



Elias Salminen

Eurooppalaisen junien kulunvalvontajärjestelmän (ETCS) vaikutukset liikennöiviin ratatyökoneisiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelman

Insinöörityö

15.3.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Elias Salminen
Otsikko:	Eurooppalaisen junien kulunvalvontajärjestelmän (ETCS) vaikutukset liikennöiviin ratatyökoneisiin
Sivumäärä:	54 sivua + 2 liitettä
Aika:	15.3.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Koneautomaatio
Ohjaajat:	Tekninen asiantuntija Seppo Mäkitupa Lehtori Pekka Salonen

Tämä insinöörityö selvittää eurooppalaisen junien kulunvalvontajärjestelmän (ETCS) vaikutuksia ja muutostarpeita radanpidon toimijoiden liikennöivään ratatyökonekalustoon. Työ toteutettiin WSP Finland Oy:n sisäisenä selvityksenä ja sen tuloksista syntyi insinööriopiskelija Elias Salmisen opinnäytetyö (Konetekniikan AMK-insinööritutkinto, Metropolia).

ETCS-järjestelmän on tunnistettu aiheuttavan suuria muutoksia kunnossapitokaluston ja ratatyökoneiden käyttöön ja liikennöintiin. Insinöörityössä kartoitetaan, miten alan toimijat voivat kehittää ja jatkaa toimintaansa ETCS-järjestelmän vaatimusten mukaisesti. Työn yhtenä tavoitteena on selvittää, miten toimijat voivat yhdessä edistää ETCS:n käyttöönottoa paremmin.

Ratatyökoneiden liikennöinti nykyisillä menettelytavoilla (JKV ja/tai poikkeuslupa) tulee korvautumaan, jolloin liikennöinti ETCS-varustelluilla radoilla pitää toteuttaa järjestelmään sopivin keinoin. Fyysisten pääopastimien ja radanvarsielementtien poistuksessa kaluston paikantaminen ilman ETCS-laitteistoa hankaloituu.

Ajantasaisten tulosten määrittämiseksi lähtötietoaineistoa koottiin nykyisten alan toimijoiden ratatyökoneiden käytöstä ja niiden valmistuksesta sekä valtiollisista säädöksistä ja määräyksistä. Konekannan ja sen käytön nykytilanteen selvittämiseksi selvitystyön aikana haastateltiin alalla toimivia yrityksiä. Haastatteluissa painotettiin syrjimättömyyttä, tasapuolisuutta ja yhdenmukaisuutta.

Avainsanat: ERTMS, ETCS, JKV, rataverkko, radanpito, ratatyökone

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Elias Salminen
Title: European Train Control Systems (ETCS) Effects on On-Track Machinery
Number of Pages: 54 pages + 2 appendices
Date: 15 March 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Machine Automation
Supervisors: Seppo Mäkitupa, Technical Specialist
Pekka Salonen, Senior Lecturer

This bachelor's thesis examines the impacts and necessary modifications of the European Train Control System (ETCS) on the On-Track Machines operated by railway maintenance organizations. The study was conducted as an internal investigation at WSP Finland Oy, and its results formed the basis of Elias Salminen's thesis (Bachelor of Engineering in Mechanical Engineering, Metropolia University of Applied Sciences).

The ETCS has been identified as causing significant changes in the use and operation of On-Track Machinery in Finland. This thesis explores how the railway maintenance organizations can develop and continue their operations in accordance with the ETCS requirements. One of the objectives of the thesis is to determine how the organizations can jointly advance in adapting to the ETCS.

The operation of On-Track Machinery with current procedures (National Train Control System JKV and/or Special Permits) will be phased out, requiring operation on ETCS-equipped tracks to be carried out using methods compatible with the ETCS. As physical main signals and trackside elements are removed, locating rolling stock without ETCS on-board equipment becomes more challenging.

To determine up-to-date results, background data was gathered on the use and manufacturing of On-Track Machines by current railway maintenance operators, as well as on national regulations and directives. To assess the current state of the maintenance fleet and its usage, railway maintenance companies were interviewed during the study. The interviews emphasized non-discrimination, fairness, and consistency.

Keywords: ERTMS, ETCS, train control system, railway network, railway maintenance, on-track machine

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Menetelmät	2
2	Valtion rataverkko ja liikennöivät ratatyökoneet	4
2.1	Valtion rataverkko ja rata	4
2.2	Radanpito ja sen rahoitus	5
2.3	Ratatyökoneiden ominaispiirteet ja rooli radanpidossa	9
2.4	Junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV) osana turvallista junaliikennettä	12
3	Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (ERTMS)	14
3.1	ERTMS:n yleiskuvaus	14
3.1.1	ETCS-järjestelmä	15
3.1.2	RMR-järjestelmä	16
3.1.3	ATO-järjestelmä	16
3.2	ETCS-järjestelmän toimintatasot	18
4	Suomen ERTMS-toteutus	20
4.1	Korvautuva junakulunvalvontajärjestelmä	20
4.2	Korvausinvestointi	21
4.3	Kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma	23
5	ETCS-järjestelmän käyttöönoton vaikutukset radanpitoon	25
5.1	Ratatyökoneiden yhteensovittaminen ETCS-järjestelmään	26
5.1.1	Ratatyökoneiden varustaminen ETCS-veturilaitteistolla	28
5.1.2	Ratatyökoneiden liikuttaminen niitä hinaamalla	29
5.1.3	Liikennöintimalli, jolla ratatyökoneita liikennöidään ETCS-rataosilla ilman ETCS-veturilaitteistoa	30
5.2	Huoli veturilaittevarusteluiden pakollisuudesta	30
5.3	Veturilaitteinvestoinnin kustannusarviot	33
5.4	Investoinnin takaisinmaksu	34

5.5	Yritysten eriarvoisuus ja markkina-alue muutokset	36
6	Johtopäätökset	39
6.1	Keskeiset havainnot	40
6.2	Jatkotoimenpidesuositukset	43
7	Yhteenveto	47
	Lähteet	49

Liitteet

Liite 1: RATATYÖKONEET JA ETCS – KYSYMYKSET HAASTATTELUUN

Liite 2: RATATYÖKONEET JA ETCS – ONKO HAASTATeltu ANTANUT
VASTAUKSEN KYSYMYKSEEN?

Lyhenteet ja käsitteet

ATO:	Automaattinen junanhallinta (engl. <i>Automated Train Operation</i>)
Baliisi:	Ratalaite, jota käytetään radan tietojen välittämiseen veturille.
DMI:	Kuljettajapaneeli (engl. <i>Driver Machine Interface</i>)
ERTMS:	Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (engl. <i>European Rail Traffic Management System</i>)
ETCS:	Eurooppalainen junien kulunvalvontajärjestelmä (engl. <i>European Train Control System</i>)
EU:	Euroopan unioni (engl. <i>European Union</i>)
EVC:	ETCS-veturilaitteiston keskusyksikkö (engl. <i>European Vital Computer</i>)
FRMCS:	Tuleva rautateiden matkaviestintäjärjestelmä (engl. <i>Future Railway Mobile Communication System</i>)
GoA:	Automaatioaste (engl. <i>Grade of Automation</i>)
GSM-R:	GSM-R-radioviestintäjärjestelmä (engl. <i>Global System for Mobile Communications – Rail</i>)
JKV:	Junien kulunvalvontajärjestelmä
KPA:	Kunnossapitoalue

MoU:	Yhteisymmärryspöytäkirja (engl. <i>Memorandum of Understanding</i>)
NIP:	Kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma (engl. <i>National Implementation Plan</i>)
RBC:	Radiosuojastuskeskus (engl. <i>Radio Block Center</i>)
RMR:	Radiotoiminta (engl. <i>Railway Mobile Radio</i>)
STM:	Sovitus tiedonsiirtomoduuli (engl. <i>Specific Transmission Module</i>)
TEN-T:	Euroopan laajuinen liikenneverkko (engl. <i>Trans European Transport Network</i>)

1 Johdanto

1.1 Tausta

Suomessa junaliikenteen turvallisuutta on valvottu 1990-luvulta lähtien junien kulunvalvontajärjestelmällä, JKV:llä. Sen pääasiallisena tarkoituksena on varmistaa sallitun nopeuden ja junaliikenteen opastimien noudattaminen. Kansallinen kulunvalvontajärjestelmä JKV on lähestymässä elinkaarensa päätä, minkä vuoksi sen korvaaminen uudella järjestelmällä on ajankohtaista. JKV:n seuraajaksi on valittu eurooppalainen junien kulunvalvontajärjestelmä ETCS, jonka käyttöönottoa ohjaavat EU:n suuntaviivat Euroopan rautatiejärjestelmien yhdenmukaistamiseksi. Sekä JKV- että ETCS-järjestelmän täysimääräinen toiminta edellyttää ratalaitteiden ja veturilaitteiden vastavuoroista tiedonvälitystä.

Vuonna 2019 alkaneen JKV:n korvaavan hankkeen tahtotilana on varustaa valtion rataverkko ja Suomessa liikennöivä junakalusto radioverkkoteknologiaan pohjautuvalla ETCS:llä. Uusi järjestelmä toteutetaan opastimettomana, minkä myötä junaliikennettä ohjaavien näkyvien opastimien käytöstä luovutaan. Korvausinvestoinnin on määrä valmistua vuoteen 2040 mennessä ja sen kokonaiskustannukset ovat noin 1,7 miljardia euroa. Rataverkkoon kohdistuvat investointikulut katetaan valtion varoin hyödyntäen EU:n rahoitusta, kun taas kaluston varustamisesta aiheutuvat kustannukset ovat kaluston omistajien vastuulla.

ETCS-järjestelmän on tunnistettu aiheuttavan suuria muutoksia liikennöivien ratatyökoneiden käyttöön ja liikennöintiin. Nykyisessä JKV-järjestelmässä liikennöivälle radanpidon kalustolle voidaan myöntää poikkeuslupa kulunvalvontajärjestelmän käytöstä, mikä mahdollistaa kaluston liikennöinnin rataverkolla ilman veturilaitteistoa. Suomeen toteutettavassa ETCS-järjestelmässä ei ole vastaavaa varustamattoman kaluston liikennöintimallia. Mikäli kalustoa ei voida liikennöidä ETCS-järjestelmässä ilman veturilaitteistoa, tulee myös liikennöivää ratatyökonekalustoa varustaa ETCS:llä. Nykyisten ratatyökoneiden valmistuksessa ei ole huomioitu uuden ETCS-veturilaitteiston tilantarvetta tai tekniikkaa, mikä tekee kaluston varustamisesta monimutkaista, hidasta sekä hyvin kallista.

1.2 Tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan ETCS-järjestelmän käyttöönoton vaikutuksia kotimaiseen radanpitoon sekä siinä käytettävään liikennöivään ratatyökonekalustoon. Tavoitteena on tunnistaa ja arvioida ETCS:n aiheuttamia muutostarpeita sekä selvittää keinoja liikennöivien ratatyökoneiden ja ETCS-järjestelmän yhteensovittamiseksi.

Vaikutusten arvioimiseksi on olennaista tunnistaa nykyiset ETCS:n ja liikennöivien ratatyökoneiden yhteentoimivuuden keinot, niiden käytön edellytykset sekä niihin liittyvät haasteet. Työssä painotetaan erityisesti ratkaisua, jossa liikennöivää ratatyökonekalustoa varustetaan ETCS-veturilaitteistolla.

Lisäksi työssä tutkitaan ratatyökonekaluston ja ETCS-järjestelmän yhteensopivuutta sekä uuden kulunvalvontajärjestelmän käyttöönoton edellyttämiä kalustomuutoksia. Arvioinnin kohteena ovat näistä muutoksista aiheutuvat kustannukset, yritysten eriarvoiset edellytykset toteuttaa veturilaittevarusteluita sekä laajemmat yhteiskunnalliset vaikutukset, joita varustelusta voi seurata.

1.3 Menetelmät

Tämän opinnäytetyön alkuosassa esitetään valtion rataverkon ja radanpidon nykytila sekä liikennöivän ratatyökonekaluston merkitys rataverkon huolto-, korjaus- ja parannustöissä. Tutkimustavoitteiden saavuttamiseksi työssä kuvataan oleellisilta osin nykyinen junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV), tuleva Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (ERTMS) sekä Suomen jo käynnistynyt ERTMS-toteutus, joka uudistaa JKV-järjestelmän ETCS:llä.

ETCS:n vaikutusten tunnistamiseksi ja kattavien tulosten saavuttamiseksi aineistoa koottiin valtiollisista säädöksistä, määräyksistä ja tutkimuksista sekä alan toimijoilta niin koneiden käytön, varustelun kuin lainsäädännönkin puolelta. Työn kohteena olivat pääasiassa kotimaiset toimijat, mutta vertailuaineistoa haettiin myös muista Euroopan unionin rautatiesäädöksiä noudattavista maista.

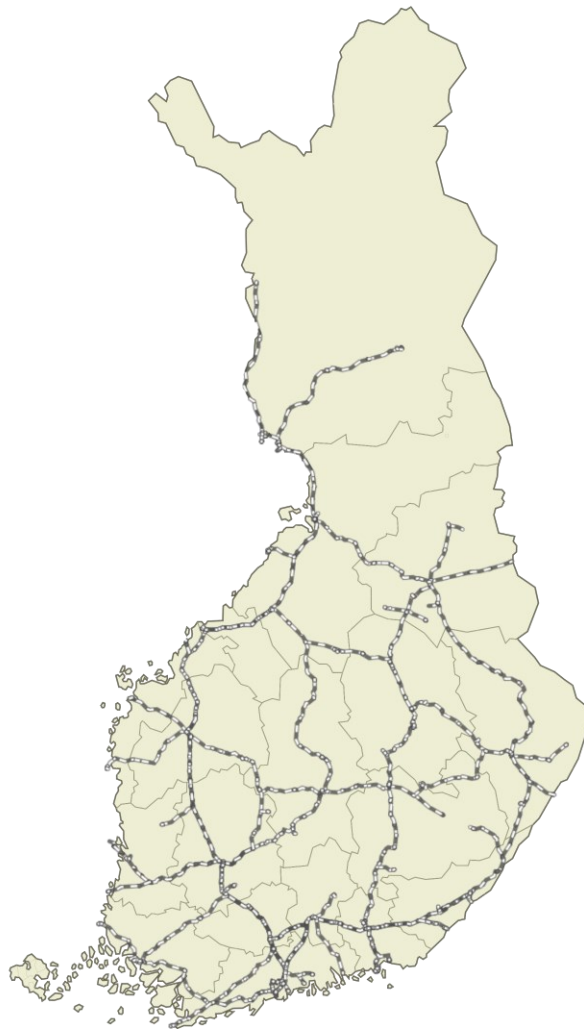
Suomessa liikennöivän ratatyökonekaluston parissa työskentelevien yritysten konekannan ja koneenkäytön nykytilanteen sekä varusteluvalmiuksien ja -suunnitelmien selvittämisessä hyödynnettiin toimijoiden haastatteluja ja niistä saatua aineistoa. Haastattelut järjestettiin elo-syyskuussa vuonna 2024. Haastatteluissa painotettiin syrjimättömyyttä, tasapuolisuutta ja yhdenmukaisuutta.

Kontaktoiduista toimijoista seitsemän on antanut haastattelun sekä luvan käyttää haastattelutuloksia tässä selvitystyössä. Yritysten ja haastateltujen yksityisyyden turvaamiseksi haastattelut ja niistä koostetut raportit tai lausunnot eivät ole julkaistavia dokumentteja. Haastattelukysymykset ovat tarkasteltavissa liitteessä 1. Haastatteluiden vastauslaajuus on tarkasteltavissa liitteessä 2.

2 Valtion rataverkko ja liikennöivät ratatyökoneet

2.1 Valtion rataverkko ja rata

Valtion rataverkko on valtio-omisteista rautatietä ja sitä hallinnoi Väylävirasto [1, 3 §, 7 §]. Valtion rataverkon pituus on noin 5 900 km, josta liikennöitävän verkon osuus on noin 5 600 km (kuva 1). Suomessa henkilö- ja tavaraliikenteen junien sekä veturien turvallinen kulku varmistetaan junien kulunvalvontajärjestelmällä (JKV). JKV:llä varustellun rataverkon osuus on noin 5 000 km. Valtion rataverkko muodostuu pääasiassa yksiraiteisesta radasta. Yksiraiteisen radan osuus rataverkosta on noin 5 200 km. Kaksi- tai useampiraiteisen radan osuus rataverkosta on noin 700 km. [2, s. 20, liite 2A.]



Kuva 1. Valtion rataverkon liikennöitävä rata [3; muokattu].

Valtion rataverkon raideleveys on nimellismitaltaan 1 524 mm. Poikkeuksena tähän on Tornion ja Haaparannan yhdistävä rataosuus, jossa käytetään myös nimellismitan 1 435 mm levyistä raideleveyttä [4]. 1 435 mm on yleisin raideleveys Euroopassa ja maailmalla [5, s. 5].

Suomen rataverkolla käytettävät nopeudet määräytyvät rataosa- ja kalustokohteisesti. Rataosan suurin sallittu nopeus määräytyy pysyvien tai tilapäisten nopeusrajoitusten mukaan ja suurimmat sallitut nopeudet vaihtelevat 80–220 km/h välillä. Merkittävimmät rataosan suurimman nopeuden määräävät tekijät ovat radan geometria sekä rataosan tasoristeykset. Kaluston ominaisuudet puolestaan määrittelevät sen, kuinka hyvin kalustolla voidaan hyödyntää rataosan suurinta sallittua nopeutta. Kaluston maksiminopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa juna- tai veturityyppi, junan kokoonpano sekä kokoonpanon painot. [6, s. 16–17.]

Eurooppalaisen rautatiealueen näkökulmasta Suomen rataverkkoa voidaan pitää saarena. Suomen rautateiden rajanylityspaikkoja ovat Vainikkala, Vartius, Niirala, Imatra ja Tornio, joista ainoastaan Tornio rajautuu toiseen EU:n jäsenvaltioon [2, s. 19]. Suomen maantieteellisen sijainnin, muusta Euroopasta poikkeavan raideleveyden, kalustoulottuman ja kansallisen junakulunvalvontajärjestelmän takia kansainvälistä henkilö- ja tavaraliikennettä voidaan harjoittaa vain vähän. Tämän opinnäytetyön julkaisuhetkellä jatkuvan Venäjän Ukrainaan kohdistuvan hyökkäyssodan seurauksena Suomen ja Venäjän välinen henkilöliikenne on pysähtynyt kokonaan ja tavaraliikenteen määrä on laskenut merkittävästi [7].

2.2 Radanpito ja sen rahoitus

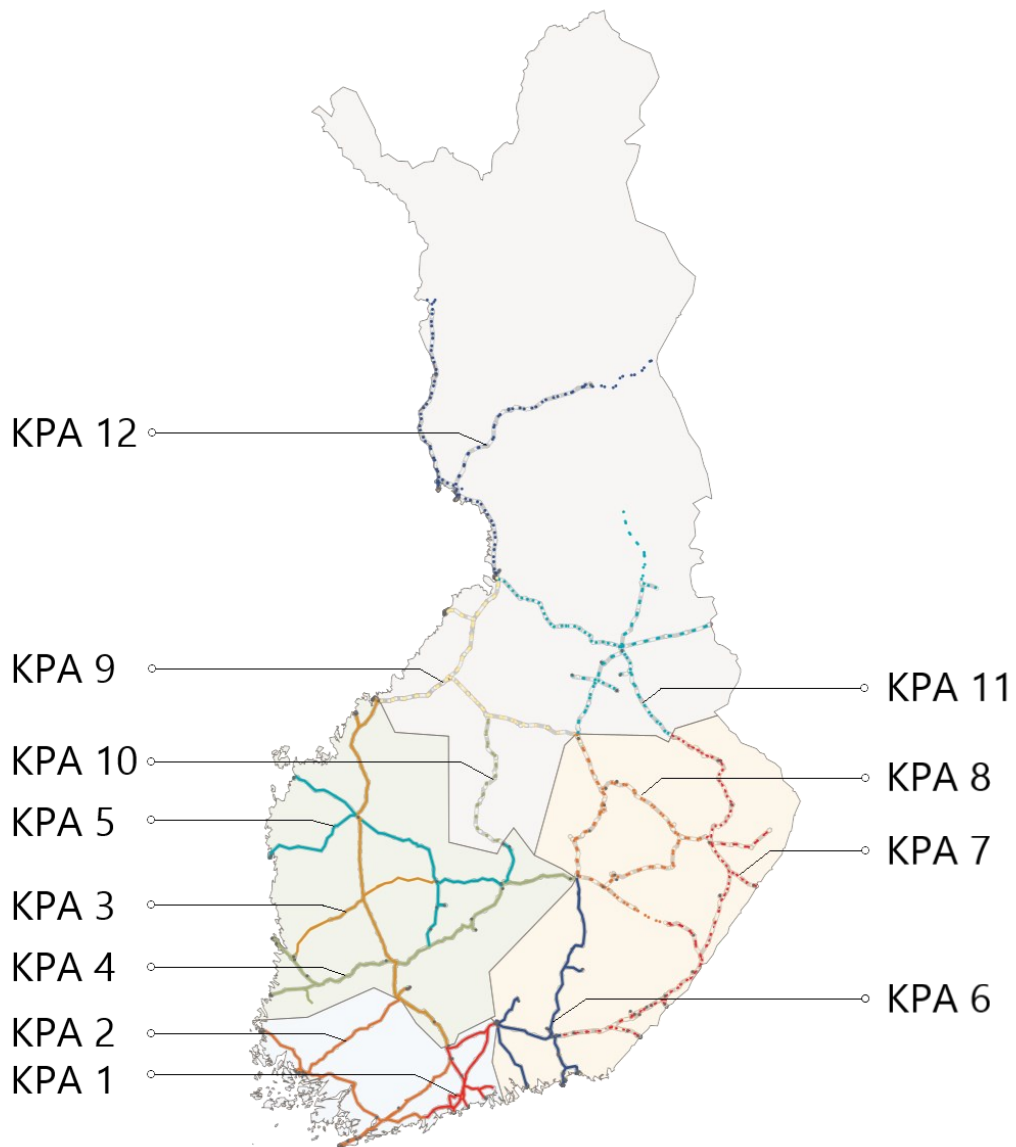
Radanpito käsittää uuden ja olemassa olevan rautatien rakentamisen ja parantamisen sekä rautateihin liittyvän kiinteän omaisuuden suunnittelun, hankinnan, hallinnan ja kunnossapidon [1, 3 §, 7 §]. Radanpidon keskeiset tehtävät ovat rataverkon hoito, sen korjaukset ja parantaminen.

Hoidolla varmistetaan rataverkon turvallinen ja katkeamaton liikennöitävyys. Korjaamisella katetaan rataverkon ja sen rakenteiden sekä laitteiden korjaaminen ja uusiminen. Parantamisella kehitetään rataverkon palvelutasoa ja turvallisuutta vastaamaan muuttuneiden olosuhteiden tarpeita. [8.]

Peruskunnossapito ja isännöinti ovat radanpidon hoidon selkäranka. Suomen rataverkko jakautuu neljään isännöintialueeseen (taulukko 1) sekä kahtentoista kunnossapitoalueeseen (KPA) (kuva 2) [9]. KPA:iden kunnossapidolla varmistetaan rautateiden turvallinen liikennöinti ja radan käytön edellyttämä kuntotaso [10]. KPA:t kilpailutetaan 5–9 vuoden välein ja kunkin alueen järjestelyistä sovitaan erillisillä kunnossapitosopimuksilla. Sopimukset sisältävät esimerkiksi rataverkon tarkastus-, huolto- ja talvikunnossapidon töitä, joiden toteuttaminen vaatii ratatyökoneiden käyttöä. [8; 11.]

Taulukko 1. Suomen rataverkon isännöinti- ja kunnossapitoalueet [10].

Suomen rataverkon isännöintialueet ja kunnossapitoalueet:	
Isännöintialue	Kunnossapitoalue (KPA)
Etelä-Suomen isännöintialue	KPA 1, KPA 2
Länsi-Suomen isännöintialue	KPA 3, KPA 4, KPA 5
Itä-Suomen isännöintialue	KPA 6, KPA 7, KPA 8
Pohjois-Suomen isännöintialue	KPA 9, KPA 10, KPA 11, KPA 12



Kuva 2. Rataverkon kunnossapitoalueet 1–12 [3; 10].

Kun radan kuntotaso ei voida ylläpitää pelkällä hoidolla ja kunnossapidolla, tarvitaan korjaamista. Korjausten tavoitteena on varmistaa rataverkon turvallinen sekä tehokas käyttö ja pidentää verkon käyttöikää. Korjaustoimenpiteisiin kuuluu rikkoutumisesta, kulumisesta ja ikääntymisestä johtuvien vaurioiden korjaaminen rataverkolla ja sen rakenteissa. Mikäli rataosalla havaitaan laaja-alaisia korjaustarpeita, rataosalle suunnitellaan peruskorjaushanke. Peruskorjaushankkeessa pyritään tunnistamaan ja toteuttamaan kaikki kyseessä olevan rataosan korjaustarpeet samassa hankkeessa. [8.]

Rataverkon ja sen osuuksien tarpeiden muuttuessa pyritään parannustöillä kehittämään rataverkon toimivuutta ja turvallisuutta [8]. Parannustöiden hankkeet voivat olla esimerkiksi välityskyvyltään ongelmallisten rataosien kehitystä, rata-
pihojen ratakapasiteetin tehostamista tai henkilöliikennepaikkojen esteettömyyden ja turvallisuuden parantamista [8; 12, s. 33].

Riittävä ja pitkäjänteinen rahoitus ovat rataverkon turvallisuuden ja toimintakyvyn ylläpidon sekä kehittämisen edellytyksiä [13, s. 11]. Hoito ja isännöinti ovat radanpidon tukipilareita, joiden rahoituksesta ei voida karsia, vaikka perusväylänpidon rahoitus- ja kustannustasot muuttuvat. Hoitoon käytettävä rahoitusosuus kattaa vuosittaisesta radanpidon rahoituksen käyttösuunnitelmasta noin puolet. Loput suunnitelman rahoituksesta kohdentuvat korjaukseen, parantamiseen ja suunnitteluun. [8; 14.]

Vuonna 2024 ratojen hoitoon budjetoitiin 207 milj. euroa, korjauksiin 139 milj. euroa ja parantamiseen ja suunnitteluun 64 milj. euroa. Kokonaismääräraha ja sen jakautuminen vuosina 2025–2027 on budjetoitu seuraavasti:

Taulukko 2. Radanpidon rahoituksen käyttösuunnitelma (2024–2027) [14].

Radanpidon rahoituksen käyttösuunnitelma	Rahoitus (milj. euroa)			
	2024	2025	2026	2027
Hoito ja käyttö	207	212	217	219
Korjaus	139	165	183	181
Parantaminen ja suunnittelu	64	39	11	11
Yhteensä	410	416	411	411
Tulot (ratamaksu)	46	56	56	56
Nettomääräraha	364	360	355	355

2.3 Ratatyökoneiden ominaispiirteet ja rooli radanpidossa

Suomessa ratatyökoneet luokitellaan niiden operoinnin perusteella joko liikennöiviin tai ei-liikennöiviin ratatyökoneisiin. Liikennöinnillä tarkoitetaan junaliikennettä ja vaihtotyötä [15]. Liikennöidessään ratatyökoneet liikkuvat joko omalla konevoimallaan tai osana useammasta kalustoyksiköstä muodostuvaa kokonaisuutta. Liikennöivät ratatyökoneet voivat liikkeessaan hyödyntää rataverkon turvalaitejärjestelmiä. Ei-liikennöivien ratatyökoneiden käyttötarkoitus on paikallista ja niiden liikkumista ei valvota rataverkon turvalaitejärjestelmillä. Jotta liikennöivällä ratatyökonekalustolla voidaan liikennöidä, tulee sillä olla voimassa oleva tyyppihyväksyntä ja kalustoyksikön markkinoillesaattamislupa [16; 17, s. 4, 17.]

Liikennöivät ratatyökoneet ovat välttämätön osa rautatiejärjestelmän toimivuutta sekä huoltovarmuutta. Valtion rataverkon yksittäisillä kulkureiteillä on suuri merkitys, koska vaihtoehtoisia reittejä on vain vähän [18, s. 37]. Jotta rataverkon hoito-, korjaus- ja parannustyöt voidaan suorittaa tehokkaasti ja turvallisesti, ne edellyttävät työhön erikoistuneiden liikennöivien ratatyökoneiden käyttöä. Liikennöivän ratatyökonekaluston tarpeellisuus korostuu erityisesti tilanteissa, joissa työmaa-alueelle pääsy tai työn suorittaminen on haastavaa tai taloudellisesti kannattamatonta toteuttaa muilla menetelmillä.

Ratatyökoneet ovat tyypeiltään ja kokoonpanoiltaan monimuotoisia. Myös ratakuorma-autoja (Tka) sovelletaan ratatyökäyttöön laajasti ja ne voidaan lukea osaksi liikennöiviä ratatyökoneita. Vuonna 1975 tai sen jälkeen valmistettuja ratatyökoneita ja ratakuorma-autoja on rekisteröity Suomen rataverkolle noin 140 kappaletta [19]. Näistä noin puolet on erityyppisiä ratatyökoneita ja puolet sarjattunnuksen Tka7, 8 tai 9 ratakuorma-autoja.

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty Suomeen rekisteröityjä liikennöiviä ratakuorma-auto- ja ratatyökoneityyppejä:

Taulukko 3. Suomeen rekisteröityjä ratakuorma-autoja [19].

Ratakuorma-autot:	
Tyyppi:	Kalustosarjatunnus:
Ratakuorma-autot	Tka3, Tka4, Tka5, Tka6
Ratakuorma-autot	Tka7
Ratakuorma-autot	Tka8
Ratakuorma-autot	Tka9

Taulukko 4. Suomeen rekisteröityjä ratatyökoneita [19].

Ratatyökoneet:	
Tyyppi:	Kalustosarjatunnus:
Johdonvetokoneet	Tnv-sr
Kiskonhöyläyskoneet	Tkh
Lumiaurat	Tla
Lumiharjakoneet	Tlh
Monitoimityökoneet	Ttm1
Radantarkastusvaunut	Et, Ttr, Ttr1
Raidenosturit	Tnk4
Raiteentukemiskoneet	Ttk1
Raiteenvaihtokoneet	Trk
Sepeliaurat	Tsl
Sepelinpuhdistuskoneet	Tsp
Sähköratojen huolto- ja tarkastusvaunut	Tta, Tte, Ttv
Tukemiskoneet	Ttk4, Ttk5
Tukikerroksen tiivistyskoneet	Ttk3
Vaihteentukemiskoneet	Ttk2, Uttk

Ratatyökoneiden sarjakoot ovat pieniä ja ajoittain jopa uniikkeja johtuen niiden erikoistuneesta käyttötarkoituksesta. Ratatyökoneet ja ratakuorma-autot valmistetaan usein tilaustyönä, sillä niiden suunnittelu sekä tuotanto vaativat tarkat määritelmät ja rajaukset koneen käytöstä. Tästä johtuen yksittäisen kalustosarjan konemalli soveltuu parhaiten sille suunniteltuun työhön, eikä useissa tapauksissa kalustoa voida käyttää muuhun tarkoitukseen. Esimerkiksi kalustosarjatunnuksen Ttk1 raiteentukemiskone ei sovellu vaihteiden tai raideristeyksien tuentaan, vaan näiden tuentaan tarvitaan sarjatunnuksen Ttk2 vaihteentukemiskonetta [20, s. 38]. Koneiden konfiguraatioissa huomioidaan käyttötarkoituksen lisäksi myös käyttäjään rataverkon kansalliset ominaispiirteet, kulunvalvontajärjestelmä ja oikeussäännöt sekä EU:n asetukset ja määräykset [21].

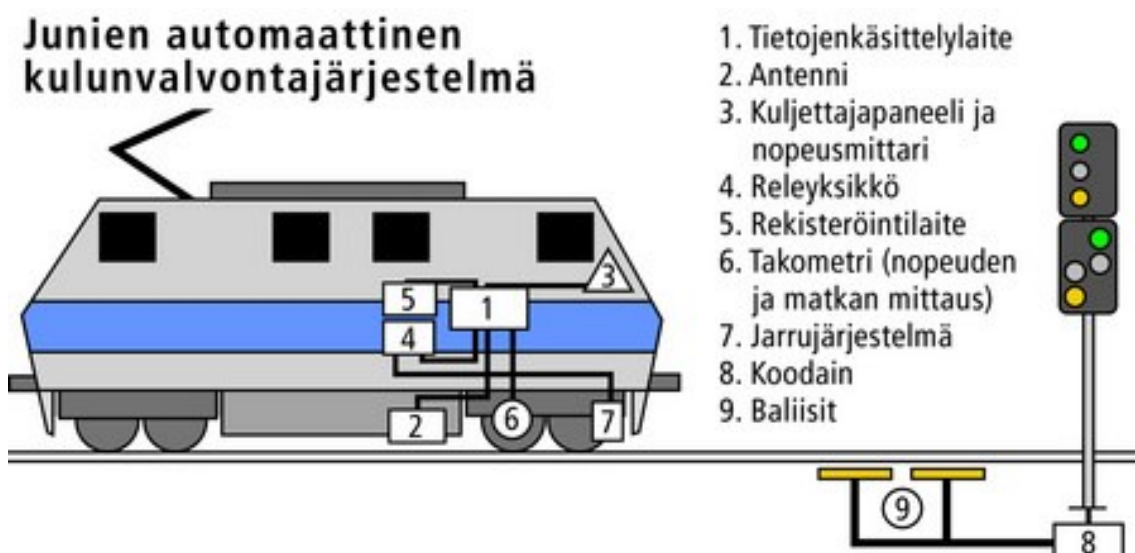
Ratatyökoneiden ja ratakuorma-autojen käyttöikä on usein pitkä. Niiden elinkaari voi parhaimmillaan kestää siihen asti, kunnes esimerkiksi kriittisen koneen osan tai komponentin saatavuus tai valmistus lakkaavat. Huolellisella peruskorjauksella ratatyökoneen tai ratakuorma-auton elinkaarta voidaan pidentää 15–25 vuotta kerrallaan. Merkittävä osa rekisteröidyistä ja käytössä olevista ratatyökoneista sekä ratakuorma-autoista on valmistettu ennen 2000-lukua [19]. Ratakuorma-autosarja Tka7 on esimerkki kaluston pitkäikäisyydestä, sillä osa sarjan käytössä olevista koneista on valmistettu 1970-luvulla. [21.]

Suomessa radanpidon töitä tekevien yritysten konekanta vaihtelee yrityksen laajuuden ja toimenkuvan monipuolisuuden mukaan. Ratakuorma-autoista ja -työkoneista koostuvan konekannan suuruus vaihtelee muutamista koneista kymmeneen koneisiin. Tyypilliseen yrityksen konekantaan kuuluu ratakuorma-autoja sekä yksi tai useampi tukemiskone. Näiden lisäksi laivueeseen voi kuulua myös muuta erikoiskalustoa, kuten yksittäisiä sepeliauroja tai tukikerroksen tiivistyskoneita. Suomessa radanpidon yritykset omistavat pääsääntöisesti oman kalustonsa, mutta radanpidon työtä tehdään myös leasing-sopimusten kautta vuokratulla ratatyökonekalustolla. Ratatyökoneita vuokrataan sekä suomalaisilta että ulkomaalaisilta yrityksiltä. [21.]

2.4 Junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV) osana turvallista junaliikennettä

Junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV) on Suomen kansallinen junakulunvalvontajärjestelmä. Sen avulla varmistetaan junien kullakin hetkellä sallitun suurimman nopeuden sekä junan kulkuun vaikuttavien opasteiden ja merkkien noudattaminen [22]. JKV on osa rautatieturvallisuuden kokonaisuutta ja se puuttuu automaattisesti mahdollisiin turvallisuutta vaarantaviin poikkeamiin. Jos veturinkuljettaja ylittää sallitun nopeuden, järjestelmä varoittaa kuljettajaa nopeusrajoituksen ylittämisestä. Mikäli kuljettaja ylläpitää ylinopeutta varoituksesta huolimatta, JKV:n laitteisto jarruttaa junaa automaattisesti. Noin 98 % Suomen junaliikenteestä liikennöidään rataosilla, jotka on varustettu JKV-järjestelmällä [23, s. 10].

JKV-järjestelmä muodostuu kahdesta osakokonaisuudesta: JKV-ratalaitteista ja JKV-veturilaitteista (kuva 3). JKV-ratalaitteet ovat osakokonaisuus, johon kuuluvat baliisit ja muut laitteet, joilla junakulunvalvontajärjestelmä kytkeytyy opastimiin sekä asetinlaitteeseen. JKV-veturilaitteet ovat osakokonaisuus, johon kuuluvat liikkuvan kaluston laitteet. [24, s. 11.]



Kuva 3. JKV-järjestelmän veturi- ja ratalaitteet [22].

JKV-järjestelmässä liikennöivät kalustoyksiköt vastaanottavat JKV-ratalaitteiden opastin- ja nopeusrajoitustietoja baliiseilta [24, s. 10]. Tiedot välittyvät ratalaitteilta veturilaitteille, kun kalustoyksikön pohjassa oleva antenni ylittää radan baliiseja. Veturinkuljettajalle nämä tiedot välittyvät kalustoyksikön kuljettajapaneelin ja nopeusmittarin kautta. Näistä kuljettaja näkee tulossa olevan nopeusrajoituksen syyn, etäisyyden nopeusrajoitukseen, vallitsevan hetken suurimman sallitun nopeuden ja tavoitepisteen nopeuden [25].

Kansallisten vaatimusten mukaan uuden käyttöön otettavan veturin, moottorivaunun, työkoneen tai ohjausvaunun kulkua tulee valvoa junakulunvalvontajärjestelmän avulla, mikäli sen rakenteellinen suurin nopeus on yli 50 km/h [26, s. 3]. Liikennöivälle kalustolle voidaan kuitenkin erityisestä syystä myöntää poikkeuslupa kansallisiin vaatimuksiin junakulunvalvonnan käytöstä. Poikkeusluvalla liikennöivä kalustoyksikkö ei saa liikennöidessään vaarantaa rautatiejärjestelmän turvallisuutta [2, s. 25]. Poikkeuslupaa ei myönnetä matkustajajunien tai kaupallisen tavaraliikenteen junayksiköille tai vetureille, jotka eivät välittömästi liity radanpitoon. Mikäli kalustoyksikön liikennöintiä ei valvota JKV-veturilaitteiden avulla, yksikön suurin sallittu nopeus on 80 km/h ja nopeusrajoituksen noudattaminen on veturinkuljettajan vastuulla [27, s. 2–3].

Ratatyökonekaluston turvallinen liikennöinti JKV:llä varustelluilla rataosilla toteutetaan käyttämällä JKV-veturilaitteistoa tai liikennöimällä kalustoa poikkeusluvan ehdoilla. Veturilaitteiston ja poikkeusluvan välinen käyttöaste vaihtelee yritys- ja kalustoyksikkökohtaisesti. Päätös veturilaitteiden käytöstä riippuu yrityksen käytännön linjauksesta, yrityksen ja koneiden toimialueista sekä koneiden ominaispiirteistä ja käyttötarkoituksesta. Vaikka veturilaitteisto pienentää inhimillisten turvallisuuspoikkeamien todennäköisyyttä liikennöitäessä, on poikkeuslupamuotoinen liikennöinti yleistä. Keskeinen syy poikkeusluvan suosioon on siitä saatavat hankinnan ja ylläpidon kustannussäästöt [27, s. 2]. Nykymuotoisen poikkeusluvan mahdollistavat tekijät ovat JKV-järjestelmän näkyvät valo-opastimet sekä kuljettajien ja liikenteenohjaajien vakiintuneet toimintamenetelmät poikkeusluvalla liikennöitäessä. [21.]

3 Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (ERTMS)

EU-sääntely velvoittaa EU:n jäsenmaat siirtymään kohti Euroopan laajuista liikenneverkkoa (TEN-T, engl. *Trans European Transport Network*). TEN-T:n keskeisiä tavoitteita on yhdistää EU-maiden väliset liikenneverkot sekä sujuvoittaa ihmisten ja tavaroiden liikkumista jäsenmaiden välillä [28]. TEN-T:n edistämiseksi Euroopan parlamentti ja neuvosto on antanut 13 päivänä kesäkuuta 2024 asetuksen unionin suuntaviivoista Euroopan laajuisen liikenneverkon kehittämiseksi ((EU) 2024/1679) [29].

Rautateiden osalta asetus velvoittaa jäsenmaat varustamaan TEN-T-verkon rautasat Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmällä (ERTMS, engl. *European Rail Traffic Management System*) [29, s. 32]. Päivittyvän hallintajärjestelmän tarkoituksena on kansainvälistää ja avata rautatieliikenteen markkinoita, nostaa rataverkon kapasiteettia, parantaa rautateiden turvallisuutta sekä yhdenmukaistaa jäsenvaltioissa käytettävät junakulunvalvontajärjestelmät. EU:n rautatieverkko on yksi maailman tiheimmistä rautatieverkoista, jonka rautateillä on käytössä yli kaksikymmentä erilaista kansallista junakulunvalvontajärjestelmää [30, s. 2]. Kansallisten kulunvalvontajärjestelmien yhteensopimattomuus ja vanhentuneisuus hankaloittavat sekä hidastavat EU:n jäsenvaltioiden välistä rautatieliikennettä [30, s 5].

3.1 ERTMS:n yleiskuvaus

ERTMS koostuu eurooppalaisesta junien kulunvalvontajärjestelmästä (ETCS, engl. *European Train Control System*), radiotoiminnasta (RMR, engl. *Railway Mobile Radio*) ja automaattisesta junanhallinnasta (ATO, engl. *Automated Train Operation*) [31, s. 392]. ERTMS:n keskeisin toiminnallinen käyttötarkoitus on valvoa junan liikkeitä sekä kuljettajan toimia. ERTMS:n täysimittaisen hyötyjen saavuttaminen edellyttää sekä ETCS-veturilaitteita, ETCS-ratalaitteita ja näiden välistä vuorovaikutteista tiedonvälitystä RMR:n kautta, että junaliikennettä automaattisempaa ATO:a [32].

ERTMS:n kolmesta osajärjestelmästä tärkein yksittäinen järjestelmä on ETCS [31, s. 381]. Se on veturi- ja ratalaitteiden standardi, jonka parametrit määrittävät ehdot junien liikkeiden ja nopeuksien valvotaan ERTMS-järjestelmässä. ETCS-järjestelmän toiminta edellyttää sekä dataliikenneyhteyden junan ja radan välillä että veturinkuljettajan ja liikenteenohjaajan välisen ääniradioyhteyden. ETCS-veturi- ja -ratalaitteiden välinen dataradioyhteys sekä kuljettajan ja liikenteenohjauskeskuksen välinen ääniradioyhteys muodostetaan RMR:llä. ATO on ERTMS-järjestelmän valinnainen toiminnallisuus, joka automatisoi junaliikennettä. ATO-toteutuksesta riippuen, se automatisoi junan operointia suorittaen esimerkiksi junan liikkeellelähdon ja pysäytyksen. [32.]

3.1.1 ETCS-järjestelmä

ETCS-järjestelmä on junaliikennettä valvova kulunvalvontajärjestelmä, joka varmistaa junien liikkeiden turvallisuuden ja radan nopeusrajoitusten noudattamisen. Järjestelmä valvoo veturinkuljettajan toimia yhtäjaksoisesti ja voi tarvittaessa pysäyttää junan. ETCS-järjestelmän toiminta edellyttää ETCS-veturilaitteita, ETCS-ratalaitteita ja niiden välistä tiedonsiirtoa. [32.]

ETCS-järjestelmässä radan ja junan välinen tiedonsiirto voidaan toteuttaa joko pistemäisesti tai jatkuvatoimisesti. Pistemäisessä tiedonsiirrossa veturilaitteet vastaanottavat junaliikenteen sijainti- ja opastintietoja junan ylittäessä balliiseja. Jatkuvatomimisessa tiedonsiirrossa juna vastaanottaa sijaintitietoja balliiseilta ja junaliikenteen tietoja keskeytyksettömästi RMR:n avulla. [33.]

ETCS-veturilaitteiston keskeisimpiä osia ovat kuljettajapaneeli (DMI, engl. *Driver Machine Interface*), joka toimii kuljettajan ja ETCS-järjestelmän välisenä käyttöliittymänä, keskusyksikkö (EVC, engl. *European Vital Computer*), joka vastaa veturilaitteiston tietojenkäsittelystä, sekä balliisiantenni, joka lukee radan euroballiiseja. Euroballiisit ovat ETCS-järjestelmän ratalaitteita, jotka välittävät radan tietoja veturilaitteistolle. ETCS-ratalaitteiden olennaisia komponentteja ovat euroballiisit, asetinlaitteet, jotka varmistavat turvalliset kulkutiet, vapaa-
naolon valvontalaitteet (akselinlaskijat ja/tai raidevirtapiirit) sekä kulkutietietoja

välittävät radiosuojastuskeskukset (RBC, engl. *Radio Block Center*). [34; 35, laatikko 1.]

3.1.2 RMR-järjestelmä

ERTMS-järjestelmän RMR voidaan toteuttaa GSM-R-radioviestintäjärjestelmällä (engl. *Global System for Mobile Communications – Rail*) tai tulevilla rautateiden matkaviestintäjärjestelmällä (FRMCS, engl. *Future Railway Mobile Communication System*). Nykyisessä rautatieliikenteessä laajalti käytetty RMR on GSM-R, joka perustuu yli 20 vuotta sitten laadittuihin eritelmiin. GSM-R:n teknologian vanhentumisen vuoksi on kuitenkin epätodennäköistä, että järjestelmän teollinen tuki jatkuu pitkään vuoden 2030 jälkeen. FRMCS seuraa GSM-R:ää yhtenä RMR:n keskeisistä osista, ja se on avainasemassa digitalisoitaessa Euroopan laajuista rautatieliikenteen hallintajärjestelmää, ERTMS:ää. [36, s. 1.]

Viestintäjärjestelmät GSM-R ja FRMCS ovat itsenäisiä järjestelmiä, joita voidaan käyttää ERTMS-järjestelmässä rinnakkain tai erikseen. GSM-R:n korvaava tuleva rautateiden matkaviestintäjärjestelmä FRMCS perustuu 5G-teknoologiaan. [32.]

Opinnäytetyö painottuu ETCS-järjestelmään, minkä vuoksi RMR:n ja sen il-mävälirajapintojen tarkempi kuvaus on jätetty työn ulkopuolelle.

3.1.3 ATO-järjestelmä

ATO on ETCS-järjestelmään implementoitava toiminnallisuus, joka automatisoi junan operointia. Sen tarkoituksena on parantaa liikennöinnin tehokkuutta ja täsmällisyyttä hyödyntäen ETCS-ratalaitteilta saatavia junaliikenteen aikataulutietoja. [37.]

ATO on rataverkon haltijan tarjoama valinnainen palvelu, joka voidaan käyttöön-ottaa rataosittain [38, s. 45]. ATO:n toiminnallisuudet vaihtelevat valitun auto-maatioasteen (GoA, engl. *Grade of Automation*) mukaan:

Taulukko 5. ATO:n automaatioasteet [39, s. 27].

Automaatioaste	Junan operointi	Liikkeelle lähtö	Pysähtyminen	Ovien hallinta	Operointi häiriön sattuessa
GoA 1	Kulunvalvonta ja kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja
GoA 2	Kulunvalvonta, ATO, kuljettaja	Automaatio	Automaatio	Kuljettaja	Kuljettaja
GoA 3	Ilman kuljettajaa	Automaatio	Automaatio	Junahenkilöstö	Junahenkilöstö
GoA 4	Ilman henkilöistöä	Automaatio	Automaatio	Automaatio	Automaatio

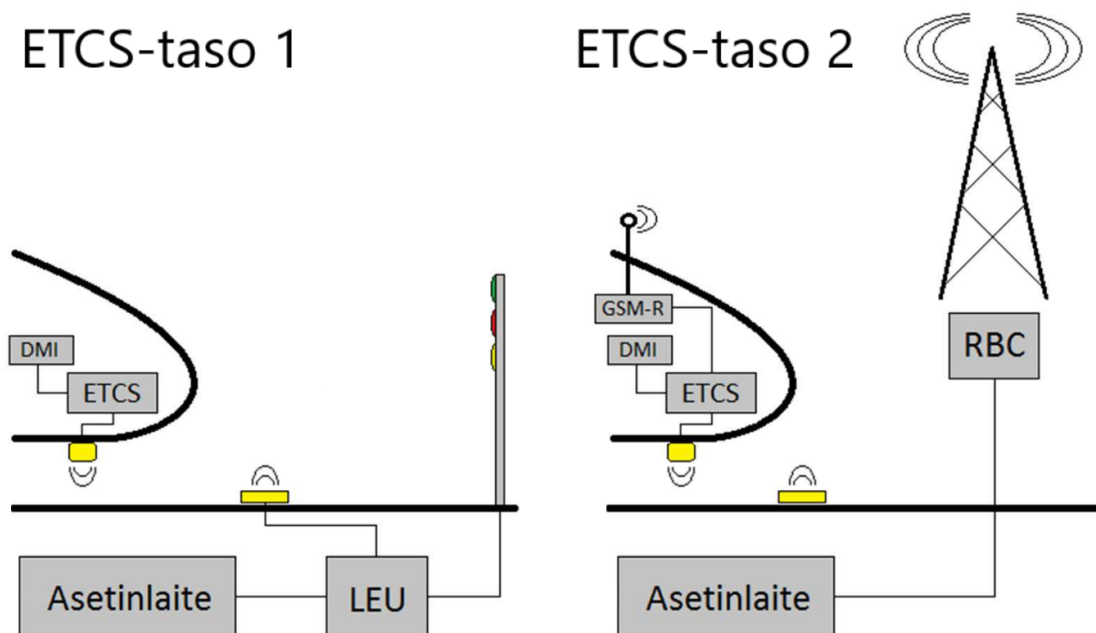
Opinnäytetyö painottuu ETCS-järjestelmään, minkä vuoksi ATO-järjestelmän ja sen ilmapäälirajapintojen tarkempi kuvaus on jätetty työn ulkopuolelle. ATO-järjestelmän tai sen toimintojen soveltaminen ei ole olennaista liikennöivissä rata-työkoneissa niiden kaupallisesta liikenteestä poikkeavan käytön vuoksi.

3.2 ETCS-järjestelmän toimintatasot

ETCS-järjestelmä jakautuu toimintatasoihin eli ETCS-tasoihin. Ne ilmaisevat radan ja junan välisen toiminnallisen suhteen. Toimintatasot määräytyvät sen perusteella, mitkä ovat käytössä olevat ratalaitteet, miten radan tiedot välittyvät veturilaitteistolle sekä mitä toimintoja rata- ja veturilaitteissa käsitellään. [40, s. 12.]

ETCS-tasojen määrittely on tarpeellista, jotta kukin kansallinen rataverkon omistaja tai haltija voi valita rataverkolleen sopivan ERTMS-strategiansa sekä radan infrastruktuurin ja käyttötarpeiden mukaisen ETCS-ratkaisun. ETCS-veturilaitteistolla varusteltu junaliikenteen kalustoyksikkö toimii aina ETCS-ratalaitteiden ETCS-tason mukaisesti. ETCS-tasot määräytyvät toiminnallisuuksien sekä toimintaperiaatteiden mukaan seuraavasti:

- ETCS-taso 0: ETCS-veturilaitteistolla varusteltu junaliikenteen yksikkö liikennöi rataosuudella, jossa ei ole käytössä mitään junakulunvalvontajärjestelmää (ETCS tai kansallinen järjestelmä) tai rataosuuden junakulunvalvontajärjestelmä (ETCS ja/tai kansallinen järjestelmä) ei valvo liikennöintiä.
- ETCS-taso NTC: ETCS-veturilaitteistolla varusteltu junaliikenteen yksikkö liikennöi rataosuudella, joka on varustettu kansallisella junakulunvalvontajärjestelmällä.
- ETCS-taso 1: ETCS-veturilaitteistolla varusteltu junaliikenteen yksikkö liikennöi rataosuudella, joka on varustettu eurobaliiseilla (kuva 4). ETCS-tason 1 toteutuksesta riippuen toimintatason pistemäisyyttä voidaan pienentää euroloop- tai radiotäydennysjärjestelmillä, jotka antavat junaliikenteen yksikölle opastintietoja tulevista opastimista ennakoivasti [40, s. 9].
- ETCS-taso 2: ETCS-veturilaitteistolla varusteltu junaliikenteen yksikkö liikennöi RBC:n kautta ohjattavalla rataosuudella, joka on varustettu eurobaliiseilla ja RMR:llä (kuva 4) [40, s. 12].



- Asetinlaite.....Varmistaa kulkutiet ja kulkutie-ehtojen täyttymisen
 DMI.....Käyttöliittymä kuljettajan ja ETCS-veturilaitteen välillä
 ETCS.....Kalustoyksikköön asennettu ETCS-veturilaitte
 GSM-R.....Radioviestintäjärjestelmä dataliikenteeseen
 LEU.....Koodain, joka lähettää asetinlaitteen tietoja eurobaliiseille
 RBC.....Vastaanottaa sijaintitietoja kalustolta ja lähettää ajoluvat kalustolle

Kuva 4. ETCS-tasojen 1 ja 2 toimintaperiaatteet [41, s. 13; muokattu].

4 Suomen ERTMS-toteutus

4.1 Korvautuva junakulunvalvontajärjestelmä

Suomen kansallinen JKV-järjestelmä korvautuu eurooppalaisella junien kulunvalvontajärjestelmällä, ETCS:llä. Ratkaisevia syitä korvautumiselle ovat JKV:n elinkaaren päättymisen ja Euroopan unionin (EU) velvoitus yhtenäistää kansalliset junakulunvalvontajärjestelmät Euroopan laajuudessa liikenneverkossa. Kriittisimpien arvioiden mukaan JKV:n käyttöikä nykyisessä laajuudessaan päättyy 2020-luvun lopussa. [42.]

Suomessa ETCS-järjestelmään siirtymisellä ei ensisijaisesti tavoitella kustannusyötyjä, vaan sen tarkoituksena on varmistaa valtion rataverkon turvallisuuden ja liikennöitävyyden säilyminen nykyisellä tasolla [43, s. 12]. JKV:n korvauksessa ETCS:llä varustettava rataverkko jaetaan yhteentoista osioon, joista jokainen pyritään rakentamaan ja käyttöönottamaan etenemissuunnitelman mukaisesti vuoteen 2040 mennessä [44, s. 46]. JKV-järjestelmää ei tulla käyttämään rinnakkain ETCS:llä varustetuilla rataosilla [38, s. 57].

Junakulunvalvontajärjestelmän korvautuessa ETCS:llä JKV-ratalaitteiden komponenttien ja materiaalien saatavuus sekä riittävyys katetaan laitetoimittajien kanssa tehdyillä sopimuksilla ja strategisella elinkaarisuunnittelulla [44, s. 41–43]. Nykyiselle JKV-järjestelmälle on kaksi laitetoimittajaa, joista toinen toimittaa sekä rata- että veturilaitteita ja toinen yksinomaan ratalaitteita [43, s. 10].

Ratalaitteiden hankintasopimuksissa ratalaitetoimittajat takaavat tuotteiden, kuten balliisien ja opastintietojen balliseille siirtävien koodaimien saatavuuden sovittulle ajanjaksolle, joka kattaa osan ETCS-järjestelmään siirtymisen ajasta [39, s. 24]. JKV:n elinkaariselvityksessä ratalaitteiden ja varaosien saatavuutta vahvistetaan ennakoivalla hankinnalla ja varastoimalla materiaaleja käynnissä olevista hankkeista [44, s. 42].

JKV-järjestelmän veturilaitteiden saatavuus on päättymässä, mikä voi luoda haasteita tulevaisuudessa. Veturilaitetoimittajan kanssa tehty yhteisymmärryspöytäkirja (MoU, engl. *Memorandum of Understanding*) takaa nykyteknologian veturilaitteiden toimituksen vuoteen 2025 saakka. MoU:n jälkeisenä aikana veturilaitetoimittaja ei takaa veturilaitteiden komponenttien tai osien toimittamista tai korjaamista.

4.2 Korvausinvestointi

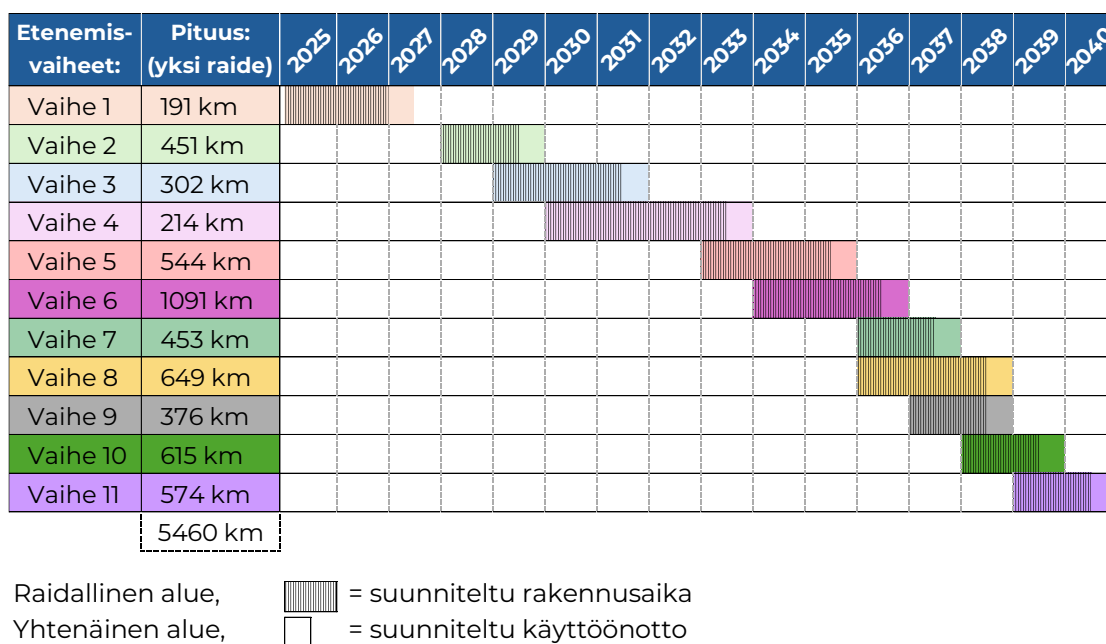
Siirtyminen EU:n vaatimusten mukaiseen ERTMS-järjestelmään edellyttää junakulunvalvontajärjestelmän korvausinvestointia, jolla nykyinen JKV-järjestelmä korvataan ETCS-järjestelmällä. Korvausinvestointi uudistaa nykyisen valtion rataverkon JKV-järjestelmän radioverkkoteknologiaan perustuvalla ETCS:llä. Korvausinvestointi käynnistyi vuonna 2019, ja sen tavoitteellinen valmistumisajankohta on 2040-lukuun mennessä. [45.]

Korvausinvestoinnin arvioidut kokonaisinvestointikustannukset ovat noin 1,7 miljardia euroa, josta noin 1,2 miljardia ajoittuu vuosille 2025–2040 [46; 47, s. 3]. Rataverkon infrastruktuurin ja ETCS-ratalaitteiden investointikulut katetaan valtion budjetista sekä EU-tukien rahoituksella [47, s. 3]. ETCS-veturilaitteiden hankinnan, asennuksen, testauksen ja hyväksyttämisen rahoituksesta vastaavat kaluston omistajat [39, s. 45–46].

Suomen kansallisen junakulunvalvontajärjestelmän korvaava investointi toteutetaan neljässä osavaiheessa [48, s. 3]. Korvausinvestoinnin osavaiheet ovat selvitys-, valmistelu-, kehitys- ja verifiointi- sekä toteutusvaihe:

1. Selvitysvaiheessa Suomen ERTMS-toteutusta tarkasteltiin ja arvioitiin tulevaisuuden hyötyjen sekä kehitettävyyden näkökulmista. Selvitysvaihe valmistui vuonna 2020, ja korvausinvestoinnin pääasialliseksi tavoitteilaksi havaittiin ERTMS:n toimeenpanon lisäksi rautateiden digitalisaatio. [48, s. 3.]

2. Valmisteluvaihe valmistui vuonna 2021, ja se käynnisti Suomen ERTMS-operointikonseptin sääntöjen ja suunnittelusääntöjen kehityksen. Valmisteluvaihe tarkasteli selvitysvaiheessa tunnistettuja havaintoja sekä tulevien vaiheiden toteutettavuutta. [48, s. 3.]
3. Kehitys- ja verifiointivaihe (KVV) aloitettiin vuonna 2021, ja sen on määrä valmistua vuonna 2027. KVV asettuu osittain vuonna 2025 käynnistyvän toteutusvaiheen päälle. KVV:n tavoite on valmistella Suomen ERTMS-toteutuksen järjestelmäkokonaisuuden määritelmät sekä varmistaa ratkaisujen toimivuus toteutusvaihetta (2025–2040) varten. Toimivuutta varmennetaan testirata- ja laboratorioympäristöissä sekä Suomen ensimmäisellä kaupallisella ETCS-rataosalla, joka on tavoitteena ottaa käyttöön vuonna 2027. [44, s. 69; 48, s. 3.]
4. Toteutusvaihe (2025–2040) panee täytäntöön valmisteluvaiheessa laaditun ERTMS-toteutussuunnitelman, jossa on määritelty Suomen ERTMS-toteutuksen rakentamisajat sekä käyttöönottovuodet. Toteutusvaiheessa rataosuudet rakennetaan ja käyttöönotetaan aikataulun mukaisesti yhdesätoista etenemisvaiheessa (kuva 5). [48, s. 3–4.]



Kuva 5. Toteutusvaiheen etenemisvaiheet vuosina 2025–2040 [38, s. 56].

4.3 Kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma

Suomen kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma (NIP, engl. *National Implementation Plan*) kuvaa Suomen rataverkolle implementoitavan ERTMS-toteutuksen. Suomi on toimittanut Euroopan komissiolle kaksi kansallista toimeenpanosuunnitelmaa, ensimmäisen version vuonna 2017 ja päivitetyn version vuonna 2024 [38; 43].

Suomen ERTMS-toteutuksen tahtotilana on varustella koko rataverkko ja kalusto ETCS:llä vuoteen 2040 mennessä [38, s. 33]. Siirtymä uuteen junakulunvalvontajärjestelmään toteutetaan etenemisvaiheittain (kuva 5). Täytäntöönpanosuunnitelmassa ETCS-toimintatasoksi on valittu ETCS-taso 2, jossa ratainfrastruktuurin ja liikkuvan kaluston välinen kommunikaatio tapahtuu ensisijaisesti RMR:n välityksellä [38, s. 34–40, 44]. Kun rataosalla otetaan käyttöön ETCS, JKV:n käyttö on määrä lopettaa välittömästi ja JKV tulee purkaa kahden vuoden sisällä ETCS:n käyttöönotosta [38, s. 58].

Yksi merkittävimmistä ETCS-tason 2 mukana tulevista muutoksista on päätös näkyvien junaliikenteen opastimien poistamisesta toteutusvaiheen edetessä. Opastimien poistuessa rataverkolta lähes kaikki liikenteenohjaustiedot välittyvät kuljettajalle ETCS:n DMI:n kautta. Suomen rataverkolle on harkittu myös alemman ETCS-järjestelmän toimintatason ETCS-taso 1:n käyttöönottoa, mutta sen tekniikka ja pistemäinen tiedonsiirron toimintaperiaate eivät palvele Suomen rataverkon kehittämistarpeita tai digitalisaatiota [49, s. 8].

ETCS-tasolla 2 liikkuva kalusto saa kulkutiedot ja ajoluvat jatkuvatoimisesti radioverkon kautta. ETCS-tason 2 suuri etu pistemäiseen JKV:hen verrattuna on sen jatkuva ja miltei reaaliaikainen tiedonvälitys vapautuvista suojavaleistä. Pistemäiset kulunvalvontajärjestelmät muodostavat tilanteen, jossa juna tai muu junaliikenteen yksikkö saa edessä olevan suojavaili- ja kulkutietiedon ainoastaan ylittäessään kiinteitä baliiseja. Jos kulkusuunnassa ensimmäisen tiedonsiirtopisteen baliisit antavat viestin, että tulevaa opastinta ei saa ohittaa, pistemäinen kulunvalvontajärjestelmä pitää saadun viestin voimassa, kunnes juna ylittää

seuraavan tiedonsiirtopisteen. Mikäli tilannetieto kulkutiestä muuttuu tai suoja-
väli vapautuu junan liikennöidessä tiedonsiirtopisteiden välisellä matkalla, piste-
mäinen järjestelmä ei pysty hyödyntämään ajantasaisia tilannemuutoksia. [49,
s. 10.]

Suomen rataverkolla tullaan ottamaan käyttöön tuleva rautatien puhe- ja datara-
diojärjestelmä FRMCS. GSM-R-radiojärjestelmän käyttöönotto ei ole enää kan-
nattavaa, koska eurooppalaisessa hallintajärjestelmässä siirrytään FRMCS-ra-
diojärjestelmän käyttöön. FRMCS on GSM-R:ään verrattuna tehokkaampi ja
kustannustehokkaampi järjestelmä, joka mahdollistaa laajemman sovellusten,
kuten ATO-toiminnallisuuksien käytön [36, s. 1]. FRMCS:n normien ja valmiiden
ratkaisujen ollessa vielä keskeneräisiä FRMCS-järjestelmä käyttöönotetaan kor-
vausinvestoinnin edetessä. [38, s. 41, 43.]

Suomen rataverkolla tullaan käyttöönottamaan ATO-toiminnallisuuksia. ATO:n
käyttöönotot ovat suunniteltu vuosille 2031–2041. Automatisoimalla junaliiken-
teen operointia ATO:lla on rataverkon täsmällisyyttä ja kapasiteettia mahdollista
parantaa korvausinvestoinnin tavoitteiden mukaisesti [38, s. 23]. Toteutuva au-
tomaatioaste määritellään etenemisvaiheittain rataosien tarpeiden mukaan
GoA2-GoA4 välillä. [38, s. 45–46.]

5 ETCS-järjestelmän käyttöönoton vaikutukset radanpitoon

Tässä luvussa tunnistetaan ja arvioidaan ETCS-järjestelmän käyttöönoton vaatimia kunnossapitokaluston muutostarpeita sekä arvioidaan näistä aiheutuvia kustannuksia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia. Opinnäytetyön kohteena ovat kotimaiset toimijat, mutta vertailuaineistoa haettiin myös muista Euroopan unionin rautatiesäädöksiä noudattavista maista.

ETCS-järjestelmän käyttöönoton vaikutusten erittelemineen on olennaista, jotta varusteluiden ja korvausinvestoinnin toteutusvaiheen muutoksiin voidaan varautua ennakoivasti sekä asianmukaisesti. On ensiarvoisen tärkeää, että radanpitoa harjoittavat yritykset, kaluston omistajat sekä viranomaiset tunnistavat ETCS-järjestelmän käyttöönoton vaikutukset radanpidossa. Sidosryhmien välinen yhteistyö ja tiedonvaihto ovat avainasemassa käyttöönoton haasteiden, riskien sekä kulujen minimoinnissa.

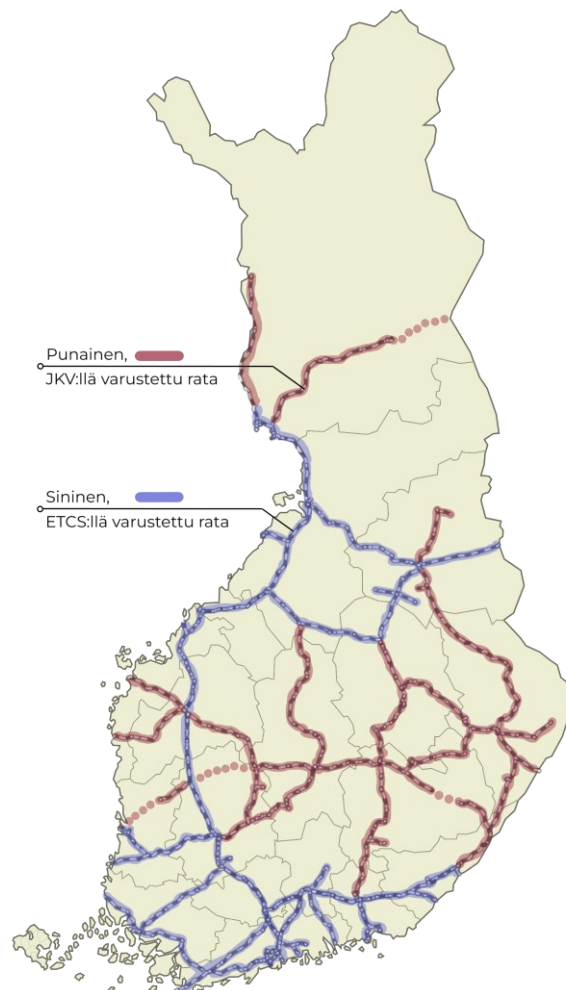
Henkilö- ja tavaraliikenteen käyttötarpeita palvelevan radiopohjaisen kulunvalvontajärjestelmän on tunnistettu aiheuttavan epävarmuutta Suomessa radanpitoa harjoittavissa yrityksissä. Havaittuja epävarmuustekijöitä ovat veturilaitteinvestoinnista aiheutuvat kulut suhteessa siitä saatavaan hyötyyn, kahteen kulunvalvontajärjestelmään sopeutuminen ja yritysten eriarvoiset valmiudet mukautua tuleviin muutoksiin. Myös konkreettisten varustelun toteutusesimerkkien ja -suositusten puuttuminen kasvattavat vallitsevaa epätietoisuutta.

Suomessa kaluston omistajat ovat vastuussa ETCS-veturilaitteiden asentamiseen liittyvistä muutoksista ja niiden aiheuttamista kustannuksista. ETCS:n mukana tulevat muutokset yhdistettynä nykyisiin radanpidon aikataulu- ja kilpailupaineisiin voivat vaikuttaa rataverkon hoito-, korjaus- ja parannustöiden laatutason sekä hintoihin.

5.1 Ratatyökoneiden yhteensovittaminen ETCS-järjestelmään

Liikennöivän ratatyökonekaluston yhteensovittaminen uuden junakulunvalvontajärjestelmän vaatimuksiin on merkittävä haaste. Toteutusvaiheen (v. 2025–2040) edetessä valtion rataverkolla tullaan käyttämään kahta junakulunvalvontajärjestelmää. Mikäli ratatyökoneen toimialueeseen kuuluvat sekä JKV- että ETCS-järjestelmällä varustellut rataosuudet, on koneiden kyettävä toimimaan kummankin järjestelmän alaisuudessa.

ETCS:n ja kaluston yhteensopivuuden merkitys korostuu korvausinvestoinnin edetessä, kun ETCS:llä varustettujen rataosuuksien määrä kasvaa. Vaiheen 6 käyttöönoton jälkeen noin puolet valtion rataverkosta on varustettu ETCS:llä:



Kuva 6. Valtion rataverkon JKV- ja ETCS-rataosat vuonna 2036 [50; muokattu].

Suomen ERTMS-toteutus perustuu ETCS-tason 2 toteutukseen, jonka myötä näkyvät opastimet poistetaan valtion rataverkolta vaiheittain. Opastimettomassa ETCS-järjestelmässä varustamattomien kalustoyksiköiden liikennöinnin toimintaedellytykset heikkenevät merkittävästi. Nykyiset JKV-järjestelmän veturilaitteet eivät käsittele ETCS-ratalaitteiden välittämiä kulkutie- ja nopeustietoja asianmukaisesti. Näiden seurauksena ratatyökoneiden liikennöinti ETCS-rataosilla edellyttää joko ETCS-veturilaitteiston asentamista tai vaihtoehtoista yhteensovitusratkaisua. Valikoidusta yhteensovitustavasta riippumatta tulee toteutustavan täyttää sekä kansalliset että EU:n vaatimukset.

Jotta radanpitoa voidaan harjoittaa korvausinvestoinnin edetessä vaaditulla palvelutasolla, on liikennöivien ratatyökoneiden kyettävä operoimaan ETCS:llä varustetuilla rataosilla. Ratatyökoneiden ja ETCS-järjestelmän keskinäisen yhteensopivuuden muodostamisen tarkasteluissa painotettiin seuraavia aineistoja:

- Euroopan unionin rautatiejärjestelmän ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmiä koskeva yhteentoimivuuden tekninen eritelmä ((EU) 2023/1695 OHM YTE) [31].
- Suomen kansalliset täytäntöönpanosuunnitelmat vuosilta 2017 ja 2024 [38; 43].
- Haastattelut: ratatyökoneet ja ETCS (liite 1 ja liite 2) [21].
- Korvausinvestoinnin sidosryhmätilaisuudet [51; 52].

Tarkastelluista aineistoista tunnistettiin kolme yhteensovituksen toteutustapaa:

1. Ratatyökoneiden varustaminen ETCS-veturilaitteistolla.
2. Ratatyökoneiden siirtäminen hinaamalla niitä ETCS-rataosilla.
3. Liikennöintimalli, jolla ratatyökoneita liikennöidään ETCS-rataosilla ilman ETCS-veturilaitteistoa.

5.1.1 Ratatyökoneiden varustaminen ETCS-veturilaitteistolla

Ensimmäisessä yhteensovituksen toteutustavassa ratatyökonekalusto varustellaan ETCS-veturilaitteilla. Tämä mahdollistaa liikennöivien ratatyökoneiden itsenäisen liikennöinnin rataosilla, joissa käytetään ETCS:ää. Mikäli Suomen ERTMS-toteutus edellyttää kaikkien kalustoyksiköiden varustelun ETCS:llä, tulee myös liikennöivät ratatyökoneet varustella ETCS-veturilaitteistolla.

Veturilaittevarustelut voidaan toteuttaa joko uuden koneen kalustohankinnan yhteydessä tai jälkiasennuksena siten, että nykyisiin kalustoyksiköihin asennetaan veturilaitteisto [35, kohta 51]. Jotta vastavalmistetut kalustoyksiköt voidaan saattaa yhtenäisen eurooppalaisen rautatiealueen markkinoille, tulee niiden olla varustettu ETCS:llä ja käyttää sitä OHM YTE:n mukaisesti [31, s. 462]. Uusien koneiden hankinta on kuitenkin harvinaista ja erittäin kallista, mistä johtuen suurin osa ETCS-veturilaittevarusteluista tulisi toteuttaa jälkiasennuksina. Myös ETCS:n jälkivarusteluprosessin kustannukset ovat mittavia.

Osassa liikennöivistä ratatyökoneista on asennettuna JKV-veturilaitteisto, mikä monimutkaistaa ETCS-veturilaitteiston asennusta olemassa oleviin kalustoyksiköihin. Nykyisten ratatyökoneiden valmistuksessa ei ole huomioitu kahden veturilaitteiston tilantarvetta. Tietyissä tapauksissa, joissa ETCS-veturilaitteisto voidaan kuitenkin asentaa JKV-veturilaitteiston kanssa rinnan, on kyseessä puhtas kaksoisvarustelu [39, s. 91–92]. Mikäli JKV-veturilaitteisto estää tai haittaa ETCS-veturilaitteiston asennusta tai toimivuutta, tulee kalustoyksikön JKV-laitteisto purkaa ETCS-laitteiston edestä ja harkita vaihtoehtoista kaksoisvarustelun keinoa.

Toisessa kaksoisvarustelun keinossa kalustoyksikköön on mahdollista asentaa lisälaitte ETCS-veturilaitteiston rinnalle, minkä avulla kalustoyksikköä voidaan liikennöidä kansallisten kulunvalvontajärjestelmien valvomilla rataosilla [39, s. 20]. Tämä lisälaitte on ETCS-veturilaitteistoon integroitava sovitustiedonsiirtomoduuli (STM, engl. *Specific Transmission Module*) [39, s. 13]. STM:n asentamista ratatyökonekalustoon tulisi tarkastella myös siitä saatavan hyödyn tai lisäarvon

kautta, sillä varustamatonta ratatyökonekalustoa voidaan liikennöidä JKV-rataosilla poikkeusluvin. STM on luotu palvelemaan henkilö- ja tavaraliikenteen kalustoyksiköitä, joiden liikennöinti edellyttää kulunvalvontajärjestelmän käyttöä, ja sen integroiminen ETCS-veturilaitteistoon voi kasvattaa jo mittavia ETCS:n varustelukuluja.

5.1.2 Ratatyökoneiden liikuttaminen niitä hinaamalla

Toisessa yhteensovituksen toteutustavassa ratatyökonekalustoa liikutetaan hinaamalla niitä ETCS-rataosilla. Hinauksen peruseriaatteena on, että ETCS-veturilaitteistolla varusteltu kalustoyksikkö hinaa varustelematonta ratatyökonekalustoa ETCS-rataosilla ratatyöalueelle ja sieltä pois. Tällöin siirtymissä voidaan noudattaa kulunvalvonnan vaatimuksia ilman, että hinattavan ratatyökonekaluston tulee olla varustettuna veturilaitteistolla. Tuleviin kansallisiin oikeussääntöihin tavoitellaan sisällöksi, että ratatyöalueella liikkuminen on mahdollista ilman ETCS-veturilaitteistoa, mutta pitkissä siirroissa tulisi kuitenkin suosia hinausta [38, s. 25–26].

Hinaus palvelee siirtymätarpeita etenkin toteutusvaiheen alussa, jolloin ETCS-rataosien määrä on vähäisempää. Hinaaminen on yksinkertaisempi toteutus tapa veturilaittevarusteluihin verrattuna, mutta se rajoittaa liikennöivien ratatyökoneiden itsenäistä liikkumista ja luo riippuvuuden hinaavaan kalustoon sekä sen henkilöstöön. Hinaaminen voi myös aiheuttaa koneiden siirroissa operatiivisia haasteita, jos hinaavan kalustoyksikön saatavuudessa on vaikeuksia tai hinaavan yksikön aikatauluja ei voida ennakoida riittävällä tarkkuudella. Radanpidon töitä ja sen tehtäviä tehdään ajoittain pienissä pätkissä suurillakin toimialueilla, minkä takia hinausoperaatioiden suunnittelu voi osoittautua vaikeaksi. Hinauksessa tulee lisäksi huomioida ratatyökoneiden fyysiset erityispiirteet, jotka vaikuttavat niiden yleiseen hinattavuuteen, hinausjärjestykseen ja hinausnopeuksiin. [21.]

5.1.3 Liikennöintimalli, jolla ratatyökoneita liikennöidään ETCS-rataosilla ilman ETCS-veturilaitteistoa

Kolmannessa yhteensovituksen toteutustavassa valtion rataverkolle laaditaan liikennöintimalli, joka mahdollistaa ratatyökonekaluston liikuttamisen ETCS-rataosilla ilman ETCS-veturilaitteistoa. Komission täytäntöönpanoasetuksen ETCS:n toteutusta koskevissa erityissäännöissä jäsenvaltiot voivat tehdä päätöksen jättää ratatyökoneet varustamatta ETCS-veturilaitteistolla. Päätöksen edellytyksenä on, että varustamattomien ratatyökoneiden käyttö ei saa estää nykyisen kansallisen kulunvalvontajärjestelmän käytöstä poistamista. [31, s. 464.] Uusi liikennöintimalli palvelisi JKV:n poikkeusluvan tavoin kalustoyksiköitä, joita on haastavaa tai kannattamatonta varustella veturilaitteistolla. Liikennöintimallia voisi hyödyntää myös häiriötilanteissa, joissa ETCS-ratalaitteiden ja -veturilaitteiden välinen tiedonvälitys vikaantuu. [51; 52.]

Uusi liikennöintimalli vaatii toimiakseen ehdot, joilla varustelemattomia ratatyökoneita voidaan operoida turvallisesti ETCS-rataosilla. Näiden ehtojen täyttyminen voi osoittautua haasteelliseksi, koska Suomessa tullaan käyttöönottamaan opastimeton ETCS-järjestelmä. Näkyvien opastimien poistuminen heikentää koneenkuljettajien mahdollisuuksia paikantaa ja varmistaa operoitavan koneen sijaintia. Uudenlainen liikennöintimalli muuttaa myös puheviestinnän käytäntöjä ja voi kasvattaa liikenteenohjaajien nykyistä työkuormaa. Tämä voi johtaa tarpeeseen lisätä liikenteenohjaajien määrää. [51; 52.]

5.2 Huoli veturilaittevarusteluiden pakollisuudesta

Suomen ERTMS-toteutus ei määritä, miten ratatyökonekalusto tulee sovitaa tulevan ETCS-järjestelmän vaatimuksiin. Sen seurauksena täysimääräinen ETCS-järjestelmään varautuminen on haasteellista. Korvausinvestoinnin aikaisemmissa osavaiheissa yhteensovituksen toteutustavaksi ennakoitiin nykyisen poikkeusluvan tyylistä varustamattoman kaluston liikennöinnin keinoa. Toteutusvaiheen käynnistyessä ETCS-veturilaittevarusteluiden pakollisuus nähdään aiempaa todennäköisempänä, minkä seurauksena veturilaittevarusteluita on

alettu pohtimaan laajemmin. Yhteensovituspäätöksen puuttuminen on aiheuttanut epävarmuutta koneen haltijoiden, käyttäjien ja valmistajien keskuudessa. Valtaosa haastatelluista kertoo odottavansa tulevien ohjeistuksien tarkentumista sekä määräystä tulevasta toteutustavasta. [21.]

ETCS:n edellytykset kohdistuvat ratatyökoneisiin suorina ja epäsuorina vaatena. Jos kalustolta edellytetään liikennöidessään ETCS:n vaatimusten noudattamista, on kyseessä suora vaatimus. Näitä ovat tilanteet, joissa esimerkiksi valtion oikeussäännöt tai hankintojen kilpailutukset eivät salli varustamattomien kalustoyksiköiden liikennöintiä ETCS-rataosilla. Tällöin ratatyökoneisiin tulee asentaa ETCS-veturilaitteisto tai koneita tulee hinata veturilaittevarustellulla kalustoyksiköllä. Epäsuorissa vaatimuksissa ETCS:n käyttämättä jättäminen heikentää liikennöinnin tai työnteon mahdollisuutta merkittävästi, minkä takia ETCS:n käytöstä muodostuu välillisesti välttämätöntä. Esimerkkinä epäsuoralle vaatimukselle voi olla kunnossapitoalueen tai ratatöiden kilpailutukset ja puitejärjestelyt, joissa tarjoajia arvioidaan laatupisteiden avulla. Yhtenä laatupisteiden kriteerinä voi olla ETCS:n noudattaminen KPA:lla tai ratatyöalueella, jolloin ETCS-varusteltu ratatyökonekalusto nostaa laatupisteitä kilpailutilanteessa ja täten parantaa mahdollisuuksia kilpailutuksen voittamiseen.

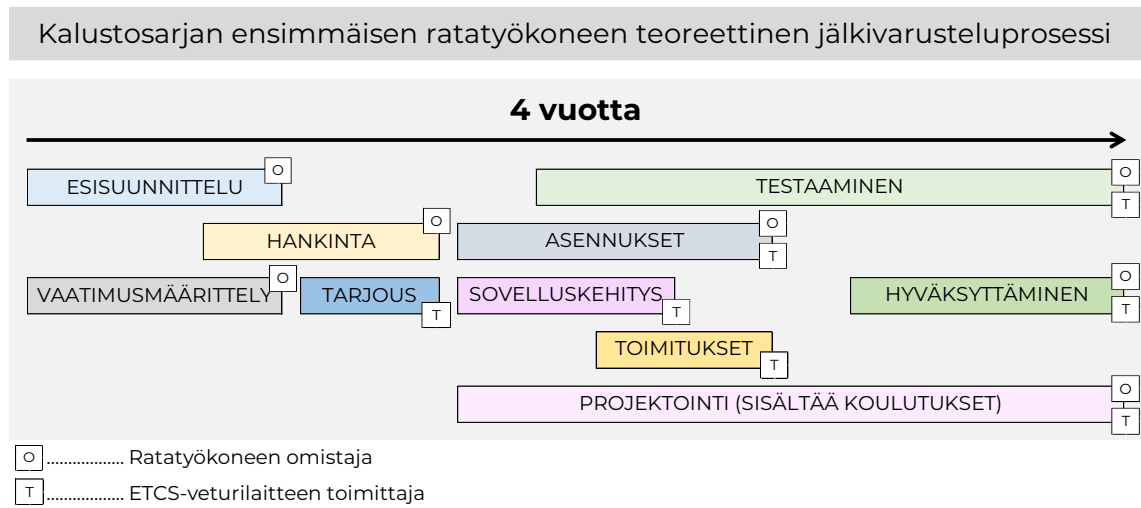
Vaikka ETCS-veturilaittevarustelut nähdään aiempaa todennäköisempinä, konkreettisia varustelusuunnitelmia laaditaan varovaisesti. Haastatellut kokevat turvallisempaan odottaa varusteluiden toteutus- ja hankintatapojen selkeytymistä, jotta mahdollisia varusteluita voidaan toteuttaa oikein ja vaatimusten mukaisesti. Ainoastaan yksi haastateltu yritys kertoo laatineensa jälkivarustelusuunnitelman ratatyökonekalustolleen. Suunnitelma on kuitenkin alustava, ja se käsittää ainoastaan hinaamiseen soveltuvat ja runsaasti liikennöivät ratakuorma-autot (Tka). Muun ratatyökonekaluston, kuten tukemiskoneiden (Ttk), varusteluajankohtia tai -järjestyksiä ei ole sisällytetty edellä mainittuun suunnitelmaan. Yleisenä huolenaiheena on, että kalliita ja teknisesti monimutkaisia veturilaittevarusteluita toteutetaan ratatyökonekalustolle turhaan, jos varustamatonta kalustoa voidaan tietyin ehdoin liikennöidä ETCS-rataosilla ilman ETCS-veturilaitteistoa. [21.]

Nykyisten liikennöivien ratatyökoneiden valmistuksessa ei ole huomioitu ETCS-veturilaitteiston tilavaatimuksia tai tekniikkaa. Osassa ratatyökoneista ohjaamoiden sekä muiden katettujen tilojen ahtaus vaikeuttaa ETCS-laitteiston asentamista huomattavasti, vaikka koneessa ei olisi JKV-laitteistoa tai se voitaisiin poistaa uuden laitteiston tieltä. Tila- ja tekniikkaratkaisujen puuttuminen ovat osatekijöitä, jotka tekevät ratatyökoneiden jälkivarustelusta monimutkaista sekä kallista. [21.]

Ratatyökonekaluston yksikkökohtaiset jälkivarustelun kokonaiskustannukset vaihtelevat paljon. Liikennöivät ratatyökoneet ovat pääsääntöisesti hyvin yksilöllisiä, eikä niiden ETCS-varustelua voida monissa tapauksissa suunnitella tai toteuttaa sarjatuotantona. ETCS-veturilaitteiston hankintahinnan lisäksi varustelun kokonaishintaan vaikuttavat useat muut osatekijät, kuten asennukseen sekä sen valmisteluun tarvittavien henkilötyötuntien määrä [43, s. 23].

Koska veturilaittevarustelu muuttaa kalustoyksikköä merkittävästi, tulee ratatyökoneille hakea laiteasennusten jälkeen uudet tyyppihyväksynät ja markkinoiljesaattamisluvat. Hyväksyntöjen ja lupien kustannukset ovat huomattavia, sillä niiden hinnat määräytyvät tarvittavien työtuntien perusteella. [16.] Mitä pienempiä kalustosarjat ovat, sitä suurempi on yksittäisen kalustoyksikön suhteellinen osuus suunnittelu-, testaus-, hyväksyntä- ja dokumentaatiokuluista [53, s. 16].

Liikennöivien ratatyökoneiden jälkivarustelu ETCS-veturilaitteistolla on monivaiheinen prosessi, jonka kesto riippuu toteutettavien osavaiheiden määrästä sekä näiden laajuudesta. Kalustosarjan aloittavan kalustoyksikön varustelu edellyttää kattavamman varusteluprosessin kuin sarjan muut yksiköt. Kun veturilaittevarustelun esisuunnittelu, laitteiston asentaminen ja testaaminen tehdään ensimmäisen kerran, kalustosarjan aloittavan ratatyökoneen jälkivarustelu ETCS:llä voi kestää useita vuosia (kuva 7). Myös sarjan aloittavan ratatyökoneen tyyppihyväksyntä kasvattaa varusteluprosessin kestoja. Kuvan 7 prosessikuvauksessa ei esitetä viranomaisten roolia. [43, s. 23; 54.]



Kuva 7. Yksinkertaistettu prosessikuvaus: kalustosarjan ensimmäisen ratatyökoneen jälkivarustelu ETCS-veturilaitteistolla [54].

5.3 Veturilaitteinvestoinnin kustannusarviot

Veturilaitteinvestoinnin kokonaiskustannukset ovat merkittävät. Investoinnin hinta muodostuu kalustosarja- ja yksikkökohtaisesti, ja kustannuksiin vaikuttavat erinäiset vaatimukset kuten varusteltavien yksiköiden kappalemäärä sekä toimialueen laajuus [35, kohta 53]. Seuraavissa Alankomaiden, Saksan ja Suomen jälkivarustelun kustannusarvioissa tarkastellaan nykyisten henkilö- ja tavaraliikenteen kalustoyksiköiden yksikkökohtaisia investointikustannuksia. Liikennöivän ratatyökoneen jälkivarustelun kustannusrakenne voi poiketa henkilö- ja tavaraliikenteen kalustoyksiköiden kustannusrakenteesta.

Euroopan tilitarkastustuomioistuimen laatimassa erityiskertomuksessa (2017) arvioidut veturikohtaiset jälkivarustelun investointikustannukset ovat 375 000–550 000 euroa [35, kohta 52]. Kustannukset sisältävät ETCS-veturilaitteiston ja sen asennuksen, testauksen, hyväksynnän sekä ajan, jonka aikana kalustoyksikkö on pois käytöstä. Kustannusarviot perustuvat kahteen EU:n julkaisemaan ERTMS-tutkimukseen: ”Study to develop tailor-made solutions for use of innovative financing to support deployment of ERTMS, in particular along nine core network corridors” (marraskuu 2015) ja ”Business case report on the 9 core

network corridors” (heinäkuu 2016). Joissakin tapauksissa jälkivarustelun kokonaiskustannukset ovat kuitenkin huomattavasti suurempia:

- A) Alankomaissa useiden tavaraliikenteen vetureiden yksikkökohtaiset varustelukustannukset olivat 660 000–970 000 euroa.
- B) Saksassa useiden tavaraliikenteen vetureiden yksikkökohtaiset varustelukustannukset vaihtelivat 420 000–630 000 euron välillä. [35, kohta 53.]

Alankomaiden tapauksessa merkittäviä lisäkustannuksia aiheuttivat ETCS-veturilaitteiston pakolliset järjestelmäpäivitykset. ETCS:n järjestelmäpäivityksiä tarvitaan, kun järjestelmää kehitetään tai korjataan. Saksan tapauksessa liikennöintiä edellyttävien järjestelmäpäivitysten kustannuksia ei ole sisällytetty tapauksen varustelukustannuksiin. Kummassakaan tapauksessa yksikkökohtaisiin kokonaiskustannuksiin ei ole sisällytetty kustannuksia, joita kalustoyksiköiden käytöstä poissa olemisesta on aiheutunut. [35, kohta 53.]

Suomen kansallisessa täytäntöönpanosuunnitelmassa (2017) on arvioitu, että henkilö- ja tavaraliikenteen jälkivarustelukulut ovat 500 000–1 300 000 euroa kalustoyksikköä kohden. Tarkastelun tapauksessa kalustoyksiköihin on määrä asentaa ETCS-veturilaitteisto sekä siihen integroitava STM. Merkittäviä lisäkustannuksia syntyy tapauksissa, joissa kalustosarjaan tulee asentaa kahdet veturilaitteistot kalustoyksiköiden pituudesta ja ohjaamoiden määrästä johtuen. Kustannusarvioissa ei ole huomioitu henkilöstön kouluttamisesta, projektinhallinnasta tai epäsuorista kuluista aiheutuvia kustannuksia. Epäsuoria kuluja ovat muun muassa kustannukset, joita syntyy, kun kalustoyksikkö on poissa käytöstä. [43, s. 23–24.]

5.4 Investoinnin takaisinmaksu

ETCS-veturilaitteiston investointikustannuksista vastaavat kaluston omistajat [39, s. 45–46]. Jotta ratatyökoneen jälkivarustelu ETCS-veturilaitteistolla ei olisi taloudellisesti kannattamaton investointi, tulee varustelun takaisinmaksu

varmistaa ratatyökoneella tehtävällä työllä. Haastatellut radanpidon harjoittajat ovat yksimielisiä, että mikäli ETCS-veturilaittevarustelusta tulee pakollinen edellytys ratatyökoneiden liikennöinnille, sillä on hinnastollisia vaikutuksia ratatyökonekalustolla toteutettavissa radanpidon tehtävissä. Radanpidosta saatavaa nettotulosta ei koeta marginaaliltaan niin suureksi, että investointikulujen takaisinmaksu voitaisiin kaikissa tapauksissa varmistaa nykyisillä työn hinnoilla. Takaisinmaksussa tulee myös huomioida, että suurella osalla liikennöivästä ratatyökonekalustosta voidaan työskennellä ainoastaan sulanmaan aikaan. [21.]

Radanpitoon kohdistetaan vuosittain noin 400 milj. euroa määrärahaa, josta noin puolet varataan rataverkon hoidon ja käytön rahoitukseen. Nykyinen korjauksiin osoitettu määräraha vaihtelee vuosittain 140–180 milj. euron välillä ja parantamiseen osoitettu määräraha 10–65 milj. euron välillä (v. 2024–2027). [14.] Suomen rautateiden korjausvelka oli vuoden 2024 alussa noin 1 600 milj. euroa [55, s. 18]. Jotta rautateille ei muodostuisi enempää korjausvelkaa, tulisi korjauksia rahoittaa vuosittain noin 200 milj. eurolla [13, s. 14].

Mikäli ETCS-veturilaitteinvestoinnit nostavat radanpidon töiden hintoja, on tällä vaikutuksia radanpidon kokonaismäärärahan riittämiseen tai sen jakautumiseen. Koska rataverkon hoidolla varmistetaan rautateiden turvallinen liikennöinti, hoidon ja käytön rahoitusosuudesta tai työmäärästä ei voida karsia [8]. Rahoitustasoihin voidaan vaikuttaa ainoastaan muuttamalla korjaukseen tai parantamiseen kohdistuvaa rahoitusmäärää.

Jos ratatyökonekalustolla tehtävät työt vievät suuremman osan nykyisestä budjetoidusta määrarahasta (n. 400 milj. euroa/vuosi), vaihtoehtoiset mukautumisen toimenpiteet ovat joko vuotuisen määrärahan korottaminen tai töiden vähentäminen vuositasolla:

- Ensimmäisessä tapauksessa, kun ratatyökonekalustolla tehtävien töiden hinnat nousevat, radanpitoon kohdistettua määrärahaa tulisi korottaa, jotta rataverkon hoito, korjaus ja kehittäminen pysyvät nykyisellä tasollaan.

- Toisessa tapauksessa, kun hinnat nousevat, korjaukseen tai kehittämiseen kohdistuvaa työtä tulisi vähentää sekä priorisoida tarkemmin, jotta radanpidon määräraha pysyisi nykyisellä tasollaan. Hoidon määrärahaa ei voida vähentää.

Ensimmäisen vaihtoehdon tapauksessa kasvavat radanpidon kustannukset laskeutuvat viime kädessä valtion ja yhteiskunnan maksettaviksi, koska valtion rataverkon radanpidon kustannuksista vastaa Suomen valtio [1, 7 §]. Radanpidon kokonaismäärärahan kasvattamista voi olla haastavaa perustella ETCS:n veturilaitteinvestointien kuluilla tai jälkivarusteluiden takaisinmaksulla.

Toisen vaihtoehdon tapauksessa, jos radanpidon kokonaismäärärahaa ei ole mahdollista kasvattaa, tulisi vuosibudjettiin mukautua vähentämällä radanpidon nykyistä työmäärää tai priorisoimalla töitä entistä tarkemmin. Koska hoidon työmäärästä ei voida vähentää ja kasvaneista työn hinnoista johtuen hoidon osuus kokonaismäärärahasta kasvaa, mukautuminen kokonaistyömäärän alentumiseen näkyisi vähentyvinä korjauksen tai parantamisen työmäärinä.

Korjaustöiden hintojen kasvaminen yhdistettynä vähenevään korjaustöiden määrään aiheuttaisi kuitenkin epäsuotuisia vaikutuksia jo kasvavaan korjausvelkaan. Korjausvelan lisääminen on voimakkaasti ristiriidassa valtion väyläverkon investointiohjelman (2025–2032) kanssa, jonka yhtenä olennaisena teemana on vähentää nykyistä korjausvelkaa [12, s. 42]. Parantamistyön tai sen määrärahojen vähentäminen voi puolestaan olla ristiriidassa rataverkon kehittämisen tavoitteiden kanssa ja hankaloittaa erillisrahoituksen saamista.

5.5 Yritysten eriarvoisuus ja markkina-alueuutokset

ETCS-veturilaittevarusteluiden toteuttaminen on merkittävä taloudellinen investointi radanpitoa ja kalustopalveluita tuottaville yrityksille. Koska investointiin liittyy riskejä, ratatyökoneiden varusteluprosessi on suunniteltava huolellisesti ja takaisinmaksun ehdot on määritettävä huolellisesti. Suomessa ratatyökonekalustoa omistavien yritysten taloudellinen koko vaihtelee huomattavasti, mikä luo

lähtökohtaisen eriarvoisuuden sopeutumisessa ETCS:n jälkivarustelun vaatimuksiin ja kustannuksiin:



Kuva 8. Liikennöivää ratatyökonekalustoa omistavien yritysten liikevaihto Suomessa (hakupalvelu Finder).

Suurempien yritysten käyttökate ja riskinsietokyky ovat yleensä korkeampia kuin pienillä yrityksillä, minkä takia niiden valmiudet toteuttaa ETCS-veturilaittevarusteluja ja hankkia uusia ETCS-laitteistolla varustettuja ratatyökoneita ovat paremmat kuin pienillä yrityksillä. Lisäksi pitkän aikavälin näkökulma tuleviin radanpidon töihin sekä laajempi ratatyökonekanta edesauttavat varusteluiden toteuttamista ja investointien takaisinmaksua. Pienempien yritysten liiketoiminta voi olla riippuvaista yksittäisistä ratatyökoneista, mikä tekee jälkivarusteluiden rahoittamisesta ja sopivien varusteluajankohtien löytämisestä haastavaa.

Jotta ETCS:n jälkivarustelut olisivat tasapuolisia ja radanpidon markkinat säilyisivät terveinä, tulisi ERTMS:n toteutusvaiheen aikana radanpidon töiden kilpailutuksissa huomioida yritysten eriaisteiset valmiudet toteuttaa jälkivarusteluita. Haastateltujen yritysten valmiuksissa toteuttaa ratatyökoneiden jälkivarustelua

on tunnistettu eriarvoisuutta. Suurimpina tekijöinä eriarvoisuuteen vaikuttavat varusteluiden taloudellinen kuormittavuus sekä takaisinmaksun kriittisyys. Mitä suuremman osuuden yksittäinen veturilaitteinvestointi vie kalustolle osoitetusta vuosibudjetista, sitä tärkeämpää on takaisinmaksun varmistaminen. Mikäli kyky tai nopeus vastata ETCS-järjestelmän vaatimuksiin vaikuttavat radanpidon töiden kilpailutuksiin ETCS-rataosilla, yritysten välinen eriarvoisuus voi kasvaa. Eriarvoisuuden kasvaminen saattaa johtaa muutoksiin markkinoiden dynamiikassa ja monipuolisuudessa.

Toteutusvaiheen aikana, kun ETCS:n kilometrimääräinen osuus valtion rataverkolla kasvaa ja JKV:n osuus pienenee, kyky reagoida ETCS:n vaatimuksiin muodostuu kriittiseksi tekijäksi radanpidon toimijoille. Mikäli pienet yritykset joutuvat uusien vaatimusten vuoksi vetäytymään kunnossapidon tai ratatöiden kilpailutuksista ETCS-rataosilla, urakoiden tarjonta ETCS-rataosilla keskittyy harvemmille toimijoille. Kilpailun vähentyminen saattaa nostaa radanpidon töiden hintoja, mikä lisää kunnossapidon ja ratatöiden kokonaiskustannuksia. Suurempien yritysten aseman vahvistuminen voi myös vaikeuttaa uusien ja pienempien toimijoiden markkinoillepääsyä, mikä puolestaan heikentäisi radanpidon joustavuutta. Samanaikaisesti kilpailu JKV-rataosilla voi kasvaa, mikä johtaisi ylitarjontaan ja sen seurauksena markkinoiden epätasapainoon. Ylitarjonta JKV-rataosien radanpidon töissä aiheuttaisi markkinahintojen laskua, jolloin työn kannattavuus heikkenee ja työstä saatavan voiton osuus vähenee. Markkinoiden jakautuminen JKV- ja ETCS-rataosiin saattaa pahimmillaan heijastua radanpidon hintatasoon, toiminnan kestävyYTEEN ja huoltovarmuuteen.

6 Johtopäätökset

Junaliikenteen turvallisuus valtion rataverkolla varmistetaan kansallisella junien kulunvalvontajärjestelmällä, JKV:llä. JKV-järjestelmän on havaittu lähestyvän elinkaarensa päätä ja se korvataan eurooppalaisella junien kulunvalvontajärjestelmällä, ETCS:llä. Päätös nykyisen järjestelmän korvaamisesta ETCS:llä perustuu Euroopan unionin tavoitteeseen yhtenäistää EU:n jäsenmaiden rautatieverkot yhtenäiseksi eurooppalaiseksi rautatiealueeksi. Tavoitteen saavuttamiseksi EU velvoittaa jäsenvaltioitaan korvaamaan kansalliset kulunvalvontajärjestelmät ETCS-järjestelmällä. Euroopan rautatiealueella käytetään yli kahtakymmentä erilaista kansallista junakulunvalvontajärjestelmää. Näiden keskenään yhteensopimattomien kansallisten järjestelmien käyttö vaikeuttaa kansainvälistä henkilö- ja tavaraliikennettä. [56.]

Kansallisten rataverkkojen tavoin myös yhtenäisellä Euroopan laajuisella rautatiealueella rataverkon rataosien käyttöasteet sekä valvontatarpeet vaihtelevat. Jotta eurooppalainen kulunvalvontajärjestelmä vastaisi EU:n rautateiden alueellisia ja paikallisia tarpeita, ETCS-järjestelmä voidaan toteuttaa rataosakohtaisesti eri ETCS:n toimintatasoilla. Nämä ETCS-tasot ilmaisevat radan ja veturin välisen toiminnallisen suhteen, kuten niiden tiedonsiirron tavan sekä rata- ja veturilaitteissa käsiteltävät toiminnot [40, s. 12.]. ETCS-tason valinnasta kansalliselle rataverkolle ja sen rataosille vastaa kunkin EU:n jäsenvaltion kansallinen rataverkon omistaja, haltija tai muu vastaava kansallinen elin. Suomessa rataverkon ETCS-tason valinnasta vastaa väylävirasto, joka toimii valtion rataverkon haltijana [1, 7 §]. Väylävirasto on määritellyt Suomen ETCS-tason osana kansallista täytäntöönpanosuunnitelmaa [38, s. 33].

Suomen kansallisen ERTMS-toteutuksen tavoitteena on korvata nykyinen juna-kulunvalvontajärjestelmä radioverkkoteknologiaan perustuvalla tason 2 ETCS:llä vuoteen 2040 mennessä. Toteutuksen tahtotilana on varustaa noin 5 500 km rataa ja kaikki liikennöivä kalusto eurooppalaisella järjestelmällä. [38 s, 33–40.] Valtion rataverkon ETCS-varustelukustannuksista vastaa Suomen valtio ja kalustoyksiköiden varustelukustannuksista kaluston omistajat [39, s.

45–46; 47, s. 3]. Toteutuksessa nykyinen JKV-järjestelmä puretaan vaiheittain ETCS:n käyttöönottojen jälkeen ja junaliikennettä ohjaavien näkyvien opastimien käytöstä luovutaan. ETCS-tason 2 järjestelmä edellyttää nykyisen JKV:n lailla sekä rata- että veturilaitteita, mutta ETCS-tasolla 2 näiden välinen tiedon siirto perustuu jatkuvatoimiseen dataradioyhteyteen [33]. ETCS-tasolla 2 nopeus- ja kulkutietiedot välittyvät kuljettajalle ETCS-kuljettajapaneelin, DMI:n kautta [34].

Suomessa kaikkea junaliikennettä tulee valvoa JKV- tai ETCS-järjestelmällä, mikäli kalustoyksikön rakenteellinen suurin nopeus on yli 50 km/h. JKV-järjestelmässä radanpidon liikkuvalla kalustolle voidaan kuitenkin painavasta syystä myöntää poikkeuslupa kulunvalvontajärjestelmän käytöstä. [26, s. 3] Poikkeusluvalla liikennöitäessä nopeuden valvonta on täysin kuljettajan vastuulla, ja varustamattoman kalustoyksikön suurin sallittu nopeus on 80 km/h [27, s. 2–3]. JKV-järjestelmässä poikkeusluvun käytön mahdollistaa JKV:n junaliikennettä ohjaavat näkyvät opastimet. Suomeen toteutettavassa ETCS-järjestelmässä ei ole vastaavaa varustamattoman kaluston liikennöintimallia. ETCS-tasolla 2, kun näkyvien opastimien käyttö päättyy, varustamattoman kaluston toimintaedellytykset heikkenevät merkittävästi [51; 52].

Valtaosaa valtion rataverkolla toimivasta ratatyökonekalustosta liikennöidään nykyisin ilman veturilaitteistoa [19; 21]. Poikkeusluvun yksi merkittävimmistä eduista on, että ratatyökonekalustoa, jota on teknisesti haastavaa tai taloudellisesti kannattamatonta varustella veturilaitteistolla, voidaan liikuttaa rataverkolla vaihtoehtoisella keinolla. Malli on palvellut nykyisiä ratatyökonekaluston liikennöinnin tarpeita hyvin, koska ratatyökonekaluston pääasiallinen käyttötarkoitus on liikkumisen jälkeiset radanpidolliset operaatiot.

6.1 Keskeiset havainnot

Vuodesta 2027 alkaen, kun valtion rataverkolla käyttöönotetaan ensimmäiset ETCS-rataosat Suomen strategian mukaisesti, tulee ratatyökonekaluston muokautua kahteen junakulunvalvontajärjestelmään. Nykyisessä JKV-

järjestelmässä radanpidon töiden harjoittaminen on vakiintunutta, eikä JKV:llä varustetun tai varustamattoman koneen käyttö ole vaikuttanut alan toimijoiden kilpailu- tai työkykyyn. ETCS-rataosien määrän kasvaessa JKV-rataosat vähenvät ja ETCS:n sekä radanpidon kaluston yhteensopivuuden merkittävyys lisääntyy. Tulevaan ETCS-järjestelmään sopeutuminen tuo mukanaan uudenlaisia teknisiä, operatiivisia sekä taloudellisia vaatimuksia. Näiden on tunnistettu aiheuttavan epävarmuutta ratatyökonekalustoa omistavien ja radanpitoa harjoittavien yritysten keskuudessa.

Liikennöivän ratatyökonekaluston sovittaminen uuden junakulunvalvontajärjestelmän vaatimuksiin on merkittävä haaste. Jotta ratatyökonekalustoa käyttävien ja niiden parissa työskentelevien toimijoiden on mahdollista jatkaa ja kehittää toimintaansa korvausinvestoinnin edetessä, tulee ETCS-järjestelmän ja ratatyökoneiden väliset yhteensovituksen keinot tunnistaa. Näiden tunnistamiseksi on tärkeää selvittää ETCS-järjestelmän käyttöönoton vaikutukset ja vaatimukset ratatyökonekalustolle. Kommunikaatio, sidosryhmätilaisuudet ja tiedonvaihto ovat avaintekijöitä kaluston yhteensovittamisessa ETCS-järjestelmään.

Nykyiset havaitut ETCS:n ja ratatyökonekaluston yhteensovituksen keinot ovat ratatyökoneiden varustelu ETCS-veturilaitteistolla, ratatyökoneiden hinaus ETCS-varustellulla veturilla sekä liikennöintimalli, joka mahdollistaa kaluston liikkumisen ilman ETCS-veturilaitteistoa. Toteutustavat eroavat toisistaan merkittävästi vaatimustensa ja toimintaedellytystensä osalta. Suomen kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma tai ERTMS:n korvausinvestoinnin ohjelma eivät määrittele toteutustapaa tai keinoa, jolla ratatyökonekalusto tulisi mukauttaa ETCS-järjestelmään. Määräysten, ohjeistusten ja konkreettisten esimerkkien puuttumisen seurauksena valmistautuminen ETCS-järjestelmään on haasteellista.

Korvausinvestoinnin aikaisemmissa osavaiheissa ETCS:n ja ratatyökonekaluston yhteensovituksen toteutustavaksi otaksuttiin liikennöintimallia, joka mahdollistaisi ratatyökonekaluston liikennöinnin ETCS-rataosilla ilman ETCS-veturilaitteistoa. Tämän liikennöintimallin suurena etuna olisi mahdollisuus päättää jättää

kalustoa varustamatta teknisesti monimutkaisella ja kalliilla veturilaitteistolla. Varustamattoman kaluston liikennöinti voi kuitenkin muodostua haastavaksi, koska Suomeen toteutettavassa ETCS-järjestelmässä ei tulla käyttämään juna-liikennettä ohjaavia opastimia. Opastimettomuuden seurauksena ETCS-veturilaitteiden asentaminen ratatyökonekalustoon koetaan aiempaa todennäköisenä.

Mikäli ratatyökonekalustoa varustellaan ETCS:llä, veturilaitteisto voidaan asentaa ratatyökoneeseen uuden kalustohankinnan yhteydessä tai jälkivarusteluna olemassa olevaan ratatyökoneeseen. Kummassakin tapauksessa veturilaitteinvestoinnin kokonaiskustannukset ovat merkittäviä. Koska ratatyökoneiden elinkaari on pitkä ja uusia kalustohankintoja tehdään harvoin, lähes kaikki veturilaittevarustelut nykyiselle kalustolle tulisi toteuttaa jälkivarusteluna. Olemassa olevien ratatyökoneiden valmistuksessa ei ole huomioitu ETCS-veturilaitteiston vaatimuksia tai tilantarvetta, mikä tekee varustelusta paitsi kallista, myös monimutkaista ja hidasta toteuttaa. Jotta veturilaitteinvestointi ei olisi kaluston omistajalle kannattamaton sijoitus, tulee investoinnin takaisinmaksu varmistaa ratatyökoneella tehtävien töiden hinnoissa. Takaisinmaksu voi heijastua tuleviin radanpidon hintoihin.

ETCS-veturilaitteiston korkeat investointikustannukset ja kansallisten määräysten puuttuminen veturilaitteiston käyttämisestä ratatyökonekalustossa ilmenevät vähäisinä varustelusuunnitelmina. Vaikka veturilaittevarusteluiden pakollisuus nähdään alan toimijoiden keskuudessa mahdollisena, varusteluiden suunnittelussa ja toteuttamisessa noudatetaan varovaisuutta. Haastatellut toimijat kokevat perusteltuna odottaa tulevien ohjeistuksien ja toteutustapojen tarkentumista. Varusteluihin ryhtymistä viivästyttää myös käsitys, että henkilö- ja tavaraliikenteen kalustoyksiköiden käyttöön suunnitellun ETCS-järjestelmän ei koeta tuovan hyötyjä ratatyökonekalustolle. Vaihtotyöhön soveltuva ratatyökonekalusto pois luettuna, ratatyökoneiden pääasiallinen käyttötarkoitus perustuu liikennöinnin tai siirtymän jälkeiseen työhön.

Edellä mainittujen yhteensopivuuden haasteiden lisäksi ratatyökonekaluston varusteluun vaikuttavat myös ETCS-varustelua tekevät toimijat sekä

tyyppihyväksynnästä ja käyttöluvasta vastaavat tahot. Ratatyökoneiden varusteleminen ETCS-veturilaitteistolla muodostaa vain pienen osan kalustoyksiköiden ETCS-varustelun markkinoista. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa ratatyökoneiden ETCS-veturilaitteistojen asennuksia tai hyväksytyksiä luokitellaan tärkeysjärjestykseltään alemmaksi verrattuna suuriin henkilö- ja tavaraliikenteen kalustosarjoihin. Suurten henkilö- ja tavaraliikenteen kalustosarjojen priorisointi varusteluissa sekä lupa- ja hyväksyntäprosesseissa heikentävät ratatyökonekaluston varustelumahdollisuutta entisestään. [57.]

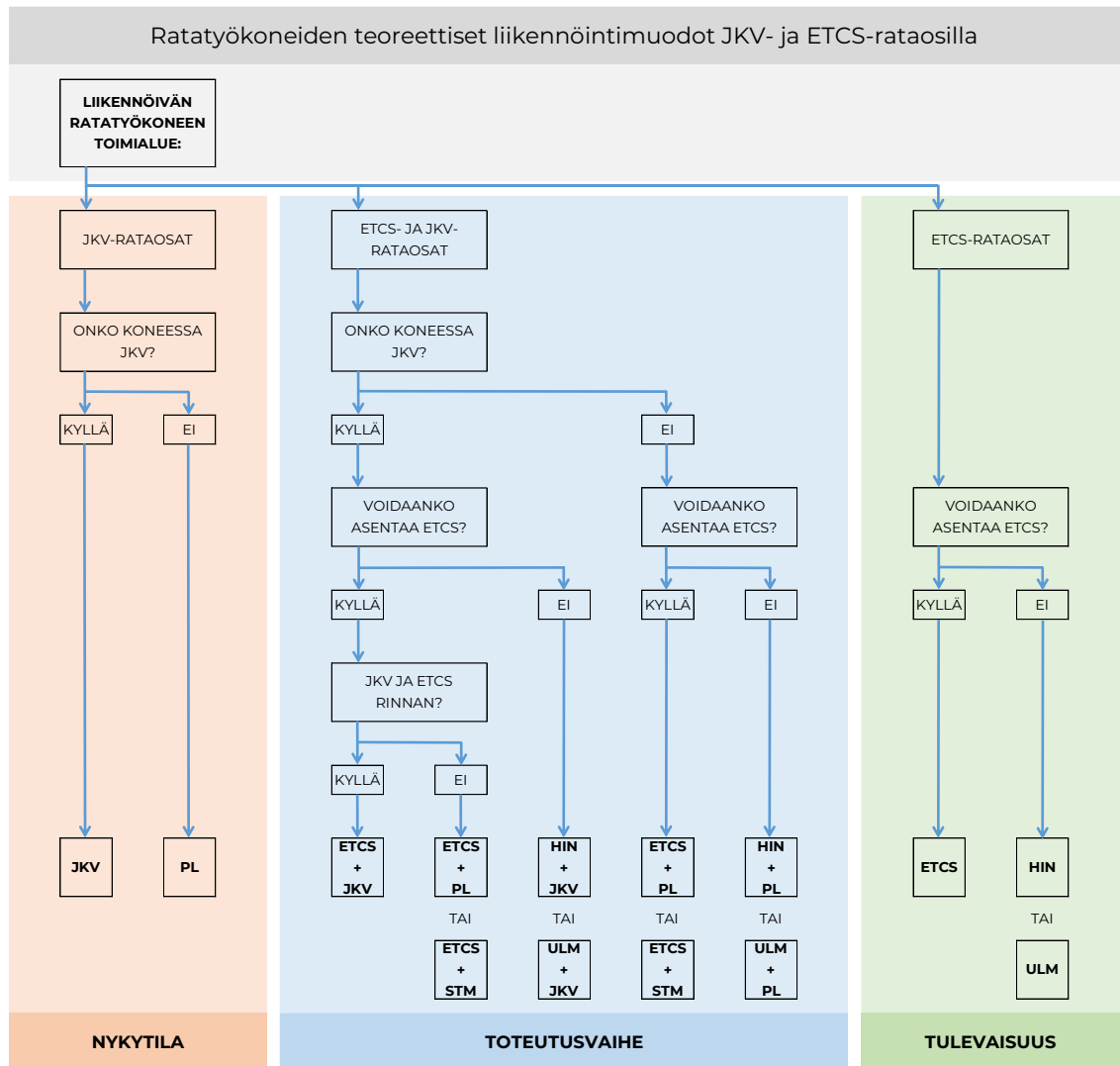
ETCS-veturilaittevarustelun toteuttaminen on merkittävä taloudellinen investointi, mikä voi asettaa varusteluiden kustannuksista vastaavat yritykset keskenään eriarvoiseen asemaan. Mikäli yrityksen koko, pääoma tai taloudelliset lähtökohdat vaikuttavat sen kykyyn mukautua ETCS-järjestelmään, voi tämän seurauksena olla markkina-aluemuutokset. Muutokset yritysten toimialueissa voivat johtaa markkinoiden jakautumiseen siten, että varusteluun kykenevät yritykset jatkavat toimintaansa koko rataverkolla riippumatta käytössä olevasta kulunvalvontajärjestelmästä. Sen sijaan ne toimijat, joilla ei ole mahdollisuutta toteuttaa ETCS-varustelua, joutuvat keskittämään toimintaansa vahvemmin JKV-järjestelmän rataosille. Markkinoiden jakautuminen JKV- ja ETCS-rataosiin aiheuttaisi suurella todennäköisyydellä muutoksia radanpidon töiden hintatasoissa.

6.2 Jatkotoimenpidesuosituksiset

ETCS-järjestelmän käyttöönoton edistämiseksi on tärkeää panostaa ratkaisuihin, jotka mahdollistavat nykyisen liikennöivän ratatyökonekaluston käytön korvausinvestoinnin toteutusvaiheen edetessä. Tulevassa ratatyökoneiden ETCS-varustelua koskevassa päätöksenteossa ei tulisi ehdottomasti painottaa korvausinvestoinnin tahtotilaa kaiken kaluston varustamisesta ETCS:llä, jotta radanpidon markkinoihin tai hintatasoihin kohdistuvat vaikutukset eivät johtaisi kilpailun vähenemiseen, markkinoiden vääristymiseen tai suuriin ja kiireellisiin kustannuspaineisiin alan toimijoille. Varustelupäätöksissä lähestymistavan tulisi olla markkinoiden ja konekannan monimuotoisuuden säilyttäminen nykyisen sekä tulevan kulunvalvontajärjestelmän alaisuudessa.

ETCS-veturilaitteiston käyttö liikennöivässä ratatyökonekalustossa ei tulisi olla välitön välttämättömyys korvausinvestoinnin toteutusvaiheen alussa, vaan pitkän aikavälin tavoitetilä. Vasta korvausinvestoinnin myöhemmässä vaiheessa, kun esimerkiksi ETCS-rataosien kilometrimääräinen osuus ylittää JKV-rataosien määrän ja veturilaittevarustelun käyttötarpeet ovat tarkentuneet, voisi ETCS:n käyttöä edellyttää myös runsaasti liikennöivältä ratatyökonekalustolta. Tällöin osa nykyisistä liikennöivistä ratatyökoneista on saavuttanut luonnollisen elinkaarensa pään ja tarve jälkivarusteluna toteutettaville veturilaitteasennuksille pienee. Samanaikaisesti ETCS-järjestelmän vaatimukset on huomioitu ratatyökoneiden valmistuksessa nykytilaa paremmin ja varusteluun soveltuvan kaluston määrä on kattavampi. Tämän tavoitetilan toteuttamiseksi valtion rataverkolla tulisi kehittää ja sallia vaihtoehtoinen liikennöinnin malli varustamattoman kaluston liikennöintiin.

Mikäli Suomessa liikennöivät ratatyökoneet voidaan yhteensovittaa ETCS-järjestelmään millä tahansa kappaleessa 5.1 (s. 26–30) esitetyistä toteutuskeinoista, kahteen kulunvalvontajärjestelmään mukautumista voidaan tarkastella koneen toimialueen kautta. Ratatyökoneille soveltuvat liikennöinnin keinot vaihtelevat koneen ensisijaisen toimialueen sekä liikennöintitarpeiden mukaan (kuva 9).



JKVSuomen kansallinen junien kulunvalvontajärjestelmä
 ETCS Eurooppalainen junien kulunvalvontajärjestelmä
 PL Poikkeuslupa, jolla liikennöidään varustamatonta kalustoa JKV-rataosilla
 ULM Liikennöintimalli, jolla liikennöidään varustamatonta kalustoa ETCS-rataosilla
 STM Sovitustiedonsiirtomoduuli
 HIN Hinaus ETCS-rataosilla

Kuva 9. Ratatyökoneiden teoreettiset liikennöintimuodot JKV- ja ETCS-rataosilla (Elias Salminen).

Suomen ERTMS-toteutuksen edetessä ETCS-veturilaittevarusteluiden ajankoh-
 taisuus ja merkityksellisyys kasvavat. Jotta liikennöivä ratatyökonekalusto saa-
 daan mukautettua mahdollisiin ETCS-varusteluihin, tulisi viranomaisten tarjota
 tukea laitehankintoihin sekä hyväksytys- ja lupaprosesseihin niiden sujuvoitta-
 miseksi. Viranomaisten osallistaminen veturilaitteinvestointeihin voi tehostaa
 ETCS-varustelua, lisätä radanpidon toimijoiden tietämystä varustelusta ja

auttaa minimoimaan varustelukustannuksia. Viranomaisten osallistuminen veturilaittehankintoihin voi edistää kaluston omistajia saamaan edullisempia ETCS-laitteiston hankintahintoja ilman, että valtio joutuisi rahoittamaan investointeja suoraan.

Liikennöivän ratatyökonekaluston yhteisvarustelumahdollisuuksia tulee selvittää ja arvioida laajemmin. Mikäli liikennöivien ratatyökoneiden ETCS-varustelua on mahdollista toteuttaa yhteisvarusteluina, tulisi viranomaisten koordinoida varustelua ja järjestää tukea siihen osallistumiseen. Yhteisvarustelut tarjoavat mahdollisuuden jakaa investoinnin kokonaiskustannuksia, kun esimerkiksi tyyppihyväksytyksen kuluja voidaan jakaa useampien toimijoiden kesken. Yhteisvarusteltavaksi ratatyökoneeksi tulisi valita yleisesti käytössä oleva ja muun kaluston hinaamiseen soveltuva konetyyppi, joka varusteltaisiin yhtenäisellä tavalla sekä yhtenäisillä tyyppihyväksytys- ja lupaprosesseilla. Yhteisvarusteluna toteutettu yhdenmukainen ETCS-veturilaitteinvestointi voisi myös tuoda etuja koneen ylläpitoon sekä operointiin, kun valikoidussa ratatyökoneessa on käytetty samoja veturilaitteita ja asennusratkaisuja.

7 Yhteenveto

Suomen junaliikenteen kulunvalvonta on murrosvaiheessa, kun 30-vuotias JKV-järjestelmä korvataan uudella eurooppalaisella kulunvalvontajärjestelmällä, ETCS:llä. Suomen täytäntöönpanon strategian tahtotilana on varustaa koko valtion rataverkko ja kalusto radioverkkoteknologiaan perustuvalla ETCS-järjestelmällä 2040-lukuun mennessä.

Historiallisen laajassa korvaushankkeessa junaliikenteen jatkuvuus edellyttää kaluston ja radan yhteensopivuuden varmistamista. Vuodesta 2027 alkaen, kun valtion rataverkolla otetaan käyttöön ensimmäinen kaupallinen ETCS-rataosuus, tulee radanpidon kalustoyksiköiden mukautua ETCS-järjestelmän vaatimukseen sekä samanaikaisesti säilyttää yhteensopivuus JKV-järjestelmän kanssa. Työn julkaisuhetkellä kotimaiset radanpidon toimijat ja ratatyökonekaluston omistajat ovat odotustilassa tulevista ETCS:n ja kaluston yhteensovituksen keinoista.

Opinnäytetyön keskeisenä tarkoituksena oli selvittää ja arvioida uuden eurooppalaiseen kulunvalvontajärjestelmän käyttöönoton vaikutuksia radanpitoon ja sen liikennöivään ratatyökonekalustoon. Työssä painotettiin erityisesti ETCS:n ja kaluston yhteensovituksen keinoa, jossa ratatyökonekaluston liikennöinnin vaatimuksena on ETCS-veturilaitteiston käyttö. Arvioinnin kohteena olivat varustelun aiheuttamat muutostarpeet ja sen kustannukset sekä alan toimijoiden eriarvoiset edellytykset toteuttaa veturilaitteistovälineitä. Lisäksi työssä pohdittiin mahdollisia välttämättömästä varustelusta koituvia laajempia yhteiskunnallisia vaikutuksia.

Ratatyökonekaluston ja eurooppalaisen kulunvalvontajärjestelmän yhteensovituskeinojen ja näiden vaikutusten tunnistamisessa hyödynnettiin laajasti valtiolisten tahojen sekä Euroopan unionin julkaisemia säädöksiä, määräyksiä, tutkimuksia ja selvityksiä. ETCS-järjestelmään ja siihen liittyvän ajantasaisen aineiston saatavuus oli opinnäytetyön kirjoitushetkellä erittäin hyvä johtuen päivittyvän kulunvalvontajärjestelmän ajankohtaisuudesta Euroopassa. Saatavilla oleva

materiaali ratatyökonekaluston varustamisesta ETCS:llä oli puolestaan rajallista, sillä ratatyökoneiden ETCS-varustelun referenssejä on toistaiseksi vähän.

Ajantasaisen radanpidon toimijoiden konekannan, koneenkäytön sekä varusteluvalmiuksien ja -suunnitelmien arvioinnissa hyödynnettiin elo-syyskuussa 2024 järjestettyjä haastatteluja ja niistä saatua aineistoa. Haastatteluihin perustuvien trendien hyödyntäminen on edistänyt tämän opinnäytetyön tavoitetta erityisesti ETCS-järjestelmän käyttöönoton haasteiden ja vaikutusten tunnistamisessa sekä niiden arvioinnissa. Haastateltujen toimijoiden yksityisyyden turvaamiseksi haastatteluja, niistä koostettuja raportteja tai muuta mahdolliseen tunnistamiseen johtavaa materiaalia tai lausuntoja ei julkaista osana tätä tai muita selvityksiä.

Liikennöivän ratatyökonekaluston varustaminen tai varustamatta jättäminen ETCS:llä on ajankohtainen teema Suomen radanpidon kannalta. Tämä opinnäytetyö tarjoaa läpileikkaavan katselmuksen ETCS:n ja liikennöivien ratatyökoneiden yhteensovittamiseen sekä koostaa havaintoja sen haasteista ja näiden vaikutuksista. Työssä painotetaan kahteen kulunvalvontajärjestelmään mukautumisen haasteiden ja vaikutusten arviointia kotimaisen radanpidon näkökulmasta. Mikäli ratatyökonekaluston liikennöinnin edellytyksenä on ETCS-veturilaitteiston käyttö, tulevat sen kalliit investointikustannukset heijastumaan radanpidon markkinoihin tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Ratalaki. 2007. 110/2.2.2007. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070110>>.
- 2 Rautateiden verkkoselostus 2025. 2024. Verkkoaineisto. Väyläviraston julkaisuja 57/2024. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/189715/VS2025_20.6.2024.pdf>.
- 3 Suomen väylät. 2022. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://suomen-vaylat.vayla.fi/>>.
- 4 Nummelin, Markku. 2019. Tornio-Haaparanta -rautatietäyhteys täyttää sata vuotta. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://vayla.fi/en/-/tornio-haaparanta-rautatietäyhteys-tayttaa-sata-vuotta-sunnuntaina-yhteysvalia-juhliitaan-jo-keskiviikkona-2-10-2019>>. Julkaistu 1.10.2019.
- 5 Vainikainen, Iiro. 2016. Rautateiden suunnittelustandardit Euroopassa, ja niiden vaikutus valtioiden väliseen liikenteeseen. Opinnäytetyö. Novia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Sipilä, Jussi; Salmela, Valtteri & Weckström, Christoffer. 2024. Rataverkon henkilöliikenteen nopeustasot ja matka-aikojen lyhentäminen. Verkkoaineisto. Väyläviraston julkaisuja 49/2024. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/189128/vj_2024-49_978-952-405-193-4.pdf>.
- 7 Suomen ja Venäjän välinen suora kansainvälinen rautatieliikenne. 2024. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Kansainvälinen raideliikenne. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/raideliikenne/suomen-ja-venajan-valinen-suora-kansainvalinen-rautatieliikenne>>. Päivitetty 15.01.2024.
- 8 Perusväylänpito ja rataverkko. 2023. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Tilastot. <<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/perusvaylanpito-ja-rataverkko>>. Julkaistu 07.11.2023. Päivitetty 03.01.2025.
- 9 Rataverkon kunnossapito. Verkkoaineisto. Väylävirasto. Kunnossapito. <<https://vayla.fi/kunnossapito/rataverkon-kunnossapito>>. Päivitetty 21.8.2024.
- 10 Yhteenveto rata-kunnossapidon sopimuksista. 2024. Verkkoaineisto. Väylävirasto. Hankinnat ja kilpailutukset. <<https://vayla.fi/documents/25230764/0/Ratakunnossapito%20->

%20Nykyiset%20sopimukset%20(1).pdf/06f0bef0-1d54-2324-e4b3-3ffd9a260081/Ratakunnossapito%20-%20Nykyiset%20sopimukset%20(1).pdf>. Päivitetty 10.12.2024.

- 11 Radan kunnossapidon kilpailutus. 2024. Verkkoaineisto. Väylävirasto. Hankinnat ja kilpailutukset. <<https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/raurakat>>. Päivitetty 10.12.2024.
- 12 Valtion väyläverkon investointiohjelma vuosille 2025–2032. 2024. Verkkoaineisto. Väyläviraston julkaisuja 26/2024. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/188738/vj_2024-26_978-952-405-164-4.pdf>.
- 13 Radanpidon suunnittelun periaatteet. 2023. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://vayla.fi/documents/25230764/198390276/4a_Radanpidon_suunnittelun_periaatteet.pdf/3c43a2a9-8581-31f9-e6f7-4bb5e8c44a7a/4a_Radanpidon_suunnittelun_periaatteet.pdf>.
- 14 Väylänpidon perussuunnitelma 2024–2027. 2024. Verkkoaineisto. Väylävirasto. Toiminnan suunnittelu ja seuranta. <<https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia/toiminnan-suunnittelu/vaylanpidon-perussuunnitelma/vaylanpidon-perussuunnitelma-2024-2027>>. Päivitetty 23.1.2024.
- 15 Raideliikennelaki. 2018. 1302/28.12.2018. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20181302>>.
- 16 Hae rautatiekaluston markkinoillesaattamislupaa tai tyyppihyväksyntää. Rautatiekalusto. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-rautatiekaluston-markkinoillesaattamislupaa-tai-tyyppihyvaksyntaa>>.
- 17 Ratatyökoneet. 2021. Verkkoaineisto. Väyläviraston ohjeita 7/2021. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-07_ratatyokoneet_web.pdf>.
- 18 Rataverkon kokonaiskuva. 2023. Verkkoaineisto. Väyläviraston julkaisuja 80/2023. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/188173/vj_2023_80_978-952-405-124-8.pdf>.
- 19 Rautateiden kalustorekisterin avoin data-aineisto. 2018. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.avoindata.fi/data/fi/dataset/rautateiden-kalustorekisterin-avoin-data-1-5>>. Luotu 26.01.2018. Päivitetty 06.06.2023.

- 20 Seppälä, Henri. 2017. Raidegeometrian laadun parantaminen laserohjautulla tuennalla. Opinnäytetyö. Oulun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 21 Urakoitsija 1; Urakoitsija 2; Urakoitsija 3; Urakoitsija 4; Urakoitsija 5; Urakoitsija 6 & Urakoitsija 7. 2024. Haastattelut: Ratatyökoneet ja ETCS. Yrityksen sisäinen aineisto. WSP Finland Oy. Haastattelut 9.8.-18.9.2024.
- 22 Automaattinen kulunvalvontajärjestelmä. Verkkoaineisto. Ratahallintokeskus. <https://web.archive.org/web/20090207082843/http://www.rhk.fi/hankkeet/rakennuttaminen/automaattinen_kulunvalvontajarje/>.
- 23 Pylvänen, J. 2019. Digirata-selvitysprojektin välijulkaisu 2. Verkkoaineisto. Digirata. Julkaisujuna 2 koonti. <https://digirata.fi/wp-content/uploads/2019/12/Digirata-selvitysprojektin-va%CC%88lijulkaisu_2.pdf>. Julkaistu 12.11.2019.
- 24 Lehtonen, Kari; Nummelin, Markku & Anttila, Tomi. 2022. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 10 Junien kulunvalvonta JKV. Verkkoaineisto. Väyläviraston ohjeita 40/2021. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-40_rato10_web.pdf>. Julkaistu 1.7.2022.
- 25 Kiskomies. 2012. Junakulunvalvonta (JKV). Verkkoaineisto. Blogi: Kiskoarkea. <<https://kiskoarkea.wordpress.com/2012/03/20/junakulunvalvontajkv/>>. Julkaistu 20.3.2012.
- 26 Raideliikenne: Rautateiden ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmä. 2019. Määräys. TRAFICOM/251470/03.04.02.00/2019. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/499001/45352>>. Antopäivä 4.7.2019
- 27 Vainiomäki, Ville. 2019. Nopeusrajoitusten noudattaminen ilman JKV:tä tapahtuvassa junaliikenteessä. Verkkoaineisto. Traficom julkaisuja 124/2019. <<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Nopeusrajoitusten%20noudattaminen%20ilman%20JKVt%C3%A4%20tapahtuvassa%20junaliikenteess%C3%A4%201.0.pdf>>.
- 28 Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T. 2025. Verkkoaineisto. Väylävirasto. Liikennejärjestelmä. <<https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/tent>>. Päivitetty 7.1.2025.
- 29 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus unionin suuntaviivoista Euroopan laajuisen liikenneverkon kehittämiseksi. 2024. Asetus (EU) 2024/1679. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32024R1679>>.

- 30 Euroopan yhteisöjen komissio. 2005. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille ja neuvostolle: eurooppalaisen rautatieliikenteen merkinantojärjestelmän ERTMS/ETCS käyttöönnotosta. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0298>>.
- 31 Euroopan unionin rautatiejärjestelmän ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osa-järjestelmiä koskeva yhteentoimivuuden tekninen eritelmä. 2023. Asetus (EU) 2023/1695. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1695>>.
- 32 What is ERTMS and how does it work? Verkkoaineisto. Euroopan komissio. ERTMS. <https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/what-ertms-and-how-does-it-work_en>.
- 33 ETCS Levels and Modes. Verkkoaineisto. Euroopan komissio. ERTMS. <https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/what-ertms-and-how-does-it-work/etcs-levels-and-modes_en>.
- 34 Subsystems and Constituents of the ERTMS. Verkkoaineisto. Euroopan komissio. ERTMS. <https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms/what-ertms-and-how-does-it-work/subsystems-and-constituents-ertms_en>.
- 35 Euroopan tilintarkastustuomioistuin. 2017. Yhtenäinen Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmä: toteutuuko poliittinen päätös koskaan käytännössä? Verkkoaineisto. Erityiskertomus (13/2017). <<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/ertms-rail-13-2017/fi/>>.
- 36 Päätös paritettujen taajuusalueiden 874,4–880,0 MHz ja 919,4–925,0 MHz ja parittamattoman taajuusalueen 1 900–1 910 MHz yhdenmukaistetusta käytöstä rautateiden radioviestintäjärjestelmässä. 2021. Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2021/1730. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021D1730>>.
- 37 Automatic Train Operation. Verkkoaineisto. ERTMS Users Group. Activities. <<https://ertms.be/activities/automatic-train-operation>>.
- 38 Lehtola, Juha; Kuismen, Johanna; Sandelin, Esko; Eriksson, Jonas; Pietilä, Tuomo; Polvi, Matti; Hauta, Janne & Härkönen, Aki. 2024. Suomen kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma. Verkkoaineisto. Väyläviraston julkaisuja 19/2024. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/190792/vj_2025-19_978-952-405-263-4.pdf>.
- 39 Pylvänäinen J; Lehtola J; Nieminen T; Brotherus M; Sandelin E; Wallin J & Artukka J. 2020. Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä – Digirataselvityksen loppuraportti. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriön

julkaisuja 2020:6. <https://digirata.fi/wp-content/uploads/2020/04/Digirata_loppuraportti_02042020.pdf>.

- 40 Euroopan unionin rautatievirasto (ERA). 2023. System Requirements Specification, Chapter 2. SUBSET-026, ETCS B4 R1. <<https://www.era.europa.eu/era-folder/1-ccs-tsi-appendix-mandatory-specifications-etcs-b4-r1-rmr-gsm-r-b1-mr1-frmcs-b0-ato-b1>>.
- 41 Nummelin, Markku; Torkkeli, Minna & Härkönen, Aki. 2019. ERTMS/ETCS-liikennöinnin toimintaperiaatteet. Verkkoaineisto. Väyläviraston ohjeita 8/2019. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-08_ertms-etcs_liikennoinnin_web.pdf>.
- 42 Digirata-hankkeessa uudistetaan junien kulunvalvonta. Verkkoaineisto. Digirata. Tietoa Digiradasta. <<https://digirata.fi/tietoa-digiradasta/>>.
- 43 Härkönen, Aki. 2017. Eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän (ERTMS/ETCS) käyttöönotto Suomessa – Suomen kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma Euroopan komissioon vuonna 2017. Verkkoaineisto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 42/2017. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/144003/lts_2017-42_978-952-317-448-1.pdf>.
- 44 Pylvänäinen, Jari; Lehtola, Juha; Toivakka, Leila; Westerling, Jani; Tervola, Ville; Tiilikainen, Aapo; Brotherus, Marjo; Ahtiainen, Lauri & Kuismin, Johanna. 2021. Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä – Digirata-valmisteluvaiheen loppuraportti. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:17. <https://digirata.fi/wp-content/uploads/2021/07/Digirata-valmisteluvaiheen-loppuraportti_FINAL.pdf>.
- 45 Digirata. 2025. Verkkoaineisto. Väylävirasto. Suunnittelu ja rakentaminen, Digirata. <<https://vayla.fi/digirata>>. Päivitetty 6.2.2025.
- 46 Hallitus esittää täydennyksiä vuoden 2025 määrärahoihin ja edistää liikennehankkeita yli miljardilla eurolla. 2024. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriön tiedote. <<https://lvm.fi/-/hallitus-esittaa-taydennyksia-vuoden-2025-maararahoihin-ja-edistaa-liikennehankkeita-yli-miljardilla-eurolla>>. Julkaistu 21.11.2024.
- 47 Knuutila, Jari. 2024. Hankintastrategia Digirata-hankkeelle. Verkkoaineisto. Digirata. Toteutusvaiheen toteutussuunnitelma. <<https://digirata.fi/wp-content/uploads/2025/01/Toteutusvaiheen-hankintastrategia.pdf>>.

- 48 Haapala, Saara; Jaatinen, Maria; Valetin, Katariina; Kärki, Maija & Rosin, Tuula. 2024. Johdanto. Verkkoaineisto. Digirata. Toteutusvaiheen toteutussuunnitelma. <<https://digirata.fi/wp-content/uploads/2025/01/Johdanto-toteutusvaiheen-toteutussuunnitelmaan.pdf>>.
- 49 Härkönen, Aki; Aarnio, Lauri; Mantsinen, Janne-Joonas; Neuvonen, Joonas & Hulkko, Teppo. 2021. ERTMS/ETCS-tason 2 junien kulunvalvontajärjestelmän toteutusvaihtoehdot Suomessa. Verkkoaineisto. Väyläviraston julkaisuja 16/2021. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/180703/vj_2021-16_978-952-317-852-6.pdf>.
- 50 Suomen väylät. 2022. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://suomen-vaylat.vayla.fi/>>.
- 51 Digirata keskustelutilaisuus 1: ETCS. 2024. Yrityksen sisäinen aineisto. WSP Finland Oy. Keskustelutilaisuus 1.10.2024.
- 52 Digirata keskustelutilaisuus 2: ETCS. 2024. Yrityksen sisäinen aineisto. WSP Finland Oy. Keskustelutilaisuus 10.12.2024.
- 53 Näsström, Jesper. 2024. A work model for installing ETCS systems in low series vehicles. Signal + Draht 2024 (116) 10/2024, s. 16–22.
- 54 Marttinen, Ilkka. 2024. Liikkuvan kaluston asiantuntija, WSP Finland Oy. Keskustelutilaisuus: ETCS. Keskustelut 8-9.10.2024.
- 55 Junes, Janne; Lumme, Erkki & Miettinen, Hanna-Mari. 2024. Liikenneväylien korjausvelka 2024. Verkkoaineisto. Väyläviraston julkaisuja 53/2024. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/189876/vj_2024-53_978-952-405-198-9.pdf>.
- 56 Rautatieliikennepolitiikka. 2024. Verkkoaineisto. Euroopan unionin neuvosto. Taustat. <<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/rail-transport-policy/>>. Päivitetty 11.1.2024.
- 57 Waridel, Guillaume. 2023. Feedback from: MATISA Matériel Industriel SA. Verkkoaineisto. Euroopan komissio. Julkiset kuulemiset ja kansalaispalaute. <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13541-Rail-interoperability-technical-specification-for-control-command-and-signalling-subsystems/F3377481_en>. Julkaistu 27.1.2023.

Liite 1 RATATYÖKONEET JA ETCS – KYSYMYKSET HAASTATTELUUN

Haastattelukysymykset elo-syyskuussa 2024 järjestettyihin haastatteluihin. Kysymykset toimitettiin haastateltaville ennakoon. Haastatellut ovat halutessaan voineet jättää kysymyksiin vastaamatta.

Oy Yritys Ab

N.N.

Katu

00000 Kaupunki

RATATYÖKONEET JA ETCS – KYSYMYKSET HAASTATTELUUN

Konekanta:

- Mitä kalustoa?
- kuinka paljon kalustoa?
- kaluston jäljellä oleva käyttöikä?
- Muita tarkennuksia?

Yrityksen suunnitelmat Ratatyökoneiden varustelusta:

- Yrityksen suunnitelmat varustelusta – Jos on ajallisia ja/tai teknisiä suunnitelma, minkälaisia?
- Mikäli vaatimuksena työkoneiden varustelu ETCS:llä, onko vaarana markkina-alueen pienentyminen?
- Kun työkonekanta uusitaan, onko aikomuksena hankkia kalustoa valmiiksi ETCS-varusteltuina?

Valmiudet varusteluun – Taloudelliset, Koulutukselliset ja Varustelutekniset:

- Minkälaiset taloudelliset valmiudet varusteluun?
- Onko yrityksellä asiantuntemusta ja osaamista varustelusta?
- Onko mahdollisuuksia tehdä varustelua ja sen vaiheita omissa ”tiloissa”?

Toivomuksia ja ajatuksia vaikutusmateriaalilta:

- Minkälaisia mahdollisuuksia yritys näkee ERTMS/ETCS-uudistuksessa?
- Minkälaisia uhkakuvia yritys näkee ERTMS/ETCS-uudistuksessa?
- Onko asioita, joita yritys toivoo vaikutusmateriaalilta? Riskit, ehdotukset, ...?

Muut ajatukset ja kysymykset:

- Konepankki tai Leasing – Minkälaisia ajatuksia herättää?
- Virasto ei omista kalustoa; eivät (kenties) ymmärrä tilannetta, johon uudistus voi vaatimuksien puolesta johtaa.

Liite 2 RATATYÖKONEET JA ETCS – ONKO HAASTATeltu ANTANUT VASTAUKSEN KYSYMYKSEEN?

Haastatteluvastausten kattavuus elo-syyskuussa 2024 järjestetyistä haastatteluilta. Onko haastateltu antanut vastauksen kysymykseen:

	HAASTATELTAVA	URAKOITSIJA I	URAKOITSIJA II	URAKOITSIJA III	URAKOITSIJA IV	URAKOITSIJA V	URAKOITSIJA VI	URAKOITSIJA VIII
A) Konekanta	Yrityksen kalusto							
	Kalustossa JKV							
	Käyttöikä							
	Muita tarkennuksia							
B) Varustelu-suunnitelmat	Suunnitelmat							
	Markkina-alue muutokset							
	Kun uutta, ETCS?							
	Muita tarkennuksia							
C) Varustelu-valmiudet	Varusteluvalmiudet							
	Asiantuntemusta varustelusta							
	Varustelut omissa tiloissa							
	Muita tarkennuksia							
D) Vaikutus-materiaali	ETCS:n mahdollisuudet							
	ETCS:n uhkakuvat							
	Toivomukset							
	Muita tarkennuksia							
E) Muut ajatukset/kysymykset	Konepankki							
	Virasto							
	Muuta? Extra?							

Vihreä = KYLLÄ – haastateltu on antanut vastauksen aiheen kysymykseen.

Oranssi = OSITTAIN – haastateltu on antanut osittaisen vastauksen aiheen kysymykseen.

Punainen = EI – haastateltu ei ole antanut vastausta aiheen kysymykseen.