



Euroopan unionin
rahoittama
NextGenerationEU

Turvalaitejärjestelmän tavoitetilan lähtökohdat ja sijoitteluvaihtoehdot



DIGI
RATA

Taulukko 1: Versiohistoria

Versio	Päivä	Tekijä	Katselmoijat	Hyväksyjä	Huomiot
1.0	14.1.2025	Jani Westerling	Pekka Mäkinen, Juha Lehtola, Ari Tilli, Johan Sjöblom, Teemu Sirkiä	Jari Pylvänäinen	

Sisällys

1	TIIVISTELMÄ	3
2	TAVOITTEET	4
3	KESKITETYN TURVALAITEJÄRJESTELMÄN LUKUMÄÄRIIN VAIKUTTAVAT REUNAEDOT	4
3.1	Toimittajaratkaisujen suorituskyky sekä ratalaitteiden ja liikenteen määrä	5
3.1.1	Rataelementit	6
3.1.2	Kalusto	7
3.2	Keskitetyn turvalaitejärjestelmän maantieteellisen hajauttamisen mahdollisuus	7
3.3	Yleisimmät rautatieinfran tekniset häiriöt sekä niiden tapahtumatiheys	8
3.4	Tietoliikenneratkaisut	9
3.5	Laitteiden ja laitetoimintojen eriytyminen	10
3.6	Elementti- ja rataosamuutosten joustavuus	11
3.7	Toimittajarajapinnan ylittävien ETCS-siirtymien minimointi	11
3.8	Tarvittavat päätökset	12
4	KESKITETYN TURVALAITEJÄRJESTELMÄN SIOITTELU	12
4.1	Sijoittelumahdollisuuksiin vaikuttavat muutokset	13
4.2	Keskitetty sijoittelumalli	14
4.3	Keskihajautettu sijoittelumalli	15
4.4	Hajautettu sijoittelumalli	15
4.5	Sijoittelumallien vertailu	16
4.5.1	Tekniset vararatkaisut	16
4.5.2	Fyysinen turvallisuus	17
4.5.3	Kunnossapito	19
4.5.4	Tietoliikenne	20
4.5.5	Vertailun yhteenveto	21

1 Tiivistelmä

Tavoitteet ja tausta: Digiradan yleisenä tavoitteena on pienentää elinkaarikustannuksia vähentämällä asetinlaitteiden lukumäärää. Nykyisin asetinlaitteita Suomessa on yli 200. Tavoitteena on keskitetty, suorituskykyinen, toimintavarma, skaalautuva ja ylläpidettävä järjestelmäkokonaisuus.

Lukumäärään vaikuttavat tekijät: Asetinlaitteiden lukumäärän vähentäminen on mahdollista arkkitehtuurilla, joka ei ole sidoksissa yksittäisiin liikennepaikkoihin. Tämä mahdollistaa laajemman alueen hallinnan ja laitteiden keskittämisen. Lisäksi EULYNX-arkkitehtuuri mahdollistaa logiikan ja elementtien ohjaamisen eriyttämisen standardirajapintoja hyödyntämällä.

Keskitetyn turvalaitejärjestelmän sijoittelu: Dokumentti käsittelee keskitetyn turvalaitejärjestelmän sijoittelua ja esittää kolme vaihtoehtoista mallia:

1. Keskitetty malli: Laitteet sijoitetaan muutamaankin eri sijaintiin.
2. Keskihajautettu malli: Laitteet sijoitetaan useampaan eri sijaintiin.
3. Hajautettu malli: Jokaiselle laitteelle on oma tilansa.

Arviointi ja vertailu: Eri sijoittelumalleja arvioidaan huoltovarmuuden, kokonaiselinkaarikustannusten ja teknisten vararatkaisujen näkökulmasta. Keskitetty ja keskihajautettu malli arvioidaan kustannustehokkaimmiksi ja turvallisimmiksi, kun taas hajautettu malli tarjoaa enemmän joustavuutta mutta korkeammilla kustannuksilla.

Dokumenttia on lähdemateriaalia käynnistettävässä tarkemmassa analyysityössä Digiradan tavoitteita vasten, jonka pohjalta päätökset voidaan tehdä sekä arvioida.

2 Tavoitteet

Yleisenä Digiradan tavoitteena on pienentää elinkaarikustannuksia. Teknisten järjestelmien osalta yhtenä keinona tämän mahdollistamiseksi on asetinlaitteiden lukumäärän vähennys. Nykyisin asetinlaitteita on esimerkiksi yli 200 ja niiden lukumäärä on muotoutunut ajan saatossa ja juontaa juurensa liikennepaikkapohjaisesta arkkitehtuurista, jossa yhden asetinlaitteen hallinnoima alue pääsääntöisesti on yksi liikennepaikka ja osa linjoista kohti viereistä liikennepaikkaa.

Fyysisen turvalaitteiden tavoitearkkitehtuurin tavoitteena on mahdollistaa keskitetty, suorituskykyinen, toimintavarma, skaalautuva sekä ylläpidettävä järjestelmäkokonaisuus. Tavoitearkkitehtuurissa tulee tavoitella tasapainoa nykyisten saatavilla olevien ratkaisujen suorituskyvyn kasvun hyödyntämisessä sekä järjestelmän hallinnan ja käytettävyyden välillä.

Tämä dokumentti kuvaa keskitetyn turvalaitejärjestelmäkokonaisuuden fyysiseen tavoitearkkitehtuuriin vaikuttavat reunaehdot, sekä kuvaa yleisellä tasolla niiden tuomat vaikutukset käsiteltävään osa-alueeseen. Dokumenttia on tarkoitus käyttää ohjaavana lähdemateriaalina jatkossa käynnistettävässä tarkemmassa analyysityössä Digiradan tavoitteita vasten, jonka pohjalta päätökset voidaan tehdä sekä arvioida.

3 Keskitetyn turvalaitejärjestelmän lukumääriin vaikuttavat reunaehdot

Keskitetyn turvalaitejärjestelmäkokonaisuuden fyysisen tavoitearkkitehtuurin määrittely laitteiden lukumäärällisen vähentämisen kannalta on kokonaisuus, jossa tulee huomioida järjestelmän ulkopuolisia tekijöitä sekä itse järjestelmän käyttöä. Toimittajilla saatavilla olevat ratkaisut luovat lisäksi rajoitteita minimilukumääriin.

Asetinlaitteiden lukumäärän vähentäminen on mahdollista arkkitehtuurilla, joka ei ole suoraan sidoksissa yksittäisiin liikennepaikkoihin. Laajemman alueen hallinnointi ja laitteiden keskittämisen mahdollistaa osaltaan nykyisten järjestelmätoimittajilta saatavien tietokonepohjaisten asetinlaitteiden kehittynyt suorituskyky, jonka ansiosta ohjattavia elementtejä per asetinlaite voi nykyään olla huomattavasti enemmän kuin kymmeniä vuosia sitten, jolloin nykyarkkitehtuuri muodostui. Joillakin toimittajilla on keskittämiseen mahdollistavia ratkaisuja Suomessa ollut käytössä muutamilla rataosilla, joten arkkitehtuuri vaihtelee rataosittain toimittajaratkaisujen mukaan. Vallitsevana arkkitehtuurina on kuitenkin liikennepaikkaperustainen, joten koko Suomea tarkastellessa muutos on iso.

Toisena ja edellistä merkittävämpänä tekijänä keskittämisen mahdollistaa asetinlaitteen arkkitehtuurimuutos, jossa logiikan ja elementtien ohjaamisen järjestelmäkerrokset on eriytetty standardirajapintoja hyödyntämällä EULYNX-arkkitehtuurin mukaisesti. Tämä muutos mahdollistaa keskittämisen laajemmin kuin sen mukaan, mikä toimittajista hankintakilpailun on voittanut.

Asetinlaitteiden uusinnan lisäksi Digirata uusii kulunvalvontajärjestelmän Eurooppalaisella ERTMS:llä, joten keskitettyyn turvalaitejärjestelmään kuuluu olennaisena osana myös radiosuojastuskeskus, joka omalta osaltaan lisää laitteiden lukumäärää.

Lukumäärään vaikuttavia ja sen suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja, joita tässä dokumentissa käsitellään ovat:

- Toimittajaratkaisujen suorituskyky ja ratalaitteiden ja liikenteen määrä
- Keskitetyn turvalaitejärjestelmän maantieteellisen hajauttamisen mahdollisuus
- Yleisimmät rautatieinfran tekniset ongelmat ja niiden tapahtumatiheys
- Tietoliikenneneratkaisut
- Laitteiden ja laitetoimintojen eriytyminen
- Elementti- ja rataosamuutosten joustavuus
- Toimittajarajapinnan ylittävien ETCS-siirtymien minimointi
- Järjestelmäkomponenttien sijoituspaikat

3.1 Toimittajaratkaisujen suorituskyky sekä ratalaitteiden ja liikenteen määrä

Fyysisten järjestelmäkomponenttien lukumäärään vaikuttaa suoraan toimittajien saatavilla olevien ratkaisujen suorituskyky – kuinka monta elementtiohjainta tai liikkuvaa yksikköä laitteella pystytään hallinnoimaan.

Elementtiohjainten ja liikkuvien yksiköiden hallinnointi tapahtuu asetinlaite- ja radiosuojastuskeskustoiminnoilla, jotka perinteisesti ovat olleet omia fyysisiä laitteitaan. Toimintoja tuottavia fyysisiä tai virtuaalisia laitteita ei tarvitse olla samaa määrää, vaan yleensä ulkolaite-elementit vaativat useampia laitteita hallinnointiin verrattuna liikkuvan kaluston hallinnoinnin vaatimuksiin. Toimittajilta Digiradan 2022 tietopyyntöön saadun tiedon perusteella yksi radiosuojastuskeskus kykenee toimimaan usean asetinlaitteen

kanssa samalla hallinnoitavalla alueella. Radiosuojastuskeskusten ja asetinlaitteiden välinen suhde voi olla jopa 1:10.

3.1.1 Rataelementit

Toimittajien asetinlaitteet pystyvät ohjaamaan huomattavan paljon enemmän rataelementtejä kuin mitä ohjattavalla alueella Suomessa keskimäärin on. Tätä nykypäivän laitteiden kyvykkyyttä ja kapasiteettia hyödyntämällä kyetään asetinlaitteita keskittämään.

Digiradan vuonna 2022 tekemän tietopyynnön toimittajavastausten perusteella laitetoimittajien ratkaisut kykenevät ohjaamaan ulkolaite-elementtejä yhdellä asetinlaitteella hyvin vaihtelevalla suorituskyvyllä. Niiltä toimittajilta, joilta tarkkoja lukuja saatiin, ohjattavien fyysisten elementtien maksimilukumäärä oli 800–1500.

Suomessa tällä hetkellä olevat Digiradan ERTMS toteutuksen myötä jäävät rataelementtimäärät ovat likimain seuraavia:

- Vaihde: n. 5400 kpl
- Raideopastin: n. 2500 kpl
- Akselinlaskija: n. 5400 kpl -> 2700 ohjattavaa elementtiä
- Raide-eristys: n. 8500 kpl -> 4250 ohjattavaa elementtiä akselinlaskijoiksi vaihdettuna
- Varoituslaitos: n. 800 kpl
- Raidevirtapiirit: n. 300 kpl (arvio)
- Raiteensulku ja pysäytinlaitteet: n. 600 kpl
- Avainsalpalaitteet: n. 350 kpl

Yhteensä tulevan asetinlaitejärjestelmän ohjaamia elementtejä on n. 16 900.

Yllä mainituista elementtimääristä akselinlaskijoiden lukumäärän voidaan olettaa kasvavan lyhyempien suojavälien käytön myötä. Vertailussa otetaan tästä syystä sekä tulevaisuuden ja jouston varalle huomioon 30 % lisäämisvara, jolloin toteutusvaiheessa tulee varautua 22 000 eri ulkolaite-elementin ohjaamiseen.

Toimittajilta saatujen suorituskykylukemien perusteella saadaan elementtien ohjaamiseksi vaadittavien asetinlaitteiden minimimääräksi 15–28 kpl. Tässä luvussa on huomioitava, että se ei kaikilla toimittajilla tarkoita fyysisten laitteiden määrää, vaan toiminnot voidaan hoitaa alustaratkaisuilla, jolloin laitteiden lukumäärä voi olla myös pienempi. Samoin tulee myös ottaa huomioon, että lukumäärä ei automaattisesti tarkoita fyysisten asennuspaikkojen lukumäärää. Keskitetty turvalaitejärjestelmä voidaan sijoittaa erilleen ulkolaiteohjaimista IP-pohjaisten standardirajapintojen takia.

3.1.2 Kalusto

Kaikki radiosuojastuskeskuksen suojaamat liikkuvat yksiköt ovat yhteydessä radiosuojastuskeskukseen koko suojatun kulun ajan. Tällä hetkellä Suomessa liikennöi noin 1700 junaa päivässä, jotka tulevat tarvitsemaan radiosuojastuskeskuksen kapasiteettia. Samanaikaisesti liikennöivien junien lukumäärä päivittäin on enimmillään hieman yli 200 kpl.

Digiradan vuonna 2022 tekemän tietopyynnön perusteella toimittajien ratkaisut kykenevät 90–120 yhtäaikaisen junan turvaamiseen niiden toimittajien perusteella, jotka tietopyynnössä tarkkoja tietoja antoivat.

Yllä olevien lukujen perusteella voidaan olettaa, että kapasiteetti yksiköiden yhtäaikaiseen suojaamiseen vaatii vähintään 3–4 radiosuojastuskeskusta.

3.2 Keskitetyn turvalaitejärjestelmän maantieteellisen hajauttamisen mahdollisuus

Kun keskitetyn turvalaitejärjestelmän ohjaaman alueen koko kasvaa, kasvaa samalla häiriöalueiden koko sekä häiriön vaikutukset vakavissa häiriötilanteissa. Nykyaikaiset ratkaisut mahdollistavat kuitenkin sen hajauttamisen kahteen tai useampaan fyysiseen sijaintiin, jolloin häiriön kestoa voidaan lyhentää siirtymällä käyttämään samaa järjestelmää toisesta fyysisestä sijainnista. Hajauttaminen tuo hyötyä sellaisissa häiriötilanteissa, joissa häiriö on järjestelmässä itsessään, tai sen sijaintipaikkaan liittyvä. Sijaintipaikkaan liittyviä häiriötä ovat esimerkiksi järjestelmän kriittisen tukijärjestelmän sekä sijoituspaikan tietoliikenteeseen tai sähkönsyöttöön liittyvät vakavat häiriöt.

Kahdentamalla saadaan keskitetyn järjestelmän toimintavarmuutta ja kunnossapitovarmuutta kasvatettua, mutta vaatii useamman fyysisen sijainnin sekä enemmän järjestelmäkomponentteja.

Kahdentamisen kyvykkyyttä on eri tasoista. Yksinkertaisimmillaan kahdennus on identtisellä konfiguraatiolla asennettu kokonaisuus toisessa fyysisessä sijainnissa, jonka käyttöönotto tapahtuu manuaalisesti asennuspaikoista käsin. Tällainen ratkaisu ei mahdollista ennalta suunnittelemissa yliheitoissa erityisen nopeaa reagointia tarpeen ilmetessä.

Kehittyneimmillään järjestelmä huolehtii itse siitä, että elementtien ohjaus on käytössä siitä fyysisestä sijainnista, mistä yhteydet toimivat ja järjestelmä on käyttökunnossa.

On huomioitavaa, että maantieteellinen hajautus vaatii toimiakseen vikasietoisen tietoliikenne-ratkaisun, vaikka hajautus itsessään toimii osaltaan myös ratkaisuna joihinkin tietoliikennehäiriötilanteisiin.

Tähän lukuun lisätään arvio manuaalisen yliheitoajan riittävydestä junaliikenteelle verrattuna häiriötapahtuman todennäköisyyteen dokumentin myöhemmässä versiossa.

3.3 Yleisimmät rautatieinfran tekniset häiriöt sekä niiden tapahtumatiheys

Tulevan keskitetyn turvalaitejärjestelmän arkkitehtuurin tulisi ottaa huomioon rautatieinfran yleisimmät tekniset häiriöt sekä niiden tapahtumatiheys nykyisellä rataverkolla. Tavoitearkkitehtuurin tulee olla suunniteltu siten, etteivät yleisimmät häiriöt, jotka ovat Digiradan vaikutusalueen ja laajuuden ulkopuolella, aiheuta häiriöihin kasvattavasti. Ne häiriöt, joihin Digirata puolestaan voi vaikuttaa tulee ottaa huomioon kokonaisuuden määrittelyssä sekä pyrkiä vähentämään niiden esiintyvyyttä liikenteeseen vaikuttavasti.

Syykoodi	2023		2024		Yhteensä	
	Lukumäärä	Myöh.mi n.	Lukumäärä	Myöh.mi n.	Lukumäärä	Myöh.mi n.
Kaikki yhteensä	10574	113231	10794	125745	21368	238976
P109 Vaihde	2566	28025	3139	36716	5705	64741
P103 Asetinlaite	1545	19167	1692	24828	3237	43995
P112 Tiedonsiirto	525	13907	274	8037	799	21944
P106 Akselinlaskenta	566	7213	647	10679	1213	17892
P105 Raidevirtapiiri	699	5331	1350	10144	2049	15475
P108 Opastin	1111	6528	1169	8439	2280	14967
P205 Liikenteenhallinnan järjestelmien konesalipalvelut	681	6787	2	20	683	6807
P102 Baliisi	593	2736	734	4021	1327	6757
P110 Tasoristeyslaitos	269	2174	380	4205	649	6379
P203 Muu liikennöitsijän vastuulla oleva tietojärjestelmähäiriö	350	3504	152	2830	502	6334

Taulukko 2: Yleisimmät tekniset häiriöt vuosina 2023 ja 2024

3.4 Tietoliikenne ratkaisut

Turvalaitteiden lukumäärän vähentäminen ja hallinnoitavan alueen laajentaminen ja etäisyyksien kasvattaminen aiheuttavat merkittäviä tietoliikennevaatimuksia, sillä keskitetyt järjestelmät tarvitsevat luotettavan ja nopean tiedonsiirron eri järjestelmien ja osajärjestelmien välillä.

Tiedonsiirtohäiriöt ovat yksi yleisimmistä teknisistä häiriösyistä Suomen rautateillä ja yksittäisen häiriön aiheuttama liikennehaitta on kertaluokkaa suurempi muihin häiriösyihin verrattuna.

Mikäli vaatimusten mukaista verkkoratkaisua ei toteuteta, vaikuttaa tämä heikentävästi kokonaisjärjestelmän luotettavuuteen sekä jatkuvuuden mahdollistamiseen. Tällöin tavoitearkkitehtuuri kannattaa suunnitella hajautetummaksi sekä enemmän fyysisiä komponentteja sekä sijoituspaikkoja.

Keskitetty tavoitearkkitehtuuri ja asetinlaitteiden lukumäärän vähentäminen edellyttävät tehokkaita ja vikasietoisia tietoliikenneverkkoja, joiden perustan muodostavat rengasverkkoarkkitehtuuri ja varaverkkojärjestelmä.

Rengasverkon hyödyt:

- Luotettavuus: Rengasverkko tarjoaa korkean luotettavuuden, sillä tiedonsiirto voi jatkua vaihtoehtoista reittiä pitkin, jos yksi yhteys katkeaa.
- Skaalautuvuus: Rengasverkko on helposti laajennettavissa lisäämällä uusia solmuja verkkoon.
- Vikasietoisuus: Vikasietoisuus paranee, koska verkko pystyy automaattisesti ohjaamaan liikenteen uudelleen vikatilanteissa.

Varaverkon hyödyt:

- Jatkuvuus: Varaverkko varmistaa, että tiedonsiirto jatkuu häiriötilanteissa, mikä on kriittistä keskitettyjen järjestelmien toiminnalle.
- Redundanssi: Varaverkko tarjoaa ylimääräisen tiedonsiirtokanavan, mikä lisää järjestelmän kokonaisluotettavuutta.
- Turvallisuus: Varaverkko voi toimia myös tietoturvamekanismina, sillä se mahdollistaa liikenteen eristämisen ja suojaamisen.

Varaverkossa on myös erityisen tärkeää sen maantieteellinen erottaminen pääverkosta sen koko alueelta, jotta yksittäiset fyysiset ilmiöt eivät aiheuta häiriötä molempiin verkkoihin vieden toimintakyvyn järjestelmästä laajemmin. On myös huomioitava, että EULYNX määritysten perusoletuksena on varaverkon olemassaolo ja määritysten mukaiset järjestelmät kykenevät saumattomasti siirtymään varayhteyden käyttöön pääyhteyden häiriötilanteissa.

3.5 Laitteiden ja laitetoimintojen eriytyminen

Nykyaikaiset turvalaitejärjestelmien laitealustat mahdollistavat useiden laitetoimintojen suorittamisen yhdellä fyysisellä laitealustalla. Keskitetyn turvalaitejärjestelmän päätoimintoja ovat asetinlaite- ja radiosuojastukeskustoiminnot, joita yhdellä alustalla voidaan suorittaa useita instansseja. Esimerkiksi EKA-radalla yhdellä laitealustalla on mahdollista suorittaa useita asetinlaitteita, jotka perinteisesti olisivat kukin oma fyysinen laitteensa.

Laitealustat mahdollistavat näin olleen samalle alustalle toimintojen lisäämisen laitekapasiteettia lisäämällä, joka mahdollistaa eri rataverkon osien toteutuksen samalle toimittajan jo aiemmin toimittamalle alustalle vuosienkin päästä alkuperäisestä käyttöönotosta.

Digiradan vuonna 2022 tekemän tietopyynnön perusteella laitealustoja on jo saatavilla, tai tulossa saataville lähivuosien aikana kaikille suurille turvalaitetoimittajille.

Laitetoimintojen ja fyysisten laitteiden eriytyminen myötä hankinnoissa kannattaa ennemmin tavoitella ja keskittyä käytännön ylläpidon ja elementtien sekä rataosien muutosten joustavuuden näkökulmiin, sillä kaikki keskitetyn turvalaitejärjestelmän toiminnot on mahdollista toteuttaa vain yhdellä fyysisellä ja maantieteellisesti hajautetulla järjestelmällä. Tämä näkökulma ei ole relevantti pelkästään laitealustojen myötä, sillä se on relevantti myös mitä keskitetympään turvalaitejärjestelmään siirrytään.

Laitealustojen elinkaaren osalta laitealustalla ja sen suorittamilla asetinlaite- ja radiosuojastuskeskustoiminnoilla voi olla eriävät kestot. Tämä ei sinänsä eroa nykyisin käytettävien järjestelmien käytönaikaisista laitteistopäivityksistä. Eroa tuo se, että alustan hyödyntäminen uusien rataverkon osien keskitetyille turvalaitejärjestelmille pidentää laitealustan elinkaarta. Laitealustaa tulee ylläpitää, kunnes kaikki alustalla suoritettavat toiminnot ovat tulleet elinkaarensa päähän. Toiminnoilla voi ratkaisussa olla kymmenien vuosien ero käyttöönottoajankohdassa.

3.6 Elementti- ja rataosamuutosten joustavuus

Suurta, useita liikennepaikkoja kattavaa maantieteellistä aluetta hallitseva järjestelmä vaatii pahimmillaan käyttökaton koko alueelle, kun yhden liikennepaikan raiteistoa muutetaan. Laaja maantieteellinen käyttökato aiheuttaa lähes poikkeuksetta haittaa liikenteelle. Tällaisten tilanteiden minimoimiseksi tai estämiseksi järjestelmän tulisi mahdollistaa hallinnoitavan alueen ositus jollain tavalla, tai mahdollistaa ongelman kiertäminen maantieteellisen hajautusratkaisua hyödyntämällä. Maantieteellistä hajauttamista voidaan hyödyntää suorittamalla päivitys ensin epäaktiivisessa sijainnissa ja siirtämällä päivityksen jälkeen toiminnallisuus päivitettyyn sijaintiin. Kun toimivuudesta on varmuus, voidaan alun perin aktiivisena ollut sijainti päivittää, jotta eri sijaintien järjestelmät ovat identtisiä.

Toimittajilla oli heikosti valmiuksia ohjattavan alueen ositukseen yksittäisten laitteiden osalta Digiradan 2022 tietopyynnön perusteella, joten ratkaisua laajojen rataverkon osien hallintaan koko aluetta pienemmissä osissa tulee hakea laitealustojen, maantieteellisen hajauttamisen ja laitteiden lukumäärän lisäämisen muodossa.

Laitealustat mahdollistavat hallittavan alueen osituksen, sillä laitealustaratkaisuissa laitteet ovat sovelluksia tai virtuaalilaitteita, joita yhdellä alustalla voidaan suorittaa useita. Tällainen laitealustan hyödyntämisen toteutustapa on EKA-radalla rataosan osittamisessa. Toimittajan suunnittelema ratkaisu on osioitu, vaikka järjestelmäkomponentit eivät itsessään sitä tarjoa.

3.7 Toimittajarajapinnan ylittävien ETCS-siirtymien minimointi

Yksikön liikuessa yhden radiosuojastuskeskuksen hallinnoimalta alueelta toisen radiosuojastuskeskuksen hallinnoimalle alueelle, tulee järjestelmien suorittaa toistensa kanssa kommunikoiden siirtymä (Eng. handover), jotta yksikön kulku mahdollistuu saumattomasti. Vaikka toiminto ei ole erityisen monimutkainen, on sen toteutuksissa eri laitetoimittajilla eroja varsinkin poikkeus- ja vajaatoimintatilanteiden hallinnassa, Poikkeus- ja vajaatoimintatilanteissa siirtymän toiminta on heikosti määriteltynä teknisissä eritelmissä, minkä takia tämä jää tilaajan määriteltäväksi, joten toimintoa eri toimittajarajapinnan yli tulisi rataverkolle suunnitella harkintaa käyttäen.

Tämä näkökulma puoltaa rataverkon jakamisen toimittajakohtaisiin alueisiin selkeillä ja ennalta määritetyillä toimittajarajapinnoilla, jotka tulee muodostaa ennen hankintojen käynnistämistä. Julkisten hankintojen ollessa prosessi, jonka lopputulokseen tilaajalla on vaihteleva mahdollisuus vaikuttaa, edellyttää tällaisen määrittelyn toteutuminen myös tätä tukevaa hankintasuunnitelmaa.

3.8 Tarvittavat päätökset

Tarvittavia päätöksiä tai linjauksia lopullisen tavoitearkkitehtuurin muodostamiseksi sekä tueksi:

- Tietoliikenneverkon kokonaiskuva, kahdennettu rengasverkko kaikkialla, osittain, vai ei ollenkaan
- Langattoman tiedonsiirron käyttö turvalaitejärjestelmässä harvoin liikennöidyillä alueilla ja/tai varayhteytenä
- Keskitetäänkö järjestelmäkomponentit muutamaa keskitettyyn sijaintiin (esim. primääri, sekundääri, todistaja), kuten esim. Hollanti ja Norja
 - o Mahdollistaa toimittajien alustaratkaisujen täysimääräisen hyödyntämisen
- Käytössä olevien turvalaitejärjestelmäalustojen hyödyntämisen salliminen uusilla rataverkon osilla
- Maantieteellisen hajauttamisen tarpeen kriteerit

4 Keskitetyn turvalaitejärjestelmän sijoittelu

Digiradan uudistaessa koko asetinlaitekannan on laitteiden sijoitteluun mahdollista tehdä suuriakin arkkitehtuurillisia muutoksia, mikäli niiden nähdään tuovan hyötyjä Digiradan tavoitteisiin sekä nykyiseen toimintaympäristöön nähden.

Tämän dokumentin tavoitteena on kuvata keskitetyn turvalaitejärjestelmän sijoittelun valinnan lähtökohdat ylätasolla ja esittää karkean tason sijoittelumalleja pohjana tarkemmalle tarkastelulle. Vaihtoehtoiset sijoittelumallit valitaan, jotta monimutkaista aihetta voidaan rajata osiin ja tarkastella jatkoselvityksissä. Sijoittelumallit pyritään valitsemaan siten, että ne ilmentävät hyvin tarkasteltavia tavoitteita ja eroavat toisistaan selkeästi. Koska sijoitusarkkitehtuuriin kohdistuu useita tavoitteita, jotka ohjaavat valintaa eri suuntiin, lopullisen päätöksen tekeminen vaatii optimointia tavoitteiden välillä. Päätöstä arkkitehtuurivaihtoehdoista ei ole tarkoitus tehdä vielä tämän esityksen pohjalta, vaan vaatii tarkemman selvityksen.

Aiemmin käytössä ollut liikennepaikkaperusteinen arkkitehtuuri ja sijoituskäytännöt ovat peräisin ajalta, jolloin vaihtoehtoja ei juuri ollut. Laitteiden suorituskyky ei mahdollistanut suurta määrää elementtejä ohjattavaksi, eikä elementtien ja järjestelmälogiikan erottaminen fyysisesti toisistaan ollut mahdollista sitoen koko järjestelmän ohjattavien laitteiden läheisyyteen fyysisesti. Suomessa on myös joitain rataosia, jossa asetinlaite on hajautettu

ja ulkolaiteohjaimet ovat sijoitettuna erillisesti. Liikennepaikkakohtainen arkkitehtuuri on kuitenkin vallitseva malli

4.1 Sijoittelumahdollisuuksiin vaikuttavat muutokset

Ajan saatossa järjestelmien kehitys on hyötynyt tietoteknisistä harppauksista, ja nykyajan asetinlaitejärjestelmät kykenevät ohjaamaan jo useita satoja elementtejä. Laitteiden suorituskyvyn näkökulmasta tällaisten laitteiden käyttäminen joidenkin kymmenien ulkolaitteiden ohjaamiseen voidaan pitää tehottomana. Toimittajatkin ovat tämän havainneet ja tuoneetkin toimittajakohtaisia asetinlaitteen hajautusvaihtoehtoja markkinoille.

Suuren muutoksen asetinlaitejärjestelmäarkkitehtuuriin ovat tuoneet EULYNX-rajapinnat, jotka standardoivat asetinlaitteiden sekä ulkolaiteohjaimien toiminnot tuoden järjestelmätoimintojen väliin tietoliikenneyhteyden. IP-pohjainen tietoliikenneyhteys erottaa ulkolaitteiden ohjaamisen sekä asetinlaitelogiikan omiksi arkkitehtuurikerroksiksi. Tietoliikenneyhteyksin erotetut arkkitehtuurikerrokset on mahdollista sijoittaa maantieteellisesti hyvinkin kauaksi toisistaan, sillä tietoliikenne ratkaisussa ei fyysisellä etäisyydellä ole loppukäyttäjän kannalta merkitystä.

Järjestelmän erottaminen eri arkkitehtuurikerroksiin, joilla ei ole fyysisen etäisyyden suhteen rajoitteita, mahdollistaa erilaisia arkkitehtuurimahdollisuuksia asetinlaitelogiikkakerroksen suhteen täysin keskitetyistä erittäin hajautettuihin. Tässä dokumentissa esitellään kolme erilaista hajauttamisen mallia ja arvioidaan karkealla tasolla kunkin vaihtoehdon vahvuuksia ja heikkouksia. Tarkastelu ja sijoittaminen koskee asetinlaitejärjestelmälogiikan sisältävää arkkitehtuurikerrosta, eikä ota kantaa ulkolaitteiden ohjaamista suorittavaan järjestelmäkerrokseen. Tämä kerros on kytkentöjen takia sijoitettava ohjattavan ulkolaitteen alueelle ja tämän kokonaisuuden analysointi ja suunnittelu tehdään seuraavassa vaiheessa.

Esiteltävät vaihtoehdot keskittyvät maantieteelliseen sijoituspaikkaan sekä erityisesti niiden lukumäärään. Kussakin laitetilassa oletetaan olevan riittävästi tilaa varsinaisille asennettaville laitteille. Laitteiden hallinnoima alue ei kuulu tämän tarkastelun piiriin, sillä siihen vaikuttaa suuresti laitetoimittajien laitteiden kyvykkyys.

Arvioitavat vaihtoehdot ovat:

- Keskitetty malli, jossa laitteet sijoitetaan muutamaan eri sijaintiin
- Keskihajautettu malli, jossa laitteet sijoitetaan useampaan eri sijaintiin
- Hajautettu malli, jossa on kullekin laitteelle oma tila

Sijoituspaikkojen määrän alustavassa arvioinnissa keskitytään huoltovarmuuteen järjestelmän toiminnan kannalta sekä tilojen fyysisen turvallisuuden mahdollisuuksiin. Digirataa rakennetaan aikana, jolloin Suomen kriittiseen infrastruktuuriin kohdistuva uhka

on korkeampi kuin koskaan teknisen kulunvalvonnan historiassa Suomen rautateillä, mikä tulee ottaa pohjaksi suunnitteluun sekä päätöksiin asiaan liittyen.

Kaikissa esitetyissä malleissa kunkin sijoituspaikan järjestelmät hallinnoivat nykyistä laajempia, tai huomattavasti laajempia alueita. Tämän takia järjestelmien hajauttaminen eri sijainteihin on otettava huomioon riittävän tasoisen jatkuvuuden mahdollistamiseksi silloin kun hallinnoitavan alueen kriteerit täyttävät hajauttamisen edellytykset.

Lukuun täydennetään tietoturvan muuttuva ympäristö ja sen vaikutukset dokumentin myöhemmässä versiossa.

4.2 Keskitetty sijoittelumalli

Keskitetyssä mallissa sijoituspaikan on oltava sellainen, joka on erityisesti suunniteltu tilan laitteiden mahdollisimman turvallista ja tehokasta käyttöä varten. Käytännön ratkaisuna kyseessä on konesaliluokan tilat, joissa pystytään hyödyntämään koon tuomaa etua sen operoinnin, käyttövarmuuden ja turvallisuuden tehostamiseksi mm. jäähdytys- ja virtaratkaisuisissa sekä fyysisen uhkan turvajärjestelmissä ja menetelmissä.

Keskitetyssä mallissa koko turvalaitejärjestelmälogiikan sisältävä kerros asetinlaite- ja radiosuojastuskeskustoimintoinen keskitetään yhteen sijaintiin. Käytännössä kuitenkin järjestelmien maantieteellinen hajautus ja hajauttamisen automaattikalogiikka vaativat useamman kuin yhden fyysisen sijoituspaikan jatkuvuuden turvaamiseksi.

Keskitetyssä mallissa kaikki järjestelmäkomponentit sijoitetaan keskitetysti siten, että maantieteellisesti hajautetut järjestelmäkomponenttien osat sijoitetaan eri sijainteihin ja automaattitoimisessa hajautuksessa tarvittavat mahdolliset todistajakomponentit näistä vielä eri sijaintiin, paremman toimintavarmuuden turvaamiseksi. Mallissa yksi järjestelmä on siis hajautettu useaan sijoituspaikkaan, mutta toimii kuitenkin yhtenä järjestelmänä ja voi operoida tarvittaessa paikassa, jossa operointiedellytykset ovat parhaimmat. Järjestelmiä voi olla useita, kuitenkin ne kaikki ovat keskitettynä näihin kolmeen sijaintiin.

Keskitetty malli on joidenkin toimittajien näkökulmasta keskitetyn turvalaitejärjestelmän tulevaisuudenkuva. Alustapohjaiset ratkaisut kykenevät geneerisiä palvelimia sekä tietojärjestelmäratkaisuja hyödyntämällä kasvattamaan suorituskykyä lisätoimintoja lisätessä, joten uusia laitetoja, tai edes laitteita ei välttämättä tarvita uuden rataosan varustelussa turvajärjestelmän logiikkakerroksen osalta.

Järjestelmien suorituskyvyn perusteella muodostettujen lukumäärien perusteella keskitetyn laitetilan minimikoko on arviolta 70–255 neliometriä. Koossa on huomioitu yksittäisen rakin tilatarpeeksi yksi neliometri ja keskitetyn turvalaitejärjestelmän räkkitarpeeksi 3–6 räkkiä. Tilatarpeeseen on lisäksi lisätty 50 % vara ihmisten kulkua ja teknisiä laitteita varten. Pelkille

räkeille minimi-tilatarve on näin ollen 45–170 neliömetriä. Esitetyt luvut ovat lähinnä suuntaa antavia, sillä eri toimittajilla järjestelmät ovat hyvin erilaisia ja järjestelmien vaatima tilatarve voi vaihdella suurestikin ja käsittää arvion vain keskitetyn turvalaitejärjestelmän näkökulmasta.

Digiradan järjestelmäkokonaisuuteen liittyy lisäksi muitakin järjestelmiä, joiden sijoittelu vaatii myös laitetilaa. Näitä järjestelmiä ei kuitenkaan tule samalla tavalla useita, joten tilatarve on kokonaisuudessa kohtalaisen pieni. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi radio-, ääniradio- ja erilaiset monitorointijärjestelmät eri järjestelmille.

Lukua täydennetään nykyisten laitetilojen varustelun kehittämisen arvioinnista dokumentin myöhemmässä versiossa.

4.3 Keskihajautettu sijoittelumalli

Keskihajautetussa mallissa järjestelmän sijoituspaikkoja on enemmän kuin keskitetyssä mallissa, noin 5–10. Tässä mallissa järjestelmää voidaan hajauttaa keskitettyä mallia hieman enemmän ja mahdollistaa järjestelmäkomponenttien sijoittaminen tarvittaessa lähemmäksi rataverkon osia, joita järjestelmä ohjaa, ollen kuitenkin edelleen nykyiseen vallitsevaan arkkitehtuuriin verrattuna huomattavasti keskitetympi. Tässäkin mallissa sijoituspaikkaan sijoitetaan useiden keskitettyjen turvalaitejärjestelmien laitteita, eikä jokaisella ole omaa sijoituspaikkaa.

Keskihajautetussa mallissa laitetilojen tulee olla suurempia kuin konttiluokan tilat, sillä laitteita tiloihin sijoitetaan arviolta vähintään 4–12, joskin todennäköisesti lukumäärä tulee olemaan suurempi. Minimiarviossa on käytetty toimittajilta saatujen tietojen perusteella elementtien ja kaluston ohjaamiseen vaadittua pienintä laitemäärää. Lopulliseen laitemäärään vaikuttaa myös rataverkon osien hallinnoinnin näkökulma.

Keskihajautetun mallin minimi-tilatarve on arviolta 15–110 neliömetriä, josta pelkille räkeille vaadittava tila 12–72 neliömetriä.

4.4 Hajautettu sijoittelumalli

Hajautetussa mallissa periaatteena on sijoittaa kukin järjestelmäkomponentti omaan sijoituspaikkaansa. Tämä muistuttaa nykyisin vallitsevaa käytäntöä, joskin laitteiden lukumäärä tulevaisuudessa tulee olemaan pienempi. Hajautetussa mallissa sijoituspaikkoja tarvitaan arviolta 25–100. Lukumäärä pohjautuu toimittajilta saatuihin nykyisin saatavilla olevien tuotteiden elementtien hallinnoinnin suorituskykytietoihin sekä ottaa huomioon, että

maantieteellisessä hajautuksessa kukin järjestelmä tarvitsee kaksi erillistä sijoituspaikkaa. Hajautetussa mallissa yhden keskitetyn turvalaitejärjestelmän hallinnoima alue on pienin arvioiduista malleista, joten kaikki alueet eivät hyödy maantieteellisestä hajauttamisesta siinä määrin, että se olisi perusteltua.

Hajautetussa mallissa osa järjestelmistä palvelevat koko maata, ja tarvitsevat oman laittilan keskitetyn turvalaitejärjestelmän laittilojen lisäksi tai yhdistettynä joihinkin keskitetyn turvalaitejärjestelmän laittiloista. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi radiojärjestelmä sekä järjestelmähallinnassa käytetyt tukijärjestelmät.

Hajautetussa mallissa laittilojen kokovaatimukset ovat pienemmät muihin malleihin verrattuna, sillä sijoitettavia laitteita tiloihin asennetaan huomattavasti vähemmän kuin edellisissä malleissa.

Hajautetun sijoittelumallin arvioitu minimilaittilatarve on 5–9 neliometriä, joista järjestelmien räkeille 3–6 neliometriä.

4.5 Sijoittelumallien vertailu

Tässä kappaleessa edellä kuvattuja sijoittelumalleja arvioidaan valituista avainnäkökulmista sen perusteella vaikuttaako malli näkökulman toteutumiseen edistävästi vai heikentävästi. Toteutumista arvioidaan seuraavien kriteerien perusteella: huoltovarmuus, kokonaislinkaarikustannukset sekä näkökulman toteutumisen taso.

Tähän kappaleeseen täydennetään käytettävyysslaskentaesimerkkejä dokumentin myöhemmässä versiossa.

4.5.1 Tekniset vararatkaisut

Keskitetyn turvalaitejärjestelmän käytettävyyden ja jatkuvuuden parantamiseksi laittiloissa, joihin järjestelmä sijoitetaan, tulee olla vararatkaisuja laittilan omille teknisille järjestelmille.

Tällaisia teknisiä vararatkaisuja ovat esimerkiksi:

- Monistetut sähköliitännät ja laitteet
- Monistetut tietoliikenneliitännät ja laitteet
- Varavoimageneraattoriratkaisut pitkäaikaisiin sähköhäiriötilanteisiin
- Redundantit jäähdytys- ja lämmitysratkaisut

- Automaattiset palonsammutusjärjestelmät

Akkuvaravoimalla toteutettu varavirta ei ole suoraan sidoksissa laitetilojen määrään, sillä kapasiteetti mitoitetaan aina laitteiden mukaan. Näin ollen kustannukset pysyvät samalla tasolla riippumatta siitä, kuinka monta laitetilaa on käytössä eikä ole näin ollen erotteleva tekijä laitetilojen lukumäärän arvioinnissa.

Äärimmilleen viedyt laitetilojen tekniset vararatkaisut ovat kustannuksiltaan korkeita, erityisesti kun kyseessä on sähkö- ja tietoliikenneliitännöiden monistus. Tällaisten tilojen kokonaiskustannuksiin voidaan vaikuttaa tehokkaimmin pitämällä laitetilojen lukumäärä pienenä, tai vaihtoehtoisesti hyödyntämällä olemassa olevia yhteiskäyttöisiä tiloja, jolloin kustannukset jakaantuvat tilojen käyttäjien kesken.

4.5.1.1 Teknisten vararatkaisujen arviointi

Teknisten vararatkaisujen näkökulmasta kustannustehokkain ratkaisu keskitetyille turvalaitejärjestelmille omistettujen sijoituspaikkojen osalta on pitää sijoituspaikkojen lukumäärä minimissään. Tämä johtuu siitä, että kyvykkäät vararatkaisut ovat kustannuksiltaan korkeita, joten niiden monistaminen nostaa kokonaiskustannuksia merkittävästi monistamalla kustannuksia laitetilojen lukumäärän mukana. Tästä näkökulmasta keskitetty malli vertautuisi parhaiten ja hajautettu heikoiten.

Mikäli tarkasteluun otetaan mukaan myös jaetut tilaratkaisut, jossa keskitetyn turvalaitejärjestelmän kanssa samoihin tiloihin on sijoitettu myös muiden toimijoiden laitteita, arvioidaan keskihajautettu mallin keskitetyn mallin kanssa yhtä kyvykkäiksi. Hajautettu malli jää tässäkin vaihtoehdossa kustannustehokkuudeltaan heikoimmaksi, kun vararatkaisujen kattavuudesta tai tasosta ei tingitä.

Hajautetussa mallissa osa alueista voi olla liikennemäärältään sen verran pieniä, että täysimuotoisia varajärjestelyjä ei laitetiloissa tarvita. *Tämä kappale täydentyy käytettävyytlaskentaesimerkein dokumentin myöhemmässä versiossa.*

4.5.2 Fyysinen turvallisuus

Järjestelmä ei ole turvallinen, mikäli laitteiden fyysistä turvallisuutta ei pystytä takaaman tai sen tilasta ei ole varmuutta. Fyysinen turvallisuus ja siitä huolehtiminen on turvallisuudesta vastuussa olevien järjestelmien osalta ensiarvoisen tärkeätä.

Fyysisen turvallisuuden perustana on se, että kaikki tilassa kulkevat henkilöt ovat kelpuutettuja ja omaavat pääsyoikeuden sekä ovat tunnistettuja ja kirjattuja. Kaikesta

muusta liikkumisesta tai sen yrityksestä aiheutuu hälytys, joihin reagoidaan varmistustoimenpitein.

Iso osa fyysisen turvallisuuden ratkaisuista ovat toiminnallisia, kuten kelvollisuuksienarviointi, pääsylupien myöntö ja -uusinta, joita ei tässä dokumentissa tarkastella näiden ollessa paikkariippumattomia. Tähän osa-alueeseen on Väylävirastolla käytännöt ja ohjeistus olemassa sekä käytössä.

Paikka- ja tilariippuvaisia fyysisen turvallisuuden keinoja ovat ennaltaehkäisevät ratkaisut, kuten pääsynhallinta sekä seurantaratkaisut, joiden avulla kaikki kävijät ovat tunnistettuja sekä seurantajärjestelmiin kirjattuja. Fyysiseen turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi:

- Biometriset pääsynhallinta- ja tunnistusratkaisut
- Tunkeutumisenestojärjestelmät
- Hälytinjärjestelmät
- Jatkuva vartiointi

Lisäksi käytettävyyden maksimoimiseksi tulee myös huomioida muut fyysisen turvallisuuden ratkaisut, kuten edistyneet palontorjunta- ja jäähdytysjärjestelmät, jotka suojaavat laitteita ylikuumenemiselta ja muilta ympäristöuhkilta. Lisäksi hyvin suojatut tilat ovat suunniteltu kestämään luonnonkatastrofeja, kuten tulvia ja myrskyjä, mikä vähentää merkittävästi järjestelmäkatkosten riskiä. Nämä ratkaisut muuttuvat tärkeämmäksi järjestelmää keskittäessä, joskin maantieteellinen hajautus voi myös toimia riskiä pienentävänä tekijänä.

4.5.2.1 Fyysisen turvallisuuden arviointi

Keskitetty sekä keskihajautettu malli arvioidaan olevan fyysisen turvallisuuden näkökulmasta lähes samalla tasolla, sillä ratkaisujen kokonaiskustannusten ei arvioida olevan erityisen suuria hinnan kertautumisesta huolimatta.

Hajautetussa mallissa puolestaan nähdään haasteena fyysisen turvallisuuden ulottaminen tietoliikenneliitännöihin ja tukijärjestelmiin, joten mallin arvioidaan soveltuvan vaihtoehdoista heikoiten tähän näkökulmaan. Samoin valvonnan ja vartiointin järjestäminen vaikeutuu laittilojen jakautuessa huomattavasti suuremmalle alueelle keskitetympiin malleihin verrattuna.

Mikäli tilat on jaettu muiden toimijoiden kanssa, tulee pääsy laitteille mahdollisesti rajata vielä erikseen fyysisesti, jotta kulunvalvonnan eheys ei kärsi. Vaihtoehtona kameravalvontaa voidaan hyödyntää yhdistäen se rakennuksen kulunvalvontatietoihin laitteiden luvattoman kajoamisen havainnoimiseksi. Ratkaisun tulee joka tapauksessa

kattaa myös kaikki tietoliikennetkaisuut päätepistesolmuineen, sekä samoissa tiloissa mahdollisesti sijaitseva keskitettyyn turvalaitejärjestelmää tukevat tukijärjestelmät.

4.5.3 Kunnossapito

Kunnossapidon näkökulman osalta tässä luvussa arvioidaan keskitetyn turvalaitejärjestelmän kunnossapidosta suoraan vastaavia ammattilaisia, joilla on tarve päästä käsiksi itse laitteisiin toistuvasti tai säännöllisesti. Kunnossapidon näkökulmasta tavoite on se, että kunnossapito pääsee kunnossapidettävien järjestelmien sijoituspaikkaan annetuissa aikarajoissa. Aikarajat suhteutetaan kunnossapidettävän järjestelmän kriittisyyteen siten, että mitä kriittisempi järjestelmä kyseessä, sen lyhyempi tulee kunnossapidon vasteajan olla. Järjestelmien keskittäminen nostaa niiden kriittisyyttä, sillä suurempi hallittava alue johtaa laajempiin liikenteen häiriöihin vikatilanteissa.

Suunnittelemattomissa kunnossapidon tarpeissa, eli häiriötilanteissa, vasteaikojen aikarajan pitämiseen vaikuttaa erityisesti kunnossapidon ammattilaisten etäisyys laitteiden sijoituspaikkaan.

Tämä luku päivittyy ulkolaiteohjainjärjestelmäkerroksen analyysin yhteydessä dokumentin myöhemmässä versiossa.

4.5.3.1 Kunnossapidon arviointi

Kunnossapidon vasteaikojen arvioidaan olevan helpompi toteuttaa alhaisille ja yhdenmukaisille tasoille koko järjestelmäkenttään, kun kunnossapidon alaisia sijainteja on vähemmän. Vähentämisen myötä henkilöstöä on helpompi keskittää laitetilojen kannalta soveltuvien etäisyyksien päähän. Tämän arvioidaan laskevan kokonaiskustannuksia ja yhdenmukaistavan vasteaikoja. Kun tarkastellaan keskitetyn turvalaitejärjestelmän järjestelmäkerrosta, mitä keskitetympi malli on kyseessä, sen vähemmän kunnossapidon ammattilaisia tarvitaan siirtymäaikojen eliminoinnin ansiosta ja samalla vasteaikojen pienentäminen yksinkertaistuu. Positiivisena seikkana voidaan myös nähdä se, että vasteajat harmonisoituvat ja pienemmän kriittisyyden järjestelmät mahdollisesti hyötyvät samaan laitetilaan sijoittamisesta.

Kunnossapidon näkökulmasta keskitetty ja keskihajautettu malli arvioidaan soveltuvan parhaiten ja olevan samalla tasolla. Hajautetussa mallissa arvioidaan kokonaiskustannusten kasvavan sekä vasteaikojen kasvavan joidenkin järjestelmäkomponenttien osalta, joskin joillain alueilla liikennettä on sen verran vähän, että korkeammat vasteajat voivat olla perusteltujakin.

Tämä luku päivittyy ulkolaiteohjainjärjestelmäkerroksen analyysin yhteydessä dokumentin myöhemmässä versiossa.

4.5.4 Tietoliikenne

Junaliikenteen normaaliin toimintaan ja kapasiteetin täysimääräiseen hyödyntämiseen, tarvitsee keskitetty turvalaitejärjestelmä jatkuvat tietoliikenneyhteydet ulkolaitteiden ohjaamisen suorittavaan järjestelmäkerrokseen. Mikäli yhteys menetetään, ei järjestelmä voi taata kulun turvallisuutta ja kulku täytyy suorittaa alennetun toimintatilan ohjeistuksella. Alennetussa toimintatilassa nopeuksia joudutaan laskemaan ja vaikutus kapasiteettiin on heikentävä.

Ulkolaitteiden ohjainkerroksen lisäksi, jotta junia voidaan liikennöidä täysimääräisesti aikataulujen mukaan ja radan kapasiteetti hyödyntää suunnitelman mukaisesti, tulee liikenteenohjauksen järjestelmäkerroksen olla yhtä lailla jatkuvatoimisen tietoliikenneyhteyden piirissä keskitettyyn turvalaitejärjestelmään. Mikäli liikenteenohjaus menettää yhteyden keskitettyyn turvalaitteeseen, toimintaa voidaan osin jatkaa erilliskäyttöä hyödyntäen, mutta toimintakyky heikkenee. Tulevaisuudessa tehostussuunnitelmat ja järjestelmien automaation laajempi hyödyntäminen johtaa todennäköisesti normaali- ja vajaatoimintatilojen kyvykkyystasojen eriytymiseen vieläkin enemmän.

4.5.4.1 Tietoliikenteen arviointi

Turvallisuudesta vastuussa oleva järjestelmäosa, eli ulkolaitteiden ohjainkerros sekä logiikkakerros yhdessä arvioidaan hyötyvän hajautetusta mallista siinä mielessä, että tietoliikennejärjestelmäkomponentteja sekä kaapelia kerrosten välissä on vähemmän, mikä pienentää häiriöiden riskiä. Keskitetyimmässä malleissa tämän järjestelmäosan häiriöiden riski todennäköisesti kasvaa, joten mitä keskitetympi malli, sitä heikommin se soveltuu keskitetylle turvalaitejärjestelmälle.

Kun asiaa tarkastellaan kokonaisjärjestelmän kannalta, muuttuu tilanne siinä mielessä, että toimivaa tietoliikenneyhteyttä tarvitaan järjestelmän täysimittaisen toiminnan kannalta jokaiselta radanvarren elementiltä liikenteenohjauksen järjestelmiin. Näin tarkasteltuna ei turvalaitteiden logiikkakerroksen keskittämällä tai hajauttamisella ole korkeintaan kuin paikallisluonteisia eroja jatkuvuuden takaavien tietoliikenneneratkaisujen osalta.

4.5.5 Vertailun yhteenveto

Kriteeri	Keskitetty malli	Keskihajautettu malli	Hajautettu malli
Tekniset vararatkaisut	Kustannustehokkain ratkaisu	Kustannukset kaksinkolminkertaiset suhteessa keskitettyyn malliin	Vähiten kustannustehokas
Fyysinen turvallisuus	Korkea turvallisuustaso, kustannustehokkain	Korkea turvallisuustaso, korkeampi kustannustaso	Haasteita turvallisuustason saavuttamisessa, korkein kustannus
Kunnossapito	Helpointa toteuttaa alhaiset ja yhdenmukaiset vasteajat	Alhaiset ja yhdenmukaiset vasteajat toteutettavissa	Kasvavat vasteajat todennäköisiä
Tietoliikenne	Turvalaitejärjestelmälle korkeariskisin ratkaisu	Turvalaitejärjestelmälle keskivertoratkaisu	Turvalaitejärjestelmälle pieniriskisin ratkaisu



Euroopan unionin
rahoittama
NextGenerationEU



**DIGI
RATA**

digirata.fi