

Risto Hämäläinen

**RAITIOTIE JOUKKOLIIKENNEMUOTONA - ESIMERKKIKOHDE
PIKARAITIOTIE OULUN LENTOASEMA – KAAKKURI**

RAITIOTIE JOUKKOLIIKENNEMUOTONA - ESIMERKKIKOHDE
PIKARAITIOTIE OULUN LENTOASEMA – KAAKKURI

Risto Hämäläinen
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Risto Hämäläinen
Opinnäytetyön nimi: Raitiotie joukkoliikennemuotona - Esimerkkikohde pikaraitiotie Oulun lentoasema – Kaakkuri
Työn ohjaaja: Hanna Kaurala diplomi-insinööri Plaana Oy;
Terttu Sipilä lehtori Oulun ammattikorkeakoulu
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 78 + 1 liitettä

Oulun joukkoliikenteen tilasta on tehty useita selvityksiä. Oulussa joukkoliikenteen käyttötapaosuus on ollut pitkään vähäinen, vain noin viiden prosentin luokkaa. Viime vuosina Oulun joukkoliikenne on onnistunut palvelutason nostossa ja saanut matkustajamäärät selvään kasvuun.

Opinnäytetyön aiheena on esiselvittää Lentokentäntien raitiotieyhteyttä. Tavoitteena on saada selvitettyä raitiotieyhteyden kannattavuutta lentoasemalle. Työssä selvitettiin tarkasteluvälillä rakentamisen vaatimuksia ja kustannuksia. Työssä käytetään materiaalina Helsingin raitiotiestä tehtyjä selvityksiä ja Tampereen ja Turun raitiotiesuunnitelmia.

Raitiotiehanke on kallis investointi, joten se on kannattavaa jakaa useampiin vaiheisiin. Vaiheistamalla hanketta saadaan investointi- ja liikennöintikustannuksia jaettua useammalle vuodelle ja vähennettyä ensimmäisten vuosien tulospainetta. Hankkeen osittainen toteuttaminen hajauttaa riskin, kun kaikki maksut eivät synny yhdellä kertaa. Ensimmäisen vaiheen toteutuksen jälkeen on helppo arvioida saatujen tietojen pohjalta toisen vaiheen kannattavuutta.

Tässä työssä on esitetty malli, jossa vaiheessa yksi toteutetaan pikaraitiotie välille Linnanmaa – Limingantulli. Toisessa vaiheessa pikaraitiotielinja jatkuu Limingantullista lentoasemalle. Tarkasteluväliksi opinnäytetyössä valittiin vaiheen kaksi Lentokentäntien varren osuus.

Raitiotieyhteyttä Oulun keskustasta lentoasemalle ei ole taloudellisesti järkevää toteuttaa. Linjauksen liian harva asutus tekee raitiotieyhteyden järjestämisen kannattamattomaksi tällä hetkellä. Lentoaseman miljoona vuosittaista matkustajaa ei riitä kompensoimaan alueen harvaa asutusta alkuunkaan.

Asiasanat: Raitiotie, Lentoasema, Oulu, Suunnittelu,

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Municipal engineering

Author(s): Risto Hämäläinen
Title of thesis: Tramway in Public Transport - Case a Tramway Connection Oulu Airport – Kaakkuri
Supervisor(s): Hanna Kaurala, Master of Science in Technology, Plaana Ltd
Terttu Sipilä, Lecturer, Oulu University of Applied Sciences
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017 Pages: 78 + 1 appendices

The subject of the study was to unravel the profitability of a tramway connection of Lentokentäntie. The study looked at the consideration between construction requirements and the reference material was gathered from the sources of tramway research from Helsinki, Tampere and Turku.

The tramline project is a costly investment, so it is profitable to split it several phases. The project will result in investment and operating costs being divided over several years and reducing the first-year results. Partial implementation of the project spreads the risk when all payments do not occur at one time. After the first phase implementation and obtained information, it is easier to evaluate the profitability of the second stage.

This work presents a model in which step one a tramway is created between Linnanmaa – Limingantulli. The second section, in which the thesis is based on, tramway is built from Limingantulli to the Oulu Airport. In conclusion it is not economically sensible to conduct a tram connection from Oulu to the airport. Too few population settlements make the tramway connection unprofitable at this time. One million passengers per year are not enough to compensate for the sparse population of the region.

Keywords: Tramway, Airport, Oulu, Planning,

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	9
2 RAITIOTEIDEN KEHITYS	10
2.1 Raitioteiden historia	10
2.2 Helsinki	13
2.3 Tampere	17
2.4 Turku	20
3 TAVOITTEET	23
3.1 Raitiotien suunnittelun tavoitteet	23
3.1.1 Tampereen raitiotien tavoitteet	23
3.1.2 Turun raitiotien tavoitteet	25
3.1.3 Yhteenveto tavoitteista	27
3.2 Raitiotieliikenteen edut	28
3.3 Joukkoliikennemuotojen hyödyt ja haitat	29
4 RAITIOTIEN SUUNNITTELU	33
4.1 Lainsäädäntö ja standardi	33
4.2 Raitiotien sujuvuus	33
4.2.1 Jokerivalot	34
4.2.2 Informaatio	35
4.3 Geometria	35
4.3.1 Tilantarve	37
4.3.2 Pysäkit	39
4.4 Ratarakenteet	42
4.4.1 Vaihteet	43
4.4.2 Sähköjärjestelmä	43
4.4.3 Rakenne	45
4.4.4 Kiskot	45
4.4.5 Pintamateriaalit	46
4.5 Melu ja värinä	50

5 ESIMERKKIKOHDE PIKARAITIOTIE OULUN LENTOASEMA – KAAKKURI	51
5.1 Lähtötiedot	51
5.1.1 Raitiotiesuunnitelmat Oulussa	51
5.1.2 Henkilöauto- ja joukkoliikenteen nykytila	55
5.1.3 Liikkumistavat Lentokentäntiellä	57
5.2 Pikaraitiotielinjaus	58
5.3 Toteutus tarkasteluvälillä Oulun lentoasema - Kaakkuri	60
5.4 Rakenteet	61
5.5 Liikennöinti	68
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	71
LÄHTEET	73
LIITTEET	79

SANASTO

Raitiotie	Katuliikenteen seassa, kokonaan tai osittain kulkeva kiskoliikennejärjestelmä.
Pikaraitiotie	Pääasiassa omilla erillisillä väylillä kulkeva kiskoliikennejärjestelmä, nopeampi kuin perinteinen raitiotie.
Avorataosuus	Kiskojen välistä osaa ei ole täytetty kisko- jen pintaan asti.
Jokerivalo	Joukkoliikenteen erityisliikennevalot mahdollistaa risteyksen ohittamisen joukkoliikenne välineelle pysähtymättä. Vähemmän haittaa myös muille kulkijoille verrattuna normaaliin valoristeykseen.
Kiintoraide	Kiinteälle alustalle perustettu raide. Esimerkiksi betonilaatan päälle asennettu kisko.
ATU	Aukea tilan ulottuma eli vaunun tarvitsema vapaa tila.
Ajolanka, ajojohto	Raitiotien yläpuolella oleva kupari tai kuparihopea seoksesta valmistettu johdin. Virroitin syöttää raitiovaunulle ajosähkön normaalisti 750 Vdc
Raideleveys	Kiskojen sisäreunan välinen etäisyys. Normaali raideleveys 1435 mm, suomen rautateilla 1524 mm eli leveäraide.

Raideväli	Kahden raidelinjan välinen etäisyys kiskojen keskilinjasta mitattuna, riippuva kaluston leveydestä ja vaaditusta turvaetäisyydestä.
Raitiotieallianssi	Hankkeen tilaaja ja osalliset muodostavat tiimin, jossa tekevät yhteisen sopimuksen. Kaikki osapuolet jakavat riskit ja hyödyt. Hanke suunnitellaan yhdessä kaikkien kanssa sovussa päästen parhaaseen mahdolliseen tulokseen.
Viherrata, nurmirata	Avoimen rataosan pintamateriaalina voidaan käyttää nurmetusta, reikäkivinurmetusta tai muuta kasvillisuutta kuten maksa-ruohoa.

1 JOHDANTO

Tavoitteena oli selvittää, voidaanko miljoonan vuosittaisen matkustajan lentoaseman liikennettä täydentää raitiovaunuilla.

Työssä selvitettiin raitiotien sijaintia tarkasteluvälillä Lentoasema - Limingantie. Tarkasteluväli on osa toisen vaiheen liikennesuunnitelmaa välillä Limingantulli - lentoasema. Työn tavoitteena oli selvittää tärkeimmät suunnitteluperusteet raitiotielle.

Työssä käsiteltiin Helsingin kaupunkiraitiotieverkostoa, Tampereelle toteutettavaa pikaraitiotiehanketta ja tutkitaan Turun pikaraitiotien suunnitelmia. Haasteena on, ettei Suomen laissa ole määritetty tarkempia suunnitteluperusteita tai muita vaatimuksia raitioiteille. Ohjeet ja vaatimukset perustuvat muualla tehtyihin malleihin ja markkinoilla oleviin teknisiin ratkaisuihin.

Suunnittelussa on otettu huomioon toteuttamistapoja Helsingistä, Tampereelta ja Turusta. Tampereen ja Turun suunnitelmat ovat lähtökohtaisesti samankaltaiset, koska suurin osa niistä on toteutettu yhteistyössä kaupunkien kesken.

Työ sisältää suunnitteluvälille Oulun lentoasema – Kaakkuri ehdotetun pikaraitiotien linjauksen, pysäkkien sijainnin ja poikkileikkaukset valituista kohdista. Arvioidaan kannattavuutta ja käyttäjämääriä. Linjan käyttöastetta ja vuoroväliä on arvioitu linjalla, sekä työssä on koottu yhteen pikaraitiotien hyödyt ja haitat.

Raitiotie on linjattu Lentokentäntien varteen välille Lentoasema – Pohjantie. Työssä on otettu huomioon alueen tuleva maankäytön kehittyminen.

2 RAITIOTEIDEN KEHITYS

2.1 Raitioteiden historia

Raitiotien historia lähtee 1800-luvun Britanniasta. Raitiovaunulinja oli alun perin suunniteltu malminkuljetukseen Etelä-Walesissa 8,85 kilometrin matkalla. Linja kulki kaivokselta satamaan Mumblesin ja Swansea väliä. Linja sai luvan harjoittaa säännöllistä matkustajaliikennettä vuonna 1807. Tästä hevosvetoisesta linjasta tuli ensiaste nykyisille raitiovaunuille. Linjan pituus oli 8,85 kilometriä ja raideleveys 1219 mm. Vuonna 1855 raideleveyttä kasvatettiin standardileveyteen, 1435 mm. 1960-luvulla paikallinen linja-auto yhtiö osti raitiotiet lakkauttaakseen toiminnan. (Wikipedia haku Swansea)

Hevosvetoiset kiskovaunut yleistyivät hiljalleen 1800-luvun alussa ympäri maailmaa. Vuosisadan vaihteessa sähköraitiovaunut korvasivat hevosvetoiset vaunut. Ensimmäiset kiskot asennettiin kadun pinnalle, tämä vaikeutti muita kulkijoita, jotka pyrkivät radan toiselle puolelle. Kulkijat joutuivat nostamaan kärryjään ilmaa päästäkseen ylittämään kiskot. Lopulta idea upottaa kiskot maanpinnan tasolle, paransi raitiotien hyväksyntää kaupunkilaisten keskuudessa. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia, Raitioteiden historia.)

Käyttövoimaa alettiin suunnitella uudelleen, kun todettiin hevosten olevan liian herkkiä sääilmiöille. Talven liukkaus ja sateiden pehmentämä maa hidastivat kulkua. Höryveturia kokeiltiin raitiotiellä vuonna 1872. Höryveturin todettiin olevan liian äänekäs ja päästävän liikaa haitallisia päästöjä ilmaan. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia, Raitioteiden historia.)

Vuonna 1879 Berliinin teollisuusnäyttelyssä kokeiltiin ensimmäistä kertaa sähköraitiovaunua näyttelyalueella kulkemiseen. Sähköraitiovaunu oli menestys. Vuonna 1881 avattiin Berliiniin ensimmäinen sähköistetty raitiotie. Ensimmäisen vuosikymmenen sähköraitiovaunut kärsivät matalasta hyötysuhteesta ja sähkön puutteesta. 1900-luvun vaihteessa hevosvaunut vähenivät katukuvasta ja sähkö teki tuloaan. (2. Kaupunkiliikenne raitioteiden historia, 3. Raitioteiden historia.)

Yhdysvalloissa sähkö syrjäytti hevoset raitioliikenteestä jo 1888-luvulla. Raitio-
linjojen yllä keksittiin käyttää ilmajohtimia, jotka syöttivät raitiovaunuille kokoajan
sähköä. Tämä Richmondin kaupungin raitiotie oli maailman ensimmäinen ilma-
johdolla varustettu rata, jonka pituus oli 18 km. Vuonna 1895 Yhdysvalloissa
sähköistettynä raiteita oli jo 84 prosenttia, kun Euroopassa samana vuonna
sähköistettynä oli vain 7,5 %. (Laura Riipinen opinnäytetyö Viranomaisen rooli
kaupunkiraideliikenteessä)

Euroopassa sähköistäminen viivästyi paikallisten lakien ja määräyksien takia.
Ilmajohtoja pidettiin rumina kaupunkikuvaa heikentävinä asioina. Ilmajohdot oli
pitkään kielletty ydinkeskustassa. Hiljalleen mielipiteet kääntyivät hyväksyviksi
ja rakentaminen pystyi alkamaan. Sähkö käyttövoimana paransi raitiotieyhtiöi-
den kannattavuutta. Sähkön hyviä puolia oli, ettei sen tarvinnut ikinä pitää tau-
koja, kun taas hevoset vaihdettiin levänneisiin parin tunnin välein. (Laura Riipi-
nen opinnäytetyö Viranomaisen rooli kaupunkiraideliikenteessä)

Sähköistettyjen raitiovaunujen perään kiinnitettiin usein ruuhka-aikana vanhoja
hevosvaunuja lisävaunuiksi. Vuoroväliä pystyttiin tarpeen tullen tihentämään
väsymättömän moottorin ansiosta. Asiakaskapasiteetin nousu laski hintoja, joka
osaltaan kannusti loppujenkin raiteiden sähköistämistä. Matkustajamäärät nou-
sivatkin maailmalla 1920–1930 luvulle asti. (Laura Riipinen opinnäytetyö Viran-
omaisen rooli kaupunkiraideliikenteessä)

Raitiotiet olivat aktiivikäytössä vielä toisen maailmansodan ajan, muun kuljetus-
kaluston ollessa rintamalla. Sodan jälkeen raitiovaunut alkoivat menettää ase-
maansa linja-autoille. Kiskoja tarvitsemattomat vaihtoehdot ja uusi tekniikka
houkuttelivat kaupunkia siirtymään linja-autoihin, joiden reittejä pystyi muutta-
maan ilman suuria kustannuksia. (Laura Riipinen opinnäytetyö Viranomaisen
rooli kaupunkiraideliikenteessä)

Yhdysvalloissa autotehtaat ostivat suurimman osan raitiotieyhtiöistä ja lopettivat
niiden liikennöinnin. Autotehtaiden taka-ajatuksena oli lopettaa toimiva joukkoli-

kenne ja pakottaa asiakkaat hankkimaan omat autot. (Laura Riipinen opinnäytetyö Viranomaisen rooli kaupunkiraideliikenteessä)

Samaan aikaan Euroopassa raitiotieyhtiöt olivat siirtyneet kaupunkien omistukseen. Kaupungille siirtynyt kalusto oli vanhaa, ja kaupunkien ainoa vaihtoehto jatkaa raitiotieliikennettä oli hankkia uutta kalustoa. Tiukka taloustilanne sai kuitenkin monen kaupungin purkamaan toimivan rataverkoston ja korvaamaan sen linja-autoliikenteellä. Linja-autoihin siirtymistä houkuttivat puheet raitiovaunujen vanhanaikaisuudesta ja linja-autojen uutuuden viehätyksestä. Linja-auton hyvinä puolina pidettiin reittien monipuolisuutta ja nopeaa muokattavuutta. Toisin kuin raitiotie tarvitsi aina itselleen erillisen rakenteen liikennöintiin. (Laura Riipinen opinnäytetyö Viranomaisen rooli kaupunkiraideliikenteessä, 3. Raitioteiden historia)

Vuosikymmenten kuluessa linja-autojen ja yksityisautoilun huonot puolet tulivat esille. Tiiviisti rakennettujen kaupunkien kadut ruuhkautuivat. Diesel moottorien päästöt levisivät ruuhkissa tehokkaasti ja kaupunkien ilmanlaatu heikkeni. Öljykriisin alkaminen nosti polttoaineen hintoja ja vähensi joukkoliikenteen kannattavuutta. (Wikipedia Raitioliikenne)

Raitiotie koki uuden tulemisen 1980-luvulla jolloin Euroopassa otettiin käyttöön 145 uutta raitiotietä. Tällä hetkellä Euroopassa on 147 kaupunkiraitiotiejärjestelmää 1435 mm:n normaaliraidелеveydellä ja kuten Helsingissä 1000 mm:n raideleveydellä 74 järjestelmää. Lisäksi Latviassa on kaksi raitiotietä leveydeltään 1524 mm. Yleisimmin raitiotieverkko toteutetaan samalla raideleveydellä kuin maan rautatiet. (Laura Riipinen opinnäytetyö Viranomaisen rooli kaupunkiraideliikenteessä)

Nykyään raitiovaunuliikennettä käytetään tehokkaasti ohjaamaan kaupunkien kasvua haluttuun suuntaan. Raitiotiestä saadaan ihmisiä kiinnostava asia ja sen varteen tai päähän halutaan yleensä muuttaa.

Raitiotie on nykyisin ekologinen kaupunkiliikenteen muoto. Joukkoliikenteenä se on täysin paikallispäästötön ja tehokkaan energiaohjauksen ansiosta hyvin

energia säästäväinen. Jarrutettaessa raitiovaunu muuttaa hidastuvan liike-energian takaisin sähköksi. Säästetty sähkö voidaan itse käyttää seuraavassa kiihdytyksessä tai palauttaa takaisin kuormitettuun ajojohtoon. (Wikipedia Raitoliikenne)

Raitiovaunut toteutetaan yleensä 70 km/h maksiminopeudella kustannussyistä. Raitiovaunun kulkiessa yli 70 km/h se rinnastetaan junaan. Raitiovaunun täytyisi tällöin teknisesti täyttää samat vaatimukset kuin junan. Vaunun massaa pitäisi lisätä ja rakennetta vahvistaa kestäämään törmäyksiä paremmin. Lisäksi raitiovaunuun pitäisi asentaa samat automaattiset kulunvalvontalaitteet kuin normaaleissakin junissa on. (Raide-Jokeri hankesuunnitelma)

2.2 Helsinki

Helsingissä sijaitsee suomen vanhin ja viimeisin jäljellä oleva raitiotie. Helsingin raitiotie on perustettu vuonna 1890. Ensimmäiset raitiovaunut olivat hevosvetoisia mutta jo vuonna 1900 siirryttiin sähköllä toimiviin (Kuva 1). Helsingin raitiotieverkosto koostui alkuun yksityisten omistamista radan osista. Raitiotiet tukivat omaa yhtiö toimintaa, kuten tehdas- tai asuinalueen liikennettä. Rataverkko painottui aluksi Helsingin kaupungin ulkopuolisiin osiin. Kaupungin ulkopuolisten asuinalueiden houkuttelevuutta saatiin näin parannettua kehittämällä sinne nykyaikaisesti toimiva joukkoliikenne. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia)



*KUVA 1 Hevosraitiovaunu Suomen Pankin edessä 1890-luvulta
(<http://www.hel.fi/www/hkl/fi/Raitiovaunulla/kalusto>)*

Vuonna 1901 liikennöinti siirtyi yksityisiltä Helsingin Raitiotie- ja Omnibus Oy:lle (HRO). 5 vuoden liikennöinnin jälkeen HRO anoi lupaa muuttaa nykyinen 13 kilometrin pituinen raitiotie kaksoisraiteeksi. Kaksoisraidetta suunniteltiin nykyisellä 1000 mm:n leveydellä ja 1435 mm:n normaaliraideläydellä. Vuonna 1909 Helsingin kaupungin alueella oli toteutettu 13 kilometriä kaksoisraidetta. Kaksoisraiteen ansiosta vuoroväli voitiin lyhentää viiteen minuuttiin. Raitiotiellä kulki 55 sähkömoottorivaunua ja 17 hinattavavaunua. HRO liikennöintilupaa jatkettiin vuoteen 1945 asti kaksoisraide investointiin vedoten. HRO:n omaisuus siirtyi joulukuussa 1944 Helsingin kaupungin liikennelaitoksen hallintaan. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia)

Raitiotien kehittämistä pikaraitiotieksi alettiin suunnitella jo 1920-luvulla. Suunnitelmat jäivät kuitenkin kesken ja niihin palattiin vasta sotien jälkeen uudelleen. Sotien jälkeen käytiin myös laajasti keskustelua Helsingin raitiotien tulevaisuudesta. Keskusteluissa todettiin joukkoliikenteen parantamiseen vaadittavan lin-

ja-autojen käyttöönottoa. Linja-autojen parempana puolena pidettiin niiden nopeaa käyttöönottoa ja reittien muuteltavuutta. Vuonna 1945 Helsingin raitiotiet tekivät matkustajaennätyksen, yli 150 miljoonaa matkaa vuodessa. Raitiotiet säilytti tämänkin jälkeen merkittävän suosion joukkoliikennevälineenä vaikka asiakasvirrat olivat laskevia. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia)

50-luvulla Helsingin kaupungin liikennelaitos aloitti mittavat kalustohankinnat, koska kalusto oli vanhentunutta. Muissa maissa alettiin kaluston vanhetessa siirtymään ajoneuvoliikenteeseen, koska linja-autot ja yksityisautot kasvattivat suosiotaan. Helsingin raitiotieverkon kehittäminen ja laajentaminen oli pysähdyksissä kalustohankinnan ajan. Kalustoa hankittiin vuosikymmenen aikana 105 neliakselista moottorivaunua ja 30 perävaunua. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia)

50-luvun lopulla esitettiin suunnitelmia toteuttaa esikaupunkiliikenne pikaraitiotiellä. Esikaupunkilinjat kuitenkin hylättiin 60-luvulle tultaessa. Alettiin puhua maanalaisesta joukkoliikenteestä. Pohdittiin ettei tulevaisuudessa riitä tilaa joukkoliikenteelle maan päällä. Komitea ehdottikin raitioteiden lakkauttamista 2000-lukuun mennessä ja liikenteen siirtämistä metroille. Lakkautusuhan takia kalustohankinnat pysäytettiin koko vuosikymmeneksi. Mielipiteitä lakkautukseen kysyttiin ympärimaailmaa kaupungeista, joista raitiotiet oli jo lopetettu. Maailmalla kannatettiin raitiotien lakkautusta vanhanaikaisena katutilan rohuajana, joka kävikin Turun kohtaloksi. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia)

70-luvun kuluessa todettiin metron olevan todella kallis investointi. Rakentamisen huomattiin olevan hidasta ja samaan aikaan ihmisten tarve liikkua kasvoi. Raitiovaunukalusto vanheni nopeasti johtuen viime vuosikymmenen kaluston uudistamattomuudesta. Uuden kaluston hankinta päätettiin toteuttaa osissa. Osissa hankitun kaluston investointi jakaantuu tasaisesti monelle vuodelle helpottaen investointipäätöstä. Vuonna 76 raitiotieverkon laajennus esikaupunkeihin pääsi alkamaan, aikaisemmasta laajennuksesta oli kulunut jo yli 20 vuotta. (Kaupunkiliikenne raitioteiden historia)

Nykyisin Helsingin raitiotiellä liikennöidään 12 linjalla, 124 vaunun voimin. Raitioliikenteen rataa on Helsingin alueella yhteensä noin 117 kilometriä ja raideleveys on 1000 mm. Linjat kulkevat pääasiassa muun liikenteen seassa, erillisiä raideosuuksia ei paljoa ole. Tästä syystä raitiotie onkin perinteinen kaupunkiraitiotie eikä pikaraitiotie, joka kulkisi pääasiassa omalla erillisellä alueella. Raitiotien ajohdossa kulkee tällä hetkellä 600 voltin tasavirta. Tulevaisuudessa on tarkoitus siirtyä standardin mukaiseen 750 voltin tasavirtaan. Helsingin seudulla raitiovaunun sähkön saannista vastaa 23 syöttöasemaa. Asemien sähkö tuotetaan täysin tuuli- ja vesivoimalla, jolloin raitiovaunut ovat täysin paikallispäästöttömiä. (HSL VUOSIKERTOMUS 2015, Sandberg Katarina)

Raitiovaunuja lähtee arkipäivisin keskimäärin 2490 kertaa. Vuosittainen matkamäärä vuonna 2015 oli 55,2 miljoonaa matkaa ja täyttöaste oli 20,4 %. Asukkaita Helsingissä on noin 635 000 ja koko seudulla noin 1 439 000. Vuoteen 2030 mennessä Helsingin seudun väkiluvun uskotaan nouseva 1 668 000 ihmiseen. Raitiotien kiinteät liikennöintikustannukset olivat noin 50 miljoonaa euroa vuodessa, raitiotien lipputulojen määrää ei kerrottu mutta kokonaistulos jäi positiiviseksi. (HSL VUOSIKERTOMUS 2015, Helsingin seudun väestöennuste)

Tulevaisuudessa Helsingissä tullaan vahvasti panostamaan kestäviin liikenne-
muotoihin. Näitä muotoja ovat kävely, pyöräily ja joukkoliikenne. Nykyisiä raitio-
teitä jatketaan pikaraitiotieiksi ja etuuksia järjestetään lisää. (Pikaraitiotie opas)

Nykyinen bussilinja 550 suunnitellaan korvattavaksi pikaraitiotiellä. Kyseinen Bussi-Jokeri on Helsingin seudun käytetyin linja. Linjalla tehdään yli 30 000 matkaa vuorokaudessa eli vuositasolla noin 11 miljoonaa matkaa. Raide-Jokeri hanke kulkisi Helsingin Itäkeskuksen ja Espoon Keilaniemen väliä. Linja on 25 kilometrin pituinen, josta Helsingin puolelle sijoittuisi 16 km ja Espoon puolelle 9 km. Huippunopeus välille 70 km/h ja tavoitteellinen keskinopeus pikaraitiotielle on 25 km/h, vertailuna keskustassa keskinopeus on 15km/h. Tähän päästään kun suurin osa raiteesta tullaan toteuttamaan omalla väylällä. Väliä on tarkoitus alkaa liikennöimään kahteen suunta ajettavilla pikaraitiovaunuilla. Uusien vaunujen kapasiteetti on 2-3 kertaa suurempi kuin nykyisen telibussin. Alustava

aikataulun mukaan Raide-Jokerin rakentaminen voisi alkaa aikaisintaan vuoden 2019 alussa. Raide-Jokerin toteuttamisen kustannusarvio on 275 miljoonaa euroa, lisäksi 29 uuden pikaraitiovaunun hankinta maksaa enintään 95 miljoonaa euroa. Raitiotien varteen on tarkoitus lisätä tiivistä asuntorakentamista. Raide-Jokeri toteutuessaan todistaa kuinka pääkaupunkiseudun liikenne on kehitty-mässä yhä enemmän raidepainotteisempaan suuntaan. (RAIDEJOKERI INFO, Pikaraitiotie opas)

2.3 Tampere

Tampereen kaupungin alueella ei ole ollut aiemmin raitioverkkoa. Tampereen kaupunginvaltuusto päätti 7.11.2016 raitiotien rakentamisesta. Ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan Hervantaan varikko ja rataosuus keskustasta Hervantaan ja keskustasta Tampereen yliopistolliseen sairaalaan. Toisen vaiheen tavoiteaikataulu hyväksyttiin samalla kertaa. Toisen vaiheen suunnitelmissa on toteuttaa linja keskustasta Lentävänniemeen. (Tampere toteutussuunnitelma)

Hanketta lähdettiin suunnittelemaan raitiotieallianssi mallilla jossa kaikki osalliset jakavat hankkeen riskit ja hyödyt. Allianssissa eli yhdessä muodostetussa ryhmässä on mukana Tampereen kaupunki tilaajana ja palveluntuottajina VR Track Oy, YIT Rakennus Oy, Pöyry Finland Oy. (Tampere toteutussuunnitelma, Tampere tiedote)

Toteutussuunnitelman mukainen raitiotien ensimmäinen osa käsittää 15 kilometriä kaksoisraidetta. Raitiotien rakennustyöt alkavat 2017 vuoden aikana. Rakennustyö toteutetaan usealla eri alueella samaan aikaan. Tällä tavalla rakennustyö ei lamaannuta yhtä aluetta kokonaan, vaan aiheuttaa pientä haittaa usealla alueella. Ensimmäisen vaiheen radan uskotaan valmistuvan 2021. Toisen vaiheen tavoiteaikataulun mukainen valmistuminen olisi 2024. Raitiovaunun linja mahdollistaa maankäytön kehittämisen ja asuinrakentamisen lisäämisen radan varteen. (Tampere toteutussuunnitelma, Tampere tiedote)

Tampereen kaupunki teki hankintapäätöksen 15 - 20 raitiovaunun toimittajasta. Sopimukseen kuuluu raitiovaunutoimitukset ja kaluston ylläpito seuraavat 10

vuotta. Lisänä sopimuksessa oli mahdollisuus tilata uusia vaunuja ja muokata entisiä. Kaluston kunnossapitosopimuksen jatkamisesta sovittiin maksimissaan 40 vuodeksi. (Tampere Kalustohankinta)

Kilpailutuksen voitti Transtech Oy:n Artic-vaunut. Samat vaunut korvaavat myös Helsingin raitiotien kaluston tulevaisuudessa. Tarjouskilpailussa kriteereinä oli kokonaistaloudellinen edullisuus eli raitiovaunujen laatu, kunnossapitopalvelun laatu ja vertailuhinta 40 vuoden elinkaarikustannuksena. Transtech voitti kilpailun sekä laadussa että hinnassa. Transtechin vaunun hinta on 3.2 – 3.8 miljoonaa euroa. (Tampere Kalustohankinta)

Tampere tilasi Artic:in kahteen suuntaan ajettavia vaunuja matalalattiaisina nivelraitiovaunuina. Kahteen suuntaan ajettavia vaunuja ei tarvitse kääntää pääteasemalla. Suunnanvaihto tapahtuu kun kuljettaja kulkee ulkokautta raitiovaunun toiseen pään ohjaamoon. Tällä säästetään aikaa kun erillisiä kääntöpöytiä ei tarvita. (Tampere Kalustohankinta)

Vaunun pituus on 37 metriä, optiona voidaan pidentää 47 metriin. Leveys on 2,65 metriä joka on 25 cm leveämpi kuin Helsingin vaunut. Paikkoja uusissa vaunuissa on yhteensä 314, kun vertailuna Helsingissä 199. Raideleveys 1435 mm. Moottoritehoa on lisätty Helsinkiin verrattuna noin kolmasosalla suurempien vaunujen ja nousujen takia. Huippunopeus raitiovaunulle rajoitetaan 70 km/h. (Tampere Kalustohankinta)

Tampereella raitiotien päätavoitteina oli toteuttaa nopea ja esteetön joukkoliikenne. 7,5 minuutin vuoroväli tukee nopeutta ja houkuttelee ihmisiä käyttäjäksi. Tiheällä vuorovälillä saavutetaan ihmisten siirtyminen pysäkillä ilman tarvetta katsoa kelloa. Lisäksi raitiovaunujen aikatauluun yhdistetyt runkobussit tukevat joustavaa vaihtoa. Hyvä esteettömyystaso palvelee kaikkia käyttäjiä helpottaen raitiovaunun käyttöä. Tavoitteena on toteuttaa näkövammaisille ja pyörätuolilla kulkeville asiakkaille täysin esteetön ja itsenäisesti käytettävä liikennemuo. Helsingissä raitiovaunun kuljettaja avustaa pyörätuolilla liikkuvat kyytiin ja kyydistä pois. (Tampere toteutussuunnitelma, Tampere tiedote)

Kaluston kapasiteetin ja käyttöiän pohjalta laskettiin vertailuna raitiotien ja linja-auton kapasiteettien suhde. Tuloksena saatiin 25 raitiovaunua korvaa 225 kappaletta linja-autoja. Pieni kalustomäärä ei tuki kaupungin ja päästään parempaan palvelutasoon. Lisäksi kaupungin tavoite vähentää liikenteen päästöjä ja saada energiasäästöjä aikaan toteutuu. (Tampere tiedote)

Tampereen raitiotie toteutetaan normaaliraiteisena, raideleveydellä 1435 mm. Sähkönsyöttöasemia raitiotieverkolle rakennetaan 10 kappaletta jolloin yhden aseman vikaantuminen ei estä liikennöintiä, vaan järjestelmä on ylimitoitettu. Syöttöasemat sijoitetaan katu ympäristöön esimerkiksi maisemoimalla viherkasveilla. (Tampere toteutussuunnitelma)

Ajojohdot ripustetaan pääasiassa pylväillä. Keskustassa ja Hervannassa käytetään julkisivuihin kiinnitettäviä vaijeriripustimia. Korkeannopeuden pätkillä käytetään painokiristystä jolloin vältetään johtimen heilunta.

Raitiotien päällysrakenne toteutetaan 5240 metrin matkalla sepelipintana. Erillisillä väylillä on 5870 metriä kiintoraidetta. Tästä on nurmetettua viherrataa 2880 metriä. Kiintoraidetta sekaliikennekaistalla 3890 metriä. (Tampere toteutussuunnitelma)

Alkuun linjalle rakennetaan 23 pysäkkiparia. 9 pysäkkiparia toteutetaan vaihtopysäkkinä. Linjan varteen jätetään tilaa vielä 3 pysäkkivaraukselle, jotka voidaan toteuttaa tarvittaessa. Pysäkkien suunnittelussa kiinnitetään erityisesti huomiota esteettömyyteen. Pysäkit tehdään 35cm korkuisiksi kiskon pinnasta, näin raitiovaunun lattia tulee pysäkin kanssa samalle korkeudelle. Pysäkkien laituriosuus tehdään valmiiksi 47 metrin vaunuille sopivaksi, mutta vaunut tilataan 37 metrin pituisina. Vaunuja voidaan tulevaisuudessa jatkaa 10 metrillä, jos matkustajamäärät nousevat huomattavasti ja lisäkapasiteetille tulee tarvetta. Valmiiksi tehdyt pitkät pysäkit mahdollistavat kaluston jatkamisen ilman katu-toimenpiteitä. (Tampere toteutussuunnitelma)

Raitiotien ensimmäisen vaiheen kustannukset on arvioitu nousevan 239 miljoonaan euroon. Toisen vaiheen kustannukset ovat noin 44,1 miljoonaa. Radan

kokonaismetrihinnaksi tulee noin 6450–6550 euroa metriltä. Yhteiskuntatalouden hyöty-kustannussuhde hankkeella on 1,48. Hanke on kannattava kun suhdeluku on yli 1,0 (Tampere toteutus suunnitelma, Turku Tampere vertailu)

Tampereen nykyisellä joukkoliikenteellä tehdään matkoja vuodessa noin 35,3 miljoonaa kappaletta. Joukkoliikenteen tappio oli noin 12 miljoonaa euroa vuonna 2015. Nykyinen joukkoliikenteen kulkutapaosuus on 19 %. Tampereen asukasluku on 228 000. Arvioitu asukasluku vuonna 2030 on 253 400. 400 metrin kävelyetäisyydellä suunnitellusta raitiotiestä asui vuonna 2012 noin 40 000 asukasta. 600 metrin kävelyllä tavoitettiin jo 64 000 asukasta. Työpaikkoja radan varteen sijoittuu 600 metrin kävelymatkan päähän 37 000. Raitiotien uskotaan myös voimakkaasti lisäävän radan varren asutusta. Arvio vuodelle 2040 asukasmäärän lisäykseen 34 700. Luku on suuri ajateltuna bussivaihtoehdon arviointiin joka on noin 10 000 asukasta. (Tampereen Nysse vuosikertomus 2015)

2.4 Turku

Turussa raitiotieliikenne alkoi samoihin aikoihin kuin Helsingissäkin. Linja kulki Turun linnan lähistöltä Akatemiatalolle ja takaisin. Linjan pituus oli 3.5 kilometriä ja raideleveys 1435 mm. Linjan liikennöintiin tarvittiin 10 minuutin vuorovälillä 5 vaunua ja 28 hevosta. Ensimmäiset vuodet vaunut kulkivat hevosten vetäminä. Hevosten korkeat ylläpitokustannukset pakottivat yhtiön miettimään vaihtoehtoja käyttövoimaa. Petrolimoottoria kokeiltiin vuonna 1892 käytössä. Petrolimoottorista ei ollut yhtiön pelastajaksi vaan se ajautui konkurssiin loppuvuodesta 1892. (RAITIO.org)

1905 Turun Teknikot -yhdistys suunnitteli kaupunkiin sähköistettyä raitiotietä. 1907 saatiin tehtyä sopimus uuden liikennöitsijän kanssa. Liikennöitsijän rakenttavaksi jäi raitiotieverkko ja sähkölaitos. Vuonna 1908 Turkuun saapui ensimmäinen sähköraitiovaunu, jonka liikennöinnistä vastasi saksalainen yhtiö. Uusi raitiotieyhtiö oli rakentanut uuden verkon 1000 mm raideleveydellä. Linja oli yksiraiteinen noin 8 kilometriä pitkä. Verkolla liikennöi 11 sähkömoottorivaunua 8 minuutin vuorovälillä. (RAITIO.org, Yleissuunnitelma Turku)

Helmikuussa 1919 raitiotieyhtiö ja sähkölaitos lunastettiin Turun kaupungin hallintaan. Vuonna 1930 päätettiin erottaa raitiotie ja sähkölaitos eri yhtiöiksi. Vuonna 1946 Turun raitiotiet kuljettivat huippumääränsä asiakkaita noin 28 miljoonaa. Tästä eteenpäin raitiotie kärsivät asiakaskadosta, suosion hiipui linja-autoille. (RAITIO.org)

Raitiotielinja oli laajimmillaan 60-luvulla, jolloin se käsitti 4 linjaa ja oli pituudeltaan 18 kilometriä. Raitiotien lopetuspäätöstä pohdittiin vuonna 1962, kun kuultiin ulkomailta kannustavia esimerkkejä lopettamisesta. Turun kaupunki- ja liikesuunnittelu linjasi aikuisten kulkevan autolla ja lapset kävellen tai pyöräillen kevyenliikenteen väylillä. Todettiin ettei Turussa tarvita enää raitiotietä vaan lakkauttamalla saadaan lisää katutilaa autoille. Raitiotielle ei tutkittu muita vaihtoehtoja kuin sen lakkauttaminen, kehittämistä ei pidetty vaihtoehtona. Lakkautus toteutettiin linja kerrallaan vuosina 1966 -72. (RAITIO.org, Yleissuunnitelma Turku)

Pian raitiotien lakkautuksen jälkeen huomattiin tehdyksi virhepäätös. Lakkautus tuhosi kaupungin toimivan joukkoliikennejärjestelmän. 90-luvulla Turussa nousi puheenaiheeksi palauttaa takaisin raitiotiet kaupunkiin. Uusissa suunnitelmissa on mietitty toteutustavaksi pikaraitiotietyyppiä. (RAITIO.org)

Turussa on alettu uudelleen pohtimaan pikaraitiotien palauttamista kaupunkiin. Turkuun on esitetty toteutettavia linjoja, vuorovälejä ja laskettu kustannuksia. Raitiotie vaihtoehtoa on verrattu superbussilla toteutettavaan vaihtoehtoon. Superbussi vaihtoehdossa painaa niiden lyhyt käyttöikä verrattuna ratikkaan. Superbussit pitää vaihtaa vähintään 3 kertaa sinä aikana kun raitiovaunut kerran. perustamiskustannukset taas raitiotiellä on suuremmat koska keskusta alueella tarvitaan enemmän pohjanvahvistustoimenpiteitä ja johto/laite siirtoja. Suunniteltu radan pituus on 19 km josta reilut puolet on omalla erillisellä kaistalla. Keskinopeudeksi on arvioitu 21 km/h. Vuoroväliksi on suunniteltu 7,5 minuuttia. Vaunuja linjalle tarvitaan 21 kappaletta ja lisäksi 2 varavaunua. Raideleveyttä ei ole vielä määritelty vaan suunnitelmat on toteutettu siten, että kaikki raideleveyden omaava kalusto siinä selviää. Todennäköisesti toteutus tapahtuu 1435 mm

joka on yleinen maailmalla raitiotieverkolla. Normaaliraideleveyden yleisyys vaikuttaa hintaan alentavasti, sillä useampi valmistaja pystyy osallistumaan tarjouskilpailuun. (Turku Tampere vertailu)

Turun raitiotieverkon uudelleen rakentamiskustannukseksi on arvioitu 423 miljoonaa euroa sisältäen koko raide verkon ja vaunut. Tästä hinnasta kaluston ja varikon osuus on 123 miljoonaa euroa. Raitiotien kokonaismetrinhinta on 10650–12450 euroa metriltä. Yhteiskuntatalouden hyöty-kustannussuhde on 0,68. Turun raitiotie hanke ei ole taloudellisesti kannattava koska suhdeluku jää alle 1,0 (Turku Tampere vertailu)

Turun nykyisen joukkoliikenteen matkustajamäärä oli vuonna 2015 24,4 miljoonaa. Joukkoliikenteen tappio vuonna 2015 oli noin 17 miljoonaa euroa. Kulkutapaosuus on nousussa, muttei vielä riittävä kannattavalle toiminnalle. Asukasmäärän uskotaan Turussa kasvavan 187 000 asukkaasta 210 000 vuoteen 2035 mennessä. (Turun Föli vuosikertomus 2015)

Turun suunniteltu raitiotie saavuttaa 400 metrin etäisyydeltä noin 40 000 asukasta ja 600 metrin etäisyydeltä 56 000 asukasta. Turun mittaukset on toteutettu linnuntie-etäisyydellä mittaamalla, joten voidaan olettaa lukujen olevan hiekan yläkantissa. Työpaikkoja linjan varrelle sijoittuu 600 metrin etäisyydellä 42 000 paikkaa. Asukasmäärän kasvu radan varressa Turussa on maltillisempaa. Arvio vuoteen 2035 mennessä on noin 20 000 uutta asukasta kun superbussin vaihtoehtoon kasvuksi oletetaan 17 000. (Turku Tampere vertailu)

3 TAVOITTEET

3.1 Raitiotien suunnittelun tavoitteet

Asetetuilla tavoitteilla pyritään määrittämään suunta suunnittelulle ja arvioimaan toteutuksen laatu. Tavoitteiden täyttyminen voidaan pisteyttää eri vaihtoehtojen vertailun helpottamiseksi. Pisteytys on hyvä tapa verrata eri linjausvaihtoehtoja. Tavoitteiden toteutuessa saadaan perusteluita hankkeen toteutukseen ja jatko-suunnitteluun. Tavoitteiden jäädessä täyttymättä voidaan hankkeen lopettamista toistaiseksi pitää vaihtoehtona. Kannattamatonta hanketta ei kannata jatkaa. (Tampere tavoite)

Liikenne- ja viestintäministeriö on ohjeessaan 50/2007 Joukkoliikenteen vaikutusten arviointi, määritellyt yleiset ohjeet arviointiin. Julkaisu antaa raamit yhteiskuntataloudelliselle arvioinnille ja joukkoliikenteen kehittämiseen. Ohjetta suositellaan seurattavaksi tarkasti, varsinkin kun ollaan hakemassa hankkeelle valtion rahoitusta. Arviointia voidaan muokata omaa hanketta kuvaavaksi, mutta arvioinnin rakenne pysyy mallin mukaisena. (LVM 50/2007)

3.1.1 Tampereen raitiotien tavoitteet

Tampereen kaupunki on jakanut tavoitteet kahdeksaan ryhmään.

Liikennepoliittiset tavoitteet:

Kaupungin alueella joukkoliikenteen käyttöaste kasvaa merkittävästi. Osatavoitteena on 2030 mennessä, joukkoliikenteellä tehdyt matkat kasvavat enemmän kuin asukasluku. Joukkoliikenteeseen siirtyvien käyttäjien toivotaan olevan erityisesti yksityisautoilun piiristä. Kevyenliikenteen käyttäjien ei toivota siirtyvän joukkoliikenteen käyttäjiksi terveyshyötyjen ja ekologisemman liikkumismallin takia. Tavoitellaan kevyenliikenteen osuuden kasvua. (Tampere tavoite)

Yhdyskuntarakenteelliset tavoitteet:

Tampereen väkiluku kasvaa ja keskusta kehittyy. Yhdyskuntarakenne tiivistyy ja keskittyy joukkoliikenteen varrelle. Vuonna 2030 raitiotien tavoitteena kattaa mahdollisimman laajasti työpaikkoja, kouluja ja palveluita. Täydennysrakentaminen keskittyy joukkoliikennepalvelujen varrelle. Raitiotien laajennettavuus seuraa maankäytön ja liikenteenkysynnän kehittymistä. (Tampere tavoite)

Arjen sujuvuuden tavoitteet:

Mahdollistetaan autoton arki sitä kaipaaville ja muille sujuva arki. Tavoitteena on: Suurien asukasmäärien sijoittaminen kävelyetäisyyden päähän raitiotiestä tai muusta joukkoliikenteestä. Kauppojen, harrastusten ja julkisen palveluiden keskittyminen joukkoliikennekäytävän viereen. Työpaikat ja koulut sijoitetaan kävelyetäisyyden päähän raitiotiestä. Joukkoliikenne toteutetaan esteettömäksi. (Tampere tavoite)

Houkutteleva ja kilpailukykyinen joukkoliikenne:

Luotettava ja saumaton matkanteko, matkalle ei suunnittelu tarvetta tai kelloon katsomista. Matka-ajan kesto on kilpailukykyinen muihin kulkumuotoihin. Polkupyörien ja autojen liityntäpysäköinti otetaan huomioon. Linjojen yhteen toimivuus, jottei turhia odotuksia tule. (Tampere tavoite)

Palveleva liikennejärjestelmä:

Rakentamisen ja liikennöitävän katuverkon toimivuuden varmistaminen. Vähentää onnettomuuksia ja turvallisuuden tunteen kasvu. Palvellaan liityntäliikennettä rautateille, linja-autoille ja lentokentille - kauko- ja lähiliikenteeseen. (Tampere tavoite)

Ympäristölliset tavoitteet:

Hillitään ilmastonmuutosta muokkaamalla joukkoliikennettä energiatehokkaaksi. Ilmanlaatu paranee muutettaessa tiheästi liikennöityjä bussikatuja raitiovaunuli-

kenteelle. Melu ja energiankulutus laskevat, raitiovaunut toimivat paikallis päästöttömänä joukkoliikenteenä. (Tampere tavoite)

Taloudelliset tavoitteet:

Investointi on taloudellinen kannattava. Käyttö- ja ylläpitokustannukset jäävät mahdollisimman alhaiseksi. Investointi tuottaa voittoa, jolla voidaan maksaa investointia takaisin. (Tampere tavoite)

Kaupungin hyödyt:

Kaupungin omistamien kiinteistöjen arvonnousu ja maanvuokrasopimuskorvaukset saadaan kaupungin kehittämiseen. Myydään ja vuokrataan joukkoliikenteen varrelta kaupunkiympäristöä palveluille ja rakentamiseen. Kaupungin imagon kohottaminen, jota voidaan hyödyntää matkailussa. Toimivalla liikennejärjestelmällä voidaan myös houkutella asukkaita kaupunkiin. (Tampere tavoite).

3.1.2 Turun raitiotien tavoitteet

Turun raitiotien tavoitteet on jaettu kilpailukyvyyn ja kestäväan kehityksen alle. Karkeasti jaottelu menee kilpailukyvyille: palvelut ja vetovoima ja kestäväälle kehitykselle imago ja taloudellisuus. (Turku tavoite)

Keskustan kasvu ja vetovoiman lisääminen:

Saadaan houkuteltua uusia yrityksiä ja asukkaita keskustaan. Tulevaisuudessa kaupungin sisään tulo reitit eivät vedä tarpeeksi. Kyseisten reittien ja risteysten kehittäminen on tilanpuutteen takia hankalaa ja kustannustehotonta. Ruuhkaa helpottamaan on alettu suunnittelemaan tehokasta ja kilpailukykyistä joukkoliikennettä. Joukkoliikenteellä saataisiin helposti hoidettua työssäkäyvät keskustaan ilman ruuhkia. Sujuva keskustaan saapuminen ylläpitää Turun keskustan vetovoimaa, joka on tärkeä koko Turun seudun tulevaisuudelle. (Turku tavoite)

Kaupunkirakenteen kehittyminen:

Joukkoliikenne väylän varten sijoitetaan maankäytön kehitys ja rakentaminen. Osatavoitteena on keskittää vuoteen 2035 mennessä yli 85 % osuus kehittyvästä maankäytöstä kevyenliikenteen ja joukkoliikenteen vyöhykkeiden vaikutusten piiriin. Ajatuksena tässä on kustannustehokkaan joukkoliikenteen vaatimus, tehokkaasti keskitetyn maankäyttö tukee joukkoliikennettä. (Turku tavoite)

Sujuva ja houkutteleva joukkoliikenne:

Suunnataan suunnittelu kestävään liikkumiseen kaupungissa, kuten joukkoliikenteelle ja kevyenliikenteelle, vähennetään yksityisautoiluun kohdistuvaa suunnittelua. Osatavoitteena on saavuttaa vuoteen 2035 55 % kasvu joukkoliikenteen kasvumääriin. Tämä tarkoittaa noin 2 % vuosittaista kasvua, samaan aikaan yksityisautoilun kulkutapaosuutta pyritään laskemaan 2,5 % vuoteen 2035 mennessä. Turku onkin päättänyt omiksi teemoiksi ratikkakaupunki tai jalankulku- ja joukkoliikennekaupunki. Tiiviistä kaupunki rakenteesta johtuen kaikkea kaupungin liikennettä ei voida järjestää. Turulla onkin tavoitteena lähteä edistämään kulloisellekin alueelle ominaisinta kulkemistapaa. Keskustan liikenne hoidettaisiin jalan ja pyöräillen, keskustaan saapuminen ja lähteminen tapahtuisivat pääasiassa joukkoliikenteellä. Muualla Turun seudulla kuljettaisiin autolla. (Turku tavoite)

Viihtyisyyden ja hyvinvoinnin paraneminen:

Kehittäminen tullaan toteuttamaan Turun keskustassa jolloin parannukset huomataan päivittäisessä arjessa. Turun kaupunki haluaa olla asukas- ja asiakaslähtöinen, joten panostukset rakentamiseen ja jo rakennetun ympäristön laadun parannukseen tulevat olemaan huomattavia. (Turku tavoite)

Investoinnin taloudellinen puoli:

Turun asukkaat ovat sitoutuneet hankkeeseen ja valmiita maksamaan lisämaksuja. Turkulaiset ovat ehdottaneet myös voivansa luopua jostakin muusta hankkeesta raitiotien toteuttamiseksi. Kaupungin on varauduttava hankkeesta aiheu-

tuviin käyttö- ja pääomakustannuksiin. Hankkeen yhteiskuntataloudellista kannattavuutta mitataan. (Turku tavoite)

3.1.3 Yhteenveto tavoitteista

Raitiovaunu helpottaa ja vähentää muun joukkoliikenteen tarvetta. Yhdellä raitiovaunulla voidaan hoitaa 2-3 normaalin linja-auton kapasiteetti. Raitiovaunu kulkee nopeasti ja tiheällä vuorovälillä hyvin kustannustehokkaasti. Raitiovaunun on todettu myös houkuttelevan ihmisiä lisäämään joukkoliikenteen käyttöä. Korvaamalla linja-autot saadaan keskustan liikenteestä hiljaisempi ja houkuttelevampi.

Kaupunkirakenteen eheytyminen nousee toiseksi tavoitteeksi molemmissa kaupungeissa. Raitiovaunulinja houkuttelee varrelleen uusia asukkaita ja alueen rakentamista voidaan tiivistää. Kaupungit voivat ohjata kasvua vapauttamalla tontteja haluamillaan kasvualueille. Kasvualueet valikoituvat hyvien joukkoliikenne yhteyksien varrelta ja päistä. Näin kaupungin on helpompi myös suunnitella tulevaisuuden uusia suuntia kun on tiedossa mistä, minne ja miten suuret ihmismäärät kulkevat.

Joukkoliikenteen sujuvuus houkuttelee jättämään auton kotiin ja suosimaan julkisia. Sujuvuus ja tiheä liikennöintiväli antavat mahdollisuuden täysin autottomaan arkeen. Joukkoliikenteen kannattavuus perustuu houkuttelevuuteen, ilman käyttäjiä ei ole liikennöinnille edellytyksiä. Houkuttelevuuteen voidaan vaikuttaa kiinnittämällä huomioita linjoihin, vuoroväliin, hintaan, siisteyteen, helpouteen ja selkeään informaatioon pysäkillä ja raitiovaunussa.

Turussa halutaan panostaa pienen keskusta-alueen kehittämiseen. Tämä varmistetaan sekä liikenteellisesti että palveluihin panostamalla ensimmäisessä vaiheessa kustannustehokkaasti. Turun toisen vaiheen liikennejärjestelmäsuunnitelma sisältää raitiotielinjat Raisiosta ja Kaarinasta Turun keskustaan.

Tampereella raitiovaunulinjasta pyritään tekemään kaikkia palveleva liikenne-
muoto, jonka etuja ovat raitiovaunuliikenteen ekologisuus ja paikallispäästöttö-

myys. Raitiovaunut eivät päästä kulkiessaan ilmaan minkäänlaisia päästöjä toisin kuin nykyiset dieselmoottoriset linja-autot. Melutasoa saadaan laskettua korvaamalla linja-autot raitiovaunuilla keskusta alueella. Kannattavuus ja kaupungin saamat hyödyt rohkaisevat Tamperetta raitiotielinjan rakentamiseen.

3.2 Raitiotieliikenteen edut

Raitiovaunu on paikallispäästötön, eikä se heikennä kaupungin ilmanlaatua. Toisin kuin muun polttomoottoriliikenteen päästöt jäävät ilmakehään ihmisten hengityskorkeudelle leijailemaan. Sähköntuotanto tavasta voidaan itse päättää, liikennöintiin voidaan halutessa käyttää vain ympäristöystävällistä tuuli- ja vesisähköä.

Raitiovaunut vähentävät bussien ja yksityisautoilun tarvetta keskustassa. Liikennemäärien väheneminen laskee melun määrää. Sähkömoottori ei tuota moottorimelua samoin kuin polttomoottorin aiheuttama matala taajuuksista huriina. Kisko melu on saatu uusissa matalalattiaraitiovaunuissa vähenemään kääntyvillä teleillä ja käyttämällä syväuraisia vaihteita. Kiskomelun vähentämisessä on vielä tulevaisuudessa parannettavaa. Raitiovaunut voittavat linja-autot matalammalla äänen tasolla, käyttöiässä ja esteettömyydessä.

Raitiovaunu on noin 20 % nopeampi kuin vastaavalla linjalla oleva bussi. Erityisesti omat erilliset kaistat nostavat raitiovaunujen keskinopeuden bussien ohi. Raitioteiden sujuvuus paranee helposti järjestettävillä valoetuuksilla, lyhyemmällä pysäkki ajalla ja tasaisella kiihtyvyydellä.

Raitiovaunun tehokkuus ilmenee kun yksi raitiovaunun kuljettaja pystyy tekemään 2-3 bussinkuljettajan työt. Bussin korvaaminen raitiovaunujärjestelmällä lisää voimakkaasti käyttäjiä, yleisesti suunnittelussa käytetään arvoa väliltä 20–50 % mutta todellisuus voi olla ihan mitä vain.

Vuoroväli pysyy tasaisena päätepisteelle saakka. Erityisesti tiheästi liikennöidyillä osuuksilla bussien välit kuroutuvat kiinni. Ongelmana ovat usein 5-10 minuutin vuorovälin bussit. Välit eivät pysy ja bussit kulkevat lähes peräkkäin,

jolloin ensimmäinen bussi on tavallisesti tupaten täynnä ja jälkimmäinen tyhjiin. Vuoroväli myös pitenee huomattavasti, kun linja-autot kulkevat ryppäissä eikä tasaisilla välillä.

3.3 Joukkoliikennemuotojen hyödyt ja haitat

Vertailussa on otettava huomioon henkilöliikenteen säästöt laajemmin. Säästöjä syntyy, kun joukkoliikenteellä saadaan vähennettyä liikennemääriä. Liikennemäärien vähentäminen voi poistaa tarpeen rakentaa kalliita lisäkaistoja ruuhkaisuille osuuksille. Vastakohtaisesti bussiliikenteen jättimäinen kasvu ruuhkauttaa katuja, jolloin tarve joukkoliikennekaistoille syntyy sujuvan liikenteen järjestämisen ylläpitämiseksi, tällöin saadut säästöt valuvat helposti hukkaan. Yleensä parhaat säästöt saadaan omalla erillisellä kaistalla kulkevalla kalustolla, kuten pikaraitiotiellä, metrolla tai lähijunalla. Katutilan ulkopuolella kulkeva kalusto ei aiheuta toimenpiteitä tai haittaa katuverkolle.

Vertailu toteutetaan usein liian suppeasti jolloin ei myöskään tuloksen lopullisuutta voida tarkasti määrittää. Yleensä ei kannata tutkia pelkästään kilometrikustannuksia vaan keskittyä hyötyjen ja kustannusten suhteeseen. Saadaanko suuret kustannukset kompensoitua hyötyjen avulla kuten terveyshyödyillä, palvelujen keskittymisellä, maankäytön lisääntymisellä, eheytymisellä ja arvonnousulla. Näiden pitää olla suhteessa investointiin. Pelkkä hinta ei ratkaise, vaan miten se saadaan takaisin vai saadaanko. Tarkastelun kattavuudella ja rajauksella on suuri merkitys hyötylaskelmiin raideliikenteessä.

Kustannuksia voidaan verrata, jos jokaisen liikennevälineen kustannustekijät tunnetaan. Linjatunti hinta tulee palkkakustannuksista. Linjakilometri hinta tulee poltto- ja voiteluaineista, varaosista ja korjauksista. Autopäivä hinta koostuu pääoman poistosta, koroista ja yleisesti syntyvistä kustannuksista. Tunti- ja kilometrikustannuksien määrä muodostuu siitä mitä enemmän matkustajia yksi kuljettaja voi kerralla kuljettaa. Autopäivän suuruus on suhteessa investoinnin suuruuteen. Kustannustekijät eivät ole suoraan verrannollisia muiden kaupunki-

en kanssa mutta niiden avulla voidaan tehdä suuntaa antavaa arviota. (HSL Tero Anttila)

Linja-auto

Bussien etuna on helppo ja nopea linjojen uudelleen reititys. Reitiltä voidaan poiketa eikä linjan pituus aiheuta ongelmaa. Linja-autojen käyttö onkin vakiintunut kaupunkiliikenteessä helppona vaihtoehtona. Bussien alku investointi on kohtuullinen ja kustannukset ovat maltillisia, mutta pidemmällä ajan jaksolla bussiliikenne tulee kalliiksi. Bussien hintaan vaikuttaakin lyhyt uusintaväli, joka on vain 10–15 vuotta, kun muut joukkoliikennevälineet kestävät tämän moninkertaisesti ja ovat vielä päivitettävissä. Bussi toimii parhaiten keskisuurissa liikennekäytävissä, käytävän liikennetarpeen kasvaessa suureksi raitiovaunu hoitaa liikenteen taloudellisimmin ja houkuttelevimmin.

Pikaraitiotie

Hyötyjä raitiovaunulla on paljon, se houkuttelee uusia joukkoliikenteenkäyttäjiä, tehostaa radan varren rakentamista ja nostaa maan arvoa. Kaupungin keskustan vetovoiman paraneminen näkyy kaupungin elävöitymisenä ja liikkeiden myynnin kasvuna. Raitiovaunu on paikallispäästötön mutta kallis toteuttaa. Toisin kallis alkuinvestointi maksaa itsensä tavallisesti takaisin pitkänä käyttöikänä ja vähäisillä uusintatarpeilla.

Raitiotien huonoja puolia on, ettei sillä voi kulkea muualla kuin kiskoilla. Linjoja ei voida suin päin muunnella eikä onnettomuuspaikkoja tavallisesti voida kiertää. Raitiotien laajentaminen on kallista ja hidasta. Raitiotie palvelee suppealla alueella ja tarvitsee kannattavaan liikenteeseen vilkkaan linjan. Raitiotien kannattavuutta voidaan parantaa syöttöliikenteellä, joka voidaan hoitaa esimerkiksi bussein.

Vilkaasti liikennöitävät bussilinjat on kannattava korvata raitiotiellä kun linjalle tarvitaan yli 4 vuoroa tunnissa. Kaluston käyttöikä on pitkä, vähintään 40 vuotta.

Nykyään useissa kaupungeissa tavoitellaan jopa 60 vuoden käyttöikää. Kaluston asianmukaisella huollolla ja päivityksillä tämä voidaan saavuttaa.

Kaupunginosien syöttöliikenteeseen soveltuu hyvin akkubussi, joka yhdistyy hyvin raitiovaunuihin ekologisuudella. Pidemmällä liityntäliikenne väleillä voidaan käyttää dieselbussia kustannuksellisista syistä.

Akkubussi

Akkubussi yhdistää raitiovaunujen ja dieselbussien hyvät puolet. Akkubussin vapaus liikkua missä vain yhdistettynä päästöttömyyteen on tulevaisuudessa arkipäivää. Akkubussi ei tarvitse ilmajohtoja tai kiskoja, se voi hyödyntää nykyistä katuverkkoa. Ainoastaan rajallinen akkukapasiteetti on rajoitteena. Latauspisteet täytyy järjestää pääte pisteelle tai muulle joukkoliikenteen solmupisteelle.

Akkubussit toimivat parhaiten syöttöliikenteenä runkolinjoille kuten raitiovaunuille tai busseille, mutta myös ihan normaalissa kaupunkiliikenteessäkin. Akkujen kapasiteetti riittää 30–50 kilometriä, tämä on riittävä kaupunkiliikenteessä. Kaupungissa latauspisteet järjestetään solmukohdille (Kuva 2), jossa niitä voi useammat linjat hyödyntää. Latauspisteiden hinta on vielä korkea, joten yksittäisten linjojen ääripäihin tai välille ei kannata rakentaa omaa pistettä. Pidemmällä yksittäisillä reiteillä normaali dieselbussi pärjää paremmin.

EBus-hankkeen mukaan akkubussi soveltuu hyvin myös pohjoisen talveen, kovilla pakkasilla voidaan tarvita sisätilojen lisälämmitystä, joka hoidetaan polttoainekäyttöisellä lämmittimellä. Akkubussia pidetään hyvänä ja taloudellisena vaihtoehtona dieselbusseille. Lahdessa valmistettu akkubussi Linkker ei eroa paljoa normaalista linja-autosta. Linkkeriin mahtuu 120 matkustajaa, sen huipponopeus on 80 km/h. Lataus tapahtuu täyteen noin 3 minuutissa katolta nousevan puomin avulla. Linkkerin hinta on 400–500 000 euroa. Elinikä tavoite on yli 20 vuotta, jolloin raitiovaunun tavoin päivitetään ja käyttöä voidaan taas jatkaa.

Linkker on ympäristö ystävällinen vaihtoehto dieselbusseille. Linkkeri käyttää puhdasta sähköä lataamalla itsensä nostamalla latauspuomin ylös päätepysäkillä. Matkustaja kapasiteetti akkubussissa on samaa luokkaa kuin normaaleilla linja-autoilla, joten se ei lisää eikä vähennä kalusto- ja henkilöstömäärää. Palvelutasoltaan Linkkeri voittaa normaalit bussit hiljaisuudella ja muillakin mitareilla se on vähintään yhtä hyvä. Kauemmas haja-asutus alueille Linkkerillä ei kannata matkata vaan nämä kannattaa hoitaa normaaleilla linja-autoilla.

Linkker busseja on käytössä Helsingissä 6 kappaletta (Kuva 2). Vuoden 2017 loppuun mennessä akkubusseja on Helsingissä 12 kappaletta. HSL on hankkinut bussit leasing-sopimuksella. Turussa on alettu siirtymään asteittain akkubusseihin. Tarkoituksena on muuttaa linjat akkubusseille kun liikennöintisopimukset päättyvät ja tulevat kilpailutukseen. (HSL uutinen, liikennevirasto sähköbussi)



*KUVA 2 Linkker täyssähköbussi havainne kuva Helsingin Rautatieasemalla.
(HSL uutinen)*

4 RAITIOTIEN SUUNNITTELU

4.1 Lainsäädäntö ja standardi

Uudelle kaupunkiraideliikenteelle ei ole Suomessa erityislainsäädäntöä. Koko järjestelmän tekniset ratkaisut toteutetaan markkinoilta saatavalla yleisellä kalustolla ja tekniikan tasolla. Suomessa ei ole raitiotiehen liittyvää kansallista teknistä ohjetta, jota täytyisi noudattaa suunnittelussa. Kaupungit itse määrittävät omat suunnittelun ja toteutuksen vaatimuksensa. Rautatiellä koskeva lainsäädäntö ei koske kaupunkien raideliikennettä. Kaupunkiraideliikenteeseen sovelletaan tieliikennelakia silloin, kun raitiovaunu liikkuu yleisellä tiellä. Lisäksi sähkö- ja paloturvallisuussäädöksiä sovelletaan raitiotien sähköjärjestelmissä ja rakenteiden paloturvallisuudessa. (Finlex kaupunkiraideliikenne)

Saksassa on laadittu BOStrab-standardi kaupunkiraideliikenteeseen. Tämä standardi ohjaa kansainvälisiä ratojen ja vaunujen valmistajia. BOStrabista löytyy määräykset ratojen suunnitteluperusteista, vaunukalustosta, liikennöinnistä ja opastimista. BOStrab ei ole Suomessa lainvoimainen, mutta sitä käytetään suunnittelussa jonkin verran. Helsingin kaupungin liikelaitoksessa on kinasteltu BOStrabin käytöstä ja laajuudesta. (SYVÄURA SELVITYS)

Tulevaisuudessa on hyvin todennäköistä, että Suomeen tulee oma raitiotie lainsäädäntö. Tämä johtuu siitä, että raitiotieliikenne tulee tulevaisuudessa leviämään muihinkin kaupunkeihin, jolloin yhtenäisien pelisääntöjen tarve kasvaa. Pääkaupunkiseudun ollessa ainoana raitieliikenne alueena, ei ole todettu tarpeelliseksi laatia erillistä lakia. Pääkaupunkiseudulla toimiva raitiotieliikenne on saanut toimia omilla säännöillä ja ohjeilla. (Finlex kaupunkiraideliikenne)

4.2 Raitiotien sujuvuus

Suunnittelussa pyritään asiakkaita houkuttelevaan ja palvelevaan linjastoon. Raitiotien suunnittelu lähtee sujuvasta ja häiriöttömästä kulusta pysäkkien välillä. Raitieliikenne on määritettävä tärkeimmäksi liikennemuodoksi ja sille pitää

antaa vahvat etuudet esimerkiksi lähestyttäessä liikennevaloja (Kuva 3). Etuuk-
silla saadaan parannettua raitiotieliikenteen sujuvuutta ja houkuttelevuutta. Rai-
tiotielinjalla pyritään vähintään samaan nopeuteen kuin ympäröivällä ajoneuvo-
liikenteellä. Linjanopeuden nosto vähentää vaunujen tarvetta ja siten säästää
kustannuksia. Pitää kuitenkin muistaa käyttäjien arvostavan enemmän luotetta-
vuutta ja täsmällisyyttä kuin nopeaa matka-aikaa. Toimivan järjestelmän lisäksi
pitää muistaa, että toteutuksen ja suunnittelun pääpaino on halvassa hinnassa.
(Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 50/2007 JOTU)

1. Liikennevaloetuedet (*nopeutus 40–50 % tai n. 10 s/valot*)
2. Jokeri-valot (*sivusuunnalta tultaessa odotusaika poistuu*)
3. Ovitoimintojen nopeuttaminen (*nopeutukset 1–5 sekuntia*)
4. Joukkoliikennekaistojen väärinkäytön valvonta (*ylläpitää kohdan 7. vaikutusta*)
5. Kaistajärjestelyt risteyksissä
6. Valo-ohitukset (liikennevaloviiveet poistuvat)
7. Joukkoliikennekaistat (*nopeutus 15–20 %*)
8. Talvihoidon parantaminen
9. Hidasteiden rakentaminen joukkoliikenteelle myönteiseksi (*nopeutus 7 s/töyssi*)
10. Joukkoliikennekadut.

KUVA 3 Etuuksien vaikutus matka-aikaan tehokkaimmasta alkaen. (Liikenne- ja
viestintäministeriön julkaisu 50/2007 JOTU)

4.2.1 Jokerivalot

Jokerivalo on kolmion muotoinen valo-opastin, jossa on kaksi punaista ja yksi
keltainen valo (Kuva 4). Jokerivalo on normaalisti pimeä, joukkoliikenteen lähes-
tyessä keltainen valo välähtää ja jää hetkeksi palamaan. Punaiset valot palavat
kiinteästi kun risteykseen tullaan. Risteyksen vapautuessa keltainen valo välk-
ky hetken vapauttaen muun liikenteen. Jokerivalot sijoitetaan risteyksiin. Ne
varoittavat muulle liikenteelle joukkoliikennevälineen saapumisesta risteykseen.
Jokerivalo pysäyttää muun liikenteen, jolloin risteävästä suunnasta tuleva bussi
tai raitiovaunu voi turvallisesti ylittää risteyksen. Jokerivalot parhaimmillaan no-
peuttavat huomattavasti joukkoliikenteen sujuvuutta. Jokerivaloilla toteutettu

risteys palautuu normaaliksi nopeammin kuin tavallisilla liikennevalo-ohjauksella toteutettuna. (Liikennevalo)



KUVA 4 Jokerivalot toiminnassa elokuussa 2007 Helsingin Oulunkylässä Bussi-Jokerin linjalla 550 (Wikiwand.com)

4.2.2 Informaatio

Matkustajamukavuutta lisää selkeä ja kattava ajantasainen informaatiojärjestelmä. Informaatio pitää järjestää vähintään pysäkille ja raitiovaunuun, mielellään lisäksi Internet sivulle. Informaatiosta käy selville vaunun sijainti, seuraava pysäkki ja arvioitu matka-aika. Informaatio järjestetään tavallisimmin näyttöruutujen avulla ja lisäksi kuulutuksilla. Näkövammaisille asennetaan laitureille tuntolaatat, joiden avulla he voivat suunnistaa.

4.3 Geometria

Keskinopeutta ajatellen linja pyritään suunnittelemaan mahdollisimman suoraksi ja toteutetaan suurilla loivilla kaarilla. Rataan ei kannata tehdä koukkauksia il-

man järkevää syytä. Raitiotie kannattaa toteuttaa omalle erilliselle kaistalle aina kun se on mahdollista. Erillinen kaista tarvitsee tilaa ja sitä voi olla hankala järjestää tiheästi rakennetussa kaupungissa. Vaihteiden rakenteeseen täytyy panostaa ja niille täytyy varata tarpeeksi tilaa. Vaihteet pyritään toteuttamaan pitkällä vaihteella, jolloin vauhti ei tarvitse hirveästi vähentää. (Tampereen toteutussuunnitelma)

Kaarteiden mitoituksessa pyritään suurin kaarresäteisiin (Kuva 5). Pienellä kaarresäteellä raitiovaunun nopeutta joudutaan hidastamaan turvallisuuden takia. Radan kuluminen ja aiheutuva melu ovat pienempää suurilla kaarilla kuin pienillä. Kaarteen säteeseen vaikuttaa suunniteltu ajonopeus, joka on yleisesti katu ympäristössä 40–50 km/h. Erillisillä rata osuuksilla voidaan kaupunkirakenteesta riippuen käyttää 50–70 km/h suunnittelunopeutta. Erillisillä radoilla on katurataa enemmän järjesteltävissä olevaa tilaa laajoille kaarresäteille ja mahdollisuus myös kallistaa rataa.

Ratageometria	
Raideleveys, mm	1435
Raideväli keskipylväällä, mm	≥ 3750
Raideväli reunapylväällä/seinäkiinnityksellä, mm	≥ 3150
Kaarresäteet (minimi), m	$R \geq 25$
Pituuskaltevuus ratalinjalla, max ‰	40
Pituuskaltevuus pysäkeillä, max ‰	20
Pyöristyskaaret, min m	625
Vaihteiden kaarresäteet, m	50 / 25
Vaihteiden risteyskulmat	1:6 / 1:4 / 1:3,25 / 1:2,28

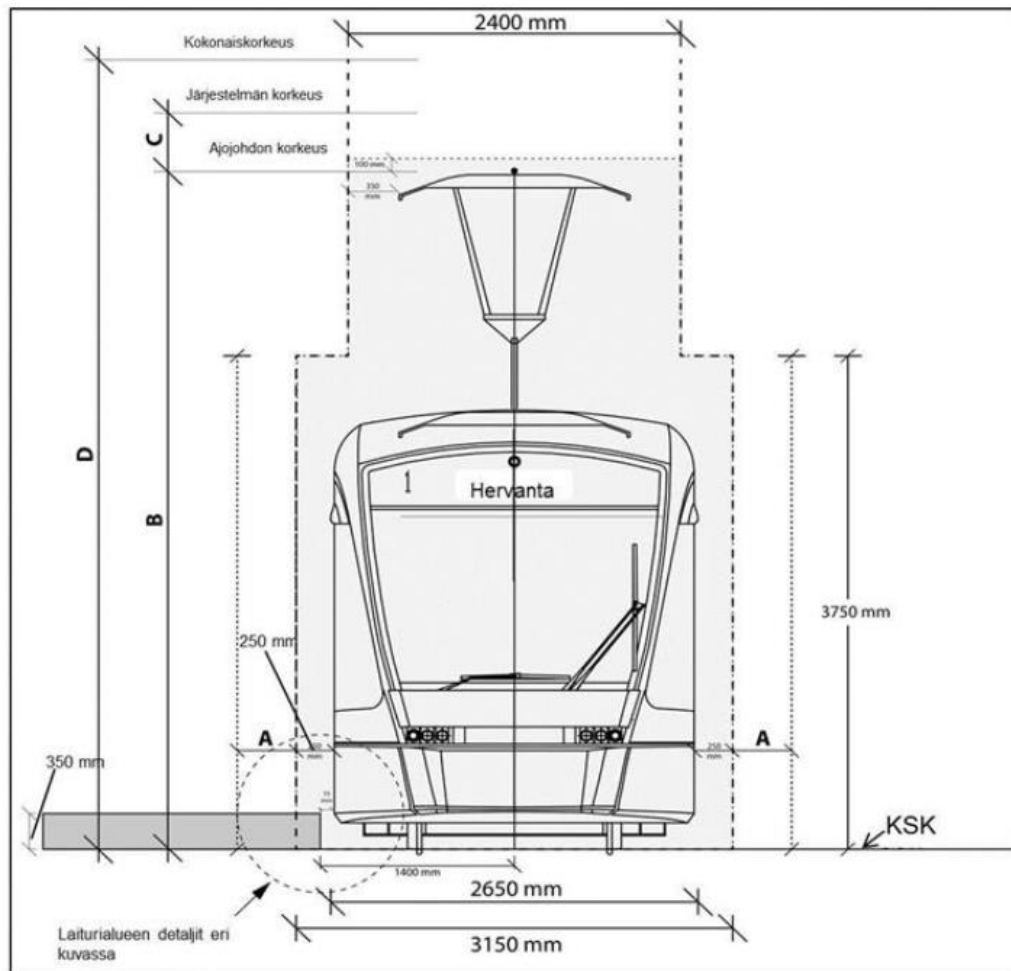
KUVA 5 Ratageometria (Tampereen toteutussuunnitelma)

Tiheästi rakennetussa kaupungissa joudutaan joskus toteuttamaan pieni säteinen kaari, jolloin on pakko hyväksyä sen haitat. Pieni säteiset kaarteet kuluvat nopeammin ja ovat äänekkäämpiä. Haittoja voidaan vähentää kiskojen voitelulla, kuten Tampereella tullaan tekemään. Voitelulla vähentää melua ja kitkaa

raiteen ja pyörän väliltä. Radan kallistaminen kaarteessa tulee kysymykseen vain erillisradoilla joissa on käytössä yli 70 m:n mutta alle 300 m kaarresäde. Katuympäristössä rataa ei kallisteta. (HKL Tampere)

4.3.1 Tilantarve

Tilantarve kiskoliikenteessä määritetään aukean tilan ulottumalla (ATU). ATU huomioi raitiovaunun rungon ja sen uloimmat osat kuten peilit. Lisäksi ATU:ssa määritetään vaunun huojumisen tarvitsema tila. Kaarteissa on otettava huomioon vaunun suurempi tilantarve kuin suoralla. ATU määrää vähimmäisturvetäisyydet kiinteille esteille rata-alueella tai sen läheisyydessä. Aukean tilan ulottuman mitoitus riippuu käytetyn raitiovaunun mallista. Kuvassa 6 hahmotetaan Tampereen raitiovaunun tarvitsema tila pysäkillä, ja kuinka se eroaa vaunun erikohdissa. (Suunnitteluperusteet 1.5 Tampere)



- A = Vaakasuuuntainen turvaetäisyys
 B = Ajojohtajan korkeus
 C = Järjestelmän korkeus, ajojohtajasennus
 D = Kokonaiskorkeus

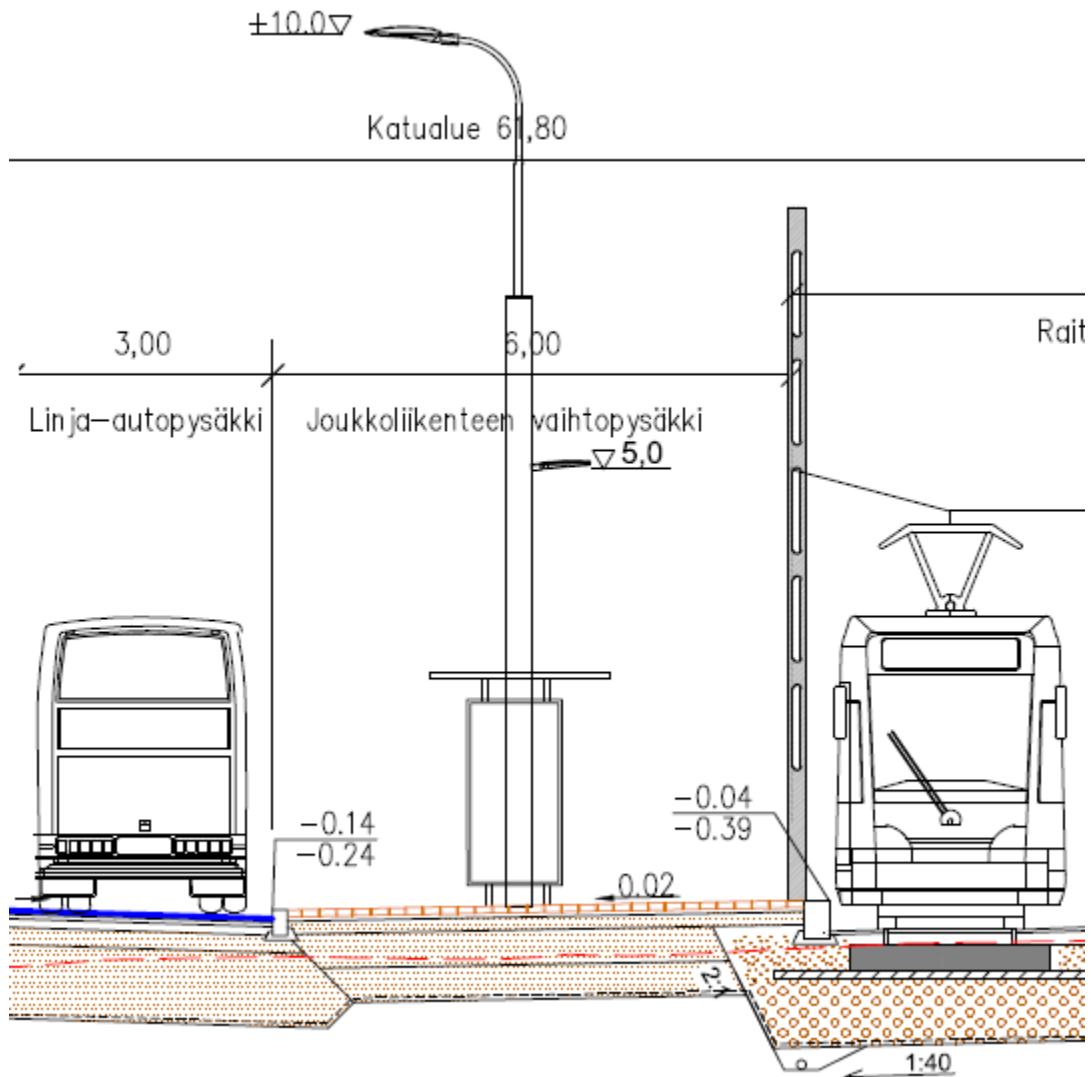
KUVA 6 Aukean tilan ulottuma (Suunnitteluperusteet 1.5 Tampere)

Raitiotielinjan sijoittaminen normaaliin kaupunkirakenteeseen on järkevintä kadun keskelle. Kadun reunalle sijoitettuun linjaa kohdistuu helpommin häiriöitä, kuten väärinpysäköidyt autot ja tonttiliittymäliikenne. Lisäksi risteykset on helpompi suunnitella toimiviksi, kun linja kulkee keskellä. Tilan salliessa rata voidaan toteuttaa erillisellä osalla. Keskelle tai erilliselle radalle toteutettu linja mahdollistaa kevyenliikenteen väylien sijoittamisen kauemmas radasta ja vaarasta. (Suunnitteluperusteet 1.5 Tampere)

4.3.2 Pysäkit

Pysäkkien sijoittelussa on huomioitava jyrkät kaarteet ja pitkät suorat. Pitkälle suoralle ei välttämättä kannata sijoittaa pysäkkiä. Pysäkit on hyvä sijoittaa ennen tai jälkeen kaarteeseen, koska raitiovaunu joutuu muutenkin hidastamaan vauhtia. Suunnittelussa pyritäänkin jättämään turhat hidastukset pois ja hidastuminen tapahtuisi vain pysäkillä saavuttaessa. Pysäkkiväli toteutetaan kaupunki rakenteesta johtuen noin 500–600 metrin välein. Tiheämpi väli hidastaa liikennettä ja pidempi väli ei palvele kaikkia asiakkaista. Hyvällä suunnittelulla saadaankin keskinopeus pysymään ylhäällä.

Pysäkkien sijainnissa otetaan huomio niiden saavutettavuus ja asiakkaiden määrä. Turhat pysähdykset hidastavat raitiovaunun kulkua. Pysäkillä saapumisen täytyy olla vaivatonta. Liityntäpysäköinnille täytyy olla varattu paikkoja ja saapumisverkon oltava kunnossa. Suunnittelussa puntaroidaan onko pysäkistä kannattava tehdä yhteispysäkki, jossa kohtaavat raitiovaunut ja liityntäliikenteen bussit (Kuva 7). Arvioitujen käyttäjämäärien pohjalta määritetään pysäkkien tarkemmat vaatimukset.



KUVA 7 Joukkoliikenteen yhteispysäkki (Tampereen kaupungin tyyppipoikki-leikkaus Rieväkatu paalulta 60)

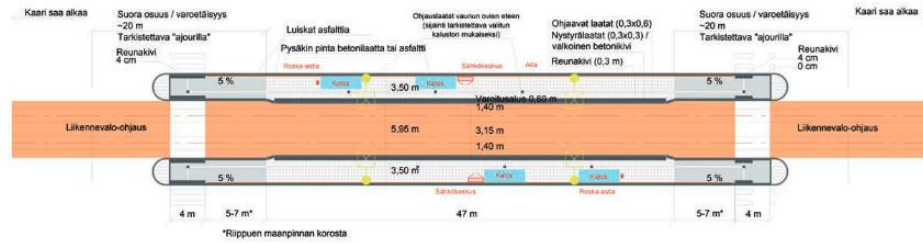
Yleisesti kaikilla uusilla pysäkeillä pitää olla standardin kokoinen sääsuoja jonka edessä on pyörätuolin pyörähdykselle varattu tila. Normaali pysäkki toteutetaan 3.5 metrin levyisenä, jolloin esteettömyys on riittävä. Pysäkit suunnitellaan aina esteettömyydeltään erikoistasoa 1, tällöin otetaan huomioon kaikki käyttäjät ja pyritään tarjoaman heille helppo ja mukava asiointi. Opasteet toteutetaan niin että ne palvelevat kaikkia käyttäjiä myös näkövammaisia. Näkövammaisille asennetaan kohokuviolaatta kulkemisen helpottamiseksi ja tuotetaan ääni-informaatiota tiedottamiseen (Kuva 8). (SURAKU)



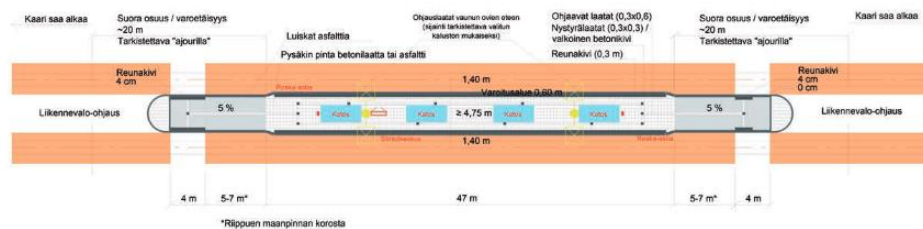
KUVA 8 Matalalattiaraitiovaunu reunalaituripysäkillä, ajojohdin ripustettu orsiripustuksella. (Paddlesteamers Espanja)

Bussien ja raitiovaunujen korkeuseron takia, yhteispysäkit toteutetaan normaalia leveämpänä. Laituri kansi toteutetaan mahdollisimman pienellä kaltevuudella, jotta esteettömyys säilyy. Raitiotiepysäkit voidaan toteuttaa joko reunalaiturina tai välilaiturina (Kuva 9). Reunalaituri on raitiovaunulinjan molemmilla laidoilla ja välilaituri on linjojen välissä yhteiskäytössä. Toteutustapa riippuu käytettävissä olevasta tilasta. Välilaituri ratkaisu tarvitsee vähemmän tilaa kuin reunalaituri. (SURAKU, HKL SUUNNITTELUOHJE)

PERIAATEKUVA 1,
RAITOTIEPYSÄKKI,
Reunailaituri omalla alueella
Liikennevalo-ohjaus
laiturin molemmissa päissä
(1:200)



PERIAATEKUVA 2,
RAITOTIEPYSÄKKI,
Väilaituri
Liikennevalo-ohjaus
laiturin molemmissa päissä
(1:200)



KUVA 9 Raitiotiepysäkin periaatekuva. (Tampere toteutus suunnitelma liitteet)

4.4 Ratarakenteet

Katu ympäristöön rakennettava raitiotie ei lisää alueen hulevesien määrää. Kuivatus hoidetaan ratarakenteen ja kiskojärjestelmän osalta tehostettuna omana järjestelmänä. Rakenteista vesi johdetaan hulevesijärjestelmään. Lisäksi talvisin voidaan joutua käyttämään urakiskoilla lämmitystä, jotta saadaan urat pysymään sulina ja kuivina. Nurmi- ja sepeliraideosuuksilla voidaan kuivatus toteuttaa sala- tai avo-ojin niiden läpäisevien pintojen ansiosta.

Raitiotien rakenteiden kantavuuden mitoituksessa käytetään Tiehallinnon ohjetta tierakenteen suunnittelusta. Kantavuuden riittävä telipaino alusrakenteeseen avoradalla mitoitetaan tavallisesti 120 kN:n akselipainolla. Rakennepaksuus määräytyy vaihde-, laiturin- ja kiintoraideosuuksilla mitoituspakkasmäärän F_{50} mukaan. Varikko alueella pakkasmääräksi riittää F_{10} ja avorataosille F_{20} . Mitoittaminen täytyy tehdä tarkasti koska rataosuuksilla ei sallita suuria routheittoja. (Suunnitteluperusteetpdf.1.5, Tampere raitiotieallianssi)

Vaihdealueella routa voi aiheuttaa vaihteen jumittumisen ja siten kiskoilta suistumisen. Laiturialueella routa aiheuttaa raitiovaunun rungon osumisen laiturirakenteeseen tai vastakohtana kasvattaa laiturin ja vaunun väliä vaarallisen suureksi. Tästä syystä routamitoitus täytyy tehdä hyvin tarkasti. Mitoittamisessa on

huomioitava myös kuivatuksen tehokkuus. (Suunnitteluperusteet pdf.1.5, Tampere raitiotieallianssi)

4.4.1 Vaihteet

Vaihteiden sijoittamisessa pitää ottaa huomioon, etteivät ajoneuvot pääse ajamaan vaihteen yli vahingoittaen sen toimintaa. Risteysalueet ovat muussa mielessä hyvä vaihteen sijoituspaikka. Risteykseen pitää aina hiljentää ja lisäksi vaihde vaatii hitaan vauhdin, joten risteykseen sijoittamalla hoidetaan kaksi asiaa yhdellä hidastuksella. Vaihteita ei saa sijoittaa myöskään suojatielle koska ne lisäävät takertumisriskiä. Lisäksi kulku-urilla ne haittaavat esteetöntä kulkua. Suunnittelussa on muistettava, pidempi vaihde nostaa ylitys nopeutta. (HSL Syväura)

Kaksoisraiteiselle osalle suositellaan sijoittavan raiteen vaihtopaikka aina määrä välein. Tällöin voidaan raidetta vaihtaa häiriötilanteen sattuessa. Häiriintynyt rataosa voidaan ohittaa jonka jälkeen seuraavasta vaihtokohdasta voidaan palata omalle uralle. (Tampere toteutussuunnitelma)

4.4.2 Sähköjärjestelmä

Sähköjärjestelmälle eli ajojohtimille sekä sähkönsyöttöasemalle on varattava suunnitteluvaiheessa tarpeeksi tilaa. Lisäksi on huomioitava muut sähkölisävarusteet kuten ajo-opastimet ja vaihteiden lämmitysjärjestelmät ja niiden tarvitsema energia. Eniten näistä suunnittelua ja tilaa vaatii sähkönsyöttöasema jonka tilatarve ja vaadittu määrä riippuu ajolankojen pituudesta alueella. Yleisesti sähkönsyöttöasemat sijoitetaan 1-4 kilometrin välein ja niiden ohjeellinen tilantarve on 50–100 neliötä. (Yleissuunnitelma Turku)

Sähkönsyöttöasemille pitää taata pääsy 24 tuntia vuorokaudessa vuoden jokaisena päivänä. Asema pitää suunnitella väljästi, jotta kaikki huoltotoimet onnistuvat mahdollisimman nopeasti. Kulku-urien täytyy olla tarpeeksi leveät ja kantavat kestääkseen kunnossapito kaluston ja huoltoliikenteen. Syöttöaseman ovi-

aukot mitoitetaan niin että 6000 kilon painoinen muuntaja voidaan vaihtaa trukilla. (Raide-Jokeri hankesuunnitelma)

Ajojohdin suositellaan sijoitettavaksi 5.5 metrin korkeuteen. Matalin hetkellinen korkeus johtimella on 4.2 metriä raitiovaunun omalla uralla. Yleisen liikenteen alikulussa johdin saa olla minimissään 4.5 metrissä. Maksimikorkeus johtimelle on 6.0 metrissä. Ajolanka voidaan ripustaa joko kiinteästi vaijerilla tai orsilla. Vaijeri kiinnitetään joko ympärillä olevien talojen julkisivuihin tai pylväisiin (Kuva 10). (Yleissuunnitelma Turku, Raide-Jokeri hankesuunnitelma)



KUVA 10 Artic sekaliikennekaistalla, ajolanka on ripustettu vaijerilla talojen julkisivuihin ja pylväisiin. (Raitio Kuvan ottanut Jukka Lyly 3.10.2016)

Kaupungissa alle 50 km/h nopeuksissa ajolanka voidaan kiristää päätekiristyksellä, jolloin tukipisteväli on 28 metriä. Päätekiristys on kannattavaa kaupungissa, kun ajolanka ripustetaan talojen julkisivuihin eikä kalliita pylväitä tarvita. Ajolanka voidaan kiristää pelkästään päistä ja tukea ripustuspisteillä sivuttaissuuntainen liike pois, eikä huomattavaa ajolangan heiluntaa tapahdu. Kaupunkikaarteet toteutetaan tavallisesti vaijeriripustuspisteiden tihentyessä noin 9 metrin välille. (Tampere raitiotien yleissuunnitelman tarkistus keskustakaduilla)

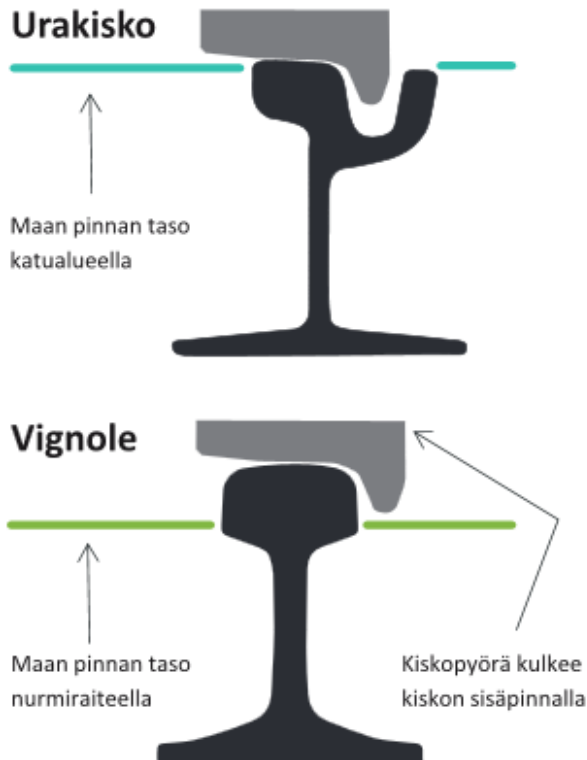
Paino- ja jousikiristystarpeet nousevat esiin yli 50 km/h nopeudessa. Yli 50 km/h nopeudet ajetaan yleensä vain erillisillä raitiotieosuuksilla. Jousikiristys toimii hyvin alle 700 metrin pituiselle ajolanka osuudelle. Painokiristys tulee asiaan tätä pidemmissä osuuksissa. Aina painokiristykselle ei ole tilaa, silloin kiristäminen tapahtuu jousikiristyksellä ja tarvittaessa pitkiä ajolanka osuuksia päätetään, jotta tarvittava kiristys voima saadaan aikaiseksi. Paino ja jousikiristimillä ajolangan ripustuspistevälinä voidaan käyttää jopa 60 metriä. Kustannustehokkaasti ajolanka voidaan pitää huojumattomana vielä 120 km/h. Suomessa mitoitus nopeudeksi riittää 70 km/h, tämän ylittäessä raitiovaunujen turvallisuusvaatimukset nousevat ja kustannukset nousee. (Yleissuunnitelma Turku, Raide-Jokeri hankesuunnitelma, HKL Raitioteiden suunnitteluohje, Tampere raitiotien yleissuunnitelman tarkistus keskustakaduilla)

Orsiripustus toteutetaan lähelle rataa joko radan reunoille, keskelle tai vain toiselle puolelle asennettavalla pylväällä. Yksipuolisessa orsiripustimessa pitää ottaa huomioon kaatavat voimat. Tämä vaatii normaalia tiheämpää pylväsväliä, vahvempi pylväsrakennetta ja järeämpää perustusta. Yhteiskäyttöpylväessä voidaan yhdistää useampi elementti eli ajolangan ripustaminen, valaistus ja liikenteen ohjaus. (Yleissuunnitelma Turku)

4.4.3 Rakenne

4.4.4 Kiskot

Raitiotiellä käytetään ura- ja Vignole-kiskoja, kiskot hitsataan aina jatkuvaksi linjaksi (Kuva 11). Kaarteissa käytetään lujempaa kiskomateriaalia kiskojen kulumisen vähentämiseksi. Kulumista voidaan vähentämään lisäksi pienisäteisissä kaarteissa asentamalla kiskonvoitelujärjestelmä, joka ehkäisee ulomman kulkureunan ja pyöränlaipan kulumista. Urakisko käytetään yleensä risteysalueilla ja muissa liikennöidyissä paikoissa. Urakisko ei sovellu korkeille nopeuksille huonomman vakauden takia. Vignole kisko asennetaan pintaan, joten sitä ei voi käyttää sekaliikenne kaistoilla. Vignole soveltuu hyvin erillisille avoimille radoille ja suuremmille nopeuksille. (Tampere toteutussuunnitelma)



KUVA 11 Raitiotiellä käytettävät kisko profiilit (Tampere toteutussuunnitelma)

4.4.5 Pintamateriaalit

Rata-alueen pintamateriaalina voidaan käyttää joko kiinteitä tai irtonaisia materiaaleja. Kiinteät materiaalit kuten asfaltti ja kiveys ovat helposti koneellisesti puhdistettavia ja hoidettavia. Irtonaiset kuten nurmi ja sepeli vaativat paljon enemmän kunnossapito työtä (Kuva 12). Heikko kantavuus kyseenalaistaa koneellisen kunnossapidon onnistumisen. Pintamateriaaleissa pitää ottaa huomioon, se että ne eivät pölyä raitiovaunun ilmavirrasta. (Turku yleissuunnitelma, Tampere toteutussuunnitelma)



KUVA 12 Nurmi- ja sepeliraiteen yhdistelyä omalla erillisellä rataosuudella Norjassa. (bt.no)

Raitiotie voidaan rakentaa avoimena että suljettuna ratarakenteena. Avoimella ratarakenteella tarkoitetaan kiskojen välin täyttämättä jättämistä. Avoimessa radassa kiskot jäävät maanpinnan päälle ja kiskona käytetään Vignolea. Suljetussa radassa kiskot upotetaan kadun pinnan tasoon, johon yleensä käytetään urakiskoa. (Yleissuunnitelma Turku)

Sepeliraiteen tukikerros toteutetaan vähintään 500 mm:n raidesepeli kerroksella. Pölkkyjen koko on 2200 x 180 mm ja välitys suoralla 750 mm. Pölkkyt upotetaan kerrokseen niin että alle jää vähintään 300 mm:n kerros sepeliä. Pölkkyjen päät peitetään 400 mm levyisellä palteella. Kiskona käytetään Vignolea. Pintamateriaaliseppelin hyvänä puolena on sen halpa hinta ja vähäinen kunnossapidon tarve. Ulkonäöllisesti sepeli jakaa mielipiteet.

Kiintoraidetta käytetään yleisesti sekaliikennekaistoilla ja risteysalueilla (Kuva 13). Kiintoraide tarkoittaa betoniin kiinteästi asennettua ura- tai Vignole kiskoa, jonka välissä on tarvittaessa pinnan tasaava betonilaatta ja valittu pintamateriaali. Pintamateriaalina voidaan käyttää asfalttia, betonia ja kivetystä. Sekaliikennekaistoilla ja pysäkeillä käytetään urakiskoa. Erillisillä osilla voidaan käyttää Vignolea kun halutaan korkeampi siirtymänopeus. Kiintoraidteen alusrakenteet mitoitetaan katuluokan mukaan. Kiintoraide toteutetaan suljettuna ratana. (Tampere toteutussuunnitelma)



KUVA 13 Kiintoraidteen vaihtoa Helsingin keskustassa. (Raitio kuvan ottanut Jorma Rauhala)

Nurmiraide sopii hyvin kaupunki ympäristöön sitoen katupölyä ja vähentäen melua. Toteutus kiintoraidteen tavoin mutta päällysteenä on vain nurmi. Kiintoraide rakenteeseen on jätettävä aukkoja, jotta kasvualustan yhteys maapohjaan säilyy ja läpäisevä vesi pääsee poistumaan rakenteesta. Pinta voidaan myös tehdä reikäkivillä tai nurmikivillä, joista kasvaa nurmi läpi (Kuva 14). (Tampere toteutussuunnitelma)



KUVA 14 Nurmikiviraide, ura-kiskoilla, Helsinki. (Kaupunkitilaohje / Rudus Oy)

Nurmikivi rakenteella saadaan lisää kantavuutta, jolloin esimerkiksi pelastuslaitos voi käyttää kaistaa hyväksi pelastustehtävissä. Nurmiraiteella kantavuus on heikkoa, niinpä nurmiosalla käytetään Vignolea vähäisen kunnossapitotarpeen takia. Urakiskoa käytetään nurmi- ja reikäkivi osilla. Urakiskon ura on työläämpi pitää puhtaana, mutta tiheästi rakennetussa kaupungissa voi olla tarvetta raitiotien käyttöön muillakin ajoneuvoilla. Yhteiskäyttökaista ei toimi Vignole kisko-profiililla. Nurmiraide on kaunis yksityiskohta kaupunkiin ja sen hyvinä puolina on pölynsidonta ja melunvaimennus, lisäksi hulevedet pääsevät imeytymään. (Tampere toteutussuunnitelma)

4.5 Melu ja värinä

Rata-alueen värinä ja runkomelu on otettava huomioon aikaisessa vaiheessa suunnittelua. Maaperän laatu vaikuttaa syntyvään värinään ja melun määrään. Savimaalla syntyy yleensä vähäistä värinää. Kitkamaalla ja kalliolla syntyy vain runkomelua mutta ei värinää. Radan rakenteet aiheuttavat lisäksi värinää ja melua iskuina, kaarteissa, vaihteissa. Pienillä toimenpiteillä melun syntyä voidaan vähentää käyttämällä syväuraisia vaihde- ja risteyskiskoja. Suurempana toimenpiteenä kiskot voidaan kiinnittää pohjalaattaan joustavalla massalla ja lisäksi voidaan käyttää värinäeriste mattoja. (Turku Yleissuunnitelma)

Melun ja värinän vaikutusetaisyyteen vaikuttaa rakennusten etäisyys ja katurakenne materiaalit. Esimerkiksi nurmi ja ympäröivä puusto vaimentavat ääntä. Meluun ja värinään on määritetty raja-arvot. Nykyisin melu on rajattu öisin 45 dB:iin entisen 50 dB:n sijaan, Päivällä arvo saa olla 55 dB. Värinälle on määritetty värähtelynopeuden maksimi arvo joka on 0,30 mm/s. Kokonaisuutena raitiotie keskustassa parantaa ilmanlaatua ja vähentää melu-, värinä- ja pölyhaittoja. (Tampere toteutussuunnitelma)

5 ESIMERKKIKOHDE PIKARAITIOTIE OULUN LENTOASEMA – KAAKKURI

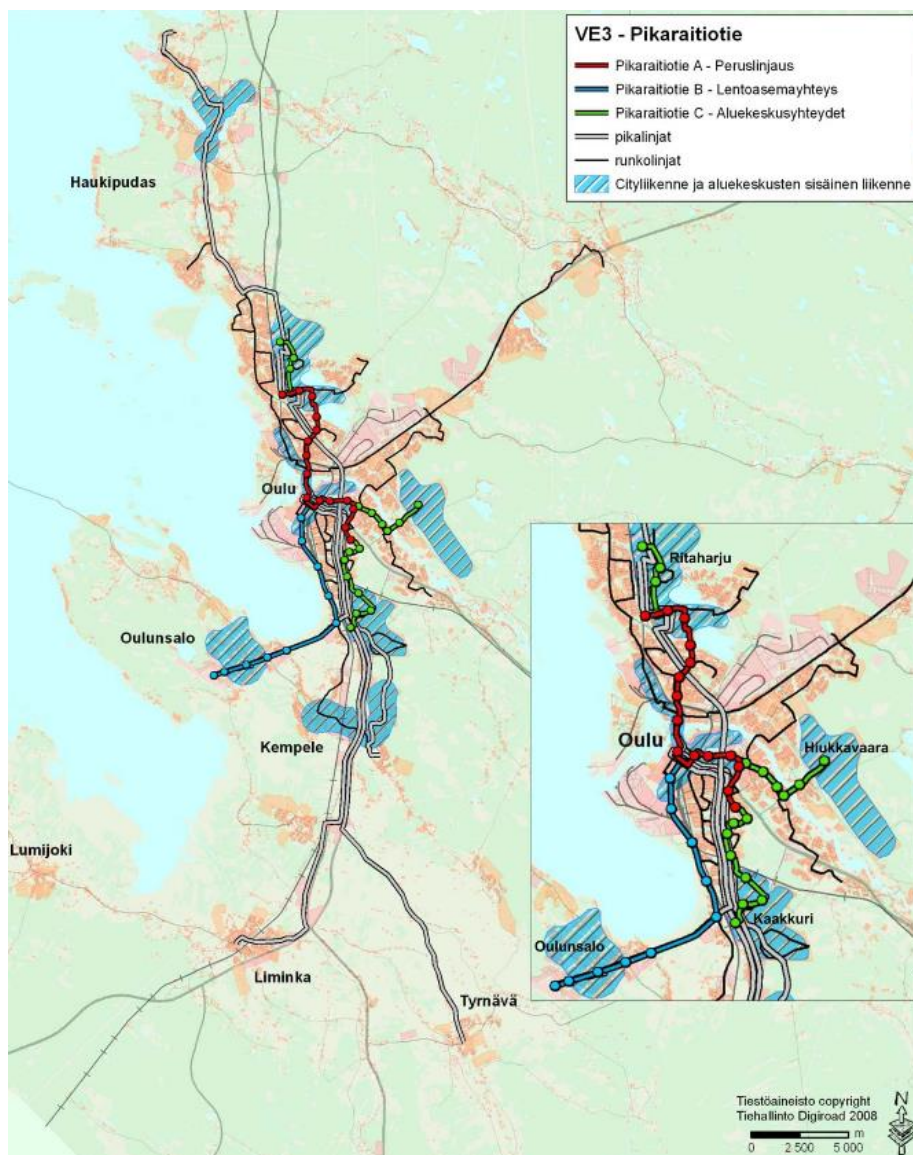
5.1 Lähtötiedot

5.1.1 Raitiotiesuunnitelmat Oulussa

Oulun seudun raideliikenteen esiselvitys 2009

Esiselvityksessä tarkastellaan läpi Oulun joukkoliikenteen kehittämistä tulevaisuudessa. Vaihtoehtoina vertailussa on VE0 nykyinen joukkoliikenne nykyisellä kehityksellä, VE1 Nykyjärjestelmän kehittäminen suuremmalla panoksella, VE2 kehittäminen lähijunaliikenteeseen ja VE3 kehittäminen pikaraitiotiehen.

Pikaraitiotietoteutus oli jaettu perusosaan ja kahteen vaihtoehtoiseen jatkoosaan (Kuva 15). Peruslinjaus kulkee Keskustasta Linnanmaalle, sitä täydentävät yhteydet Oulun lentoasemalle ja Oulun eniten kasvaviin kaupunginosiin kuten Ritaharjuun ja Hiukkavaaraan. Keskustan ja lentoaseman välillä, 400 metrin vyöhykkeellä kerää 850 asukasta/kilometrille. (Infotripla)



KUVA 15 Oulun seudun pikaraitiotie VE 3 suunnitelmat 2009 (Infotripla raideliikenne)

Oulun lentoaseman raideliikenteen selvitys 2014

Waystep consultingin toteuttamassa selvityksessä tutkittiin mahdollista kysyntää raideliikenteelle. Selvitys toteutettiin tutkimalla kolmea eri linjausta nykytilassa, tavoitetilassa 2030 ja ekstra 2040 (Kuva 16). Reitit lähtivät keskustasta ja päättyivät Oulun lentoasemalle erien välipisteiden kautta, jotka olivat Kaakkuri, Lentokentäntie ja Kempele.



KUVA 16 Kysyntäpotentiaalin määrittäminen 2014 eri linjauksille (Oulun raideliikenne kysyntä)

Vuonna 2012 toteutettiin mittaukset 500 metrin vyöhykkeellä asukaspeittävyden selvittämiseksi eri linjauksilla. Nykytilassa eniten asukkaita oli Lentokentäntien vaihtoehdossa. Selvityksessä todettiin Kempeleen asukasmäärän kasvavan Oulunsalon kaupunginosan ohi vuoteen 2030 mennessä. Kempeleen asukkaat kuitenkin sijoittuvat pääasiassa muille alueille kuin mahdollisen raitiotielinjauksen varteen, lisäksi Kempeleen vaihtoehdon pitkä rataalinja rasittaa kovemmin asukas kilometri suhdetta.

Parhaaksi reitiksi osoittautuu asukasta/ratakilometri vertailun mukaan Lentokentäntietä kulkeva linjaus. Asukasmittaukset tarkasteluvälillä suoritettiin jo vuonna 2012, mittauksen mukaan linjauksen vyöhykkeelle sijoittuu 16 342 asukasta, tämä tekee 1184 asukasta per kilometri. Pääasiassa asukkaat koostuvat Oulun

keskusta – Lentokentäntien liittymän väliltä. Tälle välille on arvioitu vuodelle 2030 noin 2232 asukasta kilometrille ja lopulle Lentokentäntien osuudelle vain 429 asukasta kilometrille.

Saksan lainsäädännön mukainen raja ylitetään vain tavoitetilassa välillä Keskusta – Lentokentäntien liittymä. Malli ei vain ota aivan kaikkea huomioon, kuten ihmisten aktiivisuutta käyttää tai olla käyttämättä joukkoliikennettä, eikä lentoaseman sijoittumista linjalle. On kuitenkin hyvä muistaa, että 2000 asukasta / kilometrille on hyvä perusta raitiotien suunnittelun aloittamiselle, muttei vielä takaa kannattavuutta. (Oulun raideliikenne)

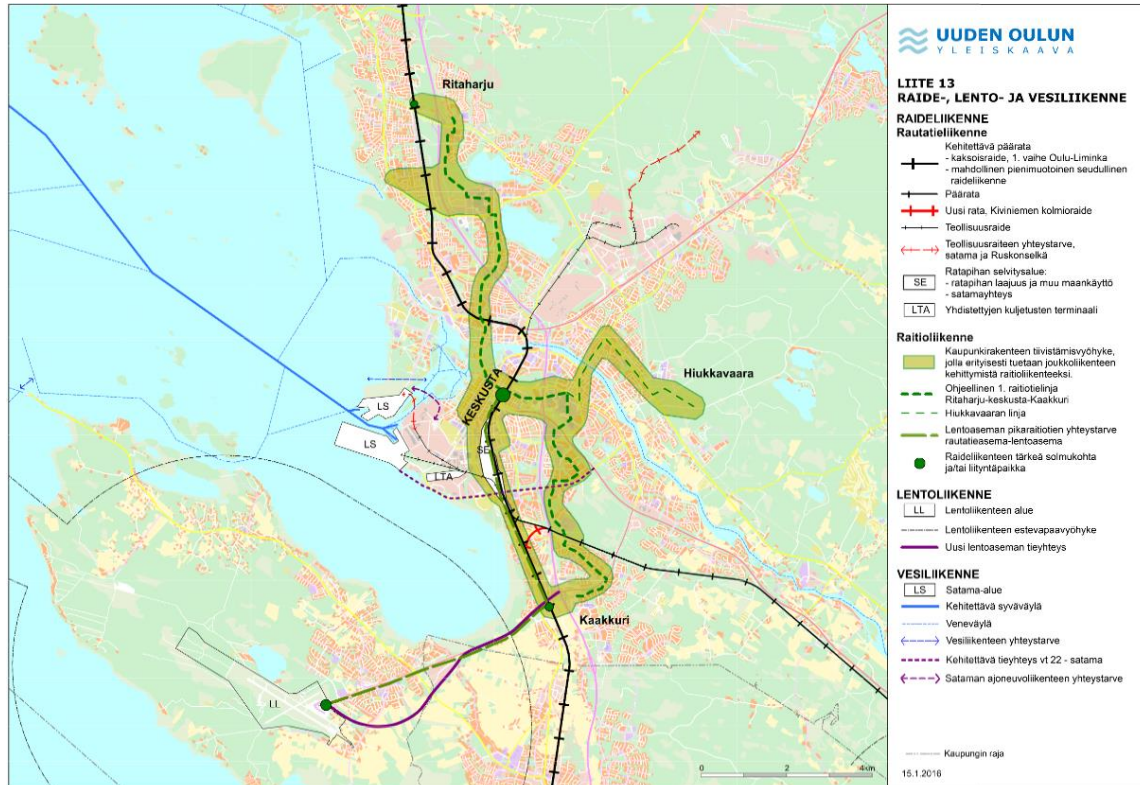
Liikennekäytävällä suoritettiin työpaikkalaskenta vuonna 2010, jolloin paikkoja oli 15 766 kappaletta. Tulevaisuudessa liikennekäytävän varrella olevien työpaikkojen määrä tulee kasvamaan huomattavasti. Vuoteen 2030 mennessä työpaikkoja uskotaan olevan noin 20 553, joista suurin osa Lentokentäntien varrella. Vuoden 2010 työpaikoista yli kolmen kilometrin työmatkan tekeviä oli 7741. Näistä on oletettu olevan 14 % joukkoliikenteen käyttäjiä. (Oulun raideliikenne kysyntä)

Lentoasemalla käy päivittäin keskimäärin 2740 matkustajaa. Heistä puolet voisi käyttää raitiotietä, jos se saadaan houkuttelevaksi ja helpoksi käyttää. Tutkimuksen mukaan vuorokausittainen matkustajamäärä liikennekäytävällä vuonna 2012 oli noin 7 700 ja arvio vuodelle 2030 11 500 matkustajaa vuorokaudessa. (Oulun raideliikenne kysyntä)

Tutkimustulos ei pitänyt kannattavana rakentaa raitiotietä lentoasemalle, mutta suositti raitiotieyhteydelle varattavan tilaa. Joukkoliikennedyhteyksien kehittämisessä päädyttiin ehdottamaan parannettua linja-autoliikenne mallia, jossa välin palvelutasoa korotetaan ajamalla väliä neljällä bussilla 15 minuutin vuorovälillä. Taloudellisista syistä tämä suunnitelma jäi toteuttamatta.

Uuden Oulun yleiskaavaan 2016

Uuden Oulun Yleiskaavaan on merkitty yhteys varaus raitiotielle (Kuva 17). Yleiskaavan ohjeellinen yhteystarve kulkee Ritaharjusta keskustan kautta Kaakkuriin.



KUVA 17 Uuden Oulun yleiskaava 2016 (Ouka yleiskaava)

5.1.2 Henkilöauto- ja joukkoliikenteen nykytila

Oulun lentoasema on pitkään kärsinyt huonosta tieliikenteen sujuvuudesta. Ongelmia on muodostunut usein ruuhka-aikaan Lentokentäntien ja Limingantien liittymän alueella. Liikenne ruuhkautuu usein pahasti ja muodostaa pitkiä jonoja maantielle 815 Lentokentäntielle.

Plaana Oy tekee Lentokentäntielle kehittämisselvitystä, jonka tavoitteena on suunnitella Lentokentäntien parannus välille Pohjantie Kaakkurin eritasoliittymä ja Hailuodontien kiertoliittymä (Kuva 18). Kehittämisselvityksen jakson pituus on noin 4,7 kilometriä. Tavoitteena on saada liikenteestä sujuvaa nyt ja tulevaisuu-

nessa. Toteutuksessa on otettu huomioon tuleva Pohjantien eritasen kehittymisen ja muu alueella tapahtuva liikennettä lisäävä kehitys.

Lentokentäntien kehittäminen

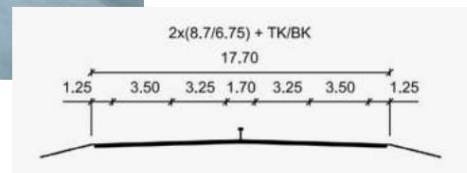
Plana

10

Lentokentäntien leventäminen 4-kaistatieksi



Keskikaiteellinen
2-ajoratainen tie



25.1.2017

KUVA 18 Lentokentäntien kehittämisselvitys. (Yleisötilaisuus Lentokentäntie)

Toteutuksessa keskitytään Limingantien ja Lentokentäntien liittymäalueen parantamiseen ja välityskyvyn nostoon. Nykyistä Lentokentäntien nelikaistaista osuutta jatkettaisiin Hailuodon kiertoliittymään asti. Limingantien ja Lentokentäntien risteyksen toteuttamisvaihtoehdot ovat tasoliittymä- tai eritasoliittymä toteutus.

Nykyisin alueen joukkoliikenne hoidetaan linja-autoilla. Nykyisten bussien aikataulua on yritetty sovittaa paremmin myös lentomatrustajien palveluun. Ennen joukkoliikenne palveli vain alueen asukkaita, bussi lähti lentoasemalta liikkeelle samalla hetkellä kuin lentokone laskeutui. Viime vuosina on tihennetty vuoroväliä entisestä yhdestä + kahdesta lähdöstä tunnissa, nykyiseen kahdesta kolmeen kertaan tunnissa kahdella suoralla linjalla kohti Oulun keskustaa. Bussilla lentoasema – keskusta väli kestää noin puoli tuntia. Bussi lähtee lentoaseman

edestä keskimäärin 25 minuutin välein. (Oulun lentoaseman liityntäyhteyksien kehittämisselvitys)

Lentokentältä kulkee busseja kolmella eri päälinjalla. Oulun keskustaan pääsee kahdella eri linjalla. Linja 8 on niin sanottu pikalinja, jonka reitti kulkee Lentokentäntietä pitkin nelostielle. Nelostieltä matkaa jatketaan keskustan kautta Teknologia kylään. Linja 9 kulkee Oulunsalon asuinalueen läpi palaten lentokentäntien kautta Limingantielle. Linja yhdeksän päättyy Heikinharjuun keskustan kautta. Linja 56 kulkee Kempeleen läpi Tyrnävälle. (Oulun joukkoliikenne)

Liikennemäärät ovat nykyisellään vilkkaimmalla osuudella 16 700 ajoneuvoon vuorokaudessa. Raskaan liikenteen määrä Lentokentäntiellä on noin 300 ajoneuvoa vuorokaudessa. Vuodelle 2030 tehdyn ennusteen arvio on 20 200 – 21 600 ajoneuvoa vuorokaudessa, jolloin arvioitua liikenteen kasvua tapahtuu noin 20 prosenttia. (Yleisötilaisuus Lentokentäntie)

5.1.3 Liikkumistavat Lentokentäntiellä

Oulun lentoaseman kautta kulkee vuosittain noin miljoona matkustajaa. Matkustajat ovat lähes täysin kotimaan matkustajista, kansainvälisten matkustajien osuus on noin 100 000 matkustajaa. Lentoasemasta tehdyn tutkimuksen mukaan arkena tehdyistä matkoista noin 70 % on työmatkoja. Finavian vastaavasta tutkimuksesta saatiin 43 % osuus. Finavian tutkimus ottaa huomioon myös viikonlopun liikenteen. (Oulun lentoaseman liityntäyhteyksien kehittämisselvitys)

Tutkimuksen mukaan suurin osa matkustajista saapuu asemalle ystävän kyydillä 34 % tai taksilla 33 %. Itse ajamalla saapuu 21 % ja vain 8 % linja-autolla. Matkojen yleisin lähtöpaikka on 35 % osuudella Oulun keskusta. Toinen kolmannes saapuu vanhan Oulun alueelta. (Oulun lentoaseman liityntäyhteyksien kehittämisselvitys)

Tutkimuksen mukaan noin 8-12 % lentomatkustajista käyttää linja-autoa. Linja-automatkat painottuvat Oulun keskustasta lentoasemalle erityisesti kello 16–19 välille. Lentoaseman linja-auto pysäkillä oli vuonna 2016 32 250 bussiin nousi-

jaa, joka kertoo tutkimuksen prosenttimäärän olevan hiukan vääristynyt tutkimuksen suppeasta otannasta johtuen, mutta kuitenkin vertailu kelpoinen. Kokonaisuudessaan Lentokentäntien matkustajamäärä on noin 75 000 ja 100 000 matkustajan välillä. (Oulun lentoaseman liityntäyhteyksien kehittämisselvitys, Oulun kaupunki)

Kulikutapaosuuksista voidaan päätellä, ettei joukkoliikenne ole vielä tarpeeksi houkutteleva, vaan vaatii kehittämistä. Keskustassa asuvat ja työssä käyvät kulkijat valitsevat mieluummin muun kuin joukkoliikenteen, vaikka heillä jos jollakin joukkoliikenteen pitäisi olla helpoin liikkumismuoto. Voidaan ajatella, jos paikalliset eivät osaa tai kokevat vaikeaksi käyttää joukkoliikennettä sen pääreitillä lentoasemalle, niin miksi tänne ensimmäistä kertaa tulevat lentomatkustajat käyttäisivät. Matkatavaroiden mukana rahtaamista ei asiassa voida syyttää, toimiihan Helsinki-Vantaa lentoasemaltakin bussi yhteys 615 Helsingin rautatieasemalle.

Oulussa joukkoliikenteen kulikutapaosuus on noin 5 % kun Turussa osuus on 9 % ja Tampereella 17 %. Oulun heikompaa osuutta voidaan perustella laajalle levinneellä kaupunki rakenteella. Oulun pinta-ala on yli viisinkertainen verrattuna Tampereeseen. Yleisesti Oulun alue kärsii heikosta joukkoliikenteen kulikutapaosuudesta. Tämä varmasti johtuu osaksi joukkoliikenteen houkuttelemattomuudesta. Oulun Kaupungissa ja lähistön kaupunginosista liikuttaessa nopeimmin perille pääsee pyörällä, ja toiseksi nopeimmin omalla autolla. Tästä johtuen pitkät matka-ajat bussien kyydissä ja pysäkillä odottaminen, ei houkuttele kaupunkilaisia käyttämään joukkoliikennettä.

5.2 Pikaraitiotielinjaus

Pikaraitiotie toteutetaan kahdessa vaiheessa. Vaiheistaminen on järkevä vaihtoehto näin hintavassa hankkeessa. Vaiheistamalla riskiä jaetaan ja saadaan houkuteltua käyttäjiä kannattavimmalle välille. Tämän jälkeen voidaan alkaa paremmin arvioimaan vaiheen kaksi matkustaja määriä.

Ensimmäinen toteutus vaihe on välillä Limingantulli – Linnanmaan yliopisto. Yliopistolle siirrettävät Oulun ammattikorkeakoulun toiminnot lisäävät liikennettä yliopistolle huomattavasti vuoteen 2020 mennessä. Yliopistolla opiskelevia ja henkilökuntaa tulee olemaan muuton jälkeen yli 20 000 henkilöä. (Yle)

Liikennemäärän kova kasvu pakottaa kehittämään aluetta ensimmäisenä. Kehittäminen toteutetaan pikaraitiotielinjalla Keskusta – Linnanmaa. Välille saadaan tehokas ja tarpeen vaatiessa ruuhka-ajoille tiheän vuorovälin linja. Linja mukailisi Kemintien bulevardin suunnitelmia.

Linnanmaan kampuksella pyritäisiin suosimaan henkilöliikenteessä jalankulkua, pyöräilyä ja joukkoliikennettä. Autolla saapuisivat vain ne, joilla ei olisi mahdollisuutta käyttää joukkoliikennettä. Kampuksella houkuteltaisiin ihmiset pyöräilemään rakentamalla uusia katettuja pyöräpaikkoja, joissa olisi asianmukaiset runkolukittavat telineet. Raitiovaunu informaatiolle tulisi näytöt kampuksen sisälle, näytöstä olisi helppo tarkistaa seuraava lähtöaika ja mahdolliset häiriötilanteet.

Vaihe yksi yhdistää Linnanmaan kampuksen Limingantulliin asti. Tällöin Limingantullin palvelut saadaan liitettyä raitiotielinjalle. Lisäksi Limingantullin rakenteen tiivistäminen asuinrakentamisella, vahvistaa perusteluita jatkaa raitiotielinja heti vaiheessa yksi Limingantulliin asti.

Pikaraitiotien toinen vaihe laajentaisi pikaraitiotie verkon Limingantullista lentoasemalle. Raitiotie tarjoaisi tehokkaan ja hyvin palvelevan syöttöliikenteen lentoaseman ja keskustan välille. Pikaraitiotietä voitaisiin vahvistaa syöttämällä sitä alueen bussiliikenteellä. Limingantien ja Pohjantien liittymän väliin tulisi isompi yhteispysäkki. Yhteispysäkillä tehdään liikennevälineen vaihdosta erittäin helppoa. Pysäkillä saapuisi Oulun eteläpuoleisia linjoja, matkustajat voisivat vaihtaa ratikkaan ja suunnata joko lentoaseman suuntaan tai keskustaan. Raitiovaunut hoitaisivat pääasiassa Lentokentäntien joukkoliikenteen, Busseja tarvittaisiin Pitkäkankaalla ja Hailuodontien varressa.

Vaiheiden yksi ja kaksi linjaukset voisivat kulkea esimerkiksi:

Vaihe yksi linjaus: Linnanmaan yliopisto – Yliopistokatu – Linnanmaantie – Alakyläntie – Kemintie – Merikoskenkatu – Oikokatu – Torikatu – Saaristonkatu – Uusikatu – Limingantie Kallisensuoran liittymä. Linjan pituus 8,1 kilometriä.

Vaihe kaksi linjaus: Limingantie Kallisensuoran liittymä – Äimäraution kohdalla rautatien viereen omalle erilliselle linjalle – Oulunlahdentien alituksen jälkeen käännos Lentokentäntien viereen – Lentoasema. Linjan pituus 12 kilometriä.

5.3 Toteutus tarkasteluvälillä Oulun lentoasema - Kaakkuri

Kustannuksellisista syistä pikaraitiotie kannattaa jakaa useampiin vaiheisiin. Vaiheistamalla kertakustannukset ovat pienemmät ja riski matalampi. Vähäisempi kertainvestointi mahdollistaa rakentamisen myös taloudellisesti huonompina aikoina. Lisäksi rakennustyöstä aiheutuva haitta liikenteelle, on vähäisempi rakentamisen jakaantuessa useammalle vuodelle ja pienille vaikutusalueille kerrallaan. Hankkeen tarkasteluväliksi valitaan vaiheen 2, Lentokentäntien osuus. Tarkastelut tehdään tällä välillä (Kuva 19).



KUVA 19 Pikaraitiotien linjaus tarkasteluvälillä. (Karttapohja

<https://kartta.ouka.fi/ims>) (Liite 1)

Linjaus toteutetaan pääasiassa erillisellä radanosalla yksiraiteisena pikaraitiotienä. Erillisellä radalla tavoitellaan korkeaa keskinopeutta ja ajan säästöä. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon vaunujen kohtaaminen ja niiden tarvitsemat väistötilat. Ohituspaikat pyritään sijoittamaan pysäkkien kohdille, missä niistä aiheutuu vähiten haittaa.

Limingantien ja Pohjantien ramppien alueelta kulkee nykyään yli 10 bussilinjaa keskustaan ja lähiseudulle. Jos nämä yhdistetään syöttämään pikaraitiotie linjaa, saadaan varmasti vähintäänkin riittävä syöttöliikenne ympäryskunnista ja lähialueilta. Todennäköisesti osasta linjoista tulisi päällekkäisiä linjoja, joten osa voitaisiin lopettaa ja loput järjestellä uudelleen.

Raitiotien kustannukset lasketaan yleensä metrille. Kaikki rataosan osat lasketaan yhteen ja niiden arvo jaetaan tutkimusvälin pituudella. Usein hinnat lasketaan aina jokaiselle kadun pätkälle erikseen. Varikkorakenteet lasketaan tavallisesti erikseen budjettiin. Todellinen toteutus hinta liikkuu tavallisesti 4000 – 10 000 euroon metriltä. (Tampereen toteutussuunnitelma)

5.4 Rakenteet

Tulevat kustannustiedot perustuvat Tampereen ja Turun teettämiin kustannuslaskelmiin. Laskelmat on tehnyt Ramboll Oy ja Wsp Oy vuonna 2014.

Raitiotien linjaus välillä lentoasema – Limingantie tulee olemaan noin 7,3 kilometriä pitkä. Sähkönsyöttöasemien mitoitus väli on 1-4 kilometriä. Koska kyseessä on vain yksi linja eikä tiheän raitiotieverkon keskus, voidaan mitoitus katsoa harvalla välillä. Tarkasteluväli voitaisiin siis toteuttaa kahdella sähkönsyöttöasemalla mutta varmuuden takia toteutus tapahtuu kolmella sähkönsyöttöasemalla.

Ensimmäinen asema sijaitsee Limingantien risteyksestä noin 1,5 kilometrin päässä osoitteessa Lentokentäntie 150. Toisen aseman sijainti olisi noin 4 kilometrin päässä Kempeleen ja Lentokentäntien risteyksessä. Kolmas asema olisi 6,5 kilometrin päässä Automaatitien ja Lentokentäntien risteyksessä. Yhden

aseman hinta on noin 1 650 000 euroa kappaleelta. Tämä tekee 7,3 kilometrin matkalla noin 680 euroa per metri.

Radan varrelle tulee kuusi raitiotiepysäkkiä ja yksi pysäkkivaraus jätetään Automaatitien risteykseen. Pysäkit toteutetaan vanhoja linja-auto pysäkkejä hyväksi käyttäen. Lentokentäntiellä ei tarvittaisi yhteispysäkkejä, koska pikaraitiovaunut korvaavat linja-autoliikenteen alueella, mutta toimivia pysäkki paikkoja ei kannata alkaa siirtämään, joten pysäkit kunnostetaan raitiovaunuille käyttökelpoisiksi. Näillä pysäkeillä voidaankin palvella bussein Pitkäkankaan ja Hai-luodon suunnan liikennettä.

Pysäkit toteutetaan esteettöminä. Pysäkki tasanne tulee samalle tasolle, kuin raitiovaunun lattian kanssa. Isoja kaltevuuksia vältetään laiturin tasanteella ja nousu rampilla, jotta pyörätuolilla liikkuminenkin pysyy helppona. Reunapysäkin tasanteesta tehdään 3,5 metriä leveä ja välilaiturista 4,75m leveä. Pituutta laiturin tasaiselle osalle tulee noin 47 metriä. Pysäkeille asennetaan sääsuoja. Pysäkin toteutus hinta on noin 65 000 euroa / pysäkki. Pysäkkien yhteishinta tulee olemaan linjauksella noin 53 euroa metriltä.

Oulunsalon keskuksen kolmen pysäkin yhteyteen toteutetaan polkupyöräparkit. Parkit on katettu, valaistu ja varustettu runkolukittavilla telineillä. Polkupyöräparkeilla voidaan houkutella ihmisiä siirtymään raitiovaunu pysäkille yli 500 metrin päästäkin. Telineen pitää olla turvallinen, jotta käyttäjä uskaltaa jättää pyörän päiväksi vartioimatta. Kohderyhmänä on erityisesti Oulunsalon alueella asuvat mutta muualla työssäkäyvät ja päinvastoin. Yhden pyöräkatoksen hinta on noin 11 000 euroa ja niitä toteutetaan alkuun neljä kappaletta. Hinnaksi linjauksella muodostuu 4,5 euroa metri.

Limingantien risteykseen rakennetaan isompi vaihtopysäkki. Vaihtopysäkille tehdään normaalia laajemmin katettua tilaa, jossa vaihtaminen raitiovaunun ja linja-auton kanssa on helppoa ja tapahtuu säältä suojassa. Pysäkin on tarkoitus toimia liityntäasemana, jossa alueen kymmenet linjat pysähtyvät. Vaihtopysäkki periaatteessa ”siirtää” busseille lentoaseman pohjantien kupeeseen ja säästää

jokaiselta linjalta yli 14 kilometrin matkan lentoasemalle. Tämä parantaa yleisesti lentoaseman tavoitettavuutta joukkoliikenteen avulla.

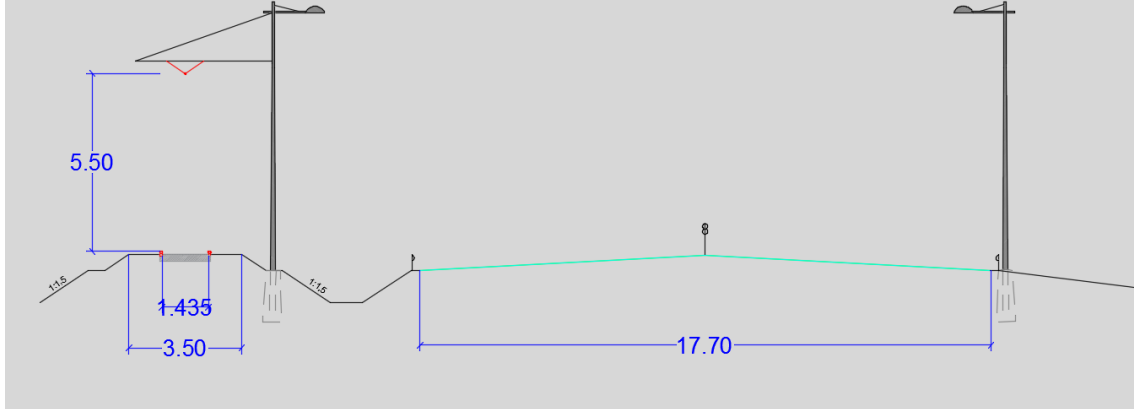
Vaihtopysäkillä saataisiin nostettua palveluastetta paremmaksi jo nykyisillä Limingantien ja Kaakkurin alueen joukkoliikenne kalustolla. Jokaisen bussin ei ole kannattavaa kuljettaa erikseen kyytiläisiä Oulun keskustaan. Vaihtopysäkin rinnalle jätettäisiin toimimaan vain muutama bussiliikenteen lähiölinja keskustaan. Suurin osa kalustosta voisi haravoida tiheämpään lähiseutua ja kuljettaa matkustajat raitiovaunuille. Loppu osa taas hoitaisi liikennettä lähi kunnista vaihtopysäkille. Tällä tavalla saataisiin raitiotielinja parhaimmalle käyttöasteelle ja linja-autot omalle kannattavalle alueelle.

Vaihtopysäkin yhteyteen voitaisiin tarvittaessa, tulevaisuudessa perustaa laajempi liityntäpysäköintialue henkilöautoille. Pysäköintialueella saataisiin Lentokentäntien liikenne määrät rauhoittumaan ja lentomatkustajat pääsisivät helposti raitiovaunun avulla lentoasemalle tai Oulun keskustaan. Tällä vähennettäisiin erityisesti keskustassa yksityisautoilua. Tavoitteena olisi tarjota Oulussa työssäkäyville ihmisille halvalla autopaikka ja liityntäliikenne.

Raitiovaunuille rakennetaan varikko vaiheessa yksi. Varikko sijaitsee lähellä nykyistä rautatien varikkoa. Varikon kustannukset riippuvat, voidaanko nykyisen rautatievarikon kanssa toimia yhteistyössä ja kuinka paljon raitiovaunuja järjestelmään tulee.

Linjaus toteutetaan pääasiassa liikenteeltä erotetulta radanosalla yksiraiteisena. Yksiraiteinen osuus toteutetaan nurmi sekä sepelipintaisena. Kustannus syistä pyritään käyttämään sepelipintaa kun alue ei ole merkittävä. Limingantieltä toteutetaan Hailuodon risteykseen asti 4000 metrin matkalla sepeliraiteista rakennetta (Kuva 20). Hailuodon risteyksestä lentoasemalle toteutetaan erilliset osuudet nurmipintaisena ja sekaliikenne osuudet asfaltilla. Kiertoliittymissä käytetään nurmikiveä. Pysäkki alueilla voidaan pintamateriaalina käyttää kivetystä tai betonia.

LENTOKENTÄNTIE TYYPPIPOIKKILEIKKAUS 1:100



KUVA 20 Tyyppipoikkileikkaus Lentokentätien 4-kaistatiestä ja raitiotie suunnitelmista välillä Pohjantie Kaakkurin eritasoliittymä ja Hailuodontien kiertoliittymä.

Erilliset raideosuudet toteutetaan Vignole-kiskolla. Urakiskoa käytetään kun liikutaan muiden ajoneuvojen seassa. Urakiskoa asennetaan keskustan kohdalla 700 metriä ja lentoaseman alueelle 400 metriä, eli yhteensä 1100 metriä. Vignole-kiskoa käytetään 6200 metriä. Ura- ja Vignole-kisko ovat samanhintaisia ja niiden hinta sisältää asennus alustan eli yleensä betonilaatan. Kiskopakettien metrihinta on 1300 euroa. Kiskojen hinta-arvio nousee 11,3 miljoonaa euroa.

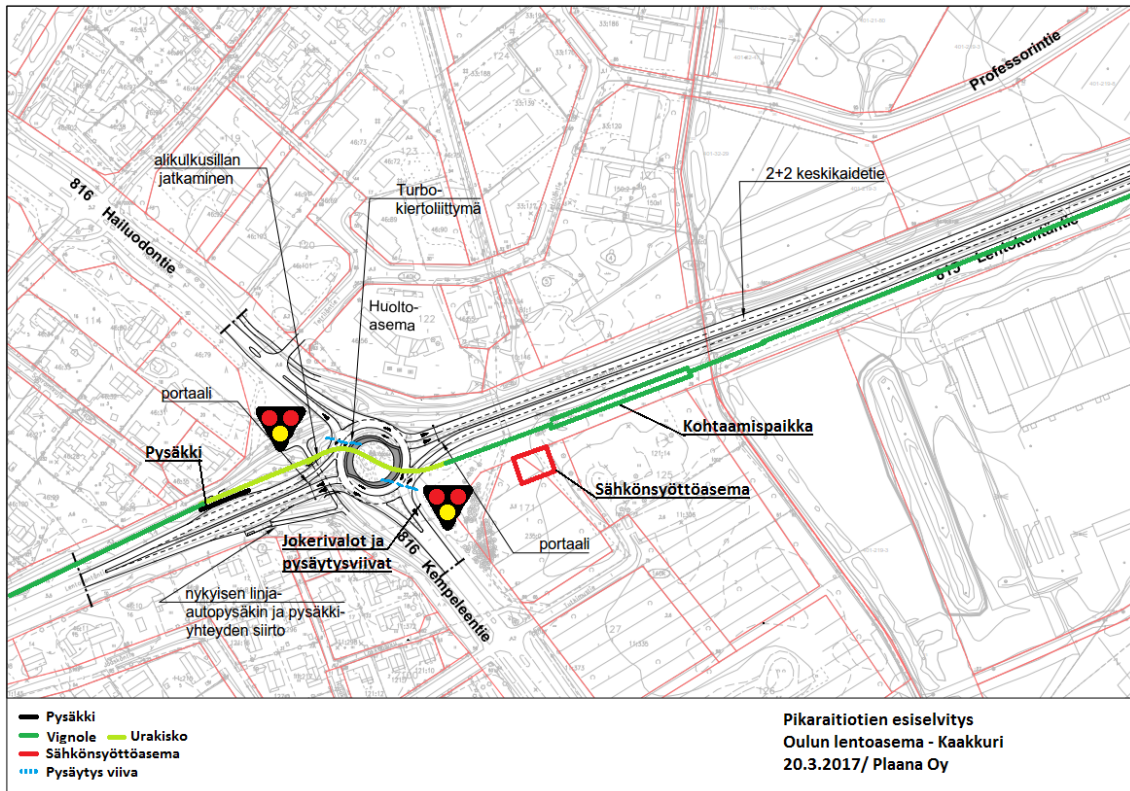
Erillisen raideosuuden pinnan hinta koostuu valituista materiaaleista eli sepelistä 50 euroa metri tai nurmetus 100 euroa metri. Lisäksi alle tarvitaan rakennekrokset, esimerkiksi paalulaatta noin 220 euroa metri ja tukikerroksen sepeleinti 85 euroa metri. Hinnaksi linjauksella muodostuu 355 – 405 euroon metriltä. Kiintoraide osuudella pintamateriaaliksi tulee asfaltti 170 euroa metri. Keskustan kaksi kiertoliittymää toteutetaan 25 metrin matkalta nurmikivellä. Nurmi- kiven hinta on 700 euroa metri.

Vaihteet toteutetaan pitkinä vaihteina ja pysäkkien läheisyyteen, jolloin niihin ei erikseen tarvitse hidastaa. Vaihteita tarvitaan 10 kappaletta. Yhden vaihteen hinta on noin 140 000 euroa kappaleelta. Vaihteiden hinta tulee olemaan yh-

teensä 1 400 000 euroa eli noin 192 euroa metriltä. Vaihteita tarvitaan pääasiassa pysäkkien tuntumaan, jossa toteutetaan kohtauspaikat raitiotieliikenteelle. Kohtauspaikat toimivat niin että pysäkillä oleva jää odottamaan vastaan tulevaa raitiovaunua.

Linjaus välillä käytetään yhteiskäyttöpylviä joihin voidaan kiinnittää kadun valaistus, opastimet sekä raitiotien ajolangat. Ajolankajärjestelmä sisältää ajolanگان ja pylväsrakenteet kokonaisuudessaan. Kustannusarvio järjestelmälle on noin 600 euroa metriltä.

Jokerivaloja toteutetaan 10 kappaletta. Jokerivalo on joukkoliikenteen erityisvalo (Kuva 21). Valo antaa ennako ilmoituksen risteykseen saapuvasta joukkoliikennevälineestä ja siten pysäyttää muun liikenteen. Joukkoliikennevälineen ohittaessa risteyksen, valot palauttavat liikenteen normaaliksi. Jokerivalo aiheuttaa lyhyemmän katkon kuin normaaliliikennevalo-ohjaus ja sekoittaa liikennettä vähemmän. Jokeri- opastinvalon hinta on 1200 euroa kappaleelta.

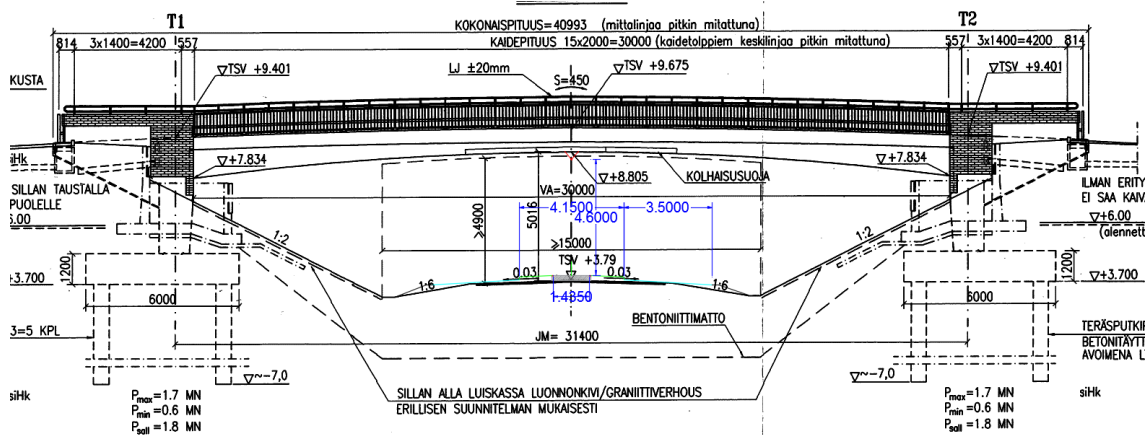
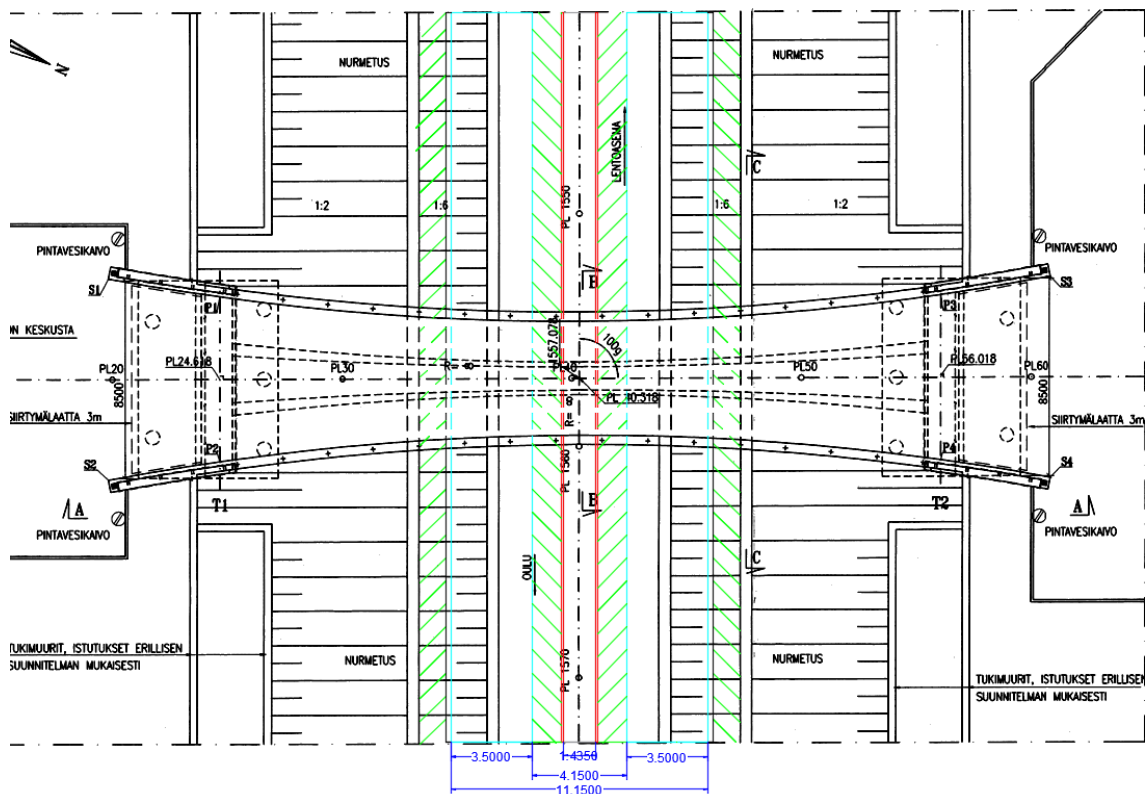


KUVA 21 Jokerivalot ja pysäytysviivat Hailuodontien risteyksessä (Liite 2)

Linjaus kulkee pääasiassa erillisellä radalla Lentokentäntien vierustaa pitkin. Pikaraitiotie kulkee Lentokentäntien yli Hailuodon kiertoliittymän kohdalla. Oulunsalon keskustan kohdalla raiteisto siirtyy Lentokentäntien keskelle ja kulkee siinä yhden kiertoliittymävälin. Kauppakeskus Kapteenin jälkeen raitiotieliikenne siirtyy takaisin omalle erilliselle osalle.

Toimenpiteitä aiheuttavia alikulkukäytäviä tarkasteluvälillä on viisi kappaletta. Tavallisesti riittävä toimenpide on alikulun jatkaminen, jolloin saadaan raitiovaunuille riittävästi omaa tilaa. Alikulkukäytävän jatkaminen onnistuu neljässä kohdassa ja yhdessä kohdassa rakennetaan kokonaan uusi silta. Kustannuksia silloista syntyy noin 489 000 euroa.

Lentokentäntien yli menee ylikulkukäytävä Oulunsalon keskustan kohdalla (Kuva 22). Ylikulun vapaa-aukko on 30 metriä. Nykyiselle tielle on varattu 15 metriä tilaa, jossa vapaa-alikulkukorkeus on 4,9 metriä. Suunnitelmana on leventää nykyistä tietä ja toteuttaa raitiotie keskelle (Kuva 23). Raitiotielle varataan ajoratojen välistä 4,15 metrin tila, joka korotetaan reunakivellä ajoradan pinnasta. Korotuksen pitää olla maltillinen jotta se ei haittaa talvi kunnossapitoa, mutta pitää raitiotien erillisenä ja havaittavana muulle liikenteelle. Vapaa-alikulkukorkeus laskee 4,6 metriin mutta tämä riittää raitiovaunuliikenteelle. (Ylikulkukäytävän yleiskuva, Pertti Wirkkala, Oulun kaupungin yhdyskunta ja ympäristöpalvelut, Liite 3)



Arvioidut rakentamiskustannukset nousevat tarkasteluvälillä noin 3300 euroon / metriltä. Hinta sisältää vain niin sanotut kiinteät rakenteet kuten pintamateriaalit,

kiskot, sähköistuksen ja pysäkit. Kustannuksissa ei ole tarkemmin huomioitu rakennekerrosten rakentamisen hintaa koska maaperästä ei ole tarkempaa tietoa saatavilla. Pohjarakenteiden rakentamishinta liikkuu normaalisti välillä 1200 – 2000 euroa / metriltä. Tämän perusteella raitiotien hinnaksi tulisi 4500 – 5300 euroa / metriltä.

5.5 Liikennöinti

Liikennöinti toteutetaan Transtechin Artic-sarjan pikaraitiovaunuilla Tampereen tavalla, hinta noin 3,5 miljoonaa kappaleelta riippuen tilauksen koosta. Vaunut ovat kaksisuuntavaunuja, joilla voidaan nopeasti vaihtaa kulkusuuntaa. Kulkusuunnan vaihdolla säästetään erityisesti kun raitiotieverkolle ei tarvitse tehdä kalliita ja tilaa vieviä kääntöpaikkoja.

Artic-sarjan puolesta puhuu hyvät koekäyttökokemukset useammalta vuodelta Helsingin raitiotieverkolla. Helsinki on tilannut Artic sarjallisia korvaamaan 2000-luvulla hankittuja Variotram-vaunuja, jotka eivät kestäneet Helsingissä. Myös Tampere on valinnut Transtechin kalustovalmistajaksi.

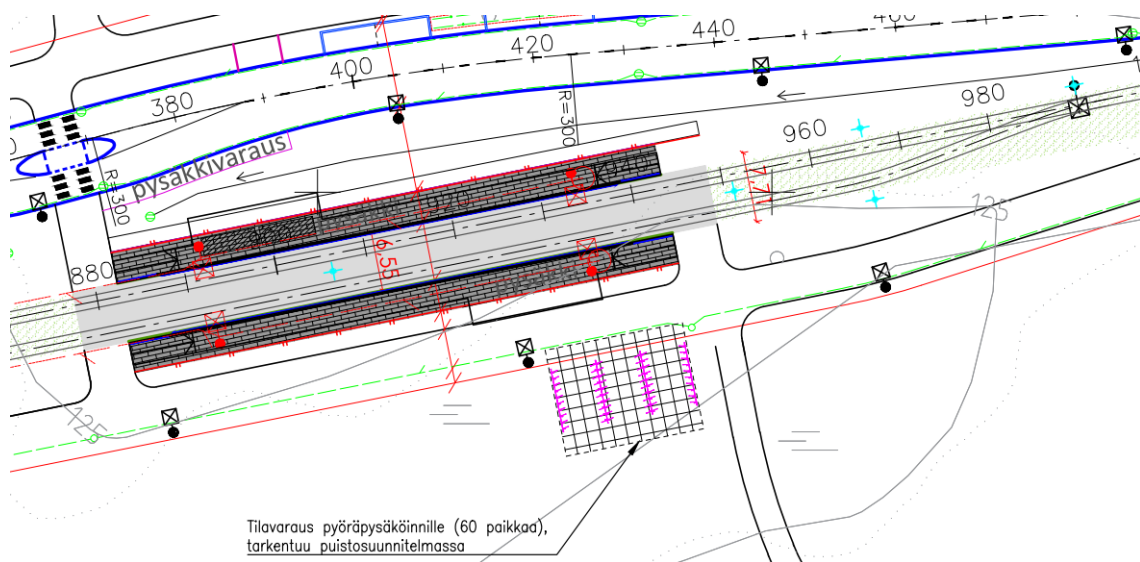
Raitiovaunujen matkan kesto on arvioitu laskemalla teoreettinen arvio johon on lisätty varmuus. Esimerkiksi vaihtopysäkin ja Vihiluodon pysäkin väli on 2,9 kilometriä. Lasketaan aika ja matka mikä kuluu saavuttaa välille suunniteltu huippunopeus 70 km/h. Artic-vaunujen kiihtyvyys on noin 0,8 m/s² ja hidastavuus on 0,6 m/s².

Teoriassa Artic pystyy kiihdyttämään paikaltaan 70 km/h ja hidastamaan takaisin pysähdyksiin 57 sekunnissa noin 550 metrin matkalla. Omassa tarkastelussa olen käyttänyt matkana 700 metriä ja tähän kuluneena aikana 1 min 12 sekuntia. 700 metrin yli menneen osan ajan olen laskenut 70 km/h mitoitusnopeudella. 2,2 kilometrin osuus kestää 1 minuutin ja 53 sekuntia. Yhteensä 2,9 kilometrin välin kesto on 3 minuuttia ja 5 sekuntia. Pysäkeillä pysähdytään keskimäärin 20 sekunniksi. Välillä Limingantien risteys – lentoasema kuluu 9 minuuttia ja 20 sekuntia sisältäen neljä 20 sekunnin pysähdystä pysäkeille. Oulun keskusta tavoitettaisiin lentoasemalta noin 20 – 25 minuutissa.

Vuoroväli olisi normaalisti 15 minuuttia, joka palvelisi hyvin myös lentoasemalle saapuvia ja lähteviä. Ruuhka-aikoinakin 15 minuutin vuorovälin pitäisi olla riittävä. Linjaus kohdistuu hiljaiselle alueelle, jossa voidaan iltaisin ja öisin vuoroväliä pidentää. Hiljaisina aikoina vuoroja voidaan kohdistaa paremmin palvelemaan lentoaseman asiakkaita. Tarvittaessa tulevaisuudessa vuoroväli voidaan tihentää 10 minuuttiin.

Lentoaseman ja Oulun keskustan väliselle liikennöinnille riittäisi 4 kappaletta pikaraitiotievaunuja. Tällä saavutettaisiin 15 minuutin vuoroväli ja 20 – 25 minuutin matka-aika.

Kohtaamispaikkojen paikka vaihtuu aina riippuen liikenteen sujuvuudesta. Tästä syystä väistötila toteutetaan joka pysäkillä tai niiden läheisyyteen (Kuva 24). Kuljettajille järjestetään välineet kommunikointiin vastaan tulevan raitiovaunun kuljettajaan, jotta väistö vuorosta voidaan sopia. Raitiovaunujen paikkatieto järjestelmällä varmistetaan aina pysäkiltä lähtiessä, ettei vastaan tulevaa liikennettä ole. Jälkimmäinen pysäkillä oleva jää odottamaan vastaan tulevaa ennen omaa vuoroaan.



KUVA 24 Reunalaituri pysäkki, jossa vaunut mahtuvat kohtaamaan, esimerkiksi Vihiluodon pysäkki. (Tampere toteutussuunnitelma liitteet)

Linjaus toteutetaan mahdollisimman suorana jolloin näkemäesteitä ei ole. Tällöin suojalaitteiden häiriötilanteessa raitiovaunun kuljettajat näkevät vastaan tulevan raitiovaunun ajoissa ja voivat vielä turvallisesti pysähtyä. Raitiovaunun normaali pysähdysmatka 70 km/h vauhdista on 315 metriä pelkällä sähköjarrulla. Tätä voidaan huomattavasti tehostaa levy- sekä magneettijarrulla, jolloin pysähtyminen jää huomattavasti alle 100 metrin.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Oulun joukkoliikenteen matkustajamäärä on noussut viime aikoina kovasti. Vuonna 2016 matkamäärä nousi noin 15 prosenttia edellisvuodesta. Oulussa tehtiin yli 8,1 miljoonaa matkaa. Tähän on vaikuttanut Waltti-matkalippujärjestelmän käyttöönotto. Vuoden 2017 kolmen ensimmäisen kuukauden aikana matkamäärä kasvoi 10 prosenttia. (Sami Puuperä, Joukkoliikennesuunnittelija, Oulun kaupunki)

Oulun kaupunki on onnistunut parantamaan joukkoliikenteen käyttöastetta Oulun seudulla, vaikeista lähtökohdista huolimatta. Oulun kaupunkirakenne on hajautunut laajalle alueelle, joka vaikeuttaa joukkoliikenteen kannattavaa toimintaa. Oulun kaupunki onnistui matkalippu uudistuksessa ja lanseerasi Waltti-kortin. Kortilla maksaessa matkalippu on halvempi kuin käteisellä ostettaessa. Itse maksaminenkin tapahtuu nopeampaa, jolloin säästetään pysähdysajasta, joka näkyy koko linjan matka-ajassa.

Asenteiden ja arvojen muuttuminen tapahtuu hitaasti. Muuttumista voidaan nopeuttaa ohjauksella, mutta muuttumisen suuntaa pitää kokoajan tarkkailla. Muuttuminen ei saa tapahtua hyvistä liikkumismuodoista vaan joukkoliikenteen kehittämisen tavoitteena on vähentää yksityisautoilua ja lisätä kevyenliikenteen ja joukkoliikenteen määrää. Kevyenliikenteen terveyshyödyillä voidaan kompensoida joukkoliikenteen tulosta.

Kustannusten nousu ohjaa yksityisautoilua koko ajan vaihtoehtoihin kulkumuu-
toihin, myös yritykset ovat huomioiva kustannukset, jonka seurauksena työsuh-
deautojen määrä on laskussa ja yhä useammin leasing-autoksi valitaan vähä-
päästöinen hybridi. Polttoainekustannukset kasvavat ohjaten käyttäjiä siirty-
mään halvempiin vaihtoehtoihin kuten joukkoliikenteeseen ja kimppa kyyteihin.
Tässä voikin tulevaisuudessa olla joukkoliikenteen mahdollisuus, toteuttaa koh-
tuuhinnalla, nopeilla yhteyksillä ja tarpeeksi usein liikennöiviä linjoja.

Kalliin perustamisinvestoinnin takia hankkeen pitäisi olla alusta asti kannattava, mutta Oulun kaupungin rakenne ei tätä vielä mahdollista. Tästä syystä päätettäessä pikaraitiotien toteutuksesta on alkuun tutkittava tarkemmin tiiviisti asutettuja kaupunginosia ja alueita joissa asukasmäärät tulevat kasvamaan. Raitiotien suunnitellulle vaikutusalueelle voitaisiin esimerkiksi postin välityksellä tehdä kysely liikkumistavoista ja kohteista. Kysely kannattaa toteuttaa myös oppilaitoksissa, koska iso osa tulevista käyttäjistä löytyy sieltä. Kyselyllä voitaisiin arvioida raitiotien käyttöastetta ja kannattavuutta.

Tällä hetkellä pikaraitiotietä ei ole kannattava rakentaa Oulun lentoasemalle. Lentokentäntien varren asukasmäärä on vähäinen ja heistä vain pieni osa olisi potentiaalisia asiakkaita. Lentoaseman matkustajat ja alueen työpaikkaliikenne eivät vielä riitä kannattavaan liikennöintiin. Nykyinen vuosittainen joukkoliikenteen matkamäärä Lentokentäntiellä on 75 000 - 100 000 matkan eli vain noin 205 - 274 matkaa päivässä.

Ehdotuksena keskustan ja Oulun lentoaseman välin joukkoliikenteen kehittämiseksi on perustaa akkubussien pilottihanke. Tällä välillä voitaisiin tutkia paremmin akkubussien soveltuvuutta pohjoisiin oloihin. Ouluun saataisiin vihreälinja lentoaseman ja keskustan välille. Samalla voitaisiin testata, löytyykö ekologiselle kulkumuodolle kysyntää Oulussa.

LÄHTEET

1. bt.no. Saatavissa: <http://www.bt.no/kultur/Dette-far-du-hore-pa-Bybanen-til-Flesland-306595b.html#&gid=1&pid=1> Hakupäivä 21.4.2017
2. Finlex kaupunkiraideliikenne. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2015/20150043#idp919776> kohta 2.1 Hakupäivä 20.3.2017
3. Helsingin seudun väestöennuste. Saatavissa: http://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/julkaisut/pdf/15_10_05_Tilastoja_33_Vuori_Laakso.pdf Hakupäivä 4.4.2017
4. HKL Raitioteiden suunnitteluohje. Saatavissa: http://www.e-julkaisu.fi/hkl/raitioteiden_suunnitteluohje/ Hakupäivä 4.4.2017
5. HSL Tero Anttila Saatavissa: http://www.pllry.fi/jouto_esitykset/Tero%20Anttila%20Mist%E4%20kustannukset%20syntyv%E4t.pdf Hakupäivä 24.4.2017
6. HSL Uutinen. Saatavissa: <https://www.hsl.fi/uutiset/2017/helsingin-ensimmainen-tayssahkobussi-lahtee-liikenteeseen-tammikuussa-9583> Hakupäivä 11.4
7. HSL vuosikertomus 2015. Saatavissa: https://www.hsl.fi/sites/de,faul/files/hsl_vuosikertomus_fi_2015_aukeamat_1.pdf Hakupäivä 4.4.2017
8. Infotripla raideliikenne raportti 2009. Saatavissa: http://www.infotripla.fi/oulunliikenne/julkaisut/Joukkoliikenne/raideliikenne_raportti_syyskuu2009.pdf Hakupäivä 3.4.2017

9. Kaupunkiliikenne raitioteiden historia. Saatavissa:
<http://www.kaupunkiliikenne.net/Helsinki/hehistoria.html> Hakupäivä 11.4.2017
10. Kaupunkitilaohje / Rudus Oy Saatavissa:
<http://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/raitiotie/> Hakupäivä 21.4.2017
11. Kaurala Hanna. Diplomi-insinööri, Plaana Oy, Oulu. Palaverit ja keskustelut Helmikuu 2017 - Huhtikuu 2017 aikana.
12. Laura Riipinen Viranomaisen rooli kaupunkiraideliikenteessä. Opinnäytetyö. Saatavissa:
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/16003/master_Riipinen_Laura_2015.pdf?sequence=1 Hakupäivä 17.3.2017
13. Liikennevalo. Saatavissa
<http://www.liikennevalot.info/tieto/jokerivalot.shtml> Hakupäivä 24.4.2017
14. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 50/2007 JOTU. Saatavissa:
http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78829/LVM50_2007.pdf?sequence=1 Hakupäivä 11.4.2017
15. Liikennevirasto sähköbussi selvitys. Saatavissa:
https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134042/its_2017-21_978-952-317-388-0.pdf?sequence=2 Hakupäivä 24.4.2017
16. Ouka yleiskaava. Saatavissa:
<https://www.ouka.fi/oulu/kaupunkisuunnittelu/uuden-oulun-yleiskaava> Hakupäivä 7.4.2017
17. Oulun lentoaseman liityntäyhteyksien kehittämisselvitys, Waystep consulting Hakupäivä 3.4.2017

18. Oulun liikenne. Saatavissa: <http://wp.oulunliikenne.fi/wordpress/wp-content/uploads/2014/05/Oulun-seudun-liikennej%C3%A4rjestelm%C3%A4suunnitelma-2030.pdf> Hakupäivä 4.4.2017
19. Oulun raideliikenne kysyntä. Saatavissa: <http://wp.oulunliikenne.fi/wordpress/wp-content/uploads/2014/05/Oulun-lentoaseman-raideliikenne-LJS-2030-liite-2.pdf> Hakupäivä 4.4.2017
20. Oulunsalon yleisötilaisuudenkalvot 25.1, Lentokentäntien kehittämisselvitys Plaana Oy
21. Oulun seudun joukkoliikenteen palvelutaso- ja linjastosuunnitelman 2. vaihe. Saatavissa: https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=3e3a84d0-bbb0-474d-910a-022060126906&groupId=173371 Hakupäivä 5.4
22. Paddlesteamers Espanja. Saatavissa: <http://www.paddlesteamers.info/Trams/Alicante/Alicante%202013.html> Hakupäivä 23.4.2017
23. Paddlesteamers Pariisi. Saatavissa: <http://www.paddlesteamers.info/Trams/Paris/Paris%202013.htm> Hakupäivä 23.4.2017
24. Pikaraitio opas. Saatavissa: http://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/esitteet/esite_2015-5_fi.pdf Hakupäivä 4.4.2017
25. Raappana Juha. Insinööri, Plaana Oy, Oulu. Palaverit ja keskustelut Helmikuu 2017 – Huhtikuu 2017 aikana
26. Raide-Jokeri hankesuunnitelma. Saatavissa: <http://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2016/01/hankesuunnitelma.pdf> Hakupäivä 4.4.2017

27. Raitioteiden historia. Saatavissa: <http://www.raitio.org/ratikat/index.htm>
<http://www.raitio.org/ratikat/raiot.htm> Hakupäivä 17.3.2017
28. Raitio Saatavissa: www.raitio.org kuvat
http://www.raitio.org/ratikat/helsinki/hkl/hkl_transtech/402_saksa/wurzburg_jr.htm Hakupäivä 21.4.2017
29. SURAKU. Saatavissa:
http://www.hel.fi/static/hki4all/ohjeet/Suraku_Kortti-7_060208.pdf Hakupäivä 4.4.2017
30. Suunnitteluperusteet 1.5 Tampere. Saatavissa: Google haku Tampere suunnitteluperusteet 1.5 Hakupäivä 4.4.2017
31. Tampere allianssi Saatavissa:
http://www.tampere.fi/tiedostot/t/yKwzQNhEx/raiotieallianssi_arviointiraportti.pdf Hakupäivä 24.4.2017
32. Tampereen Nysse vuosikertomus 2015. Saatavissa:
<http://joukkoliikenne.tampere.fi/media/materiaalipankki/tutkimukset-ja-vuosikertomukset/vuosikertomus2015.pdf> Hakupäivä 11.4.2017
33. Tampere Kalustohankinta. Saatavissa:
<http://www.tampere.fi/tiedostot/t/uxe98wDzv/Kalustohankinta-esitys04102016.pdf> hakupäivä 11.4.2017
34. Tampere raitiotien yleissuunnitelman tarkistus keskustakaduilla. Saatavissa:
<http://www.tampere.fi/tiedostot/p/4fExwWiKx/keskustankadut.pdf> Hakupäivä 11.4.2017
35. Tampere tavoite. Saatavissa:
<http://www.tampere.fi/liitteet/t/6F7J1OBQi/raiotientavoiteasettelu130313.pdf> Hakupäivä 11.4.2017

36. Tampere tiedote Rakennus päätös ja tiedot hankkeesta. Saatavissa:
http://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2016/11/07112016_8.html Hakupäivä 11.4.2017
37. Tampere toteutussuunnitelma. Saatavissa:
http://www.tampere.fi/tiedostot/t/xOxdPt2ot/Raitiotieallianssi_toteutussuunnitelma_osa1_20160905.pdf Hakupäivä 11.4.2017
38. Tampere toteutussuunnitelma liitteet. Saatavissa:
<http://www.tampere.fi/liikenne-ja-kadut/liikenne-ja-katusuunnittelu/raitiotie/suunnitelmat-ja-selvitykset/toteutussuunnitelman-liitteet.html> Hakupäivä 24.4.2017
39. Turku kustannukset. Saatavissa:
<https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//liite3.pdf> Hakupäivä 11.4.2017
40. Turku Tampere vertailu. Saatavissa:
https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//turun_ja_tampereen_vertailua.pdf Hakupäivä 11.4.2017
41. Turku Tavoite. Saatavissa:
https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/raitiotie_tku_tavoitteet_2013_04_05.pdf Hakupäivä 11.4.2017
42. Turun Föli vuosikertomus 2015. Saatavissa:
<http://www.foli.fi/sites/default/files/Turun%20seudun%20joukkoliikenteen%20toimintakertomus%20v.%202015.pdf> Hakupäivä 11.4.2017
43. Yleissuunnitelma Turku. Saatavissa:
http://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//raportti_turku_lowres.pdf Hakupäivä 11.4.2017

44. Wikipedia Swansea ja Mumbles raitiotie. Saatavissa:
https://en.wikipedia.org/wiki/Swansea_and_Mumbles_Railway Hakupäivä 11.4.2017
45. Wikipedia Raitioliikenne. Saatavissa:
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Raitioliikenne> Hakupäivä 11.4.2017
46. Wikiwand.com. Saatavussa: <http://www.wikiwand.com/fi/Liikennevalo-ohjaus> Hakupäivä 3.5.2017

LIITTEET

Liite 1 PIKARAITIOTIEN LINJAUS TARKASTELUVÄLILLÄ OPASKARTTA

Liite 2 LINJAUKSEN TARKEMMAT KUVAT

Liite 3 OULUNSALON KESKUSTA JA LENTOKENTÄNTIEN POIKKILEIKKAUS