

Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden korkeakoulu
Insinöörیتieteiden kandidaattiohjelma

Kandidaatintyö

Runkobussi-, superbussi- ja bussimetrojärjestelmien ominaisuudet ja erityispiirteet

08.05.2020

Henri Miettinen

Tekijä Henri Miettinen

Työn nimi Runkobussi-, superbussi- ja bussimetrojärjestelmien ominaisuudet ja erityispiirteet

Koulutusohjelma Insinööritieteiden kandidaattiohjelma

Pääaine Rakennettu ympäristö**Pääaineen koodi** ENG3044

Vastuupettaja Vesa Kanninen

Työn ohjaaja(t) Jouni Ojala

Päivämäärä 08.05.2020**Sivumäärä** 25+1**Kieli** Suomi

Tiivistelmä

Suomessa ja ulkomailla on toteutettu erilaisia korkean palvelutason bussijärjestelmiä ja niitä on ehdotettu toteutettavaksi monessa muussakin hankkeessa. Nämä Bus Rapid Transit (BRT ja Buses with a High Level of Service (BHLS) -järjestelmät pyrkivät tarjoamaan korkeampaa palvelutasoa kuin normaali linja-autoliikenne, mutta raideliikennejärjestelmää alhaisemmilla investointikustannuksilla. Näillä korkeatasoisilla bussijärjestelmillä ei ole kuitenkaan yhtä yhteistä tai selvää toimintamallia, jolloin niiden tarkempaan määrittelyyn ja luokitteluun on selkeä tarve.

Tämän työn tavoitteena on selvittää miten korkean palvelutason bussijärjestelmät eroavat toisistaan, tavanomaisesta linja-autoliikenteestä ja raideliikenteestä sekä miten näitä järjestelmiä on mahdollista luokitella. Työssä selvitetään erilaisten bussijärjestelmien ominaisuuksia järjestelmien kulkuväylän, investointikustannusten tason, liikennöinti nopeuden, matkustajakokemuksen ja kohde-esimerkkien kautta. Työ on tehty kirjallisuuskatsauksena tutkien aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

Työn keskeiset havainnot on koottu liitteeseen 1. Työn tuloksena korkean palvelutason bussijärjestelmät oli mahdollista jakaa kolmeen luokkaan: runkobussi-, superbussi- ja bussimetrojärjestelmiin. Nämä järjestelmät poikkeavat toisistaan eniten linjojen liikennöintiympäristön osalta: runkobussilinjalle ei tyypillisesti investoida uutta infraa, superbussilinja kulkee enimmäkseen omalla kaistalla tai reitillä ja bussimetrolinja kulkee lähes täysin omalla kulkuväylällä. Korkean palvelutason bussijärjestelmien suurin ero tavanomaiseen bussiliikenteeseen on niiden vahvassa brändäyksessä, tuotteistuksessa ja systemaattisessa suunnittelussa.

Korkean palvelutason bussijärjestelmien palvelutaso on raideliikenteen palvelutasoa heikompi, koska niiden matkustusmukavuus, kapasiteetti ja vaikutus maankäyttöön on heikompaa kuin raideliikenteessä. Lisäksi bussijärjestelmillä on taipumus haalistua niiden toteutuksen aikana, eli useiden pienten säästöjen vaikutuksesta niiden palvelutaso on merkittävästi suunniteltua heikompi. Korkean tason bussijärjestelmillä on kuitenkin paikkansa kaupunkiseutujen joukkoliikenteessä raideliikennejärjestelmiä halvempina ja tavanomaista linja-autoliikennettä tehokkaampana joukkoliikennemuotona.

Avainsanat Runkobussi, superbussi, bussimetro, BHSL, BRT, runkolinja, bussijärjestelmä

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
2 Bussijärjestelmien yleiset ominaisuudet.....	2
2.1 Bussijärjestelmät kokonaisvaltaisena järjestelmänä.....	2
2.2 Bussijärjestelmien brändäys	2
2.3 Bussijärjestelmien joustavuus	3
2.4 Bussijärjestelmien kalusto	4
2.5 Pakko-ohjatut bussijärjestelmät.....	6
3 Runkobussijärjestelmät – BRT-Lite	7
3.1 Keskeiset ominaisuudet	7
3.2 Runkolinjat linjastossa.....	8
3.3 Runkobussijärjestelmät Pohjoismaissa.....	10
4 Superbussijärjestelmät – BHLS – BRT-Heavy	12
4.1 Keskeiset ominaisuudet	12
4.2 Superbussijärjestelmiä Pohjoismaissa	13
5 Bussimetrojärjestelmät – Full-BRT.....	15
5.1 Keskeiset ominaisuudet	15
5.2 Bussimetrojärjestelmien erityisiä haasteita	17
5.3 Bussimetrojärjestelmän esimerkkikohte Etelä-Amerikasta.....	18
6 Kilpailevat raidejärjestelmät.....	19
6.1 Keskeiset ominaisuudet	19
6.2 Keskeiset erot bussi- ja raideratkaisujen välillä	20
7 Johtopäätökset ja yhteenveto	22
Lähteet	24
Liite 1 Bussi- ja raidejärjestelmien keskeisten ominaisuuksien yhteenvetotaulukko	

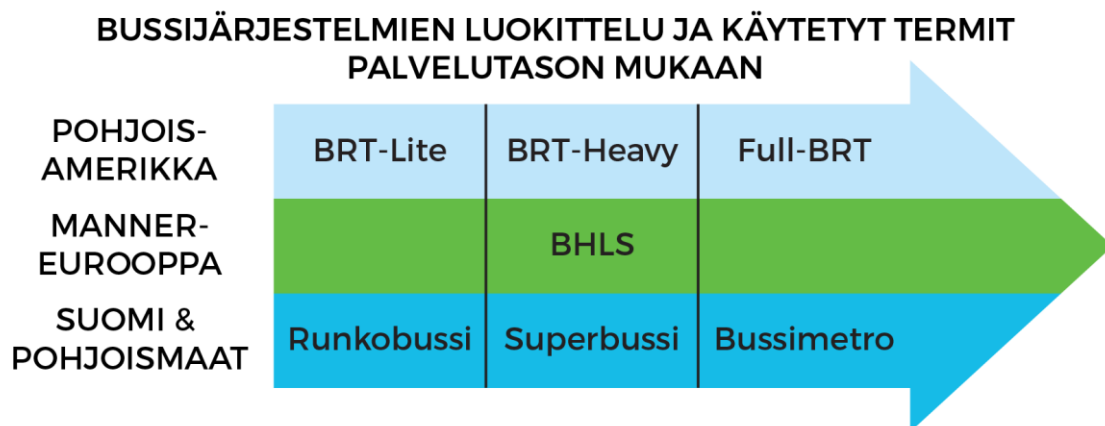
1 Johdanto

Suomessa on useilla kaupunkiseuduilla runkobussijärjestelmiä ja monen hankkeen yhteydessä on keskusteltu superbussi- tai bussimetrojärjestelmän toteuttamisesta. Ulkomailla on toteutettu erilaisia Bus Rapid Transit (BRT) ja Buses with a High Level of Service (BHLS) -bussijärjestelmiä. Nämä järjestelmät pyrkivät tarjoamaan korkeampaa palvelutasoa kuin normaali linja-autoliikenne. Näitä bussijärjestelmiä on kehitetty tarjoamaan raideliikennejärjestelmiä vastaava palvelutaso, mutta pitämään investointikustannukset kuitenkin niitä alhaisempina.

Korkean palvelutason bussijärjestelmillä ei ole kuitenkaan yhtä selvää ja yhteistä toimintamallia, mistä syystä on hankala arvioida, miten nämä bussijärjestelmät vertautuvat raideliikennejärjestelmiin. Maailmalla toteutetut BRT- ja BHLS-järjestelmät voivat olla palvelutasoltaan varsin erilaisia, vaikka niillä on sama nimitys. Korkean palvelutason bussijärjestelmien tarkempaan määrittelyyn ja luokitteluun on selkeä tarve, jotta joukkoliikennesuunnittelijat ja päättäjät varmasti ymmärtävät toisiaan. (Hidalgo ym., 2012 s. 10.) Suomessa suunnittelijoiden ja päättäjien välistä dialogia vaikeuttavat entisestään tämän työn nimessä mainitut kotimaiset termit, joiden merkitys ja liittymäkohdat kansainväliseen terministöön eivät ole selkeitä.

Tämän työn tutkimuskysymyksinä ovat: miten korkean palvelutason bussijärjestelmät eroavat toisistaan, tavanomaisesta linja-autoliikenteestä ja raideliikenteestä? Miten erilaisia korkean palvelutason bussijärjestelmiä on mahdollista luokitella? Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena aiheeseen liittyvistä selvityksistä, raporteista, artikkeleista, tutkimuksista ja muusta alan kirjallisuudesta. Työssä tutkitaan erilaisten bussijärjestelmien ominaisuuksia kulkuväylän, investointikustannusten tason, liikennöintinopeuden, matkustajakokemuksen ja kohde-esimerkkien kautta. Työhön ei sisälly liikennöintikustannusten ja järjestelmien ylläpitokustannusten tarkastelu.

Kuvassa 1 on esitetty tämän työn lähtökohtana käytetty bussijärjestelmien luokitteluperiaate ja luokkien liittymäkohdat kansainväliseen bussijärjestelmäterministöön. Tässä kandidaatintyössä sanaa ”bussi” käytetään edellä mainituissa vakiintuneissa ilmaisuihin, mutta muutoin työssä käytetään sanaa ”linja-auto” suomenkielisen käytännön mukaisesti.



Kuva 1. Työssä käytetty luokittelu ja kansainvälisesti käytetyt termit Bus Rapid Transit (BRT) ja Buses with a High Level of Service (BHLS) bussijärjestelmien palvelutason mukaisesti.

2 Bussijärjestelmien yleiset ominaisuudet

Tässä luvussa kartoitetaan korkean palvelutason bussijärjestelmiä yhdistäviä piirteitä. Lukujen otsikoissa ja tekstissä käytetään ilmaisua ”bussijärjestelmä” kuvaamaan erityisesti korkean palvelutason bussijärjestelmiä.

2.1 Bussijärjestelmät kokonaisvaltaisena järjestelmänä

Korkean palvelutason bussijärjestelmiä yhdistää kaikkein eniten tapa tarkastella linja-autolinjoja yhtenäisenä bussijärjestelmänä kuten raideliikenteessä: yhtenäiset joukkoliikennejärjestelmät eivät vain yhdistä kaupunkien eri osia, vaan ne tarjoavat linjoja, jotka toimivat liikennejärjestelmän ja kaupunkirakenteen selkärankana. (Finn ym., 2011 s. 19.)

Järjestelmänäkökulma korostuu erityisesti vertailtaessa nykyisiä korkean palvelutason bussijärjestelmiä niitä edeltäneisiin korkean palvelutason linja-autolinjoihin. Euroopassa on 1970-luvulta lähtien tehty eri toimenpiteitä linja-autolinjojen liikennöintiympäristön parantamiseksi: bussikaistoja, bussikatuja, liikenteenohjausjärjestelmiä ja liittymäetuuk-sia (Hidalgo ym., 2012 s. 8). Näitä samoja toimenpiteitä on toteutettu nykyisissä bussijärjestelmissä. Toimenpiteitä ei kuitenkaan ennen nykyisiä bussijärjestelmiä toteutettu järjestelmällisesti. Niillä vain paikattiin linja-autolinjojen ongelmia, mutta niitä ei pyritty tuotteistamaan systemaattisesti uudella tavalla, kuten nykyisten bussijärjestelmien kohdalla tehdään (Finn ym., 2011 s. 15).

Eurooppalaisten BHLS-bussijärjestelmien suurin innovaatio on ollut yhdistää ja integroida linja-autoliikenteen parantamiseksi tehtyjä toimenpiteitä ja muodostaa siltä pohjalta uusi perinteisistä bussilinjoista poikkeava tuote osaksi joukkoliikennejärjestelmää. Sen sijaan Euroopan ulkopuolella BRT-järjestelmillä ei enimmäkseen ole pyritty parantamaan jo olemassa olleiden joukkoliikenneyhteyksien palvelutasoa ja houkuttelevuutta, vaan niillä on tähdätty uuteen korkean palvelutason joukkoliikenteeseen metrolinjojen ta-voin, mutta alhaisemmilla toteutuskustannuksilla. (Finn ym., 2011 s. 15.)

Euroopan ulkopuolella useiden kehittyvien talouksien kaupunkiseuduilla BRT-järjestelmät ovat paikoin mahdollistaneet kokonaisten joukkoliikennejärjestelmien synnyn. Monissa kaupungeissa on ollut ennen BRT-järjestelmää vain hajanaisia yksityisiä joukkoliikennepalveluita, joita ei ole suunniteltu keskenään yhteensopiviksi tai tueksi kaupungin kasvulle. Tällaisissa kaupungeissa BRT-järjestelmän toteuttaminen on mahdollistanut joukkoliikenteen suunnitteluvastuun siirtämisen monilta eri toimijoilta kaupungille. Samassa yhteydessä kaupungit ovat omaksuneet joukkoliikenteen järjestämisvastuun ja otaneet vastuun liikennöinnin kannattavuudesta. Näissä tilanteissa kokonaisten kaupunki-seutujen joukkoliikenne on siis uudistunut kokonaan muutaman BRT-linjan toteuttami-sen ansiosta. (Hidalgo ym., 2012 s. 12.)

2.2 Bussijärjestelmien brändäys

Korkean palvelutason bussijärjestelmät brändätään niin, että ne erottuvat muusta linja-autoliikenteestä. Brändäyksen tavoitteena on luoda mielikuva modernista, miellyttävästä ja helppokäyttöisestä bussijärjestelmästä, joka houkuttelisi mahdollisimman paljon mat-kustajia. (Finn ym., 2011 s. 84.)

Yhdysvaltalaisien liikennetutkijoiden Cainin ja Flynnin mukaan (2013 s. 64) bussijärjestelmien tavanomaisista bussilinjoista poikkeava brändäys on suorastaan välttämätöntä, jotta bussijärjestelmä pystyy houkuttelemaan matkustajia. Muuhun liikenteeseen verrattuna kilpailukykyiset matka-ajat ja vuorovälit eivät vielä riitä siihen, että korkeatasoinen bussijärjestelmä olisi potentiaalisen käyttäjän mielessä paras tapa liikkua. Erityisesti Yhdysvalloissa bussijärjestelmät ovat kärsineet linja-autoliikenteen huonosta imagosta. Monille amerikkalaisille linja-autot ovat yksityisautoilua huonompi tapa matkustaa, koska linja-autot koetaan epäkäytännöllisiksi, ruuhkaisiksi, likaisiksi ja turvattomiksi.

Bussijärjestelmä brändätään yleensä niin, että kaluston ja kulkuväylän ilmeet eriytetään muun linja-autoliikenteen yleisilmeestä. Useissa bussijärjestelmissä linja-autojen väri poikkeaa muun linja-autoliikenteen linja-autojen väristä ja bussijärjestelmien omien kais-tojen väri poikkeaa muiden bussikaistojen ja ajoratojen väristä – usein katu värjätään punaiseksi. Bussijärjestelmien linjatunnukset poikkeavat myös muusta linja-autoliikenteestä. Linjoja on esimerkiksi numeroitu tasaluvuin tai niille on varattu yksinumeroiset linjatunnukset. (Finn ym., 2011 s. 84.) Jäljempänä tässä työssä tutkittujen runkobussijärjestelmien osalta korostuu myös tapa, jolla runkobussijärjestelmien linjat esitetään linjastokartoilla joukkoliikenteen käyttäjille: runkobussilinjat esitetään raideliikenteen kanssa samoilla kartoilla, joilla muuta linja-autoliikennettä ei esitetä.

Korkean palvelutason bussijärjestelmiä ei kuitenkaan aina voida brändätä yhtä vahvasti kuin raideliikennejärjestelmiä. Raideliikenteen raiteet muistuttavat raideliikenteen olemassaolosta ja pysyvyydestä koko reitin varrella. Bussijärjestelmillä voidaan tavoitella vastaavaa näkyvyyttä linjojen omilla kulkuväylillä. Hyvistä yrityksistä huolimatta bussijärjestelmää ei välttämättä saada näkyväksi sekaliikenneosuuksilla, jolloin linjat eivät näy katukuvassa lainkaan. (Finn ym., 2011 s. 84.)

2.3 Bussijärjestelmien joustavuus

Korkean palvelutason bussijärjestelmien etuna kilpaileviin raidejärjestelmiin verrattuna pidetään usein linja-autoliikenteen suurempaa joustavuutta. Linja-autojen käytettävissä on iso osa nykyisestä katuverkosta, kun raidejärjestelmät eivät kykene toimimaan raiteiden ulkopuolella. Isossa raideverkostossa jonkin yhteyden katketessa poikkeusreitti voi löytyä läheltä. Lisäksi modernit kaksisuuntaiset raitiovaunut voivat toimia lyhennetyillä linja-osuuksilla. Pääsääntöisesti kuitenkin yhden yhteyden katketessa myös linja katkeaa riippumatta siitä, katkeako linja suunnitellun tai suunnittelemattoman häiriön vuoksi. (Finn ym., 2011 s. 112.) Sama ongelma ei koske bussijärjestelmiä: linja-autolinjoille on helpompi rakentaa väliaikaisia kulkureittejä tai jos kulkuväylä on riittävän leveä, linja-auto voi ohittaa tilapäisen esteen varsinaisella väylällä.

Toisaalta korkean palvelutason bussijärjestelmien ei ole tarkoituskaan olla yhtä joustavia kuin tavallisten linja-autolinjojen. Bussijärjestelmän reitin on tarkoitus olla pysyvä, jotta se tukee kaupunkiympäristön kehittymistä ja on helppokäyttöinen sekä jo linjaa käyttävien että potentiaalisten uusien matkustajien näkökulmasta. Korkean palvelutason bussijärjestelmät ovat siis olennaisesti linja-autolinjoja, joista karsitaan joustavuutta, jotta voidaan saavuttaa lisää tehokkuutta. (Finn ym., 2011 s. 112.) Toisin sanoen korkean palvelutason bussijärjestelmien linjojen ja reittien muuttaminen linjan perustamisen jälkeen on helpommin toteutettavissa kuin raidejärjestelmissä, mutta se on itsessään ristiriidassa erityisesti superbussi- ja bussimetrojärjestelmissä niiden alkuperäisten tavoitteiden kanssa.

Korkean palvelutason bussijärjestelmien brändääminen tarkoittaa myös sitä, että bussijärjestelmien kalustoa ei voi käyttää muussa linja-autoliikenteessä eikä päinvastoin. Tässäkin suhteessa bussijärjestelmät ovat muuta linja-autoliikennettä joustamattomampia. Tavanomaisessa linja-autoliikenteessä yksittäistä linja-autoa voi käyttää lähes missä tahansa yksittäisen joukkoliikennejärjestelmän sisällä. Bussijärjestelmien kaluston poikkeava värytys ja mahdollisesti muuta liikennettä suurempi koko johtaa siihen, että bussijärjestelmän linja-autoja voi käyttää vain bussijärjestelmän sisällä.

Bussijärjestelmien joustavasta mahdollisuudesta sopeutua monenlaiseen liikennöintiympäristöön seuraa yksi merkittävä järjestelmien haaste. Bussijärjestelmät toteutetaan usein siksi, että ne ovat raideliikennejärjestelmiä halvempia. Kustannusten karsiminen jatkuu helposti myös bussijärjestelmän suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Yksittäisillä säästöillä linjan infrastruktuurissa, kalustossa tai operoinnissa ei välttämättä itsessään ole suurta vaikutusta. Säästötoimenpiteet kuitenkin usein kasautuvat ja ne voivat johtaa palvelutason merkittävään heikentymiseen. Englanniksi tästä ilmiöstä on käytetty termiä BRT creep. (Racehorse ym., 2015 s. 180.) Tässä työssä termin suomenkielisenä käännoksenä käytetään bussijärjestelmän haalistumista.

2.4 Bussijärjestelmien kalusto

Korkean palvelutason bussijärjestelmien kalusto ei ole merkittävästi erilaista kuin tavanomaisen linja-autoliikenteen kalusto, vaikka linja-autot maalataan ja brändätään erilaisiksi. Korkean palvelutason mahdollistamiseksi bussijärjestelmissä toki käytetään keskimäärin muuta linja-autoliikennettä pidempää kalustoa, mutta kaluston kapasiteetissa tai muissa ominaisuuksissa ei ole yhtä selkeitä rajoja eri bussijärjestelmien välillä kuin linjojen muissa ominaisuuksissa on.

Niiltä osin kuin kaluston kapasiteettia käsitellään työssä sovelletaan Helsingin seudun liikenteen (HSL) tapaa laskea joukkoliikennevälineiden kapasiteetti. Joukkoliikenteen tuntikohtaiseksi matkustajakapasiteetiksi lasketaan 85 % kulkuneuvon paikkaluvusta. HSL laskee joukkoliikenteen kulkuneuvojen paikkaluvuksi istumapaikkojen määrän ja seisovien matkustajien määrän yleisellä länsimaisella mitoituksella 4 matkustajaa/m². HSL käyttämät arvot linja-autojen kapasiteetiksi on esitetty taulukossa 1. (HSL, 2016 s. 32–33.) Taulukossa on lisäksi esitetty Vantaan raitiotien yleissuunnitelman superbussiselvityksessä (Vantaan kaupunki, 2019) käytetty arvio kaksಿನivellisen linja-auton matkustajapaikkamääristä.

Taulukko 1. Linja-autojen matkustajapaikkamäärät kalustotyypeittäin (HSL, 2016 s. 33, Vantaan kaupunki, 2019, s. 11). Suomessa kaupunkiseutujen joukkoliikenteessä ei tällä hetkellä ole käytössä nivellinja-autoja.

Linja-autojen matkustajapaikkamäärät	Istumapaikat	Seisomapaikat	Yhteensä
Kaksiakselinen linja-auto (12 m)	40	27	67
Telilinja-auto (15 m)	49	29	78
Nivellinja-auto (18 m)	52	53	105
Kaksoisnivellinja-auto (24 m)	60	70–90	130–150

Eri kalustokokojen käyttö on riippunut tarvittavan linja-autokohtaisen kapasiteetin lisäksi monesta muustakin asiasta. Verrattuna nivelettömiin linja-autoihin nivelletty kalusto vaatii enemmän tilaa kääntymiseen, niiden operoiminen ahtailla terminaalialueilla on monimutkaisempaa, niiden kiihtyvyys on pienempi ja kyky nousta ylämäkiä on huonompi. Erityisesti pitkät kaksoisnivellinja-autot vaativat paljon tilaa, ja niiden sovittaminen ole-massa olevaan kaupunkiin usein vaatii muutoksia linjojen infrastruktuuriin. Kaksoisnivellinja-autojen tarjonta linja-automarkkinoilla on toistaiseksi ollut pientä, ja vähäiset valmistusmäärät ovat tehneet niistä pieniä linja-autoja huomattavasti kalliimpia, mistä syystä niitä käytetään Euroopassa vain vähän. (Finn ym., 2011 s. 51.)

Toisaalta kaluston koon kasvaessa istumapaikkojen määrä ei nouse merkittävästi. Taulukossa 1 esitettyjen paikkamäärien perusteella voidaan todeta, että kapasiteetin lisäys kalustoa pidennettäessä kohdistuu ensisijaisesti seisomapaikkojen määrän kasvuun. Taulukossa kootuilla mitoituksilla siirryttäessä 12-metrisistä linja-autoista 24-metrisiin linja-autoihin istumapaikkojen määrä kasvaa 50 %, kun taas seisomapaikkojen määrä kasvaa 250–300 %. Linja-autojen istumapaikkojen määrä ei kasva kaluston pidentyessä, koska jokainen uusi nivel ja oviaukko vie tilaa istuimilta. Kalustokoon kasvattaminen siis nostaa kapasiteettia, mutta palvelutaso heikentyy, kun yhä suurempi osa matkustajista joutuu seisomaan. Sama haaste ei koske siirtymää linja-autokalustosta raitiovaunukalustoon. Kun 12-metrinen linja-auto vaihdetaan 27-metriseen raitiovaunuun, niin istumapaikkojen määrä kasvaa 200 %, kun taas seisomapaikkojen määrä kasvaa 250 %.

Kaluston koon lisäksi ovien sijoittelu ja määrä vaikuttavat korkean kapasiteetin bussijärjestelmien pysäkkiaikoihin, joiden pituudella voi olla suurikin vaikutus koko järjestelmän kapasiteettiin. Useimmilla linja-autoilla kuluu noin 10 sekuntia pysäkillä saapumiseen ja poistumiseen sekä ovien avaamiseen ja sulkemiseen. Loppuosa pysäkkiajasta riippuu siitä, kuinka suuri joukko matkustajia pysäkillä astuu linja-autosta pois ja nousee siihen sekä siitä, kuinka nopeasti matkustajat liikkuvat. (Finn ym., 2011 s. 51.)

Linja-autokaluston matkustaja- ja ovikapasiteetin suunnittelu on haastava tehtävä, jossa täytyy tasapainottaa istumapaikkojen määrä siihen, kuinka suureksi kaluston kokonaiskapasiteetti halutaan mitoittaa ja kuinka laajat kulkuväylät ja oviaukot tarvitaan pysäkkiaikojen pitämiseksi pienenä. Istuva matkustaja vie tilaa keskimäärin $0,35 \text{ m}^2$, kun seisovalle matkustajalle mitoitetaan $0,25 \text{ m}^2$. Kaluston suunnitteluun vaikuttavat myös kaluston teknisten järjestelmien tilatarpeet erityisesti matalalattiakalustolla. Euroopassa eri joukkoliikennejärjestelmissä on päädytty erilaisiin ratkaisuihin eri järjestelmien tarpeiden mukaan. (Finn ym., 2011 s. 51–55.)

Korkean palvelutason bussijärjestelmien kaluston valinnassa linja-autojen käyttövoimalla on kohtalaisen pieni merkitys juuri korkean palvelutason bussijärjestelmiin. Useimmissa korkean palvelutason bussijärjestelmissä pyritään mahdollisimman ympäristöystävälliseen kalustoon, joka on eduksi bussijärjestelmien brändäämisessä ja markkinoinnissa. Tämä näkökulma ei ole kuitenkaan uniikki vain korkean palvelutason bussijärjestelmille, vaan samaa tavoitetta sovelletaan laajemminkin kaupunkialueiden bussijärjestelmien suunnittelussa. Erityisesti Euroopan unionin alueella on jatkuvasti tiukentuvia ympäristömääräyksiä, jolloin uusi kalusto on muutenkin vanhaa kalustoa ympäristöystävällisempää – riippumatta käyttövoiman uusiutuvuudesta. (Finn ym., 2011 s. 56–67.)

Kullakin erilaisella käyttövoimalähteellä on omat etunsa. Perinteisten dieselinja-autojen kaluston ja polttoaineen saatavuus on hyvää, mutta ilmasto- ja hiukkaspäästöt ovat fossiilittomia käyttövoimia suurempia. Kaasulinja-autojen kaluston saatavuus on kohtalaisen hyvää ja biokaasulla liikennöitäessä ilmastopäästöt ovat hyvin pienet. Täyssähköisillä ja akkukäyttöisillä linja-autoilla ilmastopäästöt voivat olla hyvin pienet ja lähipäästöt sekä moottorimelu katoavat kokonaan, mutta kalusto on kallista, toimintasäde on pieni ja ison kaluston saatavuus ongelmallista. Linja-autojen akkuteknologia kuitenkin kehittyy jatkuvasti, jolloin toimintasäde kasvaa ja entistä isompaa kalustoa saadaan käyttöön. Hybridikalustolla on mahdollista luoda kompromisseja näiden ominaisuuksien välillä. (Airaksinen ym., 2018.) Sähköisen linja-autokaluston haasteet on mahdollista kiertää käyttämällä johdinlinja-autokalustoa – tällöin kuitenkin korkean palvelutason bussijärjestelmä menettää osittain kilpailuetunsa raideliikennejärjestelmiin, kun myös bussijärjestelmä vaatii investoinnin sähkönsyöttöjärjestelmään. (Finn ym., 2011 s. 59.)

2.5 Pakko-ohjatut bussijärjestelmät

Erikoistapauksia ovat pakko-ohjatut bussijärjestelmät, joissa jokin tekninen järjestelmä vastaa linja-auton ohjaamisesta. Pakko-ohjauksen käyttäminen mahdollistaa bussijärjestelmän kulkuväylän kaventamisen, jolloin järjestelmän viemä maa-ala pienenee hieman. Lisäksi pakko-ohjaus mahdollistaa linja-auton täsmällisen pysähtymisen pysäkillä. Matkustaminen on tasaista, kun linja-auto ei liiku sivuttaissuunnassa. Bussijärjestelmien pakko-ohjaukseen on käytetty kolmea erilaista teknistä ratkaisua: uraohjausta, optista ohjausta ja kisko-ohjausta. (Finn ym., 2011 s. 53.) Pakko-ohjatut bussijärjestelmät ovat superbussi- tai bussimetrojärjestelmiä, sillä pakko-ohjaustekniikka vaatii jonkinlaisia investointeja linjan kulkuväylään, mitä runkobussijärjestelmille ei yleisesti tehdä.

Uraohjatuissa järjestelmissä linja-auton ohjaavien pyörien akseleihin on kiinnitetty erilliset apupyörät. Linja-auton ajaessa tarkoitusta varten rakennetussa kaukalossa apupyörät ovat kosketuksissa linja-auton kummallakin puolella olevaan seinään, jolloin apupyörät vastaavat linja-auton ohjaamisesta. Uraohjattuja järjestelmiä on käytössä muutamassa kaupungissa Englannissa ja saksan Essenissä. Uraohjattujen järjestelmien heikkoutena on se, että uraohjatuilla kulkuväylällä ei voi olla tasoristeystä muun liikenteen kanssa ja järjestelmän vaatima kaarresäde on suuri. (Finn ym., 2011 s. 53, 111.)

Optisen ohjauksen järjestelmissä linja-auton etuosassa oleva kamera seuraa tien pintaan maalattua kahta rinnakkaista viivaa. Kuvavirran perusteella linja-auton tietokone ohjaa linja-autoa. Optisen ohjauksen bussijärjestelmiä on ollut käytössä muutamissa kaupungeissa Etelä-Ranskassa ja Espanjassa. (2011 s. 53.) Järjestelmiä ei ole mahdollista käyttää Pohjois-Euroopassa, koska talvella lumipeite peittää linja-autojen ohjausviivat.

Kisko-ohjatuissa järjestelmissä linja-auton kulkua ohjaa kulkuväylän keskellä oleva raide. Tätä ratkaisua on sovellettu kahdessa eri teknisessä järjestelmässä. Järjestelmistä ensimmäinen (TVR) on ollut käytössä Caenissa ja Nancyssa Ranskassa. Caenin kisko-ohjattu järjestelmä on kuitenkin jo korvattu raitiotiellä, ja Nancyssa järjestelmälle käy samoin lähivuosina (Budach, 2020). Toisessa kisko-ohjatussa järjestelmässä (Translohr) linja-autot eivät kykene ajoon ilman ohjausraidetta, eli kalusto on teknisesti raitiovaunu-kalustoa kumipyörillä. (Finn ym., 2011 s. 53.) Kaikki muutkin kumipyöräiset joukkoliikennejärjestelmät, kuten kumipyörämetrot, joissa kalusto ei kykene liikkumaan varta vasten rakennetun infrastruktuurin ulkopuolella, eivät käytännössä ole bussijärjestelmiä.

3 Runkobussijärjestelmät – BRT-Lite

Tässä luvussa käsitellään runkobussijärjestelmien keskeisiä ominaisuuksia ja esimerkkikohteita Suomesta ja Tukholmasta. Suomen ulkopuolella runkobusseista on käytetty ruotsiksi sanaa Stombuss ja englanniksi Trunk Bus Route. Runkobussijärjestelmät vastaavat BRT-järjestelmien kevyimpiä toteutuksia, jolloin englanniksi on syytä käyttää termiä BRT-Lite (Finn ym., 2011 s. 16).

3.1 Keskeiset ominaisuudet

Runkobussilinjan käsitettä analysoidessa on hyvä aloittaa pilkkomalla se osiin: runkolinjaan ja linja-autolinjaan. Runkolinja on yhden määritelmän mukaan hyvän palvelutason linja tiheällä vuorovälillä ja nopealla liikennöinnillä (Sirniö, 2011). Täten runkolinjoja ovat esimerkiksi monet metro-, lähijuna- ja pikaraitiotiejärjestelmät, jotka kirjaimellisesti muodostavat kaupunkiseutujen joukkoliikenteen runkoja. Runkobussilinja on siis jonkinlainen järjestelmä, jolla pyritään yhdistämään raideliikenteen palvelutaso ja linja-autolinjojen joustavuus ja pienemmät kustannukset, kuten on usein muidenkin korkean palvelutason bussijärjestelmien tarkoituksena.

Kuitenkaan tässä työssä tarkastellut runkobussilinjat Suomessa ja Ruotsissa eivät monilta osin vastaa varsinaisia BRT- ja BHLS-järjestelmien suunnitteluperiaatteita. Pohjoismaisten runkolinjojen palvelutasoa vastaavista pohjoisamerikkalaisista linja-autolinjoista onkin käytetty BRT- ja BHLS-termeistä poikkeavaa käsitettä BRT-Lite. Näitä pohjoisamerikkalaisia linjoja yhdistävät muita linja-autolinjoja pidempi pysäkkiväli ja jonkinlaiset liittymäetuuudet, joiden turvin BRT-Lite-linjat ovat muita linja-autolinjoja nopeampia ja niillä on muusta linja-autoliikenteestä eroava brändi ja visuaalinen ilme kalustossa ja pysäkeillä. (Finn ym., 2011 s. 16.)

Runkobussilinjat eivät varsinaisesti ole BRT-linjoja, vaikka usein ne täyttävätkin joidenkin määritelmien mukaan BRT-linjojen vähimmäisvaatimukset. Runkobussilinjat ovat siis tavallaan BRT-linjojen kevytversioita. Runkobussilinjat täyttävät joiltakin osin korkean palvelutason linja-autolinjojen yhteisiä piirteitä: linjojen brändäys poikkeaa muista linja-autolinjoista ja linjoilla pyritään tarjoamaan normaalia linja-autoliikennettä korkeampi palvelutaso. Jäljempänä tutkitut pohjoismaiset runkobussijärjestelmät ovat samankaltaisia pohjoisamerikkalaisten BRT-Lite-järjestelmien kanssa siinä mielessä, että muita linja-autolinjoja korkeampi palvelutaso perustuu enimmäkseen harvempaan pysäkkiväliin, parempiin liittymäetuuksiin ja muista linjoista poikkeavaan brändiin.

Pohjoismaisilla runkolinjoilla ei ole systemaattisesti tietynlaista kulkuväylää, vaan linjoilla ja runkobussijärjestelmillä on vaihtelevasti sekaliikenneosuuksia, bussikaistaosuuksia ja oman kulkuväylän osuuksia. Runkobussijärjestelmille on paikoin rakennettu omaa infrastruktuuria, mutta suurimmat investoinnit kohdistuvat vain joihinkin osuuksiin, yksittäisten liittymien parantamiseen tai pysäkkien ilmeen muuttamiseen runkolinjoille sopiviksi. Runkobussijärjestelmien investointikustannus on siis alhainen, suuruusluokkaa alle 1 M€/km (Finn ym., 2011 s. 49).

Koska runkobussijärjestelmillä ei ole vakiintunutta linja-infrastruktuurimuotoa, on myös linjojen matkustajakokemus vaihteleva. Linjojen nopeus riippuu ympäröivästä kaupunki-

rakenteesta enemmän kuin itse linjasta. Kuten myöhemmin todetaan, Tukholman keskustan runkolinjojen keskinopeus on noin 15 km/h, kun taas Helsingin seudun neljällä poikkitausrunkolinjalla, joista jokaisella on moottoritieosuuksia, linjojen keskinopeus on noin 25 km/h. Linjojen pysäkit ovat vaihtelevasti pysäkkitaskuissa (linja-auto kaartaa pysäkille, jotta muu liikenne pääsee suoraan ohi) tai ilman niitä, jolloin runkobussijärjestelmissä on vaihtelevasti epämukavaa sivuttaisliikettä.

3.2 Runkolinjat linjastossa

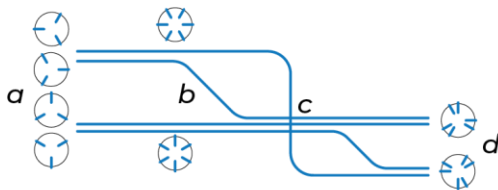
Norjalaiset joukkoliikennetutkijat Nielsen ja Lange (2007) ovat määritelleet runkobussilinjoille toisen tavoitteen yksittäisten linjojen palvelutason parantamisen lisäksi. Runkobussilinjoilla tavoitellaan joukkoliikennelinjaston yksinkertaistamista, jotta joukkoliikenteen markkinointi ja käyttäminen olisi joukkoliikenteen matkustajille mahdollisimman helppoa. Raideliikenteen suurempaa houkuttelevuutta linja-autoliikenteeseen verrattuna saattaa selittää raideliikenneverkostojen yksinkertaisuus, kun raiteet ovat linja-autoreitejä harvemmassa, pysyvämpiä ja näkyvämpiä. Joukkoliikenteen linjastosuunnittelussa runkobussilinjat yksinkertaistavat linja-autolinjastoa, kun seurataan neljää suunnitteluperiaatetta, jotka on esitetty myös kuvassa 2:

1. Suurin piirtein samaan suuntaan ja kohtalaisen lähekkäin kulkevat linja-autolinjat yhdistetään yhdeksi linjaksi, jonka vuoroväli on aikaisempia linjoja tiheämpi. Samassa yhteydessä suuri määrä suoria vaihdottomia yhteyksiä muutetaan vaihdollisiksi yhteyksiksi, joissa jokaista pääreittiä vastaa yksi runkolinja.
2. Kaupungin keskustaan tai osakeskukseen päättyvät linjat yhdistetään keskustan läpi kulkeviksi heilurilinjoiksi, jolloin keskustaan kulkevien linjojen määrä puolittuu ja linjasto yksinkertaistuu.
3. Useiden linjojen päällekkäiset runko-osuudet keskustasta kaupungin reuna-alueille eriytetään hieman edellisiä linjoja harvemmin, mutta silti tiheästi liikennöivälle runkolinjalle. Vapautuneet resurssit suunnataan reuna-alueiden liityntäyhteyksiin runkolinjalle, jolloin aiempaa entistä suurempi osa linjastosta mahdollistaa spontaanin matkustamisen ilman aikatauluja.
4. Joukkoliikennelinjastosta rakennetaan toimiva verkosto, kun useiden suorien ja harvoin kulkevien linjojen sijaan linjasto perustuu rajattuun määrään tiheästi kulkevia runkolinjoja. Vaihdot runkolinjoilta toiselle ovat käyttäjälle selkeämpiä ja toimivampia kuin harvemmin kulkevilta linjoilta toisille.

Nämä runkobussilinjaston suunnitteluperiaatteet toki pätevät myös runkobussijärjestelmiä korkeamman palvelutason superbussi- ja bussimetrojärjestelmissä. Runkolinjastosuunnittelun merkitys on kuitenkin pienempi, sillä usein eurooppalaisessa suunnitteluympäristössä superbussi- ja bussimetrolinjat pyritään jo alun alkaen tuomaan osaksi raideliikenteen runkoverkkoa ja bussiliikenteestä erilleen vahvemmin kuin runkobussijärjestelmissä.

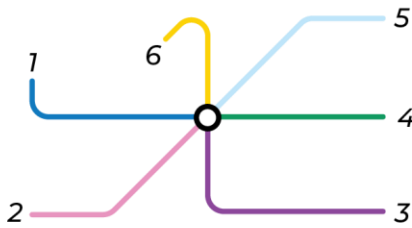
TAVANOMAISET LINJAT

SUORAT YHTEYDET



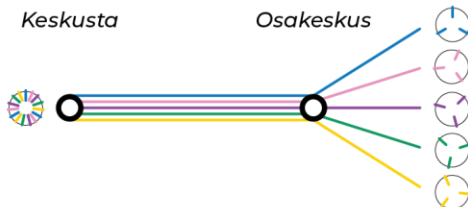
- a - Vaikeaselkoinen linjasto
- b - Lyhyt matka pysäkille
- c - Paljon linjoja, paljon erilaisia vaihtoja
- d - Eri reiteillä vaihteleva vuoroväli

SÄTEITTÄISYHTEYDET KESKUSTASTA



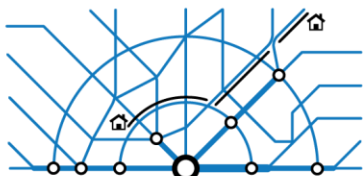
Enemmän linjoja ja aikatauluja
= monimutkaisempi linjasto

HARVAT VUOROVÄLIT REUNA-ALUEILLA



Vain yhteisellä osuudella on
mahdollisuus matkustaa spontaanisti

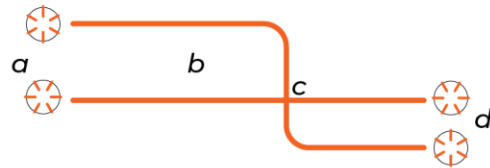
KOKOELMA LINJOJA



On vain joitakin "hyviä" vaihtopaikkoja
harvoin kulkevien linjojen välillä
- iso osa vaihdoista on haastavia

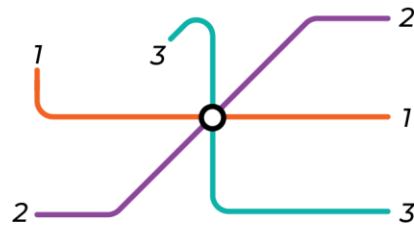
RUNKOLINJAT

VAIHDOLLISET YHTEYDET



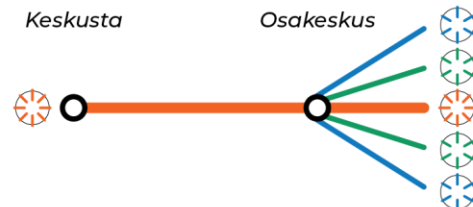
- a - Yksinkertainen linjasto
- b - Kohtalainen matka pysäkille
- c - Rajoitetusti linjoja, selkeät vaihdot
- d - Eri reiteillä yhtäläinen vuoroväli

HEILURIYHTEYDET KESKUSTASSA



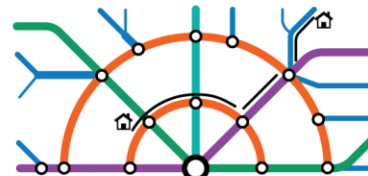
Vähemmän linjoja ja aikatauluja
= selkeämpi linjasto

TIIVIIT LIITYNTÄYHTEYDET REUNA-ALUEILLA



Kaikkialla on mahdollisuus matkustaa
spontaanisti - ilman lisäresursseja

TOIMIVA VERKOSTO



On paljon hyviä vaihtomahdollisuuksia,
jolloin matkat toimivat paremmin
- vaikka reitti kiertäisi hieman

Kuva 2. Vertailua tyyppillisen joukkoliikennelinjaston ja runkolinjoihin perustuvan linjaston välillä. Alkuperäismateriaalin (Nielsen ym., 2007) pohjalta piirretty kuva.

3.3 Runkobussijärjestelmät Pohjoismaissa

Suomessa runkobussilinjoiksi nimettyjä linja-autolinjoja löytyy kolmelta alueelta: Helsingin, Tampereen ja Oulun seuduilta. Lähitulevaisuudessa myös Lahden ja Turun kaupunkiseuduilla siirrytään käyttämään runkobussilinjastoja. Lisäksi tässä luvussa tarkastellaan Tukholman seudun runkobussijärjestelmää.

Tutkituissa järjestelmissä ja suunnitelmissa voi nähdä kolme tapaa muodostaa runkobussilinjastoja. Helsingissä ja Tukholman keskustan ulkopuolella runkolinjoja on lisätty yksitellen ja runkolinjojen liikennöintiympäristöön ja brändäämiseen on panostettu muita kaupunkiseutuja enemmän. Turussa ja Lahdessa runkolinjastot on muodostettu kerralla ja niiden keskeisenä tavoitteena on ollut linjastohierarkian selkiyttäminen.

Tampereella ja Oulussa runkolinjasto on muodostunut ajan kuluessa suosittujen linjojen pohjalta eivätkä joukkoliikenteen käyttäjät aina edes huomaa niiden brändiä. Näissä tapauksissa muutokset runkobussilinjojen liikennöintiympäristössä eivät kuitenkaan ole merkittäviä eikä kalusto olennaisesti eroa muusta linja-autoliikenteestä.

Helsingin seudulla on vuoden 2020 alussa neljä poikittaista runkobussilinjaa (500, 510, 550 ja 560). Helsingin seudun joukkoliikenteestä vastaavan Helsingin Seudun Liikenteen (HSL) tavoitteena on yksinkertaistaa joukkoliikennettä runkobussilinjoilla, jotka ovat erityisen luotettavia, nopeita ja tiheästi liikennöiviä seudullisia linja-autolinjoja, joilla voi matkustaa aikatauluja katsomatta.

HSL:n (2019c) mukaan runkolinjat erottuvat muista linja-autolinjoista kaluston värityksen, tiheän vuorovälin, laajojen liikennöinti-aikojen, avorahastuksen, tasakymmenisen linjatunnuksen ja tavallista pidemmän 600 m pysäkkivälin perusteella. Muilla linja-autolinjoilla kalusto on sini-valkoiseksi maalattu, runkolinjoilla oranssi-valkoiseksi. HSL:n reittioppaan aikataulujen mukaisesti nykyisten runkobussilinjojen keskinopeus ruuhka-aikana on noin 25 km/h kaikilla neljällä linjalla. HSL:n runkobussilinjojen määrä kasvaa lähitulevaisuudessa ainakin seitsemällä (40, 200, 300, 400, 520, 530, 570), ja nykyisistä linjoista 550 korvataan pikaraitiotiellä (HSL, 2019a, 2019bc, 2019c).

Tampereen seudun joukkoliikenteessä linjoja 1–6 ja 8–10 kutsutaan runkolinjoiksi, ja niitä liikennöidään muuta linja-autoliikennettä tiheämmällä vuorovälillä. Lisäksi runkolinjojen matkustajamäärät ovat muita linjoja suurempia. Runkobussilinjojen reittien infrastruktuuria kehitetään, niiden vuorotarjontaa lisätään ja matkustajainformaatiota parannetaan enemmän kuin muilla linjoilla. Runkolinjoilla käytetään telilinja-autoja toisin kuin muussa linja-autoliikenteessä. (Halminen, 2019 s. 7.)

Oulun seudulla liikennöidään viittä runkobussilinjaa (linjat 1–5), jotka poikkeavat muusta linja-autoliikenteestä matkustajamäärien, vuorovälin ja reittien suoruuden osalta. Runkolinjojen matkamäärien osuus kaikesta Oulun seudun joukkoliikenteestä oli 55 % vuonna 2018. Runkolinjojen vuoroväli on 15–20 minuuttia, ja niiden liikennöintiajat ovat muuta linjastoa laajemmat aamuisin ja iltaisin. Runkobussilinjoille on viime aikoina tuotu isompaa kalustoa: Oulun joukkoliikennettä liikennöidään muutoin kaksiakselisella kalustolla, mutta runkobussilinjoilla on nyt käytössä myös kolmiakselisia telibusseja. (Hyvönen, 2018)

Lahden seudun joukkoliikenne (LSL) on suunnitellut vuodesta 2018 alkaen runkolinjastoa, joka korvaisi nykyisen joukkoliikennelinjaston. Linjastouudistuksen tavoitteena on joukkoliikenteen subvention pienentäminen noin miljoonalla eurolla vuosittain kasvattamalla matkustajamääriä ja kustannustehokkuutta. Uudistuksessa parannetaan saavutettavuutta, nopeutetaan matka-aikoja ja nostetaan palvelutasoa. Nykyiset 18 paikallisliikenteen linjaa korvataan 11 runkolinjalla ja niitä täydentävillä linjoilla. Uusien linjojen reitit päätepusäkeiltä Lahden keskustaan ovat aiempaa suurempia, vuorovälit linjojen yhteisillä osuuksilla pienempiä ja vaihdot linjojen välillä helpompia. Uusi linjasto otetaan käyttöön vaiheittain vuosien 2019–2020 aikana. (Lahden seudun liikenne, 2019.)

Turun seudun joukkoliikenne Föli uudistaa joukkoliikenteen tarjonnan runkolinjastopohjaiseksi kesällä 2021. Uuden linjaston selkärangan muodostaa kymmenen runkolinjaa (1–10), joiden muodostamaa linjastoa täydentävät erilaiset liityntälinjat. Uudistuksella tähdätään sujuvampaan matkantekoon, parempiin poikittaisyhteyksiin, tiheämpiin vuoroväleihin ja linjaston selkiyttämiseen. Uudet runkobussilinjat eroavat nykyisistä vastaavista linjoista ja tulevista muista linjoista eniten liikennöinti-aikojen ja vuorovälin osalta. Runkobussilinjojen pysäkkejä myös harvennetaan hieman nykyisistä vastaavista linjoista ja linjojen liikennevaloetuksia lisätään. Uudistuksessa joukkoliikennetarjonnan määrä kasvaa 20 %. (Föli, 2019.)

Tukholmassa on runkobussilinjasto, joka muodostuu keskustan metroverkkoa täydentävistä viidestä linjasta (1–4 ja 6). Keskustan linjojen lisäksi Tukholman läänin alueella on pitkänmatkainen runkobussilinjasto, joka yhdistää raskaan raideliikenteen asemia ja täydentää joukkoliikennepalveluita raideliikenteen asemien välisillä alueilla.

Runkobussilinjat erottuvat muusta linja-autoliikenteestä monilla tavoilla. Runkobussit ovat sinisiä, 18-metrisiä, matalalattiaisia ja ympäristöystävällisiä nivellinja-autoja, kun muut linja-autot ovat punaisia ja lyhyempiä. Runkolinjojen pysäkkiväli on muita linjoja pidempi ja linjat on numeroitu muita linjoja selkeämmin. Runkolinjoilla ei ole pysäkkisyvennyksiä ja ne on maalattu näkyvästi. Keskustan runkolinjoilla ei ole täysin omia kais-toja; niiden nopeus perustuu liikennevaloetuuksiin ja linja-autokaistoihin ja keskino-peus on 15 km/h. (Bäckström ym., 2011 s. 67–69.)

Tukholman keskustan runkolinjat eivät vastaa alkuperäisiä suunnitelmia: alun perin linjojen keskinopeudeksi tavoiteltiin 18 km/h ja linjojen ongelmana ovat peräkkäisten linja-autovuorojen kasaantuminen ja epäsäännölliset vuorovälit. Runkolinjojen nopeus on kuitenkin suurempi kuin aikaisempien vastaavien linjojen. Linjojen nopeutus yhdessä runkolinjojen havaittavuutta parantavien toimenpiteiden (väriyty, brändäys) kanssa linjojen matkustajamäärät kasvoivat noin 25 % linjojen perustamisesta vuodesta 1995 vuoteen 2004. (Bäckström ym., 2011 s. 67–69.) Tukholman runkobussilinjojen suunniteltua heikompi palvelutaso on hyvä pohjoismainen esimerkki bussijärjestelmien suunnitelmien haalistumisesta. Alkuperäiset suunnitelmat olisivat vaatineet toteutettua enemmän bussi-kaistoja ja liikennevaloetuksia tavoitteiden saavuttamiseksi.

4 Superbussijärjestelmät – BHLS – BRT-Heavy

Tässä luvussa käsitellään superbussijärjestelmien ominaisuuksia ja joitakin esimerkki-kohteita Pohjoismaissa. Superbussijärjestelmällä tarkoitetaan tässä työssä englanninkielistä termiä Bus of High Level of Service (BHLS) vastaavia bussijärjestelmiä. Superbussi vakiintui sanana suomenkieliseen käyttöön 2010-luvun alkupuoliskolla Turun ja Tampereen raitioteiden yleissuunnitelmien valmistumisen yhteydessä, kun kummankin raitiotien yleissuunnitelmassa raitiotien vertailuvaihtoehtona oli samaa linjausta kulkeva linja-autolinja. Superbussijärjestelmiä vastaava BRT-pohjainen termi on BRT-Heavy, jota käytetään kuvaamaan joitakin pohjois-amerikkalaisia bussijärjestelmiä (Finn ym., 2011 s. 16).

4.1 Keskeiset ominaisuudet

Superbussijärjestelmät Euroopassa ovat yleisesti sanoen eurooppalainen näkemys Amerikan mantereen korkean palvelutason bussimetrojärjestelmistä. Niiden tarkoituksena on ollut täyttää linja-autoliikenteen ja raitioteiden väliin jäävä rako (Finn ym., 2011 s. 18.). Runkobussi- ja bussimetrojärjestelmien tavoin superbussijärjestelmillä ei ole täysin vaikiintunutta ulkoasua ja toimintamuotoa, mutta joitakin yleistyksiä voi tehdä.

Superbussijärjestelmien kulkuväylät Euroopassa ovat enimmäkseen linja-autojen omilla kaistoilla, mutta harvoin koko reitin matkalta. Kulkuväylät on eristetty muusta liikenteestä reunakivellä tai kaistaviivalla, ja superbussilinjat risteävät muun liikenteen kanssa samassa tasossa. Superbussijärjestelmien reiteille yleensä kuuluu vahvat liittymäetuudet, mutta niiden taso vaihtelee eri järjestelmien välillä. Superbussijärjestelmien kulkuväylä sijoittuu yleensä kadun keskelle raitioteiden tapaan, jolloin linjoilla ei myöskään ole käytössä pysäkkisyvennyksiä. (Finn ym., 2011 s. 32.)

Superbussijärjestelmien nopeus vaihtelee paljon eri järjestelmien välillä. Suurimmat erot nopeuksien välillä selittyvät keskimääräisen pysäkkivälin suuruudella, joka vaihtelee toteutuneissa superbussijärjestelmissä useimmiten 400 ja 800 metrin välillä. Toisaalta eroja selittää myös se, millainen superbussijärjestelmän liikennöintiympäristö on – kuinka paljon järjestelmällä on omaa kulkuväylää ja kuinka vahvoja järjestelmän liikennevaloetudet ovat. Eurooppalaisissa superbusseissa järjestelmien nopeus on enimmäkseen 20–30 km/h välillä, josta 25 km/h vaikuttaa olevan hyvä nopeusarvio. (Finn ym., 2011 s. 43.)

Superbussijärjestelmän investointikustannusten taso riippuu eniten siitä, millainen kulkuväylä järjestelmälle rakennetaan. Eurooppalaisessa ympäristössä superbussijärjestelmän investointikustannukset ovat noin 6–10 M€/km (Finn ym., 2011 s. 49–50). Tutkituissa hankkeissa on kuitenkin suuria eroja sen suhteen, millaisia kustannuksia järjestelmien osalle lasketaan. Suomalaisten raitioteiden yleissuunnitelmien superbussivertailuvaihtoehtoissa superbussien investointikustannusten taso on ollut noin kolmanneksen pienempi kuin raitiotiellä. Pohjoismaissa toteutuneissa ja suunnitteilla olevissa hankkeissa kustannusten taso on ollut alempi, koska hankkeiden yhteydessä ei ole laajasti siirretty kunnallistekniikkaa väylän alta pois, kuten raitioteilla on tapana, tai superbussille ei ole rakennettu lainkaan omaa väylää.

Suomessa Tampereen raitiotien yleissuunnitelmassa (Tampereen kaupunki, 2014) raitiotien vertailukohteena oli linja-autoilla liikennöitävät linjat, joiden infrastruktuuri vastasi raitiotien infrastruktuuria lukuun ottamatta varsinaista rataa päällysrakenteineen ja radan sähköistystä. Tuplanivellinja-autoja suunniteltiin liikennöitävän tiheämmällä vuorovälillä kuin raitiovaunuja, koska linja-autojen matkustajakapasiteetti olisi ollut pienempi kuin raitiovaunujen. Tuplanivellinja-autovaihtoehdon investointikustannukseksi arvioitiin 142 miljoonaa euroa, joka oli 58 % raitiovaunuvaihtoehdon arvioidusta 245 miljoonan euron investointikustannuksesta.

Turun raitiotien yleissuunnitelmassa (Turun kaupunki, 2015) raitiotien vertailukohteena oli superbussivaihtoehdo, jonka lähtökohtana oli ”ajattele raideratkaisua, liikennöi busseilla” -periaatteen mukaisesti, että superbussille toteutettaisiin samantyyppinen infrastruktuuri kuin raitioiteille. Superbussivaihtoehdon investointikustannus arvioitiin pääosin samaksi kuin raitiotien, lukuun ottamatta radan päällysrakenteen ja sähköistämisen sekä kunnallistekniikan siirron kustannuksia. Superbussivaihtoehdon investoinnin arvoksi laskettiin 161 miljoonaa euroa eli 54 % raitiovaunuvaihtoehdon arvioiduista 300 miljoonan euron kustannuksista. Yleissuunnitelmassa todettiin Helsingin ja Tampereen käytännön kokemuksista, että nivellinja-autoissa on tavallisia linja-autoja suuremmat huoltokustannukset, suurempi energiankulutus ja heikompi matkustusmukavuus. Kumipyöräliikenteessä nivel aiheuttaa epämiellyttävää sivuttais- ja pystysuuntaista liikettä enemmän kuin nivelettömässä kalustossa.

4.2 Superbussijärjestelmiä Pohjoismaissa

Suomessa ei toistaiseksi ole yhtään superbussijärjestelmää. Superbussia lähimmät ominaisuudet ovat kahdella Helsingin seudun runkobussilinjaston osuudella linjoilla 550 ja 560. Linjalla 550 on noin kaksi kilometriä pitkä linjaosuus, jossa linjalla on täysin oma kulkuväylä, joka ei risteä muun liikenteen kanssa. Linjalla 560 on samoin noin 2,5 kilometriä pitkä oma linjaosuus, jolla ei ole muuta liikennettä.

WSP Finland Oy tutki Turun kaupungin toimeksiannosta vuonna 2018 (WSP, 2018) pohjoismaisten kaupunkien kokemuksia superbussijärjestelmistä Turun joukkoliikennettä koskevan päätöksenteon tueksi. Haastatteluisissa selvitettiin viiden pohjoismaisen kaupungin, Aalborgin, Stavangerin, Trondheimin, Helsingborgin ja Malmön kokemuksia superbussijärjestelmistä. Malmössä superbussijärjestelmä on ollut käytössä vuodesta 2014 lähtien, kun muissa kaupungeissa ensimmäiset superbussilinjat ovat valmistuneet 2019 tai olivat selvityksen aikaan rakenteilla.

Malmön kaupungin superbussijärjestelmä MalmöExpressen on pohjoismaiden ensimmäinen superbussijärjestelmä, joka otettiin käyttöön 1.6.2014. Järjestelmä koostuu nykyisin yhdestä linjasta, mutta superbussijärjestelmää on suunniteltu laajennettavan kolmelle nykyiselle linja-autolinjalle. Näiden lisäksi on suunniteltu uutta superbussilinjaa. Malmössä alun perin päädyttiin suunnittelemaan superbussijärjestelmää, koska nykyistä superbussilinjaa edeltänyt linja oli ylikuormittunut, mutta pikaraitiotien investointikustannusta pidettiin liian suurena. (WSP, 2018.)

Nykyinen superbussilinja on 8,3 kilometriä pitkä linja, jolla on noin 5 kilometriä omia bussikaistoja. Loput noin 3 kilometriä linjasta on sekaliikennekaistoilla, eli linja-autot jakavat saman kulkuväylän henkilöautojen kanssa. Tämä ei ole kuitenkaan suuri ongelma linjan sujuvuudelle, koska sekaliikenneosuudet ovat liikennemääriltään hiljaisia. Linjan

infrastruktuurin rakennustöiden aikana linjan kaistojen alapuolella ei juurikaan siirretty kunnallisteknisiä putkia tai kaapeleita, mikä alensi linjan investointikustannuksia. Linjan infrastruktuuri on rakennettu kestäväksi vain noin 10 vuotta, sillä linjan suunnitteluvaiheessa odotettiin, että superbussilinja korvattaisiin kohtalaisen pian pikaraitiotiellä. Infrastruktuurin kustannukset olivat noin 6,4 M€. (WSP, 2018.)

Malmön superbussit ovat 24-metrisiä kaksinivellinja-autoja, jotka ovat biokaasukäyttöisiä sarjahybridejä. Linja-autot maksoivat noin 840 000 € kappaleelta. Malmössä on tavoitteena sähköistää kaupungin linja-autoliikenne, mutta superbussilinjan suunnittelun aikana markkinoilla ei ollut vielä kaksinivelistä sähköbussikalustoa tarjolla. Linja-autojen oletettu käyttöikä vastaa infrastruktuurin käyttöikää eli noin 10 vuotta. Nykyisen kaluston saavutettua käyttöikänsä pään kalusto korvataan todennäköisesti sähköisellä kalustolla, sillä linjan korvaaminen pikaraitiotiellä ei ole enää poliittisesti todennäköinen ratkaisu. Linjan korvaaminen pikaraitiotiellä olisi kuitenkin edelleen perusteltua, sillä linjan matkustajamäärät ovat kasvaneet merkittävästi linjan avaamisen jälkeen ylittäen odotukset. Superbussilinjalla ei ole havaittu olevan suurta vaikutusta maan tai kiinteistöjen arvoon reitin varrella. (WSP, 2018.)

Helsingborgissa avattiin Malmön superbussilinjan kaltainen linja vuonna 2019. Helsingborgin superbussilinjan kulkuväylästä puolet on muiden linja-autojen kanssa yhteistä, puolet maalattua bussikaistaa ja puolet sekaliikennekaistaa. Bussikaistaa on enemmän kaupungin keskustassa, kun taas vähäliikenteisillä reuna-alueilla superbussilla ei ole omia kaistoja. Osalla alueista bussikaistat on sijoitettu tien keskelle, ja näin on tehty kaikilla uusilla kaduilla. Alun perin superbussijärjestelmän pysäkkejä ei suunniteltu jaettavan muiden linja-autolinjojen kanssa, mutta siihen päädyttiin, koska omille pysäkeille ei ollut riittävästi tilaa. Superbussilinjalla käytetään yksinivelisiä täyssähköbussseja; linjalle oli alun perin suunniteltu kaksinivelisiä täyssähköbussseja, mutta Helsingborgin tarpeisiin sopivia ei löytynyt. Linja-autot tullaan pidentämään myöhemmin kaksinivelisiksi. (WSP, 2018.)

Trondheimissa avattiin kolmen superbussilinjan linjasto vuonna 2019. Trondheimin superbussilinjojen kulkuväylä on pääosin yhteistä muun liikenteen kanssa, jolloin linjan infralla ei ole yhteistä ilmettä. 45 km superbussiverkostosta vain 9 km on bussikaistoilla, ja näistä 2 km rakennettiin erityisesti superbussilinjastoa varten, sillä kaupungissa ei ole ollut poliittista tahtoa henkilöautojen katutilan pienentämiseen linja-autoliikenteen hyväksi. Trondheimissa ei ole varauduttu raitiotien rakentamiseen myöhemmin. Kaupunki-kehitystä kuitenkin keskitetään superbussilinjojen varteen ja erityisesti tärkeimpien linja-autolinjaston vaihtopysäkkien yhteyteen. Superbussilinjasto otettiin käyttöön, koska matkustajamäärät ovat kasvaneet ja niitä halutaan kasvattaa edelleen. Linjoilla käytetään kaksinivelisiä hybridilinja-autoja, jotka erottuvat selkeästi muusta linja-autoliikenteestä. (WSP, 2018.)

5 Bussimetrojärjestelmät – Full-BRT

Tässä luvussa käsitellään bussimetrojärjestelmien ominaisuuksia ja joitakin bussimetrojärjestelmien esimerkkikohteita Latinalaisessa Amerikassa. Bussimetrojärjestelmällä tarkoitetaan tässä työssä englanninkielistä termiä Bus Rapid Transit (BRT) vastaavia järjestelmiä. BRT-termiä on tosin myös käytetty kuvaamaan tässä työssä kuvailluista bussimetrojärjestelmistä poikkeavia bussiliikennejärjestelmiä, jotka vastaavat enemmän runko- tai superbussijärjestelmiä. Bussimetromaisista BRT-järjestelmistä puhuttaessa onkin täsmällisempää käyttää termiä Full-BRT (Finn ym., 2011 s. 16.).

5.1 Keskeiset ominaisuudet

Institute for Transportation & Development Policy (ITDP) (2016a) on määrittänyt bussimetrojärjestelmien standardin, joilla instituutti pisteyttää maailman bussimetroliikenteen kulkukäytäviä. Standardin pisteytysjärjestelmässä on mahdollista saavuttaa yhteensä sata pistettä, jos täyttää erilliset minimivaatimukset, jotka on esitetty taulukossa 2. ITDP:n standardin muut pisteet ja pistevähennykset läpileikkaavat monipuolisesti bussimetrojen infrastruktuuria, liikennöintiä, viestintää, ylläpitoa ja yhteensopivuutta muun liikennejärjestelmän kanssa. Muista pisteytyskriteereistä mainittakoon yli 20 km/h matkanopeus, ruuhka-aikaan korkeintaan 7,5 min vuoroväli, pysäkkiväli 300–800 metriä, keskilaituriasemat, keskitetty liikenteenohjaus ja siisti sekä turvallinen yleisilme.

Taulukko 2. ITDP:n (2016a) määrittämät minimilaatutekijät, joista on saavutettava vähintään 20 pistettä.

Laatutekijä	Optimitilanteen kuvaus	Pisteytys
Täysin oma kulkuväylä	Väylä on muusta kadusta erillinen tai fyysisillä kulkusteillä eroteltu kaista	8
Linja-autoväylän sijoittuminen kadulla	Väylä on kadun keskellä, muusta katuinfrastrasta erillinen tai kadun reunalla siten, että risteäviä kulkuteitä on vain vähän	8
Liikennevälineen ulkopuolinen rahastus	Laiturialueelle on lipuntarkastusportit (8p) tai linjalla on avorahastus (7p)	8
Liikennevaloetuedet risteyksissä	Liikennevaloetuoksien taso on korkea ja väylän yli ei ole kääntyvää autoliikennettä	7
Laituritason ja linja-auton väliset etäisyydet	Laiturin ja linja-auton lattian välillä on alle 4 cm korkeusaro ja linja-auton lattia on kauttaaltaan samassa tasossa	7

ITDP:n määritelmien mukaisesti bussimetrojärjestelmät eroavat huomattavasti runko-bussi- ja superbussijärjestelmistä, kun bussimetrot toteutetaan täysimittaisina. Vaatimus linja-auton lattian tasaisuudesta tarkoittaa käytännössä vaatimusta korkealattiaisesta linja-autokalustosta ja korotetuista asemalaitureista. Korkealattiaiset linja-autot ja linja-autojen ulkopuolinen rahastus käytännössä tarkoittavat sitä, että bussimetrojen pysähdyspaikat ovat muiden bussijärjestelmien pysäkkejä isompia ja laajempia asemia.

Varsinaisten bussimetrojärjestelmien palvelutaso on lähellä metrojärjestelmien tasoa. Metromaisin palvelutaso saavutetaan, kun bussimetrojärjestelmän kulkuväylä rakennetaan kokonaan muusta liikenteestä eriytetyille väylille ilman tasoristeämiä muun liikenteen kanssa. Tällöin bussimetrojärjestelmä tarjoaa aidon metromaisen joukkoliikenneyhteyden, kun linja-autojen ei tarvitse koskaan pysähtyä tai hidastaa muun liikenteen takia. (Finn ym., 2011 s. 30–33.)

ITDP:n bussimetrostandardin pisteityksen puitteissa bussimetrojärjestelmän voi rakentaa omalle väylälle, joka kuitenkin risteää muun liikenteen kanssa samassa tasossa. Bussimetrojärjestelmien vaatimuksien mukaisesti bussimetrolla tulee olla hyvät liikennevalotuet, mutta kaikissa tasoristeyksissä näitä ei välttämättä pysty toteuttamaan. Tällöin bussimetrojärjestelmän palvelutaso kuitenkin kärsii, kun bussimetro joutuu pysähtymään tai hidastamaan risteyksissä muun liikenteen takia. (Finn ym., 2011 s. 30–35.)

Edellä esitetty bussimetron toteutustapa on superbussijärjestelmän kaltainen. Superbussimaisilla väylillä toteutettujen bussimetrojen ja varsinaisten bussimetrojen välillä järjestelmien erot keskittyvät asema-infrastruktuuriin, sillä muut linjojen ominaisuudet – pysäkkiväli, linjan brändäyksen taso, vuoroväli, jne. – voivat olla bussimetron ja superbussin välillä hyvin samankaltaisia.

Bussimetrojärjestelmiä on kehitetty eniten Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, missä maankäyttö on usein eriytynyttä ja hajautunutta, ja missä joukkoliikenne palvelee eniten työmatkaliikenteen siirtymiä hajautuneilta asuinalueilta kaupallisiin keskustoihin. Amerikan mantereen kaupunkiseudut ovat pitkään rakentuneet henkilöautoliikenteen varaan, jolloin kaupungeissa ei ole kattavaa raideliikenteen runkolinjojen verkostoa. Sen sijaan kaupunkiseuduilla on moottoriteiden verkostoa, joihin bussimetrojärjestelmät on mahdollista toteuttaa kohtalaisen edullisesti joukkoliikenteen runkoverkostoksi. (Finn ym., 2011 s. 15–17.)

Euroopassa joukkoliikenteen tilannekuva on erilainen. Kaupunkien maankäyttö on sekoittunutta ja tiivistä ja joukkoliikenne palvelee ympärivuorokautisesti erilaisia matkoja kaupunkiseudun läpi. Eurooppalaisilla kaupunkiseuduilla on yleisesti jo olemassa raideliikenteen runkoverkosto, jota täydentävät rajatussa katutilassa kulkevat linja-autolinjat. Kaupunkiseuduilla siis on jo raitiotie tai metrolinjasto palvelemaan niitä yhteysvälejä, joihin pohjois- ja eteläamerikkalaiset kaupunkiseudut kehittävät bussimetrojärjestelmiä. (Finn ym., 2011 s. 15–17.) Eurooppalaisessa urbaanissa ympäristössä on siis vain vähän puutteellisia joukkoliikenteen yhteysvälejä, joihin tarvitaan palvelutason osalta uusi runkoyhteys, kuten bussimetrojärjestelmä.

Bussimetrojärjestelmien keskimääräinen nopeus vaihtelee linjojen infrastruktuurin ja kulkuväylän mukaan kuten runkobussi- ja superbussijärjestelmien kohdalla. Hidalgon ja Garriganin (2010 s. 16) tutkimissa 13 aasialaisessa ja latinalaisamerikkalaisessa bussimetrojärjestelmässä nopein bussijärjestelmä on Bogotassa (28 km/h), toiseksi nopein on Ahmedabadissa, hitain on Jakartassa (15 km/h) ja muut järjestelmät ovat keskinopeudeltaan vaihteluvälillä 18–22 km/h.

Bussimetrojärjestelmien investointikustannusten taso riippuu eniten siitä, millainen kulkuväylä bussimetrojärjestelmälle rakennetaan. Eurooppalaisessa ympäristössä aidosti metromaisella väylällä toteutetun bussimetrojärjestelmän infrastruktuurikustannukset

ovat 15–30 M€/km suuruusluokkaa. Superbussijärjestelmän kaltaisesti toteutetun bussimetrojärjestelmän investointikustannukset ovat 6–10 M€/km suuruusluokkaa. (Finn ym., 2011 s. 49–50.) Toisaalta Euroopan ulkopuolella Hidalgon & Carriganin (2010 s. 19) koosteessa 12 kehittyvän talouden bussimetrojärjestelmien investointikustannukset ovat olleet välillä 1,4–5,7 M\$/km. Kallein oli Bogotan bussimetrojärjestelmä, joka maksoi 12,5 M\$/km.

5.2 Bussimetrojärjestelmien erityisiä haasteita

Korkean palvelutason bussijärjestelmillä on haasteita, jotka ovat samanlaisia kuin jotkin runkobussi- ja superbussijärjestelmien vaikeudet. Bussimetrojärjestelmillä ei ole ITDP:n ylläpitämästä standardista huolimatta yksiselitteistä merkitystä, ulkomuotoa ja toimintatapaa, minkä vuoksi bussimetrojärjestelmien tarkoista ominaisuuksista kunkin hankkeen kohdalla on vaikeaa muodostaa selvää kuvaa.

Bussimetrojärjestelmissä on yleisiä ongelmia erityisesti kehittyvissä maissa. Bussimetrojärjestelmiä on toteutettu kiireessä, jolloin järjestelmän avautuessa jotkin järjestelmän osat vielä puuttuvat (esimerkiksi osa liikennevaloetuksista). Liikenteen operointia ei ole subventoitu riittävästi, jolloin järjestelmän palvelutasoa on karsittu esimerkiksi harventamalla vuoroväliä. Bussimetroväylän pinnoitetta ei ole alusta alkaen rakennettu riittävän kestäväksi, jolloin tie rapistuu ennen aikojaan ja väylän kunnossapito on vaikeaa. Rahastusta ei ole linja-auton ulkopuolella, jolloin pysäkkiajat ja siten myös matka-ajat pidentyvät. Bussimetron palveluista ja yhdistymisestä muuhun joukkoliikenneverkkoon ei ole tiedotettu riittävästi matkustajille. (Hidalgo ym., 2012 s. 10-11.)

Monissa kehittyvien talouksien bussimetrojärjestelmissä linja-autojen kapasiteetti alimitoitetaan, jolloin järjestelmät eivät ole miellyttäviä käyttää. Kapasiteetin alimitoittaminen tarkoittaa sitä, että busseihin lasketaan mahtuvan enemmän seisovia matkustajia kuin mitä länsimaiset standardit sallivat. Ylisuuriin matkustajamitoituksiin on päädytty, koska joukkoliikennettä ei ole taloudellisesti tuettu tarpeeksi. Kehittyvissä talouksissa julkinen liikenne rahoitetaan vain lipputulolla, jolloin palvelutaso jää heikoksi. Bussimetrojärjestelmien kriitikot usein viittaavat matkustusmukavuuden ongelmiin verrattessaan bussimetroja raideliikenteeseen, vaikka ongelma johtuu tavasta järjestää liikenne, ei varsinaisesti bussimetroista. (Hidalgo ym., 2012 s. 10)

Eri haasteiden vaikutus maailmalla toteutuneiden bussimetrojärjestelmien laadun suureen vaihteluun käy ilmi ITDP:n (2016a) julkaisemista bussimetrojärjestelmien pisteytyksistä. ITDP on antanut arvosanan kaikille yli 3 kilometriä pitkille laadultaan yhtenäisille linjaosuuksille; ei siis välttämättä varsinaisille bussimetrolinjoille, koska bussimetrojen linjaosuudet voivat vaihdella laadultaan paljon linjan varrella. Kultaisen luokituksen saavuttaa yli 85/100 pisteellä, hopeisen yli 70/100 pisteellä, pronssin yli 55/100 pisteellä ja perusbussimetron tunnustuksen täyttämällä bussimetron minimivaatimukset.

Näistä noin 120 pisteytetystä osuudesta vain 14 osuutta yhdeksässä kaupungissa on saavuttanut kultaisen luokituksen tason. Noin 50 osuutta on saavuttanut hopeisen, noin 40 pronssisen tason ja noin 20 perusbussimetron tunnustuksen. (ITDP, 2016b.) Näiden lisäksi on tietysti bussimetroja, jotka eivät ole saavuttaneet edes perustasoa.

5.3 Bussimetrojärjestelmän esimerkkikohde Etelä-Amerikasta

Kolumbian pääkaupungin Bogotan joukkoliikennejärjestelmä koostuu bussimetrojärjestelmästä ja sitä tukevasta liityntäliikenteestä. Järjestelmän ensimmäinen ja toinen vaihe toteutettiin vuosien 1998 ja 2006 välillä. Vuonna 2011 bussimetrojärjestelmään kuului 84 km superbussiväylää, 114 asemaa ja yli 1 200 nivellinja-autoa ja liityntäliikenteen bussijärjestelmässä oli 663 kilometriä liityntälinjoja. (Hidalgo ym., 2016 s. 133.)

Bogotan bussimetrojärjestelmän kalusto on korkealattiaista ja asemien taso on samalla korkeudella. Bussimetrojen asemilla matkustajien rahastus ja lipuntarkistus on ennen laiturialueelle siirtymistä. Liityntäliikenteen päätepysäkit on integroitu bussimetrolinjojen päätepysäkkeihin siten, että vaihto liityntäliikenteestä bussimetroon on sujuva. Bussimetrojen kulkuväylät ovat isojen pääkatujen ja henkilöautoliikenteen väylien keskellä, mutta ne ovat vain bussimetrojen käytävissä. Pääkaduilla on muuta katuverkkoa harvemmin risteyskysä, mutta niissä risteyskysissä, joiden läpi bussimetrot kulkevat, niillä ei ole lainkaan liittymäetuksia. (Hidalgo ym., 2016 s. 133.) Bussimetroväylällä on paikoin asemien kohdalla myös kaksi kaistaa suuntaansa, jotta samalla reittiosuudella voidaan liikennöidä harvemmillä pysähdyksillä pikavuorolinjoja, jotka kykenevät ohittamaan jokaisella asemalla pysähtyvät bussimetrot. (Hidalgo ym., 2010 s. 14.)

Kuormitetuimmilla reittiosuuksilla bussimetrojärjestelmä kuljettaa jopa 45 000 matkustajaa tunnissa suuntaansa, mikä on 150 % linjan suunnitellusta kapasiteetista. Suuret matkustajamäärät ovat mahdollisia vain linjojen ylikuormittumisen takia: kuormitetuimmilla osuuksilla on keskimäärin 7 matkustajaa/m² eli yli eteläamerikkalaisten mitoitusarvioiden ja huomattavasti yli länsimaisten standardien. Bussimetrojärjestelmän keskinopeus on vuosittain vaihdellut välillä 26–28 km/h. (Hidalgo ym., 2016 s. 134.)

Kansainvälisiin asioihin ja talouteen keskittyvä aikakauslehti The Economist (2020) kirjoitti vuoden 2020 alussa Bogotan bussimetrojärjestelmästä artikkelin, jossa tarkasteltiin järjestelmän historiaa ja nykytilaa. Järjestelmän ensimmäinen osa rakennettiin vuosituhanen vaihteessa kolmanneksessa siitä ajasta ja kuudenneksella niistä kustannuksista, mitä olisi tarvittu maanpäällisen metrolinjan rakentamiseen. Bussimetrojärjestelmä lyhensi ensimmäisenä toimintavuonnaan kaupungin keskimääräisen työmatkan pituutta 90 minuutista 70 minuuttiin. Nykyisin järjestelmä on ruuhkautunut. Pahimmillaan matkustajat joutuvat odottamaan jopa 40 min pääsyä ruuhkautuneimmille asemille, joissa matkustajat edelleen joutuvat jonottamaan pääsyä linja-autoihin. Järjestelmän kunnossapitoon ei ole myöskään ollut riittävästi varoja, kun kaupungin johto leikkasi lippujen hintoja viidenneksellä 2010-luvulla; sitä ennen järjestelmä oli rahoittanut itse itsensä. Järjestelmä ei ole suosittu kaupunkilaisten keskuudessa. Kaupungin pormestarinvaalit voitti vuonna 2019 ehdokas, joka kampanjoi bussimetrojärjestelmän laajentamista vastaan ja metrojärjestelmän rakentamisen puolesta, kuten tapahtui myös vuoden 2007 vaaleissa.

6 Kilpailevat raidejärjestelmät

Korkean palvelutason bussijärjestelmiä vertaillaan usein raideliikennejärjestelmiin, eikä syyttä, sillä korkean palvelutason bussijärjestelmiä pidetään raideliikennejärjestelmien kanssa kilpailevana ratkaisuna. Bussijärjestelmään päädytään silloin, kun halutaan raide-liikenteen edut bussijärjestelmän kustannuksella.

6.1 Keskeiset ominaisuudet

Pikaraitiotie on nykyaikainen ja tehokas raitiovaunujärjestelmä, joka kaupunkiraitiotiestä poiketen kulkee omalla kaistallaan. Pikaraitiotie on kaupunkiraitiotietä nopeampi järjestelmä, koska pikaraitiotieillä on tyypillisesti joitakin korkean nopeusrajoituksen nopeita osuuksia, hyvät liikennevaloetudet ja pidempi pysäkkiväli. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, 2015.)

Suomessa ei ole vielä yhtään pikaraitiotielinjaa, mutta esimerkiksi Helsingin seudulle rakennetaan laaja pikaraitiotieverkosto. Helsingin seudulla pikaraitiotien suurimmat erot kaupunkiraitiotieihin ovat kaluston nopeudessa ja koossa. Pikaraitiotieiden suunniteltu keskinopeus on 25 kilometriä tunnissa ja pikaraitotievaunut voivat olla 45 metriä pitkiä, jolloin yksittäiseen raitiovaunuun mahtuu 225 matkustajaa. Pikaraitiotien investointikustannukset ovat 10–20 miljoonaa euroa/km. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, 2015.)

Metro- ja kaupunkijunajärjestelmät ovat kaupunkiraideliikennettä, jota liikennöidään junakalustolla täysin metrolle tai junille varatulla kulkuväylällä, joka risteää muun liikenteen kanssa eri tasossa. Metrojärjestelmät ovat raskasta raideliikennettä, jossa kaluston liikkumista radalla rajoitetaan erillisellä liikenteenohjausjärjestelmällä.

Helsingin metrossa yhteen metrojunayksikköön mahtuu 708 matkustajaa ja metroa liikennöidään metron runko-osuudella 2,5 min vuorovälillä. Metron matkustajakapasiteetti on siis noin 15 000 matkustajaa/tunti/suunta. Helsingin metroliikenteen keskinopeus on noin 45 km/h. Helsingin kaupunkijunaliikenteessä voidaan liikennöidä kolmen junarungon junayksiköillä, jolloin yhteen junayksikköön mahtuu 420 matkustajaa, ja liikennettä ajetaan junien runko-osuudella 5 min vuorovälillä. Kaupunkijunien matkustajakapasiteetti on siis noin 12 000 matkustajaa/h/suunta. Helsingin lähijunaliikenteen keskinopeus on 54 km/h.

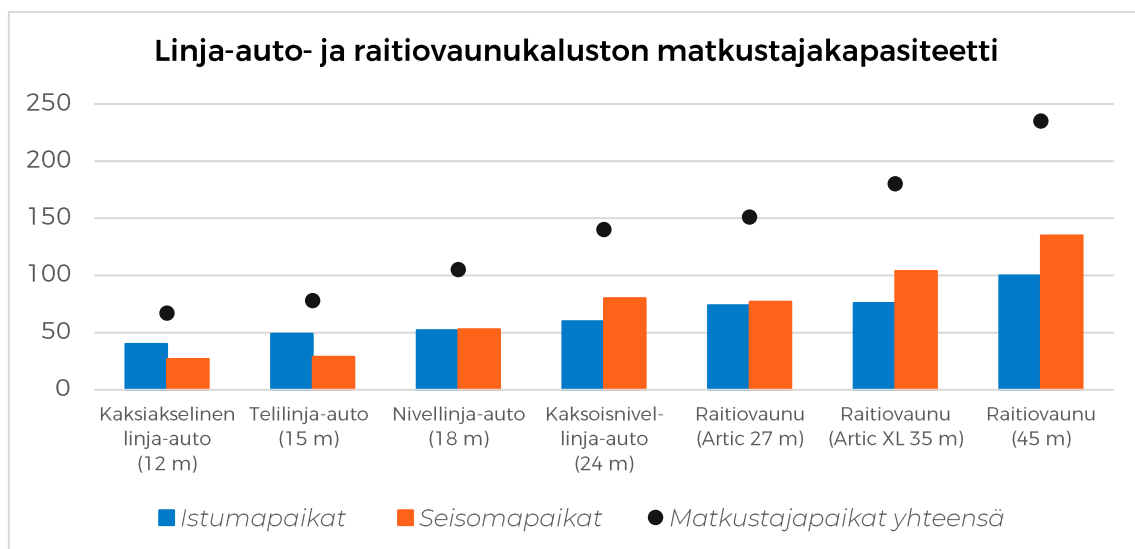
Helsingin yleiskaavatyön yhteydessä laaditussa raideliikenteen verkkoselvityksessä (2015) esitetään metroradan kustannuksiksi noin 20–30 M€/km ja asemien kustannuksiksi noin 10–40 M€/asema. Viimeisin metroliikenteelle avattu rataosuus, Länsimetron ensimmäinen vaihe Ruoholahti–Matinkylä, on noin 13 kilometriä pitkä rata, jonka kustannukset olisivat olleet alkuperäisen hankesuunnitelman laajuudessa arviolta noin 930 M€, eli noin 70 M€/km. (Länsimetro, 2019.) Viimeisin HSL:n kaupunkijunaliikenteeseen rakennettu rataosuus on Vantaan Kehärata, joka avattiin liikenteelle 2015. Kehäradan investointikustannus oli noin 780 M€, eli noin 40 M€/km. (Väylävirasto, 2015.)

6.2 Keskeiset erot bussi- ja raideratkaisujen välillä

Bussi- ja raideliikennejärjestelmien vertailussa ei ole syytä huomioida metro- ja kaupunkijunajärjestelmiä, koska ne vaativat suuremmat investoinnit ja niiden nopeus ja kapasiteetti ovat merkittävästi suuremmat. Esimerkiksi Helsingin seudun metro- ja kaupunkijunaliikenteen keskinopeus on noin 40–60 km/h, kun taas kaikkien tässä työssä tutkittujen bussijärjestelmien nopeus on alle 30 km/h. Helsingin seudun metro- ja kaupunkijunaliikenteen matkustajakapasiteetti on muutamia kymmeniä tuhansia matkustajia suuntaansa, kun taas länsimaisten bussijärjestelmien kapasiteetti on muutamia tai useita tuhansia matkustajia suuntaansa. Myös metro- ja junajärjestelmien asemavälit ja liityntämatkat ovat pidempiä kuin bussi- ja raitiotiejärjestelmissä. Joissakin Euroopan ulkopuolisissa bussimetrojärjestelmissä on toki saavutettu korkeampi matkustajakapasiteetti, mutta vain ylikuormittamalla linja tasolle, jota länsimaissa ei hyväksytä.

Raitiotie- ja bussijärjestelmien välillä erot matkustajakapasiteetissa ovat kahtiajakoiset. Kun verrataan raitioiteitä bussijärjestelmiin, raitioiteiden matkustajakapasiteetti on isompi, koska kalusto on isompaa, eikä linja-autoja voi linjakohtaisesti liikennöidä tiheämmin kuin raitioiteitä. Toisaalta bussijärjestelmissä samalle reittiosuudelle voi mahdollistaa pika- vuoroja ja paikallisempia linjoja, jotka voivat helposti ohittaa toisensa pysäkeillä, jos pysäkeille on rakennettu ohituskaistat. Tällöin bussijärjestelmän laskennallinen vuoroväli on niin pieni, ettei pienempi kalustokoko haittaa.

Erot raitiotie- ja bussijärjestelmien kalustokohtaisessa kapasiteetissa ovat myös kahtiajakoiset. Kuten luvussa 2.5 todettiin, linja-autokaluston pidentyessä seisomapaikkojen suhteellinen osuus kasvaa merkittävästi. Sama ilmiö toistuu rajatusti raitiovaunukaluston tapauksessa. Istumapaikkojen määrä Helsingin 27 metriä pitkällä raitiovaunulla on samaa suuruusluokkaa kuin tulevien pikaraitioiteiden 35 metriä pitkällä kalustolla, kuten kuvassa 3 on esitetty. Istumapaikkojen määrä ei kasva, koska pikaraitioiteiden kalusto on kaksisuuntaista: toinen ohjaamo ja molemminpuoliset ovet vievät tilaa, johon voisi muuten sijoittaa istuimia. Toisaalta jo valmiiksi kaksisuuntaisen kaluston pidentäminen kasvattaa istuma- ja seisomapaikkojen määrää samassa suhteessa, ja istumapaikkojen määrä jo nykyisissä raitiovaunuissa on merkittävästi suurempi kuin missään linja-autossa.



Kuva 3 Linja-auto- ja raitiovaunukaluston matkustajakapasiteetti istumapaikoittain, seisomapaikoittain ja yhteensä (HSL, 2016, Vantaan kaupunki, 2019).

Merkittävin ero raitioteiden ja korkean palvelutason bussijärjestelmien välillä on kustannusten taso: yhdenmukaisilla suunnitteluperiaatteilla toteutetut bussijärjestelmät ovat investointikustannuksiltaan noin kolmanneksen raitioteitä halvempia suomalaisten uusien raitioteiden yleissuunnitelmien perusteella. Jos bussijärjestelmä toteutetaan johdinautoilla, raitiotie- ja bussijärjestelmien kustannusero on olennaisesti pienempi. Toisaalta bussijärjestelmien suunnitelmilla on taipumus haalistua, jolloin bussijärjestelmien investointikustannukset vielä pienenevät, mutta samoin lopputulos huononee edelleen. Myös bussijärjestelmien liikennöinti on noin kolmanneksen halvempaa kuin vastaavan raitiotien. Vantaan ratikan superbussiselvityksessä (2019, s. 20–22) yksinivelisten sähköbussien runkolinjan liikennöintikustannukset olivat 60 % ja kaksinivelisten sähköbussien superbussilinjan 70 % pikaraitiotien liikennöintikustannuksista.

Kuten luvussa 2.3 todettiin, bussijärjestelmien on mahdollista joustaa omalta reitiltään enemmän kuin raitiotiejärjestelmien, mutta tämän ominaisuuden käyttäminen ei ole tarkoituksenmukaista. Toisaalta bussijärjestelmälle on helppo toteuttaa väliaikainen kiertoreitti, jolloin esimerkiksi linjan alle jätettyä kunnallistekniikkaa voisi kunnostaa. Pikaraitiotiehankkeiden rakennusvaiheessa kunnallistekniikka siirretään raitioteiden alta pois niin, että sen huoltaminen on mahdollista ilman liikenteen katkaisemista (Tampereen kaupunki, 2014 s. 49). Bussijärjestelmiä toteutettaessa kalliit putkisiirrot voi jättää tekemättä, jos linjalle voi tehdä kiertoreitin ilman hankalia liikennöintihäiriöitä. Näin on toimittu useimmissa pohjoismaissa superbussijärjestelmissä, jolloin järjestelmän investointikustannukset ovat yli kolmanneksen raitiotietä halvempia. Ei ole kuitenkaan selvää, onko putkisiirtojen välttäminen lopulta etu vaiko esimerkki järjestelmien haalistumisesta.

Raitiotie- ja bussijärjestelmien välillä ei ole merkittävää eroa linjojen keskinopeuksissa ja ne asettuvat 15–30 km/h välille. Olettaen, että raitiotie- ja bussimetrojärjestelmät suunniteltaisiin samanlaisilla ratkaisuilla, keskinopeus asettuisi samaksi. Raitiovaunujen ja linja-autojen kiihtyvyyttä eivät rajoita tekniset ratkaisut vaan matkustusmukavuus, jolloin molemmilla kulkuneuvoilla matka pysäkiltä toiselle kestää yhtä kauan. (Vantaan kaupunki, 2019 s. 13.) Bussijärjestelmien haalistuminen voi kuitenkin johtaa siihen, että bussijärjestelmä jää samoista lähtökohdista huolimatta raitiotietä hitaammaksi.

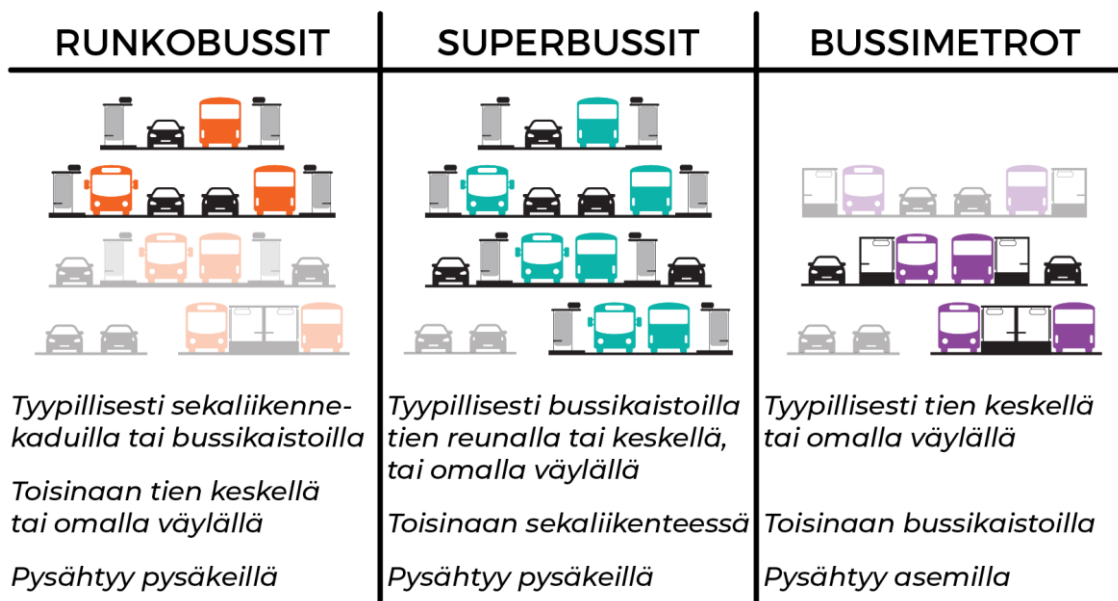
Raitiotiejärjestelmät ovat bussijärjestelmiä mukavampia matkustajan kannalta. Sähkökäyttöiset raitiovaunut modernilla raitiotieradalla ovat linja-autoja hiljaisempia. Useimmissa bussijärjestelmissä on käytetty hiljaisten sähkömoottorien sijaan äänekkäitä polttomoottoreita. Raitiotien pyörämelu on linja-auton rengasmelua pienempää. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, 2015 s. 5.) Raitiovaunun kulku on tasaisempaa kuin linja-auton. Nivellettyjen linja-autojen nivelet lisäävät linja-auton liikkeen epätasaisuutta. (Vantaan kaupunki, 2019 s. 13.) Toisaalta tulevaisuudessa nivellettyjen sähköbussien yleistyminen akkutekniikan parantuessa tasaa tilannetta linja-autojen hyväksi.

On vakiintunut käsitys, että bussimetrojärjestelmät ovat vastaavan palvelutason raideratkaisuja heikompia järjestelmiä, vaikka kumipyörä- ja raideratkaisun erot riippuvat hankkekohtaisesta toteutuksesta. Bussijärjestelmien ei nähdä tarjoavan riittävää runkoa maankäytön kehittämiseen toisin kuin raidehankkeiden, vaikka asiasta ei ole riittävästi tutkimustietoa. Eri bussijärjestelmien omia kulkuväyliä voi yleensä ajaa myös yksityisautoilla, minkä vuoksi yksityisautoilijat antavat herkästi negatiivista palautetta siitä, että linja-autokaistat vievät heidän teiltään tilaa. (Hidalgo ym., 2012 s. 10-11.)

7 Johtopäätökset ja yhteenveto

Työn tavoitteena oli selvittää, miten korkean palvelutason bussijärjestelmät eroavat toisistaan, tavanomaisesta linja-autoliikenteestä ja raideliikenteestä sekä miten niitä on mahdollista luokitella. Työn tuloksena selvisi, että bussijärjestelmät poikkeavat tavanomaisesta linja-autoliikenteestä eniten sillä, että ne ovat kokonaisvaltaisesti suunniteltuja ja brändättyjä järjestelmiä. Bussijärjestelmien suunnittelussa luovutaan tarkoituksella linja-autojärjestelmien joustavuudesta, jotta linjalla saavutetaan pysyvä korkean palvelutason joukkoliikenneyhteys: kalustoa ei voi käyttää ristiin muun linja-autoliikenteen kanssa eikä reittien vaihtaminen lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä ole tarkoituksenmukaista.

Korkean palvelutason bussijärjestelmien luokittelu runkobussi-, superbussi- ja bussimetrojärjestelmiin todettiin työssä toimivaksi tavaksi tarkastella bussijärjestelmiä, sillä niiden välillä on selvät erot, jotka liittyvät linjojen liikennöintiympäristöön ja linjainfrastruktuuriin. Runkobussijärjestelmiä liikennöidään tyypillisesti sekaliikenteessä tai bussikaistoilla, koska runkobussien toteuttamisen yhteydessä ei tehdä infrastruktuuri-investointeja. Runkobussijärjestelmien tavoite on selkiyttää linja-autoliikennelinjastoja ja tarjota muuta linja-autoliikennettä parempi palvelutaso. Superbussijärjestelmille on rakennettu omaa infrastruktuuria, jolloin järjestelmät ovat saaneet omia kaistoja tai väyliä. Superbussijärjestelmien tavoite on tarjota pikaraitioteiden palvelutaso alhaisemmilla investointikustannuksilla. Bussimetrojärjestelmien vaatimat investoinnit ovat hyvin suuret ja bussimetrot kulkevat omilla kaistoillaan tai kulkuväylillään. Bussimetrot poikkeavat muista bussijärjestelmistä myös siten, että linjojen pysähdyspaikat ovat asemia, joilla on laituriovet ja lippuportit. Superbussijärjestelmien tavoite on toimia joukkoliikennejärjestelmän selkärankana, kun raideliikenteen runkoyhteyksiä ei ole ja niiden toteuttaminen on päättäjiä mielestä liian kallista. Bussijärjestelmien välisiä eroja on koottu kuvaan 2 ja liitteeseen 1.



Kuva 2 Eri korkean palvelutason bussijärjestelmien infrastruktuurin tyypillisimmät piirteet.

Työn kolmantena tutkimuskohtana oli myös selvittää erot korkean palvelutason bussijärjestelmien ja raideliikenteen välillä. Työssä selvisi, että bussijärjestelmät ovat toteuttamiskustannuksiltaan merkittävästi raideliikennejärjestelmiä edullisempia. Runkobussijärjestelmiin sisältyy vain pieniä investointeja, jolloin ne ovat hyvin halpoja toteuttaa. Superbussijärjestelmät ovat noin kolmanneksen pikaraitioiteitä halvempia, jos järjestelmät toteutettaisiin muuten samantasoisina. Bussimetrojärjestelmät maksavat vain pienen osan juna- ja metrojärjestelmien kustannuksista.

Halvemmalla hinnalla on varjopuolensa, sillä korkean palvelutason bussijärjestelmät eivät vastaa palvelutasoltaan raideliikennettä: Raitiovaunussa matkustaminen on epämukavampaa ja meluisampaa kuin linja-autossa. Toisin kuin raitiovaunuissa, nivellinja-autoissa ei ole merkittävästi enempää istumapaikkoja kuin niitä lyhemmissä linja-autoissa. Bussijärjestelmien linjakohtainen matkustajakapasiteetti on suurempi kuin tavanomaisessa linja-autoliikenteessä, mutta edelleen alhaisempi kuin raideliikenteen kapasiteetti. Toisin kuin raideliikenteessä, bussijärjestelmillä ei ole havaittu merkittävää vaikutusta maan arvoon linjan varrella ja maankäytön potentiaaliin, mutta aiheesta on toistaiseksi liian vähän tietoa varman johtopäätöksen tekemiseksi. Bussijärjestelmien suunnitelmilla on taipumus haalistua toteutusvaiheessa, jolloin lopullinen palvelutaso on heikompi kuin mitä alun perin päätettiin.

Korkean palvelutason bussijärjestelmillä on joitakin etuja verrattuna raideliikenteeseen. Runkobussijärjestelmät ovat kustannustehokas ja toimiva tapa selkiyttää joukkoliikennelinjastoa, jos suorien linjojen muuttuminen vaihdollisiksi ei pidennä matkaketjuja liikaa. Superbussijärjestelmiä voi olla mahdollista toteuttaa ilman kaikkia pikaraitiotien vaatimia putkisiirtoja. Niiden toteuttaminen myös on paikallaan, jos uudistettavien linjojen matkustajamäärät ovat liian suuria tavanomaiselle linja-autoliikenteelle, mutta eivät kasva raideliikenteen vaatimalle tasolle. Toisaalta liiallinen putkisiirtojen välttely on merkki haalistumisesta ja yllättävä matkustajamäärien kasvu voi johtaa nopeasti tarpeeseen toteuttaa pikaraitiotiejärjestelmä. Bussimetrojärjestelmä voi olla kehittyvien talouksien kaupunkiseutujen ainoa tapa rakentaa joukkoliikennejärjestelmän runko, jos metrojärjestelmän toteuttamiseen ei ole riittävästi poliittista tahtoa.

Kokonaisuudessaan työn johtopäätöksien perusteella voi todeta, että korkean palvelutason bussijärjestelmistä on kehittynyt viime vuosikymmeninä joukkoliikennepalveluita, jotka ovat selkeästi erilaisia kuin tavanomainen linja-autoliikenne. Nämä järjestelmät ovat hyvä lisäys joukkoliikennesuunnittelijoiden ja -päättäjien työkalupakkiin, kun joukkoliikenteen käyttöä yritetään kasvattaa ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Vaikka bussijärjestelmän palvelutaso ei ole yhtä hyvä kuin raideliikenteen, se voi silti olla sopivin joukkoliikennejärjestelmä joissakin tilanteissa.

Suomessa on käynnissä useita pikaraitiotiehankeita, mutta suunnitteilla ei ole yhtään superbussi- tai bussimetrojärjestelmää. Kaikkien raitioiteiden toteuttamiseen ei välttämättä riitä poliittista tahtoa, matkustajia tai edes suunnittelijoita, jolloin korkean palvelutason bussijärjestelmän toteuttaminen voi olla hyvä päätös. Linja-autoliikenteellä on tulevaisuudessakin paikkansa kaupunkiseutujen joukkoliikenteessä, eikä vain raideliikenteen liityntäliikenteessä.

Lähteet

Airaksinen, S., Lehtinen, A., Lehtinen, V., Venesjärvi, K., Kataja, A. & Kyytsönen, S. 2018. *Kuopion linja-autoliikenteen käyttövoimaselvitys*. WSP. Raportti. 55 s.

Budach, D. 2020. *Nancy: Final decision about the conversion into a modern tramway*. Urban Transport Magazine. [Verkkoaineisto] 20. 2 2020. [Viitattu: 17. 3 2020.] Saatavilla: [vsshttps://www.urban-transport-magazine.com/en/nancy-final-decision-about-the-conversion-into-a-modern-tramway/](https://www.urban-transport-magazine.com/en/nancy-final-decision-about-the-conversion-into-a-modern-tramway/). Lehtiartikkeli.

Bäckström, J, Holm, M., Gruzdaitis, L., Supponen, A., Vepsäläinen, S., Markku, R. & Väänänen, H. 2011. *HSL-alueen runkobussilinjasto 2012-2022*. HSL. HSL:n julkaisuja 22/2011. ISBN: 978-952-253-117-9. 113 s.

Cain, A. & Flynn, J. 2013. *Examining the Ridership Attraction Potential of Bus Rapid Transit: A Quantitative Analysis of Image and Perception*. Journal of Public Transportation. Osa/vuosik. 16, 4, s. 63-82.

Finn, B., Heddebaut, O., Kerkhof, A., Rambaud, F., Lozano, O. & Soulas, C. 2011. *COST Action TU 603 – Buses with High Level of Service – Results and trends from 30 EU cities*. ISBN: 978-2-11-099577-3. 180 s.

Föli. 2019. *Fölin runkolinjasto toteutuu kesällä 2021*. föli.fi. [Verkkoaineisto] Turun seudun joukkoliikenne. [Viitattu: 28. 3 2020.] Saatavilla: <https://www.foli.fi/fi/f%C3%B6lin-runkolinjasto-toteutuu-kes%C3%A4ll%C3%A4-2021>.

Halminen, A. 2019. *Avorahastuksen soveltuvuus Tampereen seudun linja-autoliikenteeseen*. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampereen yliopisto, 2019. Tampere. 100 s.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2015. *Pikaraitiotie – Tulevaisuuden joukkoliikennettä Helsingissä*. Esite. 20 s. Saatavilla: https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/esitteet/esite_2015-5_fi.pdf.

Hidalgo, D & Gutiérrez, L. 2012. *BRT and BHLS around the world: Explosive growth, large positive impacts and many issues outstanding*. Research in Transportation Economics. Osa/vuosik. 39, 1, s. 8-13.

Hidalgo, D. & Carrigan, A. 2010. *Modernizing public transportation, lessons learned from major bus improvements in Latin America and Asia*. Washington : EMBARQ, World Resources Institute Center for Sustainable Transport, 2010. ISBN: 978-1-56973-752-1. 42 s.

Hidalgo, D., Pereira, L., Estupiñan, N. & Jiménez, P. 2016. *TransMilenio BRT system in Bogota, high performance and positive impact – Main results of an ex-post evaluation*. Research in Transportation Economics. 2016, Osa/vuosik. 39, 1, s. 133-138.

HSL. 2019a. *HSL:n hallituksen kokouksen pöytäkirja 17.12.2019, pykälä 134*. [Verkkoaineisto] 17. 12 2019. [Viitattu: 2020. 2 21.] Saatavilla: <http://hsl01.oncloudos.com/kokous/2019602-4.PDF>.

HSL. 2019b. *Hämeenlinnanväylän ja Vihdintien linjastosuunnitelma*. [Verkkoaineisto] [Viitattu: 2020. 02 21.] Saatavilla: <http://hameenlinnanvaylavihdintie.blogspot.com/>.

HSL. 2019c. *Uudet runkolinjat 2019*. hsl.fi. [Verkkoaineisto] 2019. [Viitattu: 23. 02 2020.] Saatavilla: <https://www.hsl.fi/uudetrunkolinjat2019>.

HSL. 2016. *Joukkoliikenteen suunnitteluohje HSL-liikenteessä*. ISBN: 978-952-253-287-9. 34+27 s. Saatavilla: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/joukkoliikenteen_suunnitteluohje_hsl-liikenteessa_2016.pdf

Hyvönen, A. 2018. *Oppeja Oulun runkolinjoista*. Esitysmateriaali Paikallisliikennepäivillä 17.9.2018. 21 s.

Institute for Transportation and Development Policy. 2016a. *BRT Rankings*. The Bus Rapid Transit Standard. [Online] 2016. [Viitattu: 15. 2 2020.] Saatavilla: <https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/best-practices-2013/>.

Institute for Transportation and Development Policy. 2016b. *The Bus Rapid Transit Standard 2016 Edition*. [Verkkoaineisto] 2016. [Viitattu: 2020. 02 15.] 75+1 s. Saatavilla: <https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/BRT2016-REV7.75.pdf>.

Lahden seudun liikenne. 2019. *Runkolinjastosuunnitelma*. Lahti. 124 s.

Länsimetro. 2019. *Kustannukset*. lansimetro.fi. [Verkkoaineisto] 2019. [Viitattu: 24. 02 2020.] Saatavilla: <https://www.lansimetro.fi/kustannukset/>.

Nielsen, G. & Lange, T. 2007. *Network Design for Public Transport Success – Theory and Examples*. Konferenssipaperi. Thredbo 10 -konferenssi. 32 s.

Sirniö, T. 2011. *Joukkoliikennemuotojen vertailu Vantaan poikittaisessa runkoliikenteessä*. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampereen teknillinen yliopisto, 2011. Tampere. 135 s.

Tampereen kaupunki. 2014. *Tampereen raitiotie, yleissuunnitelma*. Tampere. 96 s.

The Economist. 2020. *The troubles of Bogotá's TransMilenio*. 2.1.2020. Lehtiartikkeli.

Turun kaupunki. 2015. *Turun raitiotie, yleissuunnitelma*. Turku. 132 s.

Vantaan kaupunki. 2019. *Vantaan ratikka Suberbussiselvitys*. Vantaa. 27 s.

Racehorse, V., Zhang, G., Sussmann, A., Jian, A. & Parker, T. 2015. *Bus rapid transit system deployment for high quality and cost-effective transit service: a comprehensive review and comparative analysis*. IET Intelligent Transport Systems. Osa/vuosik. 9, 2, s. 175-183.

WSP. 2018. *Pohjoismaisten raitiotie- ja superbussikaupunkien vertailua*. [Verkkoaineisto] 7. 8 2018. [Viitattu: 2020. 02 12.] 45 s. Saatavilla: https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/pohjoismaisten_raitiotie-ja_superbussikaupunkien_vertailua_0.pdf.

Väylävirasto. 2015. *Kehärata*. vayla.fi. [Verkkoaineisto] [Viitattu: 24. 02 2020.] Saatavilla: <https://vayla.fi/keharata#.XlQjRygzZhE>.

Liite 1 Bussi- ja raidejärjestelmien keskeisten ominaisuuksien yhteenvetotaulukko

Bussi- ja raidejärjestelmien keskeiset ominaisuudet <i>Miettinen 2020</i>	Tavanomainen linja-autoliikenne	Runkobussi-järjestelmä	Superbussi-järjestelmä	Bussimetro-järjestelmä	Pikaraitiotie-järjestelmä	Metro- tai juna-järjestelmä
1. Tehdyt infrainvestoinnit	<i>Hyvin pienet</i>	<i>Pienet alle 1 M€/km</i>	<i>Merkittävät 6-10 M€/km</i>	<i>Suuret 10-30 M€/km</i>	<i>Suuret 10-20 M€/km</i>	<i>Todella suuret 30-100 M€/km</i>
2. Oma kaista/väylä	<i>Sekaliikenteessä tai bussikaistoilla</i>	<i>Sekaliikenteessä tai bussikaistoilla</i>	<i>Tien keskellä tai bussikaistoilla</i>	<i>Kokonaan oma kulkuväylä</i>	<i>Tien keskellä tai reunalla</i>	<i>Kokonaan oma kulkuväylä</i>
3. Liittymäetuudet	<i>Ei välttämättä mitään etuuksia</i>	<i>Jonkinlaiset</i>	<i>Hyvin vahvat</i>	<i>Hyvin vahvat tai eritasoliittymät</i>	<i>Hyvin vahvat</i>	<i>Eritasoliittymät</i>
4. Pysäkki-infra	<i>Tolppa tai katos, matalat laiturit</i>	<i>Katos ja matalat laiturit</i>	<i>Katos ja matalat laiturit</i>	<i>Katettu asema ja korotetut laiturit</i>	<i>Katos ja matalat laiturit</i>	<i>Katettu asema ja korotetut laiturit</i>
5. Lippujen tarkistus	<i>Kuljettaja</i>	<i>Avorahastus/ kuljettaja</i>	<i>Avorahastus</i>	<i>Lippuportit</i>	<i>Avorahastus</i>	<i>Avorahastus</i>
6. Pysäkkiväli	<i>yli 300 m</i>	<i>600 m</i>	<i>800 m</i>	<i>800 m</i>	<i>800 m</i>	<i>Yli 1 000 m</i>
7. Keskinopeus	<i>15–40 km/h</i>	<i>15–25 km/h</i>	<i>20–30 km/h</i>	<i>20–30 km/h</i>	<i>25 km/h</i>	<i>45–55 km/h</i>
8. Kaluston pituus	<i>12–15 m</i>	<i>15–18 m</i>	<i>18–24 m</i>	<i>18–24 m</i>	<i>35–45 m</i>	<i>90–320 m</i>
9. Matkustajakapasiteetti*	<i>700–800</i>	<i>800–1 800</i>	<i>1 000–2 000</i>	<i>1 800–7 000</i>	<i>2 000–4 000</i>	<i>12 000–15 000</i>
10. Matkustajakokemus	<i>☆</i>	<i>☆☆</i>	<i>☆☆☆</i>	<i>☆☆☆</i>	<i>☆☆☆☆</i>	<i>☆☆☆☆☆</i>
11. Vaikutus maan arvoon	<i>–</i>	<i>☆</i>	<i>?</i>	<i>?</i>	<i>☆☆☆☆</i>	<i>☆☆☆☆☆</i>

*Matkustajaa per tunti per suunta rivin 8 kalustokoolla ja seuraavilla vuoroväleillä: 5 min, 3–5 min, 3–5 min, 1 min, 3–5 min ja 2,5–5 min