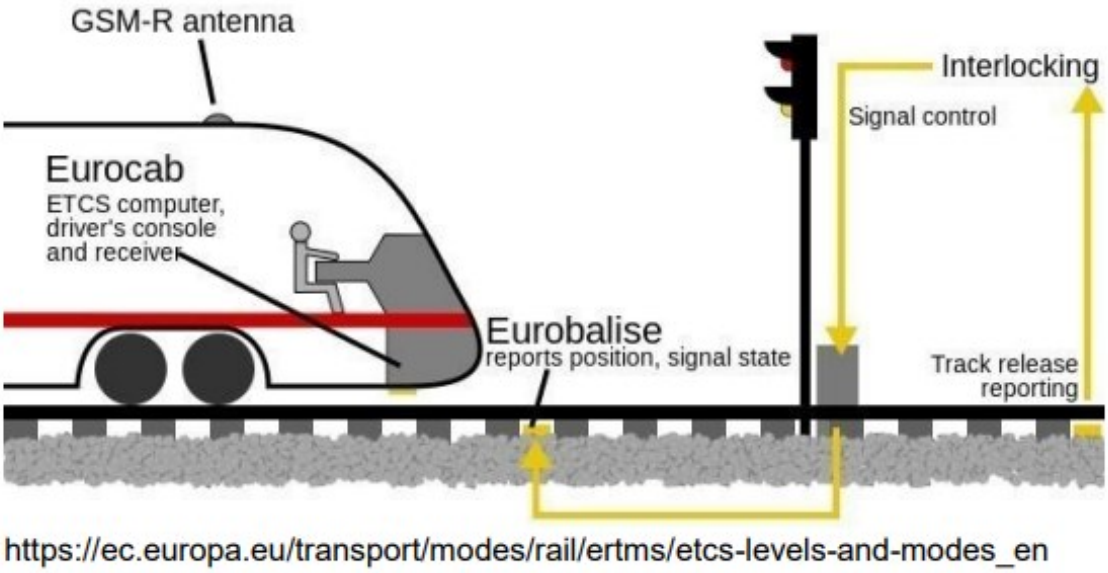
kaluston osalta. Selvityksessä todetaan, että elinkaareen liittyvät riskit voidaan hallita tietyillä toimintatavoilla. Esimerkiksi varaosien saatavuus voidaan varmistaa käyttämällä käynnissä olevista hankkeista purkautuvaa materiaalia. Tämänhetkisen arvion mukaan jopa 80 % poistettavasta materiaalista voidaan uudelleenkäyttää. Käytöstä poistettujen materiaalien kierrätys on jo itsessään ympäristöteko. Vanhenevat, mutta edelleen toimivat laitteet hyödynnetään ilman turhaa jätettä ja uusien laitteiden hankintaa. Tutkimuksen ja havaintojen perusteella esimerkiksi uusia baliiseja ei olisi tarvetta hankkia ennen JKV-järjestelmän elinkaaren loppua. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021:17, 41–43.)

4.2 ETCS-järjestelmä

ETCS eli European Train Control System on eurooppalainen junien kulunvalvonnan järjestelmä. ETCS-järjestelmällä varustetut junat voivat kulkea vapaasti niille sopivasti varustetuilla radoilla missä tahansa maassa. Järjestelmän avulla voidaan lisätä olemassa olevien verkkojen kapasiteettia paikoin jopa useita kymmeniä prosentteja. Radiopohjaisen tiedonsiirron ja supistetun infrastruktuurin ansiosta vikoja on vähemmän kuin nykyisissä kulunvalvontajärjestelmissä. Radanvarsi- ja junalaitteita valmistavat useat toimittajat, joten markkinoilla on kilpailua. (Thales.)

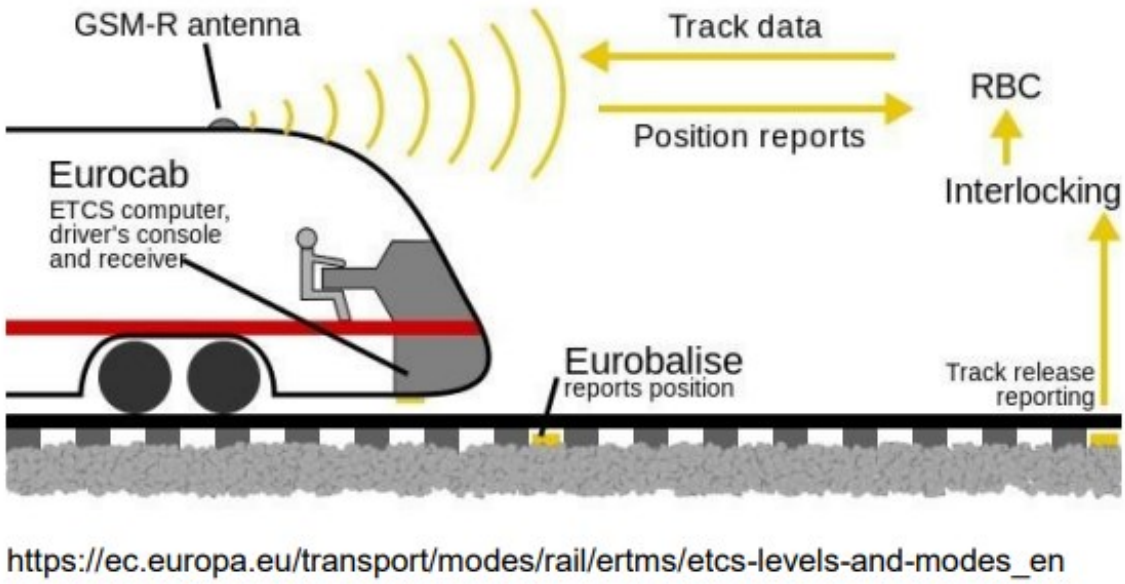
ETCS-järjestelmään siirryttäessä poistetaan radanvarren laitteita, kuten opastimia, joka vähentää ylläpitokustannuksia. Järjestelmä laskee jatkuvasti junalle sen turvallisen suurimman nopeuden ja lähettää sitä kuljettajalle ja junajärjestelmille. Radanvarsilaitteet ja junajärjestelmät standardoidaan ETCS tasojen mukaan. (Thales.)

ETCS tasoja on kolme, joista taso 1 vastaa Suomessa nykyään käytössä olevaa junakulunvalvontaa. Tasolla 1 (kuva 2) on pistemäinen kulunvalvonta ja näkyvät opastimet. Käytännössä siirtymällä JKV mallista ETCS tasolle 1 ei siis saada esimerkiksi lisättyä juurikaan käytössä olevaa kapasiteettia.



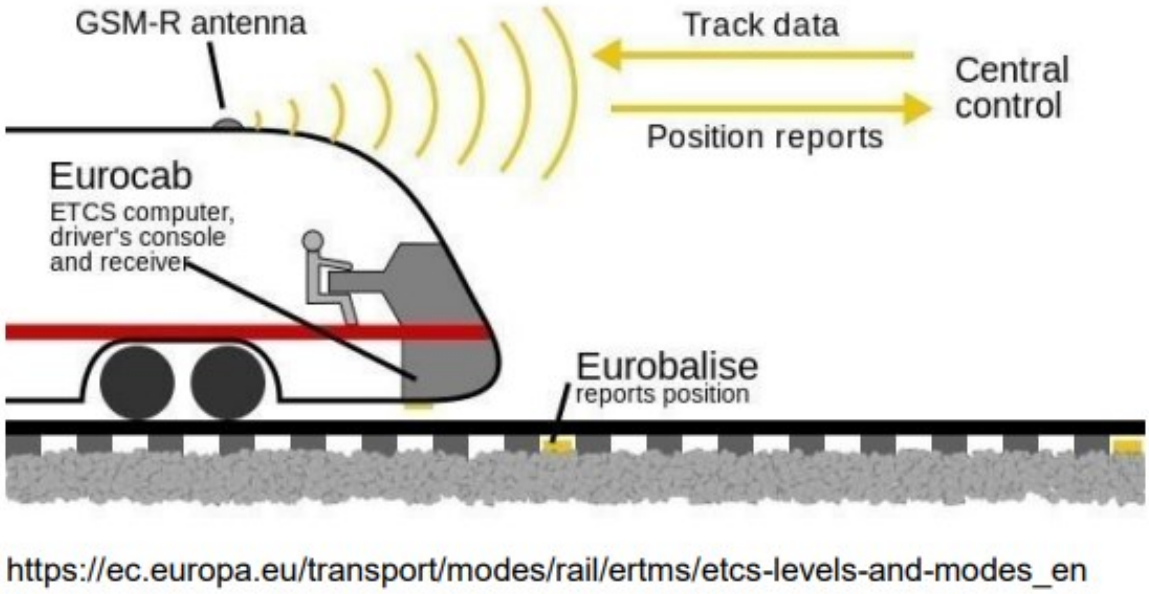
Kuva 2. ETCS taso 1 (Sirkiä 2021)

ETCS taso 2 (kuva 3) toimii antamalla radiopohjaisen kulunvalvonnan avulla jatkuvatoimisesti ajantasaista tilannetta veturin kuljettajapäätteeseen (driver's console). Veturissa oleva kuljettajapaneeli näyttää etäisyyden seuraavaan rajoitteeseen. Radassa on käytössä baliiseja (eurobalise), joiden avulla saadaan määriteltyä yksikön tarkempi sijainti (position). Rata on jaettu kiinteisiin suojaväleihin akselinlaskennan avulla, mutta näkyviä opastimia ja opasteita tasolla 2 ei ole. Merkittävintä tasolla 2 on tiedon jatkuva päivittyminen. Kuljettaja voi seurata edessä olevan radan vapaanaoloa (track release) reaaliajassa kuljettajapaneelista. Näin saatavan tiedon ansiosta ei tarvita baliisiryhmän päivittämää tietoa ja valvontanopeuden merkitys vähenee. Energiatehokkuus lisääntyy, sillä myös tarpeeton jarruttaminen ja kiihdyttäminen vähenee. Mikäli radalla on tilapäisiä nopeusrajoituksia tai joudutaan välittämään hätäjarrutuskäsky, ne voidaan toimittaa suoraan kuljettajan päätelaitteelle radioteitse.



Kuva 3. ETCS taso 2 (Sirkiä 2021)

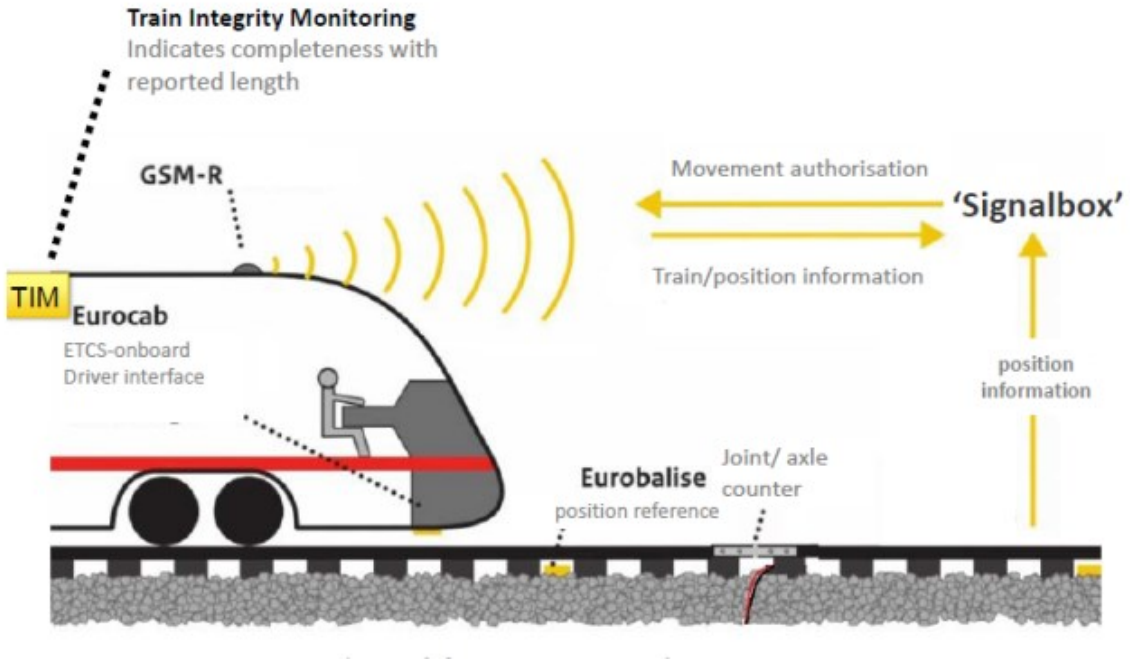
ETCS taso 3 (kuva 4) ei käytä kiinteitä suojavälejä tai ratalaitteiden avulla toteutettavaa vapaanaolon valvontaa, vaan suojavälit muuttuvat junaliikenteen mukaisesti. Näin yksiköt voivat liikkua mahdollisimman lähellä toisiaan turvallisuus huomioiden. Yksikkö ilmoittaa jatkuvasti sijaintitietoaan (position reports) ja valvoo, että juna on kokonainen. Tason 3 ratkaisu tarkoittaa, ettei raiteen vapaanaolon valvontaa eikä akselinlaskijoita enää tarvita. (Sirkiä 2021.)



Kuva 4. ETCS taso 3 (Sirkiä 2021)

ETCS on kokonaisuutenaan EU:n säätelemä järjestelmäkokonaisuus. Lehtola ja Pylvänäinen (2023, 132–133) kertovat artikkelissaan, että Digirata-hankkeen tavoitteena on korvata nykyinen JKV järjestelmä koko rataverkon osalta ETCS-järjestelmällä. Jotta digitalisaatiosta saatavat hyödyt voidaan maksimoida, samalla tehdään myös tarvittavat modernisoinnit turvalaitteisiin ja liikenteenhallintaan. Digirata-hanke etenee vaiheittaan kohti ETCS tason 3 toiminnallisuutta. Hankkeen ensivaiheessa pyritään toteuttamaan hybridiratkaisu, jossa tasoon 2 saadaan yhdistettyä tason 3 ominaisuuksia. ETCS ja raideliikenteen radiopohjaisuus tuovat uusia haasteita muun muassa kyberturvallisuuden näkökulmasta. Tulevassa järjestelmässä onkin panostettava entistä enemmän toimintavarmuuteen muuttuvissa olosuhteissa. Täydennystä teknologiseen järjestelmään tuovat uusi paikantamisen malli, dynaaminen suojastus, junatoimintojen automatisointi sekä jarrukäyttäytyminen, joka on optimoitu Suomen olosuhteisiin.

ETCS taso Hybrid Level 3 (kuva 5) on EUG:n (ERTMS Users Group) määrittämä erityinen tason 3 täytäntöönpanokonsepti. HL3 konseptin pääominaisuus on, että se käyttää kiinteitä virtuaalisia osuuksia junien erottamiseen tasolla 3 olevien liikkuvien osuuksien sijasta. Virtuaaliset osuudet on varustettu junien eheyden valvontajärjestelmällä (TIMS, Train Integrity Monitoring System). Hybrid Level 3 on kehitetty vastaamaan ETCS tason 3 haasteisiin. ETCS taso 3 perustuu ennakkoehtoihin, joita on nykyään vaikea saavuttaa. HL3 mahdollistaa yhteensopivuuden tavarajunien kanssa ja paremman junien ja kokonaisuuden hallinnan. Koska HL3 käyttää kiinteitä osuuksia, on sillä vähemmän vaikutusta olemassa oleviin radanvarsijärjestelmiin ja toimintamenetelmiin. Lyhentämällä virtuaaliosuuksien pituutta, suorituskyky voi olla samanlainen kuin liikkuvien osuuksien käytössä. Tämä tarkoittaa, että suorituskykyetu ei vaarannu. (Bastian 2023.)



Kuva 5. ETCS Hybrid Level 3 (Jansen, Quaglietta, Bartholomeus, Pot & Goverde 2019)

ETCS tasoja pyritään ymmärtämään hyödyntämällä järjestelmän simulointia. Sen lisäksi että järjestelmästä opitaan enemmän, järjestelmä voidaan myös optimoida parhaalla mahdollisella tavalla Suomen tarpeisiin sopivaksi. Haasteena on, että Suomessa ei ole vielä tarpeeksi ETCS-järjestelmää tuntevia osaajia. Uudet, koko Suomen rataverkkoon liittyvät määrittelyt ja tekniset vaatimukset on tehtävä pohjautuen tarkkaan tietoon ETCS-järjestelmästä. Simuloinnin avulla itse järjestelmästä ja sen toiminnallisuudesta opitaan parhaiten. Kouvolan Ratateknisessä oppimiskeskuksessa (ROK) sijaitsee ETCS-simulointiympäristö, jossa on jo tehty simulointeja. Tarve simulointeihin lähtee usein valittujen arvojen verifioinnista, tai tarpeesta ymmärtää miksi asiat on suunniteltava tietyllä tavalla. Esimerkkinä voidaan mainita sijainninkorjauspisteiden asentaminen sekä yksiköiden jarrutusmatkojen testaaminen eri valvontanopeuksilla. (Neuvonen 2023, 134–135.)

Lähtökohtana simuloinnille on oltava tarkat tapauskohtaiset lähtötiedot, jotta simuloinnin tuloksia voidaan pitää luotettavina. Luotettavat tulokset auttavat tekemään päätöksiä, jotka liittyvät useisiin eri ETCS-järjestelmän ominaisuuksiin ja muuttujiin. Määrittäessä valvontanopeutta pyritään varmistamaan, että raiteilla liikkuva yksikkö pysähtyy turvallisesti ennen turvattavaa kohtaa. Mikäli yksikkö ohittaa luvatta annetun ajoluvan päätekohdan, ETCS-veturilaite suorittaa hätäjarrutuksen. Simulointeja hyödynnetään uusien valvontanopeuksien ja ohiajovarojen määrittelyssä. (Neuvonen 2023, 134–135.)

ETCS-järjestelmän hyödyt entiseen JKV-järjestelmään verrattuna:

- Kestävä teknologinen kehityspohja.
- Ratakapasiteetin lisäämisen mahdollistaminen.
- Junaliikenteen täsmällisyyden parantaminen.
- Matkustajamäärien lisääminen nykyisellä rataverkolla.
- Häiriöiden vaikutusten ja kestoajan minimointi.
- Tasoristeys- ja ratatyöturvallisuuden parantaminen.

Digirata-hankkeen pyrkimyksenä on tuoda kaikki ETCS-järjestelmän hyödyt käyttöön ja luoda näin pohja turvalliselle ja sujuvalle junaliikenteelle. (Digirata b.)

4.3 JKV-järjestelmästä ETCS-järjestelmään

Turvalaitekokonaisuus ja arkkitehtuuri tulevat muuttumaan merkittävästi Suomen siirtyessä ERTMS aikakaudelle. Tuleva järjestelmä pystyy hallitsemaan huomattavasti suurempia maantieteellisiä alueita, kuin nykyisin käytössä oleva asetinlaitejärjestelmä. Lisäksi radioverkkopohjaiseen ETCS-järjestelmään liittyy radiosuojastuskeskus (RBC, Radio Block Centre), joka vastaa radioyhteyden ylläpidosta raiteilla kulkevan ETCS-kaluston kanssa. Jatkossa käytössä tulee olemaan ainoastaan yksi kauko-ohjausjärjestelmä (CTC, Centralized Traffic Control). Ohjausjärjestelmäteknisiä rajoja ei siis muodostu ohjausalueiden välille, joten liikenteenohjausnäkymä ja -toiminnot ovat yhteneväiset. Häiriötilanteisiin varaudutaan varustamalla asetinlaitteet paikallisohjausmahdollisuudella. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021:17, 28–29.)

Suomen rataverkolla on tällä hetkellä käytössä kahdenlaisia sarjaliikenteisiä baliiseja, joita ei sellaisenaan voi käyttää osana tulevaa eurooppalaista ERTMS/ETCS-järjestelmää. Laitevalmistaja Alstom tunnisti kehitystarpeen ja kehitti kaksitoimisen baliisin, tuotenimeltään Balise2020. Tällä yhdellä baliisilla voidaan välittää sekä sarjaliikenteinen baliisisanoma, että eurobaliisisanoma, sen sijaan että tarvittaisiin kahta erillistä baliisia. Lisäksi Alstom pystyy yhdistämään kaksi tuotantolinjaa, joka pienentää huomattavasti tuotannon aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Balise2020 vastaa sekä JKV:n tarpeisiin, että itse ERTMS-järjestelmän tarpeisiin siirtymäkaudella sekä tarvittaessa myös sen jälkeen. Baliiseja tullaan tarvitsemaan myös tulevaisuudessa esimerkiksi paikkatietotarpeisiin. (Nyström & Tapia 2023, 110–111.)

Tuotevalmistaja toimitti baliisien ensimmäiset prototyypit Suomeen testattaviksi kesällä 2021. Ensimmäiset testit tehtiin ilman kiinteitä asennuksia rataan, eikä niissä ilmennyt ongelmia tai virheitä. Esitestin jälkeen oltiin valmiita siirtymään kenttätesteihin. Testausta

varten baliiseja asennettiin rataan ja testiajoja alettiin suorittamaan. Ajot suoritettiin Siemens Vectron Sr3-veturilla, jolla testiajot voitiin ajaa myös eurobaliisina. Testaustulokset vahvistivat tuotteen toimivuuden myös reaalitilanteessa, joten voitiin siirtyä hyväksyntävaiheeseen. Hyväksyntävaihe käynnistettiin vaihtamalla prototyypit tuotantoversiomalleihin ja ensimmäiset testit suoritettiin tammikuussa 2022. Sekä JKV-, että eurobaliisitestiajoja suoritettiin toukokuulle saakka, eikä vikoja tai muuta virheellistä toiminnallisuutta havaittu. Testijakson perusteella aloitettiin tuotehyväksyntäprosessi. Kun laitetoimittaja on laatinut sertifikaatteihin perustuvat EY- ja FI-vaatimustenmukaisuusvakuutukset, Balise2020 voidaan ottaa käyttöön Suomen rataverkolla. Näin saadaan taattua turvallinen, luotettava ja tarpeisiin mukautuva ratkaisu siirtymäajalle, sekä digirata-aikakaudelle. (Nyström & Tapia 2023, 110–111.)

5 Yhtenäinen ja ympäristöystävällinen raideliikenne

5.1 Yhteentoimiva rautatiealue

EU käynnisti vuonna1996 prosessin, jossa haluttiin varmistaa junien saumaton ja turvallinen siirtyminen jäsenvaltiosta toiseen. Vuosina 2005, 2008, 2012 ja 2016 rautatiealan edustajat ja komissio allekirjoittivat pöytäkirjoja, joilla vahvistettiin yhteistyön ja sitoumusten päätavoitteet ja vähennettiin yhteentoimivuuden teknisiä esteitä. Euroopan parlamentti on ilmaissut yksiselitteisen tukensa ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöönotolle ja peräänkuuluttanut EU-maita toimimaan yhteisen eurooppalaisen rautatiealueen perustamiseksi. Parlamentti on tehnyt asetuksia rajat ylittävän rautatiealueen luomisen edistämiseksi. Yksi niistä on Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/796, joka pyrkii muun muassa edistämään vuoropuhelua rautatiealan toimijoiden välillä:

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) 2016/796

> *(3) Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksella (EY) N:o 881/2004 (6) perustettiin Euroopan rautatievirasto, jäljempänä 'virasto', rajat ylittävän eurooppalaisen rautatiealueen luomisen edistämiseksi ja rautatiealan elvyttämiseksi vahvistamalla samalla rautatiealan keskeisiä etuja turvallisuuden osalta. Neljäs rautatiepaketti sisältää merkittäviä muutoksia, joiden tarkoituksena on parantaa yhtenäisen eurooppalaisen rautatiealueen toimintaa; ehdotetut muutokset sisältyvät uudelleenlaadittuihin direktiiveihin 2004/49/EY ja 2008/57/EY, jotka molemmat liittyvät suoraan viraston tehtäviin. Kyseisissä direktiiveissä säädetään erityisesti kalustoyksikköjen käyttöönottolupien ja turvallisuustodistusten antamiseen liittyvien tehtävien hoitamisesta unionin tasolla. Tämä merkitsee laajempia tehtäviä virastolle. Koska viraston tehtäviin ja sisäiseen organisaatioon tehdään huomattavia muutoksia, asetus (EY) N:o 881/2004 olisi kumottava ja korvattava uudella säädöksellä.*
>
> *(4) Viraston olisi edistettävä todellisen eurooppalaisen rautateiden toimintaympäristön kehittämistä tarjoamalla keskeinen väline vuoropuhelua, kuulemista ja näkemysten vaihtoa varten kaikkien rautatiealan toimijoiden välillä, ottaen asianmukaisesti huomioon niiden tehtävät sekä rautatiealan tekniset ominaisuudet. Viraston olisi tehtäviään hoitaessaan ja erityisesti suosituksia ja lausuntoja laatiessaan otettava perusteellisesti huomioon ulkoinen rautatiealan asiantuntemus, erityisesti rautatiealan ammattilaisten ja asianomaisten kansallisten viranomaisten asiantuntemus. Viraston olisi näin ollen*

> *perustettava pääosin näistä asiantuntijoista koostuvia toimivaltaisia ja edustavia työryhmiä sekä muita ryhmiä.* (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/796.)

Parlamentti on myös vaatinut EU-komissiota antamaan konkreettisia ehdotuksia ympäristöystävällisemmästä liikenteestä. Rautateiden profiilia tulisi nostaa merkittävänä vaihtoehtona liike- ja työmatkoille. (Pernice 2022.)

Euroopan Unionin tavoite tehdä rautateistä turvallisia ja yhteentoimivia vaatii ERTMS:n käyttöönoton kaikissa EU-maissa. Käyttöönotto on jatkunut jo useita vuosia ja esimerkiksi Alankomaissa ensimmäinen ERTMS-linja toteutettiin jo 2000-luvun alussa. Näistä ajoista säännöt ja vaatimukset ovat muuttuneet. Uusimmat määräykset ERTMS:n toteuttamisesta tulevat direktiivistä 2016/797 sekä asetuksesta 2016/796, josta ote edellä. Direktiivin mukaan rautatiejärjestelmän on mahdollistettava junien turvallinen ja keskeytymätön liikennöinti, joka saavuttaa yhteentoimivuudesta vaaditun suoritustason. Säädöksissä virasto hyväksyy ERTMS-radanvarsilaitteita koskevat ratkaisut ja varmistaa että ne ovat asiaankuuluvien yhteentoimivuuden teknisten eritelmien (YTE) mukaisia. Menettely estää sellaisten lisävaatimusten soveltamisen radanvarren merkinantolaitteisiin, jotka voivat heikentää yhteentoimivuutta. Direktiivin 19 artiklan mukaisesti myös ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmät, jotka sisältävät ETCS- tai GSM-R-laitteita on oltava YTE:n mukaisia. Menettely koostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat sitoumus, toimittaminen ja todentaminen ja lopuksi arviointi ja päätös. ERA kannustaa ottamaan samoja ratkaisuja uudelleenkäyttöön myös muissa EU:ssa toteutettavissa hankkeissa. Radanvarsilaitteita koskevien ratkaisujen hyväksyminen on osa yhtenäisen eurooppalaisen rautatiealueen luomista. Tavoitteena on tehdä rautateistä tehokkaampi ja kilpailukykyisempi rautateiden ollessa elintärkeä osa unionin liikennealan viemistä kohti kestävää liikkuvuutta. (Tomczak 2023.)

ERTMS Users Group (EUG) on perustettu vuonna 1995. EUG pyrkii auttamaan rautatieyrityksiä soveltamaan ERTMS/ETCS-järjestelmää yhteentoimivasti ja harmonisesti, jotta voidaan mahdollistaa vapaa liikkuvuus ja kilpailukykyinen rautatieliikennemalli. EUG:n tarkoituksena on tarjota alusta rautatieyritysten ja rautateillä työskentelevien kollegoiden kokemusten jakamiseen ja näkemysten vahvistamiseen. EUG on omistautunut teknisille ja toiminnallisille asioille, sekä kaupallisia seurauksia koskeville ohjeille. Toiminta keskittyy ERTMS-järjestelmän käyttöönottoon, sen ylläpitoon ja kehittämiseen sekä teknisiin näkökohtiin. Alla olevassa kuvassa (kuva 6) näkyvät tämänhetkiset EUG jäsenmaat.

Kuva 6. EUG jäsenmaat (Ruesen 2022)

Vahvat ja integroidut liikenneverkot ovat Euroopan markkinoiden kulmakivi. ERTMS:n kehittäminen ja käyttöönotto on yksi toimenpide edistämään Euroopan laajuisen rautatieverkoston luomista. EUG yhdistää jäsentensä tietämyksen ja kokemuksen tukeakseen ERTMS:n käyttöönotossa ja varmistaakseen sen turvallisuuden, luotettavuuden ja yhteentoimivuuden. EUG:n tekemä tekninen työ on tiiviisti koordinoitu UNISIG:n (Union of

Signalling Industry) ja ERA:n kanssa. Yhdessä ne vastaavat YTE:n mukaisten yksityiskohtaisten ERTMS-eritelmien laatimisesta. (ERTMS Users Group.)

ERTMS Users Groupin toimitusjohtaja, Michel Ruesen (2022), tutkii ERTMS:ää ja sen käyttöönottoa Euroopassa. Hän tarkastelee myös tapoja, joilla käyttöönotto on kehittynyt ajan myötä. Alussa käyttöönotossa oli paljon ongelmia, mutta ne on pääosin saatu selätettyä ja Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmän käyttöönotto onkin edennyt huimaa vauhtia.

Tanskassa päätettiin uusia koko CCS (Command, Control and Signaling) -järjestelmä hyödyntäen ETCS:ää. Samoin tekevät myös Norja, Ruotsi, Suomi, Alankomaat, Belgia ja Italia. Luxemburg ja Sveitsi ovat myös varustaneet raiteensa ERTMS:llä, vaikka siellä onkin edelleen useissa paikoissa radanvarren opastimet käytössä. Tämä tarkoittaa, että Luxemburg ja Sveitsi operoivat pääosin ETCS tasolla 1. Ranska, Saksa, Tšekki ja Iso-Britannia ovat myös siirtymässä ERTMS-järjestelmän käyttöön. Tavoite kehittää yhteentoimiva ja yhtenäinen eurooppalainen rautatiealue, on siis todella lähellä. (Ruesen 2022.)

5.2 Suomen siirtymä

Näkökulmaa Suomen nykyisestä raideliikenteestä, tulevaisuuden digitaalisesta liikenteestä sekä vertailua muuhun Eurooppaan haettiin haastattelujen avulla. Haastattelupyyntöjä lähetettiin kuusi kappaletta, joista kolme koski Suomen raideliikenteen digitalisointia (liite 1) ja kolme muiden Euroopan maiden digitalisaatiota (liite 2). Vastaajien kiireisestä aikataulusta huolimatta vastauksia saatiin neljä. Kaksi haastateltavaa kertoi Suomen nykyisestä ja tulevasta liikennöinnistä, ja Euroopan digitalisaation näkökulmat tulivat Tanskasta ja Ruotsista.

Palvelujohtaja ja Digirata KVV-Allianssin projektipäällikkö Jari Pylvänäinen kertoo (2023) Suomen nykyisen junaliikenteen olevan henkilöliikennetarjoomaltaan suhteellisen hyvä isojen paikkakuntien väillä ja melko hyvä myös muualle Suomeen. Tavaraliikenne on pystynyt vastaamaan kuljetustarpeeseen, vaikka yksittäinen kuljetus onkin nykyään aika iso yksikkö. Kuljetukset painottuvat hyvin pitkälti tavaraliikenteeseen.

Suomessa on päätetty siirtyä digitaaliseen junien kulunvalvontaan käytännön syistä. Suomen on vanhenevan kulunvalvonnan vuoksi korvattava järjestelmä ja parhaana vaihtoehtona nähdään radioverkkopohjainen ratkaisu. Kysyttäessä vertailusta muihin maihin ja Suomeen käyttöön tulevan ETCS-järjestelmän mahdollisista eroista, Pylvänäinen (2023) kertoo, että vertailua on tehty laajasti useisiin maihin. Miltei kaikkien kanssa, jotka ovat siirtymässä ETCS-järjestelmään, on keskusteltu. Suomen ratkaisu on uusin mahdollinen, ja se perustuu radioverkkoon. Muissa maissa ei ole käytössä radioverkkopohjaisia ratkaisuja.

Suomi pyrkii saamaan rautateiden käyttöön julkisen radioverkon, jota muualla ei vielä edistetä, sekä parhaan mahdollisen nykypäivän kulunvalvontaratkaisun.

Mietittäessä etuja kapasiteetin ja ympäristönäkökulman kautta, moderni järjestelmä mahdollistaa kapasiteetin kasvattamisen rataverkolla parhaassa tapauksessa kymmenillä prosenteilla. Tällä tavalla mahdollistetaan myös ympäristöystävällisemmät kuljetukset, mikäli siirtymä rautateille saadaan toteutumaan, Pylvänäinen (2023) toteaa.

Uhkia ja mahdollisuuksia puntaroidessa, uhkana on kehityksestä jälkeen jääminen ja ettei asiakastarpeeseen pystytä vastaamaan riittävällä tavalla. Mahdollisuutena taas on onnistua tulevan kehityksen avulla hyödyntämään rautateiden luontainen potentiaali tehokkaana ja ympäristöystävällisenä kuljetusmuotona. Lopuksi Pylvänäinen (2023) vielä lisää: ”Rautateiden digitalisaation potentiaali on huikea, jopa suurempi kuin käsitämme. Meidän on vain saatava riittävät toimet käyntiin ja valmiiksi riittävässä aikataulussa.”

Haastatteluun vastasi myös Juha Lehtola, joka työskentelee Väylävirastossa ja toimii Digirata-hankkeen projektipäällikkönä. Nykyisestä raideliikenteestä kysyttäessä, hän sanoo liikennöinnin olevan kovasti vaihtelevaa riippuen alueesta. PK-seudulla henkilöjunaliikenne on keskeisen tärkeää ihmisten liikkuvuuden takaamiseksi, kun taas hiljaisemmilla rataosilla suurin merkitys on teollisuuden palveleminen tavarajunien erilaisilla rahtikuljetuksilla. Lisäksi Suomessa on alueita, jossa nämä yhdistyvät. Suomen rataverkolla on tiettyjä pullonkaulakohtia, mutta pääosin rataverkon välityskyky on riittävä palvelemaan nykytilannetta. Tärkeimpänä kehityskohteena on nykyisen rataverkon kunnon varmistaminen, jotta nämä edellytykset säilytetään. (Lehtola 2023.)

Nykyinen junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV) tulee teknisesti elinkaarensa päähän 2030 luvulla. Tämän kokonaisuuden korvaaminen uudella järjestelmällä on tärkein ajuri Digirata-hankkeelle. Pakollisen koko maan kattavan korvausinvestoinnin ansiosta, jos voi sanoa, on mahtava tilaisuus tarkastella koko kulunvalvonta- ja turvalaitekokonaisuutta uusin silmin ja varmistaa että uuden teknologian ja digitalisaation hyödyt saadaan maksimoitua. Digitalisaatio on yksi kolmesta peruskivestä nykyisen rataverkon kapasiteetin kasvattamisessa ilman mittavia uusia ratakäytäviä. Muut kaksi ovat pistemäiset ratainvestoinnit ja liikennerakenteen uudelleen järjestely tukemaan nykyistä ja tulevaa liikennerakennetta. Myös automaatiolla on oma merkittävä roolinsa osana digitalisaatiota Lehtola (2023) toteaa.

Lehtolan (2023) mukaan vuonna 2019 tehtiin mittavahko vertailu, jonka tuloksena huomattiin, että jokaisella EU-maalla, joka toteuttaa ETCS:ää, on hankkeille omanlaisensa tavoitteet ja strategiat. Näin ollen päädyttiin miettimään Suomelle parasta ratkaisua. Se poikkeaa jonkin verran muista EU-maista, erityisesti sillä, että hanketta ajatellaan verkostomaisesti koko maan kattavana, eikä vain rataosakohtaisesti. Toisekseen teknologinen

tavoiteasetanta on korkealla verrattuna muihin maihin. Toki on mainittava, että Suomella on merkittävänä etuna puolellaan se, ettei täällä ole tänä päivänä vanhaa ETCS:ää ollenkaan, Digirata-hanketta voidaan siis ajatella puhtaalta pöydältä.

Digirata-hanke tavoittelee selkeästi ympäristön kannalta tehokasta ratkaisua lisätä rautatieliikennettä Suomessa. Eli tavoitteena on omalta osaltaan mahdollistaa nykyisestä ratainfrasta maksimaalinen kapasiteetti. Digirata-hankkeen hiilijalanjälki on hyvin pieni verrattuna perinteiseen infrarakentamiseen. (Lehtola 2023.)

Väylänpitoon kohdistettavan rahoituksen taso ja etenkin sen heittelehtiminen vaarantaa osaltaan nykyisen rataverkon ylläpidon ja sitä kautta nykyisen laajuisen liikenteen mahdollistamisen. Tästä on Väylävirastolla useita laskelmia. Selkeä, pysyvä tasonnosto väylänpidon rahoitukseen tarvittaisiin varmistamaan perusedellytykset. Muilta osin Lehtola (2023) näkee rautatieliikenteen tulevaisuuden hyvin valoisana. Suurena mahdollisuutena on rautateiden merkittävä rooli vihreässä siirtymässä liikenteen hallinnonalalla. Uhkana on, että tuohon momentumiin ei Euroopan laajuisesti tartuta ja kohta sähköistyvä muu liikenne saavuttaa tuon kilpailuedun rautateihin nähden. Rautatiet myös kiinnostavat tällä hetkellä paljon ja tietynlaista renessanssia on nähtävissä koko Euroopassa, tähän mahdollisuuteen on tartuttava ja pidettävä kiinni.

Rautatieliikenteen digitalisaatio vaatii paljon mukana olevilta ihmisiltä. Olemme uuden äärellä ja nyt ei pidä raahata 160-vuotista rautatiehistoriaa sellaisenaan mukana. Ei yritetä taivuttaa tulevaisuutta menneisyyden malliin, katsotaan mitä uusi teknologia voi meille tuoda! (Lehtola 2023.)

Myös Tanskan ja Ruotsin näkökulmia saatiin avattua haastattelun avulla. Vastaajina olivat Stefan Rosengren sekä Mikael Dahlman, jotka työskentelevät rautatiealan konsultteina. Rosengrenin osaamisaluetta ovat operatiiviset tehtävät kuten säännöt, käsitteet, operatiiviset skenaariot ja testaus. Dahlman työskentelee ERTMS:n, veturien ja turvallisuussääntöjen parissa. Hän on myös Green Cargon aktiivinen veturinkuljettaja ja tehnyt paljon ERTMS-testauksia Ruotsin raiteistolla.

Rosengren (2023) kertoo, että Tanskassa rautatieliikenne painottuu pääosin matkustajaliikenteeseen. Suurin osa Tanskan tavaraliikenteestä on kauttakulkutoimintaa. Suomen junaliikenteeseen verrattuna varsinainen rataverkko yksi- ja kaksiraiteisilla laitteilla ja sähköistettyjen ratojen laajuus näyttää olevan samanlainen. Nykyään käytössä olevat Suomalaiset rautatiejärjestelmät näyttävät olevan nykyaikaisempia kuin Tanskan aiempi järjestelmä ennen ERTMS-järjestelmää.

Tanskassa päädyttiin raideliikenteen digitalisaatioon osin samasta syystä kuin Suomessa. Vanha järjestelmä Tanskassa on kehittynyt erittäin pitkän ajanjakson aikana, ja monet niistä olivat yksinkertaisesti tulleet käyttöikänsä päähän, minkä vuoksi oli erittäin vaikeaa saada varaosia järjestelmien ylläpitoon häiriöiden sattuessa. Kysyttäessä hyödyistä, Rosengren (2023) sanoo ERTMS:n lisäävän koko verkon kapasiteettia verrattuna perinteisiin järjestelmiin, mikä mahdollistaa useamman junan ajamisen tiheämmillä vuoroväleillä. Näin voidaan siirtää enemmän ihmisiä autoista junaan ja saadaan hyötyä myös ympäristölle. Haittapuolia ei siirtymisestä Rosengrenin mukaan oikeastaan ole ollut.

Entäpä Suomen rautatietulevaisuus tanskalaisen silmin? Suomalainen järjestelmä näyttää edenneen digitalisaation suhteen paljon pidemmälle kuin tanskalainen. Suomalainen ERTMS-ohjelma on erittäin kunnianhimoinen uusien toimintojen, kuten FRMCS, ATO (Automatic Train Operation) ja HL3, suhteen. Saattaa olla riski yrittää hankkia niin paljon uusia toimintoja kerralla. Kun lähdetään asenteella "haluamme kaiken", voi tämä aiheuttaa haasteita tuottaa vankat yksiselitteiset vaatimukset tulevalle järjestelmälle. (Rosengren 2023.)

Dahlmanin (2023) mukaan myös Ruotsissa on paljon matkustajaliikennettä ja teollisuus on riippuvainen tavarajunista. Suomen ja Ruotsin rautatieliikenne on hyvin samankaltaista haasteineen, esimerkiksi runsaasta lumesta ja kylmästä säästä johtuen. Molemmissa maissa on myös mäkistä maastoa junien kuljettavaksi.

Ruotsissa tarve ETCS-järjestelmälle syntyi infrastruktuurin uusimisen tarpeesta. Uusimisen myötä tasoristeykset poistuivat, eikä rataa ole enää tarpeen ylittää. Sen Dahlman (2023) kokee olevan merkittävä etu. Haittapuolena oli, että joissakin tapauksissa rautatieyhtiöt joutuivat jopa pysäyttämään liikenteensä, koska heillä oli niin paljon vaikeuksia hankkia kalustoon sopivia laitteita.

Uhkia ja mahdollisuuksia Suomen rautateiden digitalisoinnissa on varmistaa, että muistetaan pyytää kaikkea. Mitä et pyydä, sinun on vaikea saada myöhemmin, varsinkin tavarantoimittajilta. Radioverkosta puhuttaessa, Digiradalle siirtymisen myötä myös FRMCS radioverkkoon siirtyminen on välttämätöntä. (Dahlman 2023.)

Yleiseksi ohjeeksi Digiradalle Dahlman (2023) sanoo: ”Jos sinulla on sääntöjä ja määräyksiä, noudata niitä. Jos jokin ei toimi, älä tee "kiertotapoja", niillä on tapana jäädä. Se on todella tärkeää operatiivisen henkilöstön kannalta. He löytävät usein tapoja tehdä asioita, jotka ovat haitallisia järjestelmän kannalta pitkällä aikavälillä.”

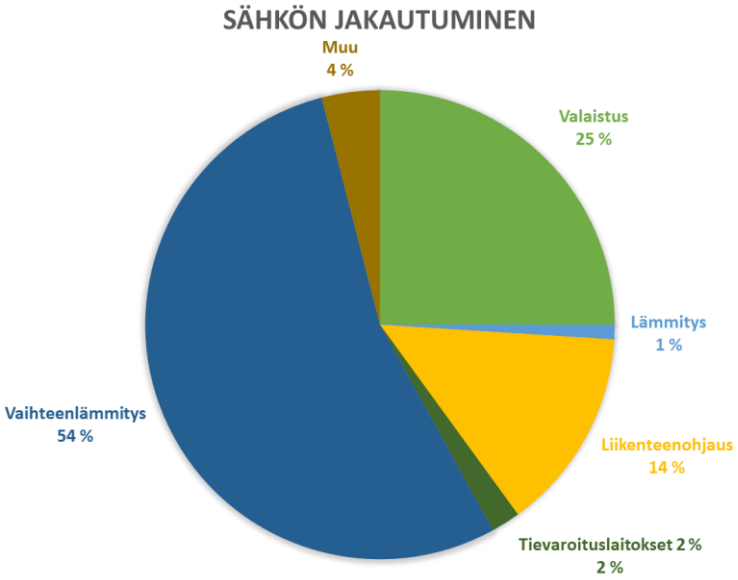
Suomen kehityspolkua digitaalisen rataverkon haltijaksi hahmotellaan myös vertailemalla muiden maiden ETCS-laboratorioita ja simulointikeskuksia. Esimerkiksi Tanskan ja Norjan kanssa on käyty läpi erilaisia laboratorioiden arkkitehtuurimalleja. Suomessa on rakennettu

ETCS-laboratorio Kouvolan ratatekniseen oppimiskeskukseen yhteistyössä laitetoimittaja Thalesin kanssa. ETCS-laitteiston arkkitehtuuria ja käyttötarkoitusta on lähdetty viemään eteenpäin kansainvälisten kokemusten, muiden työryhmien tarpeiden, kompetenssin kasvattamisen sekä Thalesin tarjoaman kokemuksen kautta. Tarkoituksena on testata ETCS-järjestelmää mahdollisimman pitkälle simuloidussa ympäristössä. Tällä tavoin saadaan vähennettyä testaustarvetta itse fyysisellä rataosuudella. Laboratoriosta saatavat tulokset sujuvoittavat käyttöönottoa ja riski vasta käyttöönottovaiheessa havaittavista virheistä voidaan näin minimoida. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021:17, 39.)

Marraskuussa 2021 Kouvolan testilaboratoriossa aloitettiin testaamaan ETCS-järjestelmän käyttöä KoKoHa-hankkeen (Kouvola-Kotka/Hamina) puitteissa. Käytössä on myös testirata, jossa testataan esimerkiksi turvalaitejärjestelmän toiminnallisuuksia maasto-olosuhteissa. Tiettyjä toiminnallisuuksia voidaan testata vain käytännössä, joten testirata antaa mahdollisuuden saada kattavat tulokset. Tällä hetkellä menossa on testausten toinen vaihe, jossa tutkitaan järjestelmän toimivuutta uusien asetinlaitteiden kanssa. Toinen vaihe sisältää useita välivaiheita, joten testauksia tehdään vuoden kestävällä ajanjaksolla. (Väylävirasto 2022.)

5.3 Ympäristö

Väylänpitäjän näkökulmasta tärkeimpiä raideliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat vaihteenlämmitys, valaistus, ratojen sähköistys ja liikenteenhallinta. Suurin sähkönkulutus on vaihteenlämmityksillä. Mikäli lämmityksiä pystyttäisiin kohdentamaan kääntötarpeen mukaan, energiankulutus vähenisi merkittävästi. Seuraavassa VR:n tilastoista saadussa kuviossa (kuvio 3) vuodelta 2008 näkyy sähkönkulutuksen jakauma tarkemmin.



Kuvio 3. Sähkön jakautuminen radanpidossa vuonna 2008 (Väylävirasto 47/2019)

Raideinfran suunnittelua on pyritty tekemään energiatehokkaasti esimerkiksi yhtenäistämällä nopeusprofiilia, jolloin jarrutuksia ja kiihdytyksiä pystytään vähentämään. Asemien sijoittelu pyritään tekemään järkevästi sijoittamalla asema muuta rataa ylemmäksi. Näin saavutetaan jopa 5 % säästö vetoenergiassa ja 23 % säästö jarrutusenergiassa. Pienempää hiilijalanjälkeä tavoitellaan myös kiskojen hionnalla ja ratapölkkyjen materiaalivalinnoilla. (Väylävirasto 47/2019.)

Valaistus on keskeinen osa rautatiejärjestelmän palvelutasoa ja toimivuutta. Sen tarkoitus on parantaa matkustajien liikenneturvallisuutta ja viihtyvyyttä sekä turvata huoltotoimenpiteitä ja työskentelyä radan läheisyydessä. Valaistuksen osalta yhtenäistä käsitystä päästöjen ja energiankulutuksen vähentämiseksi ei ole, mutta suunnitteluohjeissa energiatehokkuus on huomioitu. Suomessa esimerkiksi aurinkovoiman käyttö ilman suuria akustoja ei ole mahdollista, mutta valaistustekniikan kehittyessä säästöpotentiaali kasvaa jatkuvasti. (Väylävirasto 47/2019.)

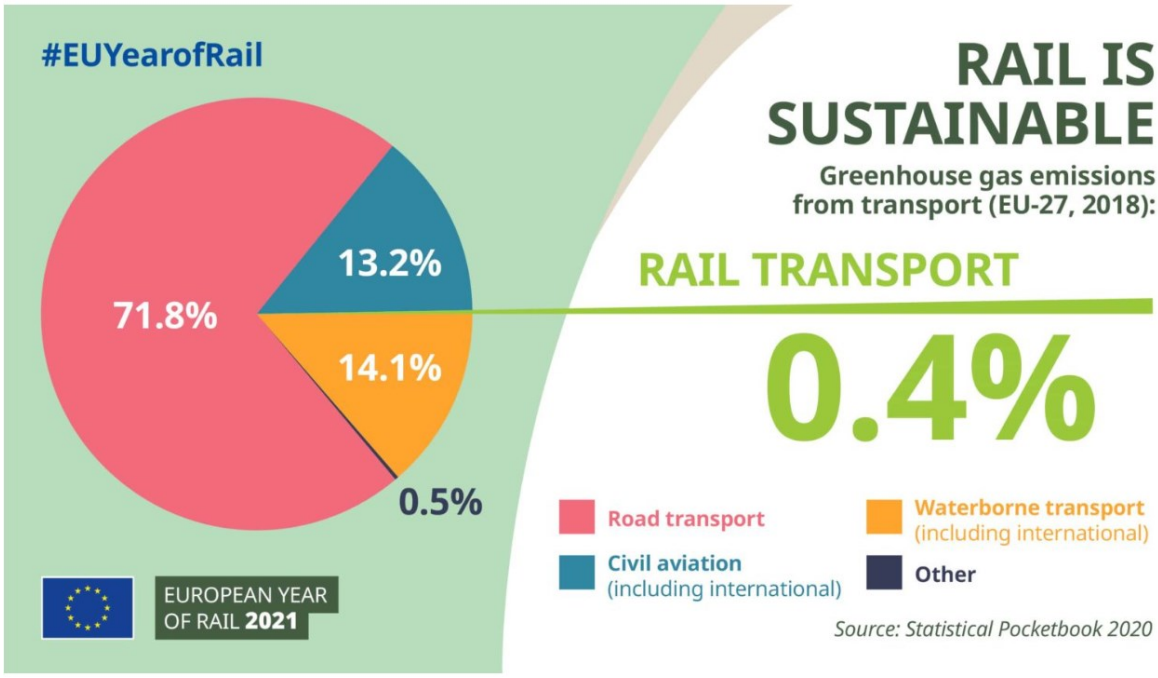
Liikenteenhallinnan vaikutuksista ympäristöön ei ole saatavilla juurikaan tutkimustuloksia. Energiasäästöjä saadaan kuitenkin tarkemmalla aikataulusuunnittelulla, kehittämällä tietoteknisiä rajapintoja sekä täsmällisellä liikennöinnillä. Tärkeässä osassa on yhteistyö väylänpitäjän ja operaattorin välillä, liikenteenohjauksen suunnitelmallisuudella ja junan kuljettajien ammattitaidolla. (Väylävirasto 47/2019.)

Euroopan rautateiden teemavuotta vietettiin 2021. Rautatieliikennettä pyrittiin edistämään koko EU:n alueella kestävänä, innovatiivisena ja kriiseissäkin toimivana liikennemuotona.

Traficom oli koordinoimassa teemavuoden viettoa Suomessa tiedottamalla raideliikenteen ajankohtaisista asioista ja aktivoimalla rautatietoimijoita järjestämään tapahtumia, kampanjoimaan ja viestimään aiempaa näkyvämmin. (Jaakkola 2021.)

Jaakkola (2021) kertoo keskeisen roolin teemavuodessa olleen junaliikenteen ympäristöystävällisyydellä. EU:n kasvihuonepäästöistä neljännes tulee liikenteestä. Jotta voidaan saavuttaa Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa vahvistettu Eurooppa-neuvoston hyväksymä ilmastoneutraaliustavoite, on henkilö- ja tavaraliikenteen päästöjä vähennettävä jopa 90 % vuoteen 2050 mennessä.

Alla oleva kuva (kuva 7) EU-alueen liikennepäästöistä näyttää raideliikenteen osuudeksi vain 0,4 % muiden liikennemuotojen päästöjen ollessa huomattavasti suuremmat. Vaikka liikennöinti rautateitä pitkin on huomattavasti ympäristöystävällisempää muihin liikennemuotoihin verrattuna, vain 11 % tavaraliikenteestä kulkee EU:n sisällä raiteilla. Tämän vuoksi teemavuoden aikana pyrittiin korostamaan raideliikennettä ekologisena vaihtoehtona tavaraliikennekuljetuksiin. (Jaakkola 2021.)



Kuva 7. Liikennepäästöt EU-alueella (Jaakkola 2021)

Teemavuosi sattui keskelle COVID-pandemiaa, joten sitä ei pystytty täysin hyödyntämään toimijoiden markkinointiviestinnässä. Eurooppalaista vihreää siirtymää ja rautateiden roolia

ilmastoneutraaliustavoitteen toteutumisessa kuitenkin pyrittiin nostamaan esiin voimakkaasti. (Mäkitalo 2021.)

Raideliikenteen ympäristöpäivillä kuvattiin Pylvänäisen ja Lehtolan (2021) esityksessä Digiradan konkreettisia hyötyjä:

- Ratakapasiteettia voidaan hyödyntää tehokkaammin ja alueiden parempi saavutettavuus lisääntyy.
- Saadaan nostettua rautatieliikenteen palvelutasoa.
- Pystytään lisäämään tavaraliikenteen kuljetuksia raiteilla.
- Luodaan perusta älykkäälle liikenteelle ja datan hyödyntämiselle.
- Mahdollistetaan rautatieliikenteen automatisointi.
- Hyödynnetään big dataa ja tarjotaan parempia palveluja loppukäyttäjille.
- Saadaan tehtyä investointeja entistä materiaalitehokkaammin.
- Ratalaitteet vähenevät merkittävästi.
- Liikennöinti on energiatehokasta.
- Liikenteen suuret hyödyt – Erittäin pieni hiilijalanjälki.
- Kehittyneet järjestelmät ja optimoitu rautatieliikenne.
- Kaiken kapasiteetin hyödyntäminen jo olemassa olevasta infrasta.

Suomen ja koko Euroopan unionin strategiset tavoitteet ohjaavat Digirata-hanketta. Raideliikenteen digitalisointi parantaa mahdollisuuksia siirtää liikennettä raiteille ja se tulee vähentämään merkittävästi CO2-päästöjä. Myös hankkeen toteutuksen hiilijalanjälki on erittäin pieni. Moderni ja kehittynyt liikenteenhallintajärjestelmä tulee optimoimaan rautatieliikenteen, joten energian kulutus ja kuljetuskustannukset ovat vähäiset. Myös materiaalin tarve pienenee ja ylläpidon ympäristövaikutukset vähenevät. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021:17.)

Tuleva raideliikenteen digitalisointi on osaltaan iso muutos ja työkalu ilmastonmuutoksen hillitsemiseen. Se vahvistaa niin henkilö- kuin tavaraliikenteen markkinaosuutta, joten liikenteen päästöt tulevat vähenemään merkitsevästi. (Digirata b.)

Tavoitteita kohti lähdetään valtakunnallisella liikennejärjestelmäsuunnitelmalla, joka on jaettu kolmeen päätavoitteeseen: saavutettavuus, kestävyys ja tehokkuus. Visio mukailee Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaa. Tavoitteena on päästötön liikenne vuoteen 2050

mennessä. Suomen toivotaan olevan tulevaisuudessa myös vaihtoehtoinen käytävä ja solmukohta maailmanlaajuiselle matkustaja-, tavara- ja dataliikenteelle. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021:17.)

6 Yhteenveto ja pohdinta

Suomen raideliikenteessä on käynnissä suuria muutoksia. VR ei ole enää monopoliasemassa, vaan kilpailu tavaraliikenteessä on jo alkanut. Myös henkilöliikenteessä odotetaan kilpailun hiljalleen avautuvan. Muutoksia on havaittavissa myös Euroopan laajuisesti. Toimintojen yhtenäistyessä ja maailman muuttuessa Eurooppa yhdistyy entistä enemmän. Tärkeänä tulevaisuuden tavoitteena onkin saada koko Eurooppaan yhtenäinen liikennöintimalli. Tämä tuo mukanaan European Rail Traffic Management -järjestelmän (ERTMS), joka on tarkoitus ottaa käyttöön myös Suomessa.

Raideliikenne on jatkuvasti kasvava toimiala ja se on ratkaisevassa asemassa yhteiskunnan hyvinvoinnin lisäämisessä ja ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Yhteiskunta hyötyy merkittävästi lisääntyvästä junaliikenteen käytöstä, oli sitten kyse matkustamisesta tai teollisuudesta. Sähköllä kulkeva juna kuluttaa vähemmän energiaa ja tuottaa vähemmän päästöjä muihin liikennemuotoihin verrattuna. Arjen matkustussujuvuus, teollisuuden kilpailukyky ja liikenteen päästöjen väheneminen tulevat kaikki samassa paketissa siirryttäessä maantieltä tai lentomatkustamisesta raiteille. Kaupungistumisen myötä ihmiset haluavat liikkua suurten kaupunkien välillä hyvillä ja nopeilla yhteyksillä. Digitalisaatio tuo uusia mahdollisuuksia asiakaspalvelun, tehokkaamman toiminnan, liiketoiminnan ja saumattomien matkaketjujen muodossa. (VR Group b.)

Digiradan tarkoitus on edistää rautatieliikennettä ja siirtää nykyiset rautatieliikenteen hallintajärjestelmät uudelle vuosikymmenelle. ERTMS kattaa sekä ETCS-kulunvalvontajärjestelmän, että siihen kuuluvan radiojärjestelmän. ETCS HL3 tason myötä junia voidaan ajattaa lähempänä toisiaan hyödyntämällä reaaliaikaista sijaintitietoa. Digirata parantaa rautatieliikenteen toimintavarmuutta häiriöherkkyyden pienentyessä. Myös rautatieturvallisuus kehittyy, kun digitaalinen kulunvalvontajärjestelmä vähentää inhimillisten virheiden mahdollisuutta. (Sainio 2021.)

Haastattelujen ja kerätyn tiedon perusteella käy selväksi, että Suomella on kunnianhimoiset tavoitteet kehittää Euroopan paras digitaalinen rautatiejärjestelmä. Verrattaessa nykyistä järjestelmää tulevaan, on raideliikenteeseen luvassa suuri harppaus ja kulttuurin muutos. Vaikka Suomessa on jo nyt käytössä erittäin kehittynyt kulunvalvonta- ja ohjausjärjestelmä, tulevaisuus näyttää merkittävältä edistysaskeleelta kohti sujuvampaa ja ympäristöystävällisempää liikennemallia.

Töitä tavoitteen saavuttamiseksi on tehty paljon ja digitaalista raideliikennemuotoa on rakentamassa laaja joukko eri alojen osaajia. Perusteet digitaalisen siirtymän toteuttamiseksi ovat selkeät. Nykyinen junien kulunvalvontajärjestelmä vanhenee ja varaosien saatavuus

vaikeutuu. Raideliikenteen digitalisaatio tulee olemaan valtava hyöty koko Suomelle kilpailukyvyn, sujuvien matkaketjujen ja alhaisten päästötavoitteiden saavuttamiseksi. Ympäristönäkökulma on huomioitu koko Digirata-hankkeen elinkaaren ajaksi. Huomiointi näkyy esimerkiksi nykyisen järjestelmän baliisien käyttö- ja poistosuunnitelmissa, sekä tulevan järjestelmän hankinnoissa, tuotannossa ja käyttöönotossa. Siirtyminen digitaaliseen raideliikenteeseen tarjoaa entistä suuremman mahdollisuuden saavuttaa halutut tavoitteet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

Raideliikenteen digitalisaatio tulee vaikuttamaan kiistatta myös liikennemääriin lisääntyvän kapasiteetin myötä. Matkustajien näkökulmasta tämä tarkoittaa joustavampia ja laajempia matkustusmahdollisuuksia ja tavaraliikennettä voidaan siirtää raiteille entistä enemmän. Häiriötilanteiden vaikutukset ja kestot voidaan jatkossa minimoida, kun viat saadaan rajattua entistä pienemmille alueille. Turvallisuus ratatöissä tulee paranemaan paikallistamisen avulla ja tasoristeyksiin liittyvät tienkäyttäjien odotusajat saadaan minimoitua. Tällöin esimerkiksi mahdolliset puomien välistä ajamiset vähenevät ja myös tasoristeysturvallisuus paranee.

Vertailuissa, haastatteluissa ja tutkimuksissa tulee esille myös haasteita, joita raideliikenteen digitalisointi tuo mukanaan. Vaikka rautatieliikenne on epäilemättä ratkaisu ilmastoystävälliseen liikkuvuuteen ja mahdollisuuteen lisätä kapasiteettia, on huomioitava erot esimerkiksi Suomen raideleveydessä muihin Euroopan maihin verrattuna. Kuinka sujuvasti muiden maiden kalustolla voi tulla Suomen puolelle, jollei raideleveyttä yhtenäistetä? Mikäli yhtenäistämistä tullaan vaatimaan, raideleveyden muutos toisi tullessaan merkittävät lisäkustannukset.

Entäpä kapasiteetin lisääntymisen aiheuttama sähkön tarve? Jo nykyisellään junaliikenteessä sattuu tapauksia, joissa sähkö ei jostain syystä riitä. Tämä saattaa johtua esimerkiksi raskaan tavarajunan kiihdytyksestä, jolloin juna tarvitsee normaalia enemmän virtaa ja rataosalle tulee hetkellinen sähkökatkos. Tällöin poissuljetaan onnettomuuden tai vaurion mahdollisuus, ja mikäli asia on kunnossa, sähköä syötetään lisää kyseiselle rataosalle. Kapasiteetin lisääntyessä voidaan perustellusti olettaa myös sähkön tarpeen lisääntyvän, joten tämä tulee huomioida liikenne- ja aikataulusuunnittelussa.

Operaattoreiden ja raideliikenteessä työskentelevien henkilöiden koulutuksen ja osaamisen on oltava ajantasaista. Suomessa ei ole vielä paljon tietotaitoa ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttöön ja kunnossapitoon, joten koulutus tulee olemaan erittäin suuressa roolissa. Säännöt menevät osittain uusiksi järjestelmien muuttuessa ja henkilöstön on pysyttävä ajan tasalla. Vaatimukset osaamiseen ovat korkealla. Uuden henkilökunnan palkkaaminen ja kouluttaminen tulee oletettavasti vaatimaan entistä tarkemman prosessin.

Kun puhutaan datasta ja digitalisaatiosta, tulee väistämättä mieleen kyberturvallisuus. Digiradan hallinnolliset organisaatiot kehittävät jatkuvasti uuteen digitalisoituun ympäristöön soveltuvia turva- ja sääntelyjärjestelmiä. Aiemmat liikenteenohjaus- ja tukijärjestelmät ovat olleet pääosin suljettuja järjestelmiä. Ne on testattu luotettaviksi ja sen jälkeen asennettu eristettyyn verkkoon. Tulevan datan käytön tehokkuusvaatimuksien myötä järjestelmät tulevat avautumaan. Tämä tarkoittaa uutta toiminta- ja johtamiskulttuuria, avoimempia rajapintoja, suuria määriä uusia prosesseja ja palveluita sekä enemmän työtä datan keräämisen, muokkauksen ja siirron tehtävissä. Tärkeintä on rajapintojen yli menevä tietojen hallinta, jotta saadaan kokonaiskuva Digiradasta ja vasta sen seurauksena voidaan hallita kyberturvallisuutta. (Huhtakallio 2023.)

Valittu tutkimusstrategia tukee tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia. Kvalitatiivisen tutkimuksen avulla saatiin kerättyä paljon tietoa ja kuvailtua aihetta tarkemmin. Laadullisen tutkimuksen tukemiseen käytettiin benchmark-menetelmää. Sitä hyödynnettiin etsimällä tietoa erilaisista artikkeleista, sähköisistä lähteistä ja haastattelujen avulla. Tutkimuksessa huomioidut materiaalit ovat peräisin luotettavista lähteistä ja kaikki haastateltavat henkilöt työskentelevät Digirata-hankkeessa. Haastattelukysymykset laadittiin tavalla, joka tukee opinnäytetyön pääkysymystä ja antaa hyvän pohjan tutkimuksen luotettavuudelle. Tanskasta ja Ruotsista saadut näkökulmat edustavat kyseisissä maissa raideliikenteen digitalisaation parissa työskennelleiden henkilöiden näkemystä. Suomesta saadut näkökulmat kuvaavat Digirata-hanketta projektin johdon näkökulmasta, sekä heidän tietoaan Suomen ja muiden Euroopan maiden raideliikenteen digitalisaatiosta. Hankkeessa on tehty runsaasti vertailua eri Euroopan maissa käytössä oleviin järjestelmiin ja menetelmiin. Vertailun avulla saatua tietoa hyödynnetään Suomen siirtymisessä digitaaliseen raideliikennöintimalliin.

Teoriapohja, jota tutkimuksessa on käytetty, tukee ja vahvistaa haastatteluista saatuja vastauksia ja havaintoja. Aineistoa kerättiin monipuolisesti ja haastattelujen näkökulmat antavat vertailupohjaa, jonka avulla voidaan tehdä valideja johtopäätöksiä. Käyttämällä laadullisen tutkimuksen menetelmiä ja benchmarkingia saatiin kerättyä yksityiskohtaista tutkimustietoa laajasti luotettavista sekä kokemuksellisista lähteistä. Nämä havainnot, tulokset ja päätelmät perustuvat asiantuntevaan tietopohjaan, joten tutkimusta voidaan pitää luotettavana.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan Digirata-hanketta sekä digitalisaation raideliikenteeseen tuomia hyötyjä. Työssä tehtyä tutkimusta ja siitä saatua tietoa voidaan syventää jatkossa useammalle osa-alueelle. Jatkotutkimuksena voitaisiin esimerkiksi tarkastella Digiradan käyttöönottovaihetta ja tutkia kuinka siirtymä vanhan ja uuden järjestelmän välillä tullaan toteuttamaan. Käytössä tulee olemaan yhtä aikaa sekä JKV- että ETCS-järjestelmin

varustettua kalustoa ja ratalaitteita. Erilaisten järjestelmien haasteet ja toiminta rataverkolla toisivat tutkimukseen uutta ja syvempää näkökulmaa.

Toinen mielenkiintoinen jatkotutkimusmahdollisuus on keskittyminen raideliikenteen kyberturvallisuuteen sekä radioliikenteeseen. Kuten opinnäytetyössä ilmenee, kyberturvallisuutta on huomioitu Digirata-hankkeessa, mutta muutos suljetusta verkosta avoimeen verkkoon tuo runsaasti uusia riskejä ja haavoittuvuutta raideliikenteen turvaamiseen. Siirtyminen yhteiseurooppalaiseen FRMCS-radioverkkoon ja mahdollisuus käyttää kaupallisesti saatavilla olevia mobiiliverkko-operaattoreita luo myös omat riskinsä ja mahdollisuutensa, joita olisi mielenkiintoista tarkastella lähemmin. Näiden uhkien ja mahdollisuuksien tarkastelu on ensiarvoisen tärkeää ja toivottavasti jo nyt hyvin huomioon otettu asia. Mahdollisuudet tarkemmalle selvitystyölle kyberturvallisuuden ja radioliikenteen näkökulmasta ovat laajat.

Digirata-hankkeen tarkoitus on tuoda kaikkien ulottuville houkutteleva, moderni, kustannustehokas ja kilpailukykyinen liikennemuoto. Matkustusmukavuus, sujuvat matkaketjut, tavaraliikenteen lisääntyminen raiteilla ja positiiviset ympäristövaikutukset ovat digitaalisen raideliikenteen merkittävimmät edut, jotka ovat toivottavasti pian nykyaikaa ja osa kaikkien arkipäivää.

Lähteet

Auvinen, A., Tarkiainen, E. 2018. Kvalitatiivinen tutkimus. Proakatemia. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa https://esseepankki.proakatemia.fi/soluessee-kvalitatiivinen-tutkimus-2/

Bastian. 2023. ERTMS: the interoperable railway signalling system. Voie Libre. Artikkeli. Viitattu 7.4.2023. Saatavissa https://voie-libre.com/en/ertms-2/

Brandt, L. 2023. Junalla matkustamista voi lisätä myös ilman isoja ratahankkeita. Verde. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa https://verdelehti.fi/2023/01/25/junalla-matkustamista-voi-lisata-myos-ilman-isoja-ratahankkeita/

Dahlman, M. 2023. Konsultti. Afry AB. Haastattelu 30.3.2023.

Digirata a. Yhteistyössä kohti rautatieliikenteen Euroopan kärkeä. Viitattu 25.2.2023. Saatavissa https://digirata.fi/

Digirata b. Tietoa digiradasta. Viitattu 30.3.2023. Saatavissa https://digirata.fi/tietoa-digiradasta/

Digirata. 2021. Mikä on Digirata? Q&A kertoo pähkinäkuoressa kaiken olennaisen. Viitattu 27.3.2023. Saatavissa https://digirata.fi/mika-on-digirata-qa-kertoo-pahkinakuoressa-olennaisen/

Digirata. 2022. Pala palalta kohti konkretiaa: mitä tapahtuu Digiradassa juuri nyt. Viitattu 9.4.2023. Saatavissa https://digirata.fi/pala-palalta-kohti-konkretiaa-mita-tapahtuu-digiradassa-juuri-nyt/

ERTMS Users Group. Viitattu 2.4.2023. Saatavissa https://ertms.be/

Euroopan unioni. Euroopan unionin rautatievirasto ERA. Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/institutions-and-bodies-profiles/era_fi

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/796.

Euroopan ympäristökeskus. 2023. Juna, lentokone, auto vai laiva – mikä moottorikäyttöisistä kulkuneuvoista on ympäristöystävällisin. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa https://www.eea.europa.eu/fi/highlights/juna-lentokone-auto-vai-laiva

European Union Agency for Railways. National rules. Viitattu 27.3.2023. Saatavissa https://www.era.europa.eu/activities/national-rules_en

Europe's Rail. About Europe's Rail. Viitattu 27.3.2023. Saatavissa https://rail-research.europa.eu/about-europes-rail/

Geerts, E. 2021. ‘The Trans Europ Express 2.0 will be much broader than the original’. RailTech. Haastattelu. Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://www.railtech.com/infrastructure/2021/12/29/germanys-plans-for-the-trans-europ-express-2-0/

Günther, K ja Hasanen, K. Tutkimuksen suunnittelu. Tietoarkisto. Viitattu 12.4.2023. Saatavissa https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-prosessi/tutkimuksen-suunnittelu/

Haverinen, N ja Häkki, K. 2023. Digirata ja rautatiealan osaamismurros. Rautatietekniikka 1–2023, 154–155.

Huhtakallio, J. 2023. Digiradan kyberturvallisuus. Rautatietekniikka 1–2023, 124.

Indola, S. 2023. Finland’s fast track to FRMCS. Global Railway Review. Nro 6/2022. Viitattu 3.4.2023. Saatavissa https://www.globalrailwayreview.com/article/140306/finland-fast-track-frmcs/

Jaakkola, S. 2021. Euroopan rautateiden teemavuosi käynnistyi – näin se näkyy Suomessa. Valpas media. Uutinen. Viitattu 7.4.2023. Saatavissa https://valpas.media/uutiset/euroopan-rautateiden-teemavuosi-kaynnistyi-nain-se-nakyy-suomessa/

Jansen, J., Quaglietta, E., Bartholomeus, M., Pot, A. & Goverde, R. 2019. Hybrid Level 3. Viitattu 8.4.2023. Saatavissa https://webinfo.uk/webdocssl/irse-kbase/ref-viewer.aspx?refno=740881177&document=etcs%20hybrid%20level%203%20-%20a%20simulation-based%20assessment%20%28aspect%202019%20paper%29.pdf

Lehtola, J. 2023. Digirata -hankkeen projektipäällikkö. Väylävirasto. Haastattelu 4.4.2023.

Lehtola, J ja Pylvänäinen, J. 2023. Digirata – Digitaalinen ja älykäs rautatieliikenne käytännössä. Rautatietekniikka 1–2023, 132–133.

Lehtola, J ja Pylvänäinen, J. 2021. Digirata - Kohti ympäristöystävällisempää liikennettä. Raideliikenteen ympäristöpäivä. Traficom. Viitattu 8.4.2023. Saatavissa https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Digirata_Kohti%20ymp%C3%A4rist%C3%B6yst%C3%A4v%C3%A4llisemp%C3%A4%C3%A4%20liikennett%C3%A4_22092021_Final.pdf

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2017. Rautateiden henkilöliikenteen kilpailu avautuu. Tiedote. Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://www.lvm.fi/-/rautateiden-henkiloliikenteen-kilpailu-avautuu-949421

Liikenne- ja viestintäministeriö LVM004:00/2021. 2021. Digiratahankkeen valmistelun ohjausryhmä. Viitattu 19.3.2023. Saatavissa https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=LVM004:00/2021

Liikenne- ja viestintäministeriö 2021:17. 2021. Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä. Digirata-valmisteluvaiheen loppuraportti. Viitattu 2.4.2023. Saatavissa https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163295/LVM_2021_17.pdf?sequence=4

Mäkitalo, S. 2021. Eurooppalainen rautateiden teemavuosi piirsi suuntaviivoja raideliikenteen tulevaisuudelle. Traficom. Blogi. Viitattu 7.4.2023. Saatavissa https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/blogit/eurooppalainen-rautateiden-teemavuosi-piirsi-suuntaviivoja-raideliikenteen

Neuvonen, J. 2023. ETCS-järjestelmän simulointi. Rautatietekniikka 1–2023, 134–135.

Nyström, H ja Tapia, S. 2023. Kaksitoiminen baliisi ratkaisuna siirtymäajaksi JKV-aikakaudelta ERTMS-aikakaudelle. Rautatietekniikka 1–2023, 110–111.

Pernice, D. 2022. Rautatieliikenne. Euroopan parlamentti. Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/130/rautatieliikenne

Pylvänäinen, J. 2023. Palvelujohtaja, Digirata KVV-Allianssin projektipäällikkö. Fintraffic Raide Oy. Haastattelu 30.3.2023.

Pyykkönen, J. 1999. Rautateiden kulunvalvonta. Tietoverkkolaboratorio. Viitattu 5.3.2023. Saatavissa https://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s99/htyo/59/nsivu1.shtml#luku1

Raidepuolue. Kansainvälinen raideliikenne. Artikkeli. Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://raidepuolue.fi/kansainvlinen-raideliikenne

Ratatekniset ohjeet (RATO 10). 2021. JKV:n perusperiaatteet. Väylävirasto. Viitattu 5.3.2023. Saatavissa https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-40_rato10_web.pdf

Rosengren, S. 2023. Vanhempi Konsultti. Ramboll Denmark. Haastattelu 29.3.2023.

Ruesen, M. 2022. ERTMS next level: evolving from ETCS to a genuine European Rail Traffic Management System. Global Railway Review. Nro 4/2022. Viitattu 3.4.2023. Saatavissa https://www.globalrailwayreview.com/article/137226/ertms-etcs-european-rail-traffic-management-system/

Sainio, K. 2021. Digiradalla kohti turvallisempaa, toimintavarmempaa ja älykästä rautatieliikennettä. Traficom. Blogi. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/blogit/digiradalla-kohti-turvallisempaa-toimintavarmempaa-ja-alykasta

Sirkiä, T. 2021. ETCS ja vaikutus kapasiteettiin. Digirata. Viitattu 12.3.2023. Saatavissa https://digirata.fi/wp-content/uploads/2021/03/Sirkia_teemu_ETCS_-ja_kapasiteetti.pdf

SurveyMonkey. Määrällisen ja laadullisen tutkimuksen välinen ero. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa https://fi.surveymonkey.com/mp/quantitative-vs-qualitative-research/

Thales. European Train Control System (ETCS). Artikkeli. Viitattu 8.4.2023. Saatavissa https://www.thalesgroup.com/en/markets/transport/signalling/signalling-solutions-main-line-rail/european-train-control-system-etcs

Tilastokeskus. 2022. Rautateiden henkilöliikenteen matkat kasvoivat 36 % vuoden 2022 kolmannella neljänneksellä. Rautatietilasto. Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://stat.fi/julkaisu/cktydkbqw21ew0c52q4hej74w

Tomczak, J. 2023. What needs to happen before ERTMS may be implemented in rail?. RailTech. Artikkeli. Viitattu 7.4.2023. Saatavissa https://www.railtech.com/infrastructure/2023/02/16/what-needs-to-happen-before-ertms-may-be-implemented-in-rail/

Trackopedia. European Train Control System (ETCS). Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://www.trackopedia.com/en/encyclopedia/infrastructure/european-train-control-system-etcs

Traficom. 2022. Raideliikenteen automaation tilannekuva. Viitattu 8.4.2023. Saatavissa https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/raideliikenteen-automaation-tilannekuva

Traficom. 2023. Digirata/ETCS ja turvalaitteiden uusiminen. Viitattu 8.4.2023. Saatavissa https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/digirataetcs-ja-turvalaitteiden-uusiminen

VR Group a. Suomen rautatieliikenteen erityispiirteitä. Viitattu 2.4.2023. Saatavissa https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/yrityksemme/toimintaymparisto/suomen-rautatieliikenteen-eritysipiirteita/

VR Group b. Toimintaympäristö. Viitattu 2.4.2023. Saatavissa https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/yrityksemme/toimintaymparisto/

Vuori, J. Aineiston tuottaminen. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tietoarkisto. Viitattu 15.4.2023. Saatavissa https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-prosessi/aineiston-tuottaminen/

Väylävirasto. 2021. Rataverkko. Viitattu 26.3.2023. Saatavissa https://vayla.fi/vaylista/rataverkko

Väylävirasto. 2022. Kouvola-Kotka/Hamina-ratahanke: Testattua toimivuutta, eli miten uusi kulunvalvontajärjestelmä luo puitteet sujuvammalle junaliikenteelle. Viitattu 9.4.2023. Saatavissa https://vayla.fi/-/kouvola-kotka-hamina-ratahanke-uusi-kulunvalvontajarjestelma

Väylävirasto 47/2019. Infran ja väylänpidon vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin – Tilannekatsaus. Viitattu 7.4.2023. Saatavissa https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/173038/vj_2019-47_978-952-317-733-8.pdf?sequence=11&isAllowed=y

Liite 1. Haastattelukysymykset Suomen raideliikenteen digitalisaatiosta

Digirata

Suomen Digirata-hankkeeseen liittyviä kysymyksiä

1. Nimi:
2. Ammatti ja kuvaus työtehtävistä digirataan liittyen:
3. Millaista junaliikenne nykyään Suomessa on? (Painottuuko enemmän henkilö- vai tavaraliikenteeseen, kuinka tiheään liikennöity rataverkko)
4. Miksi Suomessa on päätetty siirtyä digitaaliseen junien kulunvalvontaan?
5. Onko tehty vertailua muihin maihin, joissa ETCS on jo käytössä? Jos on, poikkeaako Suomessa tehtävät ratkaisut jotenkin muiden maiden hankkeista?
6. Mitä etuja ETCS-järjestelmän odotetaan tuovan Suomelle ympäristö- ja kapasiteet-tinäkökulmia ajatellen?
7. Millaisena näette Suomen rautatieliikenteen tulevaisuuden? Uhat/mahdollisuudet?
8. Muita mahdollisia mieleen tulevia asioita digitalisaatiosta rautateillä?

Liite 2. Haastattelukysymykset Tanskan ja Alankomaiden raideliikenteen digitalisaatiosta

Digirail in Denmark/Sweden/Netherlands

Questions about digirail in Denmark/Sweden/Netherlands

1. Name:
2. What do you do?
3. What is Danish/Swedish/Dutch rail transport like? (Mostly passenger or freight trains? How frequent traffic?)
4. How would you compare Danish/Swedish/Dutch rail transport to Finnish rail transport?
5. What brought the need for building the ETCS system to Denmark/Sweden/Netherlands?
6. What kind of advantages it has achieved from the environmental and capacity perspectives?
7. Were there any disadvantages?
8. How do you see digitalisation in Finnish railways? Threats and opportunities?
9. Is there anything else, that comes to mind that you would like to tell about digital rail traffic?