

Yleissuunnitelma

Metron kapasiteetin ja luotettavuuden lisääminen



Yhteistyössä



LÄNSIMETRO

Esipuhe

HSL:n keväällä 2018 tekemien ja kesällä 2020 päivittämien liikenne-ennusteiden mukaan pääkaupunkiseudun maankäytön kehittyessä tulee metron matkustajamäärä ylittämään sen kapasiteetin tämän vuosikymmenen aikana. HKL, HSL, Länsimetro Oy ja Espoon kaupunki ovat sopineet yhteistyöstä metron kapasiteetin ja luotettavuuden parantamiseksi. Tässä yleissuunnitelmassa kootaan yhteen tärkeimmät toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi.

Helmikuussa 2020 aamuruuhkassa metron kuormittunein osuus oli idässä Sörnäisten ja Hakaniemen välillä, jossa matkustajia oli n. 8 400 ruuhkatunnissa. Vuosaaren linjan kuormitus oli tästä n. 4 500 ja Mellunmäen linjan kuormitus n. 3 900 matkustajaa. Metron itähaaran kapasiteetti ei kuitenkaan riitä pitkälle tulevaisuuteen Helsingin rakentamassa ja maankäytön tihentyessä metron vaikutusalueella lisäten matkustajamääriä. Metron nykyisen kapasiteetin ylittymisen ajankohta riippuu myös Östersundomin rakentumisesta. Östersundomin rakentuminen edellyttää kuitenkin omaa laajempaa linjastollista tarkasteluaan, joka ei kuulu tämän työn piiriin. Kruunuvuorenselän raitiotien valmistuminen, arviolta vuonna 2026, keventää metron kuormitusta, mutta kapasiteettia tarvitaan ennusteiden mukaan myöhemmin lisää.

Liikenne-ennusteiden mukaan Länsimetron Kivenlahden jatkeen tullessa käyttöön ja alueen maankäytön kehittyessä, ylittävät Kivenlahdesta tulevan linjan matkustajamäärät maksimikapasiteetin Kivenlahden haaralla. Maksimikapasiteetti ylittyy tilanteessa, jossa toinen metrolinja kääntyy suunnitellun mukaisesti Tapiolassa ja toinen Kivenlahdessa ja metron vuoroväli on nykyisen mukainen (300 sekuntia/linja). Maankäytön ja liikenteen hinnoittelun edelleen kehittyessä metron kapasiteetti voi selvityksen mukaan ylittyä vuoteen 2030 mennessä.

Suunnitteluhetkellä vuoden 2020 pandemia (COVID 19) on asettanut haasteita arvioida tulevaa kapasiteettitarvetta, aiheuttaen epävarmuuden tämän kasvun vauhdista, mahdollisista askelmuutoksista kysynnässä etätöiden lisääntyneenä ainakin väliaikaisesti, ja muista mahdollisista muutoksista matkustuskäytännöissä. On epäselvää, mitkä näistä muutoksista ovat väliaikaisia, ja mitkä näistä saattavat vakiintua tulevaisuudenkin käytännöiksi. Lisäksi pandemia voi vaikuttaa merkittävästi kaupunkien talouteen ja sitä kautta mahdollisuuteen rahoittaa hanketta. Näitä tekijöitä on huomioitu yleissuunnitelmaa laadittaessa. Muutosten arvioihin liittyy kuitenkin epävarmuuksia, minkä seurauksena voidaan ajautua tilanteeseen, jossa nykyinen järjestelmä ruuhkautuu kestävämmällä tavalla, eikä tilanteeseen pystytä reagoimaan riittävän nopeasti. Tämän riskin ehkäisemiseksi tullaan liikennemäärien ja -ennusteiden seuranta tekemään säännöllisesti.

Metrossa on käytössä monia järjestelmiä, joiden elinkaari on jo hyvin pitkällä tai se on jo loppumassa. On sujuvan liikennöinnin kannalta kriittisen tärkeää varmistaa, että näiden järjestelmien toiminta varmistetaan niin pitkälle kuin tarpeellista.

Yleissuunnitelmassa määritetään kapasiteetin noston ja liikennöinnin luotettavuuden laadulliset tavoitteet, asetetaan toimenpiteille kattohinta ja laaditaan kuvaus hankkeen lopputuloksesta. Yleissuunnitelma myös kokoaa yhteen esiselvityksessä asetettujen

selvityspyyntöjen keskeiset tulokset ja esittää metron kehityspolun. Yleissuunnitelmassa suositelluista hankkeista laaditaan erilliset hankesuunnitelmat, joissa täsmennetään niiden tavoitteet ja varmistetaan kunkin kannattavuus.

Yleissuunnitelman laadintaa on ohjannut HKL:n, HSL:n, Espoon kaupungin ja Länsimetro Oy:n muodostama yhteistyöryhmä, jonka jäseninä ovat olleet:

HKL	Espoon kaupunki	HSL	Länsimetro Oy
Ville Lehmuskoski	Olli Isotalo	Tero Anttila	Ville Saksi
Artturi Lähdetie	Harri Tanska		

Yleissuunnitelman laadintaan ja tietojen kokoamiseen ovat osallistuneet

HKL	HKL	Länsimetro Oy	BCG
Heikki Viika	Jukka Hämäläinen	Raimo Kaunismäki	Kaori Uehigashi
Julius Vuoriluoto	Ella Etula	Jussi Utti	Mari Ijäs
Salar Mohammad	Sami Kellokoski	Mikko Piitulainen	Vesa Leskinen
Jukka Aholainen	Anna Lonka		Teemu Ruska
Timo Ansamaa	Hannu Koskela	Welado Oy	Tuomas Eloholma
Sanna Kuustie	Seppo Kasurinen	Erno Nieminen	
Matias Heselius	Harri Perkiö	Katja Tiihonen	VTT
Jaakko Heikkilä	Kalle Muilu	Tommi Rytkönen	Perttu Peusa
Mauno Nurmela	Tiia Vilhola	Jukka Niemelä	Eetu Heikkilä
Toni Kervinen	Rami Iiskola		Risto Tiusanen
Teemu Niippa	Tero Lehtimäki	Proxion Oy	Risto Öörni
Jussi Karjalainen	Mika Taavitsainen	Heidi Sunnari	
Kari Klemetti		Janne-Joonas	SWECO Oy
Markku Laaksonen	HSL	Mantsinen	Jan Tiri
Lasse Rosenholm	Eeva Vesaoja	Miirio Kokko	Jouni Kiviniitty
Arttu Kuukankorpi	Johanna Wallin	Simo Savolainen	
Kimmo Reiman	Tuomas Piironen	Markus Parkatti	Ramboll Oy
Tuomo Pietilä	Teuvo Syrjälä		Jyrki Rinta-Piirto
Juhana Hietaranta	Timo Virman		Eeva Elmnäinen
Toni Jurva			

Suunnitelman laatiminen alkoi maaliskuussa 2020 ja päättyi marraskuussa 2020.

Suunnitelman laatimisen yhteydessä tehtiin kymmenen erillistä selvitystyötä, joiden tulokset ovat vaikuttaneet suunnitelmaan. Lisäksi on avattu työpaketteja tiettyihin muihin osa-alueisiin ja niistä on saatu alustavaa tietoa yleissuunnitteluun.

Selvitys	Selvityksen kohde	Aihe
Selvitys 3:	Muut kapasiteetin nostovaihtoehdot	Tehty selvitys yhdessä HSL:n kanssa perustuen Hellonin kanssa tehtyyn palvelumuotuilukyselyyn
Selvitys 4:	Metron länsipään kapasiteettiratkaisut	Länsimetro Oy on teettänyt selvityksen perustuen toimeksiantoon Espoon kaupungilta.
Selvitys 5:	Selvitetään nykyisen kulunvalvonnan kehittämispotentiaali.	Tehty laaja selvitys Weladon, Swecon ja Proxionin tuella.

Selvitys	Selvityksen kohde	Aihe
Selvitys 6:	Määritetään CBTC-järjestelmän hankinta- ja toteutusmalli.	Tehty selvitys huomioiden osallistuneiden kokemukset suurista projekteista.
Selvitys 7:	Laaditaan CBTC-järjestelmän tarkempi kustannusarvio.	Laadittu kustannusarvio pohjautuen muiden projektien hintatasoon.
Selvitys 8:	Metron automaatioasteen hyötyjen ja kustannusten tarkempi analysointi.	Tehty selvitys VTT:n tuella. Pidetty riskityöpaja.
Selvitys 9:	Projektin vaikutukset metron liikennöintiin.	
Selvitys 10:	M100 ja M200 sarjan käyttö CBTC-järjestelmässä	Selvitetty nykykaluston tilaa HKL:n kalustoasiantuntijoiden tuella
Selvitys 11:	M400-sarjan hankinnan koordinointi.	Selvitetty kalustovaatimuksia HKL:n kalustoasiantuntijoiden tuella
Selvitys 12:	Laaditaan riskienhallintasuunnitelma.	Laadittu alustava riskienhallintasuunnitelma BCG:n tuella. Pidetty riskityöpaja.
Selvitys 13:	Laaditaan selvitys maankäytön ja liikennejärjestelmän kehitysskenaarioista.	HSL:n johdolla yhdessä Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunkien ja Kirkkonummen ja Sipoon kuntien kanssa laadittu maksimimaankäyttöön pohjautuva ennuste vuoteen 2060 asti.
	Lessons learned muista projekteista	Haastateltu useita metroja kokemusten keräämiseksi BCG:n tuella.
	Tietoliikennevaatimukset	Kerätty tietoa järjestelmien tietoliikennevaatimuksista. Tehty kyberturvallisuusanalyysi liikenteenohjausjärjestelmästä.
	Järjestelmän turvallisuushyväksyntä	Laadittu prosessiluonnos järjestelmän turvallisuushyväksyntään.
	Hankeviestintä	Laadittu alustava viestintäsuunnitelma
	Matkustajaturvallisuus	Ensimmäiset riskityöpajat järjestetty.

Lisäksi järjestettiin metron liikenteenohjausjärjestelmiä toimittavien yritysten kanssa useita keskustelutilaisuuksia, johon osallistui kuusi yritystä. Yritysten kanssa käytiin useita kierroksia erillisiä, kahdenkeskisiä vuoropuheluita.

Metron kapasiteetin ja luotettavuuden lisäämisen yleissuunnitelma

Sisällys

Esipuhe	1
Tiivistelmä	1
Sanasto ja termit.....	3
1. Lähtökohdat	5
1.1 Metron matkustajamäärien kehittyminen ja metron kuormitus	7
1.2 Matkustajakasvuun liittyviä epävarmuustekijöitä	15
1.3 Metron nykytilanne	16
1.3.1 Linjasto.....	16
1.3.2 Metrorata.....	17
1.3.3 Kalusto	18
1.3.4 Liikenteenohjausjärjestelmä.....	20
1.3.5 Vuoroväli	21
1.3.6 Matkustajakapasiteetti ja palvelutaso	21
1.3.7 Omistus, ylläpito ja kehittäminen.....	23
2. Tavoitteet	24
2.1 Hankkeen osa-alueet	24
2.2 Kapasiteettitavoite	24
2.3 Palvelutasotavoite	25
2.4 Elinkaarikustannustavoitteet.....	26
2.5 Turvallisuustavoite	27
2.6 Ympäristötavoite	28
2.7 Tietoturvatavoite.....	28
3. Kapasiteetin kehittämistoimenpiteiden vertailu ja valinta	29
3.1 Etenemispolku.....	29
3.2 Nykyisten järjestelmien ylläpito ja kehittäminen	30
3.2.1 Osajärjestelmien elinkaaren pitkittäminen	30
3.2.2 Turvalaitemuutokset	32
3.2.3 Kääntöajan nopeuttaminen	33
3.2.4 Liikenteenohjausjärjestelmän toimintojen kehitys.....	33
3.3 Toimintamallien kehitys	35
3.4 Matkustajaohjauksen kehitys asemilla	38
3.4.1 Matkustajien kiinteän opastusjärjestelmän kehittäminen.....	38

3.4.2	Dynaamisen matkustajaopastuksen kehitys.....	39
3.4.3	Asemien virtauksen parantaminen	40
3.4.4	Etikettiviestintä	40
3.5	Liikenteenohjausjärjestelmän uusiminen.....	40
3.5.1	Liikenteenohjausjärjestelmien suojustusmallit.....	40
3.5.2	Järjestelmän automaatiotaso	42
3.5.3	Liikenteenohjauksen uusiminen kiintein suojavälein ja kulunvalvontajärjestelmällä	44
3.5.4	Liikenteenohjauksen uusiminen radiopohjaiseen järjestelmään.....	46
3.5.5	Visio Metron tulevaisuuden operatiiviselle konseptille.....	47
3.5.6	Tulevaisuuden liikenteenohjausjärjestelmän tavoitteet	48
3.5.7	Liikenteenohjauksen uusimishankkeen tehtäväkokonaisuudet	49
3.5.8	Uuden liikenteenohjausjärjestelmän suunnittelun ja toteutuksen periaatteet	50
3.5.9	Hankkeen porttimalli.....	51
4.	Hankkeen toteutus	53
4.1	Hankintamalli.....	53
4.2	Sopimusmalli.....	53
4.3	Hankkeen johtamismalli	55
4.4	Organisaatio ja resursointi.....	55
4.5	Hankkeen aikataulu.....	57
4.6	Riskienhallinta	57
4.7	Vuorovaikutus	59
4.8	Hankkeen koordinaatio liittyvien hankkeiden kanssa	60
4.8.1	Koordinaatiomalli.....	60
4.8.2	Kalustoprojektit.....	60
4.8.3	Infrastruktuurin kehittäminen	62
5.	Vaikutukset	64
5.1	Arvioinnin lähtökohdat.....	64
5.2	Keskeiset vaikutukset.....	64
5.2.1	Metron liikenteenohjauksen kehittämisen tuomat lisätulot ja yhteiskunnalliset hyödyt	65
5.2.2	Metron liikenteenohjauksen kehittämisen tuomat säästöt.	68
5.3	Kustannusarvio	68
5.4	Kannattavuuden arviointi.....	69

5.5	Toteuttamatta jättämisen vaikutukset.....	71
6.	Johtopäätökset.....	72

Tiivistelmä

Toimiva joukkoliikenne on keskeinen osa toimivaa, nykyaikaista kaupunkikuvaa. Se on verkosto, joka koostuu useista eri liikennevälineistä, ja metro toimii sen selkärankana tarjoten korkeakapasiteettisen ja nopean yhteyden itä-länsi-suunnassa. Metron suosio näkyy kasvavina matkustajamäärinä, joten palvelutason ylläpito vaatii sen kapasiteetin kohottamista. Metron kapasiteetin kohottaminen vaikuttaa positiivisesti molempien kaupunkien kaupunkimielikuvaan. Korkeampi kapasiteetti sallii jatkuvan rakentamisen metron vaikutusalueella, kun kapasiteetti riittää myös uusille matkustajille. Näin metron kapasiteetin kohottaminen muokkaa kaupunkikuvaa.

Metron matkustajamäärä on kasvanut voimakkaasti viime vuosien ajan. Vuodesta 2010 vuoteen 2019 metron käyttäjien kokonaismäärä on kasvanut n. 62 % ja metron huippukuormitus on kasvanut n. 14 % vuodesta 2012. Suurin osa kasvusta on tullut länsimetron avautumisen vaikutuksesta. HSL:n keväällä 2018 tekemien ja kesällä 2020 päivittämien liikenne-ennusteiden mukaan pääkaupunkiseudun maankäytön kehittyessä tulee metron matkustajamäärä ylittämään sen kapasiteetin tämän vuosikymmenen aikana.

Pääkaupunkiseudun työssäkäynnin ja asukasmäärien kasvaessa bussiliikenne ei riitä vastaamaan matkustajamäärien kasvuun, sillä kaupunkistruktuuri ei kestä niin suuria bussimääriä. Myöskään Metro60-työssä osaselvityksen maankäytön ja liikennejärjestelmän kehittymisen maksimiskenaarioissa tutkittujen pikaraitioteiden kapasiteetti ei riitä vastaamaan koko kasvuun vaan tarvitaan suurikapasiteettinen liikennemuoto, jotta vaihtoehtoisia liikennemuotoja kehittämällä ei ole helppoa vastata matkustajakäynnin kasvuun.

Merkittävimmät vaikutukset metron kapasiteettihankkeella on metron ennusteiden mukaan ruuhkautuviin osiin. Yleissuunnitelmassa on matkustajamäärien kasvuennusteiden ja metron kehittämisen tavoitteiden pohjalta käyty läpi mahdolliset lyhyen ja pitkän aikavälin keinot tarjota riittävää matkustajakapasiteettia perustuen metron nykytilanteeseen. Dokumentti esittelee lyhyen tähtäimen kehitysmahdollisuuksia liittyen nykyisiin järjestelmiin ja toimintamalleihin sekä toimenpiteitä matkustajavirtojen sujuvoittamiseksi.

Kapasiteettihankkeen keskeisin uudistus on uuden liikenteenohjausjärjestelmän toteutus, mikä mahdollistaa junavälien tihentämisen nykyisestä 2,5 minuutin vuorovälistä keskeisillä osilla ensin 2 minuutin vuoroväliin, ja toisen vaiheen toteutuksen jälkeen 1 min 40 s vuoroväliin. Näin ollen kahden linjan järjestelmässä kumpikin linjoista kulkee nykyisen 5 minuutin välin sijasta aluksi 4 minuutin ja lopulta 3 min 20 s välein, lyhentäen matkustajien keskimääräisiä odotusaikoja, ja kasvattaen liikennemuodon houkuttelevuutta entisestään.

Tihennetty liikenne myös pienentää ruuhka-aikojen junakohtaisia maksimimatkustajamääriä vaikuttaen edelleen positiivisesti matkustajakokemukseen. Tiheämpien vuorovälien saavuttamiseksi luonnollisesti tarvitaan myös lisää kalustoa. Uusi liikenteenoh-

jausjärjestelmä mahdollistaa myös liikennöinnin automatisoinnin, millä on saavutettavissa monenlaisia etuja ja hyötyjä. Automatisointi vaatii kuitenkin myös investointeja kalustoon ja radanvarren infrastruktuuriin kantametrin alueella.

Sanasto ja termit

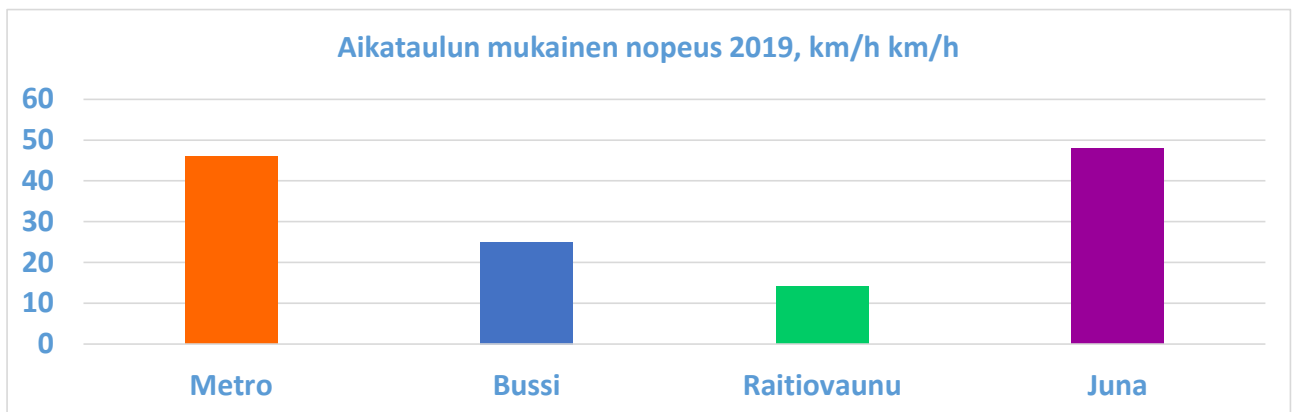
Liikenteenohjausjärjestelmä	Metroliiikenteen ohjauksen kokonaisjärjestelmä, mihin sisältyy liikenteenohjauskeskus, asetinlaite, tiedonsiirtojärjestelmä ja useita radanvarren ohjattavia tai valvottavia laitteita, esimerkiksi valo-opastimet.
Liikenteenohjauskeskus, ATS	Järjestelmä jolla ohjataan metrojunien liikennettä asetinlaitteen välityksellä. Järjestelmä valvoo junien sijaintia, ja reitittää niiden liikennettä automaattisesti, sekä antaa mahdollisuuden puuttua liikenteen kulkuun myös käsikäyttöisesti.
Asetinlaite	Ohjaa ja valvoo radan varren laitteita ja valvoo junaturvallisuutta.
Äänitaajuusraidevirtapiiri	Tunnistaa junan läsnäolon metroradan osuudella, mitä ko. yksittäinen laite valvoo.
Pakkopysäytysjärjestelmä	Järjestelmä, joka antaa ohittavalle metrojunassa olevalle jarrujärjestelmään kytketylle junalaitteelle magneettikentän välityksellä pysähtymisvaateen, mikäli radanvarren magneettikenttää ei ole ohjattu pois päältä. Magneettikenttää ohjataan ainoastaan silloin, kun radanvarren laitteen läheisyydessä oleva opastin näyttää sallivaa opastetta.
Kulunvalvonta	Järjestelmä, joka valvoo jatkuvatoimisesti junan suurinta sallittua nopeutta ja etäisyyttä radan kohtaan, mihin saakka ko. junalla on oikeus edetä. Mikäli kuljettaja ei noudata nopeusrajoitusta eikä jarrutuskäyrää pysähtymispaikkaan, järjestelmän junalaite hidastaa automaattisesti junan kulkua.
CBTC	Communications Based Train Control. Kulunvalvontajärjestelmä, joka saa tietonsa radan varren järjestelmistä perustuen radioteknologiaan.
Greenfield project	Rakenteilla olevaan uuteen liikennejärjestelmään kohdistuva projekti. Esimerkiksi Länsimetron 2. vaihe.
Brownfield project	Olemassa olevaan liikennejärjestelmään kohdistuva projekti, jossa päivitetään olemassa olevia laitteita. Esimerkiksi kantametron asetinlaitepäivitys.

GoA	Grade of Automation. Raideliikennejärjestelmän automaatioaste. Perään liitetään numero ilmaisemaan automaatioastetta.
GoA0	0-taso tarkoittaa ajamista kuljettajan näköhavaintojen mukaan
GoA1	1. tasolla kuljettaja ajaa valo-opastimien mukaan ja liikennejärjestelmässä on kulunvalvontajärjestelmä käytössä.
GoA2	2. tasolla on käytössä puoliautomaattiajo, ts. kuljettajan tehtävänä on sulkea ja mahdollisesti avata ovet, sekä antaa junalle lähtölupa. Automaatio kuljettaa junan seuraavalle pysähtymislaiturille automaattisesti.
GoA3	3. tasolla on käytössä automaattiajo, ts. kuljettajaa ei tarvita. Automaatio kuljettaa junan seuraavalle pysähtymislaiturille automaattisesti. Junassa on kuitenkin operaattorin henkilö poikkeustilanteita varten.
GoA4	4. tasolla on käytössä automaattiajo, ts. kuljettajaa ei tarvita. Automaatio kuljettaa junan seuraavalle pysähtymislaiturille automaattisesti. Junassa ei ole normaalisti operaattorin henkilökuntaa.
M100	Metrojunasarja, jotka on otettu käyttöön 1980–1984
M200	Metrojunasarja, jotka on otettu käyttöön 2000–2001
M300	Metrojunasarja, jotka on otettu käyttöön 2017–2018, viisi optiojunaa tulossa 2022.
M400	Tulevaisuuden metrojunasarja, minkä hankintaa ei ole vielä käynnistetty
SIL	Safety Integrity Level. Laitteen tai järjestelmän turvallisuustaso. Taso 4 on korkein, turvallisuuskriittisille järjestelmille määritelty taso, taso 0 on alhaisin, missä on ainoastaan laatuvaatimuksia.

1. Lähtökohdat

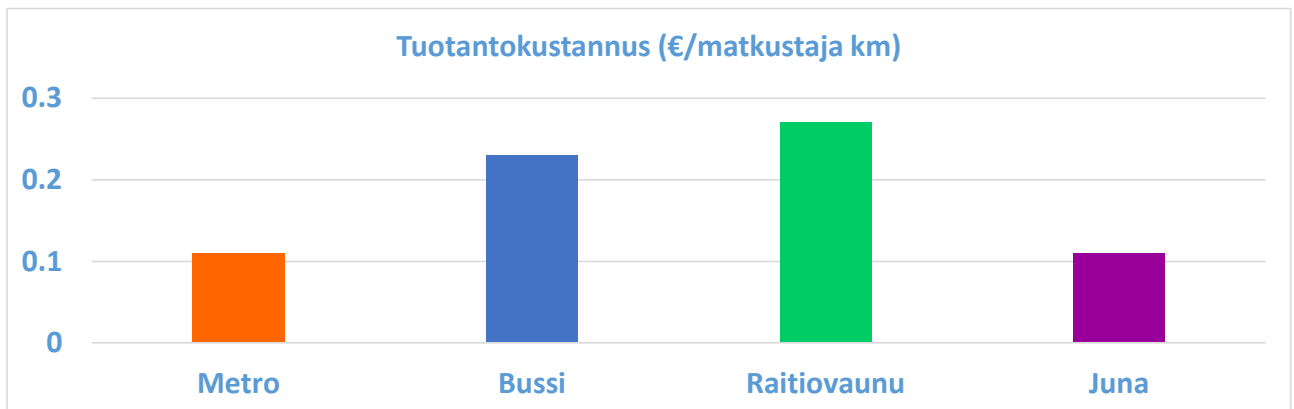
Metro on pääkaupunkiseudun joukkoliikenteen itä-länsiakselin selkäranka, jonka vaaraan matkustajia hyvin palveleva ja houkutteleva liikennejärjestelmä rakentuu. Tämän vuoksi metron luotettava toiminta ja riittävä kapasiteetti ovat oleellisia sekä Etelä-Espoon että itäisen Helsingin joukkoliikennejärjestelmän toimivuuden kannalta.

Metron etuna on sen hyvä keskinopeus verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Ainoastaan paikallisjunaliikenne tarjoaa vastaavan matkustuskeskinopeuden kuin metro.



Kuva 1 Liikennemuodon ajonopeus aikataulun mukaan 2019

Myös matkustajakilometrin tuotantokustannukset poikkeavat edukseen muista vaihtoehtoista. Metromatkustajakilometrin kustannukset ovat alle puolet bussin tai raitiovaunun matkustajakilometrikustannuksesta, Kuva 2.



Kuva 2 Matkustajakilometrin tuotantokustannukset 2017

Metro on myös monella tavalla ympäristöystävällinen liikennemuoto. Sähkövoimalla ilman päästöjä kulkevat junat kuljettavat suhteellisen pienen tilantarpeen, ja suurelta osin jopa maan alle sijoitettuna, erittäin suuren määrän matkustajia, Kuva 3. Näin ollen metroliiikenne kykenee pienentämään tiheään rakennetulla keskusta-alueella maanpäällistä liikennettä huomattavasti.



Kuva 3 Metron kapasiteetti verrattuna muihin kaupunkiliikennemuotoihin.

Metrojärjestelmän suurin viime aikojen kehityshanke on ollut metron laajentaminen Espooseen. Laajennuksen ensimmäinen vaihe Ruoholahdesta Matinkylään on tuonut kahdeksan uutta asemaa, ja kasvattanut matkustajamääriä huomattavasti. Laajennuksen vuonna 2023 aukeava toinen vaihe Kivenlahteen tuo vielä viisi uutta asemaa, ja lisää vielä matkustajamääriä huomattavasti. Metron piiriin tulleille uusille alueille on kohdistunut huomattavasti asunto- ja liikekiinteistörakennusta, kasvattaen matkustajamääriä. Tämä matkustajamäärien kasvu, mikä on suurempaa kuin alun perin ennakoiu, on tuonut mukanaan tarpeen kehittää metron kapasiteettia.

Metron kapasiteetin kehittämishankkeen esiselvitysvaiheessa on tunnistettu, että kapasiteetin huomattava kohottaminen edellyttää metron liikenteenohjausjärjestelmän uudistamista. Uuden liikenteenohjausjärjestelmän periaatteet eroavat merkittävästi nykyisestä, minkä takia uuden järjestelmän toteutuksella tulee olemaan vaikutuksia koko metron toimintaympäristöön. Onnistunut hanke edellyttää visiota, joka ottaa huomioon tulevaisuuden tarpeet aina liikennöinnin ja kunnossapidon tarpeesta järjestelmän omistajuuteen, metron matkustajamääriin, ja liikennöintisopimukseen. Uuden liikenteenohjausjärjestelmän toteutuksen onnistumisen tekijöitä on selvitetty keräämällä ja analysoimalla kokemuksista useista metroprojekteista eri puolilta maailmaa.

Kapasiteettia voidaan rajoitetussa määrin lisätä myös kehittämällä nykyistä toimintaa sekä nykyisiä liikenteenohjaukseen ja muita metron käyttöön ja hallinnointiin liittyviä järjestelmiä. Lisäksi matkustajavirtauksen parantaminen tehostaa matkustajakapasiteetin hyödyntämistä.

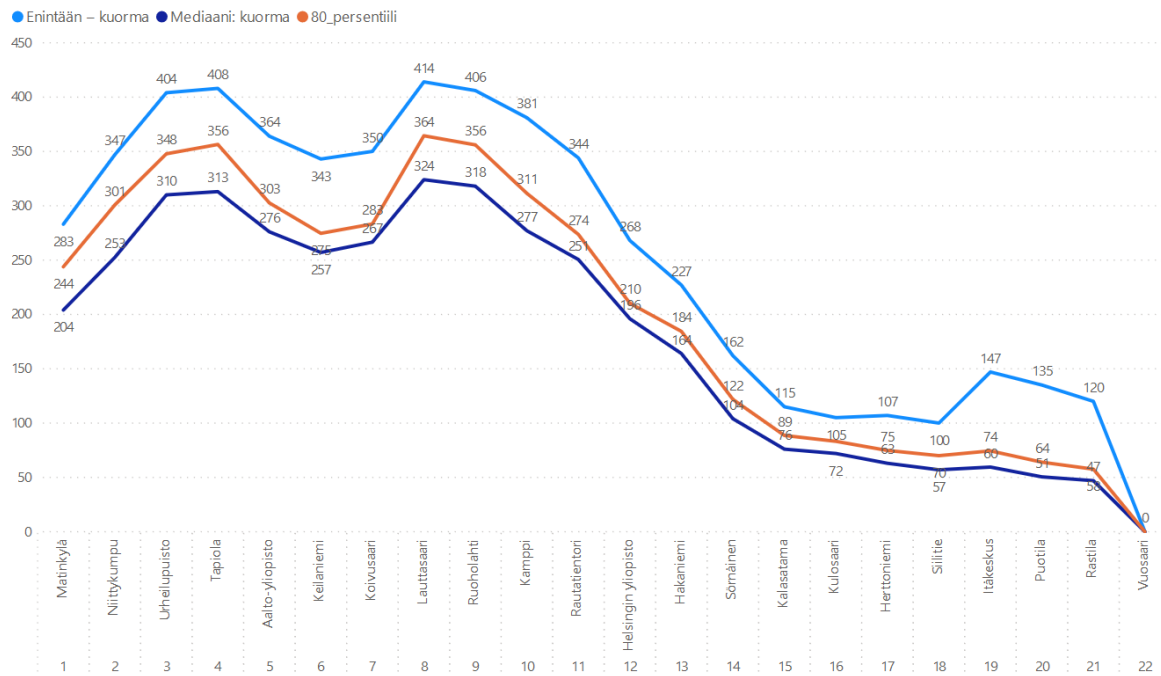
1.1 Metron matkustajamäärien kehittyminen ja metron kuormitus

Metron matkustajamäärä on kasvanut voimakkaasti viime vuosien ajan. Vuodesta 2010 vuoteen 2019 metron käyttäjien kokonaismäärä on kasvanut n. 62 % ja metron huippukuormitus on kasvanut n. 14 % vuodesta 2012. Suurin osa kasvusta on tullut länsimetron avautumisen vaikutuksesta.

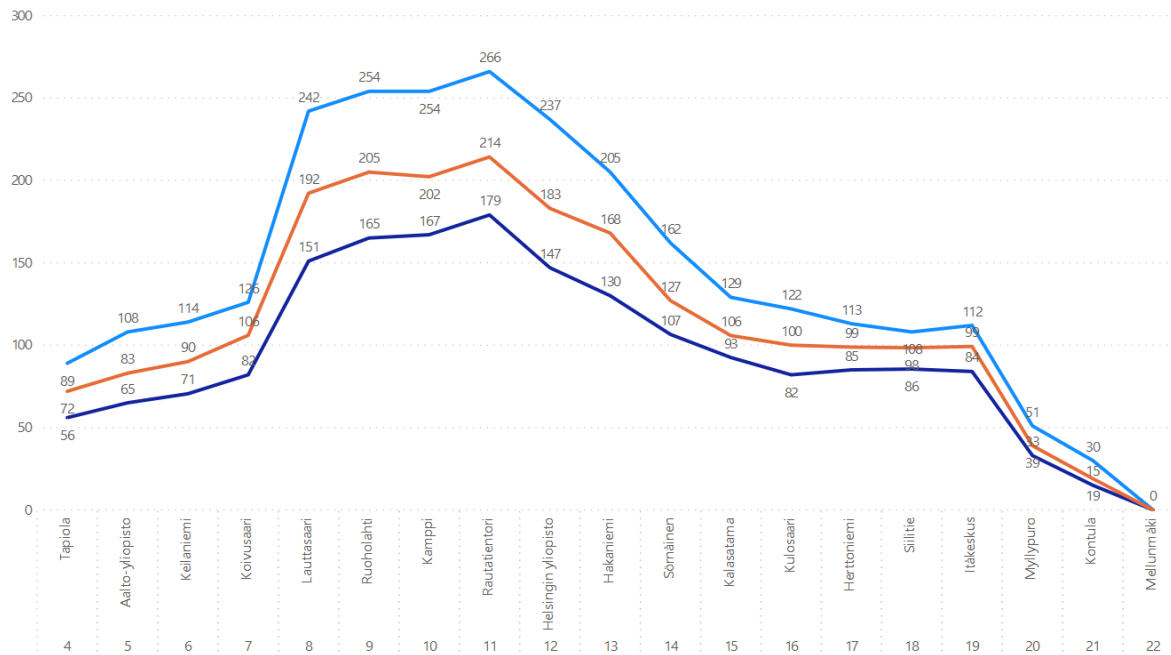
Helmikuussa 2020 aamuruuhkassa metron kuormittunein osuus oli idässä Sörnäisten ja Hakaniemen välillä, jossa matkustajia oli n. 8 400 ruuhkatunnissa. Vuosaaren linjan kuormitus oli tästä n. 4 500 ja Mellunmäen linjan kuormitus n. 3 900 matkustajaa. Lännessä kuormittunein osuus oli Lauttasaaren ja Ruoholahden välillä, jossa matkustajia oli n. 5 800 ruuhkatunnissa. Matinkylän linjan kuormitus oli tästä n. 4 000 ja Tapiolan linjan kuormitus n. 1 800 matkustajaa. Korkein havaittu kuorma oli 515 matkustajaa yksittäisessä junassa.

Idän suuntaan metro kuormittuu mukaan hyvin epätasaisesti etenkin Espoon osuudella. Matinkylän linjalla oli Tapiolassa yli viisinkertainen matkustajamäärä Tapiolan linjaan verrattuna. Lännen suuntaan Vuosaaren ja Mellunmäen metrolinjat kuormittuvat varsin tasaisesti.

Kuvissa Kuva 4-Kuva 5 on esitetty metrolinjojen M1 Matinkylä-Vuosaari ja M2 Tapiola-Mellunmäki junakohtaiset kuormat (maksimi, 80-persentiili ja mediaani) asemalta lähdettäessä klo 8-9 viikolla 6/2020.

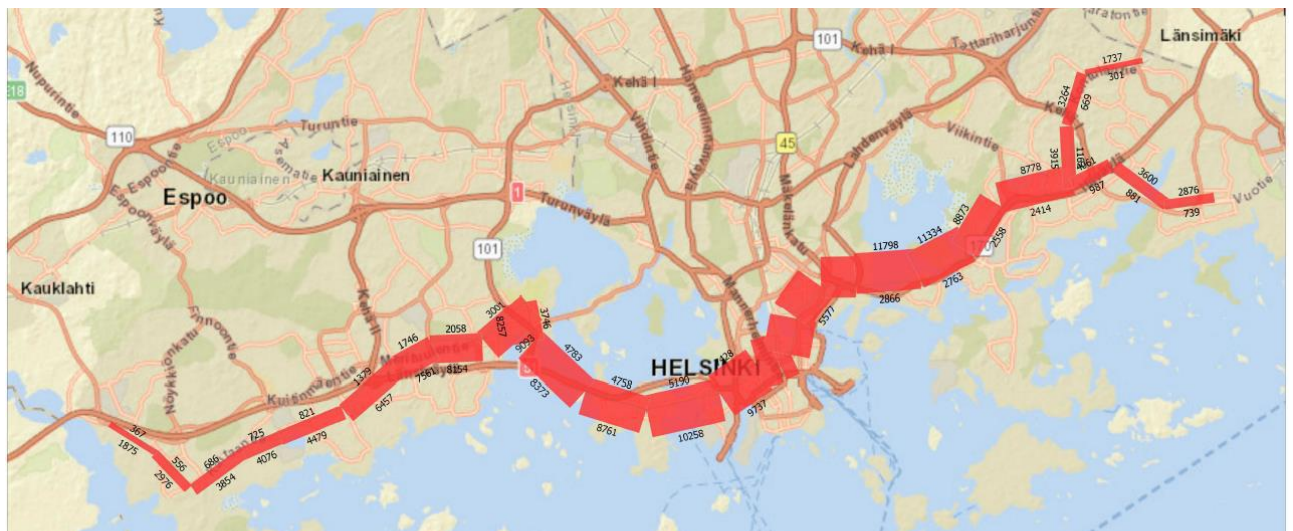


Kuva 4 Metrolinjan M1 Matinkylä-Vuosaari kuorma (maksimi, 80-persentiili ja mediaani) idän suuntaan asemalta lähdettäessä klo 8-9 viikolla 6/2020



Kuva 5 Metrolinjan M2 Tapiola-Mellunmäki kuorma (maksimi, 80-persenttiili ja mediaani) idän suuntaan asemalta lähdeäessä klo 8-9 viikolla 6/2020.

HSL:n ja metron vaikutusalueen kuntien yhteistyössä laatimassa selvityksessä metron matkustajamäärästä¹ tehdyn ennusteen mukaan metron kapasiteetti on loppumassa 2020-luvun loppupuolella. Näiden liikenne-ennusteiden perusteella metron kuormittunein osuus on Kulosaaren ja Kalasataman välillä, jossa on n. 11800 matkustajaa tunnissa (Kuva 6). Ennusteessa matkustajamäärä Tapiolan länsipuolella vuonna 2030 on noin 9300–10500 matkustajaa tunnissa, mikä ylittää selvästi nykymetron kapasiteetin.



Kuva 6 Metron kuormitus vuoden 2030 ennusteessa aamuhuipputunnissa (5 minuutin vuoroväli molemmilla linjoilla)

¹ Selvitys maankäytön ja liikennejärjestelmän kehittymisskenaarioista, Metron kapasiteetin nosto, osaselvitys 13

Selvityksessä 200s vuorovälein molempia linjoja operoivan automatisoidun metron matkustajamäärät ylittävät nykyisen metron ennustetut matkustajamäärät. Tiheämpi vuoroväli lisää järjestelmän matkustajakysyntää, jolloin Kulosaaren ja Kalasataman välillä on n. 12700 matkustaja tunnissa. Kapasiteetti kuitenkin tässä skenaariossa kuitenkin riittää koko metron alueella.

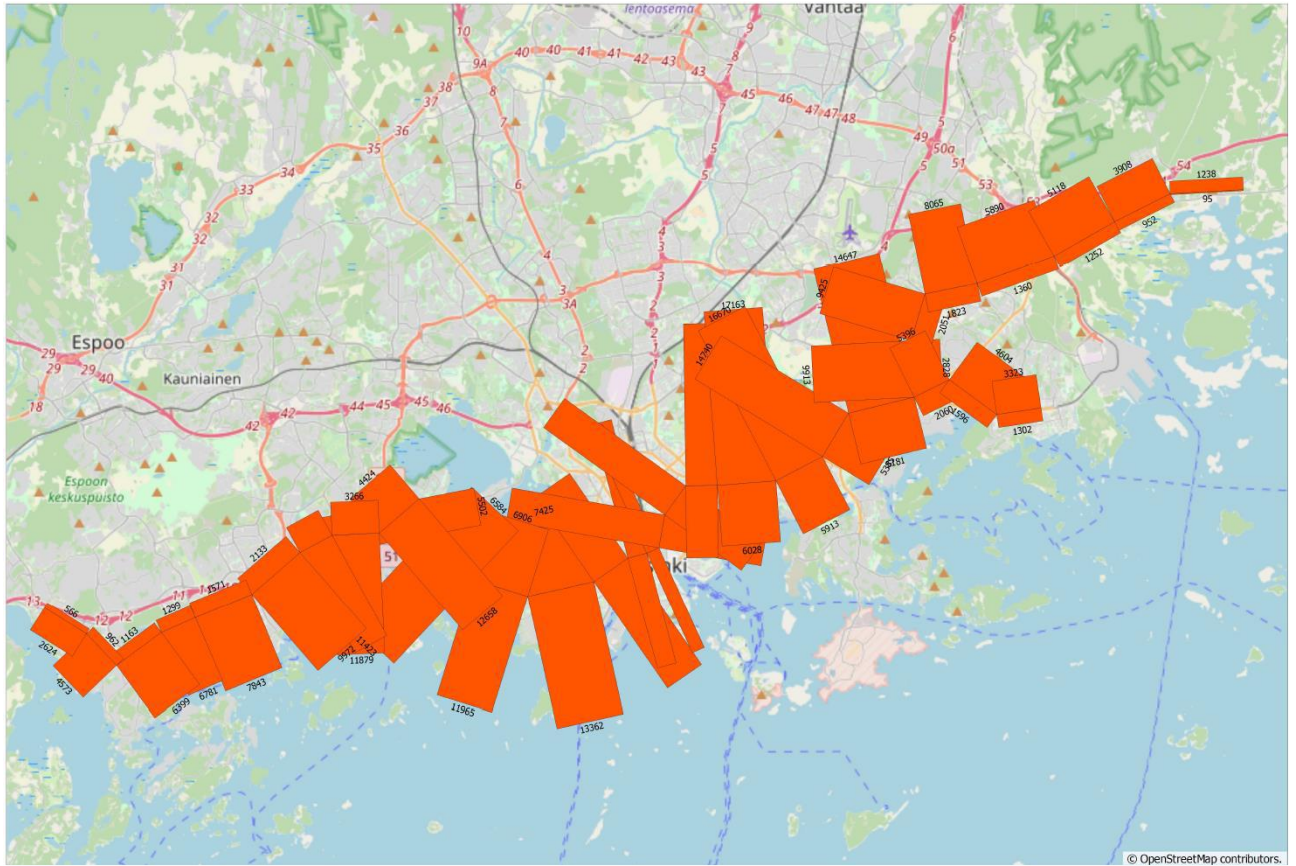
Metron matkustajamääriin vaikuttavat mm. metron vaikutusalueen maankäytön kehittyminen, liikkumistottumusten muutokset sekä liikenteen hinnoittelu. Matkustajakysyntä kasvaa edelleen vuoden 2030 jälkeen. Jotta matkustajakysynnän kasvusta tulevana vuosikymmeninä olisi selkeämpi kuva on HSL yhteistyössä metron vaikutusalueen kaupunkien ja kuntien Helsingin, Espoon, Vantaan, Kirkkonummen ja Sipoon kanssa tehnyt uuden laajan selvityksen maankäytön ja liikennejärjestelmän kehittymisestä vuoteen 2060 mennessä. Selvitys julkaistaan kokonaisuudessaan erillään tästä suunnitelmasta.

Tutkimuksessa on laadittu metron kapasiteettitarvetta mitoittava perusskenaario, jossa esitetään arvio matkustajamääristä vuonna 2060. Tämän lisäksi on herkkyystudkimuksena laadittu useita vaihtoehtoisia skenaarioita. Alla oleva taulukko tuo yhteen perusskenaarion ja siihen tehdyt herkkyystudkimusvaihtoehdot.

Tarkastelu	Oletukset
Perusskenaario	Kuntien laatima maankäytön maksimipotentiaali vuodelle 2060 (seudulla yhteensä 2,2 milj. asukasta ja 1,1 milj. työpaikkaa) Pohjalla MAL2019-suunnitelman hinnoittelu ja MAL2050 ve1 -skenaarion liikenneverkko, jota päivitetty.
Liikenteen hinnoittelu nykyisellään	Ei ruuhkamaksuja Ei lipun hintojen alennusta Ei muutoksia pysäköintimaksuihin
Ilman Pisaraa	Nykytyyppinen junaliikenne ilman Pisararataa (vuorovälit min, aamu/päivä/ilta): E Kauklahti-Hki (7,5/10/7,5) K Kerava-Hki (7,5/10/7,5) I ja P Kehärata (7,5/10/7,5)
Metron länsipään kapasiteettihaasteiden ratkomiseksi tutkittiin työssä useita eri vaihtoehtoja. Metron kapasiteetin nostohankkeen osaselvityksessä 4 on selvitetty tarkemmin eri länsipään ratkaisumahdollisuuksia.	Tutkitut vaihtoehdot: Matinkylän kääntöraide Kivenlahden kääntöraide Saunalahden jatke Kauklahden jatke (tunneli) Kauklahden jatke (pinta)

Tarkastelu	Oletukset
Uusi metrohaara	→ Metrolinjat: Matinkylä--Majvik, Kivenlahti-Vuosaari, Kamppi-Sakarinmäki (uusi metrolinja) → Ei Pisaraa Tarkastelu on teoreettinen. Uutta metroyhteyttä ei ole tässä työssä suunniteltu tarkemmin tai arvioitu sen toteutettavuutta. Herkkyystarkastelulla haluttiin katsoa kyseisen käytävän Kamppi-Pasila-Viikki-Itäkeskus kysyntää ja haarukoida sen vaikutuksia nykyisen metrokäytävän kuormitukseen. Matinkylässä ei ole myöskään kääntömahdollisuutta.
Ratikkayhteyksien kehittäminen	Tiederatikka Jokeri 0 -ratikka Poikittaiset ratikat Tiede+Jokeri 0 Viikki-Malmi ratikan jatke Mellunmäkeen
Bussitarjonnan kehittäminen	Herkkyystarkastelu on laadittu periaatteella, että lisätään bussitarjontaa, siellä missä metron kuormitus on korkea ja/tai arvellaan, että bussiliikenne voisi houkuttaa metrolta kysyntää. Linjastoa ei ole suunniteltu tarkemmin, vaan skenaariolla haetaan suuruusluokkaa mahdollisten bussitarjonnan muutosten vaikutuksista metron kysyntään.

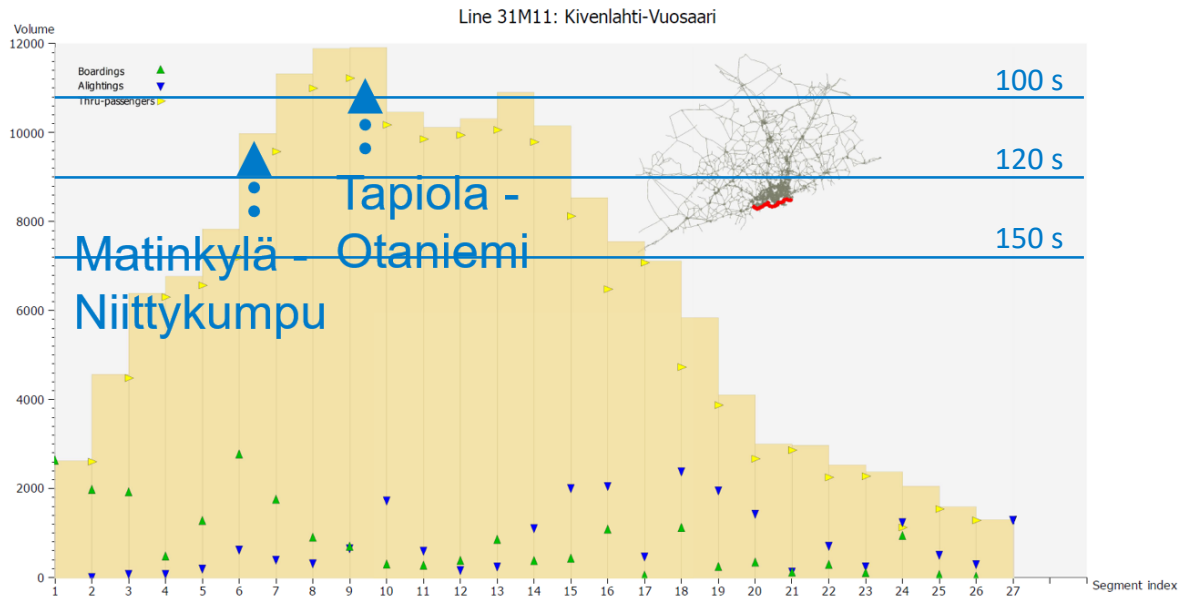
Perusskenaariossa vuonna 2060 metron kuormittunein osuus aamuhuipputunnissa sijoittuu Kulosaaren sillalle, jossa on n. 17 160 matkustajaa tunnissa. Lännen yhteisellä osuudella kuormittunein osuus on Lauttasaaren ja Ruoholahden välillä, jossa on n. 13 360 matkustajaa tunnissa. Perusskenaariossa toinen linja päättyy Tapiolaan, joten linjakohtainen korkein kuormitus sijoittuu Urheilupuiston ja Tapiolan välille, jossa on n. 11 880 matkustajaa tunnissa. Metron kuormitus ylittää uuden kulunvalvontajärjestelmän maksimikapasiteetin Niittykummun ja Tapiolan välillä. Kuvassa Kuva 7 on esitetty metron kuormitus perusskenaariossa aamuhuipputunnin aikana.



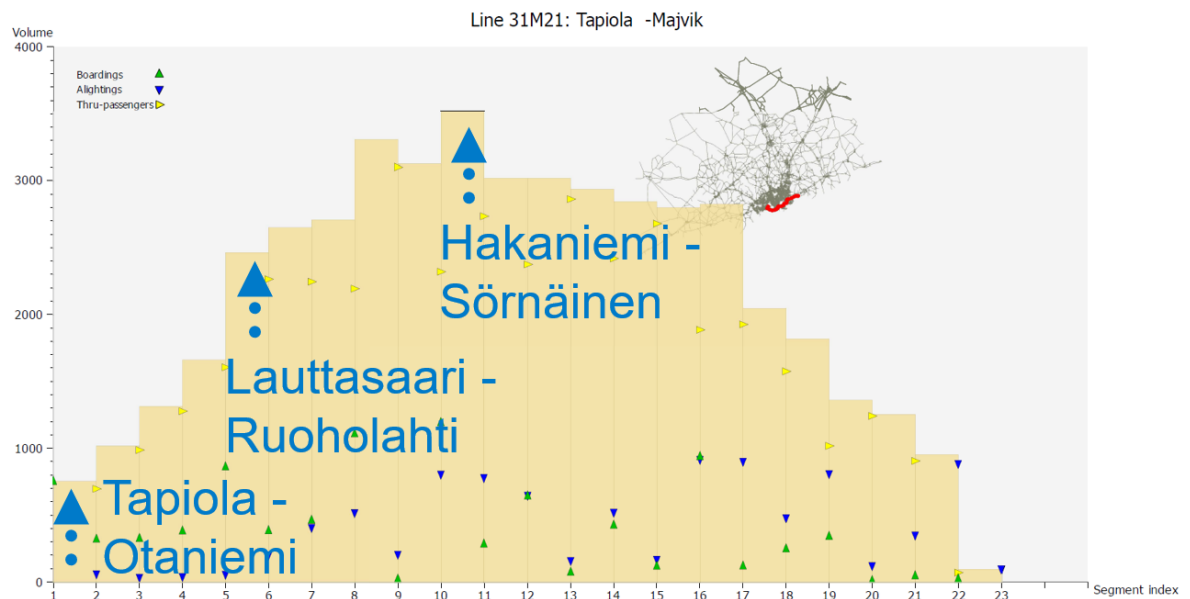
Kuva 7 Metron matkustajamäärät asemaväleittäin vuonna 2060 aamuhuipputunnissa

Metrolinjat kuormittuvat perusskenaariossa hyvin epätasaisesti lännen osuudella. Kivenlahden linja on Matinkylän ja Kampin välillä lähellä maksimikapasiteettia tai ylikuormittuu, kun taas Tapiolan linja kerää varsin vähän matkustajia. Epätasaisesta kuormituksesta on kuitenkin vain mallinnuksia tilanteessa, jossa jatke Matinkylästä Kivenlahteen on käytössä. Tästä siis ei ole vielä todellista havaintoa ja tuleva kuormitusjako riippuu myös siitä, kuinka liityntälinjasto suunnitellaan.

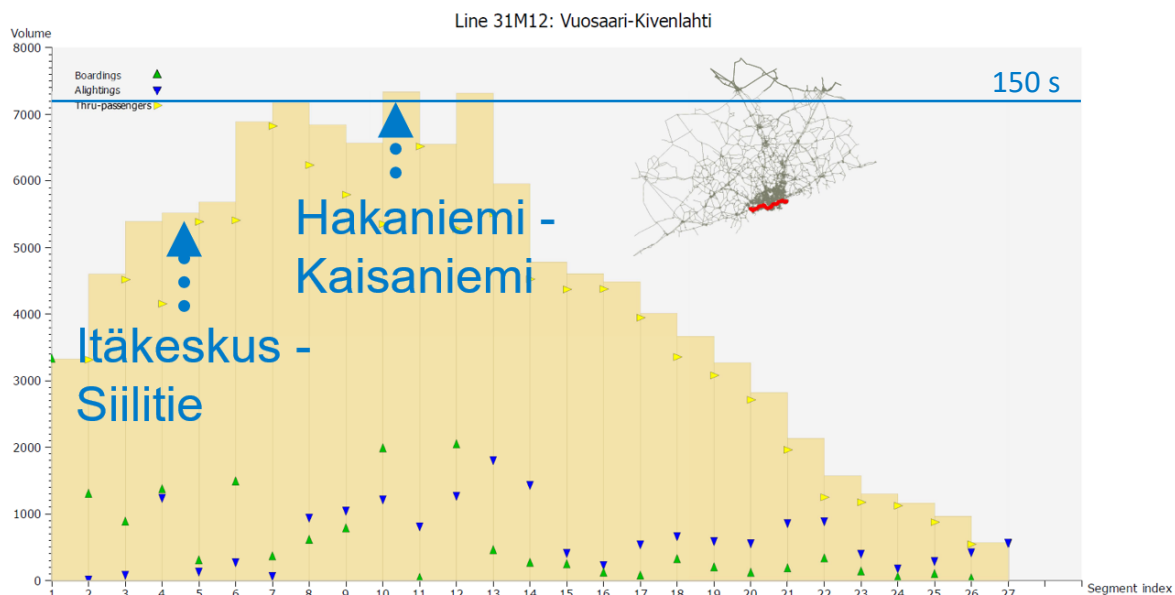
Idän osuudella tulevaisuudessa Majvikiin rakennettava Östersundomin linja kuormittuu Vuosaaren linjaa enemmän ja matkustajamäärä on 93% metrojärjestelmän maksimikapasiteetista osuudella Kulosaari-Kalasatama. Kuvissa Kuva 8 - Kuva 11 on esitetty metron linjakohtainen kuormitus asemaväleittäin perusskenaariossa aamuhuipputunnin aikana.



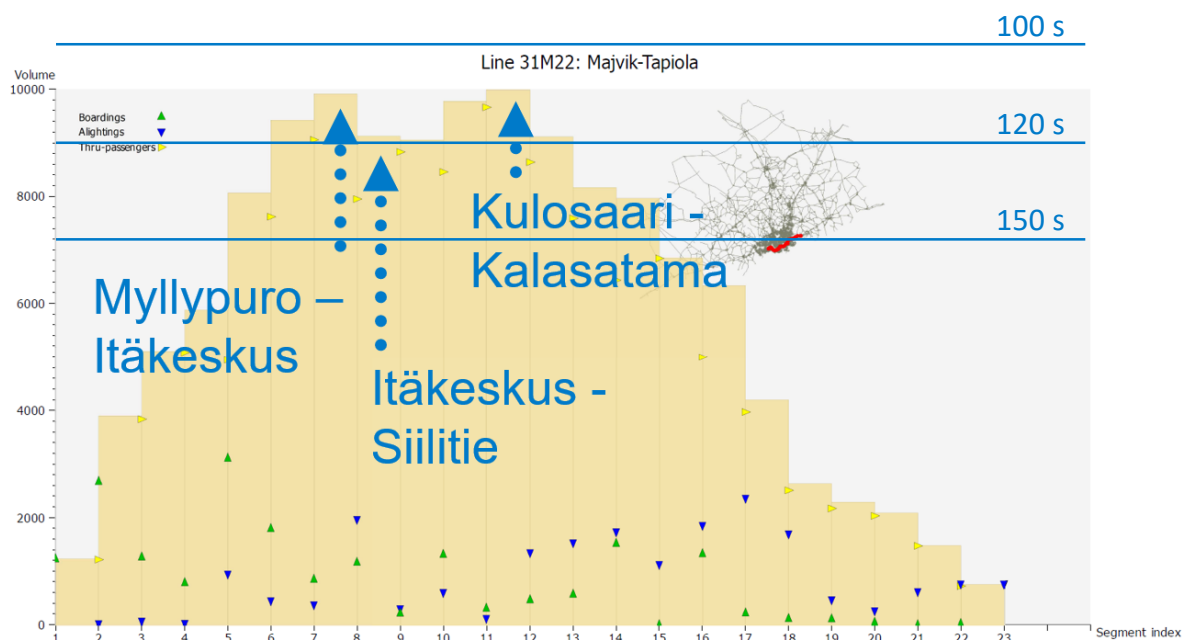
Kuva 8 Metrolinjan M1 kuormitus suunnassa 1 asemaväleittäin perusskenaariossa 2060 aamuhuipputunnissa



Kuva 9 Metrolinjan M2 kuormitus suunnassa 1 asemaväleittäin perusskenaariossa 2060 aamuhuipputunnissa



Kuva 10 Metrolinjan M1 kuormitus suunnassa 2 asemaväleittäin perusskenaariossa 2060 aamuhuipputunnissa



Kuva 11 Metrolinjan M2 kuormitus suunnassa 2 asemaväleittäin perusskenaariossa 2060 aamuhuipputunnissa

Perusskenaariossa Kivenlahden linja on Matinkylän ja Kampin välillä lähellä maksimikapasiteettia tai ylikuormittuu, kun taas Tapiolan linja kerää varsin vähän matkustajia. Vaikka aamuruuhkan työmatkat toteutuisivat kauttaaltaan 10% ennustettua pienempänä (työmatkojen kehityksen skenaario), kapasiteetti on Tapiolan länsipuolella 99% täynnä.

Toinen kriittisesti kuormittuva osuus metrolinjalla on Majvikin metrolinjalla Myllypuron ja Itäkeskuksen sekä Herttoniemen ja Kalasataman välillä, johon vaikuttaa erityisesti metron mahdollisen jatkeen Östersundomiin aiheuttama matkustajamäärien kasvu. Perusskenaariossa idän osuudella Östersundomin linja kuormittuu jonkin verran Vuosaaren linjaa enemmän ja on yli 90 % täynnä osuuksilla Myllypuro-Itäkeskus ja Herttoniemi-Kalasatama.

Idän runko-osuus kuormittuu tarkastelluissa skenaarioissa lännen osuutta voimakkaammin, paitsi skenaariossa uusi metrohaara. Linjojen yhteenlaskettu täyttöaste vaihtelee eri skenaarioissa välillä 64-82 % idässä osuudella Kulosaari-Kalasatama ja välillä 57-64 % lännessä osuudella Lauttasaari-Ruoholahti. Metron haaroilla täyttöaste vaihtelee eri skenaarioissa välillä 82-97 % osuudella Myllypuro-Itäkeskus ja välillä 100-111 % osuudella Urheilupuisto-Tapiola (ilman metron länsipään ratkaisuja).

Tarkasteltujen skenaarioiden vaikutus metron huipputunnin kuormitukseen vaihtelee tarkastelupisteestä riippuen. Tarkastelluissa skenaarioissa idän osuuden muutokset ovat suurempia kuin lännen muutokset. Idän osuudella suurimmat muutokset ovat skenaarioissa ilman Östersundomia, uusi metrohaara ja bussitarjonnan kehittäminen. Lännessä suurimmat vaikutukset syntyvät metron länsipään ratkaisulla, uudella metrohaaralla ja bussitarjonnan kehittämisellä. Työmatkojen pysyvämmät (tai muut systeemiset) muutokset voivat vaikuttaa merkittävästi tuloksiin.

Seuraava taulukko käsittelee metrossa tunnistettujen pullonkaulapaikkojen matkustajamääriä eri ennusteissa. Lisäksi taulukossa on herkkyystarkasteluna matkustajamäärät, joissa matkustajamääriä on vähennetty 10% ja 20%.

		Matkustajamäärä/tunti		
	Kapasiteetti	Malli	-10%	-20%
URP 2020 (helmikuu toteuma)	7200	5800		
URP 2030 (MAL19)	7200 (150s)	9600	8640	7680
URP 2030 (MAL19)	9000 (120s)	9600	8640	7680
URP 2060 (2020 perus)	10800 (100s)	11900	10700	9500
KA - M1 2020 (helmikuu toteuma)	7200x2	10870		
KA - M1 2030 (MAL19)	7200 (150s)	6300	5670	5040
KA - M2 2030 (MAL19)	7200 (150s)	6400	5760	5120
KA - M1 2030 (MAL19)	9000 (120s)	6300	5670	5040
KA - M2 2030 (MAL19)	9000 (120s)	6400	5760	5120
KA - M1 2060 (2020 perus)	10800 (100s)	7200	6480	5760
KA - M2 2060 (2020 perus)	10800 (100s)	10000	9000	8000

URP = Urheilupuisto – Tapiola, KA = Kulosaari – Kalasatama linjaosuus

Taulukosta näkee, että nykyinen metron kapasiteetti ei riitä Tapiolan länsipuolella nykyisellä järjestelmällä ja liikennemallilla tämän vuosikymmenen lopulla 2030 tai 2060 ennusteissa, vaikka kysyntä vähenisi 10% tai 20%: Kapasiteettia joudutaan siis kaikissa tapauksissa kehittämään. Mikäli järjestelmää kehitetään niin, että voidaan lyhentää vuoroväli 120 sekuntiin, riittäisi 10% vähennys ennusteisiin nähden huipputunnin matkustajamäärissä vuonna 2030 varmistamaan riittävän kapasiteetin. Toisaalta silloin

ollaankin kuitenkin niin lähellä, että on parasta valmistautua siirtymään liikennemalliin, jossa useampi kuin joka toinen juna jatkaa Tapiolasta eteenpäin. Perusskenaariossa Kivenlahden linja on Matinkylän ja Kampin välillä lähellä maksimikapasiteettia tai ylikuormittuu, kun taas Tapiolan linja kerää varsin vähän matkustajia. Tarkastellut metron länsipään ratkaisut poistavat epätasaisesta kuormittumisesta johtuvat kapasiteettiongelmat. Muut tarkastellut vaihtoehdot eivät riitä ratkaisemaan lännen kapasiteettihaasteita, mutta osassa skenaarioista vähenee niiden osuuksien määrä, joilla ollaan yli tai lähellä maksimikapasiteettia. Eniten vaikutusta on bussitarjonnan kehittäminen -skenaariolla. Myös ratikkayhteyksien kehittämisellä on vaikutusta, ja Tiederatikalla on lännen kuormitukseen suurempi vaikutus kuin Jokeri 0 -ratikalla. Muissa skenaarioissa lännen ongelmapaikat eivät muutu perusskenaarioon verrattuna. Vaikka aamuruuhkan työmatkat toteutuisivat kauttaaltaan 10% ennustettua pienempänä (työmatkojen kehityksen skenaario), kapasiteetti on Tapiolan länsipuolella 99% täynnä

Kalasataman itäpuolella tulee kapasiteettia kehittää viimeistään Östersundomin alueen ja Majvikin linjan kehittämisen myötä. Selvityksessä on tehty useita herkkystarkasteluja tässä esitetyn perustapauksen lisäksi. Tutkituista skenaarioista ilman Östersundomia, uusi metrohaara ja bussiyhteyksien kehittäminen keventävät metron kuormitusta niin, että idän osuudella ei enää olla lähellä metrojärjestelmän maksimikapasiteettia. Ilman Pisaraa, Tiederatikka ja Jokeri 0 -ratikka keventävät metron kuormitusta jonkin verran, mutta Östersundomin linja on näissä skenaarioissa edelleen yli 90 % täynnä joillakin osuuksilla. Tarkasteluista metron länsipään ratkaisut sekä liikenteen hinnoittelu nykyisellään puolestaan lisäävät idässä hieman niitä osuuksia, joilla kysyntä on lähellä maksimia. Viima-ratikan jatkeella ei ole merkittävää vaikutusta. Vuosaaren sataman jatkeella ei satamaskenaariotyössä tehtyjen tarkastelujen perusteella ole merkittäviä vaikutuksia aamuruuhkan kapasiteettiongelmiin.

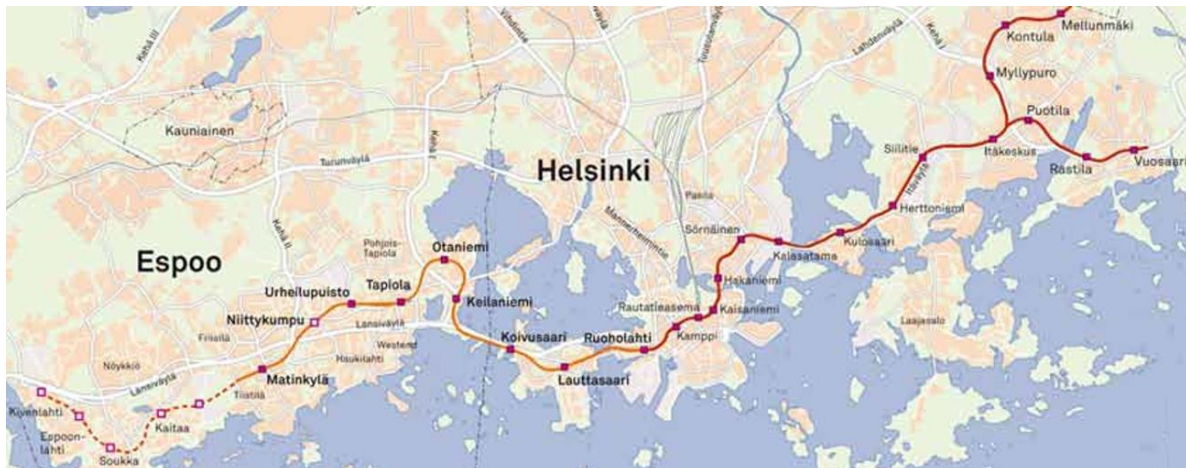
1.2 Matkustajakasvuun liittyviä epävarmuustekijöitä

Matkustajakasvun nähdään kasvavan tulevaisuudessa pääkaupunkiseudun asukasmäärien ja työpaikkojen kasvun myötä. Samalla nyt suunnitteluhetkellä vuoden 2020 pandemia (COVID 19) on asettanut haasteita arvioida tulevaa kapasiteettitarvetta, aiheuttaen epävarmuuden tämän kasvun vauhdista, mahdollisista askelmuutoksista kasvun etätyön lisääntyä ainakin väliaikaisesti, ja muista mahdollisista muutoksista matkustuskäytännöissä, esim. aamuruuhkahuipun viimeaikainen leviäminen ja sen myötä tasoittuminen. On epäselvää, mitkä näistä muutoksista ovat väliaikaisia, ja mitkä näistä saattavat vakiintua tulevaisuudenkin käytännöiksi. Liikennemalliasiantuntijoiden mukaan voi kestää 4-5 vuotta, ennen kuin uudet matkustuskäytännöt pystytään mallintamaan ja liikennemallien pohjalta pystytään tekemään päivitetty mallinnukset.

Koronaviruspandemia on kuitenkin osoittanut, että ~50 % joukkoliikennematkoista toteutuu pahimmassakin epidemiatilanteessa. Vahvojen etätyösuositusten ollessa voimassa elokuussa 2020 nousijamäärät ovat vain n. 30 - 35% pienempiä kuin vastaavaan aikaan 2019. Suosituksena on tässä vaiheessa käyttää herkkystarkasteluun skenaarioita, missä metron ruuhkatunnin matkustajamäärät alenevat 10% tai 20% nykyisiin malleihin nähden. Luotettavaa arviota mahdollisesta muutoksesta ei voida

Arvioihin liittyy siis epävarmuuksia, minkä seurauksena voidaan ajautua tilanteeseen, jossa nykyinen järjestelmä ruuhkautuu kestäättömällä tavalla, eikä tilanteeseen pystytä reagoimaan riittävän nopeasti. Tämän riskin ehkäisemiksi tullaan liikennemäärien ja -ennusteiden seurantaa tekemään säännöllisesti. Seuraava laajempi tarkastelu tästä tullaan tekemään keväällä 2021, kun valmistelu seuraavaa MAL-kierrosta varten käynnistyy.

Helsingin metro aloitti liikennöinnin elokuussa 1982 välillä Hakaniemi–Itäkeskus. Viimeisin laajennus, Länsimetron ensimmäinen vaihe Ruoholahdesta Matinkylään, avattiin matkustajaliikenteelle marraskuussa 2017. Länsimetron toista vaihetta Matinkylästä Kivenlahteen ollaan parhaillaan rakentamassa. Sen arvioitu käyttöönotto on vuonna 2023.



Kuva 13 Pääkaupunkiseudun metrolinjasto kartalla. Katkoviivalla on merkitty rakenteilla oleva metron jatko Matinkylästä Kivenlahteen.

Metron alettua liikennöidä Matinkylään asti, on matkustajien matkan keskipituus ollut 7,9 km. Aiemmin matkojen keskipituus oli 6,3 km.

1.3.2 Metrorata

Metrolinjaston kokonaispituus on 35 km, sillä on 25 asemaa ja yksi varikko. Asemista 16 on maanalaisia ja 9 maanpäällisiä. Kaikki maanpäälliset asemat sijaitsevat Sörnäisten itäpuolella. Länsimetron kuuluvat asemat Lauttasaaresta Matinkylään, muut asemat ovat Helsingin kaupungin kantametroa. Länsimetron jatke Matinkylästä Kivenlahteen tuo metrolinjaan 7 km ja 5 asemaa lisää sekä Sammalvuoren varikon, jolla on nykyistä Roihupellon metrovarikkoa suppeammat toiminnot. Länsimetron jatkeen tultua käyttöön metrolinjaston kokonaispituus on 42 km, sillä on 30 asemaa ja kaksi varikkoa. Asemista 21 on maanalaisia ja 9 maanpäällisiä.

Länsimetron asemat on rakennettu lyhyemmillä laitureilla kuin kantametronein, ja mahdollistavat liikennöinnin nelivaunuilla metrojunilla. Asemat on mitoitettu Länsimetron suunnitteluvaiheessa käynnissä olleen metron automatisointihankkeen mukaisesti. Silloisen automatisointihankkeen piti mahdollistaa 100 sekunnin vuoroväli jo Länsimetron 1. vaiheen valmistuessa. Kantametronein sallivat kuusivaunuinen juna. Liikennöinnin siirryttyä käyttämään nelivaunuja juna ei välttämättä kantametronein pitkien laiturien opastinten sijainnit ole enää optimaalisia.

Kantametronein sähkönsyöttö on nyt suunniteltu 150 sekunnin vuorovälille, mutta metronein sähkönsyötön kehityssuunnitelma on tehty 100 sekunnin vuorovälille. Näin ollen sähkönsyöttöjärjestelmää perusparannusta tehtäessä sitä kehitetään kohti lyhyempiä vuorovälejä. Länsimetro on suunniteltu alun perin 100 sekunnin vuorovälille kokonaisuudessaan.

Metronein siltojen kantavuus on aikaisemmin aiheuttanut huolta mahdollisena rajoittavana tekijänä kapasiteetin nostolle, mutta yleissuunnittelun yhteydessä tehdyt selvitykset osoittavat, että siltojen kantavuus ei tule rajoittavaksi tekijäksi kapasiteetille.

Mikäli kantametrin tunneliosuuksia halutaan kehittää täysautomaattisen metro-ooperaation suuntaan, tulee poistumisteiden kehittämiseen tehdä huomattavia panostuksia.

1.3.3 Kalusto

Pääkaupunkiseudun metroa liikennöidään tällä hetkellä 45 metrojunalla, joista liikenteeseen sitoutuvia vuoroja on 36. Junia on kolmea eri sarjaa: M100, M200 ja M300. Yhden metrojunan muodostaa yksi nelivaunuinen M300-sarjan junayksikkö, joita on 20, tai kaksi kaksivaunuista M100- tai M200-sarjan junayksikköä. M100-sarjan junayksiköitä on liikenteessä 39 ja M200-sarjan junayksiköitä 12. Näistä muodostuu siis 19 ja 6 metrojunaa. M300-junasarjan hankintaan liittyneen option pohjalta on tätä junasarjaa tilattu 5 junayksikköä lisää. Junayksiköiden toimitus on ajoitettu vuoteen 2022, minkä jälkeen on käytettävissä 50 metrojunaa.

Tulevaisuudessa suunnitellaan uuden M400-junasarjan hankintaa. Siirryttäessä 120 sekunnin vuoroväliin tarvitaan vähintään 10 uutta metrojunaa, mikä tulee huomioida M400-junasarjan hankinnan aikataulussa. Junasarja tulisi myös korvaamaan vanhemmat M100- ja M200-sarjojen junat. Tulevissa M400 junissa on kaksi ohjaamoa neljää vaunua kohden, kun M100- ja M200-sarjoissa metrojuna rakentuu kahdesta kaksivaunuista yksiköstä, jolloin ohjaamoja on vuoroa kohden neljä. Muutos tulee lisäämään matkustajien käytössä olevaa tilaa n. 8 m² ja siten myös maksimimatkustajakapasiteettia n. 32 matkustajaa/vuoro, mikä vastaa 4 minuutin vuorovälillä n. 500 matkustajaa per tunti molempiin suuntiin molemmilla metrolinjoilla, kun vertailukohtana on liikennöinti M100- ja M200-sarjojen junilla.

Käytettävissä olevat vuorot per kalusto	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
M100	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	17	6				
M200	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						
M300	20	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
M400											17	29	35	35	35	35
Käytettävissä yht	45	45	50	50	50	50	50	50	50	50	59	60	60	60	60	60
Kaluston sitoutuminen	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Liikennöinti	35	35	35	39	39	43	43	43	43	43	53	53	53	53	53	53
Huolto ja korjaus	6	7	7	5	5	7	7	5	5	6	6	6	6	6	6	6
Yhteensä	41	42	42	44	44	50	50	48	48	49	59	59	59	59	59	59
Varakalusto	4	3	8	6	6	0	0	2	2	1	0	1	1	1	1	1
Käyttöaste	78%	78%	70%	78%	78%	86%	86%	86%	86%	86%	90%	88%	88%	88%	88%	88%

Huom: **43** perustuu 3/4 liikennöintiin Kivenlahteen **53** perustuu 2 min vuoroväliin

Taulukko 1 Käytettävissä olevien junavuorojen määrä junasarjoittain ja kaluston sitoutuminen

Vuosien 2020 – 2035 junien kokonaismääratarve perustuu alustaviin arvioihin tulevaisuuden metrovuoromääristä. Kalustokohtaiset junamäärät on esitetty Taulukko 1 HSL:n liikennöintisuunnitelman talven 2019/2020 version perusteella.

Metrojunakaluston riittävyys laajoihin muutostöihin on rajallinen. Liikennöitäessä Kivenlahteen kaluston käyttöaste tulee olemaan n. 86% jos yksi neljästä junasta kääntyy Tapiolassa muiden jatkaessa Kivenlahteen. Kun huomioidaan muutkin kalustoa sitovat tekijät kuten korjaava kunnossapito ja määräaikaishuollot, on kaluston saatavuus muutostöihin heikko. Tällöin kaluston muutoksiin kokonaisuudessaan tarvittava aika voi venyä liian pitkäksi. Oheisessa taulukossa Taulukko 1 on oletettu $\frac{3}{4}$ liikennöinnin Kivenlahteen alkavan vuonna 2025. Tästä ei kuitenkaan ole mitään päätöksiä. Samoin M400 hankinnan ajankohta on sovitettu vastaamaan 120 sekunnin vuoroväliä vuodesta 2030 alkaen, itse kalustohankinnasta ei ole päätöksiä.

Vanhimmat M100-sarjan junat ovat vuosilta 1980–1984 ja M200-sarjan junat vuosilta 2000–2001. Nämä junat ovat valmistusajankohtansa mukaista tekniikkaa ja niiden täysautomatisointi osoittautui aiemmassa automatisointiprojektissa haasteelliseksi. M100- ja M200-sarjat on varauduttu pitämään kuitenkin toimintakuntoisina jopa vuoteen 2035 asti, ja näiden junasarjojen peruskunnostushanke on parhaillaan käynnissä.

Metrojunakaluston suunniteltu käyttöikä on noin 40 vuotta. M100- ja M200-junien näin arvioitu jäljellä oleva käyttöikä on lyhyempi kuin niihin mahdollisesti asennettavien CBTC-laitteiden, mikä vaikuttaa investoinnin kannattavuuteen. Junien muuntaminen automaattikäyttöön soveltuviksi saattaa olla hankalaa ja kallista. M100-sarjan junien käyttöikää on aiemmin jatkettu vuosina 2003–2009 suoritettulla peruskorjauksella. HKL on vuonna 2017 käynnistänyt hankkeen, jossa vuoteen 2023 mennessä kunnostetaan kaikki M100- ja M200-junat mm. kaupallisen ilmeen osalta. Ovien väärän puolen avautumisen esto kuljettajakäytössä on noussut uudeksi muutos- ja uudistustarpeeksi kaikille junasarjoille, mutta se ei ole osa nyt toteutettavaa peruskorjaushanketta. M200-junat ovat kuitenkin tulossa 2030-luvulla teknisen elinikänsä päähän, joten niiden korvaaminen on välttämätöntä ilman huomattavia toimenpiteitä. M100-junat ovat mekaanisesti erittäin kestäviä, joten niiden kunnostaminen on mahdollista toteuttaa vielä uudelleen. Kyseisen kaluston käyttö on kirjanpidollisesti edullisempaa kuin uuden kaluston, koska hankintakustannukset ovat kokonaan poistettu.

Uusimmat M300-sarjan junat ovat vuosilta 2017–2018 ja niissä on varauduttu täysautomaattiajoon edellisen automatisointiprojektin tarpeiden mukaisesti. Jatkossa, jos siirytään kuljettajattomaan metroon, voidaan M300-junien ohjaamo poistaa. M300-sarjan junien tilauksesta on myös käynnissä optiohankinta viidestä lisäjunasta, jotka tulevat käyttöön Länsimetron Kivenlahden jatkeen liikenteen vaatimaa lisäkalustotarvetta varten. Uusien junien toimitus on aikataulutettu vuoteen 2022.

HKL omistaa nyt kahdeksan ratakuorma-autoa joista uusin on toimitettu tänä vuonna. Kaikki ratakuorma-autot ovat keskenään erilaisia ja eri ikäisiä. Ratatöihin käytetään myös Väyläviraston rataverkolta tulevaa tukemiskonetta noin kaksi kertaa vuodessa, minkä lisäksi se käy satunnaisesti myös muuten. Lisäksi HKL:llä on myös sopimus kiskopyöräkaivinkoneesta, joka on käytössä joka yö.

Ylläpitokalustolla liikennöidään valo-opastinten opasteiden mukaisesti. Ylläpidossa on tekemistä paljon, työaikaa ei voi leikata, joten kalusto lähtee liikenteen vähentyessä jonossa varikolta. Päivisin kalusto on käytössä tavallisesti vain metrovarikon alueella.

Ylläpidon ajoneuvoissa on varauduttava myös edelleen lisääntyvään tarpeeseen ja pidempiin työkohteisiin varattavaan siirtymäaikaan Länsimetron Matinkylä-Kivenlahti – osuuden avautuessa. Ylläpitokaluston käytön turvallisuuden takaaminen metrojärjestelmässä tulee ottaa huomioon järjestelmiä uusittaessa.

Uuden liikenteenohjausjärjestelmän kulunvalvontalaitteiden toteutus olemassa olevaan kalustoon vaatii aina huomattavan määrän suunnittelua ja varmennustyötä, jo ennen kuin päästään asennukseen ja testauksen mukana tuleviin haasteisiin.

Alla oleva taulukko pyrkii vetämään yhteen tärkeimpiä löydöksiä kalustoselvityksestä liittyen junien päivitykseen GoA2 puoliautomaattiajoon. Mikäli ei toteuteta automaatiota, vaan ainoastaan asennetaan jatkuvatoiminen kulunvalvontajärjestelmä, on liityntärajapinta kalustoon yksinkertaisempi. Kalustoselvityksestä on erillinen dokumentti, missä alla esiteltäviä löydöksiä on käsitelty yksityiskohtaisemmin.

Kalusto	Uuden kulunvalvonnan ja automaattiajon asennuksen helppous	Junien määrä	Ratapohjainen siirtymä	Kalustopohjainen siirtymä
M100	-	+	++	-
M200	--	--	++	--
M300	+	++	+ -	+ -
Kunnossapitokalusto	--	--	++	-

Kalustoselvityksessä on suositeltu useita tarkennettavia asioita, joiden olisi hyvä olla dokumentoituna, kun tarjouspyyntö uudesta liikenteenohjausjärjestelmästä lähetetään potentiaalisille toimittajille, ja käytännössä välttämätöntä olla dokumentoituina viimeistään siinä vaiheessa, kun sopimus valitun toimittajan kanssa laaditaan.

1.3.4 Liikenteenohjausjärjestelmä

Nykyinen metrojärjestelmä on kuljettajametro, jossa ei ole varsinaista nopeusrajoitusten noudattamista varmistavaa jatkuvatoimista kulunvalvontajärjestelmää. Asetinlaite ohjaa pakkopysäytysjärjestelmän ratamagneetteja, jotka aktivoivat junassa olevan laitteen avulla junan jarrun, mikäli juna ohittaa Seis-opasteen. Juna pysähtyy tällöin asetinlaitteen kulkutien yhteydessä varmistaman ohiajovaran matkalla. Raiteet on jaettu opastimilla kiinteisiin suojaväleihin, jotka voivat olla turvattuja vain yhden junan liikkeelle kerrallaan. Kuljettajat ajavat junia opastinväliltä toiselle opastimien antamien opasteiden perusteella, jotka asetinlaite muodostaa varmistuneiden kulkuteiden perusteella.

Raiteet opastimien välillä on jaettu edelleen raideosuuksiin, joilla junan sijainti tunnustetaan vapaana olon valvontalaitteilla raideosuuden tarkkuudella. Vapaana olon valvonta varsinaisen metrolinjan varrella perustuu äänitaajuusraidevirtapiireihin, kun taas metroravikon alueella on käytössä myös akselinlaskijoita.

Länsimetron osuuden liikenteenohjausjärjestelmä on hankittu Mipro Oy:ltä ja on pääosin modernia tekniikkaa. Tammikuussa 2019 otettiin käyttöön Mipron järjestelmät

myös kantametroneille, jolloin koko metrolinjalla on nykyisin yhtenäinen liikenteenohjausjärjestelmä. Samaa järjestelmää ollaan asentamassa myös Länsimetroneille 2. vaiheen alueelle.

Helsingin kantametroneiden liikenteenohjausjärjestelmän ulkolaitteet ovat pääosin 1980-luvulta ja niiden varaosien saatavuus on heikentynyt. Osa laitteista on elinkaaren loppupäässä ja niiden häiriötiheys on kasvanut aiheuttaen lisääntyvässä määrin liikennehäiriöitä.

Liikenteenohjauksen pakkopysäytysjärjestelmä ei tukeudu uusimpaan tekniikkaan, eikä mahdollista vuorovälien lyhentämistä turvallisuustason heikkenemättä. Tämä ei luonnollisesti ole hyväksyttävää, joten vuorovälien lyhentämisen kannalta on perusteltua kehittää metron liikenteenohjausta joko korvaamalla pakkopysäytysjärjestelmä jatkuvatoimisella kulunvalvonnalla tai asentamalla uusi liikenteenohjausjärjestelmä ennen vuorovälien lyhentämistä.

1.3.5 Vuoroväli

Metron minimivuoroväli määräytyy metron radan, metrokaluston ja tärkeimpänä tekijänä metron liikenteenohjausjärjestelmän yhteisvaikutuksesta. Nykyisellä liikenteenohjausjärjestelmällä metron pienin mahdollinen teoreettinen vuoroväli on noin 120 sekuntia, rajoittavimman tekijän mukaan. Liikennöinnin häiriönhallinnan mahdollistamiseksi arkiliikenteen vuorovälin on oltava kuitenkin suurempi. Tihein käytännössä jatkuvasti saavutettava vuoroväli Helsingin metrossa ja Länsimetrossa on 150 sekuntia. Yksinkertaistettuna tämä tarkoittaa sitä, että jokaisella junalla on varaa myöhästyä aikataulustaan vain 30 sekuntia ennen kuin seuraava juna joutuu odottamaan edellistä. Tämä toipumisaika on vähäinen ja metrossa on nykyisellään melko paljon liikennehäiriöitä.

Metroliiikenteen nykyistä ruuhka-ajan vuoroväliä metrolinjan runko-osuudella ei pystytä lyhentämään ilman liikenteenohjausjärjestelmän päivittämistä. Jos vuoroväliä tihentäisi ilman kulunvalvonnan päivitystä, jäisi junille alle 30 sekunnin vara häiriöistä toipumiseen. Näin pieni vara tekisi metroliiikenteestä hyvin häiriöherkkää ja esimerkiksi metron sulkeutuvien ovien väliin menevä matkustaja voisi aiheuttaa merkittävän liikennehaitan. Lisäksi nykyistä junien purkamista ja lastausta asemilla pitäisi tehostaa merkittävästi. Tämä kehityspolku ei ole realistinen tai tavoiteltava – vuorovälin tihentämiseksi on päivitettävä tai uusittava metrojunia ohjaava järjestelmä.

Isompien häiriöiden sattuessa metron häiriötä hallitaan luopumalla aikataulusta ja siirtymällä vakiovuoroväliin, jolloin muita junia hidastetaan yksittäisen junan myöhästymisen verran. Tällöin junien tasainen vuoroväli säilyy ja asemien ruuhkautumista pystytään parhaiten torjumaan.

1.3.6 Matkustajakapasiteetti ja palvelutaso

Joukkoliikenteen suunnitteluohje (HSL 2016) ohjaa matkustajamitoitusta metroliiikenteessä. Ohjeessa on määritetty käytössä olevan liikennekaluston paikkamäärät sekä sallitut kuormitusasteet. Matkustusväljyydelle asetetut tavoitteet vaikuttavat tarjonnan lisäämiseen kysynnän ollessa suurta. Ohjeen mukaan lähtöjen kapasiteetti mitoitetaan niin, että kyytiin mahtumatta jääminen on harvinainen poikkeustilanne. Ruuhka-aikojen

ulkopuolella kapasiteetti mitoitetaan niin, että metrolienteessä tarjolla on pääsääntöisesti istumapaikka. Yhden metron maksimimatkustajamääräksi määritellään ohjeessa 228 istumapaikkaa ja 480 seisomapaikkaa, missä seisojia on laskettu 4 henkilöä / m². Pitkän aikavälin suunnitelmissa kapasiteetti mitoitetaan tuntijaksoittain ja siten, että huomioidaan matkustuskysynnän vaihtelu huipputunnin sisällä. Tästä syystä liikenteessä käytetään tuntikapasiteetin mitoitukseen 85 % kuormitusastetta eli metrolla 602 matkustajaa / tunti.

Metron nykyinen keskimääräinen kuormitus jää merkittävästi alle edellä esitettyjen suunnitteluohjeiden mitoitustukujen. HSL saa kuitenkin toistuvasti palautetta matkustajilta liian korkeista matkustajamääristä metrossa. Tästä syystä HSL tulee tutkimaan mitoitushjeen muutostarpeita suunnitteluohjeen päivityksen yhteydessä. Mitä lähempänä kuormitus on mitoitusarvoja, sitä suuremmaksi häiriöt kasvavat. Myöhästymislanteissa minuutin aikana kertyy 40% lisää matkustajia, joten säännöllisyys on kriittinen tekijä liikenteen toimivuudelle

Myös matkan pituudella on vaikutusta asiakkaiden toiveisiin matkustusväljyydestä ja istumapaikan saatavuudesta. Länsimetron avauduttua vuonna 2017 keskimatkanpituus metrossa kasvoi 6,3 kilometristä 7,9 kilometriin (HSL Lippulajitutkimukset 2013 ja 2018). Keskimatkanpituuden oletetaan kasvavan edelleen metrojärjestelmän laajentumassa pidemmälle länteen ja itään.

Nykyisen kuljettajametron laskennallinen matkustajakapasiteetti metrolinjaa kohti viiden minuutin (300 s) vuorovälillä, kun metrojunista puolet kulkee Tapiolasta Mellunmäkeen ja puolet Matinkylästä Vuosaareen, on noin 7200 matkustajaa tunnissa.

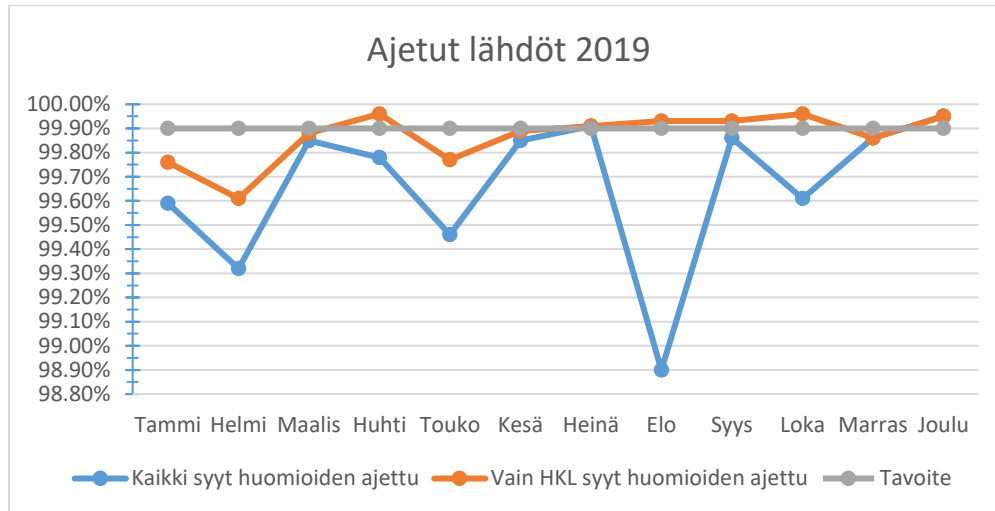
Nykyään metrolienteen palvelutaso on pääosin hyvä, mutta kehitettävää on etenkin liikenteen säännöllisyyden osalta. Epäsäännöllisyyteen vaikuttavat erityisesti kantometron vanhojen turvalaitteiden ja junakaluston viat sekä matkustajien viivästykksiä aiheuttava käyttäytyminen. Turvalaitteissa tyypillisimmin häiriöitä aiheuttavat kantametron vanhat raidevirtapiirit ja opastimet, ja junin tyypillisimmin häiriöitä aiheuttaa ovivat. Matkustajien toiminta saattaa aiheuttaa häiriöitä monin eri tavoin, tyypillisimpiä on matkustajien hidas poistuminen ja nouseminen junaan, ovien välissä seisominen, sekä varsinainen häiriökäyttäytyminen kuten ilkivaltainen hätäkahvan veto, liikkuminen radalla ilman lupaa tai poistuminen junasta käännöillä.

Lisäksi häiriötilanteiden vaikutukset pääsevät helposti kertautumaan pitkälle ajalle ja matkalle järjestelmän salliman pienen häiriötoipumisvaran vuoksi. Liikenteenohjauksen järjestelmä ei aktiivisesti tue säännöllisen vuorovälin toteuttamista/palauttamista, vaan liikenteenohjaajat joutuvat manuaalisesti puuttumaan tilanteen hallitsemiseksi.

Ajamattomia lähtöjä on varsin vähän, Kuva 13. Kuormitusaste jää keskimäärin selvästi alle HSL:n joukkoliikenteen suunnitteluohjeen palvelutasotavoitteiden, mutta linjojen epätasainen kuormittuminen lännessä sekä vuorovälien epäsäännöllisyys aiheuttavat ruuhkan kokemuksia.

Metroliekenne ajetaan tällä hetkellä 35 km pitkällä linjalla. Kun Länsimetron 2. vaihe avautuu, kasvaa linjapituus 7 km, mikä saattaa kasvattaa metrolinjan häiriöherkkyyttä.

Liikenteen tihentyessä ja kysynnän kasvaessa nykyisestä liikenteen säännöllisyys muodostuu vieläkin tärkeämmäksi.



Kuva 14 Ajetut lähdöt vuonna 2019

1.3.7 Omistus, ylläpito ja kehittäminen

Metrojärjestelmän infran Ruoholahdesta itään omistaa, ylläpitää ja kehittää Helsingin kaupunki (Helsingin kaupungin liikenneliikelaitos, HKL). Tämä käsittää radan lisäksi asemat ja tekniset järjestelmät. Ruoholahdesta länteen radan, asemien ja teknisten järjestelmien omistus-, ylläpito- ja kehittämisvastuut ovat Länsimetro Oy:llä. Länsimetro Oy:n omistavat Espoon ja Helsingin kaupungit. Kaupunkien osuudet jakautuvat niin, että Espoon osuus Länsimetrosta on noin 85 prosenttia ja Helsingin 15 prosenttia. Kaupungit ovat sopineet keskinäisestä rakentamisen kustannusjaosta rajalta poikki -periaatteen mukaisesti, eli kumpikin maksaa omalla alueellaan syntyvät rakennuskustannukset. Länsimetro tilaa HKL:ltä metrojärjestelmän ylläpidon ja operoinnin alueellaan.

HKL omistaa kaluston ja vastaa metrokaluston operoinnista ja kunnossapidosta koko järjestelmän osalta. HSL suunnittelee ja järjestää toimialueensa joukkoliikenteen sekä hankkii metroluennoinnin lisäksi myös bussi-, raitiovaunu-, lautta- ja lähijunaliikenteen palvelut.

2. Tavoitteet

2.1 Hankkeen osa-alueet

Metron kapasiteettihanke on yleissuunnitelman valmistumisen myötä siirtymässä suunnitteluvaiheesta toteutusvaiheeseen. Suunnitteluvaiheessa on selvitysten, esisuunnittelun ja toimittajahaastatteluiden avulla arvioitu vaihtoehtoisia tapoja parantaa järjestelmän kapasiteettia ja luotettavuutta, ja näiden pohjalta asetettu hankkeelle tavoitteita, jotka tuodaan yhteen tässä yleissuunnitelmassa. Näiden pohjalta suunnitellaan useita hankkeita, joille laaditaan erilliset hankesuunnitelmat.

Alla oleva kaavio on yleiskuva metron kapasiteettihankkeen kokonaisuudesta. Seuraavissa kappaleissa on yhteenveto sen tavoitteista.



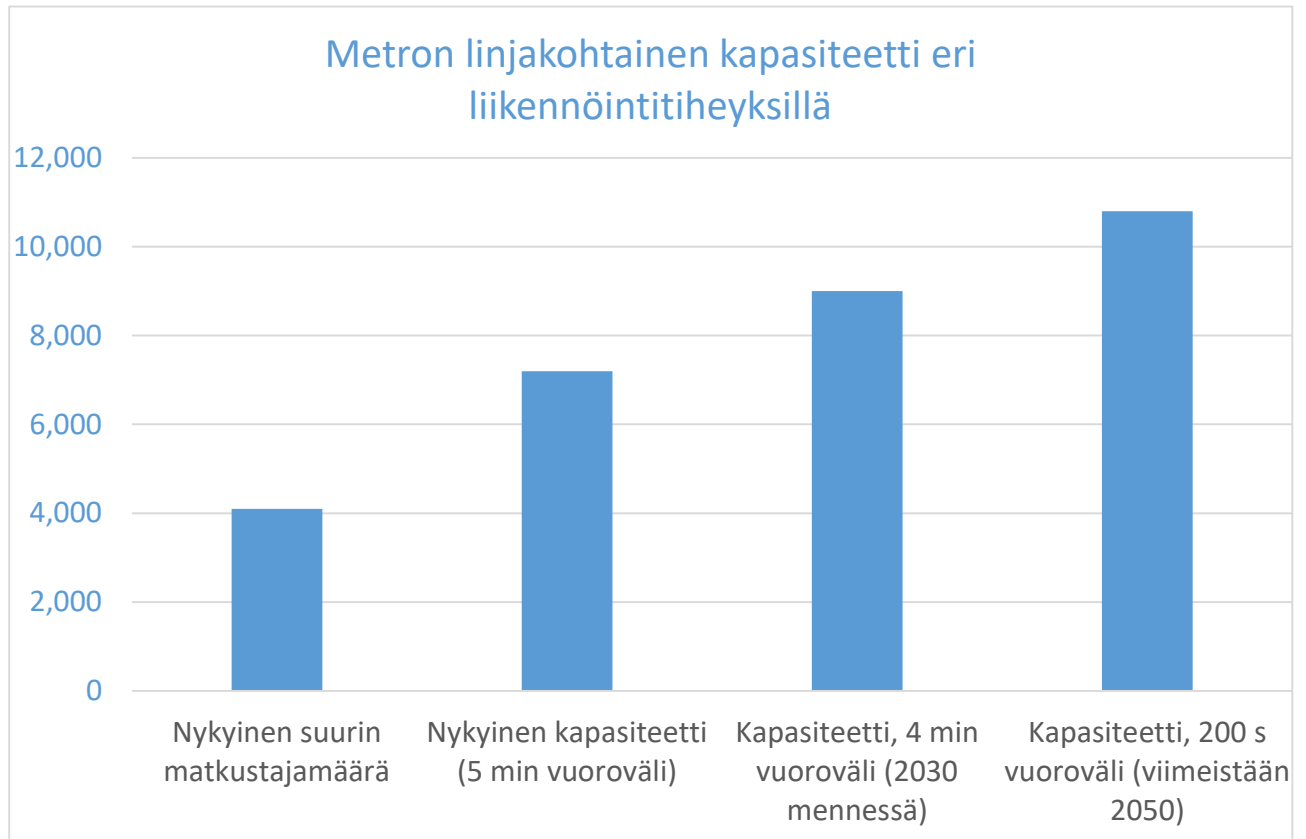
2.2 Kapasiteettitavoite

Matkustajan näkökulmasta on oleellinen tavoite, että metron kapasiteetti on riittävä. Riittävä kapasiteetti voidaan määritellä seuraavilla mittareilla:

1. Asemalle ei tarvitse normaalitilanteessa jäädä liian täyden metrojunan takia.
2. Pysähtymisajat eivät kasva suuren matkustajamäärän vuoksi ja liikennöintinopeus pysähtymisajat mukaan lukien säilyy riittävällä tasolla, tavoite 20s pysähtymisaika.
3. Matkustusmukavuus ei kärsi kohtuuttomasti täysien metrojunien takia, ruuhka-aikojen ulkopuolella pääsee istumaan, ruuhka-aikoina korkeintaan 4 seisovaa matkustajaa /m².

Nykyisen kuljettajametron kapasiteetti on noin 7200 matkustajaa tunnissa 5 min (300 s) vuorovälillä, eli sekä linjalla M1, että linjalla M2. Tällä hetkellä molemmat linjat liikennöivät Tapiolan ja Itäkeskuksen välillä, jolloin kapasiteetti on kaksinkertainen ja vuoroväli puolet edellä esitetystä. Mikäli metro päivitetään uudella radiopohjaisella liikenteenohjausjärjestelmällä, sen vuoroväli voidaan lyhentää molemmilla linjoilla 200 sekuntiin, jolloin kapasiteetti on 10800 matkustajaa tunnissa. Jos päädytään ratkaisuun,

jossa metro varustetaan uudella kulunvalvontajärjestelmällä ja linjan turvalaiteasettelu optimoidaan, päästäneen 4 min (240s) vuoroväliin molemmilla linjoilla.



Kuva 15 Metron matkustajakapasiteetti eri liikennöintiätiheyksillä

Liikennemallin mukaan jopa matkustajamäärien pienemmän kasvun herkkyytarkaste-
luissa Tapiolan länsipuolella tullaan ruuhkautumaan yli nykyisen liikennemallin kapasi-
teetin tämän vuosikymmenen aikana. Näin ollen tämän rataosuuden kapasiteetin kas-
vattaminen on välttämätöntä tämän vuosikymmenen aikana.

Idän suunnan ruuhkautuminen on hitaampaa, mutta liittyy vahvasti metron jatkamiseen
Majvikiin Östersundomin alueen rakentuessa. Yleissuunnitelman laadinnan yhtey-
dessä tehdyn matkustajamääräselvityksen mukaan tutkitut pikaraitiolinjat Tiederatikka,
Jokeri 0- ratikka ja Viikki-Malmi-raitiotien jatke Mellunmäkeen eivät poista riittävästi
matkustajia metrolta, niin että ruuhkautumiselta välttyttäisiin. Tässä vaiheessa metroa
ja/tai muuta joukkoliikennejärjestelmää tulee kehittää, jotta joukkoliikenne pystyy vas-
taamaan kasvavaan kysyntään.

2.3 Palvelutasotavoite

Metrojärjestelmän kapasiteettia määrittää kaksi asiaa, matkustajamäärä ja matkusta-
jien palvelutaso. Näillä kahdella on luonnollisesti vaikutus toisiinsa. Kasvava matkusta-
jamäärä mahdollistaa lisävuorojen taloudellisen ajamisen, mutta toisaalta järjestel-
mällä on rajoituksensa, kuinka monta lisävuoroa voidaan ajaa. Toisaalta, mikäli mat-
kustajamäärä on alhainen, on taloudellinen vuoroväli mahdollisesti niin pitkä, että pal-
velutaso heikkenee.

Näin ollen palvelutason määrittämiseksi tulee arvioida, paljonko matkustajia on, ja mikä palvelutaso heille tulee olla. Palvelutasoa voidaan mitata myös erilaisin matkustajien tyytyväisyyttä mittaavien mittarein, mutta tässä esitetyt palvelutason mittarit ovat sellaisia, joihin voidaan vaikuttaa merkittävästi suoraan teknisen järjestelmän toteutuksella.

Tavoitteena hankkeelle on palvelutason jatkuva seuranta ja palvelutasoa kehittävien toimenpiteiden toteutus sekä kunnianhimoisten, mutta realististen palvelutasotavoitteiden asettaminen mahdollista liikenteenohjausjärjestelmän uusimista varten.

Seuraava taulukko esittelee mahdollisia palvelutason mittareita:

Palvelutasomittari	Palvelutasomittarin tavoite
Matkustajia per neliometri	Kapasiteettiin kiinteästi yhteydessä oleva mittari
Ajamattomat lähdöt	Perinteinen, helposti mitattava asia, joka kertoo aika- taulumuutoksesta
Yli 5 minuutin viivästysten määrä	Viivästysten määrä mittaa kuinka monen junan matkustajat ovat kokeneet viivästyksiä metromatkassaan
Päivän suurin myöhästys	Päivän suurin viivästys kertoo, onko päivän aikana sat- tunut merkittävää, laajasti näkynyttä liikennehäiriötä
Täsmällisyys	Helposti vertailtava luku, joka kertoo pääteasemalle enintään 3 minuuttia myöhässä saapuneiden osuuden
Vilkkaimman ajan pisin vuoroväli	Kuvaa liikenteen säännöllisyyttä
Asemalta metroon mahtu- mattomien matkustajien määrä	Kerto maksimikapasiteetin ylityksistä, mutta haastava mitata nykyisillä järjestelmillä ja etenkin runko-osuuden asemilla, joiden kautta kulkee kaksi linjaa
Metron kuormitusaste	Pysähtymisaikojen pituuden muutoksen tai täyteen ju- naan mahtumattomien matkustajien määrän perus- teella laskettava mittari
Matkustajille annetun infor- maation täsmällisyys ja selkeys	Mittaria ei ole määritelty
Matkustajavirran tehok- kuus	Mittaria ei ole määritelty

Toinen palvelutason tavoite on projektin aiheuttamat häiriöt projektin toteutuksen aikana. Päättävänä metron kapasiteettihankkeelle on olla aiheuttamatta liikennekatkoja tai muita häiriöitä matkustajaliikenteelle.

2.4 Elinkaarikustannustavoitteet

Pitkän elinkaaren järjestelmää kehitettäessä ei ole mielekasta keskittyä ainoastaan investointikustannukseen, vaan järjestelmän elinkaarikustannuksiin. Tämä periaate on

myös linjassa HKL:n kustannustehokkuustavoitteen kanssa. Elinkaarikustannuksia arvioitaessa tulee huomioida koko metrojärjestelmän elinkaarikustannukset, ei ainoastaan tämän hankkeen kustannuksia.

Elinkaarikustannuksiin vaikuttavat erityisesti järjestelmän luotettavuus ja käytettävyys, ylläpidettävyys sekä elinkaaren kesto. Näihin liittyvät tavoitteet luonnostellaan tässä laadullisina tavoitteina.

Luotettavuus heijastuu suoraan järjestelmän alhaisiin ylläpitokustannuksiin ja järjestelmän korkea käytettävyys pienentää tarpeita käyttää rahaa vieriä poikkeusratkaisuja metrojärjestelmän operointiin. Näin ollen järjestelmään valittavien laitteiden ja osajärjestelmien valinnassa tulee kiinnittää huomiota näiden luotettavuuteen. Järjestelmän rakennetta suunniteltaessa ja toteutettaessa on huomioitava koko järjestelmän käytettävyys, kuitenkin siten, ettei samalla tarpeettomasti lisätä laitteistoa näin lisäten järjestelmään mahdollisesti vikaantuvia laitteita. Tämä tasapaino tulee pitää jatkuvasti mielessä hankkeen aikana.

Hankkeessa tehtävien ratkaisujen tulee olla ylläpidettäviä siten, että tulevaisuudessa tunnistettavat mahdollisuudet kehittää metron operointia pystytään hyödyntämään ja järjestelmää kohtaavat mm. komponenttien vanhenemisen uhkat kyetään torjumaan. Lisäksi järjestelmän tulevaisuuden laajennusten tulee olla kustannustehokkaasti toteutettavissa.

Järjestelmän elinkaaren pituus ei ole välttämättä sama kuin sen komponenttien ja osajärjestelmien elinkaaren kesto. Mikäli järjestelmän rakenne on huolellisesti suunniteltu, on mahdollista uusia järjestelmän osia koko järjestelmän elinkaaren aikana. Näin toimien voidaan saavuttaa järjestelmälle pidempi elinkaari, ja välttyä suurilta järjestelmäusinnan kustannuksilta pidemmällä ajanjaksolla.

2.5 Turvallisuustavoite

Pääkaupunkiseudun metrolikenteen turvallisuustavoitteet on valittu seuraavasti:

- Henkilövahingot metrolikenteessä metrolikenneonnettomuuden seurauksena 0 kpl
- Raideliikenteen onnettomuudet 0 kpl
- Turvallisuustaso järjestelmää kehitettäessä pysyy vähintään samana tai parempana

Näiden tavoitteiden saavuttamisen tueksi on päätetty, että EU-standardien mukaan itse turvalaitejärjestelmälle tulee asettaa EN 50126 standardin mukainen SIL-4 tavoite. Tämä on linjassa metrolikenteen turvallisuustavoitteiden kanssa ja tukee niiden saavuttamista.

Järjestelmän toteutuksessa on nollatoleranssi työturvallisuusriskien suhteen.

Yhteistyön järjestelmän henkilöturvallisuuden kannalta oleellisten turvallisuusviranomaisten, eli metron kaupunkien pelastuslaitosten ja poliisin kanssa, on oltava jatkuvaa, jotta varmistetaan metrojärjestelmän turvallisuus, kun järjestelmän toimintamalleja lähdetään muuttamaan. Yhteistyö on aloitettava järjestelmän operatiivisia vaatimuksia

laadittaessa hankesuunnittelun edetessä ja tarjouspyyntödokumentaatiota laadittaessa.

Raideliikenteen turvallisuusviranomaisena Traficom valvoo HKL:n turvallisuusjärjestelmän toteutusta. Hankkeen aikana tulee varmistaa, että hankkeessa käytettävät prosessit ovat Traficomien hyväksymiä. Traficom myös tulee auditoimaan HKL:n ja sen myötä myös tämän hankkeen prosesseja.

2.6 Ympäristötavoite

Metron kapasiteetin kohottaminen ja matkustajien houkuttaminen ympäristöystävällisimpään liikennöintimuotoon on keskeinen kapasiteettihankkeen tavoite. Huolimatta siitä, että metro on jo sinänsä energiatehokas järjestelmä, on hankkeen tavoitteena varmistaa, että suunnittelussa otetaan huomioon lisämahdollisuudet sähkön säästöön ja järjestelmän energiatehokkuuden kehittämiseen.

Hankintaa ja toteutusta tehtäessä on varmistettava hankittavan järjestelmän ympäristöystävällisyys sekä valmistusvaiheessa että kunnossapidon aikana. Kunnossapidon ympäristövaikutuksia arvioitaessa on huomioitava esim. kuluvien ja varaosien tarve sekä tarvittavat siirtymiset huoltotoimintoja tehtäessä.

Nykyisiä järjestelmiä poistettaessa käytöstä on varmistettava poistuvien tuotteiden ympäristön kannalta tehokas kierrätys tai tuhoaminen.

Ympäristövaikutteita arvioitaessa myös radioverkkojen säteilyhaitat/vaikutukset tulee arvioida ja huomioida.

2.7 Tietoturvatavoite

Kyberhäirinnän ja -rikollisuuden kasvaessa tulee kriittisille järjestelmille asetettavien tietoturvatavoitteidenkin kehittyä.

Metrojärjestelmän tietoturvaa tulee kehittää niin, ettei ulkopuolisten toimesta pystytä aiheuttamaan häiriöitä metrolle. Tietoturvaso järjestelmälle tulee määrittämään automaatioalalle kehitetyn tietoturvastandardin IEC 62443 ja siihen pohjautuvan, kehitteillä olevan raideliikenteen tietoturvastandardin EN 50701 mukaisesti.

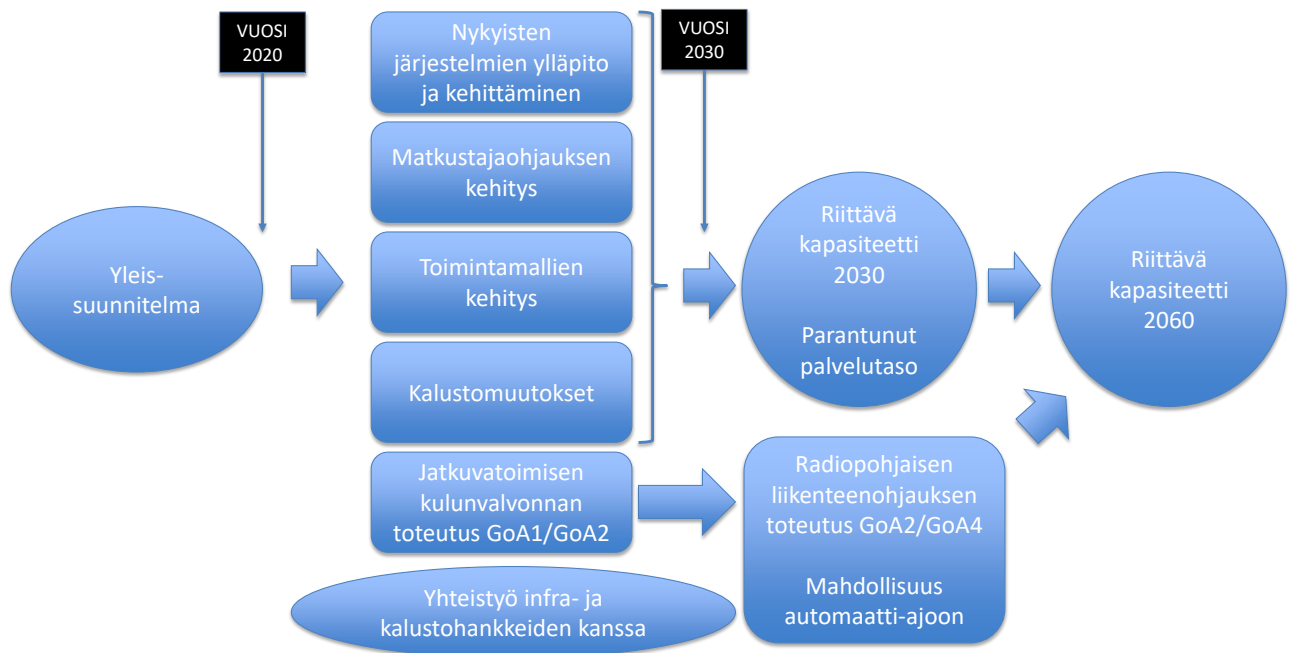
Järjestelmän tulee myös täyttää Traficomien julkaisemat vaatimukset raideliikenteen järjestelmien tietoturvalle.

3. Kapasiteetin kehittämistoimenpiteiden vertailu ja valinta

3.1 Etenemispolku

Kapasiteetin kehittäminen jakautuu kahteen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe tähtää nykyisiä järjestelmiä ja toimintamalleja parantaviin sekä niiden elinkaarta turvaaviin toimenpiteisiin siten, että tämän vuosikymmenen lopulla metrojärjestelmän kapasiteetti ja toimintavarmuus riittävät matkustajakysynnän turvaamiseen. Tämän rinnalla viedään eteenpäin tulevaisuuden kapasiteettitarpeet tyydyttävän, korkeamman ajoautomaatiotason tarjoavan liikenteenohjausjärjestelmän määrittely, hankesuunnittelu ja hankinnan valmistelu. Kun valmistelussa on edetty riittävästi ja tämän hetkisestä matkustajakysynnän kehityksen epävarmuudesta on päästy eroon ja nähdään, koska lisäkapasiteettia ja/tai korkeampaa automaatiotasoa tarvitaan, voidaan käynnistää liikenteenohjauksen toisen vaiheen jatkokehitys tulevien aikojen tarpeeseen.

Hankkeen tulee kommunikoida kasvavan junatiheyden aiheuttamat vaatimukset HKL:n omaisuudenhallinnan peruskorjausprojekteihin, joissa ei mahdollisesti riitä nykytilan ylläpito. Esimerkkeinä ovat mm ratasähköjärjestelmän kapasiteetin, poistumistiejärjestelyjen, tunnelin ilmanvaihdon, talotekniikkajärjestelmien (ilmanvaihto, savunpoisto, liukuportaat, hissit) ja paineentasauksen riittävyys. Lisäksi on varmistettava kunnossapitoyksikön valmius vastata kasvavaan kunnossapitotarpeeseen mahdollisesti pienemmillä työrajoilla ja vasteajoilla.



Kuva 16 Kapasiteetin ja luotettavuuden kehittämishankkeen etenemispolku

3.2 Nykyisten järjestelmien ylläpito ja kehittäminen

Yleissuunnitelman valmistelussa tehdyissä selvityksissä on tarkasteltu nykyjärjestelmän kehittämispotentiaalia. Tunnistetut kehitystoimenpiteet eivät pääsääntöisesti nosta kapasiteettia siten, että vuoroväliä voitaisiin lyhentää, mutta ne ehkäisevät poikkeustilanteiden syntyä ja siten vaikuttavat positiivisesti liikenteen sujuvuuteen ja täsmällisyyteen.

Nykyjärjestelmän kehittämisen painopistealueita ovat:

- varmistaa, että järjestelmän luotettavuus ei heikkene enää nykyisestäään, vaan tavoitteena on vähentää häiriöitä
- kehittää nykyisien turvalaitteiden toimintaa ja poistaa järjestelmässä olevia kapasiteettiin ja liikennöinnin nopeuteen liittyviä pullonkauloja
- kehittää toimintamalleja ja liikenteenohjausjärjestelmän ominaisuuksia niin, että ratakapasiteettia hyödynnetään tehokkaammin ja metron häiriötilanteita voidaan hallita tehokkaammin ja siten toipua näistä nopeammin

Näiden painopistealueiden takana on useita pienempiä toimenpiteitä, joita on kuvattu tässä luvussa. Näillä pienemmillä toimenpiteillä voidaan kehittää metron häiriösietokykyä ja täsmällisyyttä sekä varmistaa järjestelmän elinkaari uuden liikenteenohjausjärjestelmän käyttöönottoon saakka.

Eräät nykyisistä alkuperäisen kantametron osajärjestelmistä tulevat kuitenkin vaatimaan merkittäviä investointeja niiden elinkaaren loppuessa. Kantametron raidevirtapiirien valmistus ja valmistajan tuki on loppunut jo vuosia sitten, minkä lisäksi vikoja esiintyy tiheään verrattuna esimerkiksi Länsimetrossa käytettyihin vastaaviin uusiin laitteisiin. Opastimissa ongelma on erityisesti nykyisin toimitettujen hehkulamppujen lyhyt käyttöikä ja punaisen opasteen pimenemisestä aiheutuva junaturvallisuusriski.

Alkuperäisissä suunnitelmissa oli ylläpitää edellä mainittujen osajärjestelmien käyttöä CBTC-järjestelmän käyttöönottoon saakka. Osajärjestelmiin liittyy merkittäviä luotettavuusongelmia, jotka ovat merkittäviä riskejä junaturvallisuudelle ja liikenteen sujuvuudelle. Mikäli CBTC-järjestelmän käyttöönotto viivästyy merkittävästi, suositellaan pakkopysäytysjärjestelmän korvaamista automaattisella jatkuvatoimisella kulunvalvontajärjestelmällä. Mikäli samalla parannetaan turvalaitteiden asettelua, voidaan myös vuorovälejä mahdollisesti lyhentää.

3.2.1 Osajärjestelmien elinkaaren pitkittäminen

Metrossa on käytössä monia järjestelmiä, joiden elinkaari on jo hyvin pitkällä tai se on jo loppumassa. On sujuvan liikennöinnin kannalta kriittisen tärkeää varmistaa, että näiden järjestelmien toiminta varmistetaan niin pitkälle kuin tarpeellista. Keinoja elinkaaren pitkittämiseen on useita, joista tulee kartoittaa ja valita sopivimmat.

Esimerkkejä edellä mainituista kriittisistä järjestelmistä ovat kantametron raidevirtapiirit (Siemens GLS 9/15), kantametron hehkulankaopastimet (Siemens) sekä M100-junien pakkopysäytysjärjestelmä.

Näiden lisäksi on myös muita tärkeitä huomioon otettavia seikkoja, kun mietitään nykyjärjestelmän elinkaaren pitkittämistä. Varaosien ja varastohallinnan järjestelmällä voidaan varmistaa optimaalinen varaosien hallinta. Tärkeätä on myös kartoittaa ja mahdollisesti poistaa kantametrin tunnelialueilta ylimääräiset vanhat kaapelit, jotka ovat paloturvallisuusriski sekä muut tarpeettomiksi jääneet laitteet ja järjestelmät.

Asemalaitureiden hätäkahvojen ilkeävaltaiset vedot kuormittavat liikenteenohjausta ja häiritsevät liikennettä. Sujuvan liikennöinnin turvaamiseksi turhaa käyttöä olisi saatava vähennettyä merkittävästi.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
GLS 9/15 raidevirtapiirien korjausprosessin dokumentointi ja elinkaaren turvaaminen	Vähentää raidevirtapiirivikojen aiheuttamia liikennehäiriöitä sekä varmistaa varaosien riittävyys ja siedettävällä tasolla pysyvä vikataajuus liikenteenohjausjärjestelmän korvausinvestointiin saakka. Selvitetään raidevirtapiirivikojen ehkäisyn mahdollisuudet ja toteuttaa toimenpiteet. Analysoidaan eniten vikaantuneiden raidevirtapiirien juurisyys ja suunnitellaan ehkäisevät toimenpiteet, sisältäen yksittäisten raidevirtapiirien korvauksen uudella vapaana olon valvontajärjestelmällä. Varmistetaan varaosien saatavuus liikenteenohjausjärjestelmän korvausinvestointiin saakka.
Kantametrin hehkulankaopastimien elinkaaren turvaaminen	Vähentää opastevikojen aiheuttamia liikennehäiriöitä sekä varmistaa varaosien riittävyys ja siedettävällä tasolla pysyvä vikataajuus liikenteenohjausjärjestelmän korvausinvestointiin saakka. Selvitetään tarkemmin opastinrakenteiden kunto ja puutteiden vaikutukset. Toteutetaan tehtävissä olevat toimenpiteet hehkulankaopastimien opastinlamppujen käyttöön maksimimiseksi, mm. vaihtoehtoisten tuotteiden hankinta ja mahdollinen lampputoimittajan tukeminen kehitystyössä.
M100-junien pakkopysäytysjärjestelmän elinkaaren turvaaminen	Varmistaa M100-junien liikennekelpoisuus pakkopysäytyslaitteiden osalta. Varaosien saatavuuden ja korvattavuuden selvittäminen sekä ratkaisuvaihtoehtojen läpikäynti laitetoimittajan kanssa (seuraavan sukupolven pakkopysäytyslaitteiden käyttöönotto M100-sarjaan)
Liikenteenohjausjärjestelmän varaosien hallintajärjestelmän käyttöönotto	Toteuttaa ajantasainen näkymä varaosatilanteeseen, automaattiset hälytys- ja tilausrajojen määrittely sekä yhteys SAP-järjestelmään.
Käytöstä poistuneiden kaapelointien ja komponenttien purku	Vapauttaa tilaa ja poistaa turhat palokuormat. Selvitetään käyttämättömät kaapeloinnit ja laitteet sekä toteutetaan tarkoituksenmukaiset jatkotoimenpiteet.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Vaihteenkääntölaitteiden kehitysmahdollisuudet	Selvittää mahdollisuudet kasvattaa kapasiteettia kääntönopeutta kasvattamalla. Kerätään kokemuksia pneumaattisten ja muiden nopeampien vaihteenkääntölaitteiden toiminnasta. Määritetään saavutettava kapasiteettihyöty sekä muut hyödyt ja haitat.
Asemalaiturien turvallisuuden kehitys ja ilkvallan ehkäisy	Vähentää hätäkahvojen ilkvallaisen vetämistä ja siten liikennehäiriöitä. Toteutetaan perusteellinen riskianalyysi hätäkahvojen nykytilasta, minkä perusteella toteutetaan ilkvallasta vetämistä ehkäisevät ratkaisut.

3.2.2 Turvalaitemuutokset

Kehitetään varsinaista turvalaitetta selvittämällä tarkemmin nykyjärjestelmän ongelma-kohtia ja siirtämällä, lisäämällä tai päivittämällä opastimia ja muita kenttälaitteita. Lopputuloksena pyritään lisäämään nykyisen turvalaitteen käytettävyyttä, luotettavuutta, liikennöinnin sujuvuutta ja nykyisen järjestelmän elinkaaren pituutta.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Nykyjärjestelmän pullonkaulojen selvittäminen	Tunnistetaan rataverkon pullonkaulat. Hyödynnetään ATS-järjestelmän pysäkki- ja ajoaikoja sekä muuta saatavissa olevaa dataa sekä simulointia. Tehdään toimenpide-ehdotukset tulosten perusteella.
Itäkeskuksen turvalaitemuutokset	Poistaa tunnistettu liikennöinnin pullonkaula. Itäkeskuksen asema on tunnistettu selkeäksi pullonkaulapaikaksi (risteysasema), joka rajoittaa matkustajaliikenteen kapasiteettia kantametrin puolella. Selvitetään mahdollisuudet ja tarpeet turvalaitemuutoksille, joilla aseman liikennöintiä rajoittavista tekijöistä päästäisiin eroon ja arvioidaan muutosten vaatiman investoinnin suuruus.
Laituriopastimien aiheuttamat turvalaitemuutokset	Poistaa rataverkon pullonkauloja. Analysoidaan laiturio- pastimien lisäämisillä saavutettavat hyödyt asema- kohtaisesti, erityisenä kohteena pullonkaulat. Määritetään suunnitteluperiaatteet ja toteutetaan turvalaite- suunnitelmat. Hyödynnetään simulointeja osana lopul- lista arviota.
Lähtöopastimien turvalaitemuutokset	Selvittää kapasiteettihyödyt ja kustannukset muutok- sille, joilla kantametrin pitkät laiturit muutetaan turva- laite-sijoittelun osalta vastaamaan Länsimetron laiturien pituuksia.

Nykyisen turvalaitejärjestelmän kehittämisessä on oleellista tehdä ensin tarkemmat arvioinnit nykyjärjestelmän pullonkauloista sekä mahdollisten opastimien siirtojen/lisäysten vaikutuksista. Näissä arvioinneissa on syytä hyödyntää simulointeja, jotta toimenpiteiden todelliset vaikutukset myös muutospaikan välittömän läheisyyden ulkopuolella

havaitaan ja saadaan kattavampi kuva muutoksen vaikutuksista. Varsinaiset turvalaite-muutokset toteutettaisiin näiden tarkempien selvitysten ja simulointien pohjalta, kun tarvittavien muutosten laajuus ja kokonaisvaikutukset ovat selvillä.

3.2.3 Kääntöajan nopeuttaminen

Kääntöaikojen lyhentäminen metrolinjojen päissä olevilla kääntöpaikoilla on potentiaalinen paikka saavuttaa ajallisia säästöjä. Kääntöajan nopeutuminen hyödyttäisi liikennettä luomalla enemmän pelivaraa erilaisten pienten ongelmatilanteiden tai viivästysten nopeaksi korjaamiseksi. Lisäksi kääntöaikojen lyhentyminen auttaisi isommista ongelma/vikatilanteista toipumista ja toisi yleisemminkin lisää joustavuutta normaaliliikenteen aikana. Kääntöaikojen lyhenemistä tulee käyttää pääasiassa pelivarojen lisäämiseen ja häiriötilanteista palautumisen mahdollistamiseen, koska pitenevä linjasto, kasvavat liikennemäärät ja nykyjärjestelmän elinkaaren loppupäässä olevat järjestelmät tulevat kasvattamaan liikennehäiriöiden todennäköisyyttä ja kestoja.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Nopeuden nosto kääntöpaikoilla	Nostaa 20 km/h nopeusrajoitus käännölle mennessä 35 km/h. Lisätään kääntöpaikoilla kulkutien päätepisteinä toimiva opastin ja pakkopysäytysmagneetti sekä määritetään käännöille päättyville kulkuteille ohiajovarat.
Ylimääräisen kuljettajan hyödyntäminen käännöillä	Määritetään tarkoituksenmukaisin toimintamalli ylimääräisen kuljettajan hyödyntämiselle käännöillä ja suoritetaan kokeilu, jonka jälkeen arvioidaan saavutetut hyödyt kapasiteettiin ja häiriönsietokykyyn sekä tehdään laskelma toimintamallin vaikutuksista operointikustannuksiin.
Automaattikäntöselvitys	Laaditaan riskianalyysi ja vaatimusmäärittelyt automaattikäntöä varten. Vaatimusmäärittelyjen pohjalta tehdään vaikutus- ja kustannusarvio hankesuunnitelmaa varten.

Kääntöpaikkojen nopeuden nosto on selkeä toimenpide, jolla kääntöaikoja saadaan lyhennettyä. Tällä tavoin saavutettava ajallinen säästö on kuitenkin rajallinen, mutta tämä lisää kuitenkin häiriöhallintaan käytettävissä olevaa pelivaraa. Lisäksi selvitetään myös muita mahdollisuuksia kääntöaikojen lyhentämiseen, kuten mahdollinen automaattikäntöä toteuttaminen kääntöpaikoille. Kuljettajakäntöön ja automaattikäntöön liittyvät toimenpiteet vaativat kuitenkin ensin tarkempia tietoja saavutettavissa olevista hyödyistä ja toimenpiteiden kustannusten suuruudesta.

3.2.4 Liikenteenohjausjärjestelmän toimintojen kehitys

Kehitetään liikenteenohjauksen käytössä olevia työkaluja ja itse liikenteenohjausjärjestelmää suuntaan, joka edesauttaa sujuvampaa matkustajaliikennettä, liikenteenohjaajien koulutusta ja nykyjärjestelmistä saatavilla olevan datan hyödyntämistä mm. liikenteenohjauksessa ja kunnossapidossa.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Hätäkahvojen ja valvontakameroiden yhteenkytkenän pilotointi kantametrossa	Mahdollistaa turvavalvomon ja liikenteenohjauksen nopeampi reagointi hätäkahvojen seurauksena. Tuodaan tieto Kontulan hätäkahvojen vetämisistä kameravalvontajärjestelmään valvomoissa kokonaistaloudellisesti halvimalla tavalla. Tehdään kustannusarvio kaikkien kantametrin hätäkahvatietojen tuomiseksi kameravalvontajärjestelmään.
Vaihtuva ohiajovara	Lyhentää ohiajovarojen lukitusten vaikutusta kapasiteettiin. Seurataan ASL2-projektissa toteutettavan "swinging overlap" -toiminnon hyödyt ja analysoidaan muut sijainnit, joissa toiminnosta on hyötyä.
Asetinlaitetoimintojen optimointi kapasiteetin ja turvallisuuden kannalta	Lisätä kapasiteettia ja helpottaa poikkeustilanteiden hallintaa kulkuteiden ehtoja muuttamalla. Tutkitaan mahdollisuuksia kehittää asetinlaitteen toimintaa, mm. - sallitaan sivusuoja-alueella oleva, lukitulla kulkutiellä poispäin varmistettavasta kulkutiestä oleva yksikkö - määritetään poikkeusopasteen ehdot liikennöinnin häiriötilanteiden turvallisen hallinnan kannalta optimaalisella tavalla - minimoidaan punaisen opasteen vikatilanteiden todennäköisyys asetinlaitteen ohjelmistomuutoksella"
Ennakoiva vaihteen kääntö	Lisätä kapasiteettia tietyissä geometrioissa tilanteissa, joissa vuoro menee edelliseen vuoroon verrattuna vaihteen eri haaraan. Toteutetaan hallitusti liikenteenohjausjärjestelmään HKL:n liikennöintisääntöihin sopiva toiminto ilmaisuineen, joka kääntää vaihteet oikeaan asentoon ennen kuin kulkutie voidaan varmistaa.
Häiriönhallinnan työkalujen kehitys	Mahdollistaa häiriötilanteissa tasaisen vuorovälin säilyttäminen ATS-järjestelmän avulla. Toteutetaan tarkemmat määrittelyt ATS-järjestelmään kehitettävälle toiminnolle, kuten graafiselle aikataulunäkymälle sekä manuaaliselle ja automaattiselle aikataulujen säätelylle.
ATS-järjestelmän jatkokehitys ja käytettävyyden parantaminen	Jatketaan ATS-järjestelmän toimintojen kehityskohtien tunnistusta ja järjestelmäpäivityksiä järjestelmätöimittajan kanssa.
ATS-simulaattorin kehitys	Parantaa liikenteenohjaajien koulutuksen laatua. Varmistetaan koulutus tilassa, jossa ei ole muita häiriötekijöitä. Jaetaan simulaattori kahteen käyttöliittymään, joista yksi on kouluttajalla ja toinen koulutettavalla. Mahdollistetaan asetinlaite-simulaattorin hyödyntäminen ATS-järjestelmän simulaattorissa.
Liikenteenohjausjärjestelmän datan konseptointi	Varmistaa liikenteenohjausjärjestelmän tuottaman datan tietoturva ja hyödynnettävyys. Määritetään arkkitehtuuri ja vaatimukset liikenteenohjausjärjestelmän datan hallinnalle ja jakamiselle.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Asetinlaitesimulaattorin hankinta	Mahdollistaa asetinlaitejärjestelmän kouluttamisen oikealla asetinlaitteella ja asetinlaiteohjelmiston testaamisen HKL:n tiloissa. Määritetään tarkemmat vaatimukset toteutukselle ja siihen liittyvät kustannukset.

Liikenteenohjausjärjestelmien kehittämisellä saavutetaan lisää joustavuutta ja vikasietoisuutta normaaliliikenteen aikana. Erityisesti häiriönhallinnan kehittäminen ja ratkaisut, jotka tuovat liikennöintiin lisää joustavuutta, edistävät erilaisissa vika- tai ongelmatilanteissa liikennöintiä ja niistä toipumista takaisin normaaliin tasaiseen liikennöintiin. Simulaattorien kehitys puolestaan auttaa liikenteenohjaajien koulutuksessa, erilaisten häiriö- tai liikennetilanteiden testaamisessa ja harjoittelussa, sekä uusien ATS- tai asetinlaitetoimintojen testaamisessa ennen niiden tuomista lopulliseen tuotantoympäristöön.

3.3 Toimintamallien kehitys

HKL on operoinut metroa n. 40 vuoden ajan, ja metron operointiin on kehitetty operatiivinen malli, mikä on käytössä tällä hetkellä. Malli on dokumentoitu metron toiminnalliseksi ohjeeksi (MTO).

Kehittyvä digitalisaatio antaa kuitenkin mahdollisuuksia kehittää edelleen näitä prosesseja. Osa näistä mahdollisuuksista on kehitettävissä nykyisiin toiminnanohjausjärjestelmiin, ja osassa tarvitaan investointeja uusien järjestelmien kehittämiseen tai uusien toimintojen kehittämiseen nykyisiin järjestelmiin.

Näitä malleja kehitettäessä on huomioitava investointipäätöksiä tehtäessä oikea ajoitus sen suhteen, mihin nykyiseen tai tulevaan järjestelmään digitalisaatio toteutetaan. Yleisesti ottaen kuitenkin maltillisten investointien ollessa kyseessä tulee aikakysymys kustannuskysymysten edelle, mikäli tehostusvaikutukset ovat kohtuullisen korkeita, sillä tämän tyyppisissä investoinneissa tuo kokemus uusista malleista ja niiden käytöstä / digitalisoinnista harppauksia ajatusmalleissa, mitkä puolestaan edistävät toiminnan kehittämistä edelleen.

Kun harkitaan uuden liikenteenohjausjärjestelmän toteutusta, on huomioitava toimintojen uudelleenmäärittelyssä ja kehittämisessä niiden toimivuutta myös uusilla liikennöintimalleilla. Onnistunut liikennöintimallin toteutus automaattista liikennöintiä käyttöönotettaessa edellyttää merkittäviä toimintatapojen muutoksia, jotka tulee olla määriteltä vähintään pääpiirteittäin jo järjestelmän vaatimusmäärittelyvaiheessa. Tästä syystä nykyisten vastuiden, toimintatapojen määrittely ja tukijärjestelmien hankinta kannattaa aloittaa hyvissä ajoin ennen uuden järjestelmän hankintaa. Nämä uuteen liikenteenohjausjärjestelmään liittyvien toimintamallien kehittämistoimenpiteet tullaan tekemään osana liikenteenohjausjärjestelmän toteutusprojektia, ja tässä luvussa keskitytään toimenpiteisiin, jotka kohdistuvat nykyjärjestelmän kanssa toimimiseen. Osa voi olla relevantteja myös liikenteenohjauksen uusimisen jälkeen.

Alla esitetyillä toimenpidesuosituksilla ei nosteta kovin suuressa määrin metrojärjestelmän kokonaiskapasiteettia, mutta niillä voidaan tehostaa liikennettä ja lisätä sen luotettavuutta. Esitetyissä suosituksissa on useita haasteellisia toimenpiteitä, joiden toteuttaminen edellyttää jatkokehitystä ja yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Osa esitetyistä toimenpiteistä on arvioitu kustannuksiltaan edullisiksi toteuttaa, mutta niiden käyttöönotto saattaa edellyttää joissakin tapauksissa uusia järjestelmiä sekä aiemmin käytössä olleiden toimintatapojen muutosta.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
2/3-liikennemallin tarkempi suunnittelu	Lisätä kapasiteettia Tapiolan länsipuolisilla asemilla. Suunnitellaan yhteistyössä HSL:n kanssa 2/3-mallin mukainen aikataulu, selvitetään mallin vaikutukset kalusto- ja kuljettajatarpeeseen sekä kunnossapitoon. Tehdään päätös uuteen linjarakenteeseen siirtymisestä ottaen huomioon Matinkylä-Kivenlahti-osuuden käyttöönoton vaikutukset.
Linjan pitenemisen vaikutukset liikennepalveluiden toimintaan	Varmistaa häiriötön liikennöinti nykyistä pidemmälle linjalle. Määritetään kaikki linjan pitenemisen aiheuttamat muutokset ja haasteet (tauot, varakuljettajien sijainti, vara-avaimet, vara-VIRVE:t) HKL:n operatiiviselle prosessille. Päivitetään kuljettajien mahdollisuudet ja ohjeistukset toimia nykyistä pidemmällä linjalla ilman lisääntyviä riskejä häiriöille.
Poikkeusliikennekorttien päivittäminen tulevia liikennemalleja ja uusia rataosia varten	Varmistaa liikenteenohjausjärjestelmän häiriönhallinnan ohjeistuksen ajantasaisuus. Päivitetään poikkeusliikennekortit vastaamaan Matinkylä-Kivenlahti-osuuden käyttöönoton jälkeistä tilaa. Huomioidaan mahdollinen 2/3-mallin mukainen aikataulu. Testataan poikkeusliikennekortit Länsimetron ASL2-projektin tehdas-testausvaiheessa.
Kuljettajien työnkuvien kehittäminen	Parantaa kuljettajien työhyvinvointia ja varmistaa kuljettajakoulutuksen houkuttelevuus. Kartoitetaan yhdessä henkilöstön kanssa mahdollisuudet ja tarpeet kehittää kuljettajan työnkuvaa. Pienennetään kuljettajapulan riskiä.
Varakuljettajien ja vaihtopaikkojen sijainnin määrittäminen Länsimetron jatkeen auetessa	Tehostaa kaluston käyttöä ja nopeuttaa häiriötilanteista palautumista aikataulusuunnittelusta riippuen. Valmistaudutaan metrolinjan pitenemisen aiheuttamille haasteille. Selvitetään tarkoituksenmukaiset sijainnit ja taloudellisesti kannattavat päivystysajat varakuljettajille.
Junien petausprosessin määrittäminen	Selkeyttää vastuuta ja tehostaa toimintaa. Sovitaan yhteisesti petausprosessista, rooleista ja tehtävistä sekä varmistetaan riittävät resurssit ja osaaminen työlle. Varmistetaan työkalujen helppokäyttöisyys ja tarkoituksenmukainen kommunikaatio.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Petauslistan ja Mipron ATS-järjestelmän yhteen toimivuuden varmistaminen	Automatisoida turha työvaihe. Varmistaa työkalujen toimivuus petauslistojen automaattiselle lataukselle ATS-järjestelmään. automatisoimalla helpotettaisiin myös liikenteenohjauksen työtä
Ratavarausprosessin optimointi ja kehitys	Suunnitelmallisen toiminnan mahdollistaminen ja ajantasaisen tilannekuvan ylläpidon helpottaminen. Määritetään ratatyöprosessi, joka ottaa huomioon HKL:n kunnossapidon ja liikennöinnin tarpeiden lisäksi HKL:n ulkopuolisten urakoitsijoiden tarpeet. Prosessissa huomioitava mm. riskit, koeajoliikenne, jännitekatkot, MTO:n eri tyyppiset luvat ja niiden ennakkoon määritetyt suojaukset. Määritetään haluttava toiminnallisuus ATS-järjestelmään liikenteenohjaajia ja sen ulkopuolelle muita käyttäjiä varten toteutettavalle järjestelmälle. Käynnistetään hankintaprojekti.
Aikataulun pysähtymisajan ja ajoajan yhteen kytkentä toteutuneisiin	Kytkeä nykytilanne ja HSL:n suunnittelemat aikataulut yhteen ja mahdollistaa seuranta. Määritetään asemien pysähtymisaikojen jakauman seurattavat fraktiilit, joiden muutoksia seurataan säännöllisesti. Reagoidaan tarvittaessa päivittämällä aikataulua.
Ruuhka-aikataulun pidentäminen	Liikennöidä minimivuorovälillä suurempi osuus päivästä. Koronaviruspandemian takia ruuhka-ajan piikki on tasoittunut, ja toimenpide on jo toteutettu, tässä vaiheessa kuitenkin väliaikaisena.
DAS-järjestelmän syvemmän integraation analyysi	Parantaa kuljettajan tilannetietoa poikkeustilanteista, ratatöistä ja nopeusrajoituksista. Selvitetään DAS-järjestelmän ja liikenteenohjausjärjestelmän syvemmän integraation mahdolliset hyödyt ja turvallisuusriskit.
Liikenteen häiriötilanteiden työvuorosuunnittelun työkalu	Helpottaa poikkeustilanteissa liikenteenhoidollisesti optimaalisen, työvuorosuunnittelun reunaehdot huomioon ottavan ratkaisun suunnittelua. Selvitetään tarkemmin nykyisen tilanteen haasteet sekä työvuorojen joustot. Selvitetään tarpeet kuljettajien ja liikennetyönjohdon tiedonkulun kehittämiseksi. Määritetään jatkotoimenpiteet.
Kuljettajasimulaattori	Vähentää kuljettajakoulutuksen ratakapasiteettitarvetta ja mahdollistaa kuljettajakoulutuksen ajoharjoittelu päiväsaikaan. Käynnissä oleva projekti. Määritetään häiriö- ja onnettomuustilanteihin liittyviä skenaarioita sekä turvalaitteisiin liittyvät kokonaisuudet kuljettajasimulaattoriin.

Muutamia edellä esitetyistä toimenpiteistä on viety jo eteenpäin. Esimerkiksi monimutkaisempien aikataulurakenteiden hyödyntämistä HKL tutkii HSL:n ja Länsimetro Oy:n

kanssa, ja selvittää millainen olisi optimaalisin liikennemalli. Tarkastelussa huomioidaan myös Kivenlahden käännön sekä Sammalvuoren varikon liittymän haasteet. Lisäksi Länsimetro Oy tekee tarveselvitystä ratainfrastruktuurin kehittämisestä.

Ruuhka-ajan tiheämmän vuorovälin aikaikkunaa on laajennettu syysaikataulukauden 2020 alusta väliaikaisesti koronapandemian torjuntakeinona. Tämän jatkamisen harkitsemista ja muita jatkotoimia kuitenkin tarvitaan. Muita jatkotoimenpiteitä voivat olla esimerkiksi junien petausprosessin digitalisointi, ratatyövarausjärjestelmän kehittäminen sekä poikkeusliikennekorttien päivittäminen.

3.4 Matkustajaohjauksen kehitys asemilla

Matkustajaohjauksen kehitykseen suunniteltujen toimenpiteiden taustana on HSL:n yhteistyössä Hellonin kanssa vuonna 2019 syys/lokakuussa tekemä matkustajatutkimus, missä selvitettiin matkustajien kokemuksia ja näkemyksiä metron käytöstä, sekä kuunneltiin heidän ajatuksiaan parannusmahdollisuuksista.

Asemien matkustajavirtauksen parantamisen tavoitteena on pienentää ruuhkaantumista asemilla, ja siten kehittää matkustajakokemusta positiiviseen suuntaan. Toimenpiteet on jaettu neljään osa-alueeseen, jotka ovat matkustajien opastuksen kehittäminen, dynaamisen matkustajaopastuksen kehitys, asemien matkustajavirtauksen kehittäminen, ja etikettiviestintä.

Näissä suosituksissa on useita toimenpiteitä joiden välinen koordinaatio ja keskinäisen ajoituksen sopiminen ovat oleellisia. Näistä toimenpiteistä useimmat tarvitsevat jatkokehitystä varsinaisen esityksen muodostamiseksi. Esityksien vaikuttavuus tullaan varmistamaan pilottien avulla ennen koko metrojärjestelmän kattavia muutoksia. Monet näistä toimenpiteistä ovat kuitenkin varsin nopeita ja edullisia suhteessa tässä suunnitelmassa esitettyihin muihin toimenpiteisiin, ja siten soveliaita lyhyen aikavälin kehitystoimenpiteiksi.

3.4.1 Matkustajien kiinteän opastusjärjestelmän kehittäminen

Metron kiinteän opastusjärjestelmän jatkokehittäminen tukemaan tunnistettuja kehitystarpeita mahdollistaa matkustajavirran paremman ohjauksen. Tavoitteena kehitysprojektissa on parantaa junien tasaista täyttöastetta, ja nopeuttaa matkustajien poistumista ja nousemista junista. Näillä keinoilla pyritään mahdollistamaan tasaisemmat ja jopa lyhyemmät pysähdysajat, erityisesti ruuhka-aikoina.

Matkustajien opastusjärjestelmän kehittämisessä on seuraavat osa-alueet:

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Laituriopastuksen kehittäminen	Matkustajien ohjaus tasaisemmin koko laiturialueelle odottamaan, huomioitava myös mm. pyörät, lastenvaunut ja isot matkatavarat. Mietitään opastuskokonaisuus, esim. kuulutukset, fyysiset opasteet, tarrat, led-näytöt.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Poistumisen ja nousemisen opastus	Junien matkustajavaihdon nopeutus. Ensin ulos, sitten sisään. Missä ja miten odotetaan. Esim. lattiatarrat laitureilla, merkinnät junan oveen, ohjetarrat junien seiiniin.
Opastus metron pysähtymispaikasta	Junien matkustajavaihdon nopeutus. Mihin metro pysähtyy, missä ovet (esim. kaide "ei pysähdy tässä" -teippien tilalle, merkintä seinään, kattoon, opi-nauhaan, lattiaan); mihin lastenvaunut, pyörät, matkatavarat. Tämä vaatii myös kuljettajakoulutusta pysähtymispaikan merkityksestä.
Opastus hisseihin	Hissien löydettävyyden parantaminen, esim. teippaukset, myös näkövammaiset huomioiden
Lastenvaunut, pyörät, rullaattorit, matkatavarat jne. (koko, massa, sijainti jne.)	Määritellään matkustusperiaatteet ja niiden pohjalta ohjeistava viestintä

Opastusjärjestelmän kehitysprojekti käynnistetään syksyllä 2020 yhteistyössä HKL:n ja HSL:n välillä.

3.4.2 Dynaamisen matkustajaopastuksen kehitys

Kehittämällä matkustajaopastusjärjestelmän antamaa tietoa liikennetilanteesta pyritään edelleen parantamaan matkustajakokemusta, ja tasaamaan matkustajien sijoittumista junassa.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Viestintä täyttöasteesta	Laiturilla tieto saapuvan junan eri vaunujen kuormituksesta, esim. videokuva junan täyttöasteesta edellisellä asemalla, junan ovien kohdalla merkkivalot, laiturinäytöt.
Lähtölaskentakello laiturille	Selvitetään vaikutukset: Auttaisiko jakamaan matkustajavirtaa tasaisemmin eri oville? Eihän aiheuta viivästyksiä tai vaaratilanteita, esim. juoksentelua?
Vaihtoasemien aikataulunäytöt	Lisätään reaaliaikaisia aikataulunäyttöjä, missä ilmoitetaan matkan kesto laiturialueelle ja saapuvien junien tiedot. Tiedon tulee olla mahdollisimman selkokielistä.
Aikatauluviestinnän kehittäminen	Parempi tiedotus myöhästymisistä ja aikatauluista, vaikutus perille saapumisaikaan.

Dynaamisen matkustajaopastuksen kehittäminen aloitetaan käyttämällä jo nyt käytävissä olevia järjestelmiä. Mikäli näistä saadaan positiivisia kokemuksia, ja on odotettavissa, että edelleen kehittämällä voidaan edelleen kehittää matkustajavirtojen hallintaa, kehitystyötä voidaan jatkaa toteuttamalla uusiakin järjestelmiä.

3.4.3 Asemien virtauksen parantaminen

Kehittämällä matkustajavirtaa asemilla voidaan nopeuttaa matkustajien siirtymistä asematason ja laituritason välillä. Näin pienennetään ruuhkaa laitureilla, jolloin matkustajien poistuminen ja nouseminen juniin tehostuu, ja pysähtymisajoista voidaan pitää paremmin kiinni.

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Liukuportaiden toiminta	Järjestyksen muuttaminen: alas keskeltä jolloin vähemmän risteävää matkustajavirtaa asemalaiturilla
Liukuporrasetiketin määrittely, ja sen jälkeen etiketin viestintä	Opastetaanko ohittamaan vai seisomaan. Tutkimusten mukaan suurin kuljetuskapasiteetti saadaan, kun matkustajat ohjataan seisomaan vierekkäin portaissa. Tämä on puolestaan matka-aikaa lisäävä malli niille matkustajille, jotka haluaisivat kävellä. Kokeilu näiden vaihtoehtojen vaikuttavuudesta, ja johtopäätösten jälkeen etiketin viestintä esim. maalaukset, tarrat, kuulutukset, valot.
Leimauslaitteiden sijoittelu	Uusi sijainti, jossa ei aiheuta ruuhkaa
Lippuautomaattien sijoittelu	Uusi sijainti, jossa ei aiheuta ruuhkaa
Metrot lähtölaituriin myöhemmin pääteasemilla	Tämä auttaa jakamaan matkustajat tasaisemmin laiturin mitalle, mutta toimenpiteen vaikutukset metron kääntöjen kapasiteettiin tulee varmistaa ennen toteutusta.

Liukuportaiden järjestyksen ja liukuporrasetiketin muutoksesta on tarkoitus toteuttaa pilottiprojekti syksyn aikana Rautatien asema-alueella.

Näiden toteutus on HKL:n vastuulla, mutta HSL tekee ehdotukset muutoksista.

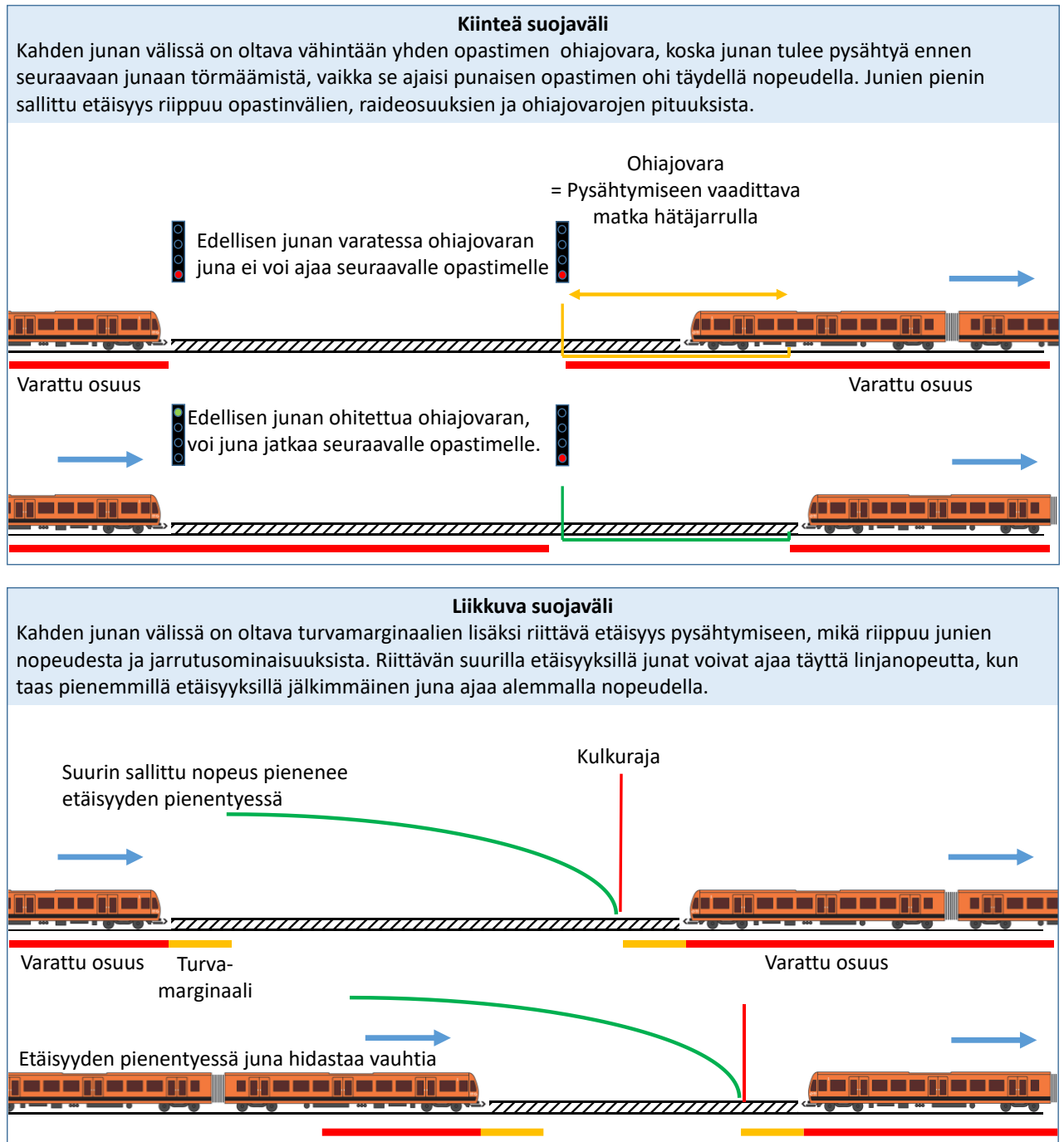
3.4.4 Etikettiviestintä

Edellä lueteltujen toimenpiteiden tueksi tarvitaan etikettiviestintää, joiden avulla voidaan sekä asemien matkustajavirtausta, että junien kapasiteettia hyödyntää täydellisesti. Viestinnän aiheita on ideoitu, ja niitä tullaan kehittämään ja toteuttamaan HSL Matkustajaviestinnän johdolla. HSL toteuttaa kampanjat koordinoidusti muiden kehitysprojektien kanssa.

3.5 Liikenteenohjausjärjestelmän uusiminen

3.5.1 Liikenteenohjausjärjestelmien suojastusmallit

Metron liikenteenohjausjärjestelmää voidaan kehittää joko kulunvalvontaan ja kiinteisiin suojaväleihin perustuvalla teknologialla, tai radioteknologiaan pohjautuvalla jatkuvalla tietoliikenneyhteydellä junan ja radanvarren ohjausjärjestelmien välillä toimivalla liikkuvat suojavälit mahdollistavalla järjestelmällä. Kuvassa Kuva 17 on esitelty järjestelmien välistä eroa.



Kuva 17 Kiintein ja liikkuvien suojavälein toimivan järjestelmän ero

Näistä kahdesta radiopohjainen liikkuvan suojavälin järjestelmä tarjoaa korkeamman kapasiteetin, mutta on myös investointikustannuksiltaan korkeampi. Kustannustasoa mitattaessa järjestelmän koko elinkaaren ajalta (LCC, elinkaarikustannus) tasoittuu kustannuserot järjestelmien välillä jossain määrin, sillä kiinteiden suojavälien järjestelmässä on huomattavasti enemmän radalle asennettuja huollettavia laitteita.

3.5.2 Järjestelmän automaatiotaso

Toinen liikenteenohjausjärjestelmän uusinnassa päätettävä tekijä on järjestelmän automaatioaste. Kansainvälisesti on käytössä kuvan 17 mukainen automaatiotasojen määrittely.

GoA1	GoA2	GoA3	GoA4
Kuljettaja ajaa junaa kulunvalvonnan antamien opastintietojen mukaan.	Puoliautomaattinen järjestelmä, jossa juna liikkuu automaattisesti, mutta kuljettaja sulkee ovet ja lähettää junan liikkeelle. Kuljettajan vastuulla on myös hätäjarrutus tarvittaessa ja ohjaus hätätilanteissa.	Juna toimii kuljettamattomaan, mutta junan matkustamossa on henkilö, joka lähettää junan. Ko. junan henkilökunnan jäsen myös ohjaa toimintaa junassa hätätilanteissa.	Täysautomaattinen valvoton junan toiminta, jossa juna toimi kuljettamattomana. Näin myös ovien toiminta ja hätätilanteet hoituvat koneen ohjaamina eikä junassa ole muuta toiminnallista toimintakuntaa.
Kuljettaja ajaa junaa	Junassa on kuljettaja	Juna on miehitetty	Juna on miehittämätön
Normal Train Operation (NTO) Kuljettajaohjaus	Semi-automatic Train Operation (STO) Puoliautomaattiohjaus	Driverless Train Operation (DTO) Täysautomaattiohjaus	Unattended Train Operation (UTO) Miehittämätön ajo

Kuva 18 Raideliikenteen automaation tasot

Näistä tasoista metrossa on tällä hetkellä käytössä GoA1. GoA2 tai sitä korkeammalle automaatiotasolle vaaditaan jatkuvasti liikennöivä kulunvalvontajärjestelmä, niitä ei voi toteuttaa kulunvalvonnalla, jossa liikennöinti on toteutettu ainoastaan pistemäisesti esim. toisiotutkateknologialla (baliisi/transponder/tag).

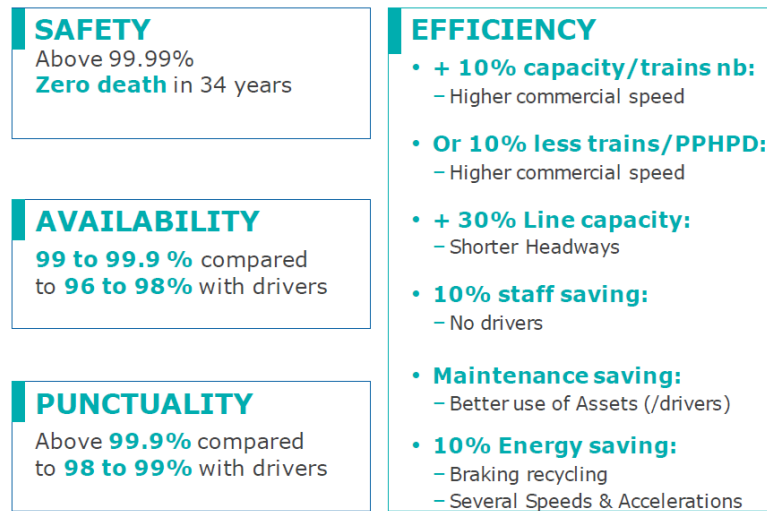
Vaikka täysautomaattinen metro tarvitsee junaan vähemmän henkilökuntaa kuin perinteinen metro, ei pienempi henkilömäärä tarkoita henkilöstökulujen pienenemistä samassa suhteessa (Cohen, J. et al, 2015²). GoA3/4 tarvitsee koulutetumpaa henkilökuntaa, mikä yleensä tarkoittaa myös paremmin palkattua henkilökuntaa.

Tekijät mainitsevat täysautomaattimetron keskeiseksi henkilökustannusrakenteeseen vaikuttavaksi ominaisuudeksi sen, ettei ajossa olevien metrojunien määrällä ole suoraa yhteyttä tarvittavien kuljettajien määrään, joten henkilökustannukset eivät välittömästi rajoita junatiheyden nostoa, jos sellaista tarvitaan esim. palvelun houkuttavuuden lisäämiseksi. Täysautomaattisessa metrossa junan käyttämiseen tarvittava energia nousee keskeisimmäksi operointikustannukseksi.

Keolis –yhtiön metroluiketoiminnasta on laskettu keskimääräisiä lukuja, jotka perustuvat yhteensä 13 Keolis -yhtiön operoimaan GoA3/4 metrolinjaan, joiden yhteispituus on 168km (Legay, P., 2017³), ks. Kuva 19. Yksityiskohtaisempia tietoja yhteenvedon takana olevista laskelmista ei anneta.

² Cohen, Judith M., Barron, Alexander S., Anderson, Richard J., and Graham, Daniel J. Impacts of Unattended Train Operations (UTO) on productivity and efficiency in metropolitan railways. Poster presented at the 94th Transportation Research Board of the National Academies Annual Meeting, 2015, Washington DC, USA.

³ Legay, Philippe. Keolis's return on experience: Operation and maintenance benefit and potential improvement with full automation. Slideset at CAMET-UITP Expert Workshop on Fully Automated Metros. 24.11.2017, Beijing, China.



Kuva 19 Yhteenveto Keolis -yhtiön GoA3/4 metrolinjojen operointikokemuksista, jotka perustuvat 13 linjaan, yhteispituudeltaan 168km (Legacy, P., 2017). PPHPD on Passengers Per Hour Per Direction.

UITP:n informaatiolehtinen täysautomaattimetroista toteaa jopa 15 – 30 % käyttökulusäästöt mahdollisiksi (Malla, R. et al, 2019⁴). Nämä muodostuvat monista pienistä asioista, joista faktisin lienee energiansäästö. Tietokoneohjauksessa oleva metrojuna todennäköisesti noudattaa optimaalista kiihdytys – rullaus – hidastusprofiilia systemaattisesti tarkemmin kuin kuljettajan ohjaama juna. Myös Keoloksen tulokset tukevat UITP:n arvioita, perustuen energiansäästöön, säästöihin huolloissa, ja liikennöintiin tarvittavan henkilöstön pienenemisestä.

Liikennöinnin automaatio parantaa myös sen luotettavuutta ja aikataulunmukaisuutta. Keoloksen tietojen mukaan täsmällisyys paranee 98-99% tasosta 99.9% yläpuolelle. Automatisointi myös vähentää häiriöitä, jotka johtuvat epäsäännöllisyyksistä kuljettajien vuoroissa.

Laajan automatisoinnin toteutus vaikuttaa myös operointiin tarvittavaan organisaatioon ja henkilöstön osaamiseen. Automaattiliikenteessä työroolit ovat laajempia ja järjestelmän tekniikan vuoksi myös huoltoon ja ylläpitoon liittyvät tehtävät vaativat uutta osaamista ylläpitohenkilöstöltä. Tästä syystä automatisointiin varautuminen on aloitettava hyvissä ajoin ennen toteutusta.

Automaattimetro -investoinnin kaiken potentiaalisen hyödyn saamista on tutkittu paljon, erityisesti suuren kapasiteetin linjojen osalta. Tuore selvitys (Canavan, S. et al, 2019⁵) listaa keskeisiä keinoja ajaa linjastoa korkealla suorituskykytasolla:

⁴ Malla, Ramón, Rius, Vicenç. The benefits of full metro automation. Official Knowledge Brief of the UITP Observatory of Automated metros. Sept. 2019, Brussels.

⁵ Canavan, Shane, Barron, Alexander, Cohen, Judith, Graham, Daniel J., and Anderson, Richard J.. Best Practices in Operating High Frequency Metro Services. Transportation Research Record 2019, Vol. 2673(9) 491–501.

- Haarautumaton metrolinja, jossa yksinkertainen ja johdonmukainen palvelutaso
- Pääteasemien nopea toimintatahti, ja/tai kyky kääntää kaksi junaa samanaikaisesti
- Lyhyet ja johdonmukaiset asemapysähdysajat, joita tukee tehokas laiturialueen hallinta, sekä molemmin puolin junaa olevat laiturit niillä asemilla, joilla pysähdysajat ovat pisimmät
- Junan kulku aikataulutettu sekuntitasolle
- Moving-block signalointi, sekä kyky GoA4 (UTO) toimintaan
- Korkea luotettavuus ja säännöllisyys
- Suuren kapasiteetin läpikäveltävä juna, jossa paljon väljiä ovia

Sekuntitason aikataulu, sekä korkea luotettavuus ja säännöllisyys soveltuvat hyvin myös Helsingin keinoiksi ja on jo nyt käytössä metrossa. Sekuntitason aikataulu auttaa junien välisen ajan lyhentämisen minimiinsä erityisesti kapasiteetin maksimointitilanteissa, tai matkustajan kokeman palvelun luotettavuutena. Täysautomaattisen metron on todettu olevan säännöllisempi kuin GoA1/2 metron sekä asemapysähdyksissä, että junien välisen aikataulun noudattamisessa (Cohen, J. et al, 2015), ks. Kuva 6. Tulokset perustuvat 23 eripuolilta maailmaa olevien automaattimetro-operaattoreiden antamiin tietoihin kiireisimpien asemien toteutuneista aikatauluista ruuhka-aikoina.

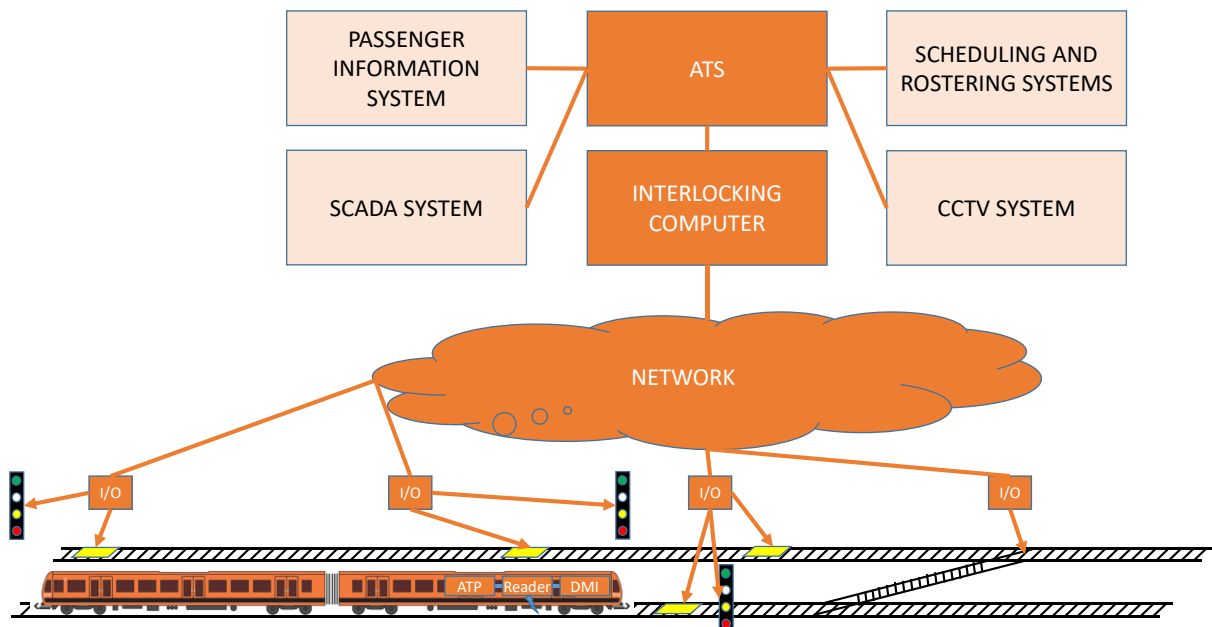
Täysautomaattimetron ollessa kyseessä on vaunujen kytkeminen kiinni ja irti toisistaan mahdollista tehdä automaattisestikin. Kyseessä ei välttämättä ole teknisesti vaikea lisätoiminto muutenkin automatisoidulle junalle, turvamääräysten vaatimusten täyttäminen lienee vaativampi asia. Tämän kaltaiselle uudelle toiminnolle on myös suunniteltu käyttöä radalle pysähtyneiden junien tilapäissiirroissa (Legay, P., 2017). Konsepti on yksinkertaistettuna se, että uusi juna tulee rikkoutuneen junan luo, kytkeytyy siihen (jos rikkoutuneen junan kytkeytymistoiminto toimii), ja lähtee sitten kuljettamaan sitä. Erikoistilanteen joustavan hallinnan kannalta lienee parasta, että uuden junan liikkuminen ja toiminnot hoidetaan etäohjatusti. Konsepti mahdollistaa myös metrojunien vaunumäärän lisäämisen esim. ruuhka-ajaksi, ja vähentämisen hiljaiseksi ajaksi.

Tarkan aikataulurytmin ylläpitäminen tarkoittaa paitsi ennakoivaa huoltoa, myös keinoja, joilla vikaantunut juna tai infrastruktuuri korjataan. GoA3/4 mahdollistaa henkilökunnan joustavamman sijoittumisen linjalla. Tämä koskee erityisesti huolto- ja kunnossapitohenkilöstöä.

3.5.3 Liikenteenohjauksen uusiminen kiintein suojaväleillä ja kulunvalvontajärjestelmällä

Metron liikenteenohjauksen uusiminen kiintein suojaväleillä ja kulunvalvonnalla toimivalla järjestelmäkokonaisuudella mahdollistaa metron vuorovälien lyhentämisen ja kapasiteetin noston noin 25%:lla järjestelmän toimintaperiaatteista ja toteutuksesta riippuen. Metron nykyjärjestelmä toimii kiintein suojaväleillä, joten tämän toteutuksen suurin uutuus on kulunvalvontajärjestelmän toteutus. Kulunvalvonta korvaa nykyjärjestelmän pakkopysäytyslaitteiston, ja mahdollistaa kiinteiden suojavälien uudelleenjärjestelyn niin, että järjestelmässä pystytään toimimaan lyhyemmillä junaväleillä kuin nykyään. Junavälien tihentäminen mahdollistuu, kun kulunvalvontajärjestelmän toteutus

mahdollistaa ohiajovarojen huomattavan lyhentämisen, opastintiheyttä voidaan kohottaa, ja junalla päästään ajamaan suuremmilla nopeuksilla suuressa osassa rataverkkoa.



Kuva 20 Kiintein suojavälein toimivan järjestelmän rakenne

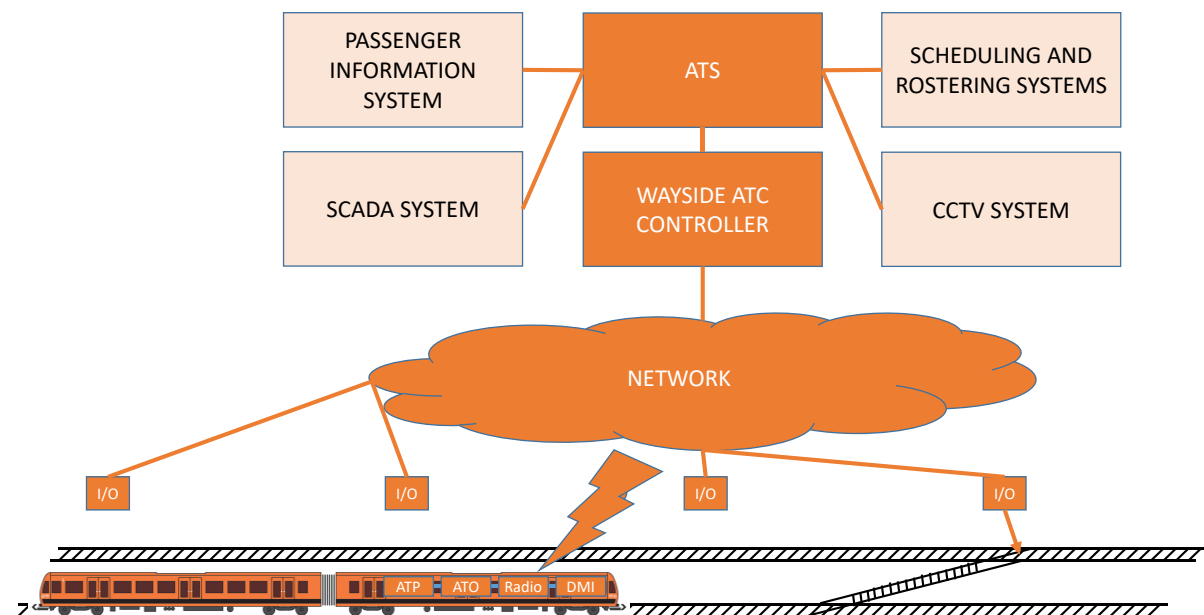
Järjestelmät koostuvat liikenteenohjauskeskuksesta (ATS, Automatic Train Supervision), radanvarren turvalaitejärjestelmästä (Interlocking System), tiedonsiirtoverkosta, radan laitteiden ohjaukseen tarkoitetuista I/O yksiköistä, ja junassa olevasta kulunvalvontajärjestelmästä (ATP, Automatic Train Protection). Liikenteenohjauksen keskusjärjestelmä liittyy tyypillisesti muihin metrojärjestelmän hallintaan tarvittaviin järjestelmiin, kuten matkustajaopastus, turvalvomojärjestelmät, teknisen valvomon järjestelmät ja aikataulutus- ja työvuorohallintajärjestelmät.

Tiedonsiirto asetinlaitteen ja junan kulunvalvontajärjestelmän välillä tapahtuu tyypillisesti kiskojen väliin asennetun lähettimen avulla. Koska kyseessä on nykyään yleisesti toisiotutkateknologiaan (engl. transponder, balise) perustuva lähetin, se kykenee päivittämään junan laitteistoa ainoastaan, kun juna ylittää kyseisen lähettimen. Tällöin juna ei saa tietoa sallivammasta liikennetilanteesta edellään ennen kuin se saavuttaa seuraavan tiedonsiirtopisteen. Tiedonsiirtopisteet tarvitsevat tuekseen myös valo-opastimet, jotta junan kuljettaja tietää koska voi siirtyä tiedonsiirtopisteeseen, jos junalle on edellisellä tiedonsiirtopisteellä määrätty pysähtyminen seuraavan opastin/tiedonsiirtopisteen eteen. Tiedonsiirtopisteille voidaan tehdä toistopisteitä ennen varsinaista sijaintia, jolloin voidaan mahdollistaa liikennetilanteen aikaisempi päivitys junalaitteistolle. Eräissä ratkaisuissa toistopisteet on toteutettu radioteknologialla, jolloin tiedon voi saada laajemmalla alueella.

3.5.4 Liikenteenohjauksen uusiminen radiopohjaiseen järjestelmään

Radioteknologiaan pohjautuva, jatkuvalla tietoliikenneyhteydellä junan ja radanvarren ohjausjärjestelmien välillä toimiva, liikkuvat suojavälit mahdollistava järjestelmä mahdollistaa lyhyimmät vuorovälit, ja mahdollistaa kapasiteetin noston 50%:lla. Pääperiaatteena tämän tyyppisissä järjestelmissä junien sijainnit päivittyvät täsmällisesti radan kilometritietoina ilman kiinteitä, radassa olevia osuuksia ja junien maksiminopeudet sijainnin funktiona määrittävät jarrukäyrät päivittyvät käytännössä viiveettä ja ilman ylimääräistä turvamarginaalia. Ylimääräinen turvamarginaali tarkoittaa tässä yhteydessä aikaa, jonka juna joutuu kiintein suojavälein toimivassa järjestelmässä odottamaan koko seuraavan suojavälin vapautumista.

Eri toimittajien järjestelmät ovat tässä mielessä yhteneviä, mutta niiden muu toiminnallisuus ja tekninen toteutus vaihtelevat erittäin merkittävästi. Tästä syystä uusinnassa on keskityttävä operatiivisten vaatimusten tunnistamiseen, ja varsinainen tekninen toteutus tulee määritellä yhdessä toimittajan kanssa. Tämä aiheuttaa haasteita myös järjestelmän mahdolliselle kilpailutuksen arviointiperusteille. Kuva 21 esittää radiopohjaisen liikenteenohjausjärjestelmän eli CBTC-järjestelmän tyypillisen perusrakenteen.



Kuva 21 CBTC järjestelmän rakenne

Järjestelmät koostuvat liikenteenohjauskeskuksesta (ATS), radanvarren turvalaitejärjestelmästä (Wayside ATC, Automatic Train Control), tiedonsiirtoverkosta, radan laitteiden ohjaukseen tarkoitetuista I/O yksiköistä, ja junassa olevasta kulunvalvontajärjestelmästä (ATP) ja automaattiajojärjestelmästä (ATO, Automatic Train Operation). Liikenteenohjauksen keskusjärjestelmä liittyy tyypillisesti muihin metrojärjestelmän hallintaan tarvittaviin järjestelmiin, kuten matkustajaopastus, turvalavomojärjestelmät, teknisen valvomon järjestelmät ja aikataulut- ja työvuorohallintajärjestelmät.

Tiedonsiirto radanvarren turvalaitejärjestelmän ja junan kulunvalvontajärjestelmän välillä tapahtuu radioverkon kautta. Koska kyseessä on jatkuvatoiminen radioyhteys, se kykenee päivittämään junan laitteistoa jatkuvasti, ja junan kulunvalvontajärjestelmä voi sallia junalle jatkuvasti suurimman mahdollisen nopeuden.

3.5.5 Visio Metron tulevaisuuden operatiiviselle konseptille

Uuden liikenteenohjausjärjestelmän mukanaan tuoman digitalisaation hyödyt mahdollistavat ja edellyttävät operatiivisen mallin huomattavan kehittämisen suuntaan, missä tämän hetkiset toimintatavat voivat muuttua huomattavasti. Kunnossapidon, junakuljettajan ja valvomon välinen työnjako muuttuu jopa huomattavasti, mikä puolestaan vaikuttaa eri henkilöstöryhmien osaamistarpeisiin. Mahdollisuus diagnosoida vikatilanteita valvomosta käsin paranee, jolloin pystytään paremmin ohjaamaan korjauksia reaaliaikaisesti.

Siirryttäessä täysautomaattiseen operointiin, häviää junakuljettajan rooli sellaisenaan, mutta junan kuljettamisen osaamista tarvitaan edelleen. Rooliin kuitenkin voi liittyä jatkossa osaamista esim. korjaus- tai vianselvitystehtävistä, sekä mahdollisesti myös asiakaspalvelun tehtäviä.

Kuten kaikissa muutostilanteissa, muutos tuo tullessaan riskejä. Alla oleva taulukko kokoaa joitain keskeisimpiä operatiivisia riskejä mitä automaatiotason nosto tuo tullessaan.

GoA2 keskeiset riskit	GoA3/4 keskeiset riskit
Automaatti- ja manuaalioperaation rajapinnat altistavat virheille sekä linjaliikenteessä että huoltotoimenpiteissä.	Kuljettajan havainnoinnin puute lisää törmäysriskiä ja vaikeuttaa kaluston ja infran kunnonvalvontaa sekä huoltotöiden havainnointia.
Kuljettajien työtyytyväisyys ja –motivaatio kärsivät uudessa roolissa.	Poikkeustilanteisiin ja hätätilanteisiin reagoinnin vasteaika pitenee.
Kuljettajien tarkkaavaisuuden ylläpito vaikeutuu valvovassa roolissa.	Hätätilanteissa matkustajien ohjaus vaikeutuu (erit. GoA4).
Kuljettajan osaamisen ylläpito vaikeutuu valvovassa roolissa.	Laituriovet aiheuttavat vahinkoja tai heikentävät toimintavarmuutta.
	Valvomohenkilöstön osaaminen tai resurssit eivät riitä järjestelmän hallintaan.
	Alttius matkustajien häiriökäyttäytymiseen

HKL:n tulee määritellä visio metron digitalisaation sallimalle operatiivisen mallin kehittämiselle yhdessä HSL:n kanssa. Konseptissa määritellään tiekartta metron automatisointitason nostolle, ja sen vaikutuksiin organisaatioon, toimenkuviin, työtehtäviin, osaamiseen ja operointimalliin. Tämän pohjalta laaditaan tulevaisuuden liiketoimintasuunnitelma HKL:n tulevalle organisaatorakenteelle, ja pystytään määrittelemään uuden liikenteenohjausjärjestelmän operatiiviset vaatimukset.

3.5.6 Tulevaisuuden liikenteenohjausjärjestelmän tavoitteet

Uuden liikenteenohjausjärjestelmän ensisijaisena tavoitteena on mahdollistaa metron kapasiteetin nosto vaaditulle tasolle siten, että liikenteen häiriötaso on alhainen ja ope-
rintikustannukset eivät kohoa.

Pääkaupunkiseudun metro muodostaa keskeisen osan joukkoliikennejärjestelmää. Matkustajien näkökulmasta voidaan asettaa seuraavat luotettavuustavoitteet:

- Liikennöinnissä on mahdollisimman vähän häiriöitä. Metron häiriöt aiheuttavat pahimmillaan matkustajalle hyvin suuria vaikeuksia korvaavien yhteyksien puut-
tuessa.
- Häiriötilanteista aiheutuu matkustajille mahdollisimman vähän haittaa. Häiriöi-
den sattuessa on matkustajille pystyttävä kertomaan häiriön kesto, korvaavat
yhteydet ja häiriön syy.
- Järjestelmän tulee mahdollistaa liikenne häiriöiden hallinta ja nopea toipuminen
häiriöistä. Teknisen ja operatiivisen vuorovälin eron tulee olla riittävän suuri,
että kohtuulliset viivästymiset esim. matkustajien toimien vuoksi eivät aiheuta
kasvavaa häiriötä liikenteessä.

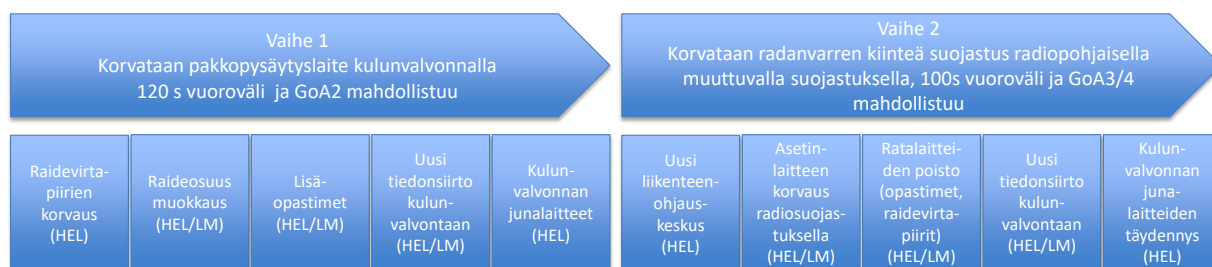
Järjestelmän elinkaaritavoite 30 vuotta. Kyseessä on järjestelmätason tavoite, mikä
tarkoittaa sitä, että järjestelmän yksittäisten komponenttien teknisen eliniällä ja saata-
vuudella saattaa olla lyhyempi elinkaari. Järjestelmään tulee kuitenkin olla saatavilla
korvaavia, yhteensopivia osia järjestelmän eliniän ajan. Näiden osien saatavuudelle
tulee olla myös kohtuulliseksi rajoitettu kustannus, tai muu elinkaarikustannuksien kan-
nalta hyväksyttävä järjestely.

Kapasiteetin noston tavoite samalla vähentäen liikennöinnin häiriöherkkyyttä saadaan
tehokkaimmin toteutettua siirtymällä liikenteenohjausjärjestelmässä operoimaan auto-
maatiotasolla GoA2, puoliautomaattinen operointi. Järjestelmän tulevaisuuden soveltu-
vuuden varmistamiseksi odotetaan siltä kuitenkin kykyä mahdollistaa metron ajo ilman
kuljettajaa (GoA3/4 tason automatisointi), junakaluston ja muun liikennejärjestelmän
tämän salliessa. Tämä tulee vaikuttamaan huomattavasti tarvittavaan organisaatioon,
osaamiseen ja työtehtäviin.

Mikäli kapasiteettia nostetaan toteuttamalla uusi kulunvalvontajärjestelmä ja tehosta-
malla kiinteitä suojavälejä, saadaan pienempi kapasiteettihyöty. Tämän muutoksen
vaikutukset metron huollon ja liikennöinnin järjestämiseen ovat huomattavasti pienem-
mät, kun laitteisto pysyy pääosin ennallaan, ja kuljettajat vastaavat edelleen metroju-
nien ajamisesta. Siten vaikutukset henkilöstön osaamistarpeeseen ja organisaatioon
ovat myös vähäiset. Tämän vaihtoehdon riskinä on, että saavutettu kapasiteetin lisäys
ei riitä järjestelmän 30 vuoden elinkaaren ajan, vaan joudutaan toteuttamaan tehok-
kaampi kapasiteetin lisäystoimenpide jo ennen elinkaaren loppua. Tämän arvioidaan
toteutuvan todennäköisesti 2040-luvulla, mutta ajankohdan ennustaminen on vaikeaa.
Tätä arvioidaan keväällä 2021 käytävässä MAL-kierroksen valmistelutyössä, jolloin ko-
ronan vaikutuksista tullaan tekemään skenaariotarkasteluja.

3.5.7 Liikenteenohjauksen uusimishankkeen tehtäväkokonaisuudet

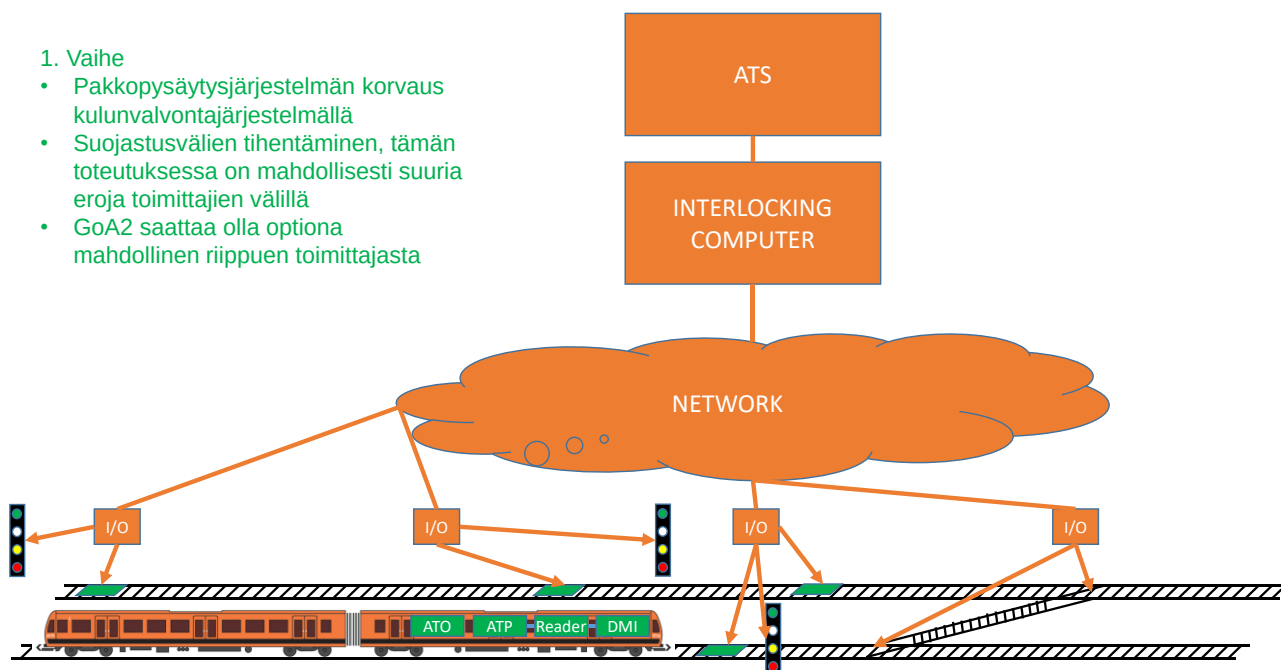
Hanke toteutetaan kaksivaiheisena porrastettuna projektina, jolloin pienennetään järjestelmä uudistuksen aiheuttamaa riskiä muutosten tapahtuessa portaittain. Samalla investointi jakautuu pidemmälle ajanjaksolle, ja nykyjärjestelmien jäännösarvon alaskirjaustarve pienenee.



Projektin ensimmäisessä vaiheessa korvataan nykyisen pakkopysäytyslaitejärjestelmän juna- ja radan varren laitteet kulunvalvontajärjestelmällä kuvan Kuva 22 mukaisesti. Kuvassa on vihreällä värillä merkitty uusittavat/uudet laitteet. Tavoitteena on mahdollistaa 120 sekunnin vuoroväli vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi on tarkoitus mahdollistaa puoliautomaattiajo (GoA2).

Tässä yhteydessä käydään myös läpi mahdollisesti vanhenemassa olevien ratalaitteiden kunto ja niitä uusitaan tarpeen mukaan. Samalla lyhennetään raidevirtapiirejä valituissa kohdissa mahdollistamaan junavälien tihentäminen. Tunneliosuuksilla ei liene tarvetta uusien raidevirtapiirejä, mutta niitä saatetaan joutua jakamaan osiin.

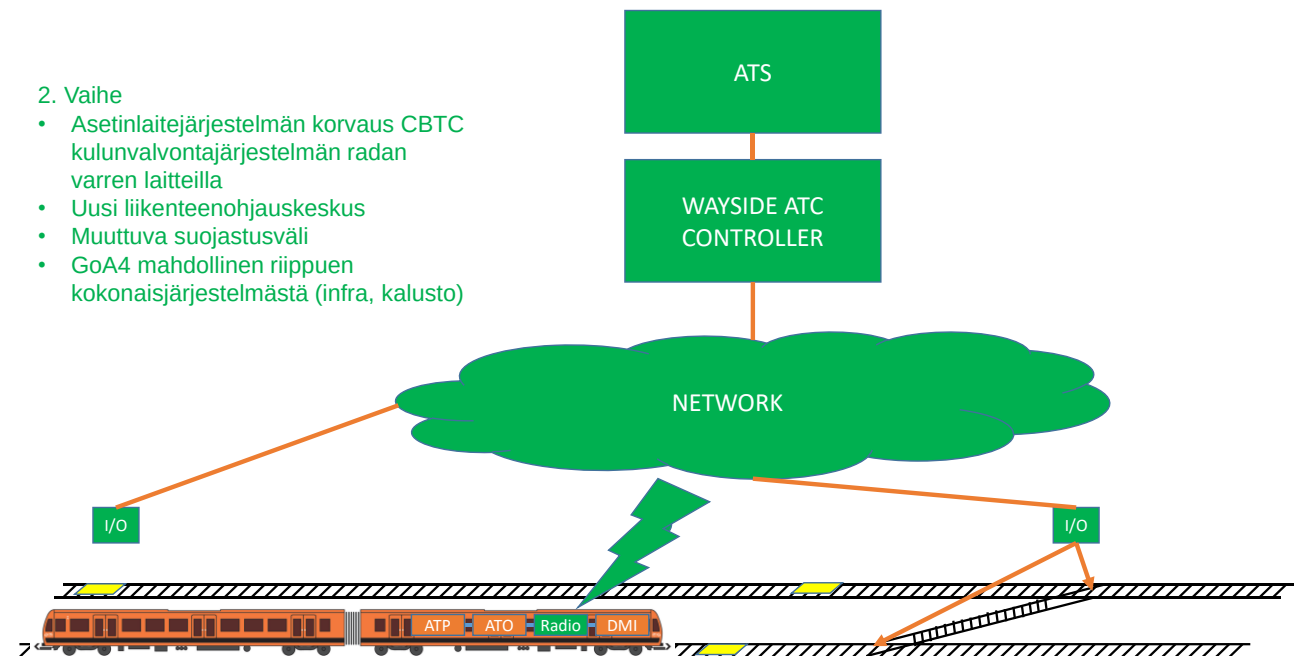
Myös joitain opastimia saatetaan siirtää tai lisätä junien kulkuaikojen ja junatiheyden optimoimiseksi, kuten luvussa 3.2.2 on kuvattu.



Kuva 22 Liikenteenohjausjärjestelmän uusinnan 1. vaihe

Järjestelmäuusinnan 2. vaiheessa siirrytään radiopohjaiseen suojastukseen kuvan Kuva 23 mukaan. Tällöin korvataan nykyinen asetinlaitejärjestelmä radiopohjaisen liikenteenohjauksen radanvarren järjestelmällä (Wayside ATC Controller). Liikenteenohjauksen keskusjärjestelmä (ATS) joudutaan myös uusimaan, jotta mahdollistetaan koko järjestelmän parantunut toiminnallisuus. Lisäksi tiedonsiirtoverkkoa joudutaan kehittämään mahdollistamaan erittäin luotettava radioyhteys junien ohjaukseen. Radioverkko voidaan joko rakentaa erillisverkkona, tai mikäli tarjolla on riittävän luotettavat kaupalliset / viranomaisverkot, joissa on tarvittava kapasiteetti saatavilla, myös näitä voidaan käyttää.

Vaiheen 2 toteutuksen jälkeen mahdollistuu 100 sekunnin vuoroväli puoliautomaattijossa (GoA2). Myös täysautomaattiajo (GoA4) on mahdollista toteuttaa, mutta tähän vaikuttavat myös vanhasta kalustosta ja infrastruktuurista johtuvat rajoitukset, joiden poistamiseksi tarvitaan investointeja.



Kuva 23 Liikenteenohjausjärjestelmän uusinnan 2. vaihe

3.5.8 Uuden liikenteenohjausjärjestelmän suunnittelun ja toteutuksen periaatteet

Uutta liikenteenohjausjärjestelmää suunniteltaessa lähtökohdaksi on otettava metron operoinnin vision mukainen tavoitetilä. Tavoitetilassa määritellään järjestelmän ope-
rointikonsepti normaalitilassa sekä häiriötilojen ja poikkeavien tilanteiden hallinta. Näiden määrittelyssä tulee huomioida ihmisten tekijöiden suunnittelu, erityisesti huomioiden liikennöintiin ja kunnossapitoon osallistuvien henkilöiden kannalta. Tämän vuoksi on tärkeää, että kuljettajat, liikenteenohjaajat ja järjestelmän kunnossapitäjät otetaan mukaan määrittely ja suunnittelutyöhön. Näin varmistetaan liikennöinnin ja toteutuksen integraatio hankkeessa, sillä heistä on arvoa erityisesti riskien ja huonojen ratkaisujen tunnistamisessa.

Siirryttäessä yksityiskohtaisempaan toiminnalliseen suunnitteluun on läheinen yhteistyö valitun toimittajan kanssa oleellista, jotta voidaan varmistaa mahdollisimman pitkälle toimittajan perusjärjestelmän mukainen toteutus, ja minimoida järjestelmämuutoksista ja uusien toimintojen kehittämisestä tulevat tuotekehitysriskit.

Operatiivinen riskienhallinta tulee hankkeessa käsitellä osana jokapäiväistä järjestelmän toteutusta, varmistaen että riskien poistamiseksi tai pienentämiseksi suunnitellut toimenpiteet toteutetaan osana projektin toteutusta.

Riskienhallinnan osana tulee käsitellä mahdolliset riskit liikennöinnille järjestelmän toteutuksen aikana, ja suunnitella toteutukseen keinot, joilla vältetään suunnittelematomia häiriöitä järjestelmää toteutettaessa. Myös suunnittelussa otetaan huomioon häiriömahdollisuuksien minimointi toteutuksen aikana.

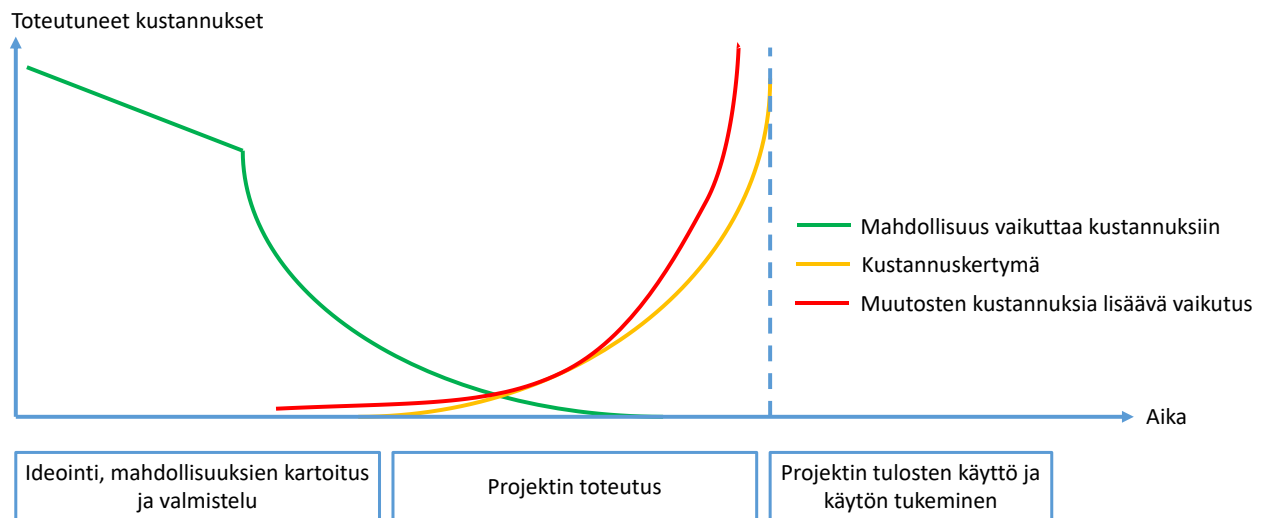
Ennen kuin uutta järjestelmää aletaan ottaa käyttöön, on varmistettava, että järjestelmäintegraatio on onnistunut. Järjestelmän toteutuspolku käsittää integraatiotestauksen ensin laboratorioympäristössä, sitten testiradalla, ja lopuksi järjestelmälle toteutetaan varjokäyttö itse metroradalla. Näin varmistetaan, että järjestelmän toiminnallisuus ja luotettavuus ovat riittävällä tasolla, ja metrojärjestelmä toimii luotettavasti käyttöönoton jälkeen.

3.5.9 Hankkeen porttimalli

Hankkeen menestyksellisen läpiviennin varmistamiseksi on hankkeella oltava selkeä suunnitelma hankkeen vaiheista, ja kunkin vaiheen tavoitteista. Hankkeen suunnittelu- vaiheessa täsmennetään vaihejako. Alustavasti hankkeen vaiheet ja niiden tavoitteet ovat alla olevan taulukon mukaiset.

Vaihe	Tavoitteet
Periaatesuunnittelu	Operointiperiaatteet, käyttäjävaatimusten määrittely ja alustava hyväksyntä
Järjestelmäsuunnittelu	Järjestelmävaatimusten määrittely ja katselmointi
Alustava suunnittelu	Järjestelmäarkkitehtuurin määrittely ja vaatimusten ositus, alustava suunnittelukatselmus
Järjestelmän suunnittelu ja tuotanto	Kriittiset suunnittelukatselmukset, järjestelmän käyttö- ja huolto-ohjeet
Järjestelmätestaus	Laboratoriotestaus, testiradan testit
Järjestelmän asennus	Järjestelmän asennus radalle, juniin ja ohjauskeskukseen
Järjestelmäintegraatio	Integrointitestaus, dynaaminen testaus radalla, varjokäyttö
Hyväksyntä ja käyttöönotto	Järjestelmän hyväksynnät ja käyttöönotto

Järjestelmää toteutettaessa on korkea työn laadun vaatimus pidettävä osana hankkeen johtamisjärjestelmää. Toteutuksessa otettavat oikopolut johtavat yleensä myöhäisiin muutoksiin ja uudelleentekemiseen, ja näin lisäävät hankkeen kustannuksia ja riskitasoa, ja näiden myötä todennäköisesti aikataulun venymiseen. Näin ollen vaiheiden tavoitteiden korkealaatuisen saavuttamisen varmistaminen maksaa itsensä takaisin projektin kuluessa, kun projektin loppuvaiheen riskitaso on selkeästi alempi kuin tilanteessa, missä projektin olisi sallittu jatkaa eteenpäin epävarmoihin tai epätarkkoihin määrittelyihin perustuen johtaen muutoksiin projektin myöhäisessä vaiheessa. Tätä on kuvattu kuvassa Kuva 24.



Kuva 24 Kustannusten määräytyminen projektin elinkaaren aikana

4. Hankkeen toteutus

4.1 Hankintamalli

Uuden liikenteenohjausjärjestelmän toimitus sekä järjestelmään liittyvät palvelut, kuten mm. järjestelmätuki, ylläpitoon liittyvät palvelut ja järjestelmän laajennukset, kilpailutetaan EU-kynnysarvot ylittävänä julkisena hankintana. Hankintaan sovelletaan lakia vesi- ja energiahuollon, liikenteen ja postipalvelujen alalla toimivien yksiköiden hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1389/2016, jäljempänä erityisalojen hankintalaki).

Kyseessä on vaativa järjestelmähankinta, joka vaatii myös tilaajan toimintaprosessien uudelleen arviointia. Valittavassa hankintamenettelyssä tulee lisäksi mahdollistaa toimittajien erilaisten teknisten ratkaisujen arviointi, jotta HKL voi kartoittaa ja määrittellä ne vaatimukset, joilla tulevat tarpeet voidaan parhaiten täyttää.

Hankinta on käytännössä mahdollista toteuttaa joko erityisalojen hankintalain 38 §:n mukaisena neuvottelumenettelynä tai 39 §:n mukaisena kilpailullisena neuvottelumenettelynä. Koska hankkeessa on tunnistettu tarve neuvotella hankintasopimuksen ehtojen lisäksi myös erilaisten teknisten ratkaisujen hyödyntämismahdollisuuksista ja siten keinoista, joilla parhaiten toteutetaan tavoite metron kapasiteetin varmistamisesta tulevaisuudessa, esitetään hankinnan toteuttamista kilpailullisessa neuvottelumenettelyssä.

4.2 Sopimusmalli

Ulkomaisten kokemusten ja käytyjen markkinakuulemisten perusteella hankintamalliksi suositellaan yhteistyömallityypistä (esimerkiksi allianssia) ratkaisua. Tämän tyyppisen hankintamallin riskiprofiili on alhaisempi kuin täysin perinteisen tilaaja-tuottajamallin.

Koska kyseessä on laajan tieto- ja tietoliikenneteknisen järjestelmän hankinta, on osa kustannuksista todennäköisesti kiinteitä kustannuksia (esimerkiksi radiotaajuuslissenssimaksuja), joiden hankinnasta voi kuitenkin vastata kokonaisuudessaan tilaaja.

Yhteistyömallin etuja ovat muun muassa:

- Soveltuu hyvin hankkeisiin, joihin sisältyy haasteellisia teknisiä ratkaisuja ja riskejä, joita ei täysin ennakolta tunneta ja joiden hallinnassa kaikkien eri osapuolten panos on välttämätön.
- Osapuolilla (tilaaja, palveluntoimittaja) on yhteiset tavoitteet. Lisäksi osapuolet saadaan aitoon yhteistyöhön. On täysin varmaa, että toteutuksen aikana joudutaan tekemään muutoksia. Tällöin ratkaisuihin etsitään yhdessä parasta vaihtoehtoa.
- Yhteistyömalleissa on useimmiten alussa kehitysvaihe, jossa tehdään yhdessä määrittelyt ja määritetään tavoitehinta. Vasta kehitysvaiheen jälkeen päätetään hankkeen toteuttamisesta. Tavoitehintaa sitoo samalla myös kaikkia osapuolia. Lisäksi on sovittu kustannusten alitusten ja ylitysten jaosta. Tiedossa ei ole, että metrojen kulunvalvonta- ja automaatiohankkeissa kehitysvaiheiden jälkeen allianssi olisi purettu. Kehitysvaiheen tuotokset on mahdollista määrittellä tilaajaan

omaisuudeksi ja hyödynnettäväksi, vaikka allianssi purettaisiinkin kehitysvaiheen jälkeen.

- Maksetaan vain todelliset kustannukset ja palkitaan hyvästä tekemisestä. Lisäksi sopimukset on laadittava taidolla ja varmistettava tilaajan tavoitteiden mukaiset toiminalliset palkitsemismallit.

Näin ollen sopimusmalli tullaan kehittämään Helsingin kaupungin käyttämien allianssi-sopimusten pohjalta huomioiden muutostarpeet liikenteenohjausjärjestelmän tekniseen toteutukseen soveltuvan sopimuksen laatimiseksi. Sopimusluonnosta laadittaessa on lisäksi huomioitava seuraavia seikkoja:

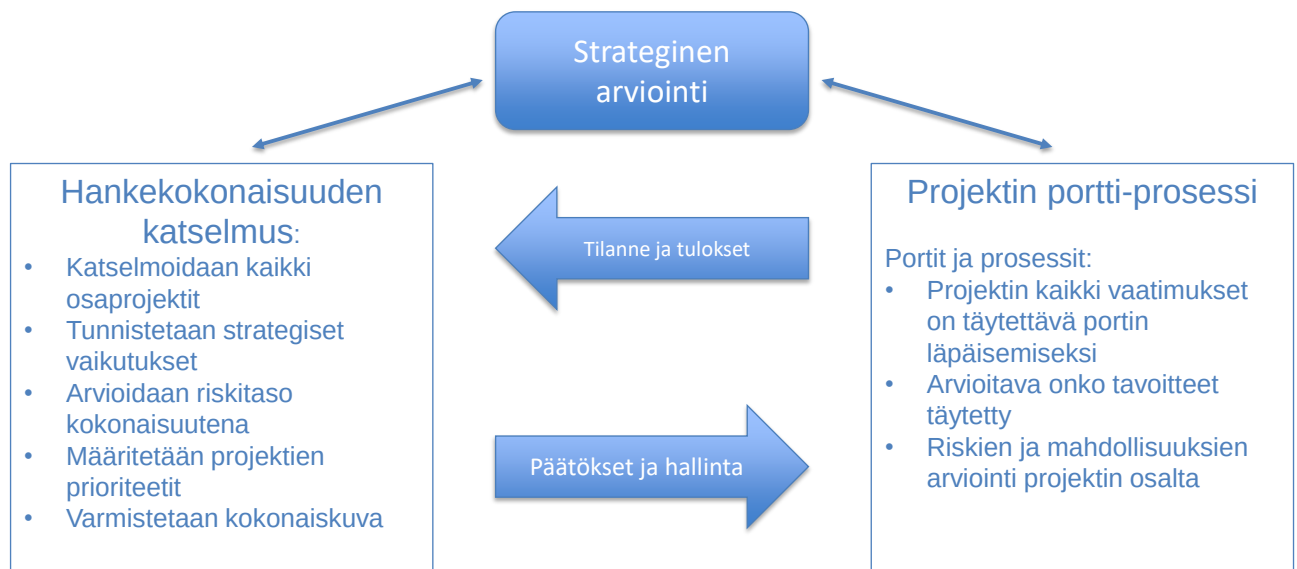
- Päätöksentekoprosessien ja vastuiden on oltava selkeät (kuka omistaa päätökset). Usein ongelmana ovat myös liian myöhään tulevat päätökset. Päätöksentekoprosessin epämääräisyys ja hitaus vaikuttaisivatkin olevan ainakin osasyynä monien hankkeiden ongelmiin. Suosituksena on, että riskin kantaa se, joka siihen pystyy parhaiten vaikuttamaan.
- Toimituksen hyväksymisvaiheet ja -prosessit on määriteltävä huolella.
- Jos kulunvalvontajärjestelmässä on monen eri palveluntuottajan järjestelmiä, on silloin myös monta rajapintaa eri toimijoiden kesken. Palveluntuottajat helposti syyttelevät toisiaan, eivätkä ota vastuuta tekemisistään. Sopimusteitse on pysyttävä varmistamaan vastuut. Selkeintä on, jos yhdellä palveluntuottajalla on selkeästi kokonaisvastuu koko järjestelmästä, vaikka mukana olisi myös muiden toimittamia osajärjestelmiä.
- Palveluntuottajan käytössä olevat työaikaraot on oltava selkeästi sovittu, ja niiden muutoksista sopimiselle tulee olla selkeä prosessi, joka huomioi muutosten taloudelliset ja operatiiviset vaikutukset. Työaikaraoilla on erittäin suuri merkitys hankkeen toteutusaikatauluun. Työaikarakoja voidaan pidentää esimerkiksi myöntämällä lisätunteja yöllä, katkaisemalla liikenne kokonaan esimerkiksi sunnuntaiksi tai katkaisemalla liikenne kokonaan kesäajaksi.
- HKL:n on tarjottava palveluntuottajalle tilat tehdä asennukset jne. Testirata prototyypeille on suositeltava. Toiminnallisuuden testaamiseen tarvitaan 500–600 metrin rata.
- Kulunvalvontajärjestelmän elinkaari on noin 30 vuotta. Järjestelmän laajentaminen ja muutokset on oltava mukana sopimuksessa. Joustavuus on näiden osalta tärkeää. 30 vuodessa tapahtuu paljon muutoksia ja tulee myös esimerkiksi uusia junia. On huomioitava, että jos järjestelmä otetaan käyttöön 2030, niin se on toiminnassa vielä vuonna 2060.
- Palvelusopimukseen on hyvä kuulua 24/7-ylläpitosopimus koko järjestelmän elinkaaren tarpeet huomioiden. Sisältö riippuu paljon siitä, mitä tehtäviä tilaaja haluaa pitää itsellään. Näistä pitää vielä tehdä selvitystyötä ennen osallistumispyyntöä julkaisua.

4.3 Hankkeen johtamismalli

Hankkeen strategisia tavoitteita tulee seurata ja ohjata varmistaen, että pääkaupunkiseudun ja kunkin kunnan hankkeelle asettamat tavoitteet voidaan saavuttaa, ja että niitä ohjataan ajanmukaisesti kehityksen mukaan.

Hankekokonaisuutta tulee johtaa projektiportfoliona tavoitteiden saavuttamisen varmistamiseksi. Hankekokonaisuus jakautuu erillisiksi projekteiksi, joilla on nimetyt projektipäälliköt.

Projekteissa noudatetaan ns. porttiprosessia, minkä tarkoituksena on varmistaa, että projektissa minimoidaan uudelleen tekemisen riski, ja toteutetaan hyvin määritellyjä kokonaisuuksia. Kunkin osaprojektin päällikkö on vastuussa portti-prosessin mukaisesta johtamisesta projektien vaatimuksenmukaisuuden varmistamiseksi. Osaprojektien projektipäälliköt vastaavat muutosten ja riskien hallinnasta heille määriteltujen valtuuksien rajoissa.



Kuva 25 Kapasiteettihankkeen johtamismalli

4.4 Organisaatio ja resursointi

Kapasiteetin nosto ja liikennöinnin luotettavuuden parantaminen edellyttävät monen organisaation yhteistyötä: HKL, Länsimetro Oy, Espoo, Helsinki ja HSL ja se sisältää eri tahojen vastuulla olevia toimenpiteitä. Lähtökohtana on selvityksen mukaisesti kapasiteetin nosto. Tähän on luontevaa yhdistää liikennöinnin luotettavuuden lisääminen.

Koska päätöksenteko jakaantuu usealle taholle, on kapasiteetin nostolle ja liikennöinnin luotettavuudelle asetettu korkean tason yhteistyöryhmä, jonka jäseninä ovat hankkeen toteutuksen esittelijät poliittisille päättäjille. Yhteistyöryhmän toiminta on erittäin keskeisessä roolissa, koska siellä ovat rahoituksesta vastaavat tahot ja eri tahoilla on helposti erilaisia intressejä. Yhteistyöryhmän keskeinen tehtävä on määritellä kapasiteetin noston ja liikennöinnin luotettavuuden tavoitteet ja resurssit sekä kapasiteetin

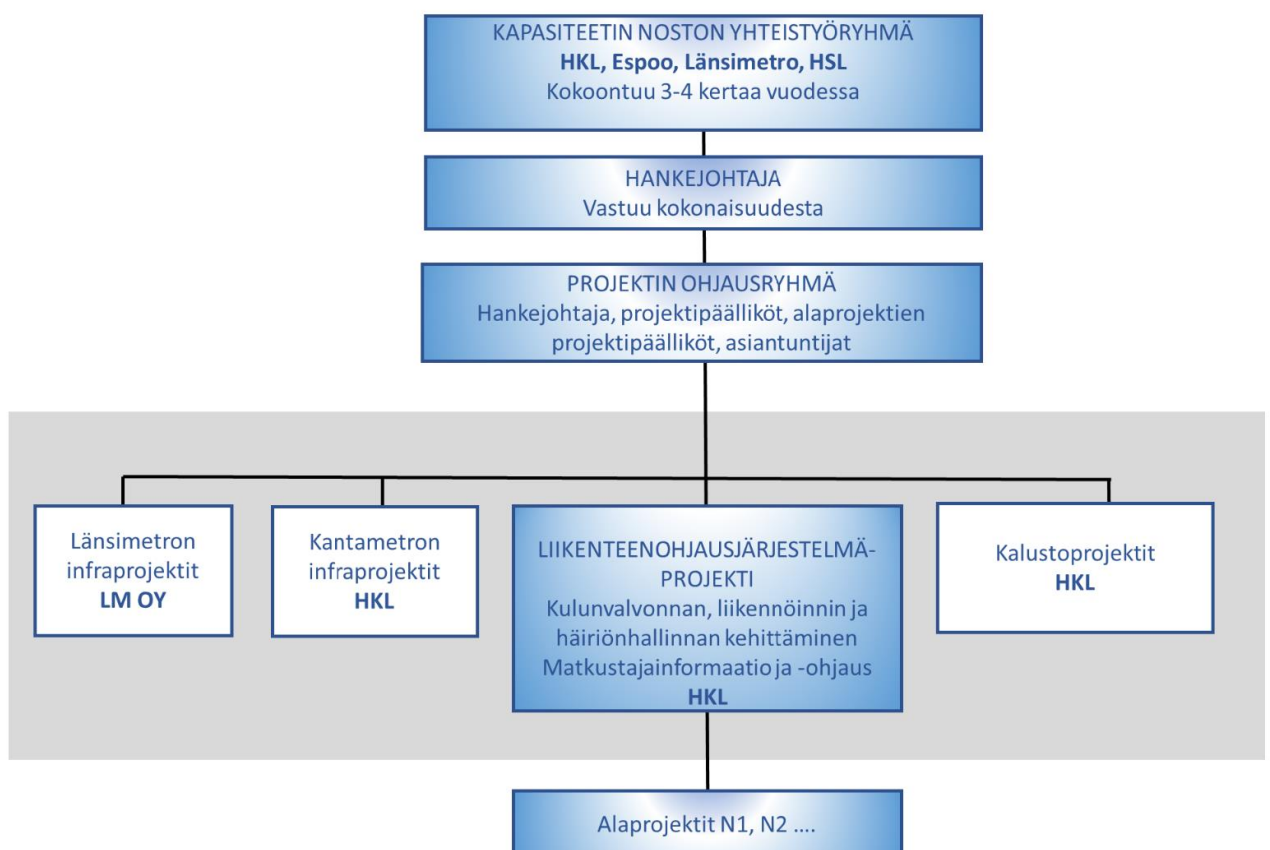
noston hankejohtajan ja liikenteenohjausjärjestelmäprojektin projektipäällikön tehtävät, vastuut ja valtuudet.

Kapasiteetin noston kokonaisuudesta vastaa hankejohtaja. Kapasiteetin noston keskeinen toimenpide on liikenteenohjausjärjestelmän kehittäminen. Tällä on paljon yhtymäkohtia infran rakentamisen ja kaluston kehittämisen kanssa. Yhteistyö näiden välillä on erittäin tärkeää. Vastuu kokonaisuuden toiminnallisuudesta on hankejohtajalla.

Metron kapasiteettihankkeen hankejohtaja raportoi hankkeen etenemisestä kapasiteetin noston yhteistyöryhmälle. Yhteistyötä määrittää Espoon kaupungin ja HKL:n välillä neuvoteltu yhteistyösopimus hankkeen suunnittelusta, sekä muut nykyiset ja tulevat sopimukset toteutusprojekteista sekä kustannusten jaosta.

Hankejohtaja valvoo kapasiteettihankkeeseen kuuluvien projektien toteutusta niiden projektipäällikköjen johdolla, ja koordinoi hankkeeseen läheisesti liittyvien infran rakentamisen ja kaluston kehittämisen projektien hankkeen tavoitteiden kanssa yhdenmukaista toteutusta.

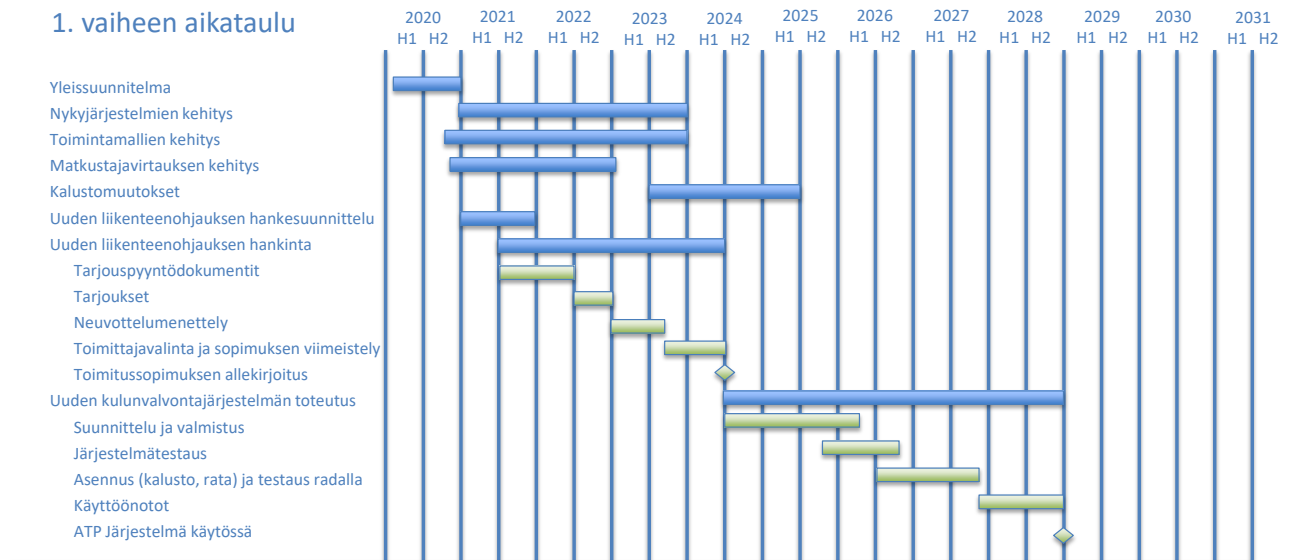
Kapasiteettihankkeen organisaatio on kuvassa Kuva 26.



Kuva 26 Metron kapasiteettihankkeen organisaatio

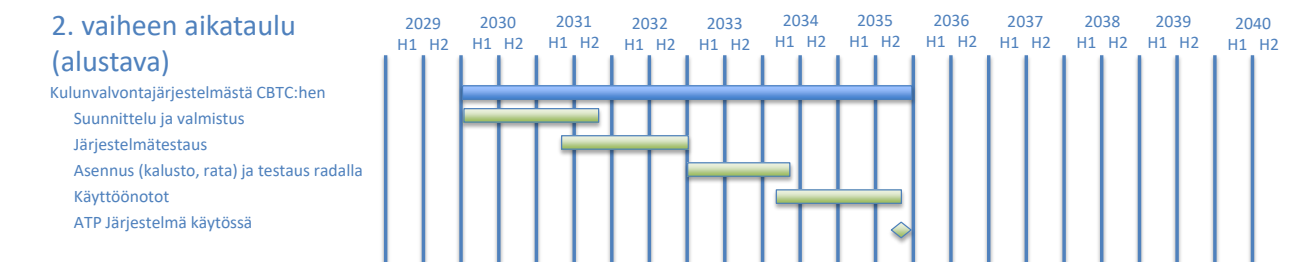
4.5 Hankkeen aikataulu

Metron kapasiteettihankkeen keskeisin projekti on liikenteenohjausjärjestelmän kehittäminen uudella kulunvalvontajärjestelmällä. Kuva 27 esittää alustavan aikataulun uuden liikenteenohjauksen 1. vaiheen toteutukselle.



Kuva 27 Uuden liikenteenohjausjärjestelmän alustava aikataulu

Toisen vaiheen aikataulu on alustavasti seuraava ja tähtää 100s vuorovälin mahdollistamiseen teknologiaan vuoteen 2035 mennessä. Tämä aikataulu on luonnollisesti alustava ja tulee vahvistumaan tämän vuosikymmenen loppua kohden, kun kapasiteettitarpeen kasvu varmistuu.



4.6 Riskienhallinta

Hankkeen riskienhallinnalle on asetettu seuraavat tavoitteet.

Nollatoleranssi turvallisuusriskeihin

- Minimoidaan turvallisuusriskitapahtumien todennäköisyys korkeimpana prioriteettina riskienhallinnassa

Projektin valmistuminen ajallaan ja budjetin puitteissa, toimittaan vaaditun toiminnallisuuden Kokonaisvaltainen riskienhallinta johtaa kustannus- ja aikataulukuriin, ja mahdollistaa projektin valmistumisen suunnitellusti

- Aikataulu- ja budjettirajoitukset eivät saa estää vaaditun toiminnallisuuden toteuttamista

Riskitietoinen projektin ohjaus

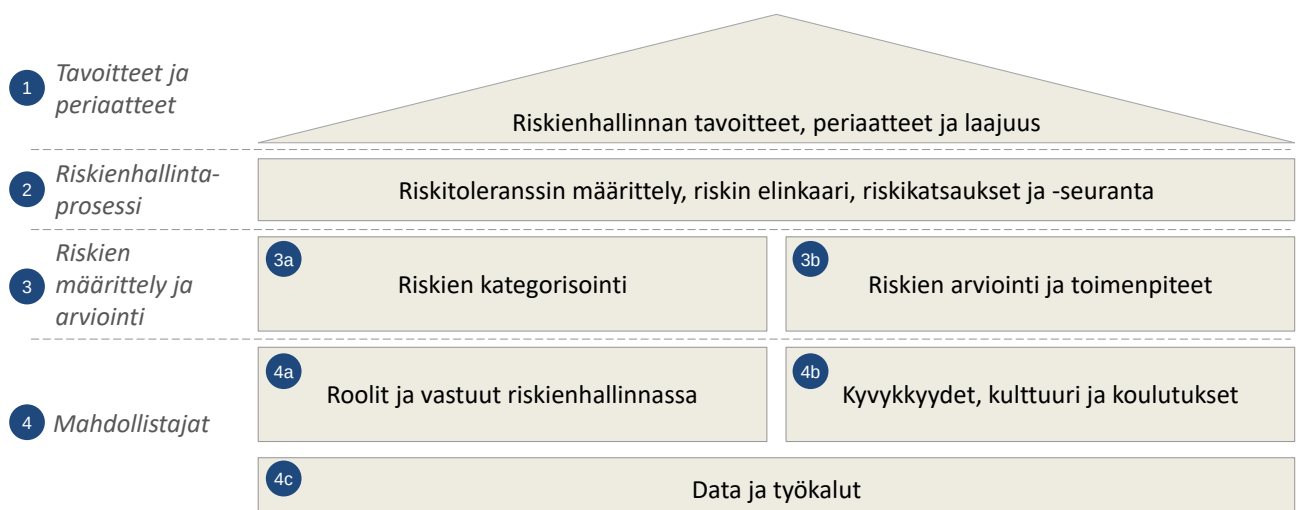
- Riskiajattelu on keskeinen osa projektinhallintaa ja riskit huomioidaan päätöksenteossa

Keskeisenä tavoitteena on, että riskienhallinta tunnistetaan päivittäiseen toimintaan ni-
voutuvaksi avainprosessiksi.

Riskienhallinnan tulee olla suunnitelmallista. Kuitenkin riskienhallintasuunnitelman laa-
timinen on vain puolet taistelusta – sen saaminen osaksi päivittäistä työntekoa on
haastavin osa. Hankkeen riskienhallinnalle on kehitetty seuraavat periaatteet

- 1. Riskienhallinta on keskeinen tavoite kaikille**
 - Riskienhallinta on keskeinen tavoite projektin johdolle ja kaikille jäsenille
- 2. Projektinhallinta edistää ennakoivaa ja avointa riskien tunnistamista**
 - Riskejä torjutaan ennakoivasti eikä reagoivasti, avointa tiedonvaihtoa tue-
taan ja huonojen uutisten kertomiseen kannustetaan
 - Riskien arviointi, niiden todennäköisyys ja mahdolliset seuraamukset ovat
kaikkien ajatuksissa
- 3. Riskienhallinta on osa kaikkia projektihallintaprosesseja**
 - Keskustelu on tärkeämpää kuin raportti – riskienhallinta ei saa olla byro-
kraattinen prosessi irrallaan projektin johtamisesta

Näiden tavoitteiden ja periaatteiden pohjalta on kehitetty hankkeen riskienhallintamal-
lia alla olevan rakenteen mukaisesti.



Riskejä tunnistetaan osana jokapäiväistä työntekoa, sekä riskityöpajoissa. Riskityöpajoja järjestetään tarpeen mukaan, esimerkiksi uuden projektivaiheen alkaessa, ja niihin osallis-
tuu sekä projektin, sidosryhmien kuten HKL:n laajemman organisaation, sekä toimittajan

henkilöstöä. Jokapäiväisessä työssä havaittujen riskihuomioiden riskienhallintajärjestelmään kirjaamiseksi perustetaan sähköinen kanava

Hankkeen riskit jaetaan kategorioihin niiden hallinnan helpottamiseksi. Alustavat pääkategoriat ovat turvallisuus-, projektihallinta- ja ulkoiset riski. Nämä voivat päivittyä hankkeen edetessä. Kategorisointia käytetään riskiportfolion hallinnointiin sekä kunkin riskin hallintamallin määrittämiseen, riskien osaportfoliointiin ja osaportfoliovastuullisten määrittämiseen, riskien keskustelufoorumien päättämiseen sekä riskiraportointiin.

Riskien arviointi on hankkeessa kolmevaiheinen prosessi

1. Riskin ennaltaehkäisemisen helppouden ja kulujen karkea arviointi
2. Riskin vakavuuden arviointi vaikutusten, toteutumisen todennäköisyyden sekä riskiin liittyvien aikatauluaktiviteettien mielessä, mikäli ennaltaehkäisy on hankalaa tai kallista
3. Reagoitavan (riskin hyväksyminen, riskin siirtäminen toiselle taholle esimerkiksi vakuuttamalla, riskin vaikutuksen rajoittaminen tai todennäköisyyden minimointi korjaavilla toimenpiteillä, tai riskin välttäminen) ja ennaltaehkäisevien toimenpiteiden määrittäminen

Riskin vakavuuden arvioinnissa huomioidaan useita eri vaikutustyyppisiä kulujen ja aikatauluvaikutusten lisäksi, esimerkkinä ympäristövaikutukset sekä vaikutus projektin kokonaisaikatauluun.

4.7 Vuorovaikutus

Projektin sidosryhmille kommunikoidaan säännöllisesti projektin etenemisestä.

Sidosryhmä	Kommunikointitapa	Kuinka usein
Kaupunkien päättäjät	Informaatio kokouksessa	Kerran vuodessa
METKA YHRY	Informaatio kokouksessa	Neljä kertaa vuodessa
Muut hankkeet, jotka ovat läheisesti METKAan linkittyneitä	OHRy, TERY	Kerran kuukaudessa
HKL, HSL, Länsimetro Oy työntekijät	Tiedotteita	Säännöllisesti kahdenkolmen kuukauden välein, ja kun on merkittäviä tapahtumia
METKA Projektitiimi	Kuukausi-info	Kerran kuukaudessa
Kansainväliset yhteistyöforumit, esim. UITP	Esitelmät, projektitiedotteet	Tilaisuuksien mukaan
Lehdistö, suuri yleisö	Lehdistötiedotteet	Merkittävien tapahtumien yhteydessä ja muuten pari kertaa vuodessa
Keskeiset henkilöstöryhmät, joihin hanke vaikuttaa	Säännöllinen keskustelu-yhteys, kuljettajatapaamiset	Useita kertoja vuodessa / kvartaaleittain

4.8 Hankkeen koordinaatio liittyvien hankkeiden kanssa

4.8.1 Koordinaatiomalli

Kapasiteetin noston kokonaisuudesta vastaa hankejohtaja. Kapasiteetin noston keskeinen toimenpide on liikenteenohjausjärjestelmän kehittäminen. Tällä on paljon yhtymäkohtia infran rakentamisen ja kaluston kehittämisen kanssa. Yhteistyö näiden välillä on erittäin tärkeää. Vastuu kokonaisuuden toiminnallisuudesta on hankejohtajalla.

Hankejohtaja valvoo kapasiteettihankkeeseen kuuluvien projektien toteutusta niiden projektipäällikköjen johdolla, ja koordinoi hankkeeseen läheisesti liittyvien infran rakentamisen ja kaluston kehittämisen projektien hankkeen tavoitteiden kanssa yhdenmukaista toteutusta.

Kapasiteetin kohottamiseen tähtäävien projektien ja muiden metroon liittyvien projektien välinen koordinaatio on pidettävä jatkuvana, jotta projektien väliset ristiriidat vältetään, ja mahdollinen osaoptimointi voidaan estää. Koordinaatio varmistetaan säännöllisillä projektin ohjausryhmän tapaamisilla, missä varmistetaan projektien rajapintojen ajanmukaisuus ja voidaan koordinoida tehtävien ajoituksia ja sisältöjä. Ohjausryhmään osallistuvat hankejohtaja, projektipäälliköt ja tarvittavat asiantuntijat.

4.8.2 Kalustoprojektit

4.8.2.1 Peruskorjaushankkeet

Käytössä olevien M100 metrojunayksiköiden peruskorjaushanke toteutetaan vuosina 2019-2022. Projektissa juniin tulee uusi valaistus ja yleisilme, ne varustetaan videovalvontajärjestelmällä, ja niiden sisustus, ohjaamo sekä matkustajainformaatiojärjestelmä uusitaan. Tässä yhteydessä myös osaa junien sisäänuloaloista väljennetään matkustajien sisäänkäynnin ja poistumisen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi.

Junien ikä on verrattain korkea, sillä vanhimmat junayksiköt ovat nyt olleet käytössä jo yli 40 vuotta. Junissa ei ole havaittu kori- ja telirakenteeseen liittyviä merkittäviä mekaanisia ongelmia. On kuitenkin olemassa riski, että esim. peruskorjauksessa löytyy ennestään tuntemattomia ongelmia, mutta tätä ei voi pitää todennäköisenä perustuen kokemuksiin peruskorjauksesta tähän mennessä. Junien ylläpidon yhteydessä on havaittu pieniä saatavuusongelmia tiettyjen elektroniikkakomponenttien kanssa.

M200-junasarjan 12 metrojunan kunnostus on tarkoitus tehdä vuosina 2022-2023, jolloin niihin saadaan uusi valaistus ja yleisilme. Juniin asennetaan mm. videovalvontajärjestelmä, junien elektroniikkaa ja käyttöliittymä ollaan uusimassa, ja lattiat uusitaan.

4.8.2.2 Kalustomuutokset

Kalustomuutoksiin liittyy sekä muutosesityksiä nykykalustoon, että suosituksia tulevien M400 junien suunnitteluun. Nämä jakautuvat kahteen osa-alueeseen: junan kapasiteetin parempi hyödyntäminen ja junan sisäisen matkustajavirran kehittäminen.

Toimenpiteet junan kapasiteetin parempaan hyödyntämiseen

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Ilmanlaadun parantaminen	Ilmastoinnin/ilmanvaihto parannus/toimintavarmuus/säätö/huolto, sopivan sisälämpötilan määrittely. M100 junassa on testattu tehostettua ilmanvaihtoa, mutta todettu, ettei parantanut merkittävästi viihtyvyyttä. M200 junan pilotti toteutetaan, kun peruskunnostustyöt alkavat.
Tukipisteiden muutokset	Eri kalustotyyppeihin: Sijoittelu, lisääminen, malli, saavutettavuus (korkeus, lenkit, väri ym.). Mitoitustarkastelussa on havaittu, että M300-sarjan junissa tulisi olla enemmän tukipisteitä seisoville matkustajille, tähän on suunniteltu pilotti vuoden 2021 aikana.
Suunnitteluohjeen mitoituksen tarkistaminen	Selvitetään mitoituksen realistisuus (mm. vaikutus pysäkkiaikoihin, asiakastarpeet). Matkustajamitoituksen tarkastelu on tehty periaatteessa, ja siihen liittyvä dokumentointi valmistuu vuoden 2020 loppuun mennessä.
M400-kaluston suunnittelussa huomioitavat seikat	Avarammat eteistilat ja käytävät, nojattavat klaffipenkit, tukipisteitä lisää ja sijoittamisen tarkempi suunnittelu, penkkien sijoittamisen ja määrän tarkastelu.

Toimenpiteet junan sisäisen matkustajavirran kehittämiseen

Toimenpide	Toimenpiteen tavoite
Kuulutukset junissa	Pysäkkikuulutusten ajoitus, kuuluslaitteiden toimivuus, kuulutusten lisääminen: siirry seisomaan käytäville, anna tilaa poistuville yms.
Saapumisaseman tunnistettavuus	Jotkin seuraavista: Asemakyltit alemmaksi/näkyvämmiksi, asemille oma äänimaailma, enemmän näyttöjä juniin, asemille selkeät visuaaliset tunnistet, kuulutusten kehittäminen.
Reunalaituriasemien opastus	Mietitään opastuskokonaisuus, jotta matkustaja hahmottaa mitkä ovet aukeavat milläkin asemalla, ja mihin kannattaa asettua. Esim. nuolet junan asemanäyttöön, kuulutukset junassa ja laiturilla. Pistemäistä viestintää Kalasatamaan ja Itäkeskukseen siitä, että asemat erilaisia kuin muut -> esim. kuutus junassa tai laiturialueella + kuvituselementti.
Junassa olevien näyttöjen sisältö ja sijoittelu	Joka paikasta nähtäville, enemmän erilaisia sisältöjä (esim. vaihtoyhteydet, saapumisaseman kartta). Tästä selvitetään kaapeloinnin mahdollinen toteutus osana peruskunnostusprojektia.

4.8.2.3 M400 junien hankinta

M100- ja M200-sarjan junat ovat tulossa teknisen elinikänsä päähän 2030-luvulla, ja niiden korvaaminen uudella junasarjalla on teknis-taloudellisesti tarpeellista siinä vaiheessa. Kasvavien matkustajamäärien myötä junakaluston lisääminen on myös välttämätöntä.

Uuden junasarjan, M400-junien, hankinnan suunnittelu on aikataulutettu ennen koronapandemiaa. Oleellista kustannustehokkaalle hankinnalle sekä CBTC-järjestelmän että uusien junien osalta on, että hankkeet ovat huolellisesti koordinoitu ja hankintojen vaiheistus on toimiva.

Talousarvioesitys 2021-2030 sisältää varauksen 35:n nelivaunuisen junayksikön (eli vuoron) hankinnalle. Arviossa on vuonna 2027 ensimmäinen maksuerä sopimuksen allekirjoitusvaiheessa, ja toimitukset vuodesta 2030 alkaen. M400-hanke on aikataulun osalta kuitenkin siirtynyt jonkin verran edestakaisin, ja koronapandemia saattaa jälleen vaikuttaa hankinnan suunnitteluun.

Kalustohankinnan mitoitus perustuu 4 min. vuoroväliin molemmilla linjoilla siten, että M100- ja M200-junat korvataan ja hankitaan kalustoa kymmeneen lisävuoroon. Kapasiteettihankkeessa metron vuoroväliä on tarkoitus lyhentää tästä edelleen, joten myöhemmin 35 junaa ei tule riittämään. M400 kaluston hankinnassa voidaan huomioida mahdollisen lisätarpeen kattava optio hankkia tarvittava lisäkalusto.

Hankintaa suunniteltaessa voidaan arvioida mm. hankintalainsäädännön kannalta toteutetaanko nämä kaksi suurta hanketta (M400 ja uusi liikenteenohjausjärjestelmä) kahtena erillisenä hankintana vai yhteishankintana.

Mikäli junien ja liikenteenohjausjärjestelmän hankinta suoritetaan yhdessä, voidaan olettaa, että M400-junien osalta tilaajan integraatoriski pienenee. Suuret järjestelmä-integroijat pystyvät tarjoamaan sekä junat että CBTC-järjestelmän. Yhteishankintaa arvioitaessa tulee kuitenkin arvioida, suljetaanko yhteishankinnalla tilaajan edun kannalta haitallisesti pois toimittajia, jotka ovat ainoastaan juna- tai liikenteenohjausjärjestelmätoimittajia.

4.8.3 Infrastruktuurin kehittäminen

4.8.3.1 Nykyisen infrastruktuurin ylläpito ja kehittäminen

Tässä yleissuunnitelmassa on esitetty lukuisia toimenpiteitä, joiden toteutus liittyy nykyisen infrastruktuurin ylläpitoon ja/tai kehittämiseen. Näiden toimenpiteiden osalta metron kapasiteettihanke tulee toimimaan läheisessä yhteistyössä HKL:n omaisuudenhallinnan ja Länsimetro Oy:n kanssa. Kehitysprojehtien hankesuunnitelmia luotaessa ne katselmoidaan ja näin varmistetaan, että hankkeet ovat yhteneviä kapasiteetin nostotavoitteen kanssa.

4.8.3.2 Länsimetron vaihe 2 MAK-KIL

HKL on nimennyt projektipäällikön koordinoimaan Länsimetron 2. vaiheen toteutusta HKL:n organisaatiossa. Projektipäällikkö raportoi kapasiteettihankkeen hankejohtajalle. Länsimetron 2. vaiheen käyttöönottoprojektipäällikkö on vastuussa osuuden vastaan- ja käyttöönotosta. Myös vaiheen 2 asetinlaiteprojektin toteutusta seurataan osana metron kapasiteetin nostohanketta ja projektin päällikkö raportoi metron kapasiteettihankkeen hankejohtajalle.

4.8.3.3 Uudet metroradan infrastruktuuriprojektit

Metrolinjalla mahdollisesti tulevaisuudessa käynnistettävät infraprojektit tulevat koordinoitavaksi siten, että varmistetaan niissä tehtävien teknisten ratkaisujen yhteensopivuus.

5. Vaikutukset

5.1 Arvioinnin lähtökohdat

Metron kapasiteettihankkeen vaikutusten arvioinnin lähtökohtana on pidetty hankkeelle asetettuja tavoitteita. Kapasiteettihankkeen kokonaisuus koostuu useista erillisistä hankkeista, joille kullekin tulee laatia erillinen hankearviointi. Näiden arvioinnissa voidaan käyttää tässä yleissuunnitelmassa määriteltäviä tavoitteita ja kuinka kukin erillinen hanke niitä edistää.

Yleissuunnittelun yhteydessä on laadittu useita selvityksiä ja niissä tehdyt havainnot ja löydökset on huomioitu mahdollisimman hyvin yleissuunnitelmaa laadittaessa. Selvitykset ovat käsitelleet mm. seuraavia aiheita:

- Kaupunki-infran kehittyminen metron vaikutusalueella
- Joukkoliikenteen kysynnän kasvu ja sen markkinaosuus liikkumisesta
- Opit muista vastaavista hankkeista maailmalla, ja riskien välttäminen niiden pohjalta
- Tulevaisuuden ennustamisen haasteet ja koronapandemian aiheuttama epävarmuus
- Järjestelmän elinkaarikustannukset
- Nykyisen liikenteenohjausjärjestelmän tekninen kunto
- Vaihtoehdot investoinnille uuteen liikenteenohjaukseen tai nykyjärjestelmään ja muihin tukeviin järjestelmiin, sisältyisivät uuden liikenteenohjauksen investointiin

Näiden pohjalta on laadittu yleissuunnitelma.

5.2 Keskeiset vaikutukset

"Maailman toimivin kaupunki" on Helsingin kaupungin ja "Espoo on vastuullinen ja inhimillinen edelläkävijäkaupunki" on vastaavasti Espoon kaupungin visio siitä, minkälaisen kokemuksen kumpikin kaupungeista haluaa tarjota ihmisille.

Toimiva joukkoliikenne on keskeinen osa toimivaa, nykyaikaista kaupunkikuvaa. Se on verkosto, joka koostuu useista eri liikennevälineistä, ja metro toimii sen selkärankana tarjoten korkeakapasiteettisen ja nopean yhteyden itä-länsi-suunnassa. Metron suosio näkyy kasvavina matkustajamäärinä, joten palvelutason ylläpito vaatii sen kapasiteetin kohottamista. Metron kapasiteetin kohottaminen vaikuttaa positiivisesti molempien kaupunkien kaupunkimielikuvaan. Korkeampi kapasiteetti sallii jatkuvan rakentamisen metron vaikutusalueella, kun kapasiteetti riittää myös uusille matkustajille. Näin metron kapasiteetin kohottaminen muokkaa kaupunkikuvaa.

Merkittävimmit vaikutukset metron kapasiteettihankkeella on metron ennusteiden⁶ mukaan ruuhkautuviin osiin, erityisesti Tapiolan länsipuolella ja Herttoniemi-Kalasatama ja Myllypuro-Itäkeskus väleillä. Tapiolan länsipuolella on siirryttävä uuteen aikataulumalliin kaikissa tapauksissa tämän vuosikymmenen aikana matkustajamäärän kasvaessa yli kapasiteetin. Kruunusillat-hanke tulee pienentämään itämetron kuormitusta n. 11% vuodesta 2025 alkaen, mikä siirtää hieman eteenpäin ajankohtaa, jolloin idän suuntaan tarvitaan lyhyempiä vuorovälejä. Ilman Kruunusillat-hanketta matkustajamäärät saavuttavat maksimikapasiteetin vuoteen 2030 mennessä⁷.

Kapasiteettihankkeen keskeisin uudistus on uuden liikenteenohjausjärjestelmän toteutus, mikä mahdollistaa junavälien tihentämisen nykyisestä 2,5 minuutin vuorovälistä keskeisillä osilla ensin 2 minuutin vuoroväliin, ja toisen vaiheen toteutuksen jälkeen 1 min 40 s vuoroväliin. Näin ollen kahden linjan järjestelmässä kumpikin linjoista kulkee nykyisen 5 minuutin välin sijasta aluksi 4 minuutin ja lopulta 3 min 20 s välein, lyhentäen matkustajien keskimääräisiä odotusaikoja, ja kasvattaen liikennemuodon houkuttelevuutta entisestään. Tihennetty liikenne myös pienentää ruuhka-ajojen junakohtaisia maksimimatkustajamääriä vaikuttaen edelleen positiivisesti matkustajakokemukseen. Uusi liikenteenohjausjärjestelmä mahdollistaa myös liikennöinnin automatisoinnin, millä on saavutettavissa monenlaisia etuja ja hyötyjä.

Metron turvallisuustasoa voidaan parantaa uudella liikenteenohjausjärjestelmällä. Helsingin metro on toiminut lähes neljäkymmentä vuotta ilman vakavia onnettomuuksia. ”Läheltä piti” -tilanteiksi luokiteltavia tapauksia on ollut jonkin verran. Erittäin matalaan onnettomuustasoon on päästy henkilökunnan hyvän toiminnan ansiosta ja tekniikan luotettavuuden ollessa aikaisemmin hyvällä tasolla.

Jatkossa on kuitenkin syytä parantaa turvallisuustasoa, koska ison liikenneyksikön onnettomuus on usein seurauksiltaan suuri. Uusittaessa kulunvalvontajärjestelmä on uuden tekniikan avulla mahdollisuus nostaa turvallisuustasoa merkittävästi. Tilastollisesti nykymallilla liikennöiden riskifrekvenssi on 10^{-3} (1 virhetoiminto/42 päivää) ja automatisoidulla metrolla 10^{-9} (1 virhetoiminto/14,2 vuotta) eli riskitilanteiden frekvenssi harvenee hyvin paljon.

5.2.1 Metron liikenteenohjauksen kehittämisen tuomat lisätulot ja yhteiskunnalliset hyödyt

Matka-ajat lyhenevät joukko- ja henkilöautoliikenteessä

Odutus- ja vaihtoajat asemilla ovat lyhyet. Metron käyttö on vaivatonta ja nopeaa myös verkon latvoilla. Aikatauluja ei tarvitse seurata. Ajan arvolla 10 euroa/tunti hyöty olisi vuonna 2030 noin 3.5 miljoonaa euroa vuodessa 120 s vuorovälillä, ja 5.9 miljoonaa euroa 100 s vuorovälillä.

Kun metroa laajennetaan, matka-aikahyödyt kasvavat matkustajamäärien suhteessa.

⁶ Selvitys maankäytön ja liikennejärjestelmän kehitysskenaarioista vuoteen 2060 mennessä, HSL 2020

⁷ Metron huippukuormitusten keventämistoimien arviointi, 11.9.2015

Hyötyä investoinnista tulisi myös autoilijoille matka-aikasäästöinä ja pienentyneinä onnettomuuskustannuksina.

Joukkoliikenteen käyttö kasvaa

Kun matka-ajat lyhenevät, metron ja koko joukkoliikenteen käyttö kasvaa. Osa uusista matkustajista tulee kevyen ja henkilöautoliikenteen käyttäjistä. Osa matkoista on uusia matkoja, joita syntyy välimatkojen lyhentyessä. Osa taas on uusia metron käyttäjiä, jotka siirtyvät nopeammalle reitille muista joukkoliikenteen muodoista.

Metronousut vuorokaudessa kasvavat mallitarkastelun perusteella vuoden 2030 skenaariossa 2,3 %, kun vuoroväli tihenee 120 sekuntiin (verrattuna skenaarioon 2030 150 KIL) ja 3,7 %, kun vuoroväli tihenee 100 sekuntiin (verrattuna skenaarioon 2030 150 KIL).

Kun metroverkon laajuus kasvaa, uusien matkustajien määrä voi yli kaksinkertaistua edellä esitetystä.

Lipputulot kasvavat

Matkustajamäärien kasvu tuo lisää lipputuloja. Nykyisellä metroverkon laajuudella ja nykyisellä lippuhinnan tasolla lisätulo olisi vuonna 2030 noin 1-1.6 miljoona euroa.

Vuonna 2050 lisätulo ylittäisi arvioilta 2.4 miljoonaan euroon/vuosi.

Säästetään tie- ja katuinvestoinneissa, ympäristö- ja onnettomuuskustannuksissa

Joukkoliikenteen vetovoiman kasvaessa henkilöautoliikenteessä kasvu tasaantuu. Näin tarve investoida tie- ja katuverkon välityskyvyn nostoon vähenee.

Metron automatisoinnin hyötyjä on tarkasteltu tulojen lisäysten ja yhteiskunnallisten säästöjen osalta. Taulukossa Taulukko 2 on esitetty automatisoinnin vuosittaiset lasketut rahamääräiset hyödyt vuosille 2030 ja 2050. Yksittäinen suurin hyötyerä on vertailutilanteen joukkoliikennematkustajien aikahyödyt.

Tulojen lisäyksiksi lasketaan:

- Joukkoliikenteen lipputulojen kasvu, joka on määritetty Helmet 3.1 -liikennemallin ennustamien matkamäärien avulla.
- Vuokra- ja mainostulojen kasvu, joiden voidaan ajatella olevan verrannolliset metronousujen määrän kasvuun.

Yhteiskunnallisiin vaikutuksiin lasketaan:

- Joukkoliikennematkustajien aika- ja palvelutasohyödyt sekä vertailutilanteen matkustajien, että siirtyvien, uusien matkustajien osalta. Matka-aika- ja matka-vastussuoritteet on laskettu Helmet 3.1 -mallin avulla, ja ajan arvoina on käytetty Väyläviraston ratahankkeiden hankearviointiohjeen mukaisia ajan arvoja (n. 10 €/h). (Liikennevirasto, 2013)

- Tieliikenteen aikakustannussäästöt vähenevän autoliikenteen myötä on laskettu Helmet 3.1 -mallin avulla, ja ajan arvoina on käytetty Väyläviraston ratahankkeiden hankearviointiohjeen mukaisia ajan arvoja (n. 10 €/h henkilöautomatkoilla ja n 33 €/h kuorma-automatkoilla). (Liikennevirasto, 2013)
- Tieliikenteen onnettomuuskustannukset, jotka on määritetty Helmet 3.1 -mallin tuottamien väylätyyppikohtaisten kilometrisuoritteiden ja onnettomuusasteiden mukaan. Henkilövahinko-onnettomuuden hintana on käytetty Väyläviraston ratahankkeiden hankearviointiohjeen 598 899 €/onnettomuus. (Liikennevirasto, 2013)
- Tieliikenteen CO₂-päästökustannukset, jotka on määritetty Helmet 3.1 -mallin tuottamien tieliikenteen kilometrisuoritteiden ja VTT:n ALIISA ja LIISA-mallien perusteella laskettujen yksikköpäästökertoimien perusteella. VTT:n arviot CO₂-yksikköpäästökertoimiksi vuodelle 2030 ovat 93 g/km (HA) ja 560 g/km (KA). Vuoden 2050 päästökertoimet ovat 46 g/km (HA) ja 408 g/km (KA). (VTT, 2020).

Milj. €	Verrattuna 2030		Verrattuna 2050	
	150s 2030		120s 2050	
	120s	100s	100s	100s GoA4
Tulojen lisäykset				
Lisääntyneet lipputulot	0.98	1.65	1.76	1.65
Lisääntyneet vuokratulot	Ei vielä arvioitu			
Lisääntyneet mainostulot				
Tulojen lisäykset yhteensä	0.98	1.65	1.76	1.65
Yhteiskunnalliset vaikutukset				
Joukkoliikenteen matka-aikahyödyt	3.55	5.93	6.36	5.93
Joukkoliikenteen palvelutasohyödyt	1.70	2.97	3.24	2.97
Tieliikenteen aikakustannussäästöt	0.69	1.21	1.19	1.21
Tieliikenteen onnettomuuskustannukset	1.08	1.90	1.95	1.90
Tieliikenteen CO ₂ -päästökustannukset	0.02	0.03	0.03	0.03
Väyläinvestointisäästöt	Ei vielä arvioitu			
Kaupunkirakenteen tiivistäminen				
Lisääntyneet lippumaksut	-0.98	-1.65	-1.76	-1.65
Yhteiskunnalliset vaikutukset ja tulojen lisäys yhteensä	7.04	12.04	12.77	12.04

Taulukko 2 Metron kapasiteetin noston hyödyt – tulojen lisäykset ja yhteiskunnalliset vaikutukset

5.2.2 Metron liikenteenohjauksen kehittämisen tuomat säästöt.

Säästetään energiaa

Energiaa säästyy metron sähköenergian tarve pienetessä, koska automaattiajo vähentää ajosähkön tarvetta 20—25 %. Toisaalta osa näistä säästöistä saavutetaan jo tänä päivänä kuljettajien avustujärjestelmän avulla, joten nettohyödyksi arvioidaan 8-13%.

Metrojunien ylläpitokustannukset alenevat

Jos siirrytään puoli- tai täysautomaattiajoon, metrojunilla ajetaan tasaisemmin, ja sekä jarrujen että pyörien kuluminen vähenee, jolloin huoltokustannukset laskevat n. 20%.

Säästetään metron liikennöintikustannuksissa

Jos metro automatisoidaan kokonaan, voidaan luopua kuljettajista. Tämä vähentää myös hallintokustannuksia. Toisaalta tarvitaan enemmän henkilöstöä asemilla ja kiertämässä junissa. Kokonaissäästöksi tästä arvioidaan n. 10% säästöä henkilöstökuiluissa.

5.3 Kustannusarvio

Kustannusarvio jakautuu järjestelmän uusintapolun vaiheille seuraavasti. Liikenteenohjauksen kehittämisen ensimmäisen vaiheen toteutuksessa uusitaan nykyisen järjestelmän vanhenevia ja vähemmän tehokkaita osia, sekä asennetaan uusi kulunvalvontajärjestelmä. Ensimmäisen vaiheen kustannuksiksi on arvioitu n. 98-125 milj. €. Hankinnan aikana kertyviksi kustannuksiksi arvioidaan n. 4 milj. €.

Toisessa vaiheessa toteutetaan uusi radiopohjainen liikenteenohjausjärjestelmä, jonka kustannusarvio on 125-148 milj. €. Hankinnan aikana kertyviksi kustannuksiksi on arvioitu n. 4,5 milj. €. Ensimmäisessä vaiheessa hankitut kaluston kulunvalvonnan laitteet on tarkoitus hyödyntää myös tässä vaiheessa, niihin arvioidaan tarvittavan pieniä lisäinvestointeja, mm. radiolaitteiden asentaminen tai päivitys. Olemassa olevaan kalustoon kohdistuva lisäinvestointi on toisen vaiheen kustannusarviosta vain noin 7% osuus. Infran kehittämisen kustannukset ovat suurin yksittäinen toteutuksen menoerä ja se on n. 50% vaiheen kokonaiskustannuksesta. Kolmas suuri osa-alue on radioverkkoinvestointi palvelemaan radiopohjaista kulunvalvontaa. Tällä hetkellä investoinnin suuruudeksi tulisi n. 10 milj. €, mutta kun toteutukseen on vielä varsin pitkä aika, ei sen hetkistä radioverkkoteknologiaa ole vielä mahdollista ennustaa eikä sen vuoksi kustannuksiakaan voi arvioida. Radioverkko on myös mahdollista toteuttaa ulkoistusti verkkoyhtiön palveluna.

Mikäli toisesta vaiheesta siirrytään edelleen täysautomaattimetroon, on kustannukseksi arvioitu n. 100-200 milj. € sisältäen laituriovet ja muutokset kantametroneihin. Tämän lisäksi tulee todennäköisiä lisäkustannuksia erityisesti tunnelialueilla tarvittavista matkustajaturvallisuutta parantavista muutoksista, mutta näitä muutostarpeita ei ole kartoitettu. Arvion tekoon ei ole panostettu tässä vaiheessa toimenpiteiden ajankohdan ollessa kaukana tulevaisuudessa. Siirryttäessä täysautomaattiseen liikenteeseen tulee nykyisten M100- ja M200-sarjan junien olla korvattuna uudemmilla junayk-

siköillä, joiden tulee olla varustettu kulunvalvontalaitteistolla. Näiden kulunvalvontalaitteiden kustannusarvio 25 junayksikölle on n. 12-14 milj. euroa. Nämä kustannukset tulevat osaksi ko. kaluston hankintakustannusta eikä niitä ole huomioitu tässä kustannusarviossa. Ko. kaluston hankinnassa ne korvaavat pakkopysäytyslaitteet, jotka tällä hetkellä on arvioitu M400 hankkeen kustannuksiin.

Projektille on laskettu riskivarakseksi alustavassa vaiheessa 20% hankintaan arvioituista kustannuksista. Loput 15% kustannusarviosta on varattu mm. projektin hankesuunnitelman, indeksikorotuksen, henkilöstö- ja muut juoksevin kustannuksiin. Hankkeen kokonaiskustannusarvio on alla olevassa taulukossa Taulukko 3 Toteutuskustannusarvio.

Milj. €	Vaihe 1 ATP	Vaihe 2 CBTC	Täys- automaatio- toteutus
Hankinnan kulut	4 - 5	4 - 5	2 - 4
Projektin kustannukset	16 - 18	19 - 23	4 - 8
Järjestelmähankinta	65 - 85	85 - 100	80 - 160
Riskivaraus	13 - 17	17 - 20	16 - 32
Yhteensä	98 - 125	125 - 148	102 - 204

Taulukko 3 Toteutuskustannusarvio

Hankkeen rahoitus toteutetaan ja kustannukset jaetaan Helsingin ja Espoon erillisessä sopimuksessa sovittavalla tavalla. Alustavasti kustannukset tulisivat jakautumaan vaiheessa 1 n. 70% Helsingin osuus ja 30% Espoon osuus. Vastaava arvio vaiheelle 2 olisi n. n. 65% Helsingin osuus ja 35% Espoon osuus.

5.4 Kannattavuuden arviointi

Kannattavuuden arvioinnissa on huomioitu tässä vaiheessa tunnistetut tulojen lisäykset ja yhteiskunnalliset vaikutukset. Investointikustannukset on huomioitu ennusteen korkeimman arvon mukaan. Arvioinnissa on investointikustannus huomioitu poistoina 20 vuoden poistoajalla tasapoistoina. Kannattavuuden arviointi on nähtävissä taulukossa Taulukko 4.

Milj. €/vuosi	Verrattuna 2030 150s		vrt 2050 120s	
	2030		2050	
	120s	100s	100s	100s GoA4
Yhteiskunnalliset vaikutukset				
Joukkoliikenteen matka-aikahyödyt	3.55	5.93	6.36	5.93
Joukkoliikenteen palvelutasohyödyt	1.70	2.97	3.24	2.97
Tieliikenteen aikakustannussäästöt	0.69	1.21	1.19	1.21
Tieliikenteen onnettomuuskustannukset	1.08	1.90	1.95	1.90
Tieliikenteen CO2-päästökustannukset	0.02	0.03	0.03	0.03
Väyläinvestointisäästöt	Ei vielä arvioitu			
Kaupunkirakenteen tiivistäminen				
Lisääntyneet lippumaksut	-0.98	-1.65	-1.76	-1.65
Yhteiskunnalliset vaikutukset yhteensä	6.06	10.39	11.01	10.39
Tulojen lisäykset				
Lisääntyneet lipputulot	0.98	1.65	1.76	1.65
Lisääntyneet vuokratulot	Ei vielä arvioitu			
Lisääntyneet mainostulot				
Tulojen lisäykset yhteensä	0.98	1.65	1.76	1.65
Kustannussäästöt				
Käyttöenergian säästö	0.50	0.60	0.60	0.60
Kuljettajasäästö	0.10	0.10	0.00	11.40
Säästöt pintaliikenteessä	Ei vielä arvioitu			
Nykyisen kulunvalvonnan ylläpito	0.30	1.50	1.50	1.50
Kustannussäästöt yhteensä	0.90	2.20	2.10	13.50
Hyödyt yhteensä (milj. €/v)	7.94	14.24	14.87	25.54
Kustannusten lisäykset				
Junavalvojat	0.00	-0.08	0.00	-9.12
Uuden järjestelmän ylläpito	-0.30	-1.00	-1.00	-1.00
Poistojen muutos	-6.23	-11.00	-7.40	-10.15
Kustannusten lisäykset yhteensä	-6.53	-12.08	-8.40	-20.27
Vaikutus käyttötalouteen	-4.65	-8.23	-4.54	-5.12
Käyttötalouden ja yhteiskuntatalouden vaikutukset yhteensä	1.42	2.16	6.47	5.27

Taulukko 4 Kannattavuuden arviointi

Järjestelmän päivittäminen niin, että päästään 120 sekunnin vuoroväliin tuo 1.0-1.5 milj. euron vaikutukset vuosittaiseen käyttö- ja yhteiskuntatalouteen. Tämä muutos on esitetty vaiheen 1. järjestelmäpäivityksessä. Kun vaihe 2 toteutetaan, saadaan vuonna 2050 6.0 – 6.5 milj. € vuotuiset lisävaikutukset käyttö- ja yhteiskuntatalouteen.

Jos siirrytään 100 sekunnin vuoroväliin, saadaan n. 2 miljoonan vaikutus vuosittaiseen käyttö- ja yhteiskunnalliseen talouteen vuodesta 2030 alkaen. Tämä mahdollistuisi toteuttamalla radiopohjainen liikenteenohjausjärjestelmä välittömästi, olettaen että matkustajamäärät kasvaisivat selvitysten mukaista vauhtia. Koronapandemia on kuitenkin aiheuttanut epäilyksiä matkustajakasvulle, joten suosituksena on edetä varovaisempaa, vaiheittaisen toteutuksen polkua.

Täysautomaattiseen ajoon (GoA4) siirtymisen tuomat lisähyödyt mm. kuljettajasäästöjen ansiosta eivät kata sitä varten tehtäviä investointeja, mikäli nämä ylittävät 75 milj. EUR. Siirryttäessä 2. vaiheen toteutukseen tulee tämä tarkastelu luonnollisesti tehdä uudestaan.

5.5 Toteuttamatta jättämisen vaikutukset

Pääkaupunkiseudun työssäkäynnin ja asukasmäärien kasvaessa bussiliikenne ei riitä vastaamaan matkustajamäärien kasvuun, sillä kaupunkistruktuuri ei kestä niin suuria bussimääriä. Myöskään Metro60-työssä tutkittujen pikaraitioteiden kapasiteetti ei riitä vastaamaan koko kasvuun vaan tarvitaan suurikapasiteettinen liikennemuoto, joten vaihtoehtoisia liikennemuotoja kehittämällä ei ole helppoa vastata matkustajakysynnän kasvuun.

Mikäli metron kapasiteettia ei kohoteta seuraa tästä metron ruuhkautuminen. Tilanteet, missä ei ole mahdollista mahtua ensimmäiseen junaan lisääntyvät. Matkustajamäärien kasvulla on suora yhteys myös matkustajaturvallisuuteen erityisesti asemilla ruuhka-aikoina, missä asemalaiturien ylituuhkautuminen voi johtaa vaarallisiin tilanteisiin tai onnettomuuksiin. Ruuhkautuminen myös pienentää metron houkuttelevuutta, ja siirtää matkustajia oman auton käyttöön, ja siten vaikuttaa ympäristökysymyksiin kasvattamalla hiilipäästöjä.

Nykyisin metron liikenteenohjauksessa on käytössä eri sukupolvien järjestelmiä ja asennettuna on kirjava laitekanta, joiden ylläpito on vanhimpien laitteistojen kannalta jo haastavaa, ja joiden vikatiheys on kasvava. Näin ollen investoinnit nykyjärjestelmän hengissä pitoon ovat välttämättömiä, mikäli liikenteenohjausjärjestelmää ei lähdetä nyt uusimaan. Vaihtoehtoisesti vanhojen laitteiden kasvava vikatiheys tulee lisäämään liikenteen epätasaisuutta ja liikennehäiriöiden määrää. Laittevikojen yhteydessä mettoa joudutaan operoimaan poikkeusjärjestelyin, joiden turvallisuustaso ei ole koskaan yhtä hyvä kuin normaalien toimintamallien, joten myös turvallisuusriskit tulevat kasvamaan.

6. Johtopäätökset

Metron kapasiteetin noston mahdollisuuksia on analysoitu laajasti tässä suunnitelmassa. Suunnitelmassa on tunnistettu joukko välittömästi toteutettavissa olevia pieniä investointeja tarvitsevia toimenpiteitä, ja näiden toteutusta lähdetään viemään eteenpäin sopivasti ryhmiteltyinä pienehköinä projekteina osana Metron kapasiteettihankkeen projektiportfoliota. Sen lisäksi on arvioitu hankkeen keskeisenä osana liikenteenohjausjärjestelmän uusintaa, ja tästä on tehty alustava hankearviointi.

Liikenteenohjausjärjestelmän uusinta on selkeästi lisäarvoa tuova ja kannattava investointi, joka parantaa palvelemallaan alueella joukkoliikenteen tuomaa lisäarvoa. Sekä toteutusmalli, jossa edetään vaiheittain korkeampaan automaatioasteeseen, että suora uuden automaation mahdollistavan liikenteenohjausjärjestelmän toteutus ovat kannattavia investointeina.

Vaiheittainen toteutusmalli on kokonaiskustannuksiltaan korkeampi kuin kertatoteutus, mutta toisaalta mahdollistaa investoinnin jakamisen pidemmälle aikavälille. Tämä myös mahdollistaa investointien ajoituksen säätämistä matkustajamäärien kehitystä vastaavasti. Täysi taloudellinen hyöty investoinnista saavutetaan kuitenkin vasta järjestelmän toteutuksen tullessa täysimääräiseksi.

Koko liikenteenohjauksen välitön uusinta on kokonaiskustannuksiltaan alhaisempi, mutta investointi toteutuisi kokonaismääräisenä n. viiden vuoden aikana. Mikäli tähän lähdetään välittömästi, aiheuttaisi se myös nykyisen liikenteenohjauksen alaskirjauksen aiheuttaen käyttömenoihin piikin. Tästä polusta saatava hyöty ei välttämättä toteudu investoinnin toteutuksen tahtiin, sillä matkustajamäärien kasvuun liittyy koronapandemiaan liittyviä epäilyjä.

Kolmantena vaihtoehtona on luonnollisesti ”ei tehdä mitään” vaihtoehto. Tätä vaihtoehtoa ei voi suositella siihen sisältyvien mm. järjestelmän ikääntymisestä johtuvien riskien takia. Tässä vaihtoehdossa on uhkia mm. metroliikenteen häiriöiden nopeasta lisääntymisestä, eikä metrojunaonnettomuuden uhkaakaan voida poissulkea. Lisäksi esitetyt vaihtoehdot ovat taloudelliselta vaikutukseltaan positiivisia verrattuna tähän vaihtoehtoon.

Suunnitelma suosittelee vaiheittaisen toteutusmallin käynnistystä aloittamalla hankesuunnittelu liikenteenohjausjärjestelmän jatkokehitykselle jatkeena yleissuunnitelman laatimiselle. Myös muiden tässä suunnitelmassa esitettyjen toimenpiteiden hankesuunnittelua esitetään käynnistettäväksi.

Suunnitelma suosittelee myös metron todellisen matkustajakuormituksen tarkkailua ja ennusteiden säännöllistä päivittämistä, jotta voidaan varmistaa toteutettavien ratkaisujen asianmukaisuus. Ensimmäinen suurempi tarkastelu tulee MAL-kierroksen myötä keväällä 2021. Tämä on hyvissä ajoin ennen uuden liikenteenohjausjärjestelmän hankesuunnitelman valmistumista ja huomioidaan hankesuunnitelmassa esitettävään toteutussuunnitelmaan.