

# Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä

Digirata-valmisteluvaiheen loppuraportti

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:17

# Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä

## Digirata-valmisteluvaiheen loppuraportti

Liikenne- ja viestintäministeriö Helsinki 2021

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](http://vnjulkaisumyynti.fi)

Liikenne- ja viestintäministeriö

© 2021 tekijät ja liikenne- ja viestintäministeriö

ISBN pdf: 978-952-243-596-5

ISSN pdf: 1795-4045

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

## Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä Digirata-valmisteluvaiheen loppuraportti

### Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2021:17

**Julkaisija** Liikenne- ja viestintäministeriö

**Tekijä/t** Jari Pylvänäinen, Juha Lehtola, Leila Toivakka, Jani Westerling, Ville Tervola, Aapo Tiilikainen, Marjo Brotherus, Lauri Ahtiainen, Johanna Kuismin

**Kieli** suomi

**Sivumäärä**

73

### Tiivistelmä

#### VALMISTELUVAIHE

Suomen rautatieliikenteen kasvun ja kilpailukyvyn mahdollistaa, Digirata-selvityksessä linjattu, radioverkkoteknologiaan perustuva ETCS. ETCS korvaa nykyiset junien kulkua turvaavat järjestelmät sekä mahdollistaa rautateiden digitalisaation. Digiradan valmisteluvaiheessa matka kohti modernia rautatieliikennettä on alkanut.

Vaikka eurooppalaisen sääntelyn kehitys voi tuoda matkalle haasteita, tulee Suomi Digirata-hankkeen myötä olemaan merkittävä tekijä kehityskulussa kohti digitalisaatiota ja toimimaan sunnannäyttäjänä esimerkiksi rautateiden radioverkkokehityksessä. Tavoiteltava teknologia on vielä osittain kehityksessä, minkä vuoksi Digiradan seuraavat vaiheet ovat kriittisen tärkeitä onnistumisen varmistamiseksi. Tavoite on asetettu kunnianhimoiseksi kansainvälisestäikin tarkasteltuna.

Rautateiltä vaaditaan tulevaisuudessa entistä enemmän ketteryyttä ja joustavuutta – Digiradan mahdollistama kuljetusmäärien merkittävä lisääminen ja matkaketjujen tehostaminen rautateillä parantaisi myös Suomen kansainvälistä kilpailukykyä. Turvallisuus on myös erittäin tärkeä osa rautatieliikennettä ja se on keskeinen tekijä Digiradan ytimessä. Matka kohti muutosta on aloitettu ja osa kipupisteistä on jo tunnistettu. Haasteeseen vastaa yhtenäinen rautatiesektori, joka rakentaa tehokkaan vastauksen tulevaisuuden kuljetustarpeisiin.

Yhteyshenkilöt liikenne- ja viestintäministeriössä:

Suvi Kankare, puh. 0295 34 2105, [suvi.kankare@lvm.fi](mailto:suvi.kankare@lvm.fi)

Katariina Säynäjärvi, puh. 0295 34 2029, [katariina.saynajarvi@lvm.fi](mailto:katariina.saynajarvi@lvm.fi)

Janne Hauta, puh. 0295 34 2322, [janne.hauta@lvm.fi](mailto:janne.hauta@lvm.fi)

### Asiasanat

rautatieliikenne, digitalisaatio, käyttövarmuus, kustannustehokkuus, liikenneturvallisuus, liikenteenohjaus, turvalaite, älyliikenne, Digirata, European Rail Traffic Management System, ERTMS, 5G, Future Railway Mobile Communication System, FRMCS

**ISBN PDF** 978-952-243-596-5

**ISSN PDF**

1795-4045

**Julkaisun osoite** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-596-5>

## Mot digital och smart järnvägstrafik Digirata-utredningens beredningsfasens slutrapport

### Kommunikationsministeriets publikationer 2021:17

**Utgivare** Kommunikationsministeriet

**Författare** Jari Pylvänäinen, Juha Lehtola, Leila Toivakka, Jani Westerling, Ville Tervola, Aapo Tiilikainen, Marjo Brotherus, Lauri Ahtiainen, Johanna Kuismin

**Språk** finska

**Sidantal**

73

### Referat

#### BEREDNINGSFAS

Den finländska järnvägstrafikens tillväxt och konkurrenskraft möjliggörs av ETCS, som baserar sig på radionätteknik och som fastställts i Digirata-utredningen. ETCS ersätter de nuvarande system som säkrar tågtrafiken och möjliggör digitalisering av järnvägarna. I Digirata-projektets beredningsfas har färden mot modern järnvägstrafik inletts.

Det finns enorma möjligheter med digitalisering av järnvägarna. Regleringsarbetet för att säkerställa en europeisk interoperabilitet går dock relativt långsamt och det kan uppstå förseningar. Inom ramen för Digirata-projektet har man beslutat ta de avgörande stegen mot digitalisering i Finland. Finland kommer att vara en viktig aktör i denna utveckling och ta en ledande roll till exempel i utvecklingen av järnvägarnas radionät. Den teknologi som eftersträvas är fortfarande delvis under utveckling, och därför är de följande stegen i Digirata av avgörande betydelse för att säkerställa att projektet lyckas. Målet är ambitiöst även internationellt sett.

Järnvägarna måste i allt högre grad vara smidiga och anpassningsbara i framtiden. Därför måste verksamheten vara flexibel och utvecklingsarbetet snabbare än tidigare. Målet med Digirata är att bygga upp system som tryggar nästa generations järnvägstrafik så att de möjliggör en betydande ökning av transportererna på järnvägarna. På detta sätt effektiviseras resekedjorna och den internationella konkurrenskraften i sin helhet. Säkerheten är en mycket viktig del av järnvägstrafiken och är en central faktor i Digirata. Det är uppenbart att de förändringar som vi står inför är omfattande. Resan mot förändring har inletts och en del av smärtpunkterna har redan identifierats. Utmaningen antas av en enhetlig järnvägssektor som bygger ett effektivt svar på framtida transportbehov.

Kontaktpersoner vid kommunikationsministeriet:

Suvi Kankare, tfn 0295 34 2105, [suvi.kankare@lvm.fi](mailto:suvi.kankare@lvm.fi)

Katariina Säynäjärvi, tfn 0295 34 2029, [katariina.saynajarvi@lvm.fi](mailto:katariina.saynajarvi@lvm.fi)

Janne Hauta, tfn 0295 34 2322, [janne.hauta@lvm.fi](mailto:janne.hauta@lvm.fi)

### Nyckelord

järnvägstrafik, digitalisering, driftsäkerhet, kostnadseffektivitet, trafiksäkerhet, trafikledning, signalsäkerhetsanläggning, smart trafik, Digirata, European Rail Traffic Management System, ERTMS, 5G, Future Railway Mobile Communication System, FRMCS

**ISBN PDF** 978-952-243-596-5

**ISSN PDF**

1795-4045

**URN-adress** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-596-5>

## Towards Digital and Intelligent Rail Transport

### Final Report of the Digi Rail Study's Preparatory Phase

---

**Publications of the Ministry of Transport and Communications 2021:17****Publisher** Ministry of Transport and Communications**Author(s)** Jari Pylvänäinen, Juha Lehtola, Leila Toivakka, Jani Westerling, Ville Tervola, Aapo Tiilikainen, Marjo Brotherus, Lauri Ahtiainen, Johanna Kuismin**Language** Finnish**Pages** 73**Abstract**

## PREPARATORY PHASE

The Digirail report outlined ETCS, which is based on radio network technology. It will enable the growth and competitiveness of Finnish rail traffic. ETCS will replace current train protection systems, and will also enable the digitalisation of railways. Reaching the preparatory phase of the Digirail project means that our journey towards modern rail traffic has begun.

The digitalisation of railways holds vast potential. However, regulatory work to ensure Europe-wide interoperability is relatively slow and may be subject to delays. With the Digirail project, Finland will play an important part in advancing digitalisation, and will be taking a leading role in the development of railway radio networks, for example. The target technology is still partially under development, which is why the next stages of the Digirail project will be critical to its success. The goal is ambitious, even by international standards.

The railways of tomorrow will need to be even more agile and flexible. The Digirail project seeks to build the next generation of train protection systems, so as to enable a significant increase in rail transport capacity. This will improve both the overall efficiency of travel chains and international competitiveness. Safety is an extremely important aspect of rail traffic, and is therefore also a key factor that lies at the very heart of Digirail. The journey towards change has begun, and a few sore points have already been identified. Meeting this challenge will require a unified rail sector that can mobilise an effective response to future transport needs.

Contact persons at the Ministry of Transport and Communications:

Suvi Kankare, tel. +358 (0)295 34 2105, [suvi.kankare@lvm.fi](mailto:suvi.kankare@lvm.fi)

Katariina Säynäjärvi, tel. +358 (0)295 34 2029, [katariina.saynajarvi@lvm.fi](mailto:katariina.saynajarvi@lvm.fi)

Janne Hauta, tel. +358 (0)295 34 2322, [janne.hauta@lvm.fi](mailto:janne.hauta@lvm.fi)

**Keywords**

railway traffic, digitalisation, service reliability, cost effectiveness, traffic safety, traffic management, signaling system, smart traffic, Digirail, Digi Rail, European Rail Traffic Management System, ERTMS, 5G, Future Railway Mobile Communication System, FRMCS

**ISBN PDF** 978-952-243-596-5**ISSN PDF** 1795-4045**URN address** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-596-5>

---

# Sisältö

<b>Lyhenteet ja termit</b> .....	8
<b>Tiivistelmä</b> .....	12
<b>1 Johdanto</b> .....	15
<b>2 Valmisteluvaiheen tavoitteet</b> .....	18
2.1 Digiradan linkitys kansalliseen ja kansainväliseen kehitykseen .....	19
<b>3 Työryhmien tulokset</b> .....	21
3.1 Arkkitehtuuri-työryhmä.....	22
3.1.1 Automatic Train Operation (ATO) .....	24
3.1.2 Kalustoarkkitehtuuri .....	25
3.1.3 Kyberturvallisuus.....	26
3.1.4 Liikenteenhallinta.....	26
3.1.5 Paikantaminen.....	27
3.1.6 Turvalaitteet .....	28
3.1.7 Radioverkko .....	30
3.2 ERTMS määrittely-työryhmä .....	35
3.2.1 Operatiivinen konsepti .....	35
3.2.2 Käytösäännöt .....	37
3.2.3 RAT022.....	38
3.3 Labra ja testirata-työryhmä.....	39
3.3.1 Simulaatio- ja testauskeskus .....	39
3.3.2 ETCS -testirata .....	40
3.4 JKV-työryhmä .....	41
3.4.1 Tulevaisuuden arviointi.....	42
3.5 Roll Out -työryhmä.....	43
3.6 Liikenne 12 -työryhmä.....	49
3.7 Rahoitus-työryhmä .....	50
3.8 Eurooppalainen yhteistyö ja juridiikka -työryhmä.....	54
3.9 Ekosysteemi-työryhmä.....	56
3.10 Osaaminen-työryhmä.....	58
3.11 Valmisteluvaiheen riskienhallinta.....	60
3.12 Valmisteluvaiheen viestintä .....	62

<b>4</b>	<b>Valmisteluvaiheen tulosten tarkastelu tavoitteita vasten.....</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet .....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>Digiradan kehitys- ja verifiointivaihe 2021–2027.....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>Digiradan hankinta- ja toteutusvaihe 2028–2040.....</b>	<b>71</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>72</b>



## LYHENTEET JA TERMIT

Lyhenne	Merkitys englanniksi	Merkitys suomeksi
3GPP	The 3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project	7 tietoliikennealan standardointijärjestön yhteenliittymä, joka tekee mobiiliverkkojen standardeja
3GPP Rel 17	The 3rd Generation Partnership Project Release 17	3GPP:n standardeihin julkaistu rinnakkainen päivitys 17, joka mahdollistaa mobiiliverkkojen jatkuvan kehittämisen
4G		4. sukupolven langaton tiedonsiirtoteknologia
5G		5. sukupolven langaton tiedonsiirtoteknologia
ASN.1	Abstract syntax notation (ASN.1) object identifiers maintained by ETSI	3GPP:n standardoinnin päivitysten määrittelytyön tietty virstanpylväs, joka usein ilmoitetaan aikatauluissa
ATO	Automatic train operation	Automaattinen junan operointi
CEF	Connecting Europe Facility	Verkkojen Eurooppa-kokonaisuus, joka jakaantuu kolmeen pääsektoriin: TEN-T (liikenne), TEN-EN (energia) sekä TEN-TELE (tietoliikenne)
CER	Community of European Railways and Infrastructure Companies	Integroitujen rautateiden ja rataverkon haltijoiden rahoittama yhdistys, rautateiden eurooppalainen edustuselin
CTC	Centralized Traffic Control	Liikenteenohjauskeskus
DeBo	Designated Body	Nimetty taho/ Nimetty elin
DG CONNECT	The Directorate General for Communications Networks, Content and Technology	Euroopan komission Viestintäverkkojen, sisältöjen ja teknologian pääosasto
DG MOVE	The Directorate-General for Mobility and Transport	Euroopan komission Liikenteen ja liikkumisen pääosasto
ECC	The Electronic Communications Committee	Eurooppalainen sähköisen viestinnän komitea radiotaajuuksiin liittyvissä asioissa

Lyhenne	Merkitys englanniksi	Merkitys suomeksi
EIM	European Rail Infrastructure Managers	Rataverkon haltijoiden rahoittama yhdistys, rautateiden eurooppalainen edustuselin.
ENISA	The European Union Agency for Cybersecurity	Euroopan unionin verkko- ja tietoturvavirasto
ERA	European Union Agency for Railways	Euroopan rautatievirasto
ERTMS	European Rail Traffic Management System	Eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä sisältäen junakuluvälvönnän ja radioverkon
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Eurooppalainen tietoliikennealan standardointijärjestö
EU	European Union	Euroopan unioni
EULYNX	European initiative by 13 Infrastructure Managers to standardize interfaces and elements of the signaling systems	Rataverkon haltijoiden projektikonsortio, jonka tavoitteena on standardoida rautatieturvalaitteiden rajapintoja ja elementtejä.
ETCS	European train control system	Eurooppalainen junakulunvalvontajärjestelmä
EUG	ERTMS user group	ERTMS-käyttäjien ryhmä
FRMCS	Future railway mobile communication system	Tulevaisuuden rautatien viestintäjärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite System	Maailemallaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
GoA	Grades of Automation	Automaatioaste
GPS	Global Positioning System	Maailemallaajuinen paikallistamisjärjestelmä
GSM-R	Global system for mobile communication – Railway	Maailemallaajuinen matkaviestinjärjestelmä – rautatie
JKV	ATP-VR/RHK	Junien kulunvalvonta, perustuu Bombardierin EBICAB 900-teknoologiaan
JRU	Juridical Recording Unit	Junakaluston ”musta laatikko”
KoKoHa	Kouvola-Kotka/Hamina-rataosa tai -hanke	ERTMS-testirata
LOC & PAS	Rolling stock subsystem - Locomotives and passenger rolling stock	Liikkuvan kaluston osajärjestelmät – veturit ja henkilöliikenteen liikkuva kalusto
LOP	Local Operation point/panel	Paikallishjauspiste

Lyhenne	Merkitys englanniksi	Merkitys suomeksi
LTE	Long Term Evolution	Laajakaistaisen internetyhteyden käyttöön suunniteltu langaton tiedonsiirtotekniikka
MAL		Maankäytön, asumisen ja liikenteen suunnitelma
MCX	Mission Critical Service (MCPTT, MCVideo and MCDATA services)	Toimintokriittiset viestintäpalvelut (ryhmäpuhe, -video ja -data)
NIP	National Implementation Plan	Kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma
NoBo	Notified body	Ilmoitettu laitos
NR	New Radio	Radioliityntäteknikka 5G-verkkoon
OC	Object Control	Objektin ohjain
OCORA	Open CCS Onboard Reference Architecture	Referenssiarkkitehtuuri liikkuvan kaluston ohjaus-, hallinta- ja merkinantojärjestelmälle
OHM	Communication, control and signaling system (CCS)	Ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmä (OHM)
OPE	Operation and traffic management	Käyttötoiminta ja liikenteenhallintaosajärjestelmä
RCA	Reference CCS Architecture	Referenssiarkkitehtuuri ohjaus-, hallinta- ja merkinantojärjestelmälle
RBC	Radio Block Centre	Radiosuojastuskeskus
RRF	EU Recovery and Resilience Facility	Euroopan elpymis- ja palautumistukiväline
SEU	Signal equivalent units	Turvallisuuden ohjaama elementti (esim. pääopastin, esiopastin, ohjattu vaihde tai teknisesti suojattu tasoristeys)
SIL	Safety Integrity Level	Turvallisuuden eheystaso
STM	Specific transmission module	Sovitustiedonsiirtomoduli
T&K	R&D	Tutkimus ja tuotekehitys
TEN-T	Trans-European Transport Network	Euroopan laajuinen liikenneverkko
TIMS	Train Integrity Monitoring System	Junan eheydenvalvontajärjestelmä
TMS	Traffic Management system	Liikenteenohjausjärjestelmä
TOBA	Telecom On-Board Architecture	Referenssiarkkitehtuuri liikkuvan kaluston radiolaitteille
UIC	International Union for Railways	Maailmanlaajuinen rautatiejärjestö

<b>Lyhenne</b>	<b>Merkitys englanniksi</b>	<b>Merkitys suomeksi</b>
YTE	Technical Specification for Interoperability (TSI)	Yhteen toimivuuden tekniset eritelvät
Virve		Viranomaisverkko
Virve 2.0		Uusi viranomaisverkko
Liikenne 12		Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma vuosille 2021–2032

## TIIVISTELMÄ

Suomessa ollaan rautatiejärjestelmien osalta murroksessa, sillä tällä hetkellä käytössä olevan junien kulunvalvontajärjestelmän luotettava käytettävyys ja taloudellinen käyttöikä on loppumassa niin rata- kuin veturilaitteiden osalta 2030-luvun aikana. Lisäksi Suomen on osana Euroopan yhtenäistä rautatiealuetta yhteentoimivuuden turvaamiseksi varustettava muun muassa Euroopan laajuisen liikenneverkon rataosat eurooppalaisella raideliikenteen hallintajärjestelmällä (European Rail Traffic Management System, ERTMS), jonka kehitystä EU sääntelee. Digirata-hankkeen tavoitteena on korvata nykyinen junien kulunvalvontajärjestelmä sen elinkaaren päättyessä koko rataverkon osalta. Samassa yhteydessä tehdään tarvittavat modernisoinnit myös turvalaitteisiin ja liikenteenhallintaan, jotta digitalisaatiosta saatavat hyödyt voidaan maksimoida.

Digirata-hankkeen on määritelty koostuvan neljästä vaiheesta, jotka ovat selvitys-, valmistelu-, kehitys- ja verifiointi- sekä hankinta- ja toteutusvaihe. Selvitysvaihe valmistui keväällä 2020, minkä jälkeen työtä jatkettiin välittömästi valmisteluvaiheessa. Digiradan valmisteluvaiheessa tutkittiin selvitysvaiheessa tehtyjä havaintoja ja toteutettiin listattuja lisäselvityksiä sekä konkretisoitiin etenemistä kohti kehitys- ja verifiointivaihetta. Valmisteluvaihe on toteutettu tiiviissä yhteistyössä liikenne- ja viestintäministeriön (LVM), Väyläviraston (Väylä), Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom), Liikenteenohjausyhtiö Fintraffic Oy:n, Fintraffic Raide Oy:n, VR-Yhtymä Oy:n (VR) ja Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymän (HSL) kesken. Työtä on ohjannut LVM:n asettama ohjausryhmä, jossa yhteistyön osapuolet olivat jäseninä. Työhön on osallistunut myös useita asiantuntijoita muun muassa Pääkaupunkiseudun junakalusto Oy:stä ja palveluntarjoajilta. Digiradan valmisteluvaiheessa työtä tehtiin useissa työryhmissä, jotka tuottivat omilta vastuualueiltaan lisäselvityksiä ja tekivät suunnitelmia tulevaisuuden järjestelmäratkaisuun liittyen.

Digirata-selvityksen osapuolet suosittelivat työn tulosten perusteella nykyisen junakulunvalvonta järjestelmän (JKV) korvaamista modernilla radiopohjaisella Eurooppalaisella junien kulunvalvontajärjestelmällä (European Train Control System, ETCS), mikä ensimmäisessä vaiheessa tarkoittaa vähintään ETCS-tasoa 2 koko Suomeen. Valmisteluvaiheen jatkoselvitysten perusteella on asetettu Digiradan järjestelmien osalta tavoitteeksi ETCS-tason 3 toiminnallisuus, jonka osina hyödynnetään uusinta paikannusteknologiaa sekä automaattista junien operointia vähintään automaation tasolla 2. Järjestelmän laitteistorakenne koko rataverkon mittakaavassa keskitetään selkeämmin muutamiin keskuksiin Digiradan myötä. Järjestelmäkokonaisuus vaatii luotettavan radioverkon, ja ainoana realistisena vaihtoehtona nähdään edelleen seuraavan sukupolven rautateiden

radioverkkojärjestelmä (Future Radio Mobile Communication System, FRMCS). Teknologian kehitykseen liittyy epävarmuuksia ratkaisujen kypsytyteen ja regulaatioon liittyen, joiden tuntemus on Digiradan kehitysvaiheessa oleellista. Yksi panostusta vaativa osa-alue on kyberturvallisuus, jonka huomioiminen rautatiemaailmassa on suhteellisen uutta. Teknologisesti Suomi tavoittelee regulaation viitekehityksessä moderneinta mahdollista järjestelmää, jonka kypsyys olisi varmistettava Digiradan kehitys- ja verifiointivaiheessa. Moderni järjestelmä mahdollistaa parhaan teknologisen alustan pitkälle tulevaisuuteen, koska Euroopan laajuisessa rautatiejärjestelmässä valitut ”game changerit” kehittyvät vielä vuosia. Valmisteluvaiheen päätyttyä arkkitehtuurin määrittelyä ja teknologioiden tutkimista sekä testaamista jatketaan keskeytyksettä.

Digiradan kehitystyön kulmakivinä ovat laboratorion ja testiradan hallittu kehittäminen.

Työ on aloitettu KoKoHa-rakennusprojektissa (Kouvola-Kotka/Hamina) laitetoimittajan kanssa kehityksen jatkuessa tiiviinä osana Digiradan kehitys- ja verifiointivaihetta. Valmisteluvaiheen aikana on määritelty alustava operatiivinen konsepti radiopohjaisen ETCS-järjestelmän pohjaksi. Lisäksi on määritelty alustavat ratatekniset ohjeet (RATO22), jotka tulevat ohjaamaan järjestelmän suunnittelua ja testausta sekä tukemaan tulevaisuuden hankintoja.

Digiradan toteuttamissuunnitelmaa on valmisteluvaiheessa tarkennettu esimerkiksi liikennöinnin näkökulmasta, joka ottaa huomioon paremmin kaluston varustelun vaiheistuksen. ETCS-järjestelmä vaatii laitteistoa sekä infraan että kalustoon ja käytännössä kumpikaan ei voi toimia itsenäisenä ratkaisuna. Infran ja kaluston riippuvuuden vuoksi suunnitelman on tuettava mahdollisimman hyvin kaluston omistajien vastuulla olevaa kaluston ennakovarustelua määrittelyssä aikaikkunassa. Päivitetty etenemissuunnitelma minimoi myös nykyisten JKV-järjestelmien vaatimat muutokset. Tulevaisuuden kapasiteettitarve on mukana suunnittelun lähtökohdissa siten, että mahdollisimman pian edetään alueille, joissa kapasiteettitarpeen ennustetaan kasvavan. Käyttöön oton etenemisen kriittisille alueille on tapahduttava kuitenkin niin, että epävarmuustekijät on minimoitu uuden järjestelmän osalta. EU:n rahoitusmahdollisuuksien maksimaalinen hyödyntäminen on pyritty huomiomaan suunnitelmassa, jonka mukaan koko rataverkon varustelu on toteutettu vuoteen 2040 mennessä. Aikataulun tiivistäminen nähdään mahdollisena ainoastaan suunnitelman loppuosan osalta.

Digirataan liittyviä kustannusarvioita on tarkennettu valmisteluvaiheessa tavoiteltavan teknologisen viitekehityksen ja kehittyneen etenemissuunnitelman mukaisesti. Päivitetyn kustannuslaskennan perusteella investointitaso on pysynyt samalla tasolla Digirata-selvitykseen verrattuna, ollen kokonaisuutena noin 1,7 mrd. € minimaalisella riskivaraumalla. Tästä kokonaiskustannuksesta kalustoon tarvittavan rahoituksen osuudeksi on alustavasti arvioitu 280 M€. Riskienarvioinnin kautta laskettu riskivarauma ja kustannusten epävarmuus nostaa suuntaa antavaa kustannusarviota pelkän infran osalta

kokonaiskustannuksen arvioituun tasoon (1,7 mrd.€). Laskennan vaihteluväli kertoo kustannusten ennustamisen hankaluudesta ja hankkeella on tehtävä kustannusten hallintaa jatkuvasti huomioiden myös kaikki tulevaisuuden mahdollisuudet rakentaa kustannustehokas järjestelmä Suomen tarpeisiin.

Suomella on laaja edustus eurooppalaisissa työryhmissä, ja Digiradan valmisteluvaiheessa edustajille on perustettu yhteistyöryhmä, jossa saadut tiedot ja viestintä käsitellään kootusti. Työryhmän toiminta on selkeyttänyt yhteisymmärrystä ja yhteistyötä kansallisen näkemyksen viestinnässä. Työryhmän toiminnan jatkuminen keskeyttömänä nähdään tarpeellisenä, jotta varmistetaan hyvä tiedonkulku myös tulevaisuudessa.

Nykyisen JKV-järjestelmän ylläpidettävyyttä Digiradan toteutusvaiheen ajaksi arvioitiin tarkemmin järjestelmän vikaherkkyyteen ja materiaalien kierrätysmahdollisuuksiin perustuen. Selvityksen lopputuloksena on arvioitu, että JKV-järjestelmää pystytään ylläpitämään hyvin suurella todennäköisyydellä Digiradan etenemissuunnitelman mukaisella vaiheistuksella.

Osaamisen haasteita on tunnistettu edelleen valmisteluvaiheessa useita, vaikka edistystä osaamisen kehittämisessä on saavutettu. Aloitettu työ kurssitarjonnan edistämiseksi luo hyvän pohjan tulevaisuuden osaajien kehittämiselle. Tarjonnan muodostamisen perustana on ollut kaikkien Digiradan osapuolien yhteinen tahtotila rautatiesektorin toimijoiden radiopohjaisen ETCS-valmiuden nostamiseen. Valmisteluvaiheen ekosysteemin kartoitus-työ auttoi osaltaan ymmärtämään osaamistarpeita, vaikka lopputuloksena todettiin, ettei valmiutta laajemman ekosysteemin muodostamiseen vielä ole. Ekosysteemanalyysin lopputuloksena muodostettiin kuva kehitysrahoitusmahdollisuuksista sekä tulevaisuuden kehittyvistä keihäänkärkiteknologioista. Rahoituksesta ja kehitysnäkymistä järjestettiin useita webinaareja, joilla oli hyvin positiivinen vaikutus Digiradan valmisteluvaiheen yhteisöllisyyteen ja lopputulokseen.

Digiradan valmisteluvaiheessa näkemys moderneimman mahdollisen Eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän (European Rail Traffic Management System, ERTMS) ratkaisun kehittämisestä Suomen rataverkon rautatiejärjestelmien ratkaisuksi on vahvistunut. Valmisteluvaiheen osapuolet suosittelivat työtä jatkettavaksi erillisessä teknologisessa kehitysprojektissa (kehitys- ja verifiointivaihe), jossa määritellään Suomessa täytäntöönpantava ERTMS-ratkaisu. Projektin tehtävänä on valmistella tekniset määritelmät ja säännöt korkeimmalle mahdolliselle ETCS-tasolle, jossa paikannus, junan automaattinen operointi ja radioverkko ovat optimoitu mahdollisimman kustannustehokkaiksi ratkaisuksi kulloinkin voimassa oleva regulaatio huomioiden. Valmisteluvaiheen osapuolet suosittelivat myös tarkastelemaan toteuttamissuunnitelmaa määräajoin osapuolten yhteistyössä ja seuraamaan tulevaa sääntelyä eurooppalaisissa strategisen tason työryhmissä. Työryhmiin osallistujat koostavat näkemykset teknisen projektin rinnalla kehitys- ja verifiointivaiheen tarpeisiin sekä edelleen hankinta- ja toteutusvaiheeseen.

# 1 Johdanto

Digirata-hankkeella tarkoitetaan ennen kaikkea nykyisen junien kulunvalvontajärjestelmän korvausinvestointia sen elinkaaren päättyessä koko rataverkon osalta. Samassa yhteydessä tehdään tarvittavat modernisoinnit myös turvalaitteisiin ja liikenteenhallintaan, jotta digitalisaatiosta saatavat hyödyt voidaan maksimoida. Näin saadaan toteutettua rautateiden järjestelmäkehitys kansallisesti tehokkaimmalla tavalla.

Digiradan ensimmäisessä vaiheessa tehtiin selvitystyö, jossa kartoitettiin laajempia mahdollisuuksia parantaa Suomen rataverkon kapasiteettia, käytettävyyttä ja turvallisuutta järjestelmäteknisin keinoin. Yhtenä tärkeimmistä investoinneista nähtiin raitinfran ja liikkuvan kaluston nykyisten kulunvalvontalaitteistojen modernisointi. Muutosta ajaa Suomessa nykyisin käytössä oleva vanheneva järjestelmä, jota ei enää aktiivisesti kehitetä. Arvioilta noin kymmenen vuoden kuluessa varaosasaatavuus ja laitetoimittajien tuki ainakin heikenee, jollei ole jo loppunut. Kaikki merkittävät laitetoimittajat ovat siirtyneet kehittämään moderneja radiopohjaisia ERTMS-järjestelmiä. ERTMS:n osana on JKV:n suora korvaaja ETCS.

Digirata-selvityksen lopputuloksena suositeltiin siirtymistä moderniin radiopohjaiseen ETCS-järjestelmään, jolla mahdollistetaan järjestelmien tehokas jatkokehittäminen. Radioverkoksi selvityksessä suositeltiin FRMCS-järjestelmää, joka on tällä hetkellä kehitysvaiheessa. Selvityksen perusteella suositellaan, että Suomen tuleva ERTMS-ratkaisu on ilman näkyviä opastimia toteutettava radiopohjainen ETCS sekä siihen kiinteästi liittyvä FRMCS-radioverkko.

Selvitysvaiheessa nähtiin tarpeellisenä jatkaa välittömästi työtä lisäselvitysten ja suunnitelmien tekemiseksi. Tällaisia olivat Digiradan ja valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman (Liikenne12) yhteensovittaminen, kansallisen etenemissuunnitelman tarkentaminen ja täytäntöönpanosuunnitelman (National Implementation Plan, NIP) päivittäminen, tarkennetun kustannuslaskennan ja rahoituksen analysoinnin tekeminen sekä eurooppalaisen yhteistyön tiivistäminen ja koordinointi. Edellä mainittujen osa-alueiden lisäksi selvityksen perusteella nähtiin tarvetta teknisten ratkaisujen kokeiluille ja määrittelyjen tarkentamiselle testiradalle ja pilottiradalle kehitettävän arkkitehtuurin, simulointi- ja testauskeskuksen sekä kansallisen ETCS-konseptin ja -sääntöjen osalta. Myös JKV-laitteiston ylläpidettävyyden varmistaminen ja JKV/ETCS yhteensovitus suunnittelu koko toteutusvaiheen ajan nähtiin selvityksessä tärkeänä. Selvitysvaiheessa korostui lisäksi osaamisen hallittu



kehittäminen kohti modernia radiopohjaista ETCS-järjestelmää ja Digiradan ekosysteemin mahdollisuuksien tutkiminen tehokasta kehittämistä tukemaan.

Lisäselvitykset ja suunnitelmat jatkuivat siis Digiradan valmisteluvaiheessa, jolloin suurin osa työstä organisoitiin aloitettavaksi tai viimeisteltiin. Digiradan valmisteluvaihe alkoi kesäkuussa 2020 ja oli kestoltaan noin yhden vuoden mittainen. Tässä raportissa kuvataan valmisteluvaihetta sekä sen tuloksia.

### Työn organisointi ja käytännöt

Valmistelutyö tehtiin tiiviissä yhteistyössä liikenne- ja viestintäministeriön (LVM), Väyläviraston, Traficom, Fintrafficin, Fintraffic Raiteen, VR:n ja HSL:n sekä Pääkaupunkiseudun junakalusto Oy:n sekä useiden palvelutuottajien kanssa.

Ohjausryhmän asetusta jatkettiin Digiradan selvitysvaiheesta valmisteluvaiheeseen ja liikenne- ja viestintäministeriö jatkoi hallinnonalalleen asettamansa Suomen kansallisen ERTMS-toteutus päätöksen valmistelun ohjausryhmän toimikautta ja vaihtoi ohjausryhmän nimen Digirata-hankkeen valmistelun ohjausryhmäksi. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi edelleen hallitusneuvos Maija Ahokas (LVM) ja jäseninä toimivat tai ovat toimineet valmisteluvaiheen aikana liikenneneuvos Maria Rautavirta (LVM), liikenneneuvos Risto Saari (LVM), yksikön johtaja Saara Reinimäki (LVM), kehitysjohtaja Raimo Tapio (Väylävirasto), raideliikennejohtaja Markku Nummelin (Väylävirasto), toimialajohtaja Juuso Kummalainen (Väylävirasto), hankintajohtaja Pekka Petäjäniemi (Väylävirasto), toimialajohtaja Esa Sirkiä (Väylävirasto), osaamisalueen johtaja Pietari Pentinsaari (Traficom), tiiminvetäjä Tomi Anttila (Traficom), päällikkö Kaisa Sainio (Traficom), toimitusjohtaja Pertti Korhonen (liikenteenohjausyhtiö Fintraffic Oy), toimitusjohtaja Pertti Saarela (Fintraffic Raide Oy), liikennejohtaja Nina Mähönen (VR) ja osastonjohtaja Tero Anttila (HSL).

Tarkoituksena valmisteluvaiheessa oli jatkaa työtä selvitysvaiheessa hyödynnettyjä yhteistoimintamalleja hyväksikäyttäen. Hanketta koordinoi hankejohtajan ja projektipäällikön muodostama projektijohto, jonka lisäksi projektiryhmään osallistuivat valmistelutyön työryhmien vetäjiä sekä yhteistyötahojen edustus. Valmisteluvaiheen suunnittelusta ja raportoinnista ohjausryhmälle sekä hankkeen sisällä vastasi kokonaisuutena projektijohto. Lisäksi jokainen työryhmä raportoi suunnitellusti tuloksistaan ja toiminnastaan projektijohtolle. Työryhmät suunnittelivat itsenäisesti työnsä tavoitteita vasten.

Projektin pääasiallisena tuotoksena oli työryhmien tuottamaa dokumentaatiota sovitusta osa-alueista määritellyn aikataulun mukaisesti. Työskentelytapa projektissa perustui erillisiin julkaisujuniin (engl. *release trains*), joiden mukaisesti työtä tehtiin ja dokumentaatio projektissa muodostettiin.

Julkaisujunia oli kaikkiaan neljä, joista jokaisen kesto oli kahdeksan viikkoa. Junan suunnitteluun käytettiin noin puoli päivää ennen työn käynnistämistä koko ryhmällä. Tämän lisäksi dokumentoinnin työt suunniteltiin tarkemmin kahden viikon sprintteihin. Tavoitteena oli jokaisen sprintin lopuksi käydä läpi katselmus, jolloin kerrattiin mitä saavutettiin ja opittiin. Katselmuksen jälkeen tehtiin seuraavan sprintin suunnittelu. Sprintin tehtävät suunniteltiin arvioiden realistisesti työn kuormittavuus suhteessa käytössä olevaan aikaan. Työryhmät sovelsivat toimintatapaa työskentelyynsä sopivimmalla tavalla.

Projektin sisäinen tiedottaminen toteutettiin laajasti erilaisia menetelmiä hyödyntäen.

Microsoft Teamsissa raportoitiin tuloksista, tallennettiin materiaalit ja koostettiin yhteenveto projektin työryhmien tilasta jokaisen vaiheen jälkeen halukkaiden omatoimista tarkastelua varten. Projektin aikana sisäistä tiedonvälitystä varten tehtiin myös yhden dian esitykset jokaisen työryhmän edistymisestä tavoitteita vasten tarkasteltuna.

Sidosryhmäviestinnässä käytettiin muun muassa osallistujaorganisaatioiden sisäisiä webinaareja, tietoiskuja, verkkouutisia ja koulutusmateriaalia sekä järjestettiin avoimia webinaareja ja luentoja. Vakiotilaisuus laajemman sidosryhmäviestinnän tukena oli LVM:n puheenjohtama Digirata-foorumi, joka järjestettiin valmisteluvaiheen aikana kolme kertaa. Edellä mainittujen lisäksi Digirata-hanke osallistui useisiin seminaareihin sekä kotimaassa että ulkomailla välittäen tietoa käynnissä olevasta kehityksestä. Kotimaassa hanketta esiteltiin yksittäisten organisaatioiden lisäksi useissa työryhmissä esim. kaupunkien kehitysryhmät, toimialakohtaiset organisaatiot ja muut rautateiden kehityksessä mukana olevat ryhmittymät. Ulkomaiset tilaisuudet järjestettiin useimmiten linkitettyinä olemassa oleviin työryhmiin (EIM, EUG jne.) tai maiden kahdenkeskisessä virtuaalisessa tapaamisessa ja tiedonvaihtotilaisuudessa. Erikseen organisoitiin korkean tason tapaamisia liikenne- ja viestintäministeriön toimesta esimerkiksi Euroopan komission ja sen virkamiesten kanssa. Yleisimmin esityksen Digiradasta piti ja valmisteli projektijohto.

Valmisteluvaiheen työtä leimasi Covid-19-pandemia, jonka vuoksi yhteisten kasvoikkain järjestettävien tilaisuuksien toteuttaminen oli todella haastavaa ja työskentely keskittyi miltei ainoastaan virtuaalisiin tapaamisiin ja työkaluihin. Pandemian myötä tapahtunut viestintä- ja yhteistyöalustojen kehitys loi uusia mahdollisuuksia työskentelylle hankkeessa, jossa on mukana asiantuntijoita kotimaasta ja ulkomailta. Virtuaalisuus toi myös uudenlaisen haasteen esimerkiksi hankalien ja kompleksisten asioiden käsittelyyn ja yhteisen ymmärryksen saavuttamiseen. Virtuaalisuuden haasteista huolimatta yhteistyö sujui hyvin avoimella viestinnällä ja vuorovaikutuksella sekä järjestämällä tilaisuuksia, joissa oli mahdollisuus keskustella myös vähemmän tehtävääorientoituneesti.

## 2 Valmisteluvaiheen tavoitteet

Digiradan valmisteluvaiheen tavoitteena oli syventää selvityksessä tehtyjä havaintoja ja toteuttaa listattuja lisäselvityksiä sekä konkretisoida etenemistä kohti Digirata-hankkeen rakentamisvaihetta. Projektissa valmisteltiin ja osin viimeisteltiin konkreettiset suunnitelmat sekä linjattiin toimintaa, mutta ei vielä toimeenpantu testausta.

Digiradan valmisteluvaiheelle asetettiin seuraavat tavoitteet:

- Digirata on huomioitu Liikenne 12 -suunnittelussa.
- Suomen tasolla on tunnistettu ja verkostoiduttu koordinoitusti tärkeimpiin eurooppalaisiin yhteistyöfoorumeihin.
- Testaus on suunniteltu sekä operointi-/suunnitteluäännöt valmisteltu ja organisoituminen tehty menossa olevien hankkeiden kanssa sekä simulointi- ja testauskeskus perustettu.
- JKV-järjestelmän saatavuus on varmistettu rakentamisen ajaksi.
- Arkkitehtuuri mahdollistaa ratalaitteiden vähentämisen merkittävästi ja kehitteillä olevia teknologioita on hyödynnetty arkkitehtuurissa.
- Suomen kansallisen käyttöönottosuunnitelman (NIP) päivitysvalmius on olemassa ja sen pohjaksi tarvittava tarkempi tieto esim. rahoituksen tarpeesta ja etenemisen suunnitelmasta on tehty.
- Rakentamisen mahdollisimman tehokas rahoitusmalli on määritelty, mukaan luettuna erilaiset tukimahdollisuudet.
- Suomesta on tunnistettu potentiaalisimmat keihäänkärkiteknologiat vientiin.
- Osaamisen kehityssuunnitelma on tehty ja toteutus valmisteltu.
- Hankkeen toteutusmalli on suunniteltu.

Valmisteluvaiheen tavoitteena oli tuottaa konkreettinen suunnitelma kehitys- ja verifiointivaihetta varten arkkitehtuurin, rahoituksen ja osaamisen kehittämisen osalta, sekä tunnistaa potentiaalisimmat rahoitusinstrumentit sekä mahdollisuus T&K-tukeen.

## 2.1 Digiradan linkitys kansalliseen ja kansainväliseen kehitykseen

Digirata-hanketta ohjaavat Suomen ja koko Euroopan unionin strategiset tavoitteet. Luomalla kasvustrategian, jonka toimintapolitiikassa ilmasto- ja ympäristöhaasteet nähdään mahdollisuuksina, EU on laatinut Euroopan vihreän kehityksen ohjelman (European Green Deal). Ohjelmalla tavoitellaan muun muassa, että vuoteen 2050 mennessä ei aiheuteta kasvihuonekaasujen nettopäästöjä. Myös Suomi on sitoutunut puolittamaan liikenteen päästöt vuoteen 2035 mennessä. Liikenteen siirtyminen raiteille vähentää merkittävästi hiilidioksidi eli CO<sub>2</sub>-päästöjä. Digirata mahdollistaa korkeamman rautatieliikenteen saavutettavuuden eli vähentää rautatieliikenteen hyödyntämisen esteitä ja paremman palvelutason, jolloin rautatieliikenteen houkuttavuus kasvaa. Digirata-hankkeen toteuttamisella ei ole merkittävää hiilijalanjälkeä. Kehittyneellä liikenteenhallintajärjestelmällä rautatieliikenne on optimoitua, joka vähentää huomattavasti junaliikenteen energian kulutusta ja kuljetuskustannuksia. Moderni järjestelmä pienentää materiaalien tarvetta ja sitä kautta valmistuksen ja ylläpidon ympäristövaikutusta, kun ratalaitteiden määrä ja niiden kunnossapitoon tarvittava työmäärä vähenee.

Rautateiden osalta EU:ssa säännellään eurooppalaisesta rautateiden liikenteenhallinta-, kulunvalvonta- ja radioverkkojärjestelmästä (ERTMS), joka jäsenvaltioiden on otettava käyttöön kansallisten kulunvalvontajärjestelmien vanhentuuessa ja myös uutta rataa rakentaessa. ERTMS on Euroopan unionin liikennepoliittinen teollinen hanke, jolla tavoitellaan rautatieliikenteen parempaa turvallisuutta ja kilpailukykyä siirtymällä yhtenäiseen järjestelmään koko EU:n alueella.

Euroopan laajuinen liikenneverkko (TEN-T) yhdistää Euroopan eri alueita. TEN-T-liikenneverkko koostuu kahdesta tasosta: tärkeimmistä yhteyksistä ja solmukohdista koostuvasta ydinverkosta ja kattavasta verkosta. TEN-T-verkon tavoitteena on turvallinen ja kestävä EU:n liikennejärjestelmä, joka edistää tavaroiden ja ihmisten saumatonta liikkumista. Rautateiden TEN-T-verkon varustelu on tehtävä ERTMS-järjestelmällä yhteentoimivuuden takaamiseksi.

Suomen tasolla näihin EU-tavoitteisiin pyritään vastaamaan valtakunnallisella liikennejärjestelmäsuunnitelmalla. Suomen kansallisen suunnitelman tavoitteet ovat yhdenmukaiset EU-tavoitteiden kanssa kolmen päätavoitteen ollessa saavutettavuus, kestävyys ja tehokkuus. Valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman visiona on, että vuonna 2050 muun muassa liikenne toimii päästöttömästi ja että Suomi on vaihtoehtoinen käytävä ja solmukohta maailmanlaajuisille matkustaja-, tavara- ja datavirroille.

Vision mukaisesti liikennejärjestelmässä on huomioitu huoltovarmuus sekä varautumisen ja valmiuden vaatimukset siten, että Suomessa voidaan luottaa liikennejärjestelmän

toimivuuteen, häiriösietoisuuteen ja nopeaan palautumiskykyyn kaikissa olosuhteissa ympäri vuoden. Suomi tavoittelee johtajuutta liikenteen palveluiden ja teknologioiden kehittämisessä.

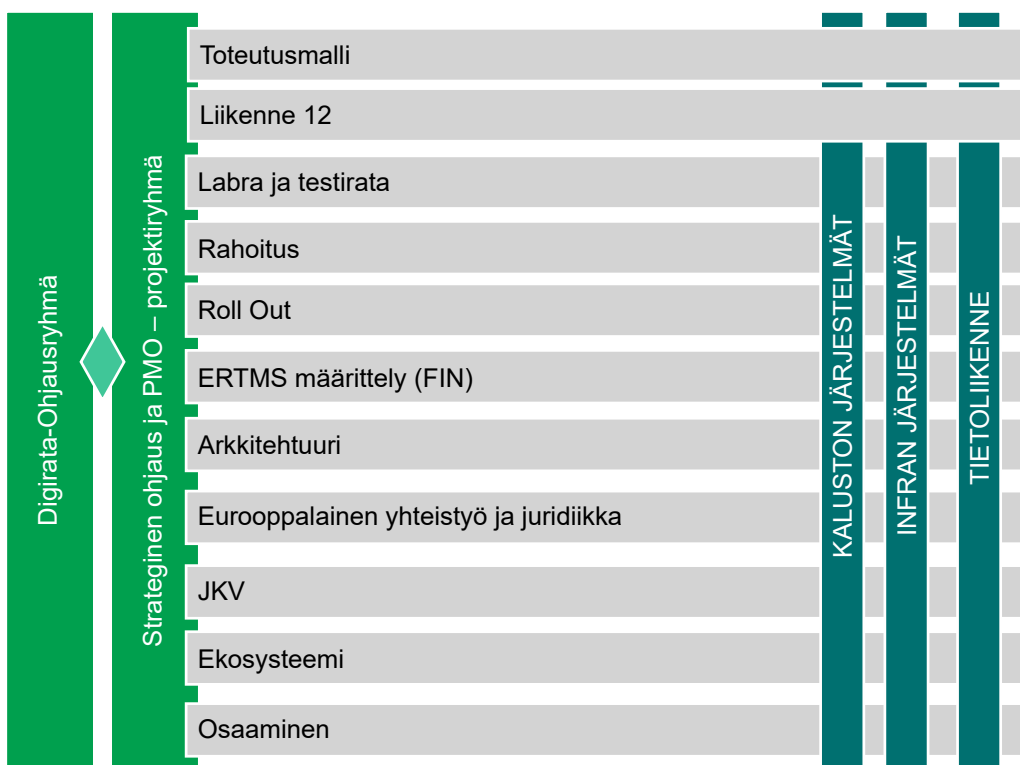
Digirata-hankkeella vastataan näihin strategisiin tavoitteisiin. Saavutettavuus paranee kattamalla koko Suomen rautatieverkko uudistetulla kulunvalvontajärjestelmällä. ETCS tulee kattamaan mahdollisuuksien mukaan myös nykyisin JKV-varustamattomat rataosat. Uudistaminen toteutetaan kokonaisvaltaisesti ja ennakoivasti, rakentamalla modulaarinen järjestelmä, joka on tulevaisuuden kestävä ja uudistumiskykyinen, hyödyntäen nykyisin vielä kehitteillä olevaa teknologiaa. Digirata-hankkeella vastataan myös tehokkuustavoitteisiin, sillä modernisoimalla turvalaiteinfra sekä kulunvalvonta ja parantamalla liikenteenhallinnan kehitysmahdollisuuksia lisätään junaliikenteen turvallisuutta, täsmällisyyttä ja sujuvuutta pitkällä aikajänteellä koko Suomen mittakaavassa. Myös kunnossapito ja järjestelmien kehittäminen saadaan kustannustehokkaammaksi uudistetulla järjestelmärakenteella.

Rahoituksen varmistuttua voidaan muodostaa tehokas kehitys- ja toteutusorganisaatio, jonka avulla hankkeen tavoitteet saavutetaan sekä pystytään kehittämään toimialan kyvykkyyttä saavuttaen kunnianhimoiset tavoitteet.

### 3 Työryhmien tulokset

Digirata-hankkeen valmisteluvaiheessa työtä tehtiin kymmenessä eri työryhmässä. Lisäksi Digiradan toteutusmallin valmistelua työstiin erillisessä ryhmässä Väyläviraston ja Fintraffic Raide Oy:n kesken. Jokaisella työryhmällä oli nimetty vetäjä ja itse asetetut tavoitteet, jotka olivat johdetut hankkeen tavoitteista. Tavoitteiden toteutumista seurattiin kahdeksan viikon välein hankkeen yhteenvetotilaisuuksissa, joita nimitettiin termillä julkaisujuna. Julkistusten lisäksi jokaisella työryhmällä oli yhden dian esitys koostamassa kulloinkin voimassa olevaa tilannekuvaa tavoitteiden toteutumisesta kaikille työskentelyssä mukana oleville. Työryhmät myös koostivat omasta osuudestaan loppuraportin, joista tähän dokumenttiin on koottu keskeisimmät havainnot ja tulokset.

**Kuvio 1.** Digiradan valmisteluvaiheen työryhmät, läpileikkaavat teemat sekä rajapinnat johtamismalliin



## 3.1 Arkkitehtuuri-työryhmä

Eurooppalaisten säädösten mukaisesti uudet rakennettavat rautatieliikenteen kulunvalvontajärjestelmät tulee olla ETCS-määritysten mukaisia. Digiradan selvitysvaiheessa ETCS-määritysten eri kyvykkyystasoa analysoitiin ja tuolloin tehdyn analyysin mukaisesti taso 1 ei ole houkutteleva vaihtoehto kapasiteetin, elinkaaren eikä investoinnin osalta. Valmisteluvaiheessa onkin selvitetty tarkemmin korkeampien ETCS-tasojen (tasot 2 ja 3) mahdollisuuksia sekä vaikutuksia kokonaisjärjestelmään.

**Taulukko 1.** Rautatiejärjestelmien nykyarkkitehtuurin mukaiset järjestelmät

Järjestelmät	Turvallisuusluokitus	Laajuus
Asetinlaite	SIL-4	liikennepaikkoja
Kauko-ohjaus	SIL-0	ohjausalue
Liikenteen hallinta (TMS)	ei luokitusta	valtakunnallinen

Suomen ERTMS-ratkaisun rakentaminen valtion rataverkolle tarkoittaa joitakin ratalaitteita sekä kauko-ohjausratkaisuja lukuun ottamatta kaikkien järjestelmän osien uudistamista. ERTMS-järjestelmän tehokkaan käyttöönoton edellytyksenä on siis laajamittainen ratainfrajärjestelmien korvaaminen uusilla sekä liikkuvan kaluston kulunvalvontajärjestelmien uusiminen.

Suurimpia muutoksia tämänhetkiseen järjestelmään ovat radiopohjaisuuteen perustuva viestinvälitys sekä turvalaitearkkitehtuurin muuttuminen. Suomessa ei enää ole käytettävissä radiopohjaiseen viestintään GSM-R-verkkoa, mihin ERTMS-määritykset ja Euroopassa käytössä olevat toteutukset pohjautuvat. Tämän tilalle on Suomeen saatava korvaava radioverkon tietoliikenneyhteys, mikä täyttää saatavuuden, luotettavuuden ja käytettävyyden osalta vaatimukset.

Suomen tuleva ERTMS-ratkaisu mahdollistaa asetinlaitteiden lukumäärän vähentämisen ja sijainnin keskittämisen konesaleihin, koska turvalaitearkkitehtuuri on hajautettu radio-suojastuskeskuksiin, asetinlaitteisiin, sekä objektin ohjaimiin. Hajauttamisen takia kokonaisjärjestelmän tietoliikenne- sekä tietoliikenteen hallintaratkaisut tulee myös suunnitella uudelleen. Uudelleensuunnittelussa voidaan ottaa myös uudenlaiset ratkaisut analysoitavaksi, kuten langattomien verkkojen hyödyntäminen infran laitteiden tietoliikenteessä.

Koko rataverkon järjestelmien ja laitteiden uusiminen ei tapahdu hetkessä, joten arkkitehtuurissa tulee ottaa huomioon ETCS- ja JKV-järjestelmän aluekohtainen käyttö yhtäaikaista sekä asteittainen migraatio radiopohjaiseen ETCS-järjestelmään täytäntöönpanon eli *roll outin* edetessä. Arkkitehtuurissa ja testausmenetelmissä onkin syytä ottaa huomioon säännölliset migraatiot muodostamalla näihin selkeä ja turvallisuuden osalta aukoton prosessi. Pitkä yhtäaikaista alueittainen käyttö tulee ottaa huomioon etenkin kaluston varustelussa ja mahdollisesti myös tulevissa kalustohankinnoissa.

Radiopohjaisten ETCS-järjestelmien tietoliikenne sekä nykyisin käytössä olevaan järjestelmään verrattuna tietoliikenteellisesti verkostoituneempi luonne tuo kokonaisjärjestelmän turvallisuuden olennaiseksi osaksi kyberturvallisuuden. Perinteisen rautatieteknologian, -laitteiston ja niitä hallinnoivien sulautettujen järjestelmien elinkaari eroaa huomattavan paljon digitaalisen kehityksen nopeasta uudistumistahdistä. Näiden kahden maailman yhteensovittaminen onkin tehtävä huolellisesti ja kattavasti.

Digiradan valmisteluvaiheen tavoitteena Arkkitehtuuri-työryhmällä oli määrittellä Suomen rautatiejärjestelmän kokonaisarkkitehtuuri osajärjestelmien sekä muodostaa suunnitelma jatkokehityksen aikatauluarvioista. Yhtenä tärkeänä osa-alueena kokonaisarkkitehtuurin kannalta on lopullisessa ratkaisussa hyödyntää mahdollisimman paljon toimialalle tulossa olevia standardeja. Tavoiteltavia standardeja on rajapintojen yleiseen standardointiin tähtäävä EULYNX sekä näihin rajapintoihin pohjautuva ohjausjärjestelmien modulaarista malliarkkitehtuuria kuvaava RCA sekä kaluston standardeja kehittävät OCORA- ja TOBA-työryhmät.

Turvallisen suunnittelun perusta rakentuu arkkitehtuuriin, missä turvallisuus on kerroksittaista. Kerroksittainen toteutus turvallisuuden osalta muodostaa pohjan myös tehokkaalle kyberturvallisuuden hallinnalle järjestelmän aliosioiden vastuiden mukaan, joissa mahdolliset hyökkäysrajapinnat on minimoitu.

Valmisteluvaiheen aikana selvitysvaiheen tuloksia hyödyntäen työryhmän visioksi arkkitehtuurikokonaisuudesta muodostui tavoitella modernia radiopohjaista ETCS-järjestelmää kehitys- ja verifiointivaiheessa sisältäen seuraavat tarkennetut teknologiset osa-alueet:

- ETCS L3
- FRMCS
- ATO GoA2

Puhdas määrittelyjen mukainen ETCS L3 ei ole vielä käytössä missään. Tasolle 3 olennaisesti liittyvät standardit ja säännökset ovat vielä valmisteilla, joten laitevalmistajiltakaan ei ole vielä saatavilla soveltuvia laitteita. ETCS-tason 3 kehittymättömyyden takia on arkkitehtuurityöryhmä päättänyt Digiradan kehitys- ja verifiointivaiheessa lähestyä kehittämistä



inkrementaalisesti muodostamalla ensin kyvykkyys toteuttaa ETCS-taso 2 ja tuomalla kehitys- ja verifiointivaiheen kuluessa korkeamman tason osa-alueita yksi kerrallaan kokonaisu-järjestelmään. ETCS-tasot 2 ja 3 voidaan myös yhdistää ETCS-tason 3 hybrid-ratkaisussa, jonka toteutuksessa on mahdollista hyödyntää tasojen 2 ja 3 toiminnallisuutta kalustokoh-taisesti. Lopullisen pilotointivaiheessa käytettävän tason muodostaa saavutetun kyvykkyyy-den lisäksi myös tuolloin voimassa olevat säädökset.

### 3.1.1 Automatic Train Operation (ATO)

ATO-työryhmä on Digiradan valmisteluvaiheessa syventynyt osa-alueen arkkitehtuuriin kirjallisuusselvityksillä, sidosryhmien haastatteluilla, työpajatyöskentelyllä sekä markki-na-analyyseillä. Työn aikana työryhmä on perehtynyt maailmalla käynnissä ja suunnitteilla oleviin ATO-hankkeisiin, tutustunut saatavilla olleeseen luonnostasoiseen sääntelydoku-mentaatioon sekä arvioinut automaattiseen liikenteeseen ja siihen liittyvään infrastruktuu-riin liittyviä teemoja mahdollisimman monipuolisesti.

Raideliikenteen automaatioluokat jaetaan viiteen eri IEC 62290-1:2014 -standardissa mää-riteltyyn tasoon, missä ensimmäinen GoA0-taso on kuljettajan suorittamaa näkemäajoa. Korkeammat automaatioluokat on standardissa määritelty seuraavan taulukon mukaisesti.

**Taulukko 2.** GoA-automatioluokat

Automaat-ion aste	Junan operointi	Liikkeelle lähtö	Pysähtyminen	Ovien hallinta	Operointi häiriön sattuessa
GoA 1	ATP (kulunvalvonta) ja kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja
GoA 2	ATP ja ATO kuljettajan kanssa	Automaatio	Automaatio	Kuljettaja	Kuljettaja
GoA 3	Ilman kuljettajaa	Automaatio	Automaatio	Junahenkilöstö	Junahenkilöstö
GoA 4	Ilman henkilöstöä	Automaatio	Automaatio	Automaatio	Automaatio

Työryhmä näkee Digiradan kehitys- ja verifiointivaiheen aikana realistisena tavoitella ATO GoA2-tason toiminnallisuutta sekä sen käyttöönottoa HSL-liikenteessä roll out -vaiheen yhteydessä. Korkeampien automaatiotasojen teknologian hyödyntämisen osalta Suomen rautatieliikenteessä työryhmä tuli lopputulokseen, että se olisi mahdollista arviolta

2030-luvun loppupuoliskolla. ATO-järjestelmien arkkitehtuurin rakenne ei muutu täysin siirryttäessä GoA2-automaatiotasolta korkeammille automaatiotasoille, mikä tekee alemman automaatiotason nopeammasta käyttöönotosta järkevää. GoA2-tason toiminnoilla junat liikkuvat jo asemien välillä tietokoneen ohjaamana optimoiden muun muassa liikenteen täsmällisyyttä, ratakapasiteetin hyödyntämistä sekä energiatehokkuutta. Edellä mainittujen toimintojen toteuttaminen vaatii uusia toiminnallisuuksia sekä juniin että liikennettä ohjaaviin järjestelmiin. Korkeampien tasojen toteuttamiseksi tulee automaatiojärjestelmään lisätä GoA2-tason ratkaisuun nähden vielä esimerkiksi kuljettajaa korvaavia toimintoja ympäristön havainnointiin ja poikkeustilanteiden hoitamiseen.

### 3.1.2 Kalustoarkkitehtuuri

Kalustoarkkitehtuuri muodostaa olennaisen osan Digiradan kokonaisarkkitehtuurista. Yksi keskeisistä kalustoarkkitehtuuriin liittyvistä asioista on määritellä olemassa olevaan kalustoon liittyvä toteutusvaihtoehto. Parhaaksi ratkaisuksi nykyisen kaluston osalta nähdään JKV-järjestelmän ja ETCS-järjestelmän toimiminen rinnakkain ilman STM-moduulia (nk. kaksoisvarustelu), jonka toteutus on hankintahinnaltaan edullisempi olemassa olevaan kalustoon kuin sääntelyn tukema ETCS-laitteiston ja STM-moduulin yhdistelmä. Kaksoisvarustelulla on mahdollisuus myös nopeuttaa käyttöönottoprosessia. Olemassa olevan kaluston kohdalla esitetty toteutusvaihtoehto tarkoittaa nykyisen JKV-järjestelmän säilyttämistä ja ETCS:n käyttöönottamista sen rinnalla.

Kuljettajien toiminnan helpottamiseksi Digirata-hankkeessa on käynnistetty kehitystyö yhteisestä käyttöliittymästä, joka mahdollistaa molempien kulunvalvontajärjestelmien (JKV ja ETCS) samanaikaisen käyttämisen. Tavoitteena on, että vaihto järjestelmästä toiseen tapahtuisi pysähtymättä radassa olevien baliisien ohjaamana automaattisesti kuten tutkituissa referenssikohteissa Euroopassa tehdään.

Kaluston liikenteeseen hyväksyttämisen oletetaan olevan monimutkainen, monivaiheinen ja pitkäkestoinen prosessi, koska valittu arkkitehtuuri on uusi ja siten käytännön kokemusta ei vielä ole. Lisäksi muutos nykyiseen kulunvalvontajärjestelmään on suuri.

Kalustoa koskevien muutosten arvioinnissa ja muutosten toteuttamisessa tulee olemaan mukana kansallisten vaatimusten osalta DeBo sekä Ilmoitettu laitos eli NoBo, joka arvioi ja hyväksyy tehtyjen muutosten sisällön verraten niitä voimassa oleviin määräyksiin. ISA-tarkastuslaitos tulee laatimaan tarkastuskertomuksen muutoksen turvallisuudesta ja tehtyjen selvitysten kattavuudesta.

Kalustosarjakohtaisella esisuunnittelulla kartoitetaan ja varmistetaan ko. kalustosarjan muutostyön toteutusedellytykset.

### 3.1.3 Kyberturvallisuus

Vaikka rautatieturvallisuusriskienhallinta on perinteisesti Suomessa ja Euroopassa korkealla tasolla, kyberturvallisuusriskienhallinta on rautatieympäristössä vasta alkuvaiheessa. Rautatieympäristön kyberturvallisuus ja sääntelyn kehittäminen on aloitettu EU:n jäsenvaltioissa eri tavoin EU:n verkko- ja tietoturvadirektiiviin (NIS-direktiivi, (EU) 2016/1148) pohjautuvien kansallisten lainsäädäntöjen keinoin. Sääntelyn harmonisoinnin koordinoimisessa auttaa ENISA (Euroopan unionin verkko- ja tietoturvavirasto), minkä työhön osallistuminen kuitenkin perustuu vapaaehtoisuuteen.

Digiradan järjestelmien kehittämisessä kyberturvallisuus tulee ottaa huomioon jo niiden määrittelyvaiheesta lähtien. Tätä periaatetta kutsutaan nimellä secure-by-design ja sitä tulee noudattaa kaikkien Digiradan järjestelmien ja osajärjestelmien määrittelyssä, suunnittelussa ja testauksessa. Kyberturvallisuus tuo myös organisatorisen muutoksen ja sen hallittu toteuttaminen vaatii osaavan organisaation, jonka prosessit on tarkasti määritelty.

IT-järjestelmien kyberturvallisuuden toteuttamisessa Digiradassa on suunniteltu käytettäväksi IEC 27001 -standardia ja OT-/automaatiojärjestelmien toteuttamisessa TS 50701 -standardia. Mikäli TS 50701 -standardissa ei ole erikseen määritelty miten toteutus rautatieympäristössä tulee tehdä, voidaan näiltä osin käyttää IEC 62443 -standardia.

### 3.1.4 Liikenteenhallinta

Keskeiset vaatimukset Digiradan liikenteenhallinnalle ovat:

- Sillä pitää voida hallita ETCS-järjestelmän toiminnallisuuksia, myös vikatilanteissa
- Sen on osattava hyödyntää ETCS:n tarjoamaa kapasiteettilisäystä, erityisesti tason 3 liikkuvia suojavälejä
- Sen on vastattava uusiin asiakastarpeisiin
- Sen on kasvettava digitaalisen liikenteen airueksi

Digiradan liikenteenhallinta on välttämätön osa Digiradan suorituskykyisyyksen saavuttamisessa. Sen avulla rautateiden kapasiteettia voidaan kasvattaa suhteellisesti enemmän kuin pelkällä ratainfra modernisoinnilla. Sillä on myös merkittävä osuus Digiradan kokonaisturvallisuudessa.

Digiradan keskeinen lähtökohta on rautatiejärjestelmän toiminnan tehokkuuden lisääminen. Tämä tarkoittaa liikenteenhallinnalta asiakaslähtöistä kehittämistä. Vain siten voidaan saada aikaan tehokkaan rautatiejärjestelmän. Kantavana ajatuksena on reaaliaikaisten operatiivisten prosessien yhteinen kehittäminen kaikkien toimijoiden kesken.

Jo nykyisellään monien operatiivisten toimintojen ja prosessien rajapinnat on yhtenäistetty, kuten kapasiteetin hakeminen ja peruminen, kokoonpanotietojen toimittaminen sekä junien kulun seuranta. Erilaisissa häiriötilanteissa on myös sovittu päätöksentekoon osallistuvat tahot sekä toimintatavat. Näiden prosessien yhteensovittamiseksi Digiradan tuomiin uusiin toimintamalleihin tarvitaan yhteisiä keskusteluja sekä työpajoja, erityisesti häiriötilanneprosesseihin liittyen. Niiden tuloksena syntyy toisaalta tarpeita tilannekuvan ja suunnitelman tietosisältöön, toisaalta tiedon jakoon ja päätöksentekomenetelmiin.

### 3.1.5 Paikantaminen

Tällä hetkellä junien kulunvalvontajärjestelmillä on erityyppisiä osajärjestelmiä infrastruktuurissa, kuten raidevirtapiirit, opastinjärjestelmät ja baliisit. Nämä järjestelmät varmistavat, että junat voivat kulkea turvallisesti rataverkoilla. Vanhoilla junien kulunvalvontajärjestelmillä, kuten JKV Suomessa, junan sijainti voidaan paikantaa vain raideosuuden tarkkuudella osuuden pituuden ollessa alle kilometristä aina kymmeneen kilometriin. Nykyisten paikannusjärjestelmien kustannustaso on korkea ja sen vuoksi ratakapasiteetin kasvattaminen on kallista tai mahdotonta.

Teknologia on kehittynyt siten, että nykyistä tarkempi junan sijainti voitaisiin määrittää junassa ja lähettää junan kulunvalvontajärjestelmään turvallista liikennöintiä varten. Turvalliseen tarkemman sijainnin määrittämiseen ei kuitenkaan ole vielä olemassa säädöksiä Euroopan rautatielainsäädännössä, joten varmuutta tulevista vaatimuksista ei ole. Myös virtuaalibaliisien ja muuttuvan kapasiteettivarauksen (moving block) määritykset ovat avoimina.

Paikannustyöryhmä tutki muun muassa ETCS-tason 3 junien eheydenvalvonnan ratkaisuvaihtoehtoja. ETCS-tasolla 3 ei rataanfrassa ole vapaana olon tunnistamisen laitteita, jolloin raiteen vapaanolo tulee määritellä liikkuvan kaluston laitteistolla, jonka olennainen osa on junan eheyden valvominen. Eheyttä valvotaan junassa ja sen vaunuissa olevalla järjestelmällä (junan eheydenvalvontajärjestelmä, Train Integrity Monitoring System, TIMS).

Kaluston uudenlaisen paikannusmenetelmän pilotointia on suunniteltu suhteellisen pitkälle jo valmisteluvaiheen aikana ja sensorifuusioon perustuva alustava laitekokoonpano on suunniteltu tukemaan satelliittipaikannusta. Pilotoinnin yhteydessä pyritään löytämään mahdollisimman kustannustehokas ja turvallinen ratkaisu tavarajunien eheyden valvontaan. On kuitenkin huomioitava, että kyseessä on alustava tutkimus, jonka jälkeen on vielä varmistettava paikannusmenetelmän turvallisuustaso rautateille sopivaksi. Pilotointi käynnistyy heti asennusten valmistuttua ja pilotoinnin on suunniteltu kestävän yhden vuoden.

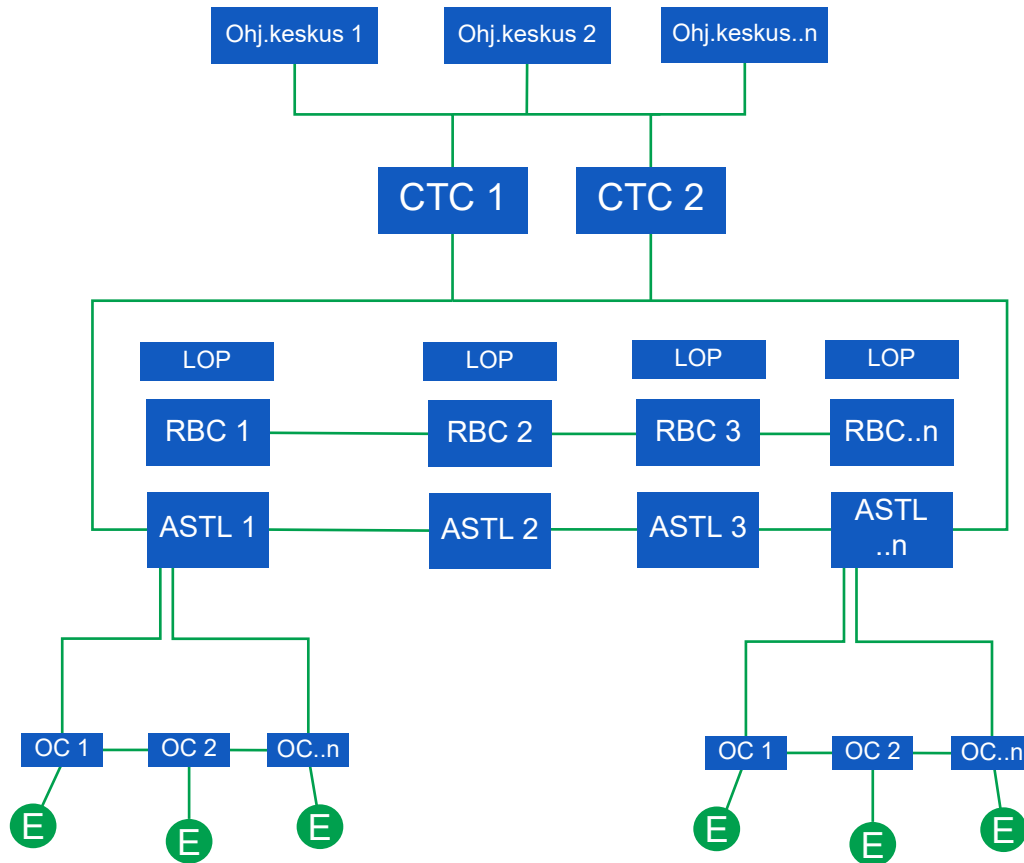
### 3.1.6 Turvalaitteet

Suomen ERTMS-ratkaisussa turvalaitekokonaisuus ja arkkitehtuuri muuttuu merkittävästi nykyisin käytössä olevista järjestelmistä. Suurimmat muutokset tulevat siinä, että asetinlaite pystyy hallinnoimaan suurempaa maantieteellistä aluetta. Tämän lisäksi asetinlaitteeseen kytkeytyy radioverkkopohjaisissa ETCS-järjestelmissä yhtenä tärkeänä komponenttina radiosuojastuskeskus (RBC), minkä vastuulla on radioyhteyden ylläpito raiteella kulkevaan ETCS-kalustoon. Turvalaite-työryhmä on tutustunut erilaisiin Euroopassa käytössä oleviin sekä suunnitteilla oleviin ERTMS-järjestelmiin ja muodostanut näkemyksen Suomeen soveltuvasta ERTMS-arkkitehtuurista näiden pohjalta ottaen huomioon myös varautumisen ja valmiussuunnittelun, käytettävyyden sekä käyttöönottoaikataulun.

Digiradan tulevaisuuden kokonaisarkkitehtuuria muodostettaessa on tärkeää ottaa huomioon myös käyttöönoton jälkeinen aika ja tulevaisuudessa tapahtuvat järjestelmän ja sen osien uusimiset. Jotta järjestelmästä saadaan mahdollisimman tulevaisuuden kestävä, nähdään modulaarisen ja standardoituja rajapintoja hyödyntävän arkkitehtuurin olevan tavoiteltavaa. Standardien tuoma hyöty saavutetaan kuitenkin vasta, kun ne ovat riittävän laajasti käytössä ja tuettuja rautatieliikenteen operaattorien sekä teollisuuden kesken.

Tulevaisuuden rautatieliikenteeseen standardoitua modulaarisuutta tuomaan on alan toimijoiden yhteiskehityshankkeessa kehitteillä RCA- viitearkkitehtuuri (Reference CCS architecture). Yksiselitteiset standardirajapinnat ja modulaarinen rakenne mahdollistavat komponenttien teknisen evoluution siten, että kokonaisjärjestelmä säilyy eheänä ja hyväksyntämenetelmät yksinkertaisempina.

**Kuvio 2.** Turvalaite/ETCS -järjestelmän hierarkia



**E** Ratalaite (akselinlaskija, vaihde..jne)

Suomeen Digiradan valmisteluvaiheessa suunnitellussa ERTMS-ratkaisussa on yksi varmennettu kauko-ohjausjärjestelmä (CTC). Yhden järjestelmän etuna on se, että ohjausaluiden välille ei muodostu ohjausjärjestelmäteknisiä rajoja ja liikenteenohjauksen näkömää ja toiminnot ovat yhteneväiset.

Asetinlaitteita sekä radiosuojastuskeskuksia (RBC) Suomen ERTMS-ratkaisun ohjaamiseksi on arvioitu tarvittavan noin 20 kappaletta. Järjestelmähäiriöiden, varautumisen sekä muutos- ja ylläpitotöiden varalle asetinlaitteet varustetaan myös paikallisohtausmahdollisuudella (LOP). Yllä luetellut osat Suomen ERTMS-ratkaisussa voidaan keskittää 2–6 erilliseen laitetilään ja datakeskukseen. Varsinaisia ratalaite-elementtejä järjestelmässä ohjaavat objektin ohjaimet (OC), jotka sijaitsevat hallittavien ratalaitteiden lähetyvillä. Iso maantieteellinen etäisyys turvalaitejärjestelmästä luo vaatimuksen luotettavasta sekä riittävän käyttövarmuuden omaavasta tietoliikennetähtästä.

### 3.1.7 Radioverkko

Digirata-hankkeen aikana on linjattu, että Suomessa tavoitellaan modernia radiopohjaista ETCS-toteutusta. Tähän asti Suomessa junien kulunvalvontaan ei ole käytetty radiotietoliikennettä, joten tässä vaiheessa arviot tietoliikenteen käytettävyydestä ja soveltuvuudesta junien kulunvalvontaan on tehty ilman kotimaisia käyttökokemuspohjaisia tietoja.

Rautatieliikenteessä tavoitellaan kapasiteetin kasvua, mistä seuraa, että tietoliikenteen pitää välittää enemmän dataa maantieteellistä aluetta (tukiaseman solu) kohti junien määrän kasvaessa. Myös kaupallisten mobiiliverkkojen tiedonvälityskyky on kasvanut 2G/GSM:n piirikytkentäisen 9,6 kbps tiedonsiirtokapasiteetista 4G- ja 5G-teknologioiden ja uusien taajuusalueiden käyttöönoton myötä taajamissa jopa satoihin megabitteihin sekunnissa. Samalla on myös mobiiliverkon käyttäjien tiedonsiirron tarve kasvanut merkittävästi ja rautatieviestinnän junakohtaisen tiedonsiirtotarpeen ennustetaan myös kasvavan tulevaisuudessa. Harvaan asutuilla alueilla on haasteita saada riittäviä laajakaistapalveluita suurelle tilapäisesti alueella olevalle käyttäjäjoukolle, kuten esim. henkilöjuna tai suuri yleisötapahtuma, ilman uusien tukiasemapaikkojen rakentamista (Viestintäverkkojen kustannus selvitys 13.11.2020).

Rautatieliikenteessä tähän asti radioverkkona on Euroopassa käytetty GSM-R-verkkoa, joka on toisen GSM-sukupolven jo ikääntynyttä tekniikkaa. GSM-R tullaan korvaamaan vuoden 2025 jälkeen todennäköisesti NR- eli 5G-standardeihin perustuvalla, FRMCS-määrittelyjen mukaisella tekniikalla. Tällä hetkellä arvioidaan, että GSM-R -verkkojen korvaaminen FRMCS-tekniikkaan pohjautuvalla järjestelmällä vie Euroopassa noin 10 vuotta. Uutena mahdollisuutena ovat tulevaisuudessa käyttöön otettavat ns. Low-Orbit-satelliittitietoliikenneverkot, jotka määrittelyjensä perusteella vaikuttavat lupaavilta. Kun uudet radiojärjestelmät on otettu käyttöön, yhteysnopeudet ja -varmuus paranevat merkittävästi. Satelliittitietoliikenneverkko on riippumaton mahdollisista maan päällä olevan palvelun häiriöistä eli täten se soveltuu hyvin varmistavaksi tietoliikennejärjestelmäksi.

Digiradan tavoitteena on, että ERTMS-tietoliikennettä varten ei Suomessa tarvitse rakentaa erillistä radioverkkoa FRMCS:n määrittelemille rautatietoimintaan osoitetuille taajuusalueille. Mm. ERA:n julkaisu ERA 2017 31 OP sisältää tavoitteen käyttää useampia eri radioverkkoja tiedonsiirtoväylänä.

Koska FRMCS:n standardointityö jatkuu pitkälle Digiradan kehitys- ja verifiointijakson aikana, eikä vuonna 2022 ja 2025 julkaistaviksi suunniteltujen standardien sisältö ole vielä selvillä, niin standardointityöhön vaikuttamien ja seuranta on erittäin tärkeää. Samalla on selvitettävä kaupallisten matkaviestinverkkojen peittoa, laatua ja etenkin 5G-teknologian käytön laajenemista Suomessa.

Jos kuitenkin päädyttäisiin tietoliikenneverkkona käyttämään erillistä FRMCS-radioverkkoa koko liikennöidyn rataverkon alueella, kustannuksia tulisi merkittävästi enemmän kuin tilanteessa, jossa voidaan tukeutua käytettävissä olevien matkaviestinoperaattoreiden palveluihin, ilman rautatieviestintää varten tehtäviä merkittäviä investointeja operaattorin radioverkkoon. FRMCS:n määrittelemien rautatietaajuuksien käyttöön liittyy myös tukiasemien ja päätelaitteiden saatavuus- ja/tai aikatauluriskejä, johtuen niiden pienistä laitemääristä verrattuna kaupallisiin matkaviestinverkkoihin. On kuitenkin mahdollista, että joillakin maantieteellisesti rajatuilla alueilla voidaan joutua käyttämään erillistä rautateille dedikoitua radioverkkoratkaisua.

Suomessa liikenne- ja viestintäministeriön johdolla on valmisteltu rautatieliikenteen tietoliikenteen taajuuksien käyttösuunnitelmaan liittyen niin sanottu *White paper*, jossa painotetaan, että Suomen kansallinen tahtotila on, että regulaatio mahdollistaa FRMCS-toteutuksessa useiden eri taajuusalueiden käytön junaliikenteelle varattujen taajuuksien ohella myös kaupallisten operaattoreiden verkoissa. Tämän tavoitteen toteutumista ei vielä tiedetä, sillä liikkuvan kaluston radiolaitteiden referenssiarkkitehtuuria (TOBA) ollaan vasta määrittelemässä sekä mitä muita taajuusalueita ja teknologioita sen mahdollisesti tulee tukea. Jos kaupalliset radiotaajuudet eivät ole osana FRMCS-ratkaisua, voi taajuuksien käyttäminen vaatia oman radiomoduulin kehittämistä.

Kun käytetään jaettuja radioverkkoja, vakavasti harkittava ratkaisu on tukeutua tulevaan laajakaistaiseen viranomaisten mobiiliradioverkkoon. Suomessa turvallisuusviranomaisille ollaan toteuttamassa laajakaistaisia yhteyksiä tarjoavaa ns. Virve 2.0 -radioverkkoa. Sen kuuluvuusalueita ja tukiasemien sähkönsyötön varmennusta tullaan parantamaan sekä tarjoamaan etuoikeutettujen tilaajien priorisointi ja mahdollisuus kansalliseen verkkovie-railuun. VIRVE 2.0:ssa tietoturva on tavallisen kuluttajan liittymää parempi, sillä esimerkiksi liikenne salataan eri tavalla kuin tavallisten kuluttajien liikenne. Lisäksi Suomessa tietoliikennettä hallitaan lainsäädäntömme puitteissa.

Tällä hetkellä junaan asennettavaa radiolaitteistoa suunnitellaan Telecom On-Board Architecture (TOBA) -työryhmässä. GSM-R toteutuksissa ERA on julkaissut radiomodeemin käytön määrittelyt subset -137:ssä. Vastaava FRMCS-järjestelmän junaradiota määrittelevä julkaisu tullaan tekemään lähivuosina. TOBA-määrittelyn tavoitteena on käyttömahdollisuus FRMCS-palveluihin useampien eri radioverkkojen kautta. Paitsi pelkkä radioverkko-yhteyden aktivointi, TOBA-määrittelyjen mukainen reititin tulee sisältämään monipuolisen toiminnallisuuskokonaisuuden.

Nähtäväksi jää, kuinka jouheva ja huomaamaton toiminnallisuus radioverkkojen vaihtoon saadaan toteutettua TOBA-määrittelyjen mukaiseen reitittimeen. Useimpien maiden intressi huomaamattoman verkon vaihdon varmistamiseen on pieni, koska enemmistö ajasta toimitaan oman taajuusalueen verkossa oman FRMCS-radioverkon kautta.

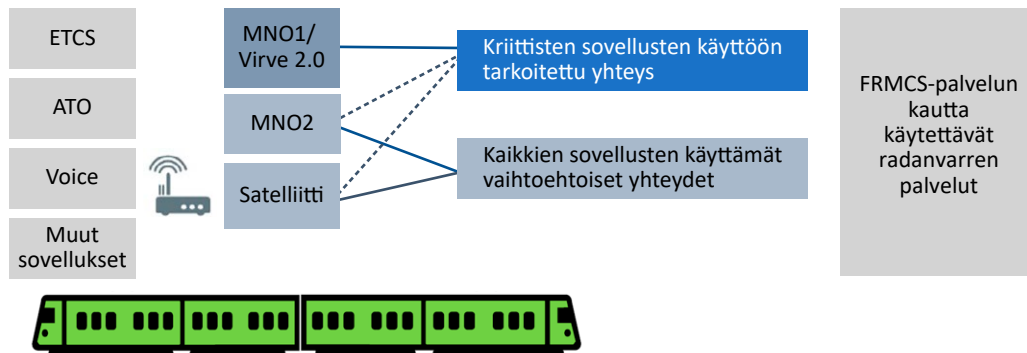


Satelliittitietoliikenne saattaa integroitua osaksi 5G-radiomodulia, jolloin verkon vaihto on osa radiomoduulin kyvykkyyttä.

Koska FRMCS- ja TOBA-määrittelyt ovat vielä kesken, KoKoHa-hankkeessa käytetään aikataulusyistä väliaikaista erityisratkaisua liikkuvan kaluston radioksi ja kaupallisia 4G-radioverkkoja tiedonsiirtoon. Määrittelyn aikatauluhaasteista huolimatta mahdollisimman pitkälle kehitettyjen radiolaitteiden saatavuus Digiradan laboratorio- ja testiratakäyttöön on varmistettava koko kehitys- ja verifiointivaiheen ajan. FRMCS-määrittelyjen mukaisten laitteiden saatavuutta markkinoilta on seurattava, sillä myöhemmin Digiradan pilottivaiheessa niitä on käytettävä.

Koska Suomessa on mahdollisuus tehdä ETCS- ja FRMCS-toteutuksia ensimmäisten joukossa, se voi luoda teollisuudelle vientimahdollisuuksia.

**Kuvio 3.** Periaatekuva junaan asennettavasta reitittimestä (TOBA)



Suomessa on tehtävä päätös siitä, miten rautateiden FRMCS-määrittelyiden mukainen radioverkko toteutetaan. Edellytykset tähän arvioidaan tällä hetkellä olevan vuoden 2022 lopussa, kun mm. seuraavista asioista on riittävästi tietoa:

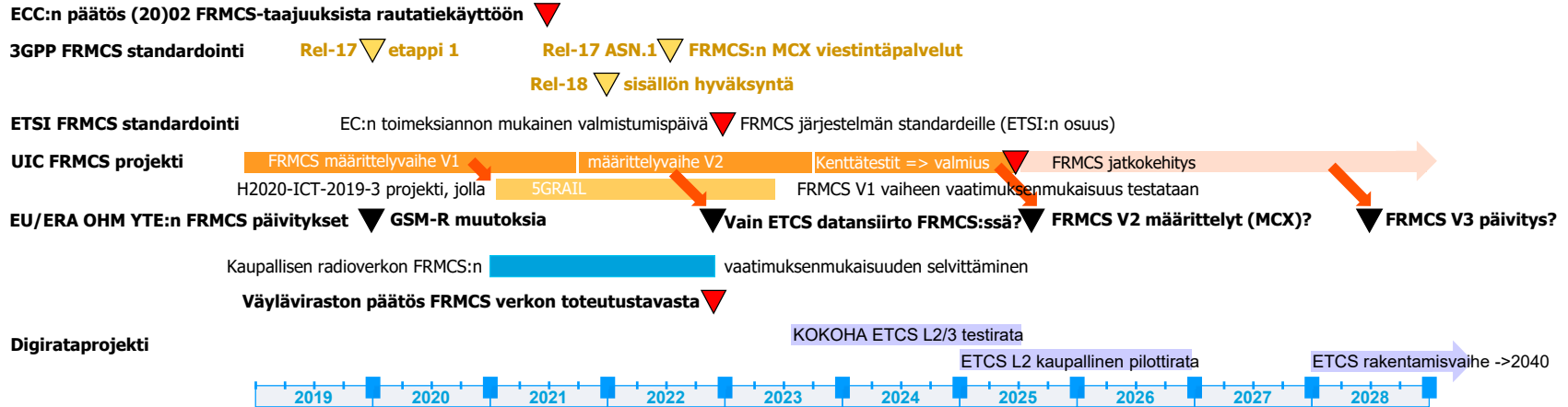
- OHM YTE:n FRMCS-määrittelyistä
- TOBA-määrittelystä ja sen sisältämästä myös kaupallisten mobiiliverkkojen taajuusalueiden ja teknologioiden vaatimuksista liikkuvan kaluston radiolaitteille (tavoite).
- Kaupallisten matkaviestinverkkojen, mukaan lukien satelliittiverkot, soveltuvuudesta ja palvelutasosta, joka on tilastollisesti riittävällä luotettavuustasolla todennettu ja sopimuksellisesti varmistettu.
- Rautateiden puheviestinnän käytössä olevan TETRA-Virven käytön päättymisen aikataulusta.

Edellä mainittujen seikkojen vuoksi Suomessakin on tässä vaiheessa varauduttava toteuttamaan rautateiden erillinen radioverkko FRMCS:n määrittelemille rautatietoi-  
ntaan osoitetuille taajuusalueille, joko vain alueellisena tai koko liikennöidyn rataverkon  
kattavana.

Valmisteluvaiheessa on tehty selvitys 900 MHz -erikoistaajuusalueella toimivan FRMCS/5G  
radioverkon kustannusarviosta. Se perustuu kapeakaistaisten perusviestintäpalveluiden  
tarjoamiseen, kuten puheviestintä, ETCS-data, ATO GoA2 ja muu data, joiden keskimää-  
räinen tiedonsiirtokapasiteetti on noin 0,1 Mbit/s junaa kohti. Selvitys perustuu radiover-  
kon suunnittelutyökalun avulla osalle rataverkkoa tehtyyn nominaalisuunnitelmaan, jonka  
lähtökohtana on ollut radioverkon tukiasemien päällekkäinen kuuluvuusalue. Sen ansiosta  
yksittäisten tukiasemien vikaantumiset eivät vaikuta viestintäpalveluihin ja päällekkäis-  
kuuluvuus lisää huomattavasti tiedonsiirron kapasiteettia normaalitilanteessa. Suunnitel-  
man perusteella on arvioitu koko rataverkolle tarvittavien tukiasemien lukumäärä ja siihen  
perustuva radioverkon kustannusarvio.

Selvityksen tulosten perusteella FRMCS 900-verkon tukiasemien määräksi 5 650 kilomet-  
rin matkalle liikennöityä rataverkkoa on arvioitu noin 450. Kustannuksien arvioinnissa on  
hyödynnetty osin GSM-R-verkon toteutuneita kustannuksia, sillä FRMCS-verkon kustan-  
nuksista ei ole tietoja käytettävissä. Investointikustannukset ovat noin 50 M€ ja vuotuiset  
käyttökulut noin 15 M€. Radioverkon kapasiteettimitoituksesta johtuen tukiasemavälit  
ovat samaa suuruusluokkaa, kuin GSM-R:ssä käytetyt, joten uusien tukiasemapaikkojen ra-  
kentamiseen ei oleteta olevan juurikaan tarvetta.

Kuvio 4. FRMCS -määrittelyyn ja standardointiin liittyvä tavoiteaikataulu



## 3.2 ERTMS määrittely-työryhmä

### 3.2.1 Operatiivinen konsepti

Operatiivisessa konseptissa (Operational Concept) kuvataan tulevan rautatieliikenteen visio, eli millaisiin toimintatapoihin ja pääprosesseihin rautatieliikenteen halutaan ETCS-järjestelmän käyttöönoton myötä perustuvan. Operatiivinen konsepti kytkee operatiivisen toiminnan ja sen pääprosessit tekniseen toiminnallisuuteen. Konseptin lähtökohtana on kuvata ETCS-järjestelmän toimintatavat käyttäjälähtöisesti, mikä vähentää riskiä sille, että järjestelmän toiminnallisuus ei vastaisi junaliikenteen liikennöitsijöiden tarpeita. Operatiivinen konsepti kuvailee myös liikennöitsijöiden liiketoiminnallisia toimintatapoja ja siten työ tukee myös ETCS-järjestelmän mahdollisten tuotannollisten hyötyjen saavuttamista.

Operatiivisen konseptin laatimisella varmistetaan, että rautatieliikenteen liiketoiminnalliset tarpeet tulevat kuvatuiksi ja määritellyiksi. Työssä tunnistetaan eri käyttäjien roolit, heidän vuorovaikutuksensa rautatieliikenteen järjestelmän eri osa-alueiden ja ETCS-järjestelmän kanssa ja mitä työvälineitä eri käyttäjät käyttävät. Työn myötä järjestelmään kohdistuvia vaatimuksia on mahdollista tarkentaa, jo tehtyjen vaatimusmäärittelyiden riittävydestä voidaan varmistua sekä toimintatapojen ja prosessien mahdolliset muutostarpeet voidaan tunnistaa.

Operatiivisen konseptin perusteella voidaan varmistua, että jo alkanut käyttötapausten ja käyttösääntöjen määrittely kattaa kaikki uutta järjestelmää käytettäessä ilmenevät operatiiviset tilanteet. Operatiivinen konsepti luo riittävän pohjan käyttötapausten ja käyttösääntöjen viimeistelylle kuvaamalla mitä rautatieliikenteessä tapahtuu. Käyttötapaukset (use cases) ilmenevät kuvatuissa tilanteissa, syntyen tiettyjen lähtökohtien ja tietyn asiayhteyden seurauksena. Käyttösäännöt (Operational Rules) kuvaavat toimintatapoja täydentämällä järjestelmän toimintaa niin, että rautatiejärjestelmäkokonaisuus voi toimia turvallisesti. Käyttösääntöjä tarvitaan tilanteisiin, joita ETCS-järjestelmä ei kata.

Eri työkokonaisuuksien eroa voidaan kuvailla esimerkiksi vaihtotyön osalta seuraavasti:

- Operatiivinen konsepti esimerkiksi kertoo, mitä vaihtotyötilanteessa tapahtuu, mitä rooleja tilanteessa on ja mitä työvälineitä käytetään.
- Käyttötilanne kuvailee tilanteen, jossa vaihtotyötä varten on perustettava väliaikainen vaihtotyöalue.
- Käyttösäännöt määrittävät, miten ja mihin tietoihin perustuen väliaikainen vaihtotyöalue perustetaan.

Operatiivisen konseptin pääasiallisena lähtökohtana toimivat Suomen rautatieliikenteen nykyiset toimintamallit ja käyttösäännöt. Näitä täydennetään työssä muotoilemalla toimintamallit sopimaan tulevaan ETCS-järjestelmään. Konseptin lähtöoletuksena on, että

toimintamallit kuvataan aluksi ETCS-järjestelmän tasolla 2. Työhön kootaan rautatieliikenteen toimintojen tulevaisuuskuva, jossa järjestelmä on kokonaisuudessaan käytössä.

Jatkossa hyödynnetään Digirata-hankkeessa jo tunnistettuja ETCS-järjestelmän käyttötapauksia, käytösääntöjä ja ratateknisiä ohjeita (RATO22). Työryhmä perehtyi myös tanskalaiseen esimerkkiin Operational Concept -dokumentista, joka on laadittu kuvaamaan miten ETCS-järjestelmä muuttaa toimintamalleja Banedanmarkin F-bane -rataosuudella.

Operatiivisen konseptin rakenne pohjautuu "A Day in a Life of..." -työmenetelmään, jossa toimintamalli kuvataan pilkkomalla muun muassa junan, liikenneohjaajan ja vaihtotyönjohtajan päivän toiminnot osiin. Osat jaotellaan vielä yksityiskohtaisemmin tuokioihin, joissa tapahtuvat asiat kuvataan työn kannalta riittävän yksityiskohtaisesti. Kustakin tuokiosta tunnistetaan siihen liittyvät roolit, lähtökohdat (informaatio), mahdolliset työvälineet, tehtävät ja sijainti.

Pääasiallisina työmenetelminä toimivat työpöytätyö ja haastattelut. Työpöytätyön tarkoituksena on koota työhön jo tuotetusta kirjallisesta materiaalista relevantti sisältö. Nykyisiä toimintamalleja ja prosesseja kartoitetaan haastattelemalla liikennöitsijöitä, Fintrafficin asiantuntijoita ja Digirata-hankkeen asiantuntijoita. Merkittävä osa operatiivista toimintaa koskevista haastatteluista voidaan tehdä Operational Concept and Rules -työssä, johon osallistujilla on työkokemusta sekä junaliikennöinnistä että liikenteenohjauksesta. Dokumentaatio laaditaan englannin kielellä, jotta se on sellaisenaan hyödynnettävissä esimerkiksi kansainvälisten ETCS-laitetoimittajien kanssa tehtävässä yhteistyössä.

Operatiivisen konseptin työprosessia on kehitetty 2020/2021 vuodenvaihteessa ja kirjoitustyö on aloitettu helmikuussa 2021. Työstä on saatu valmiiksi seuraavien kuvauksien runko:

- A Day in a Life of Train ("Junan päivä")
- A Day in A Life of Signaler ("Liikenneohjaajan päivä")

Runkoja täydennettiin haastatteluiden perusteella niin, että se kuvaa keskeisimmiltä sisällöiltään operatiivista toimintaa Suomen rautateillä. Samana aikana kuvaus on myös vertailtu ristiin käyttötapauksien ja käytösääntöjen kanssa niin, että viittaukset kuvauksen, käyttötapauksien ja käytösääntöjen välille on muodostettu. Mahdolliset tunnistetut tarpeet uusille käyttötapauksille ja -säännöille on määritetty työryhmälle.

Kun jo valmistellut kuvaukset on saatu sisällöllisesti riittävän yksityiskohtaiseksi ja ymmärrys työryhmässä halutusta laajuudesta on saavutettu, voidaan päättää mille osa-alueille kuvaukset laajennetaan ja millä aikataululla kuvaukset laaditaan.

### 3.2.2 Käytösäännöt

Käytösäännöt ovat keskeinen työkalu varmistamaan yhteneväiset toimintatavat eri liikennöintitilanteissa osapuolien välillä. Euroopan komissio onkin sisällyttänyt käyttötoimintaa ja liikenteenhallintaa käsittelevään yhteentoimivuuden tekniseen eritelämään (OPE YTE) keskeisiä yhteisiä periaatteita, joita on noudatettava koko EU:ssa. OPE YTE:en on laadittu lisäys A käsittelemään erityisesti harmonisoituja ETCS-järjestelmän käytösääntöjä. ETCS-käytösäännöt keskittyvät erityisesti varmistamaan yhteiset toimintatavat tilanteisiin, joissa vaaditaan käyttäjien vuorovaikutusta ETCS-järjestelmän kanssa.

ETCS-käytösääntöjen kehitystyö aloitettiin kartoittamalla Suomeen jo laaditut käytösäännöiksi luettavat dokumentit, joita voitaisiin hyödyntää myöhemmin pohjatietona. Käytösääntöihin liittyviä dokumentteja ovat esimerkiksi Junaliikenteen ja vaihtotyön turvallisuussäännöt (Jt) sekä Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). Lisäksi selvitettiin ja dokumentoitiin ETCS-käytösääntöihin vaikuttava eurooppalainen ja kansallinen säädöskehikko. ETCS-käytösäännöiltä vaaditun kattavuuden arviointia varten muodostettiin myös luettelo käyttötilanteista, joihin ETCS-järjestelmä saattaa olla osallisena tulevaisuudessa. Luettelon muodostamiseen hyödynnettiin BaneNOR:lta saatua käyttötilanteiden luetteloa sekä työryhmätyöskentelyä huomioimaan Suomen rataverkon ja operointiympäristön erityispiirteet. Säädöskehikon asettamista vaatimuksista ja rataverkolla eteen tulevista käyttötilanteista kyettiin muodostamaan ETCS-käytösääntöjen sisältövaatimukset.

Keskeisimpinä tuloksina ja huomioina taustatietojen ja vaatimusten keräysvaiheesta dokumentoitiin seuraavaa:

- Muodostettiin luettelo käyttötilanteista, joihin tulee olla toimintatapa mietittynä siirryttäessä ETCS-järjestelmään.
- Laadittiin arvio käytösääntöjen nykytilasta.

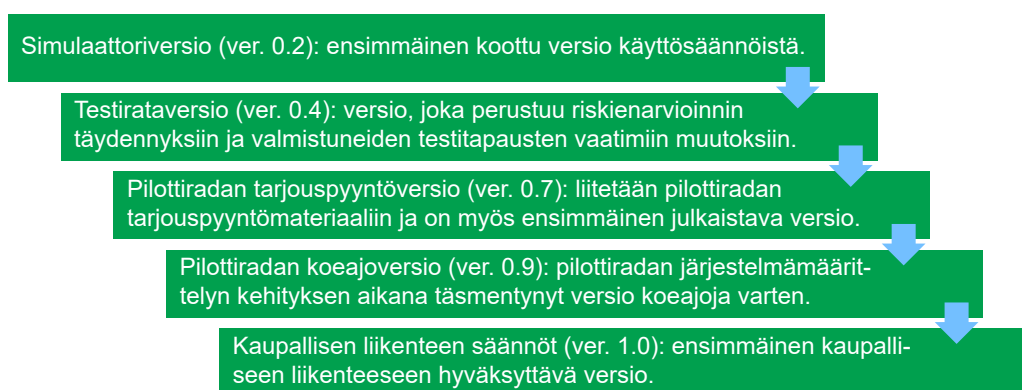
Edellä mainitun dokumentoinnin ohella tehtiin seuraavat havainnot:

- OPE YTE lisäys A sisältää kattavat sääntöpohjat normaaliin liikennöintiin. Suuri osa normaalin liikennöinnin prosesseista voidaan soveltaa suhteellisen pienillä muutoksilla ETCS-järjestelmään.
- Tason 2 ETCS-järjestelmä tulee muuttamaan vaihtotöiden prosesseja merkittävästi.
- Järjestelmän muuttuessa myös toiminta vajaatoimintatilanteissa tulee muuttumaan merkittävästi.

Taustamateriaalin koostamisen jälkeen ETCS-käytösääntöjen laadinnan työmäärää ja vaativuutta arvioitiin vertaamalla käytösääntöjen sisältövaatimuksia OPE YTE lisäys A:han ja olemassa olevaan hyödynnettävään materiaaliin. Vertailun jälkeen kyettiin arvioimaan

karkeasti ETCS-käytösääntöjen laadintaan tarvittava työmäärä sekä muodostamaan prosessi käytösääntöjen laadintaa varten. Ehdotettu prosessi on iteratiivinen ja koostuu useista väliversioista, joista jokainen täsmentää lopputulosta.

**Kuvio 5.** Käytösääntöjen kehitysprosessi.



Käytösääntöjen sisällön ja sen laadinnan vaatiman kehitysprosessin muodostuttua aloitettiin ensimmäisen ETCS-käytösääntöversion laadinta. Työ aloitettiin laatimalla tunnistettujen käyttötilanteiden perusteella sisällysluettelo ja täydentämällä siihen OPE YTE lisäys A:n sisältämät harmonisoidut käytösäännöt sekä hyödynnettävissä oleva materiaali nykyisistä operointisäännöistä/-ohjeista.

ETCS-käytösääntöjen sisällysluetteloon muodostui dokumentoitavia käytösääntökohtia noin 300 kappaletta, sisältäen myös informatiiviset kohdat. OPE YTE lisäys A:n ja hyödynnettävissä olevan materiaalin täydentämisen jälkeen ETCS-käytösääntöjen rungossa on laajoja tyhjiä alueita, joiden täydentäminen edellyttää järjestelmämäärittelyn ja operointikonseptien täsmentymistä tai uusien toimintamallien kehittämistä.

### 3.2.3 RAT022

Osana Digiradan valmisteluvaiheen määrittelytyötä on laadittu alustava RATO22-julkaisu (Väyläviraston julkaisusarjan Ratatekniset ohjeet, osa 22), joka tulee toimimaan ETCS-järjestelmän ratateknisinä ohjeina. RATO22 tulee ohjaamaan järjestelmän suunnittelua ja testausta sekä tukemaan tulevaisuuden hankintoja. Pyrkimyksenä on muodostaa suunnitteluperusteiden pohja tulevaisuuden hankkeille ja tuottaa laadukas dokumentti, jonka avulla järjestelmän suunnittelu on sujuvaa ja sitä kautta järjestelmän implementointi on tehokasta ja turvallista.

RATO22:sta on tuotettu elokuusta 2020 lähtien, jonka aikana on edistetty useita eri aihekokonaisuuksia liittyen esimerkiksi ajolupaan, liikkeellelähtoon, ratalaitteiden sijoittamiseen, järjestelmän rajapintoihin, suunnitteluprosessiin sekä sanomien toiminnallisuuteen.

Aihekokonaisuuksia on edistetty Digiradan ja KoKoHa-hankkeen ETCS-testiradan rakentamissuunnitteluprojektin aikataulujen pohjalta muodostetulla priorisoinnilla, jossa esimerkiksi rajapintakuvaukset on pyritty viimeistelemään ennen KoKoHa-järjestelmän suunnittelua ja rakentamista. Aineistoa on laadittu selkeissä kokonaisuuksissa, jolloin työtä ohjaavia ja edistäviä työpajoja on voitu pitää tiettyjen teemojen, kuten kansallisten arvojen ympärillä, sekä valmistella esityksiä Digiradan laajempiin raportointipalaveriin asioiden läpikäymiseksi. RATO22:n kokonaisuuksia on käännetty työn tekemisen yhteydessä kahden viikon sprinteissä englanniksi, jonka avulla on mahdollistettu kansainvälisen kommentoinnin hyödyntäminen sekä muodostettu pohjaa englanninkieliselle ohjekokonaisuudelle. RATO22-työn aikana on edistetty kotimaisen osaamisen kasvua merkittävästi, sillä jokaisen teeman edistämiseen liittyy teknologian syvälinen osaaminen, sääntelyn ymmärtäminen sekä kansainvälisten kokemusten oikeanlainen hyödyntäminen.

## 3.3 Labra ja testirata-työryhmä

### 3.3.1 Simulaatio- ja testauskeskus

Valmisteluvaiheessa on selvitetty muiden maiden simulointikeskuksia. Tanskan ja Norjan ETCS-laboratorioiden kanssa on käyty läpi syvällisesti laboratorioiden arkkitehtuurimalleja. Näiden mallien kautta hahmotellaan Suomen laboratorion sopivaa kehityspolkua. KoKoHa-hankkeen option kautta alkaneessa Thales yhteistyössä määritellään ensi vaiheessa laboratorion arkkitehtuuria ETCS-laitteiston osalta ja käyttötarkoitusta peilataan kansainvälisten kokemusten, muista työryhmistä nousevan tarpeen, kompetenssin kasvattamisen ja Thalesin kokemuksen kautta. Thalesin muille asiakkaille toimittamiin laboratorioihin päästään tutustumaan järjestelmätoimittajan esitellessä virtuaalista laboratorioympäristöä Digiradan asiantuntijoille. Myöhemmässä vaiheessa järjestelmätoimittaja toimittaa fyysistä laitteistoa varsinaiseen laboratorioon. Laboratorio tullaan sijoittamaan ensi vaiheessa Kouvolan ratatekniseen oppimiskeskukseen. Laboratorioyöryhmän yhteydessä on aloitettu koostamaan myös testausuunnitelmaa, joka toimii testaustyön pohjana. Testaustyön valmistelua koordinoidaan pienryhmien välillä.

ETCS-laboratoriossa halutaan testata ETCS-järjestelmää simuloitussa ympäristössä niin pitkälle kuin mahdollista ja vähentää huomattavasti testausarvetta fyysisellä rataosuudella. Laboratorion tarkoitus on sujuvoittaa käyttöönottoa, koska komponentteja ja ohjelmistoa voidaan muokata laboratoriotestauksien perusteella. Samalla riski virheiden havaitsemisesta vasta käyttöönottovaiheessa pienenee huomattavasti.



KoKoHa-hankkeen ETCS-option työskentelyssä mukana olevat suomalaiset asiantuntijat pystyvät syventämään osaamistaan ja kasvattamaan kansallista kompetenssia turvaamaan roll-out vaiheen tekemistä.

### 3.3.2 ETCS -testirata

Suunnittelussa laaditaan radanvarren merkkien ja varusteiden asennukset sekä RBC-sanomien suunnittelu. Suunnittelutasoon kuuluvat:

- ETCS-junareitit
- Nopeus- ja kaltevuusprofiilit
- ETCS-radanvarusteiden suunnittelu
- ETCS-baliisi-ryhmäluettelo
- ETCS-merkintäluettelo

Kahta Stadler FLIRT-junayksikköä (Sm5) ETCS-varusteltuina on suunniteltu käytettäväksi koeajoihin KoKoHa-testiradalla. Junayksiköt omistaa Pääkaupunkiseudun Junakalusto Oy.

Seuraavat laitteet on tarkoitus asentaa junayksiköihin testausta varten:

- ETCS (B3 R2)
- JRU
- STM
- ATO
- FRMCS

Laittevarustelu täsmentyy investoinnin suunnittelun yhteydessä. Tuleva laitteisto on tarkoitettu vain testikäyttöön. Testilaitteisto puretaan pois testien päätyttyä. Junayksiköiden turvallisuus kaupallisessa käytössä varmistetaan olemassa olevalla luokan B järjestelmällä (JKV), joka pysyy koskemattomana.

Testiradan testisuunnittelu on käynnissä ja testisuunnitelman perustana tutkitaan huolellisesti erilaisia kansallisia lähestymistapoja ja toteutetaan soveltuvia testitapauksia. Testisuunnittelu liittyy läheisesti rakennussuunnittelun etenemiseen sekä RATO 22:een. Testitapaukset koostuvat tällä hetkellä enimmäkseen kansallisista suunnitteluohjeista, sekä radan kapasiteettiin ja jarrutukseen liittyvistä testeistä. Tavoitteena on suunnitella Haminaan pienennetyssä mittakaavassa toimiva versio Helsingin asemasta ja vastaavat Helsingin toimintaan liittyvät testit keskitetään sinne. Muita toiminnallisia ja radiotiehen liittyviä Suomen ERTMS-ratkaisun testejä suoritetaan Kouvola-Juurikorpi välillä. Testejä tehdään myös Thalesin toimittamassa laboratorioympäristössä.

## 3.4 JKV-työryhmä

Junien kulunvalvontajärjestelmän (JKV) elinkaaren varmistamisen selvittäminen on tärkeä asia myös Digiradan kannalta. On tärkeää tunnistaa menettelyt, joilla JKV pysyy toiminnallisena Digiradan käyttöönoton loppuun saakka (2040 vuoteen). JKV:n elinkaaren varmistamisesta on laadittu erillinen selvityskokonaisuus, jossa on tutkittu sekä ratainfra että liikkuvan kaluston osalta asiaa. Selvityksen lopputulemana on, että JKV:n elinkaareen liittyvät riskit ovat täysin hallittavissa tietyin täsmätoimin. Selvityksessä todetaan myös, että merkittävien riskien toteutuminen on erittäin epätodennäköistä. Esimerkiksi baliisien ja koodaimien saatavuuden osalta voidaan todeta, että varastomateriaalia on syntymässä merkittävästi käynnissä olevien hankkeiden purkautuvasta materiaalista sekä laitetoimittajan juuri markkinoille tuomat uudet laitteet, joiden elinkaaren ennakoivaan olevan vähintään 25 vuotta.

JKV-laitetoimittajan fuusioituminen toisen laitetoimittajan kanssa saattaa tulevaisuudessa vaikuttaa varaosien saatavuuteen. Tästä saatu vakuutteluja, että ei vaikutusta JKV:aan, mutta aina voi tulla yllättäviä muutoksia. Selvityksen kannalta oleelliset JKV-ratalaitteet ja eri valmistajien laitteiden yhteensopivuudet on esitelty tässä:

### **Koodain:**

Tällä hetkellä on käytössä kolmen tyyppisiä koodaimia: VRK-koodain, ATSS-korttikoodain ja LEU2000-koodain. VRK-koodain voidaan korvata LEU2000-koodaimella ja myös toisinpäin siten, että LEU2000-koodain voidaan korvata VRK-koodaimella. ATSS-koodain voidaan korvata sekä VRK-koodaimella että LEU2000-koodaimella. LEU-koodaimet ovat näistä uusimpia ja niitä on edelleen saatavilla. LEU2000-koodaimen saatavuuden on arvioitu ulottuvan minimissään vuoteen 2035 asti.

### **Baliisi:**

Baliiseja on tällä hetkellä käytössä kahden mallisia: Hitachi-baliisi eli ns. harmaa baliisi ja Bombardier-baliisi eli ns. keltainen baliisi. Baliisit ovat keskenään yhteensopivia eli niitä voidaan tarvittaessa vaihdella ristiin. Kunnossapidollisista syistä koko rataosa on pyritty varustamaan samoilla baliiseilla. Nykyisin käytössä olevia baliiseja on nykytiedon valossa saatavilla vuoden 2026 loppuun saakka. Näiden kahden käytössä olevan lisäksi on kehitteillä Smart-baliisi, joka on yhteensopiva myös ETCS-tason 2 laitteisiin. Smart-baliisi on laitetoimittajan mukaan tulossa markkinoille vuonna 2021 ja on arvioitu, että sen saatavuus ulottuisi 2040-luvulle asti.

### **Silmukkatietokone:**

Silmukkatietokonetta eli keskitettyä JKV-ohjausjärjestelmää käytetään joko suoraan tietokoneasetinlaitteen ohjaamana tai releryhmäasetinlaitteiden tapauksessa Koppelrechner-liityntätietokoneen ohjaamana. Nykyisin käytössä olevalle

Ebiloop-silmukkatietokoneelle on Bombardierillä kehitteillä uusi versio, joka on tällä hetkellä testausvaiheessa. Saatavuus pitäisi näin ollen olla riittävä JKV-järjestelmän elinkaaren loppuun saakka.

**Liityntätietokone:**

Edellisessä kohdassa mainittuja Koppelrechner-liityntätietokoneille ei ole korvaavia laitteita. Siemensin valmistamia Koppelrechner-liityntätietokoneita on kuitenkin toistaiseksi saatavissa.

**Silmukkamateriaali:**

Silmukkatietokoneissa käytettäviä silmukkamateriaaleja eli Kc/Oc-kehikoita ei ole saatavilla uutena. Materiaalia kuitenkin vapautuu uudelleen käytettäväksi meneillään olevasta projektista. Rikkoutuneet kehikot ovat myös yleensä korjattavissa helposti ohjauskorttia vaihtamalla. Ohjauskorttien saatavuus on hyvä.

**Baliisiohjelmointilaitteet:**

Alkuperäisiä ohjelmointilaitteita ei ole saatavilla, mutta uudempia korvaavia ohjelmointilaitteita on, joten ohjelmointilaitteiden saatavuuden ei pitäisi muodostua kynnyskysymykseksi. Vanhimmat käytössä olevat ohjelmointilaitteet ovat vuodelta 1993 ja toimivat edelleen.

**Asetinlaitteeseen integroitu JKV-ohjaus:**

Asetinlaitteeseen integroitu JKV-ohjaus on käytössä ainoastaan yhdellä rataosalla. Varaosien saatavuudesta ei ole tietoa.

### 3.4.1 Tulevaisuuden arviointi

JKV-ratalaitteiden vikatilastoja on seurattu vuosien ajan varaosamäärien tarpeen kartoittamisen ja JKV-järjestelmän toiminnan varmistamiseksi. Laitteiston ikääntymisen ei ole tähän mennessä havaittu vaikuttavan laitteiden rikkoutumisten määriin. Vanhimmat ratalaitteet ovat olleet käytössä jopa 25 vuotta. Kc- ja Oc-kehikkojen lisäksi hankkeissa purettavasta JKV-materiaalista vapautuu vuoden 2022 aikana Kc-kehikoita 300 kappaletta ja Oc-kehikoita 300 kappaletta. Arvio on, että saatava määrä on riittävä kunnossapidon tarpeisiin JKV:n elinkaaren loppuajaksi.

Materiaalien kierrätys on ajateltu tapahtuvan siten, että vapautuva materiaali siirretään JKV-materiaalien varastoon. Varastosta uudelleenkäytettävät materiaalit siirtyvät kunnossapidon käytettäväksi tavalliseen tapaan. Kierrätys täytyy kuitenkin järjestää tapaus kerrallaan, koska mitään automaattista järjestelmää radasta poistettavien baliisien kierrättämiseksi uudelleen käyttöön ei ole. Baliisien varastotilanteen ja vikaantumistaajuuden

kehittymisen lisäksi on seurattava baliisien saatavuuden kehittymistä. Baliisien toimittajia on rajallinen määrä ja yritysten strategiat voivat muuttua nopeastikin järjestelmän ylläpitämisen kannalta epäsuotuisaan suuntaan. Yhteyttä ja keskustelua laitetoimittajien suuntaan on syytä pitää yllä, jotta tieto tilanteen mahdollisesta muuttumisesta tulisi mahdollisimman nopeasti ja niihin olisi mahdollista reagoida mahdollisimman pian.

Syksyllä 2019 julkaistussa junien kulunvalvontajärjestelmän ratalaitteiden elinkaariselvityksessä on arvioitu vuosittaisen baliisitarpeen olevan nykyisessä tilanteessa noin 350 kappaletta.

Radasta poistettavien materiaalien uudelleenkäytettävyydeksi on arvioitu noin 80 %, joka on Riihimäki-Tampere-turvalaitehankkeella toteutunut arvo käytöstä poistetun materiaalin uudelleenkäyttökelpoisuudesta. Radasta poistettavien baliisien määrä siirtyy seuraavan vuoden varastotilanteeseen uudelleenkäytettävyyškertoimella kerrottuna. Edellä mainituilla parametreilla varastotilanne käy pienimmillään vuoden 2029 lopussa, mutta saman vuoden lopussa Digiradan etenemissuunnitelman mukainen toinen vaihe valmistuu ja radasta vapautuu merkittävä määrä materiaalia.

Vuoden 2029 lopussa varastossa olisi noin 1424 baliisia, mikä tarkoittaa, että tässä skenaariossa toteutuessaan JKV-järjestelmän elinkaaren loppuajankana ei tulisi enää tarvetta hankkia uusia baliiseja.

### 3.5 Roll Out -työryhmä

Digiradan valmisteluvaiheessa asetettiin Roll out -työryhmä vastaamaan kahteen tavoitteeseen:

1. Selvitysvaiheen etenemissuunnitelman kriittinen arviointi ja päivittäminen uuden tiedon valossa. Osana tavoitetta työryhmä on tarkastellut mahdollisuuksia toimeenpanoaikataulun tiivistämiseen.
2. Suomen kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman (NIP) laatiminen päivitetyn etenemissuunnitelman mukaiseksi

Etenemissuunnitelman valmistelua ovat ohjanneet kyseisten periaatteiden lisäksi seuraavat linjaukset, joista on päätetty Digiradan selvitysvaiheessa:

- Etenemissuunnitelmassa säilytetään edellisen version kanssa yhtäläiset vaiheet (testirata-, pilottirata-, jäädytys- ja implementointivaihe).
- Roll out -työryhmä ei ota kantaa testiradan sijaintiin (Kouvola–Kotka/Hamina), sillä sen suunnittelu ja hankinta ovat suunnitteluhetkellä jo käynnissä.

Työryhmä on kiinnittänyt erityistä huomiota pilottiradan sijainnin valitsemiseen eri näkökulmista. Keskustelussa erityistä huomioita saivat kaluston varusteluun liittyvät kysymykset. Työryhmän tehtävänä on ollut koota perusteluja pilottiradan valitsemiseen. Etenemissuunnitelman toteuttamiseksi pilottiradan sijainnista on päätettävä viimeistään syksyllä 2021. Hankkeen kannalta on erityisen tärkeää saada aikaan ratkaisu, joka tukee parhaiten onnistumista toteutusvaiheessa.

Implementointivaiheen suunnittelun osalta työryhmä on käynyt keskusteluja siitä, minkälaiseen etenemissuunnitelmaan suunnittelussa pyritään. Keskusteluissa ei ole otettu kantaa eri tekijöiden painoarvoon.

- ETCS-järjestelmän implementoinnin odotetaan vaikuttavan ratakapasiteettiin nostavasti. Etenemissuunnitelman tulisi edetä mahdollisimman nopeasti niille alueille, joilla kapasiteetin nostolle on eniten tarvetta.
- ETCS-varustellulla rataosalla ei lähtökohtaisesti voi liikennöidä ETCS:llä varustelemattomalla kalustolla. Etenemissuunnitelman ensivaiheissa tulisi välttää niitä alueita, joilla liikennöi useita kalustosarjoja. Etenemissuunnitelman olisi arvokasta mahdollistaa kaluston varustelu tasaisena prosessina.
- Etenemissuunnitelman tulisi mahdollistaa myös se, ettei nykyistä, elinkaaren loppupäässä olevaa kalustoa, olisi tarvetta varustella ollenkaan, vaan se voi liikennöidä viimeisenä varusteltavilla alueilla mahdollisimman pitkään. Työryhmä on kutsunut kalustovarustelun vaikutusta etenemissuunnitelman laatimiseen ”kalusto edellä”-periaatteeksi.
- Etenemissuunnitelman pitäisi mahdollistaa kustannustehokkuus nykyisten järjestelmien ja turvalaitteiden osalta. Esimerkiksi tarpeet tehdä JKV-järjestelmään väliaikaisratkaisuja sen elinkaaren pidentämiseksi pyritään suunnitelmalla minimoimaan. ETCS-hankkeiden yhdistämistä eri rataosilla muihin toteutettaviin ratainvestointeihin tulee kuitenkin harkita tarkoin.
- Työryhmä on tunnistanut, että eri EU:n rahoitusmahdollisuuksilla on vaikutusta etenemissuunnitelman koostamiseen.
- Etenemissuunnitelman tulee kohdella eri liikennöitsijöitä tasapuolisesti.
- On realistista, että testi- ja pilottiradoista kerätyistä opeista huolimatta implementointivaiheen alussa ilmenee yllättäviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa esimerkiksi liikennepoikkeamia, viivästyksiä projektille, lisäinvestointitarpeita tai negatiivisia Digirata-hankkeen imago vaikutuksia. Tämän takia ensimmäiset etenemissuunnitelman vaiheet tulisi asettaa alueille, joissa täsmällisyyspoikkeamat eivät välittömästi heijastu koko rataverkolle.

Keskustelujen perusteella työryhmä on kerännyt lähtötietoja liikennemääriin ja ratakapasiteetin nykyiseen käyttöön, kalustovarustelusta saataviin tietoihin, muihin ratahankkeisiin sekä rahoitusmahdollisuuksiin.

Työryhmän päivitettyt tiedot ennustetuista liikennemääristä ovat perustuneet Väyläviraston valtakunnalliseen liikenne-ennusteeseen ja pääkaupunkiseudun osalta MAL-suunnitelmaan sekä Helsingin seudun liikenne-ennusteeseen. Työryhmän tiedot rataverkon nykyisestä kapasiteetin käytöstä ovat perustuneet Rataverkon välityskyvyn kokonaiskuva-selvitykseen.

Digiradan vaikutuksia järjestelmäarkkitehtuuriin ja edelleen etenemissuunnitelmaan on tarkasteltu yhteistyössä Arkkitehtuuri-työryhmän kanssa. Etenemissuunnitelman vaiheiden sijoittelun ja rajapintojen lähtökohtana on ohjausjärjestelmien uusiminen. Näin ollen nykyisten järjestelmien rajapinnat on tunnistettu, mutta ne eivät ole olleet ohjaavia tekijöitä etenemissuunnitelman rajapintojen määrittelyssä. Järjestelmäarkkitehtuurin näkemys tulevaisuuden järjestelmien rajapinnoista (turvalaitteet ja RBC) on yhteensovitettu Roll out -työryhmän tuottaman etenemissuunnitelman kanssa.

Lisäksi työryhmä on arvioinut sitä, voivatko EU-sääntelyt aiheuttaa riskin, jos kaluston varusteluun investoidaan laajasti jo alkuvaiheessa. Tämän on todettu olevan maltillinen riski siksi, että kalustovarustelu on muuttumassa modulaariseen suuntaan siten, että tiedon-siirto muodostaa itsenäisen kokonaisuuden (ETCS:stä erillinen osio). Tällöin yksittäinen päivitystarve ei vaadi koko kokonaisuuden muokkaamista. Lisäksi laitetoimittajat seuraavat tulevia päivityksiä tarkasti. Näiden päivitysten on arvioitu olevan tiedossa jo kauan ennen julkaisua eivätkä ne tule yllätyksenä. Seuraavat päivitykset julkaistaan vuonna 2022.

Etenemissuunnitelman vaiheiden alueellista jakoa on kuvattu Suomen rataverkon kartta-pohjaa käyttäen. Vaiheiden havainnollistaminen on toteutettu eri väreillä. Esitystapa on vastaava, kuin selvitysvaiheessa. Pilottirata esitetään etenemissuunnitelmassa vaiheena 1.

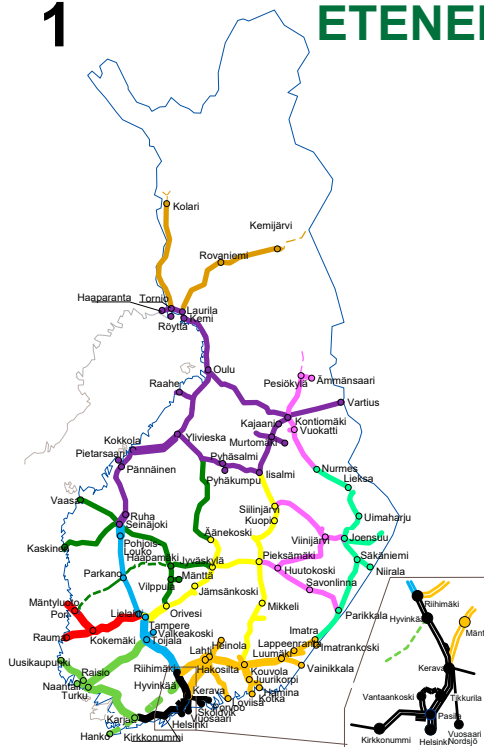
Kuvio 6. Digiradan valmisteluvaiheessa määritellyt etenemisvaihtoehdot.

1

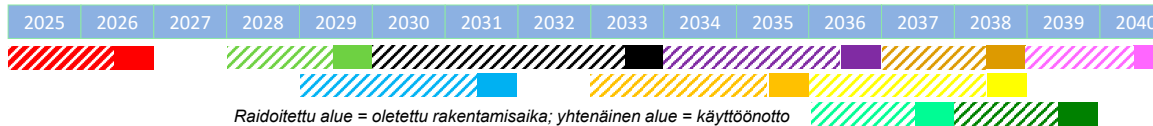
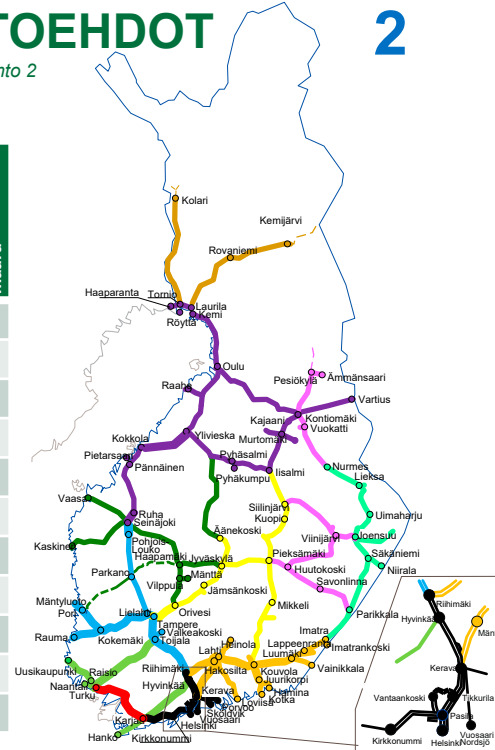
# ETENEMISSUUNNITELMAVAIHTOEHDOT

2

Rinnakkaisvertailukuva, mustalla vaihtoehto 1 ja sinisellä vaihtoehto 2 raidekilometri ja SEU tiedot



	Arvioitu rakentamisaika	Arvioitu käyttöönotto-vuosi	1. Raidekilometrien määrä (yksi raide)	2. Raidekilometrien määrä (yksi raide)	1. SEU-elementtien määrä	2. SEU-elementtien määrä
1	2025-2026	2026	191	117	366	238
2	2028-2029	2029	451	334	580	374
3	2029-2031	2031	302	493	1117	1483
4	2030-2033	2033	214	214	1418	1418
5	2033-2035	2035	544	544	1468	1468
6	2034-2036	2036	1091	1091	1533	1533
7	2036-2037	2037	453	453	384	384
8	2036-2038	2038	649	649	1229	1229
9	2037-2038	2038	376	376	194	194
10	2038-2039	2039	615	615	334	334
11	2039-2040	2040	574	574	305	305



Toteutusvaiheiden turvalaiteteknisen sisällön laajuutta havainnollistamaan on taulukkoon koottu tietona toteutusvaiheen raidekilometrit sekä nykyiseen turvalaitteiden laitekantaaan perustuva ohjattavien elementtien määrä (signal element units, SEU). Toteutusvaiheiden laajuutta on pyritty tasoittamaan sekä SEU-elementtien että raidekilometriä näkökulmasta.

Etenemissuunnitelman aikataulua on kuvattu numeroimalla eri kokonaisuudet aikataululisessa etenemisjärjestyksessä. Aikataulutuksen havainnollistamiseksi on muodostettu yksinkertainen janakuvaaja, joka esittää arvioidun ajan rakentamiselle ja käyttöönnotolle.

Ensimmäiset vaiheet ovat kriittisiä koko Digirata-hankkeen etenemisen kannalta. Suurin tarve lisäkapasiteetille on tunnistettu kohdistuvan erityisesti Helsingin alueelle ja näin ollen ensimmäisten vaiheiden maantieteellisissä kokonaisuuksissa on tarkasteltu vaihtoehtoja, miten vaiheiden jakautumisella ja sijoittumisella tuetaan valmiutta siirtyä Digiradan rakentamisessa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa pääkaupunkiseudun tiheästi liikenöidylle alueelle.

Vaikka asetinlaitteiden elinkaaria ei ole suunnittelussa pidetty ohjaavana tekijänä, työryhmä on tunnistanut, että ikääntyneet ja harvinaiset asetinlaitteet voivat aiheuttaa riskin osaamisen ylläpidon ja varaosien saatavuuden näkökulmista. Väyläviraston onkin varmistettava, että nykyisten järjestelmien käyttöikä on riittävä tai, että niille on suunniteltu ennen Digirataa tehtävä korvausinvestointi.

Pilottiradan sijainnin selvityksen yhteydessä tunnistettiin, että seuraavat toteutusvaiheet tulisi sijoittaa pilottiradan välittömään läheisyyteen. Tällä pyritään tukemaan kustannustehokkuutta liittyen yhtenäisiin liikennöintialueisiin, kuljetusketjuihin ja kaluston varusteluun. Pilottirataa seuraavien vaiheiden läheisellä maantieteellisellä sijainnilla pyritään myös varmistamaan mahdollisuuksia kalustosarjojen hyväksyntäprosessien toteuttamiseen ennalta tunnistettujen tarpeiden mukaisesti. Pilottirataa seuraavien vaiheiden sijoittelua testattiin iteraatioilla, edeten vaihe kerrallaan kohti valmista kuvaajaa etenemissuunnitelmasta. Iteraatioihin osallistuivat tarpeiden mukaisesti eri työryhmien ja toimijoiden asiantuntijat. Yhtenä tärkeänä aikarajana pidettiin Helsingin alueen toteuttamista ennen vuotta 2034.

Työryhmä tarkasteli myös pilottiradan mahdollista kaksoislaitevarustelua infran järjestelmien osalta. Keskeisenä syynä oli tarve huomioida olemassa oleva liikenne, kalustokierrot ja rautatiejärjestelmän käytännön toimivuus sekä varmistaa mahdollisimman sujuva siirtyminen uuteen moderniin kulunvalvontaan. Tarkastelun lopputuloksena todetaan, ettei Pilottiradan kaksoisvarustelu ole Suomessa kannattava ratkaisu. Kaksoisvarustelun myötä pilottirata ei enää vastaisi seuraavien vaiheiden mukaista arkkitehtuuria ja teknisiä ratkaisuja



ja samalla pilotin toteutuskustannukset kasvaisivat. On myös todennäköistä, että monimutkaistunut liikennöintiympäristö aiheuttaisi turvallisuusriskejä.

Pilottiradan jälkeisten vaiheiden sijainnin määrittelyssä on kiinnitetty erityishuomiota tässä materiaalissa kuvattujen lähtökohtien ja lähtötietojen lisäksi seuraaviin aihekokonaisuuksiin:

- kalustokierrot
- liikennöntialueet
- nykyinen laitekanta ja sen muodostamat alueet
- tuleva ETCS-arkkitehtuuri,
- kapasiteetin nostotarpeet sekä
- ydinverkkokäytävät ja muut pääväylät.

Roll out -työn lähtötilanteessa päätettiin, että muodostetaan ensin karttakuva etenemisen vaiheista. Karttakuvalla muodostettiin etenemiselle tavoitteet ja etenemisen vaiheet pilkottiin sen jälkeen tarkemmaksi tiekartaksi eli *roadmapiksi*. Tiekartan ensisijaiseksi tavoitteeksi asetettiin kunkin toteutusvaiheen aikataulun ja sisällön tarkentaminen sekä aikataulun yhteensovittaminen etenemissuunnitelman ja kalustovarustelun osalta. Lisäksi tiekarttaan tuotiin mukaan juridiikan työryhmästä hyväksyntäprosessien vaiheet sekä osaamistyöryhmästä esille nousseita koulutustarpeita.

Digiradan selvitysvaiheessa kuvattiin hankkeen kehitysvaiheen pituudeksi 7 vuotta (2020–2027) ja implementointivaiheen pituudeksi 12 vuotta (2028–2040). Etenemissuunnitelmaa laadittaessa pitäydyttiin lähtökohtaisesti samoissa aikataulupuitteissa. Kehitysvaiheen kesto ja ajankohta ovat riippuvaisia mm. yhteentoimivuuden teknisten eritelmien päivitysaikatauluista sekä uusien FRMCS:n mukaisten tuotteiden saatavuudesta. Kehitysvaihetta ei radioverkkoon ja kalustomuutosten toteuttamiseen liittyvien epävarmuuksien takia nähty tarpeen tiivistää eikä aikaistaa aiemmin esitetystä.

Varsinaisen implementointivaiheen osalta aikataulun tiivistämisen mahdollisuuksia arvioitiin työryhmässä siten, että aikataulun tiivistäminen tai nopeuttaminen on ensimmäisten vaiheiden osalta haastavaa (vaiheet 1–4). Etenemissuunnitelma sisältää jo sellaisenaan aikatauluriskejä liittyen käytettävien teknologioiden kypsytyteen, yhteentoimivuuden teknisten eritelmien päivityksiin ja niiden julkaisuajankohtiin sekä kaupalliseen hyväksyntään. Lisäksi ensimmäisten vaiheiden osalta haluttiin varmistua siitä, että Helsingin alueen muutos on prioriteettilistalla korkealla ja se saadaan toteutettua sille suunnitellussa aikataulussa. Sen vuoksi vaiheen 4 kanssa samaan aikaan ei vielä suunniteltu toteutettavan muita laajoja alueita. Aikataulun tiivistäminen nähtiin mahdolliseksi toteutusvaiheiden loppupäästä siten, että vaiheita 5–11 pyritään joko aikaistamaan vuodella tai toteuttamaan etenemissuunnitelman viimeisiä vaiheita 9–11 samanaikaisesti. Vaiheiden 9–11 arvioitiin

toteuttamisaikataulu antaa joustoa koko hankkeen läpivientiin arvioitun kokonaisajan puitteissa. Tiivistämiseen liittyy vielä useita riskejä esimerkiksi regulaatioon, osaamiseen ja rahoitukseen liittyen, joten tiivistämistä ei valmisteluvaiheessa tehty.

Nyt laadittu etenemissuunnitelma ei ota kohdekohtaisesti kantaa siihen, missä vaiheessa valmius ETCS L3 -järjestelmään tai muihin modernimpiin teknologioihin on olemassa. Digiradan jatkovaiheissa teknologisen ratkaisun valintaa ja vaikutusten arviointia on tarpeen tarkentaa etenemissuunnitelmaan ratkaisujen kypsyessä ja mahdollisesti tehdä teknologista rataosakohtaista arviointia.

Kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman päivittäminen toteutettiin Roll out -työryhmän alle muodostetun pienryhmän toimesta. Pienryhmä hyödynsi aineiston kokoamisessa hankkeen työryhmissä tehtyjä laskelmia ja selvityksiä. Tekstin sisältöä tarkasteltiin pienryhmätyöskentelynä ja viimeistelyssä hyödynnettiin sidosryhmäkommenttikierroksia sekä benchmark-keskusteluja konsultin kanssa. Pienryhmän tuottama luonnos kansallisesta täytäntöönpanosuunnitelmasta on luovutettu projektin käyttöön 15.3.2021. Suunnitelma viimeistellään pilottiradan sijainnin vahvistumisen jälkeen ja se toimitetaan Liikenne- ja viestintäministeriön toimesta eteenpäin EU:n komissioon.

### 3.6 Liikenne 12 -työryhmä

Liikenne 12 -työryhmän pääasiallinen tehtävä on ollut tuottaa tietoa Digiradasta Valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman (Liikenne 12) valmisteluun. Toinen merkittävä tehtävä on ollut toimia rajapintana Liikenne 12 -työn valmistelijoihin. Työskentely oli erittäin hedelmällistä ja tulos näkyy Liikenne 12 -suunnitelmassa, jossa Digirata on kirjattuna toimenpiteenä hankkeen esityksen mukaisesti. Merkittävänä asiana voidaan todeta, että Liikenne 12 -suunnitelmassa on kuvattu Digirata juuri sellaisena kuin se on, esimerkiksi teeman ”Suomi osana kansainvälistä liikennejärjestelmää” osalta todetaan ”Rautateiden osalta EU:ssa säännellään eurooppalaisesta rautateiden liikenteen hallinta/kulunvalvontajärjestelmästä (ERTMS), joka jäsenvaltioiden on otettava käyttöön kansallisten kulunvalvontajärjestelmien vanhentuessa. Suomessa on selvitetty kustannustehokkainta ja Suomen olosuhteisiin sopivinta toteuttamisvaihtoehtoa, ja päädytty Digiradan toteuttamiseen.”

Lisäksi väyläverkon kehittämisestä todetaan, että ”Suomessa tällä hetkellä käytössä oleva rautatieliikenteen kulunvalvontajärjestelmä tulee käyttöikänsä päähän 2020-luvun loppussa. Rautatieliikenteen kokonaisvaltainen digitalisaatio on keskeinen edellytys rautatieliikenteen toimivuudelle tulevaisuudessa.”

Osana Liikenne 12 -työryhmän toimintaa on myös osallistuttu tiiviisti erilaisten rahoitustuki-instrumenttien selvittely- ja valmistelutyöhön. Esimerkiksi CEF2- ja RRF-valmisteluun (Connecting Europe's Facility, Verkkojen Eurooppa ja Recovery and Resilience Facility, nk. EU:n elpymisväline) on tuotettu asiantuntija-apua kyseessä olevien instrumenttien parissa työskenteleville valmistelijoille.

Digiradan muodostama työryhmä ei yksin luonnollisestikaan ole pystynyt vaikuttamaan Liikenne 12 -työn etenemiseen vaan se on tuottanut objektiivista tietoa valmistelijoiden tueksi. Digirata hankkeena on soveltuva kehykseen ja sen vuoksi vahvasti luonnosversioissa mukana.

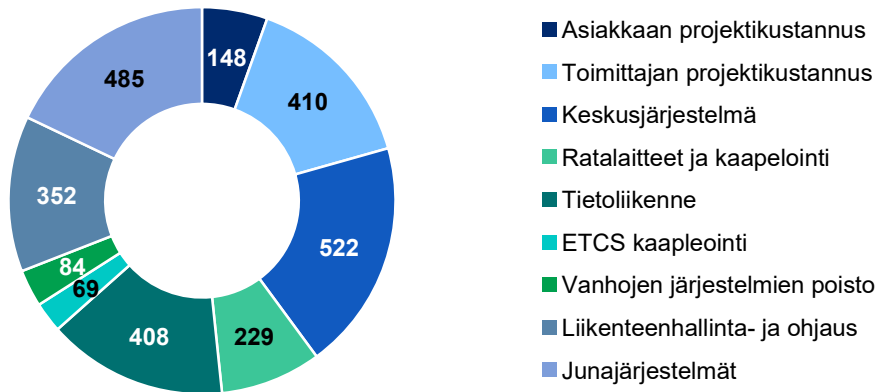
### 3.7 Rahoitus-työryhmä

Digirata-hanke on valtakunnallisesti merkittävä, kustannuksiltaan poikkeuksellisen suuri ja kestoaltaan erityisen pitkä. Kustannuslaskennan huolellisen tekemisen merkitys on suuri rahoitustarpeiden tunnistamiseksi. Digirata rahoitustyöryhmä on tarkentanut selvitysvaiheen kustannuslaskentaa valmisteluvaiheessa päätetyn teknologisen viitekehyksen puitteissa, josta selviää vuosittaiset rahoitustarpeet. Kustannuslaskenta antaa suuntaa ja toimii pohjana tarkemmassa hankkeen kokonaisrahoituksen suunnittelussa. Tarkennettu kustannuslaskennan lopputulos on kokonaissuuruudeltaan yhtenevä Digiradan selvitysvaiheen kustannuslaskennan kanssa.

Kustannuslaskennassa hyödynnettiin kansainvälisen palveluntarjoajan osaamista, joka on tehnyt vastaavia kustannuslaskentoja ERTMS-hankkeista muualla Euroopassa mm. Sveitsissä, Norjassa ja Saksassa. Keväällä 2020 sama yritys teki selvitysvaiheessa ensimmäisen arvion kustannuslaskennasta. Muiden työryhmien työn edettyä (mm. Roll out -työryhmä ja Arkkitehtuuri-työryhmä) tammikuussa 2021 päivitettiin kustannuslaskentaa vastaamaan tämän hetken parasta arviota. Laskennan tulosta on edelleen pidettävä alustavana siihen liittyvien epävarmuuksien vuoksi. Epävarmuudet johtuvat suurelta osin teknologioihin liittyvistä markkinahinnan arvioista, joita ei laajemmin ole testattu kilpailutuksilla.

**Kuvio 7.** Digiradan modernin ETCS-järjestelmän elinkaarikustannus vuosille 2021–65 tarkennettuna kustannuslaskelmassa ilman riskivaramaa, yhteensä 2 709 milj.€

**Elinkaarikustannus vuosille 2021–65, 2021 Hintataso milj.€**



Rahoitus-työryhmä pohti myös erilaisia rahoitusvaihtoehtoja julkisen rahoituksen rinnalle. Yhteistyötä rahoitusvaihtoehtojen kartoituksessa tehtiin kotimaisen palveluntarjoajan kanssa. Tarkastelua tehtiin 5:lle eri yhtiömuotoiselle rahoitusvaihtoehtoedolle ja samalla pohdittiin tarvittavan tulorahoituksen suhdetta muihin rahoitusvaihtoehtoihin. Täydennysrahoitusvaihtoehtoja selvitettiin valtiolta ja mahdollisesti EU:n mahdollisten tukien (CEF) kautta tulevan rahoituksen rinnalle. Hankkeen päärahoitus tulee suurella todennäköisyydellä valtion budjettirahoituksena, mutta selvityksessä oli lisärahoituksen vaihtoehtot ja niiden arvioidut vaikutukset kustannuksiin. Lisäksi selvitettiin vertailuesimerkkien kautta, miten vastaavia hankkeita on rahoitettu muissa yrityksissä ja muissa maissa. Tutkitut esimerkit ovat kaikki yhtiömuotoisia rataverkon haltijoita toisin kuin Suomessa.

**Taulukko 3.** Referenssi kohteiden rahoituksen lähteet

Verrokkiyhtiö	Kuvaus toiminnasta	Ulkoiset rahoitusjärjestelyt
<b>Bane Nor (Norja)</b> 2017 yhtiöitetty Bane Nor on Norjan valtionyhtiö, joka vastaa ratainfra hallinnasta, ylläpidosta ja kehittämisestä.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERTMS rahoitetaan valtion budjetista (National Transport Plan).</li> <li>Bane Nor johtaa ERTMS hankintaa, jonka on tarkoitus valmistua vuoteen 2030 mennessä.</li> </ul>	3–7 vuoden joukkovelkakirjalainat (JVK) (n.280 M€). Yritystodistukset (n.18M€). Pohjoismaiden investointipankin laina (NIB) ja valtiollinen rahoituslaitos Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) lainat (n.120M€), luottolimiittilainat (RCF) ja tililimiitti (n.160M€)
<b>Deutsche Bahn (Saksa)</b> Deutsche Bahn AG on Saksan valtion omistama liikennekonserni, joka vastaa rautatieliikenteestä ja -verkosta	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERTMS on osittain käytössä, hankkeen tarkoitus valmistua 2023.</li> <li>Tytäryhtiö DB Netz vastuussa hankkeen läpiviennistä.</li> </ul>	5–10 vuoden joukkovelkakirjalainat 10–20 vuoden joukkovelkakirjalainat 20+ vuoden joukkovelkakirjalainat Yritystodistusohjelma
<b>Infrabel (Belgia)</b> Belgian rataverkkoyhtiö (perustettu 2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infrabel ja SNCB aloittivat 2010 3,8 miljardin ERTMS-ohjelman.</li> <li>Belgian hallitus vastaa ohjelman rahoittamisesta.</li> </ul>	vanhemmat 14–29 vuoden joukkovelkakirjalainat Valtionlainaa
<b>PLK S.A. (Puola)</b> Puolalainen valtionyhtiö, joka vastaa rataverkoston ylläpidosta ja kehittämisestä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yhtiö saa ulkopuolista rahoitusta ratahankkeisiin.</li> </ul>	Joukkovelkakirjalainat Euroopan investointipankin lainat (EIB) Valtionlainaa
<b>Network Rail (Iso-Britannia)</b> Iso-Britannian rataverkkoyhtiö (perustettu 2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rahoitus määritellään rahoitusjaksoille ("Control Periods").</li> <li>Yhtiöllä on käynnissä rataverkon digitalisointihanke, jonka vuosittaisen budjetin on arvioitu olevan rahoitusjaksolle (CP6) n.950M€ sisältäen niin infra kuin kalustohankinnat.</li> </ul>	5–10 vuoden joukkovelkakirjalainat 10+ vuoden joukkovelkakirjalainat Valtionlainaa

Verrokkiyhtiö	Kuvaus toiminnasta	Ulkoiset rahoitusjärjestelyt
<b>Estonian Railways (Viro)</b> Virolainen valtionyhtiö, joka vastaa rataverkoston ylläpidosta ja kehittämisestä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virolainen valtionyhtiö, joka vastaa rataverkoston ylläpidosta ja kehittämisestä.</li> <li>• ERTMS-järjestelmä aikeissa toteuttaa vuoteen 2030 mennessä.</li> <li>• Tänä vuonna hankkeeseen saatu rahoitusta Euroopan investointipankilta.</li> </ul>	Pankkilainaa (OP) Pohjoismaiden investointipankin laina (NIB) Euroopan investointipankin laina (EIB)

Rahoitus-työryhmä aloitti kuvaamaan Digirata-hankkeen kokonaisrahoitusta. Kokonaisrahoituksen kokonaiskuvan ylläpito on hankkeella ja sitä kehitetään tarpeen mukaan hankkeen aikana.

Valmisteluvaiheen aikana aloitettiin kalustorahoitukseen liittyvät keskustelut operaattoreiden kanssa. Keskusteluiden tavoitteena on kasvattaa operaattoreiden tietämystä Digirata-hankkeesta ja samalla nostaa heille esille vaadittavien kaluston investointien tarve ja suuruusluokka.

Ensimmäisiä keskusteluja on käyty seuraavien operaattoreiden ja kaluston omistajien sekä viranomaisten kanssa:

- VR
- HSL, Pääkaupunkiseudun Junakalusto Oy
- Fenniarail
- Operail

Operaattorit pidetään hankkeen edetessä ajan tasalla investointitarpeista ja aikataulusta. Lisäksi on sovittu yhteistyössä selvitettävän mahdollisia tukien hakemismahdollisuuksia.

Rahoitus-työryhmä analysoi hankkeen rahoitukseen liittyvät riskit projektin riskimatriisiin mukaisesti. Rahoituksen osa-alueella tunnistettiin kaksi merkittävää riskiä, jotka ovat:

- Rahoituksen rajoitukset infran varusteluun, investoinnit viivästyvät.
- Rahoituksen rajoitukset kaluston varusteluun, investoinnit viivästyvät.

Havaittuja riskejä tulee seurata ja arvioida aktiivisesti projektin edetessä.

Koko valmisteluvaiheen havaituista riskeistä johdettiin kustannuslaskennan avulla infran investointeihin liittyvä kustannusvarauma Monte-Carlo-simuloinnilla. Digiradan uudet järjestelmät tarjoavat myös useita mahdollisuuksia, joita ei ole varauman arvioinnissa ole vielä huomioitu. Edellä mainituista syistä kustannusvarauma voi vielä elää hankkeen edetessä.

**Taulukko 4.** Monte-Carlo-simuloinnin antama todennäköisin kustannus infran osalta verrattuna todennäköiseen riskejä huomioimattomaan kustannusarvioon.

	Kustannus M€	% Kustannusarvio (todennäköisin arvo)
Kustannusarvio (todennäköisin arvo)	1.238	100 %
<b>Monte-Carlo simuloinnin tulos (mean value)</b>		
Kustannusarvio	1.488	120 %
Riski	0.192	16 %
Yhteensä	1.680	136 %

### 3.8 Eurooppalainen yhteistyö ja juridiikka -työryhmä

Eurooppalainen yhteistyö ja juridiikka -työryhmän keskeisimpinä tehtävinä on varmistaa, että kaikista aiheen kannalta merkittävistä kansainvälisistä työryhmistä tuodaan relevantti tieto Suomen ERTMS-ratkaisuun liittyen Digiradan käyttöön sekä varmistaa, että Suomen yhteisestä tahtotilasta ja Digiradasta viestitään yhdenmukaisesti vastaavissa kansainvälisissä ryhmissä. Ryhmän työskentelylle on ollut selkeä tilaus kansallisella tasolla. Osallistujia on useista eri organisaatioista ja se käsittelee läpileikkaavasti kaikkia Digirataan liittyviä aihealueita. Työryhmä on kokoontunut kerran kuussa keskustelemaan eurooppalaisesta yhteistyöstä ja vaikuttamisesta sekä juridiikasta. Tärkeiksi aihealueiksi ovat selkeästi nousseet:

- FRMCS:ään liittyvän sääntelyn kehittyminen eri foorumeilla
- kyberturvallisuuteen liittyvä kehitys kansainvälisesti
- Suomen puheviestintään liittyvä derogaatio ja sen jatko
- Euroopasta tulevan, luonnosvaiheessa olevan, dokumentaation kommentointi Suomessa

- KV-vaikuttamissuunnitelman luominen yhdessä kaikkien kansallisten toimijoiden toimesta ja
- säännöllisten kokousten tiedonjakaminen (EIM, UIC, CER, YTE-ryhmät).

Isoina työryhmään liittyvinä asioina Valmisteluvaiheen aikana on mm.:

- päätetty vahvistaa Suomen vaikuttamista FRMCS:ään liittyvissä valmisteluvaiheissa työryhmissä
- päätetty vahvistaa Suomen osallistumista teknisisiin työryhmiin Euroopassa ja
- Digiradan ohjausryhmä on suositellut Digirataa liittymään ERTMS User's Groupiin (EUG) jonkun osallistujaorganisaation kautta ja Väylävirasto on aloittanut valmistelut tähän liittyen.

Alkusyksystä 2020 työryhmän toimesta alettiin valmistella tapaamisia Euroopan komission Liikenteen ja liikkumisen pääosaston (DG MOVE) ja Viestintäverkkojen, sisältöjen ja teknologian pääosaston (DG CONNECT) sekä Euroopan rautatieviraston (ERA) kanssa. Nämä tapaamiset saatiin pidettyä videoyhteyksillä syksyn 2020 aikana ja ne olivat erittäin hyödyllisiä. Tapaamisissa saatiin viestittyä Suomen tavoitteista ERTMS:ään ja FRMCS:ään liittyen sekä perusteltua näille tahoille Suomen valintoja. Lisäksi tapaamisissa käytiin avoimesti keskusteltua Suomen kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman sisällöstä sekä sen tulevasta päivittämisestä. NIP:n osalta tärkeää oli viestiä, että Suomella on käynnistymässä tyystin toisenlainen strategia ERTMS:n osalta ja ennen kaikkea käydä avoimesti komission kanssa Suomen tilanne läpi. Vaikka tällä hetkellä voi näyttää siltä, että Suomi ei olisi täyttämässä yleiseurooppalaisia vaatimuksia ERTMS:n käyttöönotosta ydinverkkokäytävillä 2030 mennessä saati tavanomaisen verkon osalta 2050 mennessä, Suomi olisi kuitenkin Digiradan toteutuessa suunnitelmien mukaisesti hyvin lähellä tavoitteiden saavuttamista. Tähän liittyen saimme suullisen kommentin, että asia vaikuttaa komission kannalta hyvältä.

Syyskuun 1.päivä 2020 pidettiin palaveri DG MOVE:n kanssa liikenne- ja viestintäministeriön johdolla. Digirata herätti suurta mielenkiintoa korkealla tasolla EU:ssa, etenkin testiradan tulokset kiinnostivat jo FRMCS-standardoinnin näkökulmasta. Työryhmä sai tapaamisesta vahvan indikaattorin, että Digirata-hankkeen tulisi osallistua standardointityöhön. Syksyllä 2020 tunnistettiin tarve OHM-YTE 2022 päivitykseen vaikuttamiseen ja seuraamiseen. Suomen suhde EDP:hen ja EDP-sitovuuden varmistaminen nousivat myös ajankohdaisiksi, kuten myös käytösäännöt ja OPE YTE:n liitteen A päivitysasiat.

Loppuvuodesta 2020 työryhmä teki FRMCS-vaikuttamista laajalla rintamalla (DG MOVE, DG Connect, ERA). EUG:n kanssa pidettiin tiedonvaihtoa, oltiin mukana RCA-työssä sekä pidettiin CER:n kokouksessa esitys Digirata-hankkeesta. Puheviestinnän osalta



keskustelutti tarve derogation jatkolle tai uusimiselle. Tarve nousee, mikäli FRMCS ei ole saatavilla ennen kuin Virve 2.0:n päivitys tulee ajankohtaiseksi.

Helmikuussa 2021 käynnistyivät keskustelut EUG:iin liittymisestä. Digiradan ohjausryhmältä saatiin vahva signaali liittymisen puolesta. Europe's Rail:iin (entinen Shift2rail) liittyen Euroopassa käytiin keskustelua EUG:n roolin kohottamisesta teknisissä asioissa, kun taas EIM ja CER ovat vahvemmin kiinni strategiassa ja politiikassa. Suomella on ajatuksia nostaa roolia laatuvaatimusten ja mittausten määrittelyssä, työryhmä näkee keskeisen painopisteen olevan FRMCS-vaikuttamisessa.

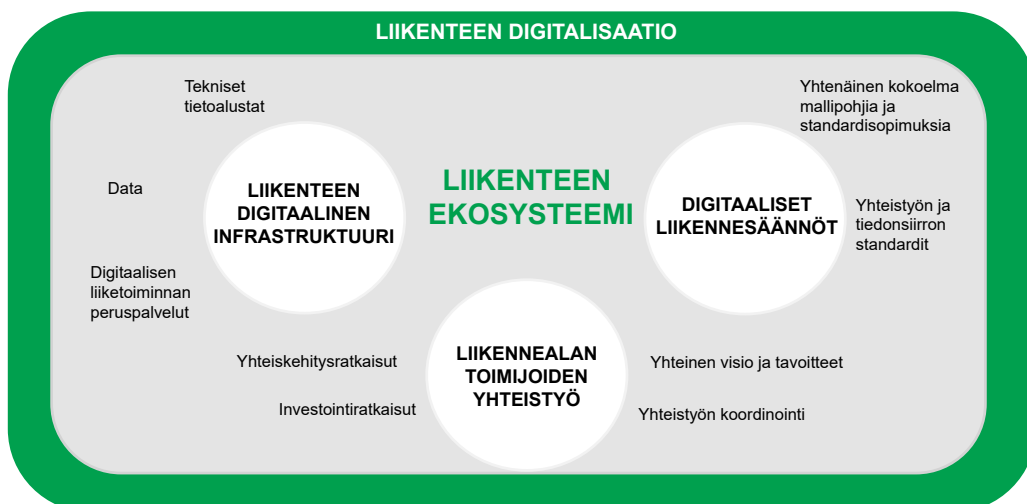
Kyberturvallisuutta koordinoidaan Euroopassa lukuisissa eri työryhmissä ja eri tahoilla. Myös EIM on perustanut uuden työryhmän kyberturvallisuudelle rautateiden viitekehysessä ja monet EIM jäsenmaat ovat organisoituneet kokonaisilla tiimeillä rautateiden kyberturvallisuuden saralla. ENISA:n toimia seurataan tiiviisti.

Työryhmä on myös kansainvälisissä arkkitehtuurin RCA, TOBA ja ERA OBU kehittämistyöryhmissä tiiviisti mukana.

### 3.9 Ekosysteemi-työryhmä

Erilaisia näkemyksiä ekosysteemistä on lukuisia. Yleisesti ottaen ekosysteemin tavoitteena on, että osallistuvat yritykset luovat uutta liiketoimintaa, palveluja ja palveluketjuja. Yleensä ekosysteemin peruselementtejä ovat digitaalinen infrastruktuuri, ekosysteemin sääntökirja ja alan toimijoiden yhteistyö.

**Kuvio 8.** Liikenteen ekosysteemin rakennuspalikat.



Ekosysteemin tulee luoda arvoa osallistujilleen, minkä vuoksi mahdollisille osallistujille pitää pystyä tarjoamaan selkeät vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- Miksi tätä tehdään? Mitkä ovat liiketoimintatarpeet? Miksi tätä tehdään nyt? Mikä on ambitiotaso?
- Miksi tätä tehdään yhdessä? Miksi tätä tehdään eri osapuolten kanssa?
- Kenen kanssa teemme? Mitä lisäarvoa eri tahot tuovat?
- Mihin keskitymme? Mitkä ovat fokusalueet? Esim. Keskitymme uuden rakentamiseen vai tehostamiseen?
- Miten teemme yhteistyötä? Mitkä ovat prosessit, roolit & vastuut, hallinnointimalli, tukevat ratkaisut jne.?

Digiradan valmisteluvaiheessa Ekosysteemi-työryhmän oli määrä selvittää rautateiden tutkimukseen ja kehitykseen sopivat rahoitusinstrumentit, kontekstiin soveltuvat keihäänkärkiteknologiat sekä tarve ja mahdollisuudet Digiradan ympärille rakennettavaan ekosysteemiin huomioiden edellä esille nostetut kysymykset.

Työryhmä tunnisti EU- ja kansallisen tason T&K-rahoitusinstrumentit ja yhteistyössä keskeisimpien tahojen kanssa järjestettiin kolme webinaaria tiedon jakamiseksi. Avainasemassa olivat konkreettiset esimerkit ja käytännön etenemisen vinkit, jotta tukimahdollisuudet ja rautatietoimiala olisivat helpommin lähestyttävissä. Taulukkoon koostetut T&K-rahoitusinstrumentit on saatavilla hankkeelta.

Työryhmän organisoimissa työpajoissa tunnistettiin seitsemän potentiaalista keihäänkärkiteknologiaa, joiden osalta alustavia selvityksiä jatketaan. Tällä hetkellä Digiradan teknologiset ratkaisut ja tarkka arkkitehtuuri eivät kuitenkaan ole vielä sillä tasolla, että konkreettisten projektiaihoiden määrittäminen tai laajempi rahoituksen hakeminen olisi mahdollista järkevästi. Ilman selkeää lisäarvon tunnistamista ei ekosysteemiä Digiradan ympärille kannata perustaa. Poikkeuksena ovat radioverkko- ja paikannusteknologiat sekä niihin liittyvät Digiradan ratkaisut. Näiden osalta syvempää yhteistyötä on jo viisasta tehdä ja työryhmän suosituksena olikin olemassa oleviin ekosysteemeihin osallistuminen tarpeen mukaan. Varsinaisen Digiradan ekosysteemin rakentamisen sijaan työryhmä esitti johtopäätöksensä kevyen verkostoyhteistyön käynnistämistä.

Ekosysteemi-työryhmän muodostama kevyt verkostoyhteistyön malli tarkoittaa sitä, että Digiradassa tiiviisti mukana oleva henkilö nimetään verkostoyhteishenkilöksi. Henkilön tehtäväksi nähtiin yhteistyö eri toimijoiden kanssa linkkinä substanssiosaajien, rahoitusta tarjoavien tahojen, yritysten ja ekosysteemien välillä. Kevyt verkostoyhteistyön malli ei sisällä erillistä hallintoa tai esimerkiksi jäsenmaksua. Mahdolliset yhteishankkeet ja -pilotoinnit projektoidaan erikseen ja niissä tehdään tarvittavat sopimusjärjestelyt suoraan. Kevyt verkostoyhteistyö keskittyy nimenomaan kotimaisten toimijoiden teknologiseen

viitekehukseen ja on valmistautumista mahdolliseen myöhemmin aloitettavaan laajempaan ekosysteemityöhön. Tämän lisäksi Digirata-hankkeen kannattaa osallistua ja seurata ulkopuolisen toimijan perustettavan 5G- ja paikannusverkoston käynnistämistä. Tämä sen vuoksi, että poikkeuksena muuhun Digiradan teknologiaan radioverkko- ja paikannusteknologiat ovat jo sillä tasolla, että syvempi verkostoyhteistyö ja konkreettiset projektit ovat mahdollisia.

Liikenteenohjausyhtiö Fintraffic on myös käynnistämässä laajempaa, kaikki liikennemuodot sisältävää liikenteen ekosysteemiä. Mahdollinen tuleva ekosysteemi voisi olla luontevaa ottaa tämän laajemman ekosysteemin sateenvarjon alle. Lisäksi yhteistyö yleisemmän raideliikenteen SmartRail-ekosysteemin kanssa nähdään hyvänä mahdollisuutena. Muu yhteistyö olemassa olevien ekosysteemien ja verkostojen kanssa on myös hyvä huomioida.

### 3.10 Osaaminen-työryhmä

Osaaminen-työryhmän työskentely aloitettiin käymällä taustakeskusteluja eri työryhmien edustajien kanssa. Päätettiin, että tehdään Webropol-järjestelmällä kysely osaamistarpeista. Kyselyn jälkeen käytiin lisää keskusteluja työryhmien välillä ja Osaaminen-työryhmässä pohdittiin soveltuvia etenemismalleja. Etenemismalleiksi havaintojen perusteella päätettiin luoda Digiradan Kurssitarjotin sekä kytkeä Osaaminen-työryhmän työtä selkeästi Roll out -työryhmän tuotoksiin; perustettiin pientyöryhmä, joka tarkasteli osaamisen näkökulmaa peilaten roll outin aikatauluihin. Lisäksi tehtiin selvitys kansainvälisistä kokemuksista (Tanska, Englanti ja Norja) vastaavan kaltaisissa hankkeissa.

Selvitysten perusteella keskeisin havainto oli, että hankkeen valmisteluvaiheen alkaessa kenelläkään ei ole selkeää kuvaa työryhmätasollakaan, millaista osaamista ja milloin sitä tarvitaan. Webropol-kyselyssä nousi esiin yksittäisiä aihealueita hyvin, mutta vastauksissa päästiin vasta otsikkotasolle. Toinen havainto oli, että hankkeen pitkäkestoisuudesta ja laajuudesta johtuen yksityiskohtaista ja tarkkaa suunnitelmaa ei ollut mahdollista tehdä ennakkoon kattavasti, vaan tarkemmat suunnat on haettava sitä mukaa, kun hanke etenee ja tietoisuus tarpeista kasvaa.

Suomessa ei ole tarjolla rautatiejärjestelmään liittyvää tutkintoon johtavaa koulutusta lainkaan pois lukien muutamat ammattiryhmät. Tarvetta korkeakoulutasoiselle koulutukselle, joka tukisi vahvasti rautatiejärjestelmässä toimimista, kartoitetaan jatkossa. Nostona kansainvälisistä kokemuksista on, että Digiradan osalta kyseessä on muutosprojekti, jossa on olennaista saada alalla työskentelevät henkilöt mukaan. Tarve ei rajoitu vain esimerkiksi suunnittelutyötä tekeviin, vaan myös operatiiviseen henkilöstöön. Kaikilta osin uutta

koulutusta ei välttämättä niinkään tarvita, vaan asiantuntijoiden tietojen päivittämistä ja syventämistä.

Webropol- ja muiden kyselyiden perusteella rakennettiin kurssitarjotin, jossa eri aihealueista asiantuntijat pitivät 2–3 tunnin luentoja Digirata-hankkeessa mukana oleville. Taus-ta-ajatuksena on toisaalta kasvattaa henkilöiden osaamista perustasolla, mutta toisaalta myös avata ajattelua siitä, ”mitä osaamista minulta vielä puuttuu” tai ”mistä haluaisin kuulla lisää”. Palaute luennoista on ollut positiivista ja osallistujia on ollut tähän mennessä luennoilla kymmeniä.

**Taulukko 5.** Julkisen kurssitarjottimen sisältö

Ajankohta	Aihe
10.2.2021	Kyberturvallisuus rautatiejärjestelmässä
11.3.2021	ETCS ja vaikutus kapasiteettiin
18.3.2021	Paikannus
31.3.2021	Elinkaarenhallinta cenelec-standardin mukaisesti
14.4.2021	ERTMS-veturilaitteiston käyttö ETCSL1 ja NTC

Kurssitarjottimen luennot olivat kaikille avoimia ja luennoille ilmoittauduttiin [digirata.fi](https://digirata.fi)-sivuston kautta.

Digirata-hankkeessa toimiville järjestettiin myös sisäinen koulutussarja Digirata ERTMS Specialist (DEST). Koulutuksen pohjana toimi ERTMS Users Groupin EST-koulutusohjelma ja sen aineisto. Koulutussarja koostui seitsemästä luennosta.

**Taulukko 6.** DEST-koulutuksen sisältö

Luento	Aihe
1	Yleisesittely: kansainvälisten organisaatioiden rooli ja toiminta, EURLEX palvelu, ERA, versiohistoria ja versionhallinnan konsepti, järjestelmäversiot sekä yhteentoimivuus versioiden välillä.
2	Yleisesittely jatkuu: CCS TSI vaatimuskokoelmat (pakolliset ERTMS määritelmät) ja Subsetit (yksityiskohtaisemmat tekniset määritelmät). ERTMS/ETCS arkkitehtuuri ja johdanto ERTMS kieleen
3	Toimintatilat ja kuljettajaneeli (DMI+ Modes), vastuunjako ETCS:n ja kuljettajan välillä, sopivan toimitilan määrittäminen, veturilaitteissa käytettävissä olevat toimintatilat, siirtymäehdot toimintatilojen välillä
4	Lähtötietojen syöttäminen ja yksikön saaminen liikkeelle, lähtötietojen jälkeen saadusta luvasta täysvalvontatilaan, ajoluvan käsite ja toiminta (MA+ Start of mission)
5	Johdatus ETCS jarrukäyriin, UIC jarrujärjestelmä, terminologia, jarrukäyrien muodostaminen, junatyypit jarrukäyrissä, tavoitepisteet ja kapasiteetti-vaikutus, junan nopeusrajoitus, perusnopeusprofiili ja muita nopeusprofileja (Brake + Speed Profile)
6	EUn GNSS/EGNOS ohjelmien esittely, Paikannus ETCS koodauksessa, junan paikannuksen periaatteet, luotettavuusväli, junan paikannus eri ETCS tasoilla, ETCS suunnittelu
7	Loppuyhteenvedo + tentti

### 3.11 Valmisteluvaiheen riskienhallinta

Valmisteluvaiheen projektin riskienhallinta on toteutettu soveltaen Väyläviraston ohjetta: "Riskienhallinta väylänpidossa (LO 39/2017)".

Ohjetta on sovellettu valmisteluvaiheeseen sopivalla tavalla, joten suuri osa riskeistä tullaan jättämään hallittavaksi hankkeen seuraaviin vaiheisiin. Tässä vaiheessa on kuitenkin pyritty dokumentoimaan havaitut riskit ja ehkäisevät toimenpiteet. Riskit on jaoteltu vaarakeräilyssä sekä teema- että työryhmäkohtaisesti.

Riskienhallinnassa on käsitelty Digirata-hankkeen toteuttamiseen liittyviä hankeriskejä, jotka on tarvittavassa laajuudessa huomioitu jo tässä vaiheessa työryhmissä. Valmisteluvaiheen riskienhallinnassa ei ole otettu kantaa mahdollisiin projektiriskeihin.

Projektin ollessa valmisteluvaiheessa asiat tarkentuvat suurimmissa määrin myöhemmissä vaiheissa, mutta osa asioista on pystytty tunnistamaan ylätasolla ja niille on määritelty toimenpiteitä, jotka tulee ottaa huomioon hankkeen tulevilla vaiheilla.

Myös kustannusvaikutukset on arvioitu Monte-Carlo-simulaatiota varten. Kustannusarvioissa on huomioitu hankkeelle kohdistuvat suorat kustannukset. Kustannusarvioinnin ulkopuolelle on jätetty riskien aiheuttamat välilliset kustannukset kuten kalustoon ja liikennöintiin liittyvät kustannukset. Kustannusvaikutuksia on tarkennettu selvitysvaiheen jälkeen, mutta ne ovat edelleen hyvin karkealla tasolla.

Kustannusvaikutukset sekä riskien suuruudet on arvioitu työryhmien muun työskentelyn ohessa tai erillisissä työpajoissa. Merkittävimmille riskeille on määritelty toimenpiteitä, joilla pyritään laskemaan riskin toteutumisen todennäköisyyttä tai aiheutuvien seurausten vakavuutta. Riskit ja toimenpiteet jaoteltiin valmisteluvaiheen työryhmien mukaisesti jatkokäsittelyä varten. Valmisteluvaiheprojektin aikana kaikkia riskejä käsiteltiin joka tapauksessa työryhmissä riskeinä, jotka oli pyrittävä hallitsemaan siltä osin, kun valmisteluvaiheessa on mahdollista.

Vaararekisteriin on kirjattu 73 kappaletta riskejä, joista 2 kpl on sietämättömiä, 13 kpl merkittäviä, 28 kpl kohtalaisia, 23 kpl vähäisiä ja 7 kpl merkityksettömiä. Mahdollisuuksia on tunnistettu 23 kpl.

Koska hanke on valmisteluvaiheessa, jää useita turvallisuustoimenpiteitä hankkeen seuraaviin vaiheisiin. Tämän vuoksi jäännösriskejä on voitu arvioida yhtä suuriksi kuin varsinaiset riskit. Jatkotoimenpiteet on vastuutettu jatkokäsittelyä varten valmisteluvaiheen työryhmäjaon mukaisesti. Jatkotoimenpiteet on Digiradan seuraavissa vaiheissa kohdistettava uuden organisoitumisen mukaisiin osaprojekteihin ja työryhmiin.

Sietämättömiä riskejä on tunnistettu 2 kpl:

- JKV:n käyttämä nopeusrajoitustapa ei sovi suoraan ETCS järjestelmään eikä junakohtaisten nopeusrajoitusten hallinta onnistu RBC:n avulla.
- ERTMS määrittelyssä tehdään ratkaisu ja kuvataan toteuttaminen. Testiradan toteuttamisen yhteydessä ratkaisun todentaminen.
- Järjestelmät hakkeroidaan tai niitä häiritään.
- Järjestelmät ja rajapinnat muihin järjestelmiin on suunniteltava kyberturvallisuus huomioon ottaen (secure by design).
- Koulutus ja perehdytys järjestelmään.

## 3.12 Valmisteluvaiheen viestintä

Valmisteluvaiheen viestintä toteutettiin Fintrafficin ja Väyläviraston yhteistyössä. Viestintätoimisto on ollut mukana sisällöntuotannossa (esim. www-sivujen verkkoartikkelit) ja muiden materiaalien tuottamisessa sekä viusaalisen ilmeen suunnittelussa. Valmisteluvaiheen alussa viestinnän pääfokus oli hankkeen tavoitteiden viestimisessä sekä yleiseen esittelyyn soveltuvien materiaalien tuottamisessa.

Viestintäsuunnitelma laadittiin syksyllä 2020 ja suunnitelmassa viestintä rajattiin neljään viestinnän osa-alueeseen: ulkoiseen-, sisäiseen-, sidosryhmä- ja mediaviestintään. Suunnitelmassa määriteltiin toimenpiteet kullekin osa-alueelle.

Strategisen tason viestintää linjasi LVM:n johdolla Digiradan ohjausryhmä. Ohjausryhmän jäsenet omalta osaltaan edesauttoivat Digiradan tunnetuksi tekemistä ja näkyvyyden lisäämistä. Digirata-hanke linjasi, ohjeisti ja toteutti muun viestinnän.

Työryhmien vetäjät ja jäsenet osallistuivat viestinnän toteuttamiseen sekä jakoivat tietoa omissa organisaatioissaan. He myös huolehtivat projektiviestinnän osalta tiedonkulusta sekä vuorovaikutuksesta. Viestinnän suunnittelusta, sisällön tuotannosta, koordinoinnista ja käytännön toteutuksesta vastasi Fintraffic tiiviissä yhteistyössä Väyläviraston kanssa. Viestintäryhmä kokoontui kerran kuussa suunnittelemaan ja ideoimaan viestintätoimenpiteitä seuraavalle ajanjaksolle.

## 4 Valmisteluvaiheen tulosten tarkastelu tavoitteita vasten

Valmisteluvaiheen tavoitteena oli laatia päätöksentekoa varten kirjalliset perustellut näemykset kansallisesti toteutettavasta Suomen ERTMS-ratkaisusta. Seuraavassa arvioidaan tiivistetysti kuinka tavoitteissa onnistuttiin.

Työn tavoitteena olleiden alustavien ERTMS-operointikonseptin sääntöjen sekä suunnitelusääntöjen osalta kehitys on saatu käyntiin ja työ on hyvässä vauhdissa. Alustavat luonnokset on tehty ja tarvittavat dokumentit on tunnistettu muutoksia varten. Ensimmäiset versiot ovat valmistuneet tai valmistuvat testiradalla testattaviksi.

Testiradan sekä simulointi- ja testauskeskuksen käyttö- ja testitapaukset ovat määritellyssä. Työn alkamisen jälkeen havaittiin, että työhön on oletettua suurempi tarve saada kansainvälistä osaamista mukaan ja sen vuoksi KoKoHa-toimittajayhteistyöllä on suuri merkitys tapausten määrittelyssä. Työ valmistuu KoKoHa-työn kautta.

Junien kulunvalvonnan (JKV) elinkaaren suunnitelma on tehty toteutetun selvityksen perusteella. Selvityksestä voidaan todeta skenaariotarkastelujen kautta, että JKV-laitteisto ei tule olemaan ongelma Digiradan suunnitellussa toteutusaikataulussa. Uudelleentarkastelu on tarpeen, mikäli odottamattomia tuotemuutoksia tapahtuu toimittajien puolella tai toteutuksen aikataulu muuttuu merkittäväksi.

Suomen rautatiejärjestelmän kokonaisarkkitehtuurin tarkennettu visio on määritelty ja jatkokehityksen alustava suunnitelma osajärjestelmien osalta on suunniteltu tapahtuvan kyvykkyyksien kehittämisen kautta. Digirata lähtee muodostamaan kyvykkyyttä kohti ETCS-tasoa 3, jossa hyödynnetään uudenlaista junien paikannusratkaisua, junien automaattisia toimintoja (ATO) tasolla 2 ja järjestelmä perustuu rautateiden uuteen viestintäjärjestelmän (FRMCS). Tulevan kehityksen aikana valmistaudutaan ketterästi muokkaamaan vision tavoitteita kulloinkin voimassa olevan regulaation mukaiseksi.

Suomen kansallista etenemissuunnitelmaa tarkasteltiin ja eri mahdollisuuksista sekä niiden vaikutuksista keskusteltiin paljon. Kriteerien vertailu ja priorisoiminen koettiin haastavaksi, joten päätöksenteko etenemissuunnitelman alkuvaiheista otettiin projektinjohdolle. Päätös etenemissuunnitelman ensimmäisten vaiheiden sijoittumisesta valmistuu syksyllä



2021. Suomen kansallisen täytäntöönpanosuunnitelman päivittämistä varten oli pääosin koostettavissa tarvittavat pohjatiedot, joten täytäntöönpanosuunnitelmasta saatiin tehtyä luonnos, joka jää odottamaan etenemissuunnitelman täydentymistä.

Digiradan rahoituksen järjestämiseksi ehdotus on, että päärahoitus tulisi valtion budjetti-rahoituksesta, mutta myös EU-tukia haetaan niin laajalti kuin se vain on mahdollista. Kokonaisrahoitussuunnitelman työstäminen aloitettiin ja työ jatkuu. Jatkuvuuden takaamiseksi on kerätty tietoa mahdollisista täydentävistä rahoituskanavista muiden vastaavien hankkeiden kautta.

Digiradan jatkon toteutusmalli kehitys- ja verifiointivaiheeseen on valmistumassa. Kehitys- ja verifiointivaihe nähdään kehitysprojektina, joka voidaan projektoida osana Digiradan strategisempaa kehityskokonaisuutta.

Eurooppalaisten työryhmien kansallinen yhteistyö ja tarvittava miehittäminen on aloitettu. Osallistujaorganisaatioiden henkilöt on kerätty yhteen työryhmään koordinoitua varten. Työryhmän työskentelyä täytyy jatkaa ja osallistujia täydennetään kaikkien Digiradaan liittyvien työryhmien edustajilla myös jatkossa. Koordinointityölle on havaittu erittäin suuri tarve.

Osaamisen kehittäminen on ollut haastavaa alkutilanteen kartoituksen tulosten perusteella, joka ei käytännössä tarjonnut työkaluja jatkoon. Tämä johti siihen, että työryhmällä ei ollut riittävästi tietoa tarkempaan suunnitteluun työn alkaessa 2020. Valmisteluvaiheen aikana osaamista onnistuttiin kehittämään kurssitarjottimen kurssien kautta ja luomaan parempaa pohjaa jatkon työlle. Kurssitarjotin nauhoitettuine luentoineen palvelee hanketta ja toimialaa laajemminkin ja sitä voidaan pitää onnistuneena lanseeruksena. Laajempaa oppilaitosyhteistyötä ei vielä käynnistetty. Alustava osaamisen kehityssuunnitelma valmistuu toukokuun 2021 aikana.

Ekosysteemyössä hyödynnettiin useita ekosysteemiseen toimintaan perehtyneitä asiantuntijoita, joiden panoksella oli merkittävä rooli kokonaisymmärryksen luomisessa mitä ekosysteemyöskentely tarkoittaa. Digiradan toimiminen ekosysteemin alustana ja rahoittajana on ristiriitaista ja voi johtaa epäedulliseen lopputulokseen koko ekosysteemin kannalta tarkasteltuna. Digiradan kokonaiskuvan ollessa kehittymätön halutaan jatkossa ylläpitää kevyempää verkostoyhteistyötä, joka voidaan tarvittaessa muuntaa ekosysteemiksi. On myös seurattava tarkasti muiden käynnistettyjen ekosysteemien toimintaa, jotta ei tehdä kansallisesti päällekkäistä työtä. Digiradan tulee olla mukana käynnistävissä ekosysteemeissä mahdollisuuksiensa mukaan huomioiden julkisten hankintojen määräämät toimintatavat.

## 5 Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

Digiradan modernin radiopohjaisen ETCS-järjestelmän toteuttamiseksi tarvitaan uutta osaamista läpi toimialan. Kehitystyö toteutusvaiheessa tarvittavien määrittelyjen tekemiseksi on aloitettava välittömästi, jotta suunnitellussa aikataulussa voidaan pysyä. Kehitystyö vaatii selkeän tiekartan, joka nivoutuu saumattomasti alkuvaiheessa testiradan ja laboratorion toteutuksiin sekä tarvittavien kyvykkyyksien kehittämiseen.

Kyberturvallisuus tulee ottaa huomioon jo määrittelyvaiheesta lähtien. Tähän on panostettava entistä enemmän tulevaisuudessa. Kyberturvallisuuden kehitystyö on käynnistettävä heti valmisteluvaiheen jälkeen ja arkkitehtuurin suunnittelussa on huomioitava Secure-by-Design-periaate. Kokonaiskuvan selkeydessä voidaan kyberturvallisuuden kehittämiseen organisoitua hallitummin. Kyberturvallisuuden hallinnan osakäsitteenä tietojen suojaamisesta tulee huolehtia koko hankkeen ajan. Erityisesti tämä koskee turvallisuuskriittisten (tieto)järjestelmien dokumentaation salassapitoluokittelua.

Uudenlaisen paikannusratkaisun kehittäminen on ensisijaisen tärkeää kustannustehokkaan toteutuksen kannalta. Paikannusratkaisuun liittyvää pilotointia ollaankin jo käynnistämässä keväällä 2021. Pilotointi perustuu satelliittipaikannukseen sekä sensorifuusioon ja antaa perustietoja satelliittipaikannuksen mahdollisuuksista tulevaisuuden paikannusratkaisun pohjaksi.

Arkkitehtuurillisesti Digiradan kehitys- ja verifiointivaiheen aikana tavoitellaan ATO GoA2-tason toiminnallisuutta sekä sen käyttöönottoa ainakin HSL-liikenteessä toteutusvaiheen yhteydessä. Korkeampien ATO-tasojen osalta teknologian hyödyntämisen nähdään olevan mahdollista Suomen rautatieliikenteessä 2030-luvun loppupuoliskolla.

Liikenteenhallinnan jatkotoimenpiteiden tärkeimpänä asiana nähdään tehokkuuden lisääminen asiakaslähtöisesti. Tämä tarkoittaa käytännössä vaihto- ja ratatöiden huomiointia osana liikenteenhallinnan kehitystä sekä kapasiteetin hallinnan prosessien määrittämistä perustuen analytiikkaan. Myös kriittisten ja turvatoimintoja ohittavien komentojen yksityiskohtaista tarkastelua pidetään tärkeänä turvallisuuden kannalta. Edellä mainittujen lisäksi on tunnistettu koko rataverkon tilannekuvan parannustarve, jonka perusteella voidaan objektiivisesti määrittellä tarvittavat häiriötilanteiden ratkaisumallit. Myös liikenneohjaajan työnkuvaa on pyrittävä viemään perustyöstä automaation avulla vahvemmin puhtaasti ihmisen harkintaa edellyttävien toimenpiteiden toteuttamiseen.

Nykytiedon valossa varautuminen JKV-järjestelmän ratalaitteiden toiminnan ylläpitämiseen sen elinkaaren loppuun asti on hyvällä tasolla. Järjestelmän eri osien vikautumistaajuutta ja niiden varaosien saatavuustilannetta seurataan. Vaikka toistaiseksi varaosia on ollut saatavilla hyvin, tilanne saattaa muuttua nopeastikin, koska laitevalmistajien määrä on pieni ja kiinnostus vanhentuvan teknologian valmistuksen ylläpitämiseen voi muuttua. Selvityksessä laadittujen ennusteiden pohjana on käytetty JKV-järjestelmän kunnossapidosta saatua tietoa laitteiston vikaantumista 5–10 vuoden ajalta. Merkkejä tästä ei kuitenkaan toistaiseksi ole, vaikka vanhimmat käytössä olevat laitteet ovat jo noin 25 vuotta vanhoja. Riippumatta ennusteissa käytetyistä parametreista JKV-järjestelmän ratalaitteiden elinkaaren kannalta kriittisin aika on vuosina 2029–2031, jolloin JKV-materiaalien varastomäärät ovat ilman uushankintaa pienimmillään. Tämän jälkeen käytöstä poistuvan materiaalin määrä on niin suuri, että niiden pitäisi riittää helposti kattamaan järjestelmän ylläpito sen elinkaaren loppuun asti, vaikka laitteiden vikaantuvuus muuttuisi nykytilanteeseen nähden moninkertaiseksi. JKV-laitteiden riittävyttä ja toimintakuntoa onkin seurattava tiiviisti Väyläviraston toimesta, vaikka akuuttia tarvetta reagointiin ei nähdä.

ETCS-käyttösääntöjen rungon avoimien kohtien täydentämiseksi hankkeessa on laadittava seuraavaksi konseptit uusista toimintamalleista. Konsepteja kehitetään Operational Concept-dokumentin perusteella sekä yhteistyössä KoKoHa:n laitetoimittajan ja sidosryhmien kanssa. Konseptien muotoutumisen jälkeen, voidaan muodostaa luonnokset määrittelyjen tilanteiden käyttösäännöksi, joita voidaan verrata puolestaan järjestelmän määrittelyä vasten. ETCS-käyttösääntöjen kehityksessä muodostetaan seuraavaksi myös ehdotus siitä, kuinka käyttösäännöt sidotaan muuhun ohjeistukseen tulevaisuudessa ja kuinka paljon tietoa käyttösääntöihin tullaan sisällyttämään itse toimintamallista ja ETCS-järjestelmän yleisistä periaatteista. Vertailtaessa keskenään eri eurooppalaisten rataverkonhaltijoiden käyttösääntöjä, tunnistettiin käyttösääntöjen julkaisusisällölle ja sidokselle muuhun ohjeistukseen useita eri toimintamalleja.

Digirata-hankkeella on merkittävää vaikutusta rautatieliikenteen toimijakentän nykyisiin toimintamalleihin, vastuualueisiin ja tehtäväkuvauksiin. Mahdollisimman pian nähdäänkin tarpeellisenä laatia osaamisen kehittämisen ja muutosjohtamisen suunnitelma, joiden avulla varmistetaan teknisten järjestelmien käyttäjälähtöisyys ja valmius aloittaa operatiivisessa käytössä tavoiteaikataulun mukaisesti. Suunnitelmassa on kiinnitettävä erityisesti huomiota niihin toimenpiteisiin, joilla tunnistetaan olevan suoraa vaikutusta koko hankkeelle asetettuihin tavoitteisiin.

Projektihallinnan toimintatapojen täsmentäminen eri tehtäväkokonaisuuksien hallinnan osalta on käynnissä ja riskienhallintaprosessin kehittäminen hankkeen sisällä automaattiseksi osaksi kehitystoimintaa on välttämätöntä näin laajan hankkeen tehokkaan riskien hallinnan toteuttamiseksi. Digiradan johtamisjärjestelmän määrittely on myös tehtävä selkeyttämään jatkon tehtäväkenttää.

Ohjausryhmän lisäksi on tarpeen muodostaa korkean tason koordinaatioryhmä varmistamaan eri osapuolten suunnitelmien yhteensovitus hankkeen tehokkaaksi toteuttamiseksi. Jatkossa Digiradan käytännön toteuttaminen vaatii myös tiivistä yhteistyötä muiden ratahankkeiden kanssa töiden koordinoinnissa ja yhteensovittamisessa. Keskeiseksi suunnitteluperiaatteeksi on nostettava liikenteellinen toimivuus, kun toimenpiteitä yhteensovitaan ja Digiradan toteutusta edistetään.

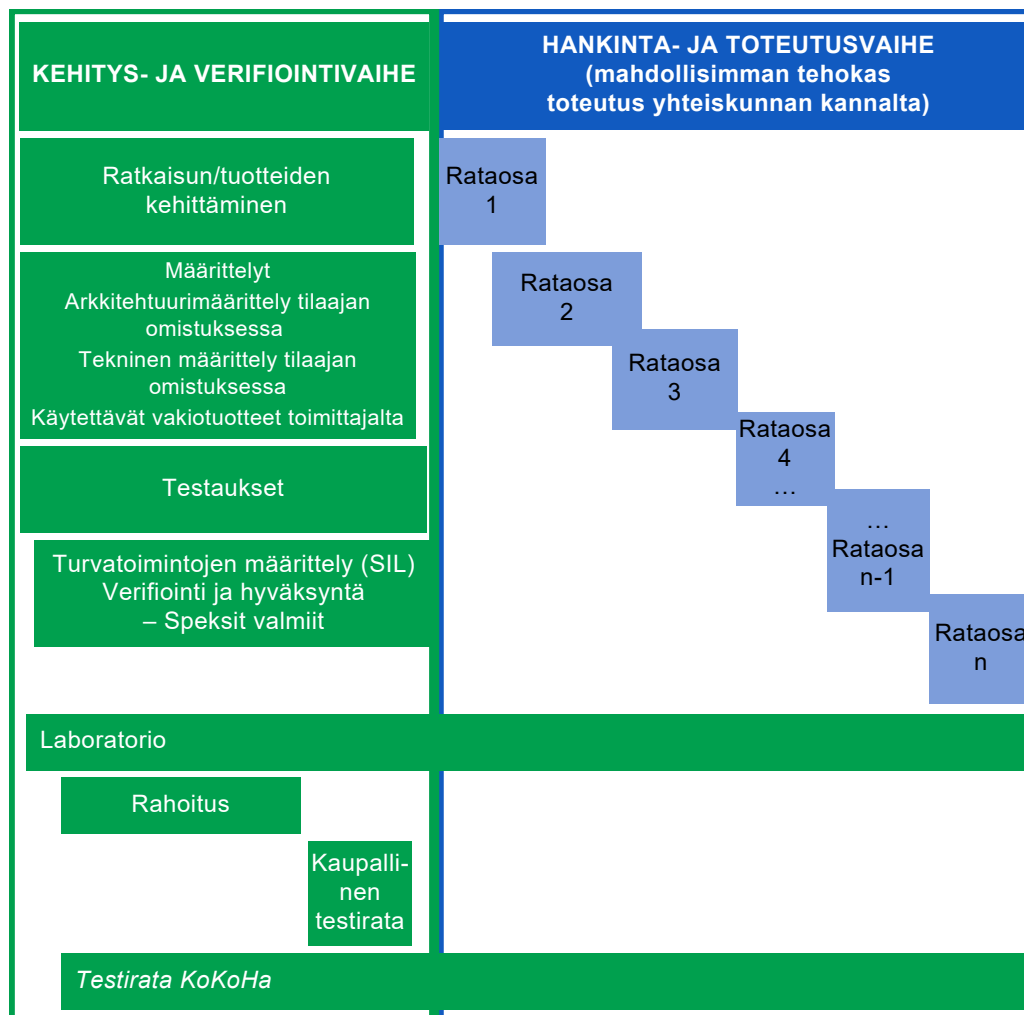
Radioverkot ovat keskeinen osa etenemissuunnitelman toteutumista. FRMCS:n sääntelyn ja teknologian kehittymisen seurannan sekä aktiivisen vaikuttamisen tulee olla keskeisessä roolissa koko hankkeen ajan. Korkean radioverkon kapasiteetin käytön alueilla, esimerkiksi Helsingin seudulla, radioverkon toimivuudesta on varmistuttava ennen implementointia. Suomen ja Venäjän välillä on olemassa koordinaatiosopimus liittyen radioverkon käyttöön itärajan läheisyydessä. Sopimuksessa on rajoitteita liittyen kentän voimakkuuteen ja teho-  
tiheyteen, rajoitukset on toteutettu taajuuskohtaisesti ja nämä rajoitteet on huomioitava Digiradan jatkokehityksessä. Mikäli päätös dedikoidun radioverkon pakollisuudesta rautatiekäyttöön tulee 2022 OHM-YTE:ssä, on Digiradan suunnitelmat päivitettävä vastaavasti. Radioverkkojen palvelujen parantamiseksi LVM:n johdolla on aloitettu selvittämään matkustajien junakuuluvuuden parantamista radioverkko-operaattoreiden kanssa. Mahdolliset synergiat junakuuluvuuden ja Digiradan kesken on tutkittava huolellisesti.

Ekosysteemyössä suositeltiin kevyen verkostotoiminnan jatkamista. Neljä kertaa vuodessa järjestettävä Digirata-foorumi toimii alustana kevyelle verkostoyhteistyölle tilaisuuden julkisuuden ja avoimen osallistumisen mahdollistaessa kaikkien kiinnostuneiden osallistumisen. Foorumin tavoitteena on olla tiedonvälittäjä ja kerätä palautetta osallistujilta.

## 6 Digiradan kehitys- ja verifiointivaihe 2021–2027

Digiradan kehitys- ja verifiointivaihe alkaa saumattomasti heti valmisteluvaiheen jälkeen, jotta työtä saadaan tehokkaasti edistettyä. Rahoituksen viitekehysten varmistuttua työ käynnistyy suuremmalla volyymillä tämän hetken arvion mukaan elokuun 2021 aikana.

**Kuvio 9.** Digiradan kehitys- ja verifiointivaihe sekä hankinta- ja toteutusvaihe ylätasoon kuvana



Kehitys- ja verifiointivaiheessa varmistetaan, että Digirata-hankeella päästään tavoiteltuun ETCS-tason kyvykkyyteen käyttäen hyväksi FRMCS-ratkaisua, uudenlaista paikannusmenetelmää ja automaattisten junatoimintojen tasoa 2. Kehitys- ja verifiointivaiheessa on tavoitteena valmistella saumattomat määrittelyt Digiradan järjestelmäkokonaisuuteen niin, että ratkaisut on testattu toimiviksi ja tehokas hankinta voidaan käynnistää toteutusvaiheeseen. Järjestelmärakenteen syvempi tuntemus ja osien integrointi sekä testaaminen on kokonaisuutena haastava tehtävä. Kehitys- ja verifiointivaihe vaatii mittavampia ponnisteluja aiempiin vaiheisiin verrattuna, koska järjestelmien kehitykseen osallistuminen sekä kehityksen seuranta vaatii useita sitoutuneita osajia vuosien ajaksi. Lopputulos on oltava varmistettu laboratorioympäristössä sekä testirataympäristössä. Tulevalla työllä on erittäin tärkeä merkitys, jotta voidaan muodostaa aukoton suunnitelma tehokkaaseen migraatioon koko maan kattavassa järjestelmämuutoksessa. Samalla on luotava valmius mittavan sektorimuutoksen läpiviintiin, joka koskee kaikkia alan toimijoita ainakin jossakin määrin.

**Kuvio 10.** Kyvykkyyksien rakentaminen tapahtuu vaiheittain



Kyvykkyyksien rakentamisen lähtökohtana toimii Kouvola-Kotka/Hamina-rataosalle toteutettava testijärjestelmä ja siihen liittyvä laboratorio. Kouvola-Kotka/Hamina ETCS L2 -kehityksen rinnalla aloitetaan jo kehittämään junan automaattitoimintojen osaamista (ATO), uudenlaista paikannusjärjestelmäosaamista sekä tietoliikenne- ja radioverkko-osaamista (FRMCS) teknologisella tasolla, jotta voidaan määrittellä tulevaisuudessa hankittavan järjestelmän ominaisuudet riittävän tarkasti. Edellä mainittujen lisäksi ETCS L3-kyvykkyyden rakentaminen aloitetaan heti, kun on hankittu riittävä näkemys tulevaisuuden tekniikasta ja sen mahdollisista rajoituksista.

Kehitystä tullaan tekemään inkrementaalisesti niin kyvykkyyden kuin järjestelmämäärittelyjen osalta. Tämä tarkoittaa toimivan järjestelmäkokonaisuuden testaamista valittujen toiminnallisuuksien kokonaisuutena vaiheittain ennen seuraavan ominaisuuden lisäämistä

osaksi järjestelmää. Karkealla tasolla järjestelmätekninen eteneminen menee samaa tahtia kyvykkyyksien kanssa. Aikataulullisesti kehitys on oltava viimeistelty vuonna 2025, jotta pilottiradan testaukset päästään aloittamaan 2026 ja sitä kautta avattua rataosa kaupalliseen liikenteeseen.

Kehityksen rinnalla on seurattava tarkasti regulaation kehittymistä, jotka ottavat kantaa esimerkiksi ohjaus-, hallinta- ja merkinantolaitteistoon, radioverkkoon tai operatiivisiin sääntöihin. Seuraavia OHM-YTE-päivityksiä odotetaan virallisesti vuonna 2022 ja siinä on huomioitu Suomen kannalta merkittävimpiä kehityskohteita. Jo vuoden 2021 aikana voidaan odottaa ennakkotietoja päivityksen sisällöstä.

Kehitys- ja verifiointivaiheeseen sisältyy siis vielä tuntemattomia riskejä, joista saadaan lisätietoa lähitulevaisuudessa. Tällaisia riskejä ovat muun muassa uusien FRMCS:n mukaisen tuotteiden saatavuus sekä kyvykkyyksien yleisempi kehittyminen.

Kehitysvaihetta on käytännössä mahdoton tehdä nopeutetusti suuresta kehitysmäärästä ja regulaation epävarmuudesta johtuen. Lopputuloksena kuitenkin tulee olemaan moderni radiopohjainen ETCS-järjestelmä, jonka kehittämisvalmius tulevaisuuden teknologiamuutoksiin on olemassa.

Kehitys- ja verifiointivaihe tarkoittaa käytännössä Digiradan teknisen kehitysprojektin kokonaisuutta, joka valmistelelee määritelmät maan kattavaan migraatioon. Digiradan pidemmän aikajänteen kehittämiseen muodostetaan ydintoimijoiden kesken strategisemmän tason kansallinen ERTMS-koordinaatioryhmä, joka suunnittelee koko aikajänteen vuoteen 2040 saakka huomioiden eri toimijoiden hankinnat ja kansalliset hankkeet. Pidemmän aikajänteen suunnittelua voidaan kuvata strategisen tason työskentelyinä, jossa myös rahoituksen varmistaminen on oleellinen osa toimintaa.

Kehitys- ja verifiointivaiheessa tullaan miehittämään jo olemassa olevien kansainvälisten työryhmien lisäksi useita teknisiä työryhmiä ERTMS User Group -jäsenyyden kautta. Nämä työryhmät auttavat konkretisoimaan eurooppalaisen teknologisen kehityksen tason ja hyödyntämään olemassa olevaa tietoa. Vaikuttamista jatketaan Suomelle tärkeissä asioissa entistä organisoidummin KV-työryhmän muodostaman tilannekuvan kautta. Näin saadaan yksi ja yhtenäinen ääni kuuluviin työryhmissä. Virastot ja esimerkiksi VR jatkavat ansiokasta työtään omissa kansainvälisissä kanavissaan vieden Suomen viestiä eteenpäin sekä tuoden ryhmien valmistelemia näkemyksiä käsittelyyn.

## 7 Digiradan hankinta- ja toteutusvaihe 2028–2040

Hankinta- ja toteutusvaiheessa työn luonne muuttuu todella paljon verrattuna kehitys- ja verifiointivaiheeseen, koska siirrytään kehitysprojektista todennäköisesti useisiin rakennusprojekteihin. Organisoituminen on tässä vaiheessa tarkasteltava rakentamisen näkökulmasta, vaikka pieni rooli jääkin kehitysorganisaatiolle varmistaa kaiken toimivuus sekä etsiä ratkaisut ennustamattomille ongelmille.

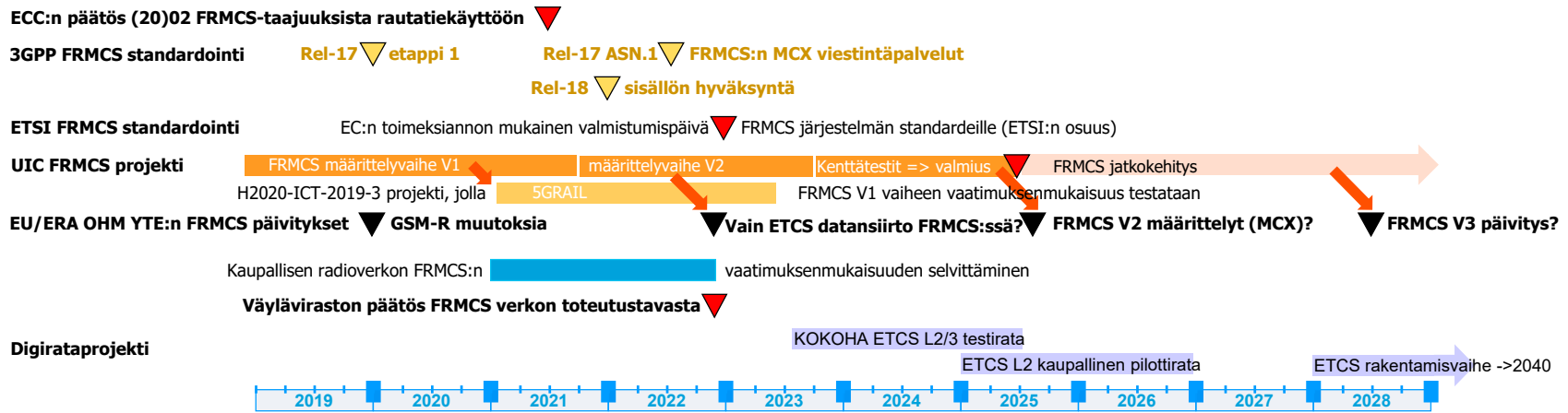
Hankinta- ja toteutusvaiheeseen siirryttäessä on tulevan järjestelmäkokonaisuuden toteutuskelpoisuus oltava varmistettu ja jäännösriskien osalta minimointisuunnitelma on oltava tehty. Siirrosta voidaankin kuvailla tuotekehityksestä massatuotantoon siirtymiseksi, jolloin tuotantoprosessi on viritettävä mahdollisimman tehokkaaksi. Tämä onnistuu ainoastaan rautatietojoiden saumattomalla yhteistyöllä, jonka vuoksi on kaikkien toimijoiden valmius varmistettava ennen laajempaan toteutukseen siirtymistä.

Valmisteluvaiheen päätteeksi tuotettu kansallinen etenemissuunnitelma toimii hankinta- ja toteutusvaiheen suunnittelun pohjana kehittyen suurella todennäköisyydellä vielä kehitys- ja verifiointivaiheessa. Toteutuksen rahoituksen varmistaminen on oleellinen osa kehitysvaiheessa tehtävää työtä. Suomen pitkäjänteinen suunnitelma Liikenne 12 -työn kautta auttaa tekemään Digiradan kaltaisia mittavia uudistuksia eri liikennemuodoissa ja mahdollistaa tulevaisuuden liikennejärjestelmäkokonaisuuden kehittämisen tulevaisuuden sukupolvet huomioivaan kestäväen kehityksen suuntaan.



## LIITTEET

Liite 1. FRMCS -määrittelyyn ja standardointiin liittyvä tavoiteaikataulu



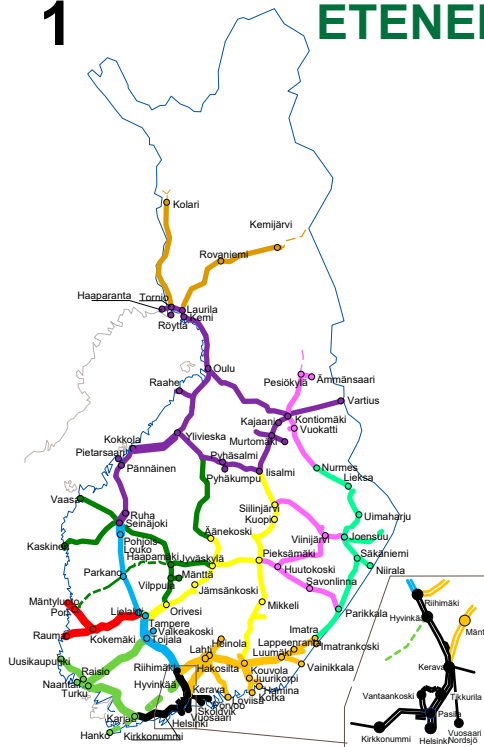
Liite 2. Digiradan valmisteluvaiheessa määritellyt etenemisvaihtoehdot

1

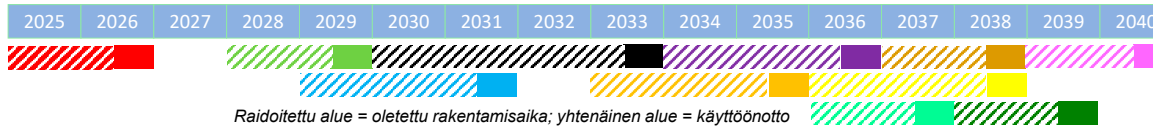
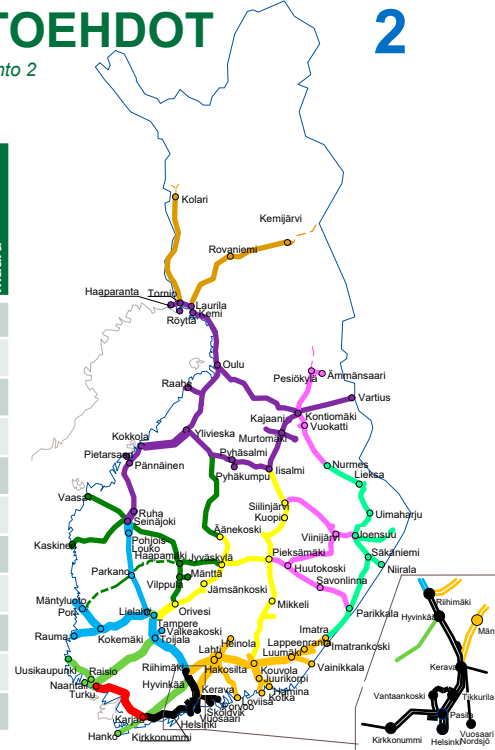
# ETENEMISSUUNNITELMAVAIHTOEHDOT

2

Rinnakkaisvertailukuva, mustalla vaihtoehto 1 ja sinisellä vaihtoehto 2 raidekilometri ja SEU tiedot



	Arvioitu rakentamisaika	Arvioitu käyttöönotto-vuosi	1. Raidekilometrien määrä (yksi raide)	2. Raidekilometrien määrä (yksi raide)	1. SEU-elementtien määrä	2. SEU-elementtien määrä
1	2025-2026	2026	191	117	366	238
2	2028-2029	2029	451	334	580	374
3	2029-2031	2031	302	493	1117	1483
4	2030-2033	2033	214	214	1418	1418
5	2033-2035	2035	544	544	1468	1468
6	2034-2036	2036	1091	1091	1533	1533
7	2036-2037	2037	453	453	384	384
8	2036-2038	2038	649	649	1229	1229
9	2037-2038	2038	376	376	194	194
10	2038-2039	2039	615	615	334	334
11	2039-2040	2040	574	574	305	305



Twitter: @lvm.fi  
Instagram: lvmfi  
Facebook.com/lvmfi  
Youtube.com/lvm.fi  
LinkedIn: Liikenne- ja viestintäministeriö

**lvm.fi**