

Saavutettavuus sosiaalisesta näkökulmasta

Case: Helsingin poikittaisten pikaraitioteiden suunnittelu

Samuli Kyytsönen

Helsinki

**Saavutettavuus
sosiaalisesta näkökulmasta
Case: Helsingin poikittaisten
pikaraitioteiden suunnittelu**

Samuli Kyytsönen

Kaupunkiympäristön aineistoja 2019:15

Diplomityö

Insinööritieteiden korkeakoulu

Aalto-yliopisto

Tekijä: Samuli Kyytsönen

Maisteriohjelma: Spatial Planning and Transportation Engineering

Työn valvoja: Professori Marketta Kyttä

Työn ohjaajat: TkT Susa Eräranta (Helsingin kaupunki),

DI Christoffer Weckström (Aalto-yliopisto)

Työn tilaaja: Helsingin kaupunki, Kaupunkiympäristön toimiala

Päivämäärä: 25.11.2019

Julkaisija | Helsingin kaupunki / kaupunkiympäristön toimiala

ISBN | 978-952-331-681-2 (verkkoversio)

ISSN | 2489-4257 (verkkoversio)

Sisältö

TIIVISTELMÄ	7
ABSTRACT	7
LYHENTEET	8
1. JOHDANTO	9
1.1 Taustaa maankäytön ja liikenteen yhteissuunnitteluun.....	9
1.2 Työn tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	10
1.3 Työn rakenne	10
2. KIRJALLISUUSKATSAUS	12
2.1 Saavutettavuuden mittarit suunnittelussa	12
2.2 Saavutettavuus sosiaalisesta näkökulmasta	14
2.3 Saavutettavuuden oikeudenmukaisuus.....	16
3. SOSIAALISEN NÄKÖKULMAN HUOMIOIMINEN HELSINGIN SEUDUN MAANKÄYTÖN JA LIIKENTEEN SUUNNITELMISSA	19
4. TUTKIMUSPROSESSI JA TIETOLÄHTEET	21
4.1 Tutkimuskysymykset ja -prosessi	21
4.2 Liikenteen mallinnusmenetelmät	22
4.3 Helmet 3.0 -liikenne-ennustemalli	23
4.3.1 Helmet 3.0 -mallin arviointi oikeudenmukaisuuden näkökulmasta.....	26
4.3.2 Asiantuntijahaastattelut.....	26
4.3.3 Työssä käytetyt liikenne-ennustemallin tulokset.....	27
4.4 Paikkatietotarkastelut.....	28
5. TAPAUSTARKASTELUNA HELSINGIN POIKITTAISET PIKARAITOTIEYHTEYDET	31
5.1 Pikaraitiotiesuunnitelmat yleiskaavassa	31
5.2 Muodostetut skenaariot ja käytetyt taustatiedot liikenne-ennustemallissa	33
6. TULOKSET	37
6.1 Ennustemallin tulokset.....	37
6.1.1 Kuormitukset.....	37
6.1.2 Matka-aika- ja palvelutasohyödyt.....	40
6.1.3 Saavutettavuusindikaattorit.....	42
6.2 Asiantuntijoiden näkemyksiä liikenne-ennustemallin tulosten käytettävyydestä	44
6.3 Saavutettavuustarkastelut oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen eriytymisen näkökulmasta.....	45
6.3.1 Joukkoliikennesaavutettavuuden jakautuminen nykytilanteessa ja nollavaihtoehdossa.....	45
6.3.2 Poikittaisyhteyksien vaikutukset saavutettavuuden oikeudenmukaisuuteen	49
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	50
7.1 Käytetty menetelmä sosiaalisten vaikutusten ymmärtämiseksi.....	50
7.1.1 Työssä käytetyn menetelmän arviointi ja sen rooli suhteessa nykyisiin menetelmiin	50
7.1.2 Rajoitukset ja jatkokehitysideoita	51
7.2 Tutkitut skenaariot kaupunkikehityksen tukena.....	52
8. YHTEENVETO	54
LÄHDELUETTELO	55
LIITELUETTELO	58

Tiivistelmä

Työn päätavoitteena oli kehittää liikennejärjestelmä-hankkeiden vaikutusten arviointia oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen kestävyuden näkökulmista. Tar-kasteluissa käytettiin päämittarina saavutettavuutta, joka sitoo yhteen maankäytön ja liikenteen ominai-suudet. Kehitetystä menetelmästä on tutkittu jouk-koliikennesaavutettavuuden jakautumista ihmisryh-mittäin ja alueittain.

Menetelmää sovellettiin nykytilanteen tarkasteluun sekä tulevaisuuden poikittaisten pikaraitiotiehankeiden vaikutusten arviointiin. Pasilan kautta kulkevista Jokeri 0- ja Tiederatikka-linjauksista on tehty neljän eri skenaarion vertailu. Menetelmä toteutettiin Hel-met 3.0 -liikenne-ennustejärjestelmällä sekä väestö-tietopohjaisella paikkatiedolla.

Liikenne-ennustemallista saatavien tulosten mukaan poikittaisyhteyksien tuomat saavutettavuushyödyt ovat moninkertaiset, jos raitiotiet toteutettaisiin tun-neliyhteyksinä Pasilan kohdalla. Tunneliyhteydet hyö-dyntäisivät Pasilaan louhittua tilaa metroasemalle. Linjojen matkustajamäärät ovat suuremmat kuin mil-lään muulla seudulle suunnitellulla pikaraitiotielinjalla. Täydentävää tutkimusta varten ennustemallilla tehtiin saavutettavuusmittarit kuvaamaan työpaikkojen ja terveyskeskusten saavutettavuutta joukkoliikenteel-lä.

Paikkatietotarkastelut osoittavat, että joukkoliiken-nesaavutettavuus on jakautunut hyvin tasaisesti eri ihmisryhmien kesken. Esimerkiksi työttömillä, eläke-läisillä, opiskelijoilla ja alimpien tuloluokkien väestöl-lä on keskiarvoltaan lähes yhtä hyvä saavutettavuus kuin työllisillä tai korkeimmilla tuloluokilla. Poikittaisyhteyksien tuomat saavutettavuushyödyt jakautuvat niin ikään melko tasaisesti skenaariorista riippumatta. Eniten hankkeista hyötyivät 0–14 -vuotiaat, opiskelijat ja eläkeläiset. Saavutettavuuden tasapuolinen jakau-tuminen ei kuitenkaan tarkoita yksiselitteisesti oikeu-denmukaista tilannetta.

Vaikka keskiarvoisesti joukkoliikennesaavutettavuus on tasaisesti jakautunut, tulokset kartalla osoittavat tiettyjä alueellisia kasautumia. Helsingin itäosissa esiintyy samanaikaisesti heikon työpaikkasaavutet-tavuuden alueita ja korkeita työttömyyslukuja. Kartta-visualisoinneilla pystyttiin osoittamaan alueita, joissa on riski sosiaaliselle eriytymiselle.

Abstract

Currently, numerous cities are aiming for more sus-tainable urban mobility systems. Such systemic changes require the simultaneous understanding of various aspects of planning, and their social impacts. However, there is still a lack of methods for analyzing the socio-spatial impacts of such large scale chan-ges. Accessibility, as an example, integrates together the traditionally separately analyzed components of land-use and transportation, offering a concept for understanding their human-related impacts, as well. Consequently, for answering to the challenge, the main objective of this thesis was to develop a method for evaluating the socio-spatial and justice-related impacts of sustainable mobility projects on various population groups.

The scope of the thesis was to develop and test the method in the context of the new Helsinki City Plan (2016). The method was designed to supplement a currently utilized transport forecast model (Helmet 3.0) with an extension that allows more detailed so-cio-spatial and justice-related analysis (GIS data of various population groups) of selected parts of the plan. The methodological combination was tested through comparing four scenarios of transverse light rail connections, which pass through one of the most central public transport nodes in the region, Pasila.

The traditional transport forecast results indicated considerably higher accessibility benefits for a sce-nario, which utilized an underground route in Pasila. Passenger loads in this scenario were higher than for any other light rail in the region. In addition, population group based accessibility to workplaces and health care centers by public transport was measured. The supplementary socio-spatial impact analysis revealed that public transport accessibility was almost evenly distributed among the different population groups. In addition, the estimated benefits of the evaluated light rail connections were quite evenly distributed in all scenarios with children, students and pensioners as the most benefited population groups. Nevertheless, even distribution does not necessary implicate a just situation. Despite of the even distribution, the analy-ses pointed out areas with a higher risk for socio-spa-tial exclusion with lower accessibility. Altogether, the findings underline the importance of developing sys-tematic methods for evaluating the socio-spatial and justice-related accessibility impacts of urban devel-opment projects.

Lyhenteet

AOD	Accessibility-Oriented Development
HKSV	Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto
HSL	Helsingin seudun liikenne
KYMP	Helsingin kaupunkiympäristön toimiala
MAL 2019	Maankäytön, Asumisen ja Liikenteen suunnitelma 2019
OD	Origin-Destination -matriisi eli lähtöpaikka-määränpää -matriisi
VE/ve	Vaihtoehto. Isolla kirjoitettuna tarkoittaa työn yhteydessä luotuja tarkasteluskenaarioita ja pienellä kirjoitettuna ennustemallin valmiita pohjaverkon skenaarioita
TOD	Transit-Oriented Development

1. Johdanto

1.1 Taustaa maankäytön ja liikenteen yhteissuunnitteluun

Maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelun tärkeys on korostunut viime aikoina yhä voimakkaammin kaupunkien kasvaessa ja kestäväen kehityksen korostuessa (mm. Te Brömmelstroet & Bertolini 2010; Soria-Lara ym. 2016). Maankäytön ja liikenteen suunnittelulla on moniulotteisia vaikutuksia ihmisten päivittäisiin valintoihin ja elämäntapoihin. Suunnittelijoilla on kasvava tarve ymmärtää työnsä vaikutuksia ympäristön ja talouden lisäksi sosiaalisesta ja oikeudenmukaisuuden näkökulmasta (Jones & Lucas 2012; van Wee & Geurs 2011).

1950-luvun jälkeen vallinnutta suunnittelutapaa voidaan luonnehtia infrastruktuurikeskeiseksi. Autoilun kustannuksien laskiessa liikennejärjestelmien suunnittelu painottui liikenneverkkojen (erityisesti tieliikenteen) välityskykyyn ja palvelutasoon. Liikenneinfrastruktuurin rakentaminen ja maankäytön toimintojen sijoittuminen on kaksisuuntainen ilmiö, jossa molemmat mahdollistavat tai rajoittavat toisiaan. Asuminen raideyhteyksien tai työpaikan läheisyydessä ei ollut enää välttämätöntä. Tämä johti voimakkaaseen kaupunkirakenteen hajautumiseen, kun maankäyttö levittyi samanaikaisesti moottoriteiden rakentamisen kanssa. Näiden vuosikymmenten aikana keskittyttiin liikkuvuuden (englanniksi ”mobility”) suunnitteluun, jolla pyrittiin maksimoimaan liikkumisen helppous tiiverkossa. (Banister 2005, Newman & Kenworthy 1999)

Väestönkasvun sekä ilmastonmuutoksen tuomien paineiden myötä autoistunut ja hajaantunut kaupunkirakenne on todettu kestävämmäksi ympäristöllisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti (mm. Newman & Kenworthy 1999). Nykyisin useat kaupunkirakenteemme ovat infrastruktuurikeskeisen aikakauden näköisiä, mikä on johtanut autoilun ylivoimaiseen saavutettavuuteen muihin kulkumuotoihin verrattuna. Hajautunut kaupunkirakenne ja useampien liikkumuotojen erilainen saatavuus on johtanut eriarvoistumisen ja oikeudenmukaisuuden ongelmiin (Martens 2016). Ihmisten liikkumistavat sekä osallistuminen aktiviteetteihin saattavat olla rajoittuneita esimerkiksi asuinpaikasta, sosioekonomisesta taustasta ja kulkuvälineiden omistuksesta riippuen. Mahdollisuudet ja kautuvat epätasaisesti ja pahimmillaan seurauksena on sosiaalinen eriytyminen (Boniface ym. 2015).

Liikkumisen merkitystä ihmisen sosiaaliselle pääomalle on osuvaa tarkastella saavutettavuuden kautta (Martens 2016, s 54–56). Liikennejärjestelmä luo mahdollisuuksia ja rajoitteita osallistua eri aktiviteetteihin ja kohdata muita ihmisiä. Tällöin suunnittelussa korostuu infrastruktuuriin lisäksi maankäytön sijoittuminen ja ihmisen todelliset liikkumistarpeet. Nykyään infrastruktuurikeskeisestä suunnittelusta on siirrytty integroidumpaan ja saavutettavuuspohjaiseen suunnitteluun. Maankäytön ja liikkumisen suunnittelu painottuu vahvemmin joukkoliikennetyksien rakentamiseen, sekä sekoittuneeseen ja tiiviiseen rakentamiseen hyvien raideyhteyksien varrelle. Tästä on esimerkkinä viime aikoina esiin noussut Transit-Oriented Development (TOD) sekä Accessibility-Oriented Development (AOD) kehityssuunnat (Papa & Bertolini 2015). TOD-periaatteen hyödyt perustuvat mm. kävelyn ja joukkoliikenteen tehokkaaseen yhdistämiseen, infrastruktuuriin kannalta kustannustehokkaampaan tiiviiseen rakentamiseen, agglomeraatioetuihin sekä päästöjen vähentämiseen (Dittmar & Ohland 2012, Taki ym. 2017). AOD painottaa useimmissa tarkasteluissa (mm. Deboosere ym. 2018) työpaikkojen ja työvoiman saavutettavuutta sekä paikallisella että seudullisella tasolla.

Saavutettavuuspohjaiset tarkastelut mahdollistavat vahvemmin liikennehankkeiden sosiaalisten vaikutusten arvioinnin. Nykytilanteessa tällaiset tarkastelut ovat kuitenkin puutteellisia ja haastavia, koska perinteiset hyöty-kustannusanalyysit tai liikenne-ennustemallit eivät käsittele esimerkiksi hyötyjen tai haittojen jakautumiseen liittyviä kysymyksiä. Hankkeiden tuomaa sosiaalista kehitystä kuvataan usein vain laadullisesti, eikä pitkäjänteisiä dynaamisia muutoksia pystytä arvioimaan (van Wee & Geurs 2011). Tarve entistä laajemmalle vaikutusten arvioinnille on kuitenkin suuri, kun kaupungeissa suunnitellaan liikennejärjestelmän ja maankäytön kehitystä seuraaville vuosikymmenille. Sosiaalisten vaikutusten arviointia on tarpeen kehittää niin laadullisesti kuin määrällisesti.

1.2 Työn tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Työn päätavoitteena on kehittää liikennejärjestelmä-hankkeiden vaikutusten arviointia oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen kestävyuden näkökulmasta. Tutkimuksessa kehitetään perinteisten suunnittelu-metodien tueksi menetelmä, jolla kyseisiä näkökulmia voidaan arvioida kvantitatiivisesti. Tarkoituksena ei ole korvata nyt käytössä olevia menetelmiä, vaan tuoda mukaan lisänäkökulma liikennejärjestelmätason ihmisryhmäpohjaisten oikeudenmukaisuusvaikutusten arvioimiseksi. Tutkimuksen yleisenä tavoitteena on vastata kysymykseen:

- Miten sosiaalisten vaikutusten arviointia voidaan kehittää perinteisten liikenne-ennustejärjestelmien pohjalta?

Tarkastelunäkökulma on rajattu saavutettavuuteen, jota analysoidaan liikenne-ennustemallin ja paikkatietoaineiston avulla. Saavutettavuustarkasteluilla tuodaan esiin liikkumismahdollisuuksien jakautumisen ja sosiaalisen eriytymisen näkökulmia. Perinteisen ennustemallin tuloksia analysoidaan yksityiskohtaisemmin paikkatietoaineistolla, jolla arvioidaan hankkeiden vaikutusten kohdistumista eri ihmisryhmiin.

Tapaustarkastelussa tutkitaan MAL 2019 -suunnitelman (HSL 2019a) mukaisia Helsingin seudun pikaraitiotieyhteyksiä, joilla on merkittäviä vaikutuksia eri alueiden saavutettavuuteen. Tarkastelualueella liikkumisen tarpeisiin on haastavaa vastata tilan rajallisuuden takia. Tästä esimerkkinä on Pasilan liikenteellinen solmukohta, jossa matkustajamäärät ovat valtavat ja fyysistä tilaa eri kulkumuodoille on vähän. Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan Pasilan kautta kulkevia poikittaisia pikaraitiotielinjoja ja analysoidaan niitä osana laajempaa maankäytön ja liikenteen kehitystä.

Poikittaisten pikaraitiotieyhteyksien tapaustarkastelussa tutkitaan, miten hankkeiden hyödyt jakautuvat ja miten saavutettavuus muuttuu eri ihmisryhmillä. Tapaustarkastelut on tehty Helsingin seudun liikenne-ennustemallilla (Helmet 3.0), jota käytetään laajalti erilaisissa kaupunki- ja seututason suunnittelu-prosesseissa. Tutkimuksen tärkeänä osana on luoda uutta ymmärrystä kyseiseen malliin liittyvistä eduista, rajoitteista ja yksinkertaistuksista. Tämän pohjalta analysoidaan, miten liikenne-ennustejärjestelmän tuloksia voidaan käyttää oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen eriytymisen tarkasteluun. Kehitettyä metodologiaa sovelletaan tapaustarkasteluun, jota varten on tutkittu myös saavutettavuutta nykytilanteessa. Tämän johdosta tarkentavat tutkimuskysymykset ovat:

- Miten Helsingin seudulla laajasti käytössä olevaa Helmet-liikenne-ennustemallia voidaan täydentää

saavutettavuuden sosiaalisesta näkökulmasta ihmisryhmäpohjaisen oikeudenmukaisuuden arvioimiseksi?

- Miten saavutettavuus jakautuu eri ihmisryhmille nykytilanteessa, ja miten Pasilan kautta kulkevat poikittaiset pikaraitiotieyhteydet vaikuttavat saavutettavuuden oikeudenmukaisuuteen Helsingin seudulla?

Ensimmäinen tutkimuskysymys pureutuu menetelmän kehitykseen ja jälkimmäinen kehitetyn menetelmän testaukseen. Menetelmällä tutkitaan Helsingin pikaraitiotiehankkeita strategisella tasolla. Vaikka tutkimuksen päätavoitteena on kehittää sosiaalisten vaikutusten arviointia, tuotetaan liikenne-ennustemallilla tärkeää tietoa myös liikenneteknisesti. Ennustemallin avulla saadaan tietoa eri joukkoliikennelinjojen kannattavuudesta ja kalustotarpeesta.

On huomioitava, että tämän työn tarkastelutason ulkopuolelle jää lukuisia sosiaalisia näkökulmia erityisesti lähiympäristön ja yksilön tasolla. Seudullisen tason suunnitelmissa ja malleissa on turvauduttava väestön aggregointiin ja yksinkertaistuksiin. Makrotason kvantitatiivisilla menetelmillä on löyhä linkki mikrotason muutoksiin, kuten elinympäristöön, tottumuksiin ja viihtyisyyteen. Liikenne- ja maankäyttöhankeilla voi olla monialaisia vaikutuksia myös esimerkiksi ihmisten asuinpaikan valintaan, lähiympäristön palvelutasoon, kävelyn määrään, turvallisuuteen ja yhteisöllisyyteen. Yksilökohtaisella tasolla täytyy ymmärtää ihmisten arvoja, terveyttä, kokemuksia ja tunteita. Infralähtöisen suunnittelun aikakausi näkyy vielä vahvasti nyky suunnittelussa, mutta tässä työssä otetaan pieni askel ihmislähtöisempään suunnittelunäkökulmaan strategisella suunnittelutasolla.

1.3 Työn rakenne

Työn taustoituksen ja tutkimuskysymysten esittelyn jälkeen seuraa kirjallisuuskatsaus luvussa 2. Kirjallisuuskatsauksessa tutkitaan saavutettavuutta käsitteenä, joka sitoo yhteen maankäytön ja liikenteen ominaisuudet. Saavutettavuuden yleisen kuvauksen (2.1) lisäksi esitellään saavutettavuuden sosiaalista merkitystä (2.2) ja oikeudenmukaisuuden kysymyksiä (2.3). Tämän jälkeen tutkitaan, miten Helsingin seudun maankäytön ja liikenteen suunnittelussa on huomioitu sosiaalinen näkökulma ja minkälaisia mitareita tarkoitukseen on kehitetty (luku 3).

Luvussa 4 esitetään työn tutkimusprosessi ja käytetyt aineistot. Alaluvussa 4.1 kerrataan tutkimuskysymykset ja esitetään tutkimuksen eteneminen tapaustarkastelun osalta. Käytetty menetelmä koostuu liikenteen mallintamisesta ja paikkatietotarkastelusta, joiden aineisto ja lähtökohdat esitetään perusteellisesti. Alaluvussa 4.2 käsitellään liikenteen mal-

linnusta yleisesti ja alaluvussa 4.3 esitetään työssä käytettävän Helmet 3.0 -liikenne-ennustejärjestelmän ominaisuuksia. Ennustemallia täydentävät paikkatietomenetelmät ja -aineisto kuvataan seuraavaksi (alaluku 4.4).

Luvussa 5 on esitetty tapaustarkastelu, johon kehitettyä menetelmää sovelletaan. Tässä osiossa kuvaillaan tutkittavia pikaraitiotiehankkeita kaupunkisuunnittelutasolla, jonka jälkeen esitetään vertailtavat skenaariot Pasilan kautta kulkevista poikittaisista raitiotieyhteyksistä. Tapaustarkastelun tulokset esitetään luvussa 6. Ennustemallista saatavat tulokset, kuten kuormitus- ja matka-aikatiedot, analysoidaan alaluvussa 6.1. Ennustemallin ominaisuuksia käsittelevien asiantuntijahaastatteluiden tärkeimmät havainnot esitetään alaluvussa 6.2. Menetelmän kehittämisen keskeiset tulokset saavutettavuuden oikeudenmukaisuudesta ja sosiaalisesta eriytymisestä esitetään alaluvussa 6.3. Tässä tuodaan esiin väestöpohjaisen paikkatiedon ja ennustemallin saavutettavuusmatriisien yhdistämisen tulokset tapaustarkastelun näkökulmasta. Lopuksi esitetään johtopäätökset (luku 7) ja yhteenveto (luku 8) koko työstä.

2. Kirjallisuuskatsaus

Tässä työssä maankäytön ja liikkumisen suhdetta tarkastellaan saavutettavuuden kannalta. Saavutettavuus esitetään yleisesti käsitteenä, sekä pohjustetaan sen soveltuvuutta työn tapaustarkasteluun sosiaalisen ja oikeudenmukaisuuden näkökulmien huomioimiseksi.

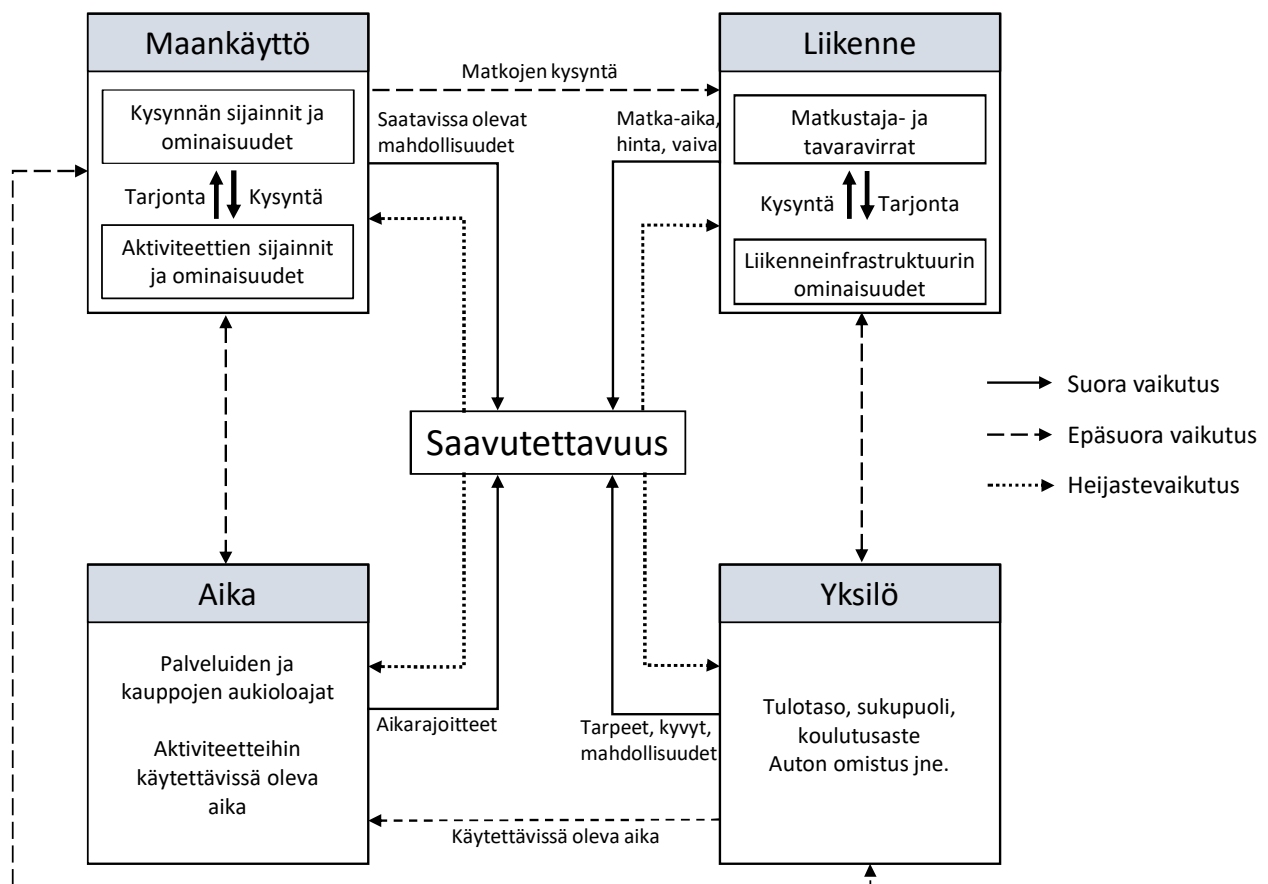
2.1 Saavutettavuuden mittarit suunnittelussa

Saavutettavuudelle on lukuisia eri määritelmiä, mutta yleisesti saavutettavuus kuvaa ihmisten mahdollisuuksia osallistua eri aktiviteetteihin (engl. access to opportunities). Saavutettavuus määritellään tässä työssä ihmisten mahdollisuudeksi saavuttaa tarvitsemaansa aktiviteetteja käytettävissä olevan ajan, liikenneinfrastruktuurin ja maankäytön puitteissa (mukailen: Geurs & van Wee 2004).

Saavutettavuutta voidaan mitata hyvin erilaisilla menetelmillä ja tavoitteilla. Se on käsitteellinen ja menetelmällinen työkalu kaupungin rakennetta ja prosesseja arvioidessa. Saavutettavuus urbaanissa rakenteessa huomioi tärkeimmät elementit, kuten ihmiset, liikkumisen, maankäytön ja sosiaaliset aktiviteetit.

Geurs ja van Wee (2004) ovat jakaneet saavutettavuuden neljään osa-alueeseen, jotka ovat maankäyttö, liikenne, aika ja yksilötaso (kuva 1). Nämä osa-alueet ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa, mutta saavutettavuuden eri mittarit painottavat eri komponentteja eri tavoilla. Metodista ja tutkimuksen näkökulmasta riippuen on oleellista valita oikeanlainen tarkastelunäkökulma.

Kuva 1: Saavutettavuuden komponentit ja niiden väliset suhteet (Geurs & van Wee 2004, s. 129)



Saavutettavuuden neljä komponenttia luovat liikkumisen tarpeet ja rajoitteet. Tarpeet ovat yksilökohtaisia, ja niihin vaikuttavat ihmisen ominaisuudet, kuten ikä, ammattiasema ja sukupuoli. Eri väestöryhmille liikkumisen tavat tai kohteiden merkitys voivat olla hyvin erilaisia. Kulkumuotojen käyttömahdollisuus voi olla rajoittava tekijä, johon vaikuttaa esimerkiksi auton omistus, tulotaso tai ihmisen fyysiset ominaisuudet. Saavutettavuus yksilötasolla sisältää myös aikabudjetin, jonka henkilö on valmis käyttämään matkustamiseen. Jokaisella yksilöllä on erilaiset liikkumistarpeet, minkä vuoksi saavutettavuuden mallinnustavat vaihtelevat suuresti yksilökohtaisista aggregoituihin malleihin. Aggregoiduissa malleissa yleistetään alueittain ihmisten liikkumiskäyttäytymistä esimerkiksi sosioekonomisten ominaisuuksien mukaan. (Geurs & Wee 2004) Mallinnusta on kuvattu tarkemmin luvussa 4.

Mahdollisuus osallistua aktiviteetteihin muodostuu aika-, maankäyttö- ja liikennejärjestelmäkomponenteista (Geurs & Wee 2004). *Maankäyttö* kuvastaa maantieteellisesti eri toimintojen sijoittumista ja esimerkiksi kokoa, kapasiteettia tai laatua. *Liikennejärjestelmä* muodostaa verkoston, jonka kautta yksilöt pääsevät maankäytön toimintojen luokse. *Aikakomponentti* asettaa rajoitteet, jotka syntyvät muun muassa aukioloajoista, vuorokauden rytmeistä tai sovitusta työajoista. Eri aikajaksot muodostavat myös erilaisia liikennevirtoja, jolloin liikennetasolla kapasiteetti voi olla rajoittava tekijä ajankohdasta riippuen.

Kun yllä mainitut komponentit otetaan huomioon, saavutettavuuden on nähty olevan kattava mittari maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelussa (Papa & Bertolini 2015, Tong ym. 2015). Käytännössä saavutettavuuden mittaustapa asettaa rajoitteita, jolloin eri komponentit painottuvat eri tavoilla. Eri komponentteja painottamalla saavutettavuutta voidaan käyttää hyvin erilaisiin suunnitteluprosesseihin. Geurs ja Wee (2004) ovat jakaneet saavutettavuuden mittarit neljään eri tyyppiin. Mittarit painottuvat joko infrastruktuurin kehitykseen, sijaintiin, yksilöihin tai taloudelliseen hyötynäkökulmaan. Eri mittareiden ominaisuuksia on esitetty taulukossa 1.

Infrastruktuurikeskeinen saavutettavuusmittari painottaa fyysisten rakenteiden ominaisuuksia kuten teiden välityskykyä. Kuten johdannossa esitettiin, liikenteen suunnittelussa on vallinnut autoistumisen aikakauden aikana hyvin infrastruktuurikeskeinen kehityssuunta. 1950-luvun jälkeisessä liikennesuunnittelussa maankäyttökomponentti huomioitiin lähinnä liikennetuotosten arvioinnissa, mutta muuten se nähtiin liikenteestä irrallisena asiana. Kaupungeissa keskityttiin liikkuvuuden maksimoimiseen infrastruktuuria rakentamalla. Tämä näkyy nykyään monien kaupunkien rakenteissa laajoina autotieverkkoina ja maankäytön toimintojen eriytymisenä. Ilmiötä voidaan kuvata termillä esikaupungistuminen. Vasta myöhemmin havahduttiin tämän suunnitteluperiaatteen kestäättömyydelle väestönkasvun ja ympäristöllisten haittavaikutusten myötä (mm. Newman & Kenworthy 1999).

Taulukko 1: Saavutettavuuden eri mittarit (mukaillen Geurs & Wee 2004, s. 129)

Saavutettavuusmittarin painopiste	Kuvaus	Esimerkki
Infrastruktuuri	Painopiste on fyysisen verkoston palvelutasossa ja kapasiteetissa. Käytetään usein liikennesuunnittelussa	Liikennevirta, nopeus, ruuhkaisuus
Sijainti	Painottaa toimintojen sijoittumista maantieteellisesti ja niiden etäisyyttä matka-ajallisesti tai matkallisesti.	Työpaikkojen saavutettavuus 30 minuutin matka-ajan sisällä.
Hyöty	Usein ekonomisesti mitattuna hyödyt, jotka syntyvät ihmisten pääsystä aktiviteettien pariin. Huomioi lisäksi matkaan käytetyn ajan.	Hyöty-kustannussuhde, joka huomioi esimerkiksi matkoihin käytetyn ajan arvon.
Yksilö	Huomioi yksilön liikkumisen tarpeet, kuten aktiviteetin sijainnin ja kesto sekä tila-aika prisman, joka yksilöllä on käytettävissä.	Aktiviteettiympäristö

Maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelussa sijaintipohjaiset mittarit huomioivat kattavammin molemmat komponentit. Tällainen saavutettavuusmittari huomioi vahvemmin maankäytön toimintojen sijoittumisen suhteessa toisiinsa ja liikenneverkkoon. Tästä esimerkkinä on joukkoliikenneorientoitunut kehitys-suunta (engl. TOD, Transit-oriented Development) (Renne 2016, Austin ym. 2010). TOD pyrkii tiiviiseen ja sekoittuneeseen maankäyttöön raideliikenteen solmukohdissa, huomioiden kävelyolosuhteet sekä kohteiden saavutettavuuden (Papa & Bertolini 2015). TOD:n periaatteiden ohella on kehitetty monia tapoja mitata mm. työpaikkojen ja palvelujen saavutettavuutta (Straatemeier & Bertolini 2019, Cascetta ym. 2016). Viimeisimmissä tutkimuksissa on korostettu aikaulottuvuuden merkitystä sekä yksilön aikabudjetin ja matkaketjujen huomioimista (Järv ym. 2018). Tämän pohjalta on julkaistu menetelmiä, jotka maksimoivat aika-tilaprismassa tärkeimpien aktiviteettien saavutettavuutta määrällisesti (Ben-Elia & Benenson 2019, Straatemeier & Bertolini 2019). Aikaulottuvuutta on syytä käsitellä niin vuorokausi- kuin vuositasolla.

Hyötypainotteisella saavutettavuudella viitataan yleensä taloudelliseen näkökulmaan. Se mittaa hyötyjä, jotka koostuvat ihmisen pääsystä aktiviteetteihin (Geurs & Wee 2004). Taloudelliset hyödyt luokitellaan yleensä välittömiksi ja epäsuoriksi. Välittömät hyödyt kuvastaa mm. matka-ajan nopeutusta tai muita käyttäjähöytyjä. Epäsuorilla tai laajemmilla taloudellisilla vaikutuksilla viitataan rakenteellisiin ja pitkäaikaisiin hyötyihin. Tällaisia ovat esimerkiksi agglomeraatiohyödyt, turvallisuuden paraneminen ja vaikutukset ilmastoon.

Maankäyttö- ja liikennejärjestelmän muutokset vaikuttavat ihmisen elinympäristöön ja sosiaaliseen saavutettavuuteen. Viime vuosikymmeninä on keskitytty yhä enemmän ihmisen tarpeisiin ja yksilökohtaisiin kokemuksiin. Suunnittelulla pyritään vaikuttamaan vahvemmin ihmisläheisiin arvoihin, kuten terveyteen ja hyvinvointiin. Saavutettavuutta sosiaalisena mittarina käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

2.2 Saavutettavuus sosiaalisesta näkökulmasta

Sosiaalisilla vaikutuksilla tarkoitetaan muutoksia ihmisten tai yhteisöjen elämäntavoissa, pyrkimyksissä, kulttuurissa, oikeuksissa sekä terveydessä ja hyvinvoinnissa (Delbosc 2012, Beyazit 2011). Sosiaalisella kestävyydellä puolestaan tarkoitetaan, että nämä hyvinvoinnin edellytykset siirtyvät sukupolvilta toisille. Martens (2017) toteaa, että saavutettavuus kuvaa liikennejärjestelmän sosiaalista merkitystä, sillä se heijastelee ihmisten osallistumismahdollisuuksia yhteiskunnallisiin aktiviteetteihin. Siten se poikkileik-

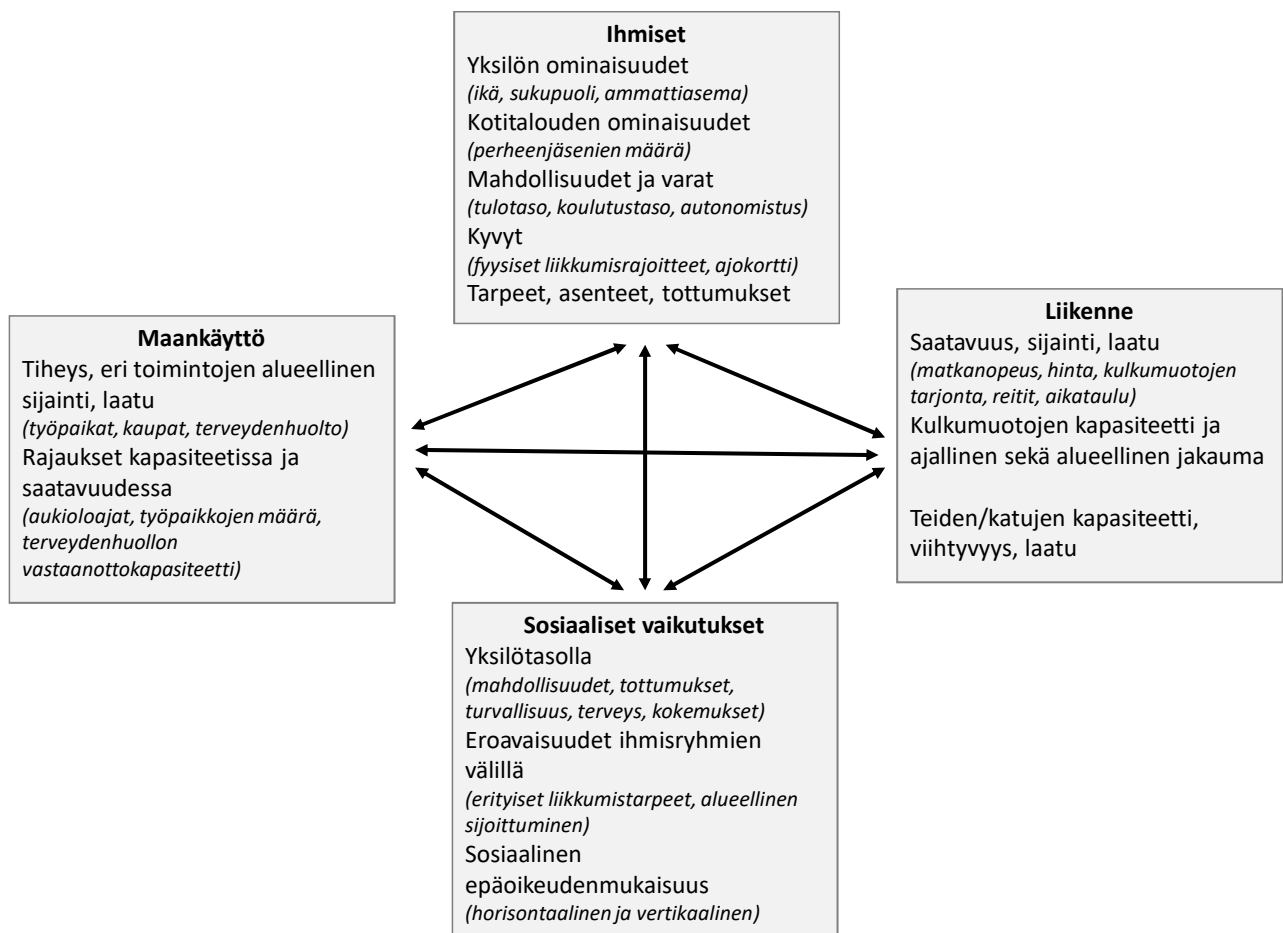
kaa kaikkia yllä mainittuja osa-alueita. Määränpään saavutettavuuden lisäksi liikkuminen itsessään on ihmiselle päivittäinen tapa, johon liittyy terveydellisiä ja kokemuksellisia puolia. Geurs ja van Eck (2001) jatkavat liikennehankkeiden sosiaalisten vaikutusten arvioinnin kolmeen eri osa-alueeseen:

- Pääsy eri aktiviteetteihin (esimerkiksi työpaikat, koulut, palvelut)
- Oikeudenmukaisuus, eli miten maankäytön ja liikenneverkon hyödyt ja haitat jakautuvat ja eroavat ihmisten välillä
- Vaikutukset yksilöihin tai ihmisryhmiin. Esimerkiksi liikennehankkeiden päästöt, turvallisuus, sosiaaliset kohtaamiset ja terveys.

Saavutettavuuspohjaisissa tarkasteluissa sosiaaliset vaikutukset liittyvät erityisesti ihmisten mahdollisuuksiin osallistua eri aktiviteetteihin. Huono saavutettavuus saattaa rajoittaa ihmisten pääsyä töihin, harrastuksiin tai muihin sosiaalisiin kohtaamisiin. Rajoittuneet mahdollisuudet voivat osaltaan johtaa sosiaaliseen syrjäytymiseen ja alueiden eriarvoistumiseen. Saavutettavuus mittarina voi nostaa esiin alueellisen eriytymisen riskejä.

Geurs ym. (2009) esittävät sosiaalisten vaikutusten muotoutumista kaupunkien suunnittelussa maankäytön, liikenteen ja ihmisten kautta (kuva 2). Kaaviossa on havainnollistettu näiden osa-alueiden tärkeimmät komponentit, jotka muovaavat ihmisten sosiaalista pääomaa. Komponentit ovat käytännössä saavutettavuuden komponentteja vastaavat. Aikaulottuvuus poikkileikkaa kaikkia osa-alueita. Se näkyy esimerkiksi maankäytössä aukioloaikoina, liikenteessä joukkoliikenteen aikatauluina ja ihmisten osalta tottumusten ja tarpeiden ajallisenä rytmittymisenä.

Saavutettavuuden sosiaalisten vaikutusten huomioimiseksi on syytä käsitellä liikkumisen erityistarpeita (Bocarejo & Oviedo 2012), jotka voivat perinteisillä metodeilla jäädä helposti huomioimatta. Esimerkiksi Korsu & Wenglenski (2010) tutkivat työttömyyden ja heikon työpaikkasaavutettavuuden syy-seuraus suhdetta Pariisissa. Lisäksi terveyskeskusten saavutettavuutta ja saatavuutta on tutkittu lukuisilla eri menetelmillä (Yang, ym. 2006, Fernández-Mayoralas ym. 2000). Nämä tutkimukset huomioivat tiettyjen ihmisryhmien sijoittumisen kaupungeissa ja heidän pääsönsä erityisiin aktiviteetteihin. Mitä monipuolisemmin eri ihmisryhmät ja liikkumisen erityistarpeet nostetaan esiin, sitä kattavammin liikkumisen sosiaalinen merkitys huomioidaan. Sosiaalisuuden ja hyvinvoinnin kannalta tärkeitä liikkumistarpeita luovat terveyskeskusten ja työpaikkojen lisäksi esimerkiksi harrastukset, koulunkäynti, ostokset, luontoaktiviteetit ja ihmisten omat sosiaaliset verkostot. Liikkumistarpeella tarkoitetaan tässä työssä ihmisten halua



Kuva 2: Konseptimalli sosiaalisten vaikutusten muodostavista tekijöistä (mukaillen Geurs ym. 2009)

päästä toteuttamaan tietty aktiviteetti ja tehdä matka tämän aktiviteetin luokse. Tämän lisäksi ihmisillä on myös luontainen liikkumisen tarve, joka ei välttämättä sisällä määränpäättä vaan liikkuminen itsessään on itseisarvo.

Saavutettavuus liittyy myös vahvasti eriarvoistumisen ehkäisemiseen (Preston & Rajé 2007). Kun eri ihmisryhmille ja alueille taataan pääsy esimerkiksi palveluihin ja työpaikoille, ihmisten yhteiskunnallisen osallistumisen mahdollisuuksia ei rajoiteta. On kuitenkin vaikeasti mitattavissa, miten paljon liikennehankkeilla pystytään eheyttämään sosiaalisesti eriytyneitä alueita ja kuinka paljon ongelmia siirtyy toisaalle.

Boniface ym. (2015) painottavat julkisen liikenteen merkitystä syrjäytymisen ehkäisemisessä. Esimerkiksi Kanadassa on havaittu, että palveluiden saavutettavuus julkisella liikenteellä edistää sosiaalisten kohtaamisten syntyä, ja korrelaatio joukkoliikenteen käyttöasteen ja sosiaalisen osallistumisen välillä on selkeä (Boniface ym. 2015). Sosiaalisen kanssakäymisen kasvu perustuu aktiviteettien määrän kasvuun aikabudjetissa. Toinen tärkeä tekijä on joukkoliiken-

nettä täydentävän kävely-ympäristön kehitys, joka vahvistaa alueiden viihtyisyyttä ja koheesiota. Näillä on luonnollisesti positiivinen vaikutus ihmisten terveyteen. Joukkoliikennehankkeet vähentävät myös autoilun tarvetta, mikä edistää viihtyisän ympäristön syntyä muun muassa pienentyvien estevaikutusten sekä matalampien ilman- ja melupäästöjen myötä. Boniface ym. (2015) esittävät esimerkiksi autoriippuvuuden heikentävän ihmisen sosiaalista pääomaa, johon tuen matkustamisesta yksin ilman kanssakäymistä. Tutkimuksessaan he painottavat saavutettavuuden ja käveltyvyyden lisäksi virkistytymisen ja viheralueiden tärkeyttä sosiaalisen kanssakäymisen edistämisen kannalta.

Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksessä ”Saavutettavuuden vaikutus alueiden vetovoimaan” (HKSV 2013) havainnot ovat hyvin samansuuntaiset kuin Bonifacen ym. (2015) tutkimuksessa. Selvityksessä pohjaututaan empiiriseen näyttöön siitä, että huono-osaisuus saa sitä syvempiä ja vakavampia alueellisia muotoja, mitä kauempana keskuksista alue sijaitsee. Saavutettavuuden merkitys on suuri esimerkiksi alueiden kehi-

tyksen, kilpailukyyn ja houkuttelevuuden kannalta. Aktiviteettien helpompi saavuttaminen luo ihmisille edellytykset monipuoliselle elämälle. (HKS 2013)

Raitiotiehankeet ovat usein merkittäviä alueiden kehitykselle niiden tarjoaman kiinteän ja luotettavan joukkoliikennenyhteyden takia. Raideliikenteen kehityksen yhteydessä puhutaan usein raidekertoimesta, joka viittaa toisaalta raideliikenteen käyttömukavuuteen käyttäjän näkökulmasta ja toisaalta raiteiden mahdollistamaan maankäyttöpotentiaaliin (Scherer 2010). Helsingin yleiskaavassa (HKS 2016) merkittävä osa uudesta maankäyttöpotentiaalista sijoittuu raideyhteyksien varrelle. Sekoittuneella kaupunkirakenteella ja monipuolisella asumisen hallintomuotojakaumalla pyritään edistämään yhteisöllisyyttä ja turvallisuutta näillä alueilla. On tärkeää seurata sosiaalista kehitystä eri alueilla suunnitelmien toteuttamisen jälkeisessä vaiheessa ratkaisuiden vaikutuksista oppimiseksi. Kun alueiden saavutettavuutta parannetaan merkittävästi, on olennaista tutkia, hyötyvätkö nykyiset asukkaat muutoksesta, vai ilmestyykö lieveilmiöitä esimerkiksi vuokralla asuvien elinkustannusten kasvun muodossa.

Maankäyttö- ja liikennehankkeissa edellytetään usein vaikutusten arviointia taloudellisesta ja ympäristöllisestä näkökulmasta monien muiden teemojen ohella. Sosiaalinen näkökulma jää kuitenkin usein varjoon poliittisessa päätöksenteossa (Geurs ym. 2009). Erityisesti taloudellisilla mittareilla on suuri painoarvo, mutta hyötyjen ja haittojen kohdistuminen eri ihmisryhmille ei välttämättä tule ilmi. Sosiaalisen näkökulman huomioiminen tuo oikeudenmukaisuuden lisäksi ihmisläheiset arvot suunnitteluprosesseihin. Taloudelliset ja ympäristölliset mittarit huomioivat kuitenkin joitakin sosiaalisia näkökulmia, kuten turvallisuuden ja terveyden. Liikennehankkeissa terveys huomioidaan mm. päästöjen määrässä ja niille annetaan euromääräinen kustannus. Turvallisuuden

osalta lasketaan onnettomuuksien määrää ja niiden taloudellisia kustannuksia. Monia sosiaalisia vaikutuksia on kuitenkin vaikea kuvata määrällisesti kuten kokemuksia, ajan laatua ja ihmisten arvovalintoja.

2.3 Saavutettavuuden oikeudenmukaisuus

Saavutettavuuteen liittyy olennaisesti sen jakautuminen ja hyötyjen kohdistuminen (Gössling 2016, Manaugh ym. 2015). Hananel ja Berechman (2016) tutkimuksessaan painottavat, että liikennehankkeisiin liittyvässä päätöksenteossa oikeudenmukaisuusnäkökulma jää hyvin pieneen rooliin. He korostavat, että oikeudenmukaisuus pitäisi tuoda esille huomioimalla voimakkaammin vähäosaiset ihmisryhmät tulotason, sukupuolen, iän tai terveystilanteen mukaan jaoteltuna. He kritisoivat, että aiemmissa tutkimuksissa on keskitytty siihen, mitä eri ihmisryhmät saavuttavat sen sijaan, että tutkittaisiin mitä heidän tarvitsee saavuttaa. Monesti liikennehankkeissa arvioidaan tuloksia ”keskivertokäyttäjän” näkökulmasta, jolloin monet liikkumisen erityistarpeet jäävät huomiotta.

Martens (2017) painottaa, että autoistuneen yhdyskunnan myötä liikennejärjestelmän epätasa-arvoisuus on noussut vahvasti esille. Tämä johtuu siitä, että autoilun saavutettavuus on suurimmassa osassa maailmaa ylivoimainen muihin kulkumuotoihin nähden, minkä takia auton omistaminen voi olla välttämättömyys ihmisille. Tämä korostaa saavutettavuusongelmia ihmisryhmillä, joilla ei ole mahdollista ajaa autoa esimerkiksi iän, tulotason tai fyysisten ominaisuuksien takia.

Tenkanen (2017) painottaa, että opiskellessa saavutettavuuden oikeudenmukaisuutta, tulee ymmärtää myös monimuotoisuutta. Tämä tarkoittaa yksilöiden ominaisuuksien huomioimista (ikä, sukupuoli ja

Taulukko 2: Oikeudenmukaisuuden komponentit ja esimerkit liikenneinvestoinneista (Geurs & van Eck 2001)

Oikeudenmukaisuus		Pääsy aktiviteetteihin	Oikeudenmukaisuuden toteutuminen
Horisontaalinen		Julkisen liikenteen minimipalvelutaso	Palveluiden jakautuminen kysynnän mukaan. Markkinaehtoinen julkinen liikenne
Vertikaalinen	Maantieteellinen	Erityinen julkisen liikenteen tarjonta harvaan asutuille alueille	Subventiot harvaan asutuille alueille
	Sosiaalinen	Julkinen liikennetarjonta liikuntarajoitteisille	Palvelujen jakaminen liikkumistarpeiden perusteella
	Taloudellinen	Julkinen liikenne autottomille	Alennukset ja tuet opiskelijoille ja vanhuksille

muut sosioekonomiset taustat), eri kulkumuotojen käyttömahdollisuuksia, sekä aikaulottuvuutta (eri vuorokausiryhmit). Martens (2017) painottaa, että liikennehankkeiden arvioinnissa on syytä keskittyä vähäosaisten saavutettavuuteen. Liikkumisen näkökulmasta vähäosaisten ovat usein niitä, jolle liikkumisen kustannukset ja palvelutaso ovat saavutettavuutta rajaavia tekijöitä. Kun tarkastellaan sosiaalista oikeudenmukaisuutta maantieteellisesti, pitää tarkastella vähemmistöjen osuuksia eikä niinkään keskiarvoja. Esimerkiksi alueiden tulotasoa tarkastellessa keskiarvo ja vähävaraisten osuus voivat olla hyvin erilaisia mittareita.

Oikeudenmukaisuudesta puhutaan hyvin erilaisin termein, ja onkin syytä ymmärtää, puhutaanko horisontaalisesta vai vertikaalisesta oikeudenmukaisuudesta (taulukko 2). Ensin mainittu korostaa samassa asemassa olevien ihmisten kohtelua samalla tavalla, kun taas jälkimmäinen korostaa eriasemassa olevien ihmisten kohtelusta eri tavalla suhteessa toisiinsa. Liikennehankkeissa vertikaalinen oikeudenmukaisuus painottaa esimerkiksi liikuntarajoitteisten pääsyä palveluihin. (Geurs & van Eck 2001)

Saavutettavuutta voi mitata vertikaalisen oikeudenmukaisuuden eri tasoilla käyttäen eri väestöjaottelua ja -demografioita. Maantieteellisesti ihmisryhmät voidaan jakaa asuinalueen mukaan. Sosiaalisesta ja taloudellisesta näkökulmasta jako voidaan tehdä koulutuksen, iän, sukupuolen tai asumistavan mukaan. Usein eri ihmisryhmät jakautuvat maantieteellisesti epätasaisesti, jolloin eri alueille kohdistuvat vaikutukset pitävät sisällään myös ihmisryhmien epätasaisen kohtelun. Näin ollen alueelliset vaikutustarkastelut tulisi esittää myös ihmisryhmittäin, erityisesti jos puhutaan liikkumisen erityistarpeista.

Liikenteen ja maankäytön suunnittelussa oikeudenmukaisuuskysymykset ovat monimutkaisia. Saavutettavuus on kuitenkin hyvä mittari sitomaan nämä kaksi komponenttia yhteen ja kuvaamaan niiden sosiaalista merkitystä. Martens (2012) nostaa tarkasteluissaan esille, että tämä sosiaalinen merkitys pitäisi olla oikeudenmukaisuustarkasteluiden keskiössä. Pohjautuen John Rawlsin ja Michael Walzerin oikeudenmukaisuusteorioihin, Martens (2017) painottaa saavutettavuuden kuvaavan liikennejärjestelmän ensisijaista hyötyä, mutta distributiivisen oikeudenmukaisuuden oppien soveltaminen on silti haastavaa.

Täysin tasa-arvoista tilannetta yksilötasolla on mahdotonta saavuttaa maantieteellisten rajoitteiden sekä yksilökohtaisten tarpeiden erilaisuuden takia. Tilallinen ulottuvuus aiheuttaa sen, että esimerkiksi palveluiden keskittämisen hyötyjä (agglomeraatio) on punnittava esimerkiksi suhteessa lähipalveluiden saavutettavuuteen. Periaatteessa voidaan sanoa, että

monikeskuksinen kaupunki tarjoaa tasavertaisemmat mahdollisuudet kuin monosentrinen kaupunki, mutta tasapaino keskittämisen hyödyistä ja palvelutason jatkautumisesta on löydettävä. Taloudellinen tuottavuus kytkeytyy hankkeisiin vahvasti, jolloin suunnittelusta tulee myös hyvin poliittista. Lisäksi liikkumistarpeiden subjektiivisuus tekee saavutettavuuden kokonaisvaltaisesta mittaamisesta haastavaa.

Ilmiötä monimutkaistaa myös ihmisten asuinpaikan sijainnin valinta, joka on osittain markkinaehtoista ja osittain kaavoituksen seurausta. Oikeudenmukaisuuskysymyksissä nousee esiin esimerkiksi se, kenellä on varaa asua hyvillä saavutettavuusalueilla, muuttuvatko alueen hintatasot, mikä on sosiaalisen asuntotuotannon rooli ja miten ihmiset valitsevat asuinpaikkansa. Pitkäaikaiset dynaamiset vaikutukset ovat haastavia tutkia ja ymmärtää maankäyttö- ja liikennehankkeissa. Jotkin tutkimukset (Holz-Rau & Scheiner 2019, Rokem & Vaughan 2019) korostavat, että eriarvoistuminen on luonnollinen osa kaupunkien kasvua, ja sen kontrollointi on hallitsemattomampaa kuin kuvittelemme.

Martens (2017) tiedostaa liikennejärjestelmän moniulotteiset syy-seuraus suhteet, mutta onnistuu poimimaan periaatteita eri oikeudenmukaisuusteorioista ja soveltamaan niitä liikennesuunnitteluun. Lyhyesti listattuna Martensin (2017, s. 174) ohjeet oikeudenmukaisuuteen pohjautuvaan liikennesuunnitteluun noudattavat seuraavia vaiheita:

1. Ihmisryhmien tunnistaminen tutkimusalueelta sijainnin, sosioekonomisen statuksen ja kulkumuotojen saatavuuden perusteella.
2. Saavutettavuustason arviointi eri ihmisryhmien välillä käyttäen useaa saavutettavuusmittaria.
3. Saavutettavuuden jakautumisen arviointi ja heikoimmassa asemassa olevien ihmisryhmien tunnistaminen.
4. Syiden kartoitus heikkoon saavutettavuuteen havaittujen ihmisryhmien osalta.
5. Mahdollisten ratkaisujen kehittäminen saavutettavuudeltaan heikoimpien ihmisryhmien tilanteen parantamiseksi.
6. Ratkaisuvaihtoehtojen arviointi hyöty-tehokkuus analyysillä.
7. Valittujen vaihtoehtojen toteutus ja vaikutusten seuranta.

Martens (2017) painottaa, että muodostetut suunniteluohjeet soveltuvat parhaiten seudullisiin tarkasteluihin. Ohjeet ovat hyvin teknistä ylhäältäpäin ohjattua liikennesuunnittelua varten, ja niitä on syytä täydentää alhaalta ylöspäin suuntautuvilla osallistavilla menetelmillä (Martens 2017).

Oikeudenmukaisuuteen perustuvan liikennesuunnittelun vaiheet sisältävät paljon eri toteutustapoja mm. saavutettavuuden ja ihmisryhmien luokittelun osalta. Martens (2017) painottaa, että useiden saavutettavuusmittareiden tuottaminen on tärkeää johtuen käsitteen moniulotteisuudesta. Ihmisryhmien luokittelu voidaan tehdä esimerkiksi sijainnin, kulkumuodon saatavuuden ja tulotason mukaan. Tarkempaan tarkasteluun voi nostaa esimerkiksi liikkumisrajoitteiset, eri etnisyydet tai sukupuolet. Tavoitteena on nostaa esiin ihmisryhmiä, jotka kokevat saavutettavuuden selkeästi huonompana. Kokemusten mittaaminen on työllämpää, mutta esimerkiksi kyselyt voivat osoittaa eroja eri ihmisryhmien välillä liikenteen koetusta turvallisuudesta, ymmärrettävyydestä tai muista osa-alueista. Tämä tarkastelutaso jää tämän työn rajauksen ulkopuolelle.

Oikeudenmukaisuuden näkökulmasta on huomioitavaa, että saavutettavuutta voidaan mitata ihmisen tai aktiviteetin sijainnin perusteella. Nämä ovat toistensa vastakohtia, joista ensimmäinen kuvastaa ihmisen pääsyä aktiviteetteihin ja jälkimmäinen kohteen saavutettavuutta. Esimerkiksi työpaikkasaavutettavuus kuvaa miten paljon työpaikkoja on ihmisen saavutettavissa, kun taas työvoimasaavutettavuus kuvaa paljonko työntekijöitä on saavutettavissa tietyltä sijainnilta. Oikeudenmukaisuuden kannalta ihmispohjainen mittari on tärkeämpi, koska siinä painottuu sosiaalinen näkökulma.

3. Sosiaalisen näkökulman huomiointi Helsingin seudun maankäytön ja liikenteen suunnitelmissa

Tämän tutkimuksen kannalta on tärkeää ymmärtää tarkemmin, miten sosiaalinen näkökulma on huomioitu maankäytön ja liikkumisen suunnittelussa suomalaisessa kontekstissa. Parhaillaan uudistettava Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) edellyttää sosiaalisten vaikutusten huomioimisen monien muiden teemojen ohella. Kuten Geurs ym. (2009) ovat todenneet, sosiaalinen näkökulma jää kuitenkin yleisellä tasolla monesti huomiotta helpommin mitattavien teemojen rinnalla.

Eräs viimeaikainen ja Helsingin pikaraitiotiesuunnitelmiin olennaisesti vaikuttava esimerkki maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelusta on Helsingin seudulla tehty Maankäytön, Asumisen ja Liikenteen (MAL) -suunnitelma (HSL 2019a). Elokuussa 2018 14 kunnan yhteisesti hyväksymä MAL-suunnitelma kuvaa, miten seutua pitäisi kehittää kokonaisuutena vuosina 2019–2050. Suunnitelma on hyväksytty HSL:n hallituksessa ja KUUMA-johtokunnassa, ja sen laatimisessa on painotettu useiden sidosryhmien yhteistyötä.

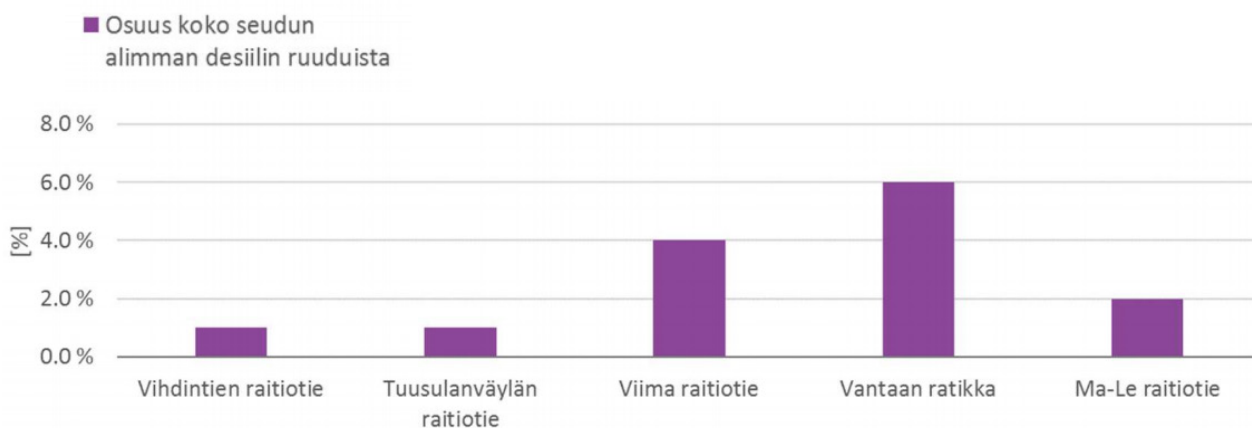
MAL 2019 -suunnitelman vaikutusten arvioinnissa (HSL 2019b) on nostettu esiin saavutettavuuteen liittyviä mittareita, jotka voidaan tuottaa liikenne-ennustemallilla. MAL 2019 -suunnitelman visiona on vetovoimainen, monipuolista asumista tarjoava Helsingin seutu, jossa on omaleimaisten keskusten verkosto ja jossa liikutaan paljon jalan, pyöräliikenteellä ja joukkoliikenteellä. Vision tavoitteiden toteutumista seurataan seitsemällä päämittarilla, tukimittareilla ja täydentävillä arviointimenetelmillä. Arvioinnin päämittarit liittyvät kaikki epäsuorasti tai suorasti saavutettavuuteen.

Saavutettavuudella ja uudella maankäytöllä pyritään MAL-suunnitelmissa vaikuttamaan esimerkiksi segregaaation hillintään (HSL 2019b). Yksi päämittareista linjaa, että alueiden väliset erot vähenevät eikä sosiaalinen eriytyminen kasva. Tällä mittarilla on tarkasteltu alueita, jotka on määritelty tulotason ja työttömyyden perusteella heikoimpaan desiiliin. MAL-työssä (HSL2019a) todetaan, että monet sosioekonomisesti heikossa asemassa olevat alueet ovat lähellä raideliikennettä. Uusista liikennehankkeista etenkin Vantaan ratikka ja Viikin-Malmin pikaraitiotie parantavat saavutettavuutta usealla sosioekonomisesti heikoksi tunnistetulla alueella. Päämittaria hyödynnetään lähinnä laadullisena asiantuntija-arviona, joka on otettu huomioon suunnitelmaluonnoksen toimenpiteissä. Pikaraitiotiehankkeiden erillisessä MAL-tarkastelussa (HSL 2018) havaittiin myös määrällisesti, miten suuri osa sosioekonomisesti suhteellisesti heikommin pärjävistä ruuduista sijoittuu raitiotien käytävään (kuva 3).

MAL-työssä käytetty menetelmä on yksinkertainen ja se on työn ainoita määrällisiä mittareita, joka huomioi osaltaan oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisuuden näkökulmia. Muut päämittarit, jotka huomioivat esimerkiksi väestön sijoittumisen kestäväen liikkumisen vyöhykkeille tai työvoimasaavutettavuuden paraneamisen, ovat osaltaan sidoksissa sosiaalisesti kestäväen kehityksen tavoitteisiin.

Kun vertaillaan MAL-suunnitelmien vaikutusten arviointia aikaisempiin havaintoihin oikeudenmukaisuuspohjaisesta liikennesuunnittelusta ja saavutettavuuden sosiaalisesta näkökulmasta, havaitaan että mittarit ovat kehittyneet oikeaan suuntaan. Koko seudun suunnitelmien keskeisessä roolissa on saavutettavuus, joka kuvaa parhaiten liikkumisen sosiaalista merkitystä. Menetelmät ovat kuitenkin suppeita, eikä Martensin (2017) ohjeiden mukaista ihmisryhmäkohtaista kartoitusta ole tehty. Menetelmien kehittäminen ihmisryhmäpohjaisten vaikutusten ymmärtämiseen ja analysointiin on siis tärkeää, jotta myös nämä näkökulmat tulisivat paremmin huomioiduiksi suunnittelussa. Myöskään ihmislähtöisiä arvo- tai kokemuspohjaisia tarkasteluita ei suunnitelmissa juurikaan ole mukana. Strategisen tason suunnitelmien vaikutusta elämäntapamuutoksiin tai mikrotason ilmiöihin on haastavaa arvioida määrällisillä mittareilla, eikä niitä siksi analysoida tarkemmin tässä työssä. Seuraavassa luvussa esitellään työssä kehitetty metodi, jolla pyritään esittämään yksityiskohtaisempia ja ihmisryhmäkohtaisia saavutettavuustarkasteluita.

Kuva 3: Raitiotiehankkeiden sijoittuminen sosioekonomisesti heikoille alueille. Ma–Le tarkoittaa Matinkylä – Leppävaara välille suunniteltua raitiotieyhteyttä.



4. Tutkimusprosessi ja tietolähteet

Tässä luvussa esitellään työssä käytetyt mallinnusmenetelmät ja aineistot. Aluksi käydään kertauksena läpi työn tutkimuskysymykset. Seuraavaksi esitellään prosessi tapaustarkastelun tutkimiseen. Työssä käytetty Helsingin seudun liikenne-ennustemalli Helmet 3.0 esitetään perusteellisesti sen laaja-alaisen suunnittelukäytön ja mallin monimutkaisuuden takia. Lopuksi esitetään menetelmän kehityksen tueksi käytetyt paikkatietoaineistot.

4.1 Tutkimuskysymykset ja -prosessi

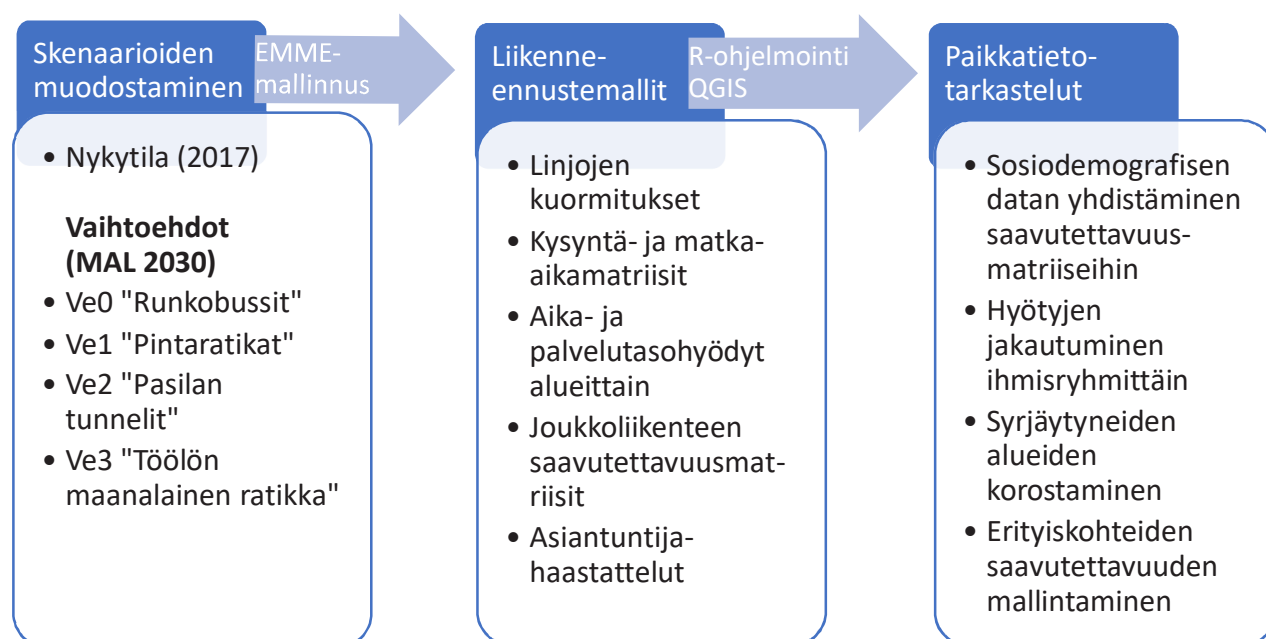
Työn päätavoitteena on tutkia liikennejärjestelmä-hankkeiden oikeudenmukaisuuteen liittyviä vaikutuksia sosiaaliseen sekä alueelliseen eriytymiseen liittyvien indikaattoreiden avulla ihmisryhmittäin. Tutkimuksessa pyritään vastaamaan siihen, miten sosiaalisten vaikutusten arviointia voidaan kehittää perinteisten liikenne-ennustejärjestelmien pohjalta. Työn vaiheet koostuvat menetelmän kehittämisestä (ensimmäinen tutkimuskysymys) ja sen testaamisesta (toinen tutkimuskysymys):

- Miten Helsingin seudulla laajasti käytössä olevaa Helmet-liikenne-ennustemallia voidaan täydentää saavutettavuuden sosiaalisesta näkökulmasta ihmisryhmäpohjaisen oikeudenmukaisuuden arvioimiseksi?

- Miten saavutettavuus jakautuu eri ihmisryhmille nykytilanteessa, ja miten Pasilan kautta kulkevat poikittaiset pikaraitiotieyhteydet vaikuttavat saavutettavuuden oikeudenmukaisuuteen Helsingin seudulla?

Kuten kirjallisuuskatsauksen pohjalta havaittiin, menetelmät sosiaalisten vaikutusten tarkasteluun ovat hyvin suppeita. Maankäyttö ja liikennejärjestelmän sosiaalisen näkökulman korostamiseksi saavutettavuus on valittu metodin keskiöön. Koska ihmisryhmäpohjaisia saavutettavuustarkasteluita ei ole aikaisemmin alueelle tehty, on työssä tutkittu nykyhetkeä ennen varsinaista tapaustarkastelun analysointia. Nykytilanteen tarkasteluissa selvitetään alueellisia ja ihmisryhmäpohjaisia eroja joukkoliikenteen saavutettavuudessa. Hankearvioinnissa analysoidaan puolestaan saavutettavuushyötyjen kohdistumista ihmisryhmittäin neljän skenaarion avulla. Työssä tutkitaan menetelmän testaamiseksi työpaikkojen ja terveyskeskusten saavutettavuutta ja nostetaan esiin työttömien ja eläkeläisten pääsyä näihin aktiviteetteihin. Näin nostetaan esille esimerkkejä usein varjoon jäävistä näkökulmista suunnittelussa.

Kuva 4: Työn päävaiheet, käytetyt ohjelmat ja vaiheiden tulokset tiivistettynä



Työssä kehitetty menetelmä yhdistää liikenne-ennustemallista saatavia saavutettavuustietoja sosiodemografiseen paikkatietoon. Menetelmässä otetaan huomioon liikenneverkon ja maankäytön muutokset sekä alueelliset väestötiedot. Samalla kuvataan, mitä liikkumistarpeita mallissa otetaan huomioon, ja miten täydentäviä saavutettavuustarkasteluja voidaan tehdä rakennuskohtaisella paikkatietoaineistolla. Työn päävaiheet on kuvattu kuvassa 4.

Pikaraitioteiden skenaariot luotiin työpajoissa monialaisen suunnittelutiimin kanssa yhteistyössä prosessin alkuvaiheessa. Skenaarioiden muodostamisessa oli mukana maankäytön yleissuunnittelun ja liikennejärjestelmäyksikön asiantuntijoita Helsingin kaupungilta. Skenaariot on esitelty tarkemmin luvussa 5. Lisäksi liikenne-ennustemallista on tehty asiantuntija-haastatteluita. Haastatteluihin on otettu mukaan mallin kehittäjä- ja käyttäjäosapuolia.

Skenaariot koodattiin Helmet 3.0 -ennustemalliin asettamalla linjat, pysäkit, nopeudet ja muut taustaverkon korjaukset malliin. Yksityiskohtaiset verkoston parametrit tarkistettiin liikennejärjestelmäyksikön asiantuntijoilla. Vaihtoehtoista tuotettua liikenne-ennustemallien tulokset on esitetty luvussa 6.1 ja haastattelujen keskeisimmät havainnot luvussa 6.2. Liikenne-ennustemallin avulla on tehty joukkoliikenteen saavutettavuutta kuvaavat matriisit, jotka on yhdistetty paikkatietoaineistoon. Paikkatietotarkasteluilla on nostettu esiin saavutettavuuden jakautumista ja eriytyneitä alueita. Ennustemallin tulosten ja paikkatietoaineiston yhteensovittamiseksi on tehty R-ohjelmointikielellä koodi, joka on esitetty liitteessä 1. Karttojen visualisointiin on käytetty QGIS-ohjelmaa. Paikkatietotarkasteluiden tulokset on esitetty kappalessa 6.3.

Työn aikana on jatkuvasti täydennetty kirjallisuuskatsausta. Työn lähtökohtana oli menetelmän kehittäminen käytäntöä varten. Tämän vuoksi tulosten pohjalta käytiin lopuksi asiantuntijoiden kanssa ryhmäkeskustelu menetelmän ja tulosten hyödynnettävyyden arvioimiseksi sekä jatkotoimenpiteiden pohtimiseksi.

4.2 Liikenteen mallinnumenelmät

Liikenteen ennustemallit ovat päätöksenteon tukena suunnitteluprosesseissa. Mallit eivät itsessään anna valmiita ratkaisuja, vaan informaatioita, joiden tulkinna on usein asiantuntijoiden ja poliittisten päättäjien varassa. Tällöin mallin kommunikointavuus ja monimutkaisuus voi vaikuttaa tulosten arviointiin. Liikenteen makrotason mallintamiseen on olemassa lukemattomia eri menetelmiä, joista yleisimmin käytetyt perustuvat neliporrasmalliin. Neliporrasmallissa mal-

linnetaan matkatuotokset, matkojen suuntautuminen, kulkutavan valinta ja reitin valinta. Prosessin eri vaiheiden painottamisessa ja muodostamisessa on merkittäviä eroja. Pääsääntöisesti malleihin kuuluvat lähtöaineistoina samat komponentit kuin saavutettavuudessa (kts. luku 2.1). (Wegener 2004).

Liikenne-ennustemallien matkatuotoksissa lasketaan maankäyttöön ja sosiodemografiseen dataan pohjautuen lähtevien matkojen määrä kultakin alueelta. Matkojen suuntautuminen määräytyy maankäytön ominaisuuksien mukaan, ja lopputuloksena on lähtöpaikka-määränpää matriisi (jatkossa origin-destination- eli OD-matriisi). Kulkutavan ja reitin valintaan tarvitaan kuvaukset liikenneverkosta ja eri kulkutapojen ominaisuuksista. Ennusteprosessissa pitää ottaa huomioon myös temporaaliset vaihtelut, sillä liikkumisen rytmit ovat hyvin erilaiset vuorokauden- tai vuodenaikajaksosta riippuen. Usein ennusteen lopputulos iteroidaan useamman kerran eli matkojen suuntautuminen määräytyy uudestaan reittien kuormitusten ja kulkutapaosuuksien mukaan. (Wegener 2004)

Viime aikoina mallinnus on kehittynyt digitalisaation myötä, kun tietoa yhteiskunnan toiminnoista on saatavilla hyvin tarkkoilla sijainti- ja aikatieoilla (Tenkanen 2017). Yksilö- ja aikataso huomioimista painotetaan, kun puhutaan saavutettavuuden sosiaalisesta näkökulmasta. Tämän pohjalta on syntynyt yksityiskohtaisempia ja aktiviteettipohjaisia malleja. Aktiviteettipohjaisissa malleissa painotetaan ihmisten päivittäisiä rytmejä, aktiviteettien kestoa ja matkaketjuja. Tällaisessa mallinnumenelmässä voidaan esimerkiksi laskea mahdollisuuksia, joita ihminen voi saavuttaa aikarajoitteiden ja liikkumismahdollisuuksien puitteissa (Tong ym. 2015, Cascetta ym. 2016).

Mallinnumenelmillä on kuitenkin käytännöllisiä dataa ja laskentaan liittyviä rajoitteita. Jokaisen yksilön liikkumistarpeiden- ja tottumusten ollessa erilaiset on tarpeen aggregoida ihmisiä alueittain ja yksinkertaistaa käyttäytymismalleja. Lisäksi ihmisen valinnat eivät ole aina rationaalisia, joten matemaattiset mallit eivät pysty selittämään liikkumisen ilmiötä täysin. Monesti malleissa on sisällä todennäköisyypohjaisia valintafunktioita. (De Dios Ortuzar & Willumsen 2011)

Tyypillisesti liikenne-ennustemalleja käytetään matka-aikojen ja teiden tai joukkoliikenteen kuormitusten ennustamiseen. Muun muassa matka-ajat ovat helposti sovellettavissa hyöty-kustannusanalyyseissa, kun ajalle annetaan kulkutavasta ja matkan tyypistä riippuen rahallinen arvo. Nämä mittarit ovat perinteisesti keskeisimmässä roolissa tulosten analysoinnissa. Acheampong ja Silva (2015) toteavat, että neliporrasmallilla ei osata käsitellä liikkumisen tarpeen tai matkustustottumusten muutoksia pitkällä aikavälillä. Osittain tästä johtuen sosiaalisten vaikutusten arvi-

ointia tehdään usein muilla menetelmillä, jotka ovat enemmän laadullisia. Joitakin ympäristöön liittyviä arvioita voidaan silti esittää ennustemallin pohjalta. Tämä liittyy erityisesti kulkumuoto-osuuksien muutoksiin ja päästöihin, jotka ovat laskettavissa käyttäytymismallien aiheuttamien erojen pohjalta (HSL 2019c).

Sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa liikenne-ennustemallin tulosten käyttäminen on haastavaa. Joitain epäsuoria arvioita voidaan mallien pohjalta esittää esimerkiksi turvallisuus- tai terveysvaikutuksista. Näidenkin tarkastelu rajoittuu usein päästöjen ja onnettomuuksien määrien arviointiin. Monet tekijät jäävät yhä huomioimatta, kuten kokemukset, viihtyisyys ja ajan laatu. Verkostotason suunnittelulla on myös merkittäviä vaikutuksia lähiympäristöön, joka vaikuttaa edellä mainittuihin. Esimerkiksi lähialueen sisäiset liikkumistottumukset, sosiaaliset kohtaamiset ja kävely-ympäristön laatu ovat merkittäviä tekijöitä ihmisen jokapäiväisessä elämässä. Perinteisillä neliporrasmalleilla tällaiset tarkastelut eivät ole mahdollisia, joten vaikutuksia tyydytään arvioimaan laadullisesti. Acheampong ja Silva (2015) toteavat, että liikenne-ennustemalleja pitäisi yhdistää kattavammin mikrotason malleihin ja paikkatietoon, jotta maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelu olisi monipuolisempaa.

Verkostotason suunnittelulla on vaikutuksia ihmisen jokapäiväisiin liikkumisvalintoihin ja aktiiviteetteihin osallistumiseen. Liikenneverkon ominaisuudet muodostavat ihmisille rajoitteita ja mahdollisuuksia, jotka vaikuttavat ihmisten elinympäristöön ja päivittäisiin valintoihin. Näin ollen perinteisellä ennustemallilla, voidaan saavutettavuuspohjaisesti tarkastella mm. sosiaalisen eriytymisen ongelmia. Lisäksi alueittain ja ihmisryhmittäin jakautuvat mahdollisuudet ovat liikenneverkolla erilaiset, jolloin heräävät esiin oikeudenmukaisuuteen liittyvät kysymykset. Seuraavissa alaluvuissa on esitetty työssä käytetty mallinnusmenetelmä, jonka pohjalta on tehty edellä mainittuja vaikutustarkasteluita.

4.3 Helmet 3.0 -liikenne-ennustemalli

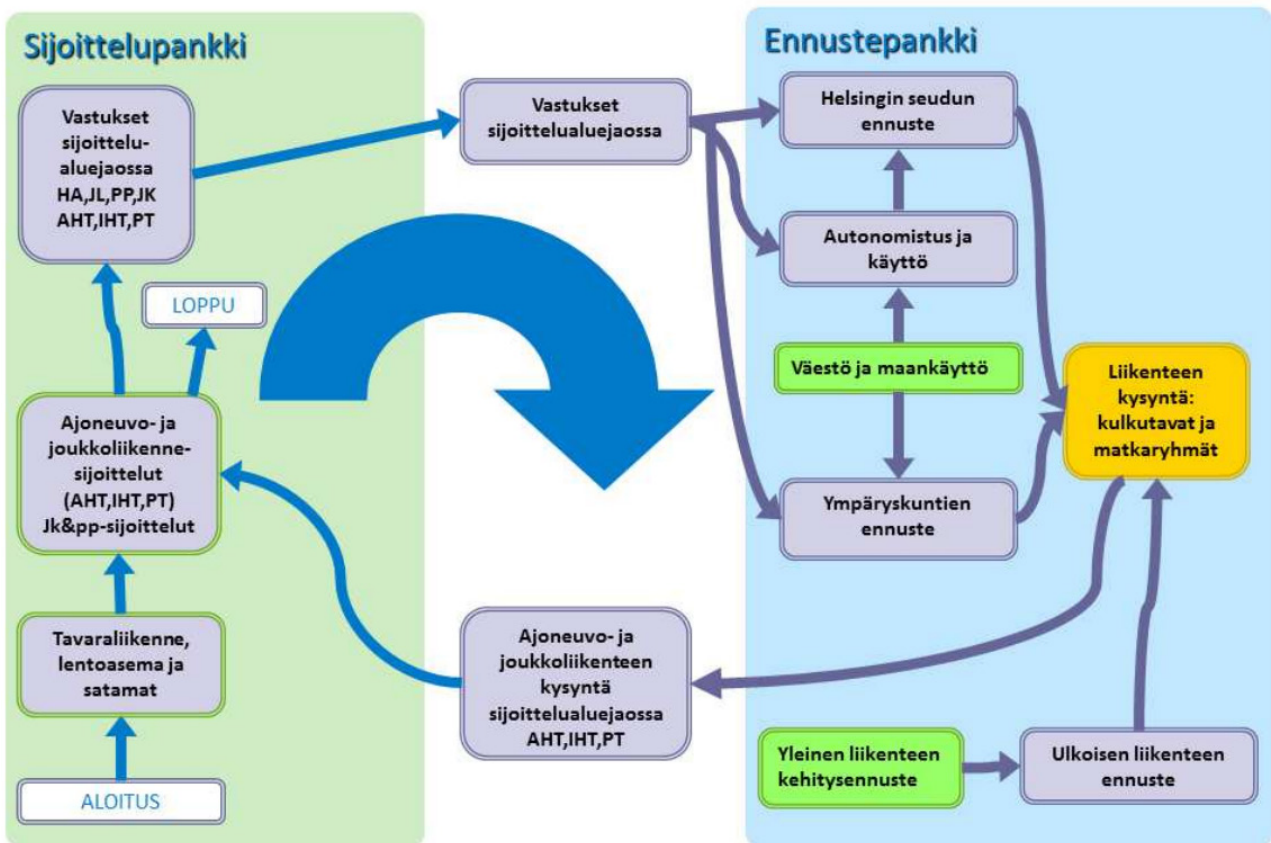
Tämän työn liikenne-ennusteet on tehty Helmet 3.0 -mallilla, joka on HSL:n ylläpitämä Helsingin seudun liikenne-ennustejärjestelmä. Mallia käytetään yleisesti seudun suunnitteluorganisaatioissa. Malli toimii liikennesuunnitteluun tarkoitetulla EMME-ohjelmistolla. Helmet 3.0 on neliportainen ennustemalli, jossa mallinnetaan erikseen pääkaupunkiseudun kuntien, kehyskuntien ja ympäryskuntien asukkaiden tekemät matkat. Lisäksi mallissa mallinnetaan alueen ulkopuolelta tuleva henkilöliikenne (henkilöauto ja juna), lentoaseman ja matkustajasatamien henkilöliikennekysyntä ja tavaraliikennekysyntä. (HSL 2016)

Helmet 3.0 -mallia on hyödynnetty mm. Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman laadinnassa ja sen osaselvityksissä, maankäyttö- ja verkkoselvityksissä, tie- ja joukkoliikenteen hinnoitteluselvityksissä sekä erilaisissa hanketason tarkasteluissa. Malli on ollut tärkeässä roolissa esimerkiksi MAL 2019 -suunnitelmien vaikutusten arvioinnissa (HSL 2019b). MAL 2019 -työssä ennustemallilla on tutkittu muun muassa kulkutapaosuuksia, teiden suoritteita saavutettavuutta ja päästöjä. Malliin liitettyjen maankäyttöennusteiden avulla on tutkittu myös erilaisia maankäytön tiheyksiä, kasautumista ja sijoittumista keskuksiin nähden.

Helmet 3.0 -mallin toiminta noudattaa aiemmin esitetyn neliporrasmallin peruseriaatteita. Mallissa lasketaan matkatuotokset, matkojen suuntautuminen, kulkutavat ja reitit eli liikenneverkon kuormitus. Liikkumisen temporaalinen vaihtelu huomioidaan kolmena eri ajanjaksona: aamuhuipputunti, päivätunti ja iltahuipputunti. Kullekin ajanjaksolle on arvioitu liikenteen painokertoimet liikkumistutkimuksen perusteella. (HSL 2016)

Taulukko 3: Helmet 3.0 -mallin sisältö pääpiirteittäin sijoittelu- ja ennustepankissa. (Mukaiillen HSL 2016, s. 88)

Sijoittelupankki	Ennustepankki
<p>Liikennejärjestelmäkuvaus</p> <ul style="list-style-type: none"> » joukkoliikenneverkko ja linjastot » henkilöautoverkko » karkeahko kävelyn ja pyöräilyn liikenneverkon kuvaus » tavaraliikenteen ennustemenettelyn makrot » matkustajasatamien ja lentoaseman korjausmenettely <p>Sijoittelumakrot ja -funktiot Jakoluvut Aggregaatiot</p>	<p>Maankäytön tiedot</p> <ul style="list-style-type: none"> » Väestömäärät ikäryhmittäin ja yhteensä » Työpaikkamäärät toimialoittain » Kaupan kerrosalat <p>Matkatuotosluvut matkaryhmittäin Kustannusmatriisit Auton omistuksen ja auton käyttömahdollisuuksien makrot Kysyntäennusteiden makrot</p>



Kuva 5: Helmet 3.0 -mallin toiminnan pääperiaatteet. (HSL 2016, s. 88)

Ennustemallissa Helsingin seutu on jaettu 1912 ennustealueeseen (kuva 7), joista 901 on pääkaupunki-seudulla (HSL 2019d). Nämä ennustealueet kuvataan mallissa matriiseina, joiden jokaiseen soluun kohdistuu esimerkiksi tietty maankäyttötieto. Ennustealueiden maantieteellinen koko luo tiettyjä yksinkertaisuuksia mallin liikenneverkolle. On muistettava, että malli kuvaa makrotason liikkumista, jolloin yksittäisten linkkien liikennemäärissä voi olla eroja todellisuuteen. Mallia on perustellumpaa käyttää skenaarioiden välisten erojen suhteelliseen vertailuun absoluuttisten liikennemäärien sijaan.

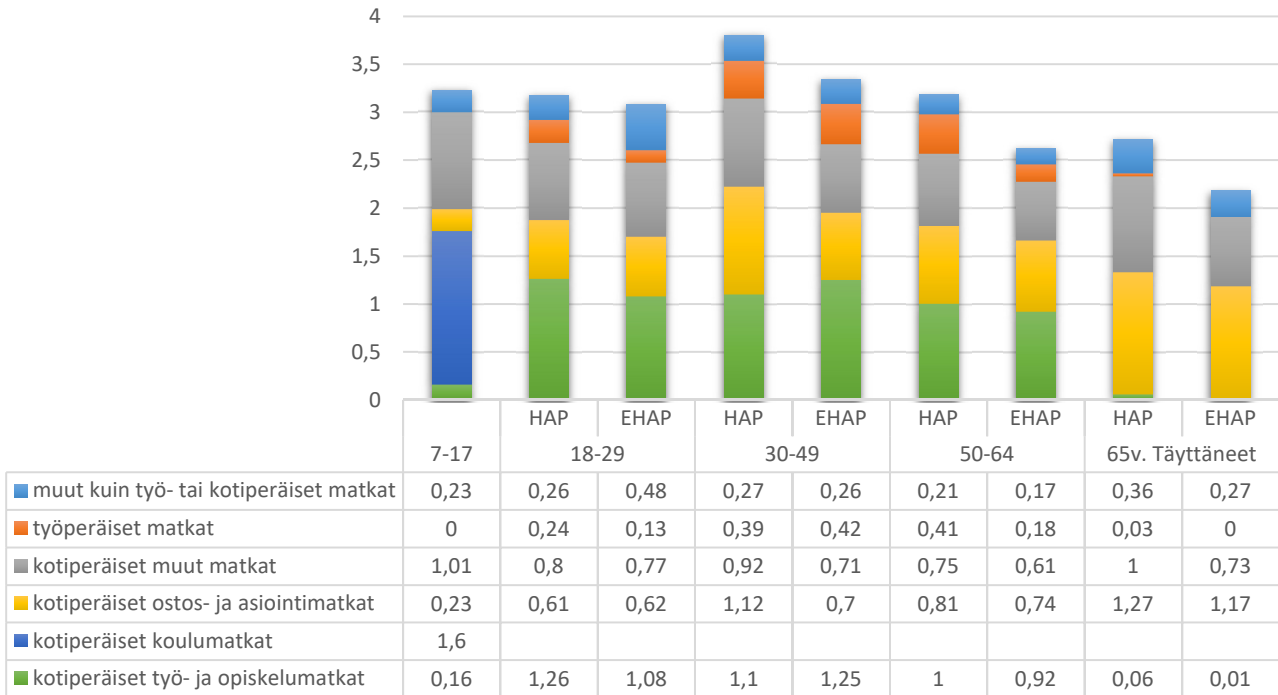
Vaikka malli sisältää paljon matemaattisia yksinkertaisuuksia, se on monimutkainen kokonaisuus koostuen muun muassa erilaisista lähtötietomatriiseista, makroista, funktioista, apumalleista ja verkoston ominaisuuksista. Pelkästään verkostoa ja kulkumuotoja kuvaavia attribuuttiluokkia on kymmenittäin, ja niitä kuvaavia ominaisuustietoja sadoittain. Ennusteajon aikana prosessoidaan yli tuhat erilaista matriisia. Ennusteprosessi tapahtuu kahdessa erillisessä osassa: sijoittelu- ja ennustepankissa. (HSL 2016) Taulukossa 3 on kuvattu mallin tärkeimpiä lähtötietoja, ja kuvassa 5 ennusteajon periaatteita yleisellä tasolla.

Henkilöliikenteen kysyntä muodostuu eri matkaryhmittä ja kulkutavoista. Matkaryhmiä on kuusi, ja jokaiselle on arvioitu matkamäärät ikäryhmittäin liikkumistutkimuksen perusteella (kuva 6). Ihmiset on myös jaettu ”henkilöauton pääasiallisiin käyttäjiin (HAP)” ja ”ei henkilöauton pääasiallisiin käyttäjiin (EHAP)”. Esimerkiksi 18–29-vuotiaat ei henkilöauton pääasialliset käyttäjät tekevät keskimäärin 1,08 kotiperäistä työ- ja opiskelumatkaa arkivuorokaudessa (sisältää matkat kotoa töihin ja toisinpäin). Muodostuneet matkamäärät lasketaan ennustealueittain ja ovat mallissa vakiot. (HSL 2016)

Autonomistus huomioidaan sekä matkamäärissä että kulkutavoissa. Autonomistusmalli ottaa huomioon lukuisia sosiodemografisia ja maankäyttöllisiä tekijöitä, kuten alueellisen autonomistusasteen, mediaanitulon, asukastiheyden, pysäköintikustannukset ja asutuskuntien koon.

Kun matkatuotokset ovat määrättyneet alueiden sosiodemografian ja maankäytön perusteella, seuraa prosessissa matkojen suuntautuminen ja kulkutavan valinta. Molemmat valintamallit ovat rakenteeltaan pääsääntöisesti logistisia. Logistisen funktion pää-

Matkojen tuotosluvut



Kuva 6: Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden matkojen koko vuorokauden tuotosluvut Helsingin seudulla arkena. (HSL 2016, s. 40)

periaatteena on painottaa matka-ajallisesti lähellä olevia kohteita enemmän kuin kaukana olevia. Krötzl (2019, s. 69-74) on kuvannut diplomityössään erilaisen saavutettavuusmittareiden soveltuvuutta ihmisten liikkumiskäyttäytymisen kuvaamiseen. Logistinen saavutettavuusmittari kuvaa ihmisten matka-aikoja selvästi paremmin kuin esimerkiksi kumulatiivinen mittari, joka huomioi samantarvoisesti kaikki määränpäätt tietyn matka-ajan sisällä.

Tässä työssä on käytetty saavutettavuuden mittarina logsumeja. Logsum kuvaa matemaattisesti, miten hyvin eri määräpaikkavaihtoehdot ovat saavutettavissa eri kulkutavoilla. Logsum on Helmet 3.0 kulkutavan valintamallin nimittäjän luonnollinen logaritmi. Tämä nimittäjä on summa eksponenttifunktioista, joiden argumentteina on kunkin kulkutavan hyötyfunktio. Logsum lasketaan kaavalla (HSL 2016, s. 21):

$\ln(\sum_{j=i}^J e^{U_j})$, jossa U_j on kulkutapavaihtoehto j:n hyötyfunktio.

Joukkoliikenteellä kulkutavan valintaan (hyötyfunktioon U_j) vaikuttaa kunkin kulkumuodon ominaisuudet, joiden perusteella lasketaan painotettu matka-aika. Painotettu matka-aika huomioi esimerkiksi vaihdot ja

eri kulkumuotojen palvelutason. Esimerkiksi raideliikenteen oletetaan olevan bussia houkuttelevampi liikkumismuoto, jolloin mallissa ratikan "nousuvastus" on pienempi.

Koko ennusteprosessi iteroidaan kymmenen kertaa. Lopulta malli kuvaa ihmisten liikkumisen malleissa linkeittäin ja OD-matriiseittain. Linkkien liikennevirrat kuvataan kuormituksina usein muodossa matkustajaa/autoa/kävelijää per huipputunti. Verkoston kuormitus vaikuttaa myös reitin ja kulkutavan valintaan, jolloin iterointikierrosten tarkoitus on muodostaa tasapaino liikenteen kysynnän ja liikennejärjestelmän tarjonnan välille. Ennustemalli sisältää henkilöliikenteen lisäksi tavaraliikenteen ja matkaterminaalien mallinnuksen. (HSL 2016)

MAL 2019 -raportin (HSL 2019a) mukaan Helmet-järjestelmä on ainoa menetelmä, joka tuo esiin sekä liikennejärjestelmän että maankäytön muutosten vaikutuksia. Vaikutukset kohdistuvat esimerkiksi kulkumuotojakaumaan, matka-aikoihin, saavutettavuuteen, matkamääriin ja liikennesuoritteisiin. Ihmisten liikkuminen mallissa perustuu liikkumistutkimuksista kerättyihin tietoihin. Se on siis poikkileikkaus nykyhet-

kestä, joten sillä ei saada esiin mahdollisia muutoksia ihmisten mieltymyksissä, kuten sitä, miten ihmiset arvostavat matka-aikaa ja matkaan liittyviä kustannuksia tulevaisuuden tilanteessa (HSL 2019b). MAL-työn yhteydessä on listattu myös seuraavat ennustemalliin liittyvät epävarmuudet (HSL 2019b, s. 44):

- Mittarit huomioivat ainoastaan sellaiset toimenpiteet, joita voi kuvata numeerisesti.
- Ennustejärjestelmän aluejako on joissain tapauksissa liian karkea, mikä vaikuttaa toimenpiteiden kuvauksen epätarkkuuteen.
- Joidenkin toimenpiteiden vaikutukset kulkuta-paasuuksiin ovat todennäköisesti
- ennusteessa hieman liian pieniä (mm. tiemaksun vaikutus), mikä johtuu mallin yksinkertaistuksista.
- Joukkoliikenteen matkustajakuormitusta ja luotettavuutta ei ole huomioitu riittävästi mallissa.

4.3.1 Helmet 3.0 -mallin arviointi oikeudenmukaisuuden näkökulmasta

Helmet 3.0 -malli ennustaa tulevaisuuden liikkumista pohjautuen nykytilanteessa toteutuviin matkoihin. Martens (2017) painottaa, että kysyntäpohjainen malli kuvastaa nykyhetken ”markkinaehtoista” tilannetta, joka ennustaa autonkäyttäjille korkeimpia matkamääriä. Tämä havainto pitää paikkansa Helmet-mallin osalta, kuten kuvasta 6 nähdään.

Liikennemallissa tehdyt matkat ovat olemassa olevan liikenneverkon ja kotitalouksien rajoitteiden muodostama tulos. Kotitalouksissa rajoitteita ovat esimerkiksi auton omistus, sijainti ja tulotaso. Liikenneverkon asettamia rajoitteita ovat mm. joukkoliikenteen palvelutaso, hinnoittelu, tie- ja katuverkosto, parkkipaikat jne. Malli ei siis kuvaa ihmisen todellisia liikkumistarpeita, vaan rajoittuneita valintoja. Kuten kirjallisuuskatsauksessa havaittiin, liikennesuunnittelu on aiemmin ollut hyvin autoiluo-rientoitunutta. Liikenne-ennustemallien hyöty-kustannusarviot suosivat auton omistavia henkilöitä, koska heillä on paras saavutettavuus nykyisellä liikenneverkolla (mm. Krötzel 2019, s. 67) ja heidän matkamääränsä ovat mallissa suurimmat.

Helmet 3.0 -mallissa henkilöauton omistus vaikuttaa matkojen suuntautumiseen, matkojen määrään ja kulutavan valintaan. Ikä vaikuttaa matkojen suuntautumiseen ja määrään. Kun tutkitaan esimerkiksi tietyn matkaryhmän saavutettavuutta, tehdään automatisesti painotus siitä, mitä ihmisryhmää tarkastelulla suositaan. Jos tutkitaan kaikkia matkaryhmiä yhdessä, kuten usein tehdään, suositaan tarkasteluissa niitä ikäluokkia, jotka tekevät paljon matkoja (tässä tapauksessa 30–49 -vuotiaita) sekä autonomistajia.

Yksinkertaistettuna ilmiötä voi kuvata kahdella joukkoliikennehankkeella A ja B, jotka kulkevat eri reittejä. Molempien reittien varrella asuu saman verran asukkaita, mutta A:n varrella on enemmän keski-ikäisiä henkilöitä ja B:n varrella enemmän eläkeläisiä. Hanke A vaikuttaa tulosten analysoinnissa kannattavammalta, koska he tekevät enemmän matkoja, jolloin mm. kokonaismatka-aikahyödyt ovat suuremmat. Voidaan kuitenkin perustellusti kysyä, olisiko eläkeläisillä enemmän tarvetta joukkoliikenneyhteydelle, koska heidän mahdollisuutensa muiden kulkumuotojen käyttöön voivat olla rajallisemmat.

Oikeudenmukaisuuteen liittyvät kysymykset ovat kuitenkin hyvin kompleksisia, ja on vaikeaa puntaroida eri ihmisryhmien välisiä todellisia liikkumistarpeita tai varsinkaan niiden matkojen arvoa. Tässä työssä pyritään nostamaan oikeudenmukaisuuskysymykset mukaan suunnitteluprosessiin menetelmäkehityksellä, jota testataan kahdella esimerkitapauksella. Nämä ovat työpaikkojen saavutettavuus työttömien ja terveyskeskusten saavutettavuus eläkeläisten kannalta. Tätä työvaihetta on kuvattu alaluvussa 4.4 ja tuloksia luvussa 6.3.

Helmet 3.0 -mallin tulosten tulkinnessa on oleellista ymmärtää, mitä erilaisten tulosmittareiden taustalla on oletuksena. Esimerkiksi matkamäärillä painotettuja matka-aikamuutoksia tulkittaessa pitää muistaa mallin oletukset eri ihmisryhmien matkamääristä. Tässä työssä on käytetty mittareina saavutettavuutta, jossa matkamäärillä ei ole omaa painotusta. Lisäksi matka-aikahyödyt skenaarioittain on esitetty myöhemmin matkamäärillä painotettuna (liite 2) ja ilman painotusta (kuvat 20–22).

4.3.2 Asiantuntijahaastattelut

Helmet 3.0 -mallin käytöstä ja kehittämisestä tehtiin kolme haastattelua liikenne-ennustemallin syvällisemmäksi ymmärtämiseksi. Haastateltavien joukossa oli mallin kehittäjiä sekä mallin käyttäjiä Helsingin seudulta. Haastattelun tulokset on anonymisoitu tutkimuseettisistä syistä. Haastattelut olivat kestoiltaan 30–60 minuuttia ja ne nauhoitettiin ja litteroitiin työn kannalta keskeisten teemojen osalta. Haastattelukysymyksillä selvitettiin, miten mallia käytetään eri suunnittelutasoilla, mitkä ovat mallin heikkouksia ja miten mallin taustaoletukset vaikuttavat tuloksiin. Lisäksi tehtiin teknisempiä kysymyksiä mm. mallin saavutettavuusmittareista ja valintamalleista. Haastatteluiden päähavainnot on esitetty luvussa 6.2.

4.3.3 Työssä käytetyt liikenne-ennustemallin tulokset

Tässä työssä joukkoliikennesaavutettavuutta varten on muodostettu omat mittarit jatkotutkimusta varten. Saavutettavuusmittarin laskemiseksi on hyödynnetty mallin sisältämiä matka-aikamatriiseja sekä aluekohtaisia maankäyttötietoja. Tarkempia analyysejä varten aineistoa on täydennetty tuomalla terveyskeskusten rakennustiedot malliin erikseen SeutuCD-aineistosta. Alaluvussa 4.4 on esitetty työssä käytetyt paikkatietoaineistot, joita Helmet 3.0 -malli ei sisällä. Taulukossa 4 on kuvattu, mitä matriiseja tämän työn yhteydessä on hyödynnetty ja miten ne on laskettu.

Matka-aika- ja palvelutasohyödyillä tarkoitetaan tässä yhteydessä muutoksia, jotka joukkoliikenteen painotetussa matka-ajassa tapahtuvat. Painotettuun matka-aikaan sisältyy kulkuvälineen vaihdosta aiheutuva ”matka-aikasakko” ja vuorovälien aiheuttamat odotukset. Jokaisella kulkumuodolla on erilaiset nousuvastukset, jotka vaikuttavat painotettuun matka-aikaan. Usein hyödyt kuvataan lähtevien matkojen määrällä painotettuna, mutta tässä tapaustarkastelussa ne on esitetty ilman matkamääräpainotusta. Tämä on perusteltu luvussa 4.3.1 sillä, että mallin laskemat matkamäärät voivat sisältää vääristymiä eivätkä kuvaa todellisia liikkumistarpeita (varsinkaan

Taulukko 4: Helmet 3.0 -mallista hyödynnetyt tulokset.

Käytetty mittari	Yksityiskohtainen kuvaus	Käyttötarkoitus
Joukkoliikenteen kuormitus	Pikaraitiotieverkon kuormitus iltahuipputunnin aikana (matkustajaa / h).	Uusien raitiotieyhteyksien kannattavuuden arviointi sekä kaluston koon mitoitus
Maankäyttö	Työpaikka ja asukasmäärä aluejaoittain vuonna 2017 ja 2030 MAL 2019 -suunnitelmien mukaisesti.	Lähtötietojen visualisointi ja uusien maankäyttöalueiden korostaminen
Aika- ja palvelutasohyödyt	Joukkoliikenteen painotetun matka-ajan muutokset matkamäärillä painotettuna ja ilman painotusta vuorokaudelle summattuna. Uusien joukkoliikennematkustajien hyödyt lasketaan puolikkaana.	Kokonaishyötyjen vertailu. Hyötyjen kohdistuminen alueittain ja jatkotarkasteluissa ihmisryhmittäin.
Työpaikkojen saavutettavuusmatriisit**	Joukkoliikenteen työpaikkasaavutettavuus. Laskettu kaavalla: $\ln(tp) + 0,8099 * U_{jl}$ Jossa työpaikkojen määrä (tp) on kuvattu määränpäämatriisina. U _{jl} on joukkoliikenteen hyötyfunktio: $U_{jl} = a * jl \text{ pain. matka_aika} + b * jl \text{ hinta}$ $a = -0,045, b = -0,4343$	Joukkoliikenteen palvelutason kuvaus. Saavutettavuus ottaa huomioon työpaikkojen määrän ja sijainnin.
Terveyskeskusten saavutettavuusmatriisit***	Terveyskeskusten saavutettavuus joukkoliikenteellä. Laskettu kaavalla: $0,4130 * \ln(tk) + 1,4563 * U_{jl}$ Jossa terveyskeskusten (tk) kerrospinta-ala on kuvattu määränpäämatriisina. U _{jl} on joukkoliikenteen hyötyfunktio: $U_{jl} = a * jl \text{ pain. matka_aika} + b * jl \text{ hinta}$ $a = -0,045, b = -0,4343$	Kuvaa ihmisten pääsyä terveyskeskuksiin joukkoliikenteellä. Saavutettavuus ottaa huomioon terveyskeskusten koon ja sijainnin.
Matka-aika ja kysyntämatriisit	Kuvastaa matkojen määrää ja aikaa lähtöpaikkojen ja määränpäiden välillä. Vain joukkoliikenteelle.	Hyödynnetyt yllä esitetyissä mittareissa
Kertoimet on otettu mallin kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kulkutapa- ja suuntautumismalleissa käytettävistä painokertoimista (HSL 2016, s. 51) * Kertoimet on otettu mallin kotiperäisten muiden matkojen kulkutapa- ja suuntautumismalleissa käytettävistä painokertoimista (HSL 2016, s. 55).		

ihmisryhmillä, joilla liikkuminen voi olla rajoittunutta). Matka-aikahyödyt on laskettu kaavalla

$$\frac{C_0 * (M_x - M_0) + \frac{1}{2} * C_u * (M_x - M_0)}{(C_0 + C_u)}, \text{ jossa}$$

C_0 on joukkoliikenteen kysyntämatriisi nollavaihtoehdossa
 C_u on uusien joukkoliikennematkustajien kysyntämatriisi ($C_x - C_0$)
 M_x on tarkasteltavan skenaarion painotettu matka-aikamatriisi
 M_0 on nollavaihtoehdon painotettu matka-aika matriisi

Kaavalla lasketaan nollavaihtoehdon joukkoliikennematkustajille kohdistuvat hyödyt kokonaisuudessaan ja uusille joukkoliikennematkustajille puolikkaana. Uudet joukkoliikennematkustajat ovat niitä, jotka mallissa luopuvat autoilusta, pyöräilystä tai kävelystä vaihtaakseen joukkoliikenteeseen parantuneen palvelutason vuoksi (eli eri kulkumuotojen kysyntä muuttuu). Liikenneviraston (2015, s. 53) määrittelemää puolikkaan sääntöä on käytetty esimerkiksi MAL-suunnitelmien hyöty-kustannusanalyysissa, joka on liitetty Helmet 3.0 -mallin ennusteajoon (HSL 2019c). Lopuksi hyödyt summataan jokaiselle lähtöpaikalle, jolloin saadaan tulokseksi vektori (eli jokaiselle alueelle summattu matka-aika-arvo täyden matriisin sijaan). Jättämällä nimittäjä kaavasta pois, saadaan matkamäärillä painotettu hyötymatriisi. Aika- ja palvelutasohyödyt kuvaavat koko vuorokauden matkoja ja matka-aikojen muutoksia. Tätä mittaria käytetään hyöty-kustannusanalyysissa matkamäärillä ja matka-ajan euromääräisellä arvolla painotettuna.

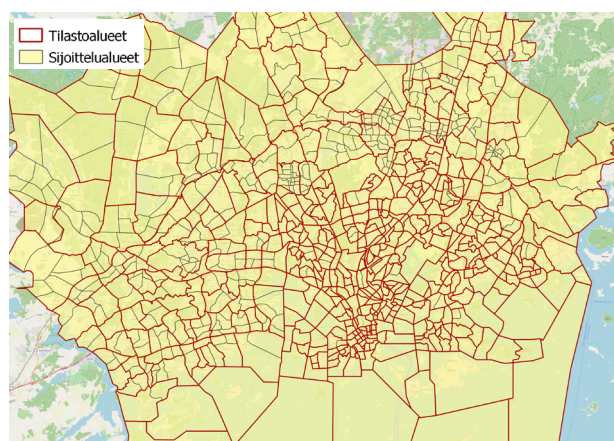
Tässä työssä on kehitetty saavutettavuusmittarit työpaikkojen ja terveyskeskuksien saavutettavuudesta. Nämä saavutettavuusmittarit ottavat huomioon määränpäiden sijainnin ja kokotekijän sekä joukkoliikenteen painotetut matka-ajat. Käytännössä jokaiselle ennustemallin alueelle lasketaan oma saavutettavuusarvo, joka sisältää matka-aikatiedot kaikille alueille sekä jokaisen määränpäiden työpaikkojen tai terveyskeskuksien (kerrosneliometriä) määrän. Mittari sisältää myös matkan kustannustiedon (eli joukkoliikenteen hinnoittelun), mutta mallinnettujen skenaarioiden välillä kustannukset eivät eroa. Työpaikkasaavutettavuudessa on huomioitava, että työpaikkamäärät kasvavat nykytilanteen ja VE0:n välillä, mikä itsessään parantaa saavutettavuutta. VE0–VE3 skenaarioissa työpaikkamäärät ovat samat. Terveyskeskusten määrän ja sijaintien muutosta ei ole ennustettu, vaan tarkastelut on tehty nykytilan terveyskeskusverkostolla. Saavutettavuusmittareita hyödynnetään yhdistämällä ne väestöpohjaiseen paikkatietoon.

4.4 Paikkatietotarkastelut

Paikkatietotarkasteluilla tehdään liikenne-ennustemallia täydentäviä analyysejä, joilla voidaan tarkastella oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen eriytymisen näkökulmia. Helmet-ennustemallissa aluekohtaisia maankäyttö- ja väestötietoja käytetään perinteisissä analyyseissä vain lähtötietoina, jolloin tulosten analysoinnissa ne ovat usein vain oletuksena taustalla. Tässä työssä väestötiedot tuodaan tulosten tarkastelussa keskiöön eli neliporrasmallin järjestystä muutetaan siten, että väestötieto on analyysissä viimeisenä.

Paikkatietotarkasteluilla esitetään joukkoliikenteen vaikutuksia siten, että ennustemallin tulokset yhdistetään yksityiskohtaisempaan väestödemografiaan ja maankäyttöaineistoon. Tällä tavalla saadaan tietoa, mitkä ihmisryhmät ja alueet tarvitsevat erityishuomiota suunnittelussa, ja miten ihmiset ovat sijoittuneet liikkumistarpeittensa kannalta. Tämän työn paikkatietotarkasteluilla tutkitaan pääasiassa saavutettavuutta sekä liikenne- ja maankäyttöjärjestelmän hyötyjen jakautumista.

Ennustemallista saatava data on paikkasidonnaista tietoa. Mallin tulokset ovat saatavilla matriisimuodossa, joka linkittyy tietyn muotoisiin alueisiin ja sijainteihin (kuva 7). Täydentävää dataa on saatavilla rakennuskohtaisella tarkkuudella sekä kaupunkien tilastoaluejaon tarkkuudella. Helmet-mallin aluejako ja muu paikkatietoaineisto ei noudata samoja rajoja, jolloin prosessissa pitää tehdä spatiaalisesti yksinkertaistuksia tietoja yhdistettäessä. Taulukossa 5 on kuvattu työssä käytetty paikkatietoaineisto ja sen esitysmuoto.



Kuva 7: Tilastointialueiden ja liikenne-ennustemallin aluejaot päällekkäin esitettynä pääkaupunkiseudulla.

Paikkatietoaineisto	Kuvaus	Aluejako	Lähde
Väestötilastopalvelu	Väestö osa-alueen ja pääasiallisen toiminnan/ammattiaseman mukaan vuonna 2017: Työvoima, työlliset, työttömät, palkansaajat, yrittäjät, työvoiman ulkopuolella olevat, 0–14 -vuotiaat, opiskelijat ja koululaiset, varusmiehet ja siviilipalvelusmiehet, eläkeläiset, muut työvoiman ulkopuolella olevat Väestö tulotason mukaan (15 eri luokitusta, joista alin 0 €, ylin 65000 – €)	Helsinki pienalueittain (404 aluetta) Espoo pienalueittain (88 aluetta) Vantaa osa-alueittain (61 aluetta). Kts kuva 7.	Tilastokeskus (2019), väestötilastopalvelu
SeutuCD, rakennusrekisteri	Rakennukset pistemuotoisena. Terveyskeskuksien saavutettavuutta varten valittu rakennukset, joiden käyttötarkoitus on luokiteltu ”Terveyskeskukset (KATAKER = 214)” ja niiden pinta-alat	Pistetiedostot pääkaupunkiseudulta	HSY (2019) SEUTUCD’18
Helmet 3.0 -mallin sijoittelualuejako	Liikenne-ennustemallin aluejako ja niihin liittyvät matriisitiedot (kts. taulukko 4)	Helsingin seudun työssäkäyntialue (14 kuntaa). Jaettu 1912 ennustealueeseen, joista 901 on pääkaupunkiseudulla.	HSL (2019d)

Taulukko 5: Käytetyt paikkatietoaineistot ja niiden kuvaus

Väestötilastopalvelusta on saatavilla tiedot alueiden elinkeinorakenteesta ja työssäkäynnistä. Saavutettavuustarkasteluja varten on tarkasteltu ihmisryhmiä pääasiallisen toiminnan tai ammattiaseman mukaan. Näistä tarkasteluun on valittu työlliset, työttömät, 0–14 -vuotiaat, opiskelijat ja koululaiset, eläkeläiset ja muut. Ryhmään muut on yhdistetty varusmiehet ja siviilipalvelusmiehet ja muut työvoiman ulkopuolella olevat. Valinta kattaa koko väestön pääkaupunkiseudulla. Lisäksi on tutkittu yli 15-vuotiaiden saavutettavuutta tulotasoryhmittäin jaoteltuna 15 luokkaan.

Liikenne-ennustemallin sijoittelualuejako ja väestötilastopalvelusta saatava data noudattavat pääosin samaa aluejakoa (kuva 7). Sijoittelualuejaon koko perustuu maankäytön tiiveyteen siten, että tiiviisti rakennetut alueet ovat mallissa pienempiä alueita. Helsingissä aluejako on pääosin sama kuin tilastoinnin pienalueet, mutta uusilla rakennusalueilla sijoittelualuejakoa on tihennetty (esimerkiksi Malmin lentokenttä). Espoossa ja Vantaalla tilastointialueet ovat huomattavasti sijoittelualueita laajempia.

Aineistojen yhdistämiseen on tehty R-ohjelmointikielillä komentosarja, joka on esitetty liitteessä 1. Paikkatietotarkasteluiden tekeminen koodaamalla mahdollistaa suurien datamäärien käsittelyn nopeasti ja

tekee metodista helposti toistettavan. Koodilla on toteutettu seuraavat työvaiheet:

1. Taulukkomuotoisten lähtöaineistojen liittäminen paikkatietomuotoisiin aluejakoihin ID-tunnistietiedon perusteella (Ennustemalli Helmet 3.0:n lähtötiedot ja väestötilastopalvelun tiedot)
2. Saavutettavuus- ja aika-palvelutasohyötymatriisien yhdistäminen tilastoaluejakoon pinta-alaan perustuvalla keskiarvolla
3. Saavutettavuuden laskenta väestöryhmittäin pääasiallisen toiminnan sekä tulotason mukaan
4. Yhdistetyt tiedot sisältävän SHP-tiedoston tallennus visualisointia varten

Ennustemallin sijoittelualueet on aggregoitu tilastoalueisiin laskemalla alueiden päällekkäinen pinta-ala ja saavutettavuuslukema on leikkaavien alueiden pinta-aloilla painotettu keskiarvo. Geometrian muutoksessa häviää jonkin verran tarkempaa saavutettavuustietoa Vantaan ja Espoon tiiviisti asutuilla alueilla, mutta tilastoalueiden tiedoissa ei tapahdu muutoksia.

SeutuCD:n rakennusrekisteri on pistemuotoisena aineistona helppo liittää mihin tahansa aluejakoon. Rakennusrekisteri pitää sisällään tiedon rakennuksen käyttötarkoituksesta, jolloin määränpääksi voidaan

suodattaa esimerkiksi palvelut, koulut, terveydenhuolto tai liikuntapaikat. Kun määränpäätt yhdistetään ennustemallin aluejakoon, voidaan joukkoliikenteen hyötyfunktiolla laskea valitun kohteen saavutettavuus alueittain.

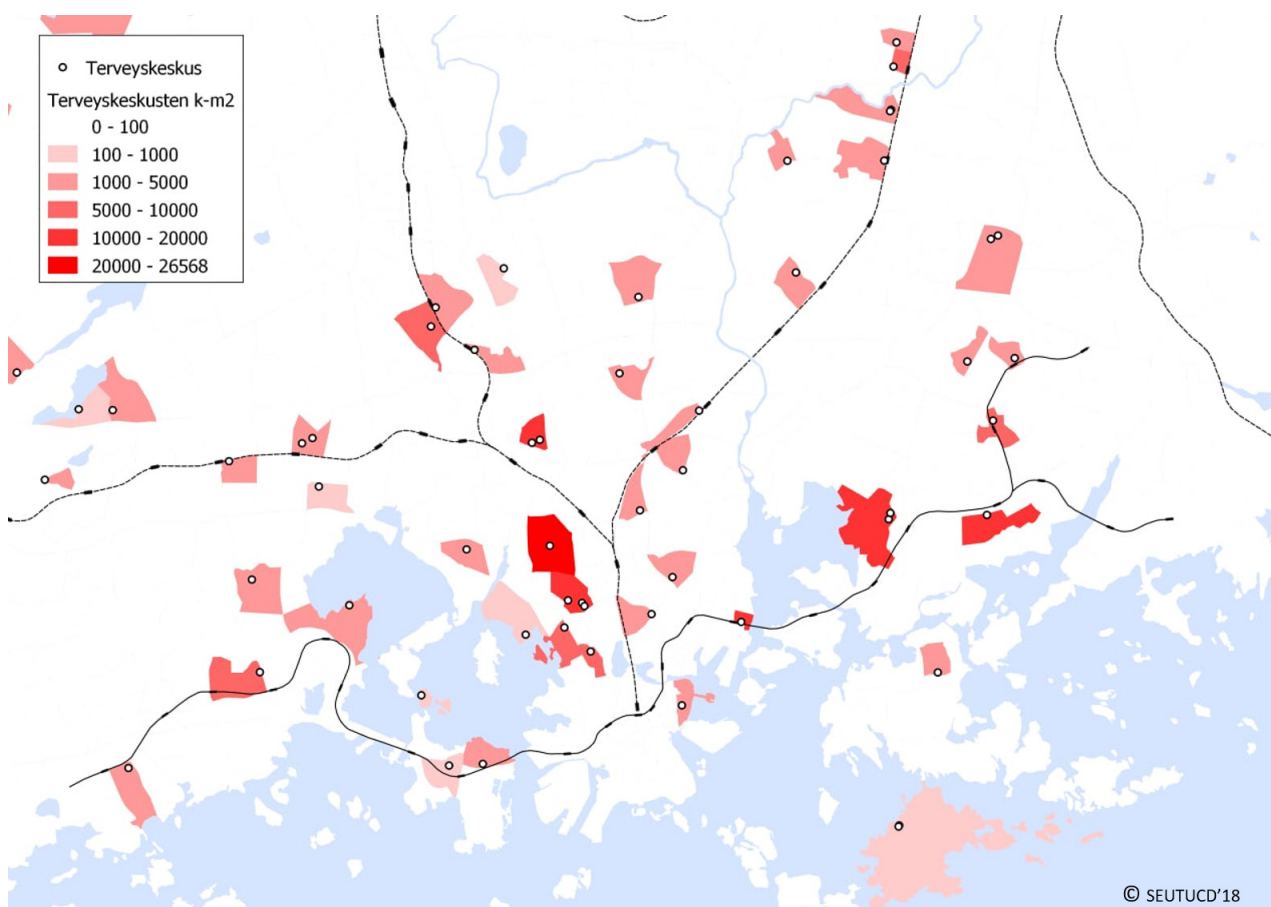
Oikeudenmukaisuuden tarkasteluun on tässä työssä tutkittu työmatkasaavutettavuutta ja terveyskeskusten saavutettavuutta. Työpaikkojen saavutettavuus on yleisesti käytetty mittari, joka korreloi myös monen muun aktiviteetin (kuten palvelut) saavutettavuuden kanssa. Liikenne-ennustemallissa on tiedot työpaikkamääristä nykyhetkenä ja ennustettuna vuodelle 2030 MAL-suunnitelmien mukaisesti.

Terveyskeskusten saavutettavuus on nostettu työssä esimerkiksi vähemmän tutkitusta mittarista. Se kuvaa tiettyjen erityisryhmien liikkumistarvetta ja pääsyä terveydenhuoltoon. Terveyskeskusten joukkoliikennesaavutettavuus on olennainen myös siksi, että terveydelliset syyt voivat estää auton käytön. Terveyskeskuksista on muodostettu määränpäämatriisi summaamalla terveyskeskusten pinta-alat SeutuCD-aineistosta ennustemallin aluejakoon (kuva 8).

Saatava paikkatietoaineisto väestöstä ja rakennuksista kuvastaa nykyhetken tilannetta. Helmet 3.0 -ennustemalli itsessään pitää sisällään ennusteet väestön, työpaikkojen ja ostospaikkojen kehityksestä sekä muun muassa väestön ikääntymisestä. Jatkoanalyysia varten nostetut paikkatietoaineistot kuvastavat kuitenkin nykytilannetta, sillä rakennusten tarkkaa käyttötarkoitusta tai väestödemografian muutoksia on vaikeaa ja osin epätarkoituksenmukaista ennustaa.

Työssä kuvataan saavutettavuustilannetta nykyhetkellä sekä kaikissa mallinnetuissa skenaarioissa (VE0-VE3). Lopuksi saavutettavuusmatriisit ja töttömiä sekä eläkeläisten määrä normalisoidaan samaan asteikkoon, ja visualisoidaan ilmiöiden yhtäaikainen esiintyminen. Normalisoinnissa vähennetään alueiden arvojen keskiarvo sekä jaetaan arvot keskihajonnalla. Lopuksi kahden eri mittarin arvot lasketaan yhteen, jolloin sekä saavutettavuus ja väestödemografia kuvataan yhtenäisellä asteikolla. Luvussa 5 esitellään tarkasteltavat skenaariot, ja miten niihin on päädytty.

Kuva 8: Terveyskeskukset pisteinä ja pinta-aloittain summattuna määränpääalueiksi.



5. Tapaustarkasteluna Helsingin poikittaiset pikaraitiotieyhteydet

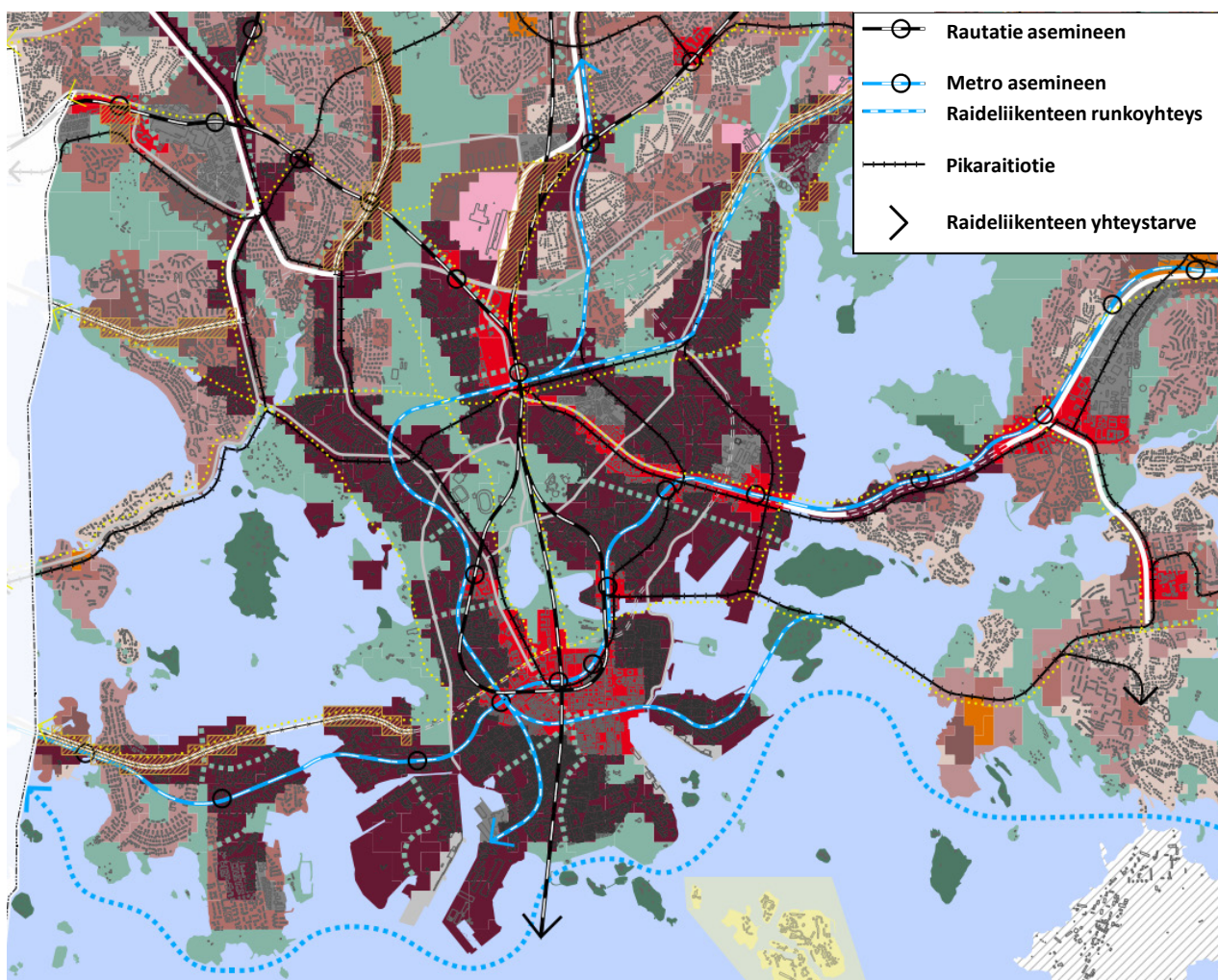
Työssä on luotu tapaustarkastelua varten vertailtavat skenaariot Helsingin poikittaisista pikaraitiotieyhteyksistä. Tapaustarkastelussa on tarkoitus osoittaa, miten oikeudenmukaisuuteen ja syrjäytymiseen liittyvät kysymykset voidaan nostaa esiin laajoissa liikennejärjestelmähankkeissa. Skenaarioiden mallinnuksessa tuotetaan myös tärkeää tietoa linjojen kysynnästä ja vaikutuksista koko seudun liikkumiseen ja matka-aikoihin.

Poikittaisilla yhteyksillä tarkoitetaan tässä työssä pikaraitiotielinjoja "Jokeri 0" ja "Tiederatikka", jotka kulkevat Pasilan juna-aseman kautta. Alaluvussa 5.1 esitellään pikaraitiotieyhteyksien taustat yleiskaavassa. Alaluvussa 5.2 esitetään linjastovaihtoehdot, jotka on tehty tämän työn aikana yhteistyössä monialaisen asiantuntijaryhmän kanssa.

5.1 Pikaraitiotiesuunnitelmat yleiskaavassa

Helsingin yleiskaava (2016) mahdollistaa, että vuonna 2050 Helsingissä on noin 860 000 asukasta ja 560 000 työpaikkaa. Koko Helsingin seudun arvioidaan kasvavan noin 600 000 asukkaalla. Valtavan väestönkasvun myötä liikennejärjestelmää on uudistettava, jotta liikkuminen alueella on sujuvaa. Yleiskaavassa painotetaan seudullisen raideliikennejärjestelmän merkitystä hyvän saavutettavuuden kannalta. Helsinkiä kuvataan yleiskaavassa raideliikenteen verkostokaupunkina. (HKS 2016)

Kuva 9: Helsingin yleiskaava (2016). Pasilan kautta on linjattu useita raideyhteyksiä ja Teollisuuskadun ympäristö on kaavoitettu liike- ja palvelukeskustaksi. (HKS 2016)



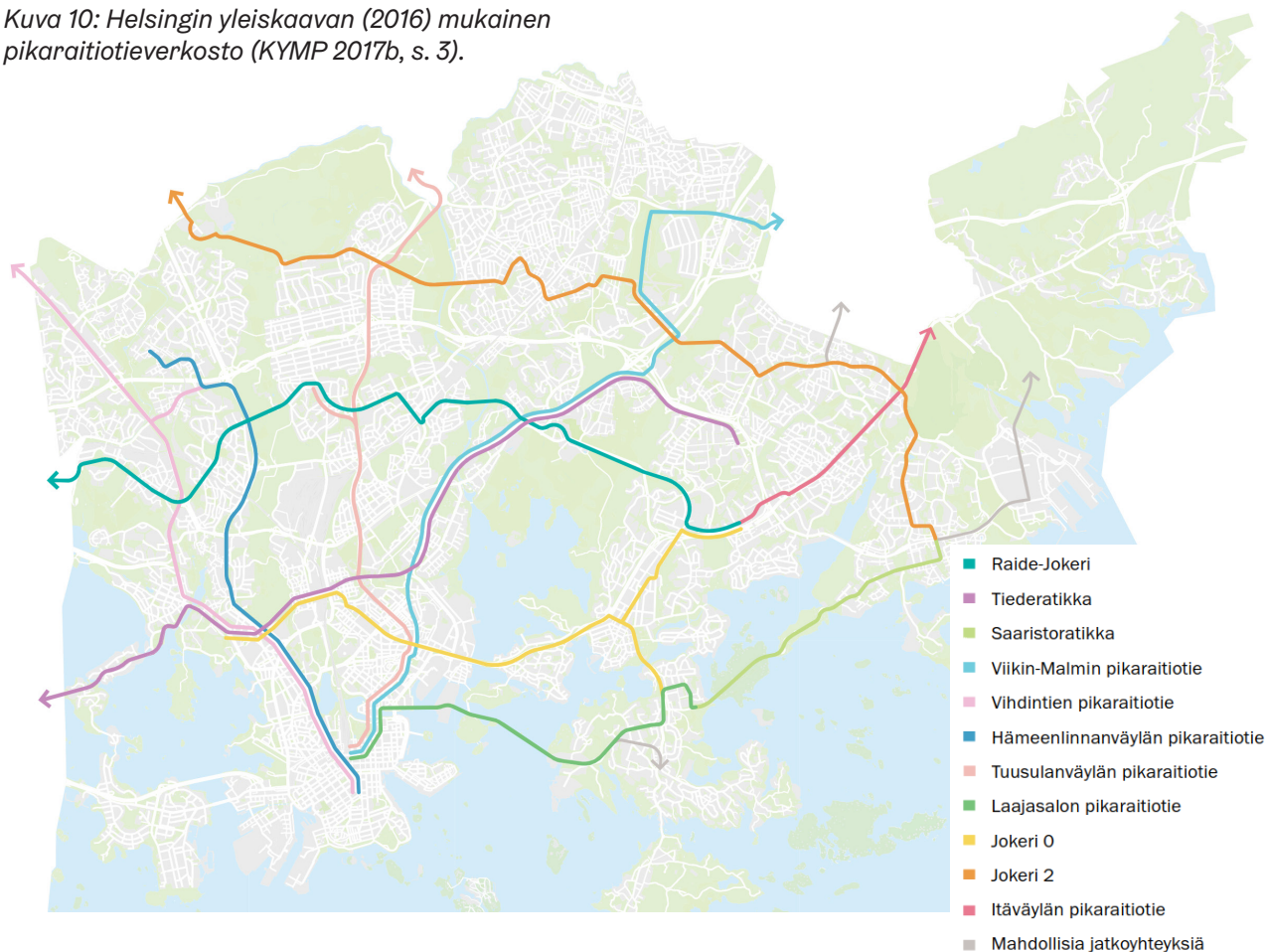
Helsingin kantakaupunkia laajennetaan erityisesti säteittäin (HKSIV 2016). Yleiskaavan tärkeimmät yksittäiset väestönkasvualueet ovat kaupunkibulevardien varsilla sekä Malmin lentokenttäalueella. Säteittäisellä kasvulla pyritään tiivistämään kaupunkirakennetta ja muuttamalla kaupunkirakennetta halkovia moottoritiemäisiä sisäänajoväyliä katumaisiksi. Muutoksella pyritään myös vähentämään poikittaisen liikkumisen estevaikutusta, jonka laajat nykyuotoiset sisäänajoväylät aiheuttavat.

Ensimmäiset toteutuvat pikaraitiotiet ovat Raide-Jokeri ja Kruunusiltojen yhteydet (jo rakenteilla). Yleiskaavan toteuttamishjelman (KYMP 2017a) mukaan seuraavaksi toteutuvat säteittäistä kasvua tukevat Vihdinbulevardin, Tuusulanbulevardin ja Viikki-Malmin pikaraitiotiet (vaihe I). Tässä työssä tarkasteltavat Pasilan kautta kulkevat poikittaisyhteydet ovat toteuttamishjelmassa vasta seuraavassa vaiheessa (vaihe II). Aikakategorioissa vaihe I, ”lähitulevaisuus”, käsittää noin vuodet 2018–2035 ja vaihe II, ”keskipitkä aikajakso”, noin vuodet 2030–2040. Uusien pikaraitiotieyhteyksien lisäksi yleiskaavalla on varauduttu myös Pissararataan (kuva 9), jonka toteutumisen aikataulu voi vaikuttaa muihin hankkeisiin. Yleiskaavan mukainen pikaraitiotieverkko on esitetty karkeasti kuvassa 10.

Kantakaupungin kasvaessa pohjoiseen päin Pasilan merkitys kaupungin toisena keskustana ja liikenteen solmukohtana kasvaa. Pasila–Vallila–Kalasatama alue, eli Teollisuuskadun akseli, muodostaa vahvan keskustan itäiseen kantakaupunkiin (HKSIV 2016). Pasilassa junaliikenteen palvelutaso on yhtä hyvä kuin Helsingin rautatieasemalla, ja Pasilan asema on nopeammin saavutettavissa kaikilta muilta Suomen juna-asemilta. Lisäksi Pasilaan on mahdollistettu yleiskaavalla Lentoradan ja Tallinnan tunnelin yhteydet, jotka toteutuessaan muuttaisivat Pasilan merkittävyyttä saavutettavuuden osalta laajemminkin. Poikittaisyhteyksiltään aseman palvelutaso on kuitenkin selvästi heikompi kuin ydinkeskustassa, jossa metro- ja raitiotieverkosto on hyvin kattava.

Helsingin kaupunkiympäristön (2017b) yleiskaavan pikaraitiotieiden toteutettavuusselvityksessä on todettu, että Pasilan tasolla poikittaisilla raitiolinjolla on haasteita teknisen toteutettavuuden suhteen. Erityisesti riittävän tilan järjestäminen pinnalla kulkevilla raitioiteilla on vaikeaa. Poikittaisten yhteyksien matkustajakysyntä olisi kuitenkin suurta. Pasilan juna-aseman yhteyteen rakennetun Triplan kaupakeskuksen alimpaan kerrokseen on louhittu tilat metroasemalle, ja asemakaavassa on huomioitu metrotunnelin muut tilatarpeet (HKSIV 2014). Tunnelia

Kuva 10: Helsingin yleiskaavan (2016) mukainen pikaraitiotieverkosto (KYMP 2017b, s. 3).



on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa esimerkiksi maanalaista metroa tai pikaraitioiteita varten. Tässä työssä on tutkittu vaihtoehtoja, jossa pikaraitiotiet menisivät Pasilassa joko maanpintaa pitkin tai tunneleissa maanalaista asemaa hyödyntäen.

Pasilasta Töölöön kulkevasta raideliikenneyhteydestä puhutaan julkisuudessa usein metrona. Yleiskäytössä yhteys on merkitty raideliikenteen runkoyhteytenä, joka on mahdollista toteuttaa metrona tai pikaraitiotienä. Tässä työssä yhteyttä on tutkittu pikaraitiotielinjana. Raitiotieyhteyksien toteuttaminen maanalaisena vaatii paljon lisätutkimusta esimerkiksi niiden teknisestä toteutettavuudesta. Samanaikaisesti tämän tutkimuksen kanssa on tehty diplomityö¹, jossa on selvitetty pikaraitiotien tunnelitekniisiä ominaisuuksia. Pikaraitiotie voi tuoda metron verratuna säästöjä esimerkiksi rakennuskustannuksissa. Tilatarve tunnelissa ja asemilla on pienempi, ja lisäksi kaupunkirakenteessa liikkuminen vaatii vähemmän infrastruktuuria. Raitiovaunu liikkuu sujuvammin kaupunkirakenteessa ja mahdollistaa pienemmät kaarresäteet. Raitiotiellä ja metrolla on myös mer-

kittäviä eroja kapasiteetissa, asemissa, sähköjärjestelmässä, turvallisuus- ja kulunvalvontaratkaisuisa. Metron etuna on suurempi kapasiteetti, ja perinteisesti sen rakentaminen pohjautuu maanalaisiin asemiin ja tunneleihin. Tässä työssä keskitytään kuitenkin tutkimaan vaikutuksia liikennemääriin ja sosiaalisiin kysymyksiin liikennejärjestelmätasolla.

5.2 Muodostetut skenaariot ja käytetyt taustatiedot liikenne-ennustemallissa

Vaihtoehdot poikittaisista raitioiteista on muodostettu yhdessä Helsingin Kaupunkiympäristön toimialan monialaisen suunnitteluryhmän kanssa. Suunnitteluryhmässä oli mukana liikennejärjestelmäyksikön sekä maankäytön yleissuunnitteluyksikön asiantuntijoita. Vaihtoehdot rakennettiin aikaisempien suunnitelmi-

Taulukko 6: Työtä varten mallinnetut joukkoliikenteen linjastovaihtoehdot

Skenaario	Linjasto
Nykytilanne	Vuoden 2018 mukainen liikennejärjestelmä
Ve0 ”Runkobussit”	<p>Pikaraitiotieverkko:</p> <ul style="list-style-type: none"> » Viikin-Malmin pikaraitiotie » Vihdintien pikaraitiotie Pohjois-Haagaan » Tuusulanväylän pikaraitiotie Pakilaan » Pikaraitiotie Mellunmäki-Aviapolis-Lentoasema » Pikaraitiotie Matinkylä-Suurpelto-Kera-Leppävaara <p>Poikittaisyhteydet</p> <ul style="list-style-type: none"> » Runkolinja 500: Munkkiniemi-Herttoniemi » Runkolinja 510: Tapiola-Herttoniemi
Ve1 ”Pintaratikat”	<p>Pikaraitiotieverkko</p> <ul style="list-style-type: none"> » Samat kuin Ve0, lisäksi: » Tiederatikka Otaniemi-Meilahti-Pasila-Viikki-Myllypuro, pintareitit » Jokeri 0 Munkkiniemi-Pasila-Herttoniemi-Laajasalo, pintareitit » Viikin-Malmin pikaraitiotien jatke Hakunilaan
Ve2 ”Pasilan tunnelit”	<p>Pikaraitiotieverkko ja poikittaisyhteydet</p> <ul style="list-style-type: none"> » Samat kuin Ve0, lisäksi: » Tiederatikka Otaniemi-Meilahti-Pasila-Viikki-Myllypuro, tunneliratkaisu Pasilasta molempiin suuntiin » Jokeri 0 Munkkiniemi-Pasila-Herttoniemi-Laajasalo, tunneliratkaisu Pasilasta molempiin suuntiin » Viikki-Malmin pikaraitiotien jatke Sotunkiin
Ve3 ”Töölön maanalaisten ratikka”	<p>Pikaraitiotieverkko ja poikittaisyhteydet</p> <ul style="list-style-type: none"> » Samat kuin Ve0, lisäksi: » Tiederatikka Hernesaari-Kamppi-Töölö-Meilahti-Pasila-Viikki-Myllypuro, tunneliratkaisu Hernesaaresta Pasilaan (lisäksi kävely-yhteys tunnelissa Länsiterminaalien ja Hernesaarin välillä) » Jokeri 0 Otaniemi-Meilahti-Pasila-Herttoniemi-Laajasalo, tunneliratkaisu Pasilasta molempiin suuntiin » Viikin-Malmin pikaraitiotien jatke Sotunkiin

¹ Vainikainen, I. Maanalaisten pikaraitiotien suunnitteluperusteet Helsingissä. Aalto-yliopisto. Valmisteilla.

en (HKSU & HSL 2015, HKSU 2016) pohjalta tehtyjen havaintojen perusteella sekä uusien yhteysvälien mallintamiseksi. Skenaariot eroavat erityisesti Pasilan kohdalla tehdyistä linjauksista. Vertailuvaihtoehdossa (VE0) poikittaiset yhteydet on toteutettu runkibusseilla 500 ja 510. Muissa skenaarioissa raitiotien linjaukset eroavat tunneliratkaisujen osalta sekä päätepisteiltään. Mallinnetut skenaariot on esitetty taulukossa 6 ja kuvissa 11–14. Liikenne-ennusteiden laadintaan on käytetty aiemmin esiteltyä Helmet 3.0 -mallia.

Helmet 3.0 -liikenne-ennustemalleissa liikenneverkko ja joukkoliikennejärjestelmä on kuvattu hyvin tarkasti HSL:n tekemissä valmiissa MAL-suunnitelmiin pohjautuvissa malleissa. Erilaisia ennustemalleja on tehty vuodelle 2030 sisältäen liikenneverkon, maankäytön ja väestödemografian (mm. ikääntyminen) muutokset. Tässä työssä on käytetty mallinnuksen pohjana MAL 2030 ve4 -kuvausta. Kyseisen mallin maankäyttötietoja on muokattu siten, että Tuusulanväylän bulevardille, Vihdintien bulevardille ja Viikki Malmi -raitiotien varrelle on lisätty työpaikka- ja asukasmääriä, sillä toteutuessaan pikaraitiotien ympärille kaavailaan pohjamallia suurempaa kasvua. Ennustetut asukas- ja työpaikkamäärät on esitetty kartalla liitteessä 3. Mallin valmiiksi sisältämät liikennehankkeet on kuvattu liitteessä 4. Jokaisessa skenaariossa on mukana esimerkiksi pizararata, ruuhkamaksut ja metron automatisointi. Voidaan sanoa, että mallissa käytetyn pohjamallin tiedot, erityisesti liikennehankkeet, kuvaavat pitkälle vuoden 2030 jälkeistä tilannetta.

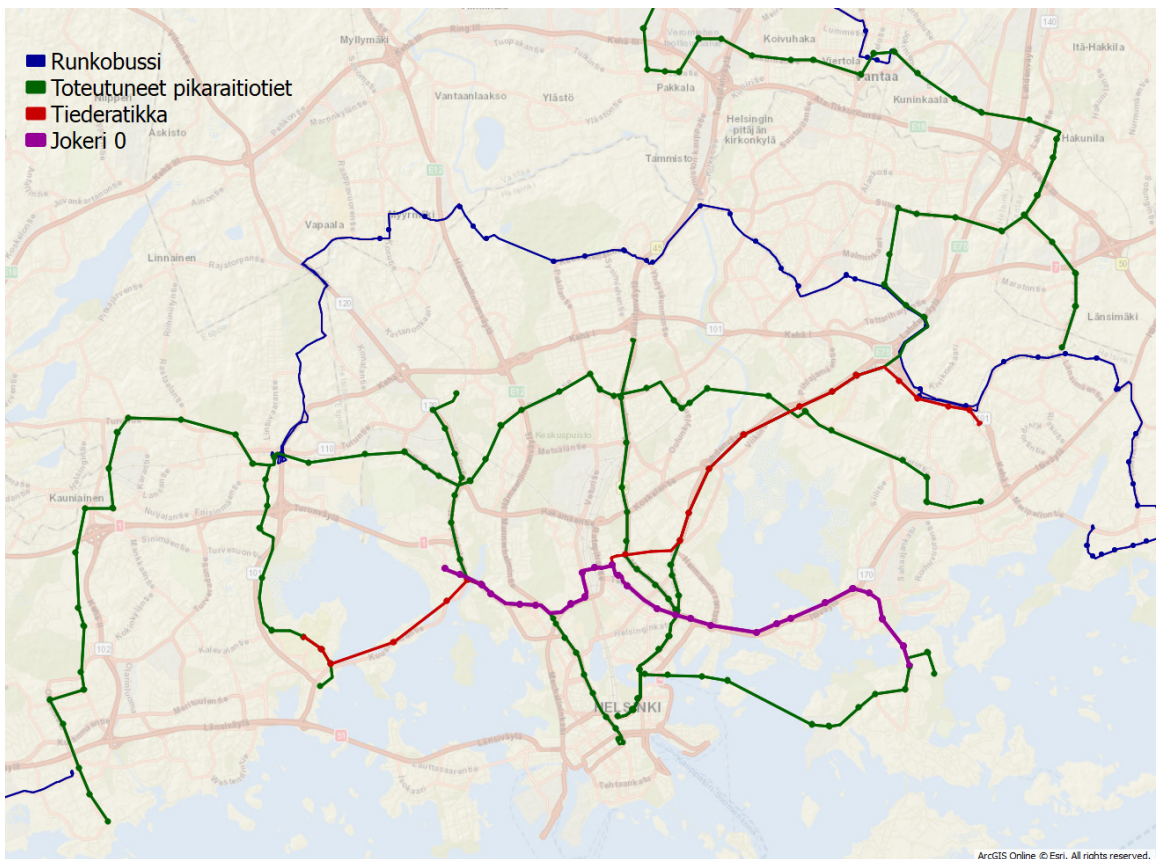
Bussiliikenteen osalta nykytilanteeseen verrattuna ei ole tehty pohjaverkossa suuria muutoksia, ja siten esimerkiksi Lahdenväylällä on tarpeettoman paljon päällekkäistä tarjontaa raitiotieliikenteen kanssa. Tarkemmat suunnitelmat vaatisivat bussilinjaston uudeleen reitityksen, mikä vaikuttaisi osaltaan tuloksiin.

On huomionarvoista, että jokaisessa skenaariossa maankäyttötiedot ovat samat, vaikka raitiotielinjaukset eroavat. Todellisuudessa asumisen ja työpaikkojen painopisteet olisivat jokaisessa skenaariossa erilaiset. Helmet-malli ei kuitenkaan huomioi dynaamisia muutoksia ihmisten asuinsijainneissa.

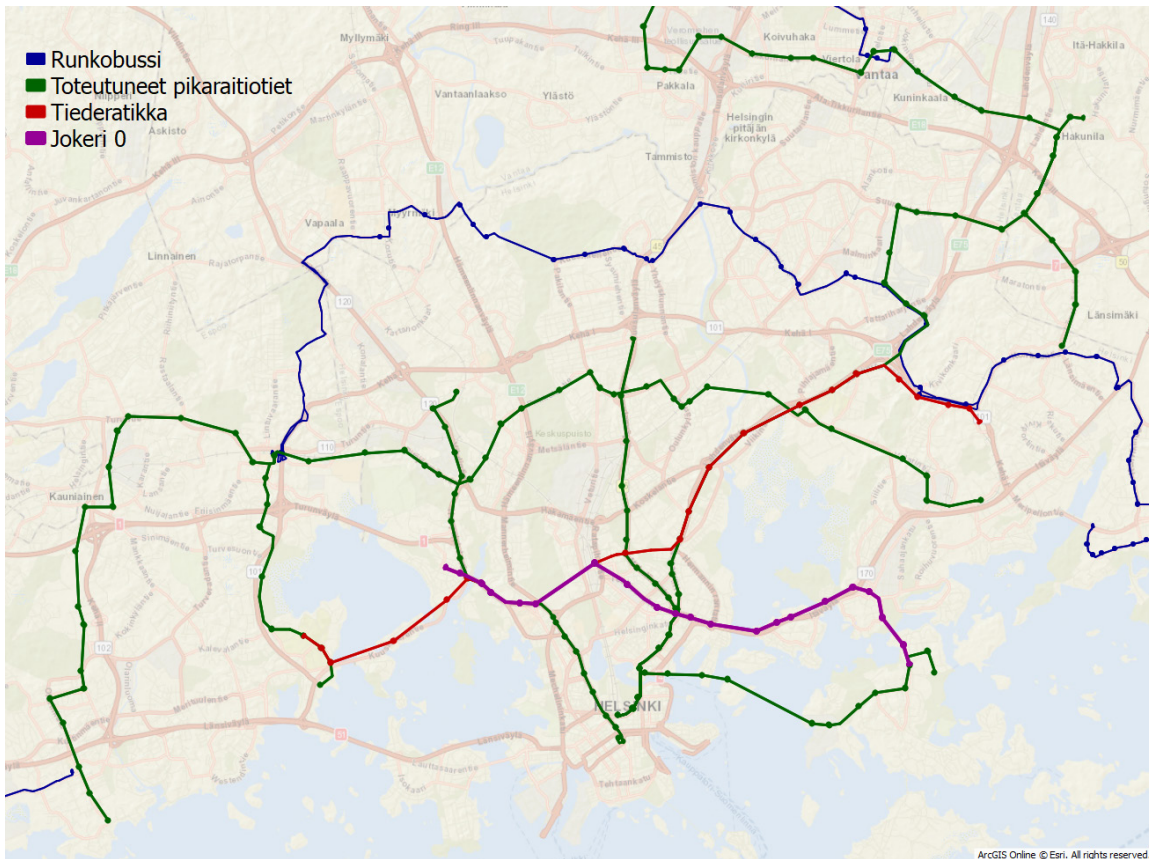
Jokaisen skenaarion verkostokoodaamisessa on määritetty vuorovälit, pysäkkien sijainnit, nopeudet linkeillä, vaihtoyhteydet ja jalankulun sekä pyöräilyn linkit uusille reiteille. Nopeuksia, vuorovälejä ja pysäkkien sijainteja määrittäessä on hyödynnetty asiantuntijoiden arvioita, jotka perustuvat mm. raitiotieliikenteen kehittämissuunnitelmaan (KYMP 2017c) ja raideliikenteen verkkoselvitykseen (HKSU 2015). Kaikille pikaraitioille on merkitty vuoroväliksi huipputunnilla 7,5 minuuttia, paitsi Raidejokerilla vuoroväli on 5 minuuttia.



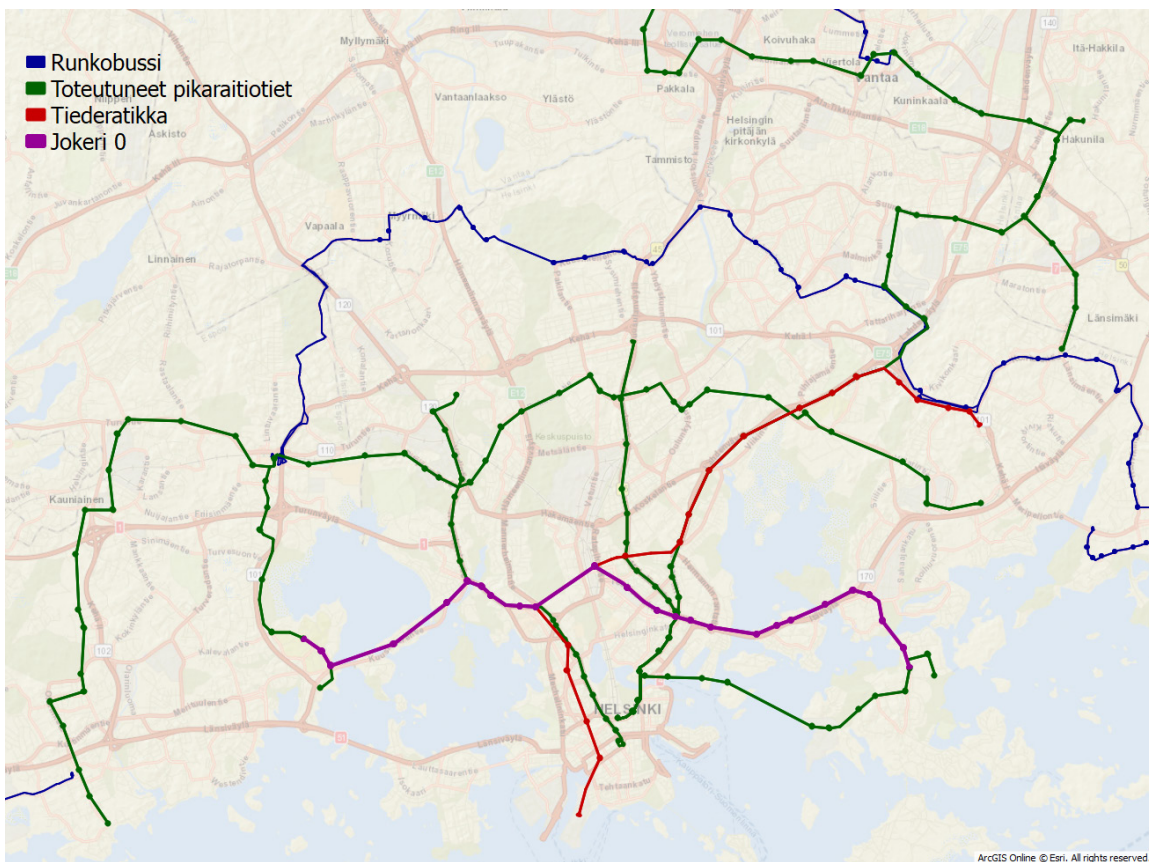
Kuva 11 VE0: Poikittaisyhteydet on toteutettu runkobusseilla 500 ja 510.



Kuva 12 VE1: Poikittaisyhteydet kulkevat pikaraitioteinä Pasilassa maan pinnalla.



Kuva 13 VE2: Poikittaisyhteydet kulkevat maan alla Meilahdesta Pasilaan ja haarautuen Pasilasta Teollisuuskadulle sekä Mäkelänrinteelle.



Kuva 14 VE3: Tiederatikka jatkaa Meilahdesta Hernesaareen maanalaisena hyödyntäen myös Kampin metroasemavarausta. Jokeri 0 -linja jatketaan Otaniemeen.

6. Tulokset

Työn tulokset koostuvat liikenne-ennustemallista saatavien perinteisten liikenneteknisten tietojen esittelystä, asiantuntijahaastatteluiden koonnista sekä menetelmän testaamisen tuloksista. Menetelmän testaamisella tehdään havaintoja saavutettavuuden jakautumisen oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen eriytymisen näkökulmista.

6.1 Ennustemallin tulokset

Kaikille skenaarioille on tehty liikenne-ennusteet Helmet 3.0 -mallilla. Koko Helsingin seudun liikkuminen on mallinnettu, ja tulokset esitetään aluejako- sekä liikenneverkkokohtaisesti. Luvussa 6.1 esitetään linjojen kuormitukset iltahuipputuntina. Matka-aikahyötyjen kohdistuminen alueittain analysoidaan luvussa 6.1.2 vertailemalla VE1-VE3 -skenaarioita VEO:aan. Luvussa 6.1.3 esitetään ennustemallin avulla tuotetut saavutettavuuskartat, joita analysoidaan tarkemmin paikkatietotarkasteluiden avulla luvussa 6.3.

6.1.1 Kuormitukset

Kuvissa 15–18 on esitetty pikaraitiotie- ja runkobussiverkoston kuormitus jokaisessa skenaariossa. Kuormitus kuvaa matkustajamääriä linkillä iltahuipputuntin aikana. Jos samaa linkkiä eli raitiotietä käyttää useampi linja, on matkustajamäärät summattu yhteen. Linjan kuormitus kertoo sen kysynnästä ja antaa alustavaa tietoa linjan kannattavuudesta ja kuvälineen kapasiteetin mitoituksesta.

Linjojen keskiakuormitukset on esitetty kuvassa 19. Keskiakuormitus kuvaa linjalla matkustetun kilometrimäärän suhteessa linjan pituuteen (matkustaja-km / linja-km).

Kuva 15: VEO linjojen kuormitus iltahuipputuntina. Pikaraitiotiet on esitetty vihreällä ja runkobussit sinisellä.





Kuva 16: VE1 linjojen kuormitus iltahuipputunnissa.

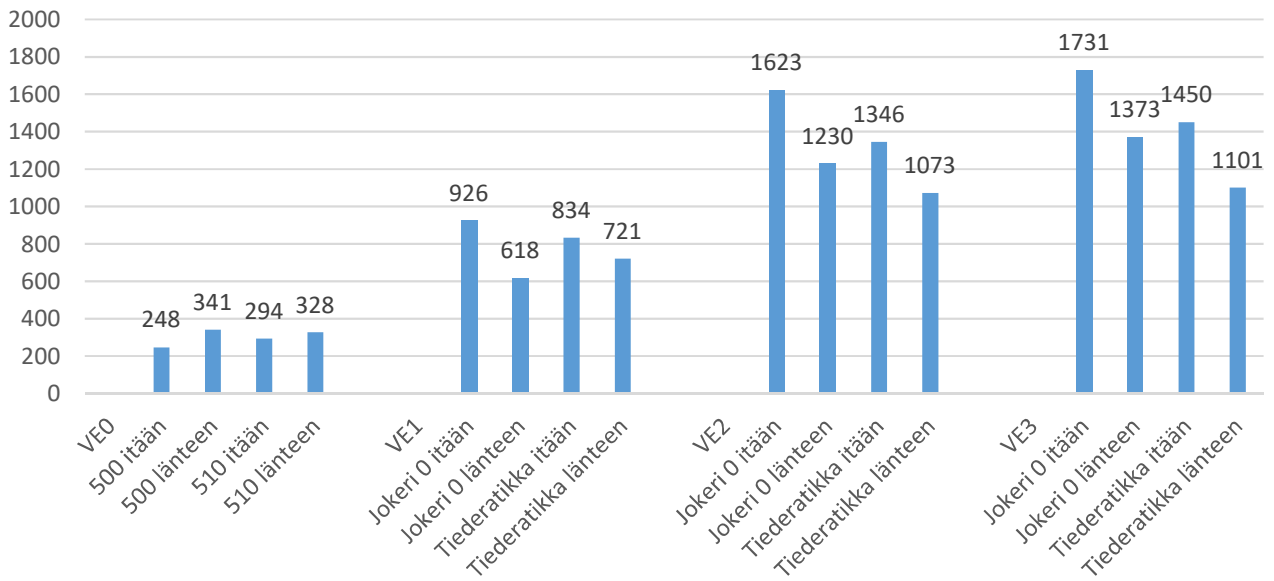


Kuva 17: VE2 linjojen kuormitus iltahuipputunnissa.



Kuva 18: VE3 linjojen kuormitus iltahuipputunnissa.

Poikittaislinjojen keskiakuormitus skenaarioittain iltahuipputunnissa



Kuva 19: Poikittaislinjojen kuormitusasteet skenaarioittain.

Vaihtoehdossa 0 runkolinjojen kuormitus on suurin Teollisuuskadulla lähellä Pasilaa. Molemmilla bussilinjoilla 500 ja 510 kuormitus on suurimmillaan noin 1000 matkustajaa / h Teollisuuskadun länsipäässä. Keskikuormitus linjoilla on noin 300 matkustajaa / h per suunta.

Skenaariossa VE1 bussilinjat on korvattu raitioteillä, jolloin kuormitus kasvaa erityisesti raideliikenteen luotettavuuden takia. Linjaukset ovat myös erilaiset, kun Jokeri 0 jatkaa Laajasaloon ja Tiederatikka Myllypuroon. Näillä linjoilla keskikuormitus vaihtelee 600–900 välillä riippuen suunnasta ja linjasta. Suurimmillaan kuormitus on Jokeri 0 -linjalla (1700 matkustajaa / h) Junatien kohdalla.

Skenaariossa VE2 linjat ovat muuten samanlaiset kuin VE1:ssä, mutta Pasilan kohdalla tunnelit nopeuttavat reittiä huomattavasti. Linjojen kysyntä kasvaa skenaariossa merkittävästi, mikä korostaa yhteyden nopeutuksen tärkeyttä. Poikittaislinjojen lisäksi muilla linjoilla tapahtuu merkittäviä muutoksia matkustajamäärissä (liite 5, matkustajamäärien muutos koko joukkoliikenneverkolla). VE2 verkosto siirtää liikennevirtojen painopistettä pohjoiseen, jonka seurauksena metron kuormitus kevenee. Lisäksi säteittäisten yhteyksien matkustajamäärät kasvavat jopa kehyskuntien rautatieasemilta asti. Jokeri 0:n ja Tiederatikan keskikuormitus vaihtelee välillä 1000–1600 matkustajaa / h. Suurimmillaan yhden linjan kuormitus on 3200 matkustajaa / h. Kuormitushuippu on Jokeri 0:n tunneliosuudella Teollisuuskadun ja Pasilan aseman välillä. Näin isoa kysyntää ei esiinny millään muulla raitiolinjalla Helsingissä, ja raitiotien kapasiteetti nousee kriittiseksi kysymykseksi.

VE3:ssa Tiederatikka kulkee kantakaupungissa tunnelissa Meilahdesta Hernesaareen. Tällä välillä kuormitus on 800–1800 matkustajaa / h. Tämä kuormitus on matalampi kuin esimerkiksi Meilahti–Munkkiniemi välillä, mikä on yllättävää, sillä tunneliyhteys on nopea. Odotettua pienempi kuormitus selittyy osittain sillä, että kantakaupungissa joukkoliikenteen palvelutaso on jo hyvä, ja yhteydet juna-asemalle ovat nopeita. Kaikkiaan skenaariossa kuormitukset kasvavat muihin skenaarioihin verrattuna erityisesti tunneliosuuksilla. Kuormitus olisi suurimmillaan 3500 matkustajaa / h Teollisuuskadulta alkavassa tunnelissa.

Skenaarioissa VE1–VE3 Viikki–Malmi -raitiotien jatke Hakunilaan tai Sotunkiin osoittautuu kuormituksestaan melko alhaiseksi. Kuormitus jatkeella on noin 100–300 matkustajaa / h. Vaikka asukasmäärä Jakomäen ja Hakunilan alueilla on melko suuri, linjan kysyntä jää pieneksi. Vantaan ratikka yhdistää Hakunilan alueen jo Tikkurilaan ja Mellunmäkeen, joista on nopeat raskaan raideliikenteen yhteydet muihin isoihin keskuksiin. Suoralla pikaraitiotieyhteydellä matka

Hakunilasta Helsingin rautatieasemalle kestää 50 minuuttia. Moottoritien läheisyydessä sijaitsevat alueet ovat bussiyhteydellä tehokkaammin saavutettavissa kuin pikaraitiotiellä, joka kiertää Malmin lentokentän kautta.

6.1.2 Matka-aika- ja palvelutasohyödyt

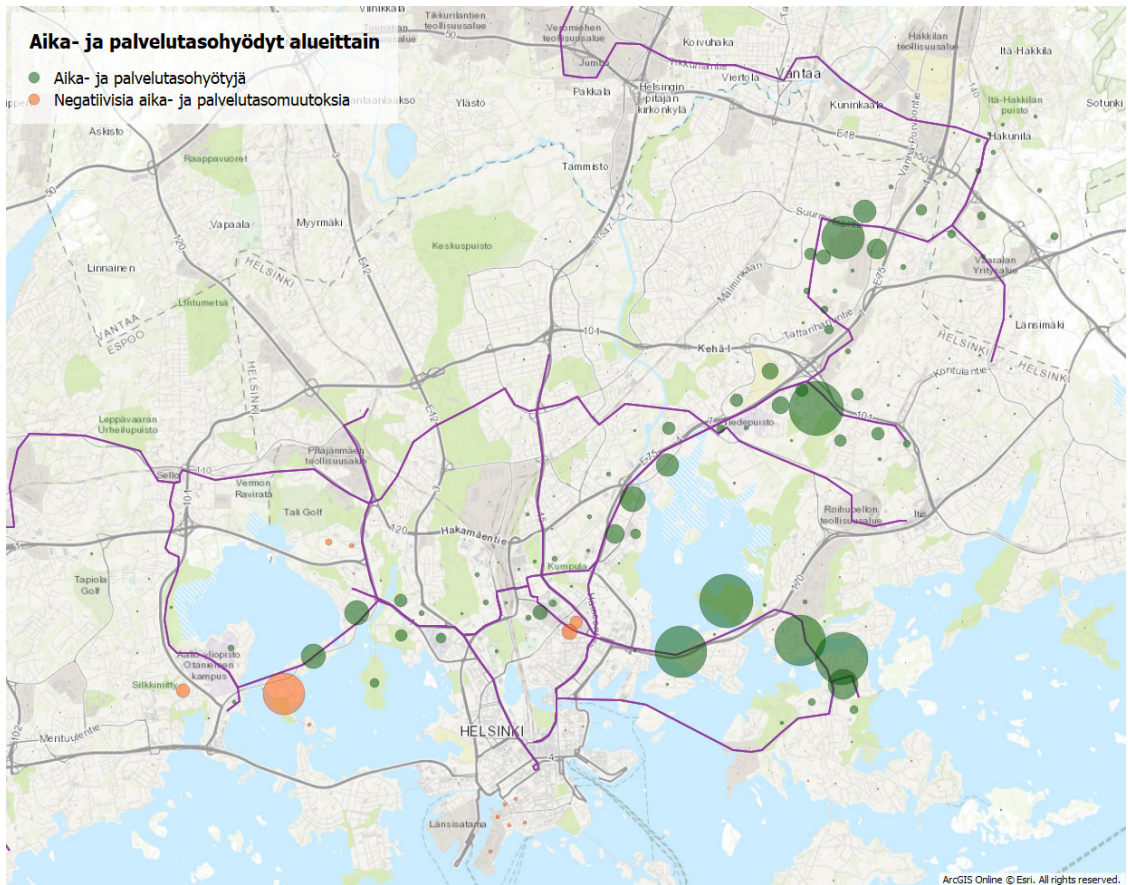
Hankkeiden aiheuttamat hyödyt ja haitat on esitetty kuvissa 20–23. Tarkastelu on tehty vertaamalla skenaarioita VE1–VE3 nollavaihtoehtoon. Pääasiassa hankkeet ovat parannuksia joukkoliikennetarjontaan, jolloin haitat kohdistuvat lähinnä alueille, joissa linjojen 500 ja 510 pysäkit poistuvat ja raitioteille ei ole asetettu korvaavaa pysäkkiä. Makrotason mallissa kävelyajat pysäkeille ovat ennusteessa epätarkkoja mallin aluejaon laajuuksien vuoksi. Pysäkkisuunnitelmat arvioidaan tarkemmalla tasolla vasta myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

Pintaratikoiden skenaariossa (VE1) matka-aikahyödyt kohdistuvat erityisesti Kulosaareen ja Herttoniemen eteläpuolelle. Myös Malmin lentokentällä ja Latokartanossa matka-ajat lyhenevät selkeästi. Hyödyt ovat suuria ennen kaikkea alueilla, joissa joukkoliikennetarjonta on ennestään vähäistä. Sen sijaan esimerkiksi Pasilassa ja Otaniemessä hyödyt eivät ole kovinkaan suuria, koska raskaat raideyhteydet palvelevat alueilla jo hyvin. Haittoja näkyy Lehtisaaressa ja Teollisuuskadun varrella, joissa ratikan harvennettu pysäkinvälin näkyy negatiivisena. Tapiolaan kohdistuu matka-ajan pitenemistä, kun runkolinja 510:n linja poistuu ja Tiederatikan päätepysäkki on Otaniemessä.

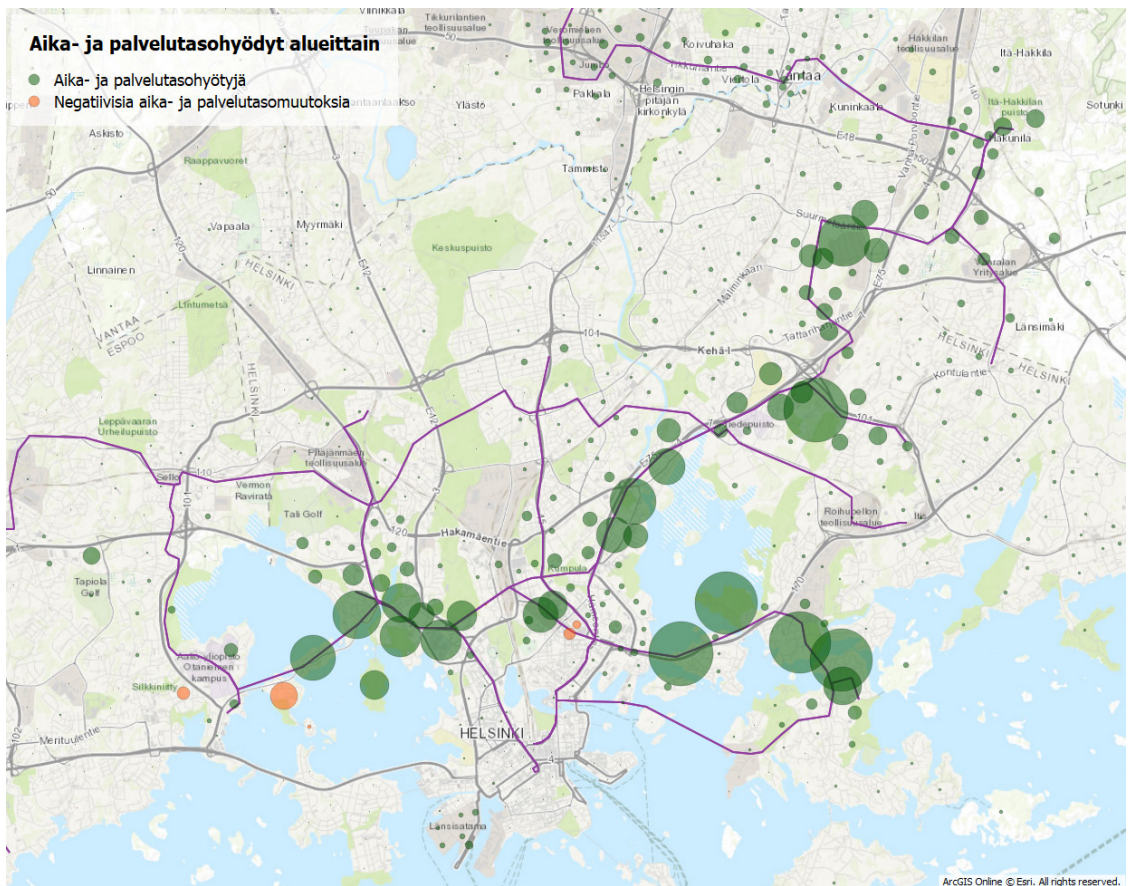
Tunneliskenaarioissa (VE2) hyötyjen määrä moninkertaistuu. Pasilan tunneleista kohdistuu hyötyjä erityisesti Meilahti–Munkkiniemi -välille sekä Arabianrantaan ja Kumpulaan. Hyödyt ovat suuria kauttaaltaan molempien uusien poikittaisyhteyksien varrella. Viikin–Malmin raitiotien jatke ei kuitenkaan hyödytä Jakomäen ja Hakunilan asukkaita merkittävästi. Tämä johtuu Vantaan ratikan valmiiksi hyvästä palvelutasosta ja siitä, että Viikki–Malmi -raitiotie ei yhdistä näitä alueita tärkeisiin keskuksiin riittävän nopeasti.

Pasilan tunneliyhteyksillä olisi myös pieniä, mutta laajoja hyötyjä pääradan varrella sekä Vantaan ratikan varrella. Tämä osoittaa, että Vantaan ratikan ja Viikki–Malmi -raitiotien välillä tehdään jonkin verran vaihtoja, kuten myös rautatien ja poikittaisyhteyksien välillä Pasilassa.

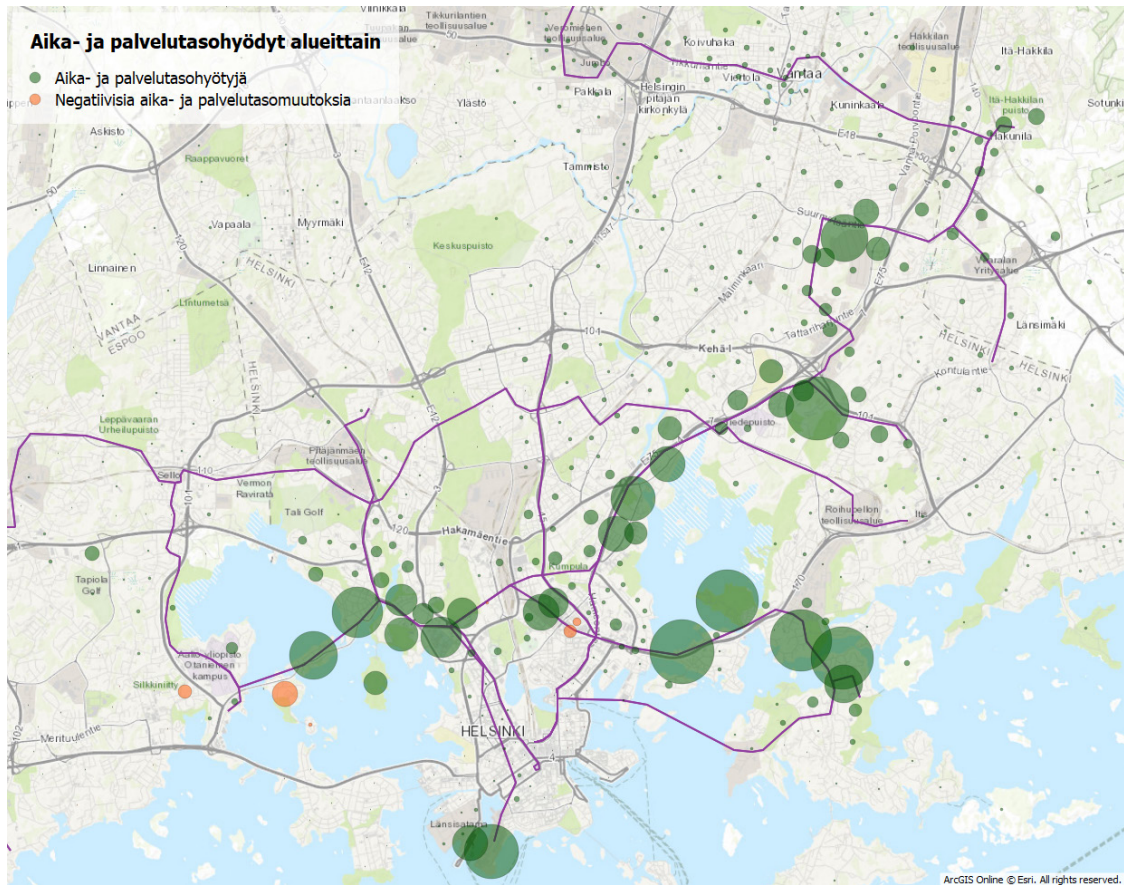
Töölön maanalaisen ratikan -skenaariossa (VE3) on yllättävän vähän muutoksia hyötyjen kohdistumisessa verrattuna VE2:een. Hyötyjä ei esiinny juuri ollenkaan Töölön metroa mukailevan raitiotien varrella lukuun



Kuva 20: Skenaarion VE1 matka-aika- ja palvelusohyödyt verrattuna nollavaihtoehtoon.



Kuva 21: Skenaarion VE2 matka-aika- ja palvelusohyödyt verrattuna nollavaihtoehtoon.



Kuva 22: Skenaariossa VE3 matka-aika- ja palvelusohyödyt verrattuna nollavaihtoehtoon.

ottamatta Hernesaarta ja Jätkäsaarta. Skenaariossa on mukana maanalainen jalankulkyhteys Länsisatamasta Hernesaareen raitiotiepysäkille. Munkkiniemessä hyötyjä esiintyy hiukan vähemmän kuin VE2:ssa, mutta erot eivät ole merkittäviä.

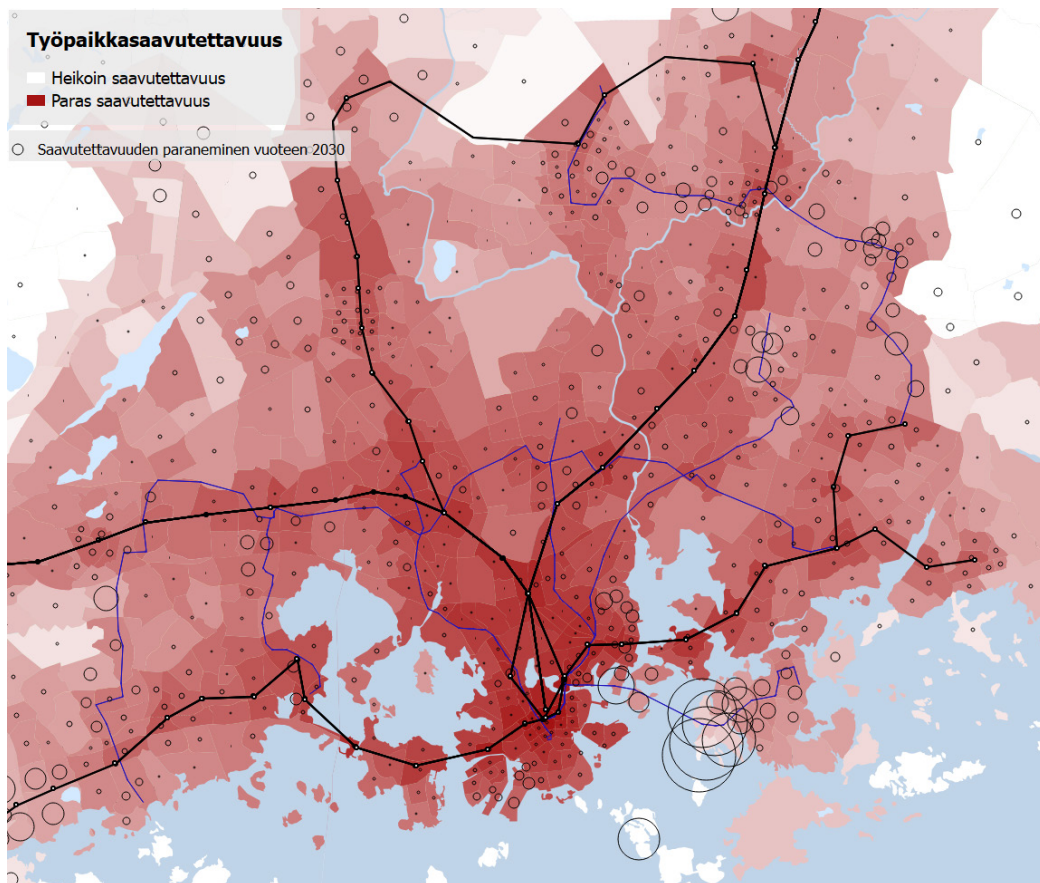
Ennustemallin tulosten valossa näin laajat joukkoliikennehankkeet hyödyttävät koko seudun asukkaita, mikä korostaa, että Pasila on seudullisesti tärkeä liikenteen solmukohta. Näin laajoilla hankkeilla on kuitenkin taloudellisessa tai yksityiskohtaisemmassa tarkastelussa myös häviöitä. Matka-aikahyödyt ovat kuitenkin varsin suppea mittari vaikutusten arvioinnissa. Tämän kaltaisella joukkoliikennehankkeella on syytä arvioida vaikutusta päästöihin, kulkutapaosuuksiin, muiden linjojen kapasiteetin muutoksiin, ympäristöön ja ihmisten elinympäristöön. Lisäksi päällekkäisen bussitarjonnan mahdollinen poistuminen voi vaikuttaa yksittäisten alueiden saavutettavuuteen negatiivisesti. Seuraavissa saavutettavuustarkasteluissa tuodaan esille, miten hankkeet vaikuttavat ihmisten mahdollisuuksiin osallistua erilaisiin aktiviteetteihin, keille hyödyt kohdistuvat ja esiintyykö jollain alueilla syrjäytymistä huonon saavutettavuuden vuoksi.

6.1.3 Saavutettavuusindikaattorit

Luvussa 4.3.3 on esitetty periaatteet ja matemaattiset kaavat, joilla työn saavutettavuusmittarit on luotu. Helmet 3.0 -mallilla tehtiin saavutettavuustarkastelut työpaikkojen ja terveyskeskusten saavutettavuudesta. Ensin mainittu kuvaa hyvin yleissaavutettavuutta ja taloudellisesti tärkeää mittaria. Terveyskeskusten saavutettavuus on puolestaan esimerkki harvemmin tutkitusta mittarista, joka kuvaa yksityiskohtaisempaa liikkumistarvetta ja korostaa terveyteen liittyvää asiointia. Siinä korostuu myös erityisryhmä, joka hyötyy erityisesti joukkoliikenteestä.

Kuvassa 23 on kuvattu työpaikkojen joukkoliikennesaavutettavuus nykytilanteessa sekä saavutettavuuden paraneminen vuoden 2030 MAL-skenaariossa (VE0).

Nykytilanteessa paras työpaikkasaavutettavuus on Rautatienranta. Koko Helsingin kantakaupungissa saavutettavuus on erityisen hyvä, lukuun ottamatta niemen aivan eteläisimpiä osia. Mitä kauemmas ydinkeskustasta siirrytään maantieteellisesti, sitä heikompi on työpaikkasaavutettavuus. Kantakaupungista kauemmas siirryttäessä vasta Pasilan poh-



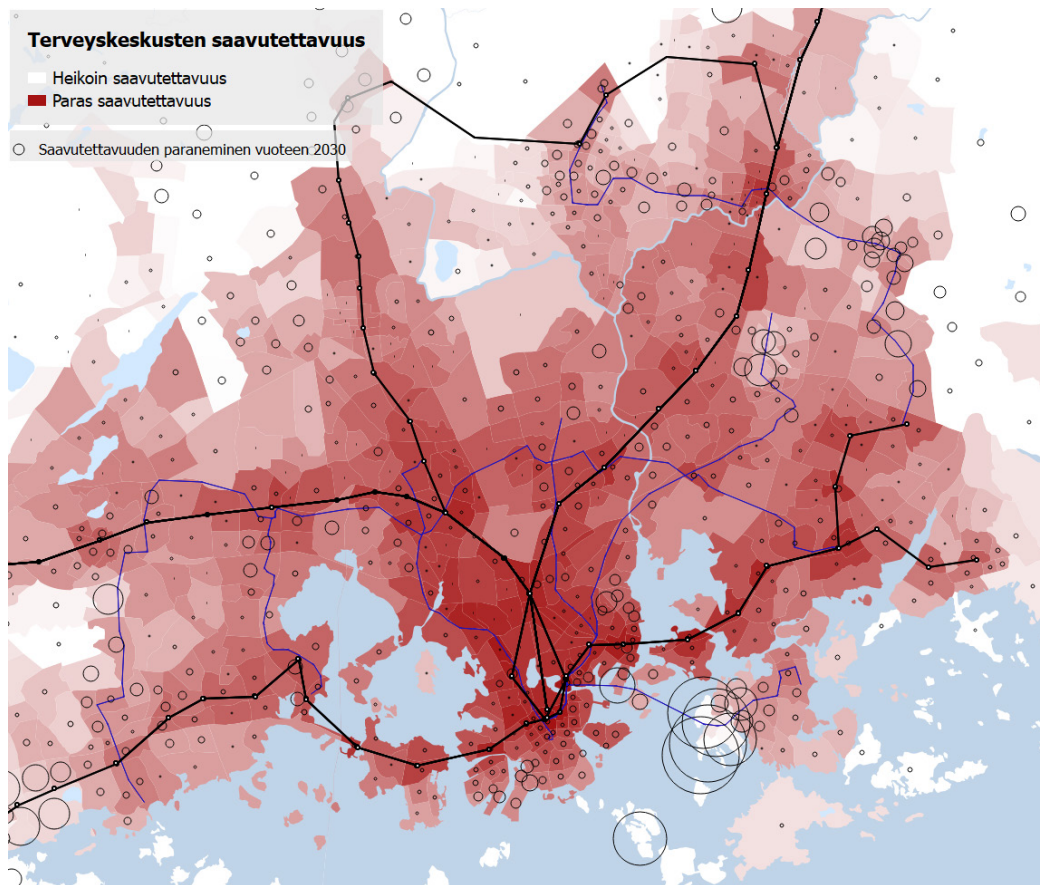
Kuva 23: Työpaikkojen saavutettavuus joukkoliikenteellä. Värillä on kuvattu vuoden 2017 saavutettavuutta. Ympyrän koko kuvaa, kuinka paljon saavutettavuus paranee vuoden 2030 VEO skenaariossa.

joispuolella saavutettavuuden taso alkaa heikentyä merkittävästi. Metro- ja juna-asemien ympäristössä joukkoliikennesaavutettavuus on hyvä, mutta erityisesti metron kaukaisimmilla asemilla saavutettavuus heikkenee selvästi. Esimerkiksi Mellunkylässä, Kivikossa ja useissa tulevan Viikki–Malmi -raitiotien varren osissa saavutettavuus on keskimääräistä heikompi.

Joukkoliikenteen saavutettavuus paranee vuoteen 2030 erityisesti alueilla, joissa on nykytasolla joukkoliikennettä hyvin vähän. Laajasalon länsiosissa Kruunusiltojen yhteydet parantavat alueen saavutettavuutta merkittävästi. Myös Sompasaassa, Malmin lentokentällä ja Vantaan ratikan linjalla saavutettavuus paranee paljon. Nämä ovatkin alueita, joihin kohdistetaan paljon tiiviitä maankäyttöhankkeita. Koko seudulla joukkoliikenteen saavutettavuus paranee, sillä lukuisten infrahankkeiden myötä syntyy heijastusvaikutuksia myös alueille, joilla uudistukset eivät toteudu fyysisesti. Lisäksi malli huomioi työpaikkamäärien muutokset tarkasteluvuosien välillä. Työpaikkasaavutettavuus paranee erityisesti alueilla, joilla työpaikkoja tulee merkittävästi lisää.

On tärkeää huomioida aluerajauksen aiheuttamat oletukset. Tässä tarkastellaan pääkaupunkiseudun raideyhteyksien lähiympäristöä, mutta useissa muissa kunnissa saavutettavuus joukkoliikenteellä olisi tällä asteikolla olematon. Tässä työssä ei yritetä määritellä sopivaa joukkoliikenteen minimitasoa, vaan tehdään tietyn tarkastelualueen sisäistä vertailua. Pääkaupunkiseudulla joukkoliikennesaavutettavuus on tavanomaista tärkeämpi tekijä esimerkiksi yksityisautoilun korkeampien kustannuksien vuoksi (mm. pysäköintimaksut) ja tieverkon ruuhkaisuuden takia. Lisäksi tiiviillä kaupunkiseudulla autoilun päästöhaittoja ja tilantarvetta koitetaan kitkeä kestävien kulkumuotojen kilpailukykyisyyttä parantamalla. Tällä tarkastelualueella heikko joukkoliikennesaavutettavuus vaikuttaa erityisryhmiin merkittävämmän kuin muualla Suomessa, jossa autoilun kustannuksien lisäksi myös asumiskustannukset ovat pienemmät.

Kuvassa 24 on esitetty terveyskeskusten saavutettavuus joukkoliikenteellä. Tämän tarkoitus on kuvata erityistä liikkumistarvetta, jota usealla ihmisryhmällä ei ole mahdollista suorittaa autolla (liikuntarajoitteiset, heikentynyt ajokyky esimerkiksi vamman tai lääkityksen takia, vanhukset jne.).



Kuva 24: Terveyskeskusten saavutettavuus joukkoliikenteellä. Värillä on kuvattu vuoden 2017 saavutettavuutta. Ympyrän koko kuvaa, kuinka paljon saavutettavuus paranee vuoden 2030 VEO skenaariossa.

Terveyskeskusten saavutettavuus noudattaa pääosin samaa kaavaa kuin työpaikasaavutettavuus. Erot ovat kuitenkin kärkevämmät lyhyiden maantieteellisten etäisyyksien välillä. Esimerkiksi Itäkeskuksessa saavutettavuus on erityisen hyvä, mutta lähiympäristössä palvelutaso heikkenee nopeasti. Kantakaupungissa hyvän saavutettavuuden painopiste on Meilahden kohdalla, ja koko Länsi-Helsingin terveyskeskusten saavutettavuus on suhteellisesti hyvä. Myös pääradalla asemien läheisyydessä on hyvä saavutettavuus, mutta se pienenee merkittävästi varsinkin pääradan itäpuolella mm. Pihlajiston ja Viikin alueella.

Vuoteen 2030 mennessä terveyskeskusten saavutettavuus paranee tässä työssä käytetyllä verkolla merkittävästi koko kantakaupungissa, vaikka jo nykytilanteessa saavutettavuus on tällä alueella korkea. Erityisesti saavutettavuus paranee Sompasaarella ja Arabianrannassa uuden Pasilaan kulkevan raitiotieyhteyden myötä.

6.2 Asiantuntijoiden näkemyksiä liikenne-ennustemallin tulosten käytettävyydestä

Haastatteluiden perusteella Helmet-mallia käytetään suuressa osassa alueen liikennehanketarkasteluista. Mallin tuloksia käytetään myös eritasoisissa kaavaprosesseissa, mutta useille maankäytön suunnittelijoille mallin toimintaperiaatteet eivät ole välttämättä tuttuja. Erityisesti mikrotason tarkasteluissa ymmärrys mallin taustoista voi olla puutteellista. Mallin käyttäjäpuolella on havaittu, että mikrotasolla todellisuus ei kuvaudu kovinkaan tarkasti mm. ennustealueiden karkeuden takia. Parhaiten malli sopii seututason tarkasteluihin ja esimerkiksi tiemaksujen ja pysäköintimaksujen muutosten vaikutusten arviointiin.

Tyypillisiä mallista hyödynnettäviä tuloksia liikennehankkeiden arvioinnissa ovat mm. kuormitustiedot ja matka-ajat. MAL-suunnitelmien vaikutusten arvioin-

nissa Helmet-mallin tuloksilla on todella suuri rooli. Mallin avulla on kehitetty määrälliset mittarit, jotta vaikutuksia pystytään arvioimaan muutenkin kuin laadullisesti. Esimerkkinä nostettiin työpaikasaavutettavuus ja hiilidioksidipäästöt, joiden arviointiin malli sopii erinomaisesti.

Kehittäjän näkökulmasta mallin antamiin tuloksiin uskotaan joskus liikaa, mutta kuitenkin poliittisessa päätöksentekovaiheessa mallin tuloksilla ei ole enää suurta painoarvoa. Malli on kuitenkin ainoita tapoja ennustaa tulevaisuutta seudulla. Kehittäjän mukaan suurin heikkous mallissa on se, että malli on poikkeileikkaus nykyhetkestä, eikä pysty siten arvioimaan isoja muutoksia tulevaisuudessa esimerkiksi liikkumistottumuksissa.

Mallintaja muistuttaa, että ihmiset ovat irrationaalisia, eikä matemaattiset mallit pysty selittämään käyttäytymistä täydellisesti. Kaikki mallissa olevat muuttujat on kuitenkin testattu tilastollisesti, ja ne ovat mukana vain, jos ne ovat tilastollisesti merkittäviä.

Haastateltavien mukaan mallia ei ole suoranaisesti kehitetty sosiaalisten vaikutusten arviointiin, mutta niitä on mahdollista liittää tarkasteluihin mukaan. Oikeudenmukaisuusnäkökulmasta hankkeiden hyötyjen tai haittojen jakautumista on tutkittu joissain projekteissa alueellisesti, mutta ei ihmisryhmäkohtaisesti. Vuonna 2011 tehtiin ”Helsingin seudun liikenne-ennustejärjestelmän yksilömallit” -raportti, jossa mallijärjestelmää kehitettiin yksilökohtaisempien liikkumistarpeiden suuntaan. Ongelmana on erityisesti väestönmuutosten ennustaminen kauas tulevaisuuteen. Sen lisäksi Helmet-malleissa väestödemografia on matkatuotosten taustatietona, eikä niinkään tulosten analysointivaiheessa esillä.

6.3 Saavutettavuustarkastelut oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen eriytymisen näkökulmasta

Kirjallisuuskatsaus ja mallinnuksen saavutettavuustulokset osoittavat, että maankäyttö ja liikennejärjestelmä sisältää aluekohtaisia eroja, jotka vaikuttavat ihmisten aktiviteettiympäristöön ja osallistumismahdollisuuksiin. Ihmiset sijoittuvat spatiaalisesti eri tavalla, jolloin liikenne- ja maankäyttöhankkeiden eri alueille kohdistuvat vaikutukset hyödyttävät joitakin ihmisryhmiä enemmän kuin toisia. Tässä luvussa liikenne-ennustemallin tuloksia on täydennetty alueittaisella sosiodemografisella datalla, jotta voidaan tarkastella saavutettavuutta eri ihmisryhmien ja erilaisten liikkumistarpeiden kannalta.

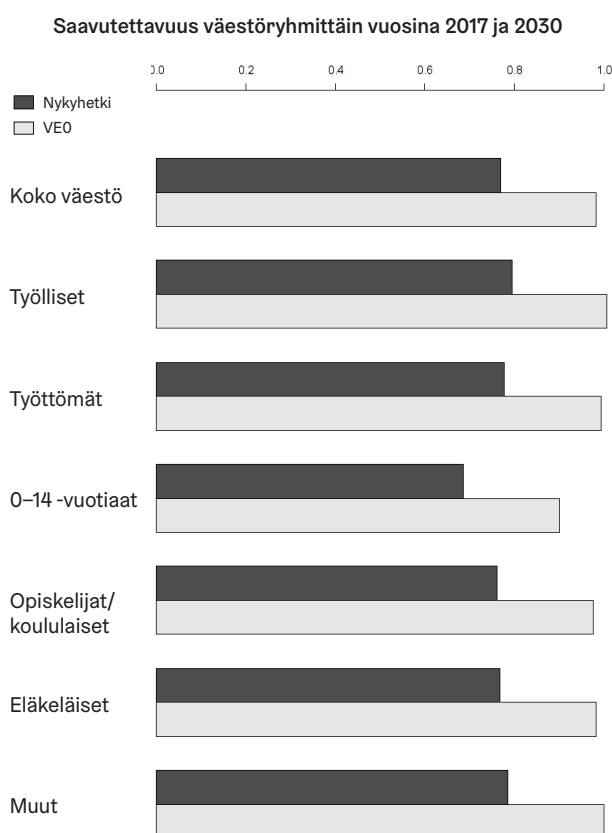
Tavoitteena on korostaa alueita, joissa huonon saavutettavuuden taso ja sosioekonomisesti heikommassa

asemassa olevien määrä on kasautunut. Saavutettavuuden jakautumista eri ihmisryhmille on tarkasteltu nykytilanteen ja nollavaihtoehdon välillä. Tämän pohjalta on tutkittu, miten poikittaisten raitiotiehankeiden vaikutukset kohdistuvat eri ihmisryhmille.

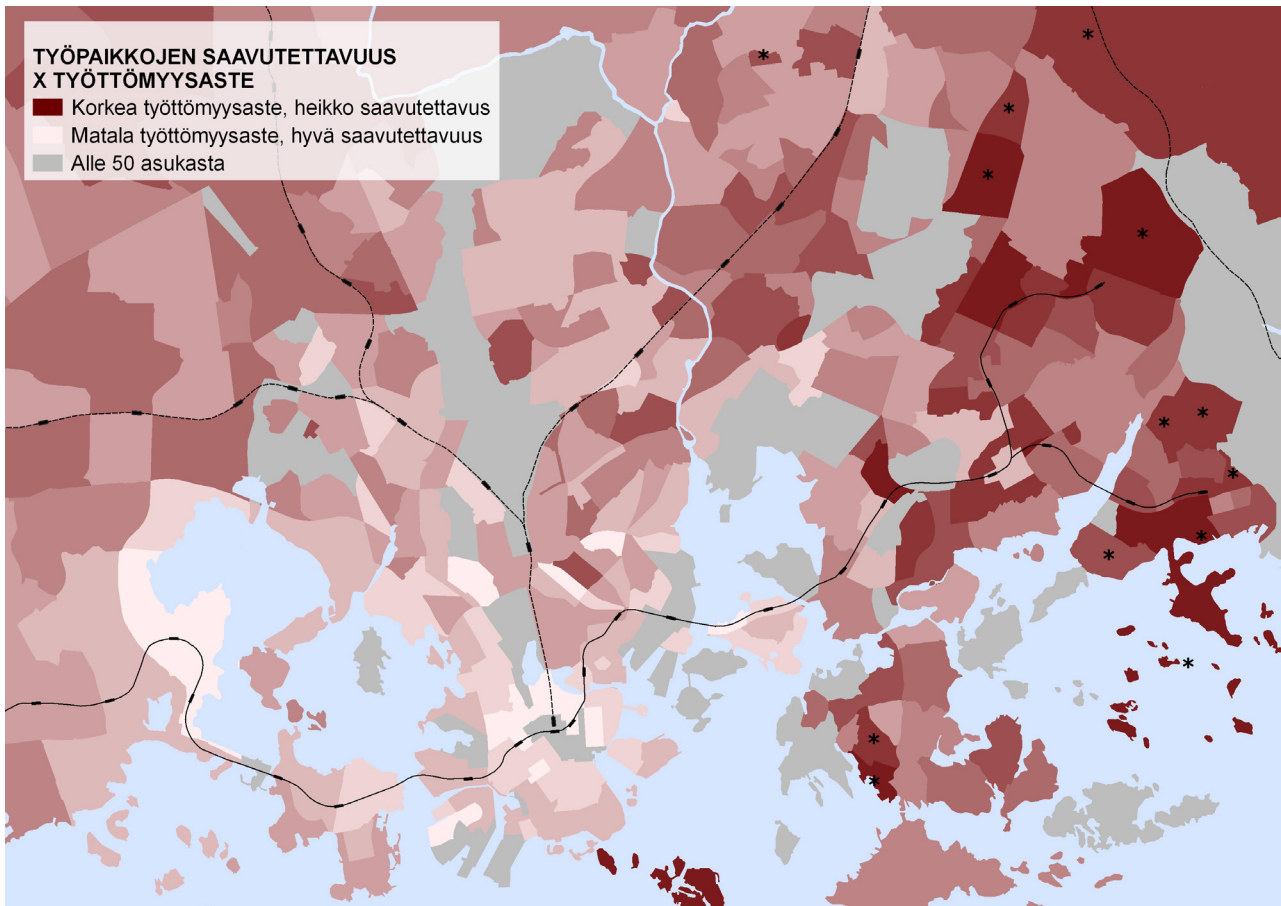
Työssä on tarkasteltu ihmisryhmiä pääasiallisen toiminnan sekä tulotason mukaan. Ensin mainitussa väestö on jaettu työllisiin, työttömiin, 0–14 -vuotiaisiin, opiskelijoihin/koululaisiin, eläkeläisiin ja muihin. Kunkin väestöryhmän jakautuminen tarkastelualueella on esitetty liitteessä 6.

6.3.1 Joukkoliikennesaavutettavuuden jakautuminen nykytilanteessa ja nollavaihtoehdossa

Työpaikkojen joukkoliikennesaavutettavuuden jakautuminen eri ihmisryhmille on esitetty kuvassa 25 nykyhetkenä sekä vuoden 2030 VEO-skenaarioita kuvaavassa tilanteessa. Kuvaajan nolllatase kuvaa tarkastelualueen heikointa saavutettavuutta, ja asteikkona on aiemmin esitetty logaritminen saavutettavuus, jolla ei ole varsinaista yksikköä. Saavutettavuus on laskettu jokaiselle ihmisryhmälle yhtä henkilöä kohden.



Kuva 25: Työpaikkojen joukkoliikennesaavutettavuuden jakautuminen eri ihmisryhmien välillä.



Kuva 26: Työpaikkojen joukkoliikennesaavutettavuuden ja työttömyysasteen visualisointi alueittain vuonna 2017. Tähdellä (*) on merkitty alueet, joissa esiintyy tarkastelualueen korkeimman neljänneksen työttömyysaste ja heikoimman neljänneksen saavutettavuus samanaikaisesti.

Työpaikkojen saavutettavuus joukkoliikenteellä on tarkastelualueella jakautunut hyvin tasaisesti eri ihmisryhmien välillä. Tämä kertoo siitä, että eri ihmisryhmät sijaitsevat melko sekoittuneesti kaupunkirakenteessa ainakin nyt tutkittujen skenaarioiden vaikutusalueella. Selkeimmin kuvasta erottuvat 0–14 vuotiaat, joilla joukkoliikennesaavutettavuus on heikompaa. Liitteen 6 perusteella lapset asuvat väljemmin rakennetuilla alueilla, joissa joukkoliikenteen järjestäminen ei ole niin kannattavaa kuin tiiviillä alueilla. Paras saavutettavuus on työllisillä, mutta myös työttömillä on keskiarvoa parempi saavutettavuus. Vastaavasti opiskelijoilla ja eläkeläisillä saavutettavuus on aavistuksen heikompi, mutta erot eivät ole merkittäviä. Vuoden 2030 VE0-skenaariossa saavutettavuus paranee kaikilla ihmisryhmillä, ja erot pysyvät melko samoina. Kuvassa 26 on esitetty kartalla samanaikaisesti työttömien ihmisten osuus alueella sekä saavutettavuuden taso.

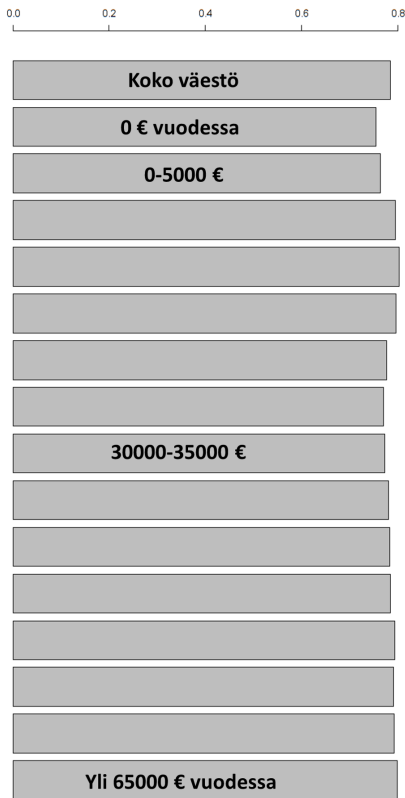
Karttakuvassa on normalisoitu (vähennetty keskiarvo ja jaettu keskihajonnalla) saavutettavuus sekä työttömyysaste ja lopulta laskettu normalisoidut arvot yhteen. Lopputuloksen tarkoitus on korostaa alueita,

joissa työttömyys on suuri ja työpaikkojen saavutettavuus on heikko.

Koko läntisen Helsingin alueella on pääsääntöisesti hyvä saavutettavuus ja matala työttömyys. Sen sijaan pääradan varsi Pukinmäestä pohjoiseen sekä lähes koko Itä-Helsingin alue korostuvat kuvassa selvästi. Itä-Helsingissä korostuvat erityisesti Mellunmäen ja Kontulan läheiset alueet sekä pohjoisempaan sijaitseva Jakomäki. Lisäksi Roihupelto, Roihuvuori ja Kallahti erottuvat. Näillä alueilla on huomattavaa, että etäisyys keskustasta kasvaa jo merkittävästi. Itä-Helsinki on kaukana suurista työpaikkakeskittymistä, eli kanta-kaupungin lisäksi Meilahdesta, Pasilasta, Pitäjänmäestä, Ruoholahdesta, Otaniemestä ja Leppävaarasta. Lähin merkittävä keskittymä on Kalasatamassa. Vaikka metro itsessään tarjoaa hyvän raideyhteyden keskustaan, metron haaroittuessa palvelutaso heikenee ja lisäksi poikittaisyhteydet ovat heikot. Eniten korostuvat alueet, joilla metroasema ei sijaitse.

Pukinmäki–Malmi -akseli ei korostu yhtä paljon kuin Itä-Helsinki, mutta erottuu selvästi keskimääräistä korostuneemmin kartassa. Muun muassa Pihlajamä-

Saavutettavuus tuloluokittain vuonna 2017

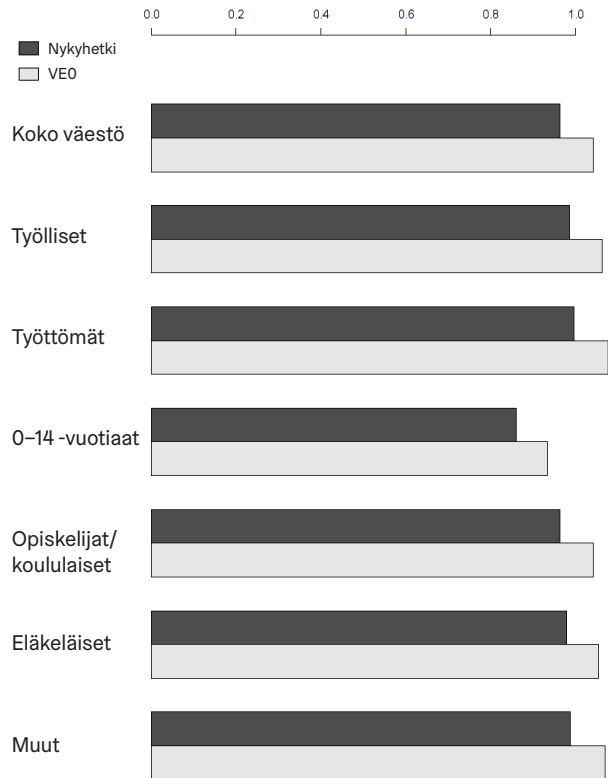


Kuva 27: Työpaikkojen joukkoliikennesaavutettavuuden jakautuminen tuloluokittain nykyhetkellä.

essä ongelmat keskittyvät selkeimmin. Lähempänä keskustaa ainoastaan Vallilan osa korostuu kartassa. Tällä alueella merkittävä osa asunnoista on Helsingin kaupungin omistamia, joissa asuntojen myöntämiseen vaikuttavat esimerkiksi hakijan tulot.

On kuitenkin haastavaa arvioida, miten paljon saavutettavuus todella vaikuttaa työllistymiseen. Heikko saavutettavuus kuitenkin rajaa ihmisen mahdollisuuksia osallistua työntekoon. Helsingissä on havaittavissa, että itäiset alueet ovat kaukana työpaikkakeskittymistä ja samoilla alueilla työttömyys on suurta. Pylväskuvaajan (kuva 27) tulokset eivät kuitenkaan tue tätä havaintoa, sillä työttömällä joukkoliikennesaavutettavuus on kokonaisuudessaan samaa tasoa kuin työllisillä. Väestöryhmän keskimääräisen saavutettavuusarvon sijaan on syytä tutkia ilmiötä alueellisesti. Eri väestöryhmän jakautumista (liite 6) tutkittaessa havaitaan, että työttömien osuus on suurin esikaupunkialueilla. Sen sijaan työlliset asuvat korostuneesti sekä keskustan hyvän joukkoliikennesaavutettavuuden alueilla (kuten Eira ja Ullanlinna) että kauempana väljemmin asutuilla alueilla (kuten Paloheinä, Pohjois-Meilähti, Ruskeasu, Huopalahti),

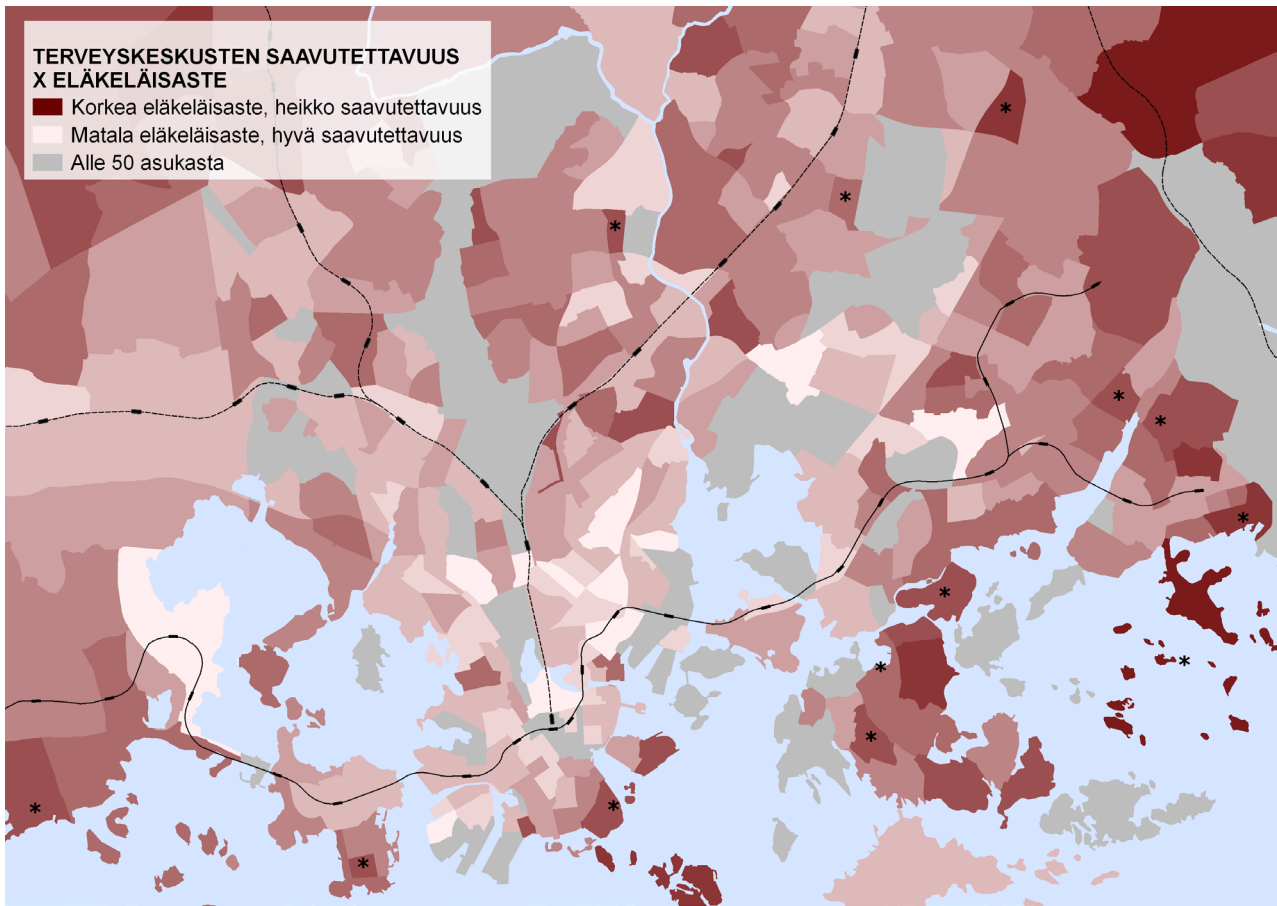
Terveyskeskusten saavutettavuus vuosina 2017 ja 2030



Kuva 28: Terveyskeskusten joukkoliikennesaavutettavuuden jakautuminen eri ihmisryhmien välillä.

joissa hyvä saavutettavuus perustuu autoiluun. Tätä näkemystä tukee se, että työllisillä saavutettavuustason keskihajonta (0,46) on suurempi kuin työttömällä (0,43). Lisäksi saavutettavuustason jakauma on työllisillä oikealle vino, ja työttömällä vasemmalle vino. Tämä tarkoittaa, että työllisillä esiintyy enemmän parhaan saavutettavuuden arvoja ja työttömällä enemmän heikoimman saavutettavuuden arvoja. Lisätarkasteluna saavutettavuuden jakautuminen tulotasoinen on esitetty kuvassa 27.

Myöskään tuloluokittain ei esiinny merkittäviä eroja eri luokkien välillä. Pienimmillä tuloluokilla (0–5000 € vuodessa) saavutettavuus on huonoin, mutta paras saavutettavuus on seuraavaksi alimmilla tuloluokilla (10 000–15 000 € vuodessa). Erot ovat niin pieniä, että suoraviivaisia johtopäätöksiä ei voi vetää. Tulos on kuitenkin merkittävä, sillä se kertoo tasapuolisesta liikenneinfrastruktuurin hyötyjen jakautumisesta. Myös alimmilla tuloluokilla on varaa asua hyvien kulkuyhteyksien varrella, eikä eriytymistä tämän mittarin mukaan juuri tapahdu. Tässä tarkastellaan kuitenkin vain joukkoliikenteen palvelutason jakautumista, joka ei sinällään kerro segregaatiosta tai muiden mahdollis-



Kuva 29: Terveyskeskusten joukkoliikennesaavutettavuuden ja eläkeläisasteen visualisointi alueittain vuonna 2017. Tähdellä (*) on merkitty alueet, joissa esiintyy korkeimman neljänneksen eläkeläisaste ja heikoimman neljänneksen saavutettavuus samanaikaisesti.

ten kaupunkikehityksen ongelmien kasautumisesta. Tämä mittari kertoo ihmisryhmien mahdollisuuksista yhteiskunnalliseen osallistumiseen ja sosiaalisiin kohtauksiin.

Työpaikkojen saavutettavuus kuvaa kattavasti kokonaisvaltaista palveluiden ja aktiviteettien saavutettavuutta. Sen lisäksi työssä on tarkasteltu terveyskeskusten joukkoliikennesaavutettavuutta, jonka jakautuminen ihmisryhmittäin on esitetty kuvassa 28. Kuvassa 29 on puolestaan havainnollistettu alueita, joissa terveyskeskusten saavutettavuus on heikko ja eläkeläisten määrä korkea.

Terveyskeskusten saavutettavuus, samoin kuin työpaikkojen saavutettavuus, on jakautunut hyvin tasaisesti eri ihmisryhmien välille. 0–14 -vuotiailla saavutettavuus on heikoin, mutta muiden ihmisryhmien välillä ei merkittäviä eroja synny. Tällä mittarilla työttömillä on hiukan parempi saavutettavuus kuin työllisillä, mikä johtuu siitä, että terveyskeskuksia sijaitsee paljon Itä-Helsingin alueella. Kaikkiaan voidaan sanoa, että selkeää eriytymistä ei tälläkään mittarilla

ole havaittavissa. Aluekohtaisia tuloksia on kuitenkin syytä tutkia tarkemmin.

Eläkeläisten korkean määrän ja terveyskeskusten heikon saavutettavuuden visualisointi ei osoita niin selkeää spatiaalista kasautumista kuin työttömien ja heikon työpaikkasaavutettavuuden yhdistelmä Itä-Helsingissä. Edelleen Itä-Helsingissä näkyy lievästi ongelmien kasaantuminen, mutta eniten korostuu Laajasalon alue sekä kantakaupungin eteläiset kärjet. Lisäksi Pihlajistossa ja Koskelassa on havaittavissa ilmiöiden yhtäaikainen kasautuminen kuten myös tarkastelualueen reunoilla.

Pasilan ympäristössä saavutettavuus on hyvä ja eläkeläisten suhteellinen määrä pieni. Suurimmat terveyskeskukset sijaitsevat Meilahdessa (kuva 8), joka on hyvin saavutettavissa koko kantakaupungin alueelta. Mitä pohjoisemmaksi alueelta mennään, sitä huonompi saavutettavuus luonnollisesti on. Tarkastelluissa poikittaisskenaarioissa Pasila kytkeyty nopeasti Meilahden terveystaloihin, mikä oletettavasti parantaa terveyskeskusten saavutettavuutta

myös pääradan varsilla sekä Jokeri 0:n myötä idästä päin matkustavilla. Kruunusillat ja Jokeri 0 yhdessä parantavat Laajasalon saavutettavuutta huomattavasti. Poikittaisyhteyksien vaikutuksia kuvaillaan tarkemmin seuraavassa luvussa.

6.3.2 Poikittaisyhteyksien vaikutukset saavutettavuuden oikeudenmukaisuuteen

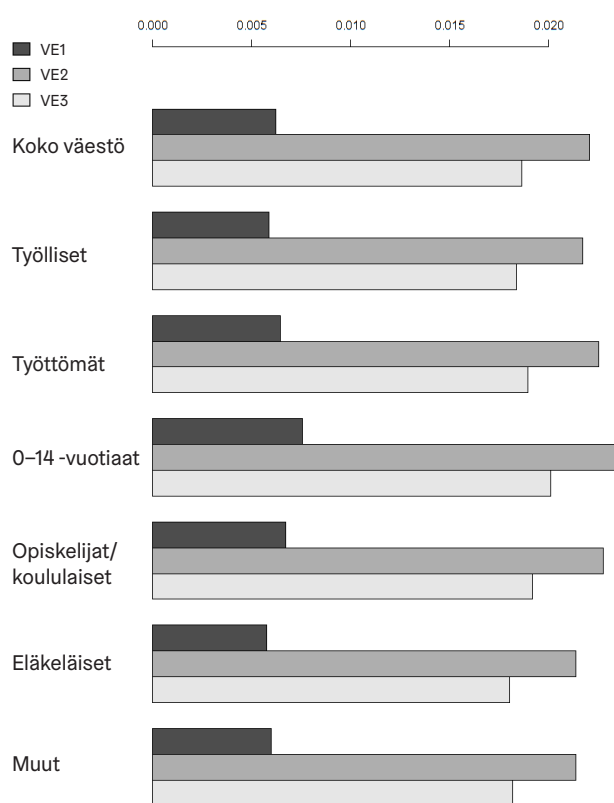
Luvussa 6.1.2 esitettiin, millä alueilla mallinnetuissa poikittaisraitiotien skenaarioissa esiintyy matka-aika ja palvelutasohyötyjä. Havaittiin, että Pasilan ollessa tärkeä keskus, kyseisen solmukohdan poikittaisyhteyksien parantaminen hyödyttää laajasti koko seutua. Hyödyt ovat erittäin suuret varsinkin tunneliratkaisuun pohjautuvissa skenaarioissa VE2 ja VE3. Tarkastelu oli kuitenkin riittämätön osoittaakseen, miten hyödyt kohdistuvat ihmisryhmittäin. Kuvassa 30 on esitetty, miten työpaikkasaavutettavuus paranee eri ihmisryhmillä tarkasteltavissa skenaarioissa nollavaihtoehtoon verrattuna.

Koko väestölle kohdistuu eniten hyötyjä VE2-skenaariossa (*"Pasilan tunnelit"*). Tämä on yllättävää, sillä VE3:ssa (*"Töölön maanalainen raitiotie"*) mallinnettiin kattavampi pikaraitioteiden tunneliratkaisu. Mutta kuten aiemmin havaittiin, kantakaupungissa saavutettavuushyödyt ovat pieniä johtuen alueen jo valmiiksi kattavasta joukkoliikenteen palvelutasosta. Lisäksi skenaarioissa on mukana Pisararata, joka tekee VE3:n Töölön maanalaisesta yhteydestä tarpeettomamman. VE1:ssä hyödyt jäävät moninkertaisesti pienemmäksi kuin muissa vaihtoehdoissa. Tämä korostaa, että tunnelien tuoma nopeutus on erittäin tärkeä.

Skenaarioiden välillä on absoluuttisia hyötyeroja, mutta eri ihmisryhmien välillä trendi on kaikissa skenaarioissa sama. Kaikissa skenaarioissa eniten hyötyvä ihmisryhmä on lapset, ja vähiten hyötyvä eläkeläiset. Erityisesti Jokeri 0 linjaus palvelee useita lapsipainotteisia alueita kuten Meilahti, Kulosaari, Herttoniemen eteläosa ja Laajasalon pohjoisosa. Tiederatikan myötä hyötyjä kohdistuu mm. Latokartanon ja Kuusisaaren alueille.

Poikittaishankkeet hyödyttävät lapsien lisäksi keskimääräistä enemmän työttömiä ja opiskelijoita. Suurin osa opiskelijoihin kohdistuvista saavutettavuushyödyistä tulee Viikissä asuville opiskelijoille. Työttömien osalta korostuu se, että hankkeiden hyödyt heijastelevat myös kauemmas. Esimerkiksi Vantaan ratikan ja pääradan varsille kohdistuu heijastehyötyjä, jotka tulevat vaihdollisista matkoista. Samaa koskee koko Itä-Helsinkiä, joista vaihtoyhteydet Pasilaan ja Meilahteen paranevat merkittävästi.

Skenaarioiden hyötyjen kohdistuminen väestöryhmittäin



Kuva 30: Poikittaisten pikaraitiotievaihtoehtojen saavutettavuushyötyjen jakautuminen ihmisryhmittäin nollavaihtoehtoon verrattuna.

7. Johtopäätökset

Työn päätavoitteena oli tuoda uutta ymmärrystä maankäyttö ja liikenne -järjestelmän vaikutuksista ihmisten liikkumiseen oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen eriytymisen näkökulmista. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta havaittiin nykyisten arviointimenetelmien riittämättömyys, sillä hankkeiden vaikutusten kohdistumista ei ole juuri analysoitu ihmisryhmittäin Suomessa. Tässä työssä saavutettavuudella pystyttiin analysoimaan liikenteen sosiaalista merkitystä (Geurs & van Eck 2001, Geurs ym. 2009), kun se liitettiin Martensin (2017) ohjeistuksen mukaisesti ihmisryhmäpohjaiseen tarkasteluun. Alaluvussa 7.1. analysoidaan kehitettyä menetelmää ja alaluvussa 7.2. menetelmän myötä syntyneitä havaintoja kaupunkikehityksestä Helsingin seudulla.

7.1 Käytetty menetelmä sosiaalisten vaikutusten ymmärtämiseksi

Työn ensimmäisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli analysoida, miten nykyisin Helsingin seudulla laajasti käytössä olevaa Helmet-liikenne-ennustemallia voidaan täydentää saavutettavuuden sosiaalisesta näkökulmasta ihmisryhmäpohjaisen oikeudenmukaisuuden arvioimiseksi. Ennustemalli yhdistettiin väestöpohjaiseen paikkatietoon, ja menetelmää sovellettiin nykytilanteen ja Helsingin poikittaisytteyksien arviointiin. Työn saavutettavuustarkasteluilla tuotettiin uutta tietoa joukkoliikenteen palvelutason jakautumisesta eri ihmisryhmille ja alueille. Tässä luvussa menetelmää arvioidaan kriittisesti ja pohditaan tutkimuksen pohjalta heränneitä jatkokehitysideoita.

7.1.1 Työssä käytetyn menetelmän arviointi ja sen rooli suhteessa nykyisiin menetelmiin

Sosiaalisten vaikutusten arviointi strategisen tason maankäyttö- ja liikennehankkeissa on nyky menetelmillä hyvin puutteellista. Taloudellisten ja ympäristöllisten mittareiden ohella on tarvetta menetelmille, jotka huomioivat ihmislähtöisiä tarpeita. Tässä työssä käytetyt ihmisryhmäpohjaiset saavutettavuustarkastelut huomioivat aiempaa yksityiskohtaisemmin erilaisia liikkumistarpeita. Kun huomioidaan eri ihmisryhmien sijainti kaupunkirakenteessa, voidaan ymmärtää vahvemmin sosiaalisen eriytymisen ongelmia. Samalla havainnollistetaan erityisryhmien

asemaa kaupunkirakenteessa. Tutkimus luo uutta ymmärrystä liikenneinfrastruktuurin ja maankäytön sijoittumisen hyötyjen jakautumisesta eri ihmisryhmille Suomen kontekstissa. Tämän työn yhteydessä saatiin merkittäviä tuloksia selittämään saavutettavuuden jakautumisen ilmiötä pääkaupunkiseudulla.

Työssä käytetty Helmet-liikenne-ennustejärjestelmä on pääasiallinen menetelmä, joka tuo esiin sekä liikennejärjestelmän että maankäytön muutosten vaikutuksia Helsingin seudulla. Mallia on kehitetty pitkään laajoissa asiantuntijaryhmissä, ja se on siksi perusteltu pohjamenetelmä työhön. Helmet-malli sisältää paljon sosiodemografista dataa, joka soveltuu sosiaalisten vaikutusten arviointiin. Kyseistä dataa käytetään kuitenkin pääasiassa liikennemäärien arvioimiseen sekä matkojen suuntautumisen ja kulkutapojen estimointiin. Tulosten analysointivaiheessa tämä data jää vain taustalle. Liikenneteknisen lopputuloksen sijaan tässä työssä käännettiin asetelma pääläelle. Liikenneverkkokuvauksen ja maankäytön sijoittumisen pohjalta tehtiin saavutettavuusmatriisit, jotka vasta jälkitarkasteluissa liitettiin ihmisryhmäpohjaiseen dataan. Näin vältettiin mallin sisältämät oletukset eri ihmisryhmien painottuneista matkatuotoksista, ja pystyttiin tasavertaisesti havainnollistamaan eri ryhmien liikkumismahdollisuuksia. Helmet-malli soveltuu menetelmään erityisen hyvin siksi, että sillä pystyi kuvaamaan tulevaisuuden liikenneverkkoa todella tarkasti.

Helmet-ennustejärjestelmää tulisi käyttää enemmän saavutettavuuspohjaisiin tarkasteluihin. Ihmisryhmäpohjaiseen tai yksityiskohtaisempaan liikkumistarkasteluun tarvitaan lisäksi tueksi paikkatietoaineistoja. Rakennustietokannan sekä väestötilastopalvelun yhdistäminen Helmet-järjestelmään mahdollistaisi perustellumman maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelun. Kun nämä datat yhdistetään tehokkaasti, Helmet-mallia voi hyödyntää laajemmin myös maankäytön toimintojen sijoittamisen suunnittelussa yhtäaikaisesti liikenneverkon suunnittelun kanssa.

Paikkatiedon yhdistäminen Helmet-järjestelmään tässä työssä oli kuitenkin työlästä, sillä lähtöaineistojen esitystavat olivat täysin erilaisia ja maantieteellisten aluejakojen yhteensovittamiseksi piti tehdä yksinkertaistuksia. Työn yhteydessä R-ohjelmistolla kehitetty komentosarja tekee tietojen yhdistämisestä tehokasta, mutta lähtöaineistojen rajallinen saatavuus vaikeuttaa prosessin toistamista. Lisäksi ennustemallilla tulosten saamiseksi täytyy tehdä paljon pohjatyötä sekä laskea tarvittavat saavutettavuus-

matriisit jatkotarkasteluja varten. Helmet-järjestelmään on kuitenkin sisäänrakennettu useita saavutettavuusmittareita, joita voi myös käyttää suoraan tarkasteluissa. Nämä ovat olemassa myös usealle matkaryhmälle ja eri kulkutavoille.

Tämän työn yhteydessä luotiin kaksi saavutettavuusmittaria, jotka kuvastavat hyvin erilaisia liikkumistarpeita. Työpaikkojen saavutettavuus on yleisemmin tutkittu mittari, johon vaikuttaa sekä maankäyttö että liikennejärjestelmä hyvin vahvasti. Terveyspalveluiden saavutettavuudessa on kuitenkin pääasiassa kysymys toimintojen sijoittamisesta, palveluiden tuomisesta kotiin sekä tietysti laajemmasta sosiaalipoliitikasta. Tässä työssä tehty visualisointi on kuitenkin hyvä työkalu osoittamaan strategisia sijainteja palveluille. Samalla huomioidaan erityisryhmän liikkumistarpeita, jotka usein jäävät perinteisissä liikennetarkasteluissa vähemmälle.

Menetelmää voi helposti soveltaa mihin tahansa kohteeseen, kuten viheralueiden, koulujen, palveluiden tai kauppakeskusten saavutettavuuteen. Vertailuasetelmalla pystytään todentamaan yksittäisten liikennehankkeiden vaikutuksia ihmisryhmittäin. Tulosten perusteella työssä käytetty metodi soveltuu erityisen hyvin hankkeisiin, joissa skenaarioiden välillä on selkeät erot, ja hyödyt/haitat kohdistuvat eri alueille. Metodien puutteista ja jatkokehitysideoista on kerrottu lisää seuraavassa luvussa.

7.1.2 Rajoitukset ja jatkokehitysideat

Ihmisryhmien saavutettavuutta tutkiva menetelmä on vain pieni osa näin laajojen liikennehankkeiden sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa. Oikeudenmukaisuustarkastelujen lisäksi on tarvetta tutkia maankäytön ja liikenteen hankkeiden vaikutuksia rakennettuun ympäristöön ja yksilöihin mm. terveyden, matkustuskokemusten ja viihtyisyyden kannalta. Muita hankkeisiin liittyviä teemoja, joita työssä on tutkimatta, ovat esimerkiksi turvallisuus, yhteisöllisyys, maankäytön muutokset (esimerkiksi lähipalveluiden saatavuus kehittävillä alueilla).

Työssä käytetty menetelmä pohjautuu neliporrasmalliin, jota on kritisoitu paljon siitä, että se ei huomioi isoja muutoksia ihmisten liikkumistottumuksissa mm. poliittisten tai yhteiskunnallisten muutosten seurauksena. Aktiviteettipohjaiset mallit kuvastaisivat paremmin ihmisten päivittäisiä liikkumisrytmejä ja -tottumuksia pohjautuen todellisiin liikkumistarpeisiin. Toisaalta tässä työssä vältettiin neliporrasmallin kompastuskivet käyttämällä saavutettavuuspohjaisia mittareita, jotka eivät mallinna liikennemääriä tai matkoja, vaan liikenteen ja maankäytön välistä kytköstä. Menetelmä on toistettavissa, sillä ennustemalli on

laajassa käytössä ja työssä kehitetty komentosarja tekee tarvittavan aineiston prosessoinnin.

Mallinnetut skenaariot ovat hyvin laajoja koko seutua koskevia hankkeita. Käytetty metodi toisi enemmän eroja esiin, jos tarkasteltaisiin linjauksiltaan hyvin erilaisia liikennehankevaihtoehtoja tai esimerkiksi linjojen poistoa tai uudelleenreititystä. Myös pienempi tarkastelualue toisi eroja selvemmin esiin. Menetelmää olisi mielenkiintoista soveltaa uusien raidehankkeiden alustavien yleissuunnitelmien yhteydessä. Toisaalta Helmet-malli ei sovellu hyvin pienen mitta-kaavan tarkasteluihin mallin karkean aluejaon vuoksi.

Yksi työn suurista rajoitteista on väestödemografian muutosten ennustamattomuus. Työn tarkastelut eivät pidä sisällään väestön ikääntymistä, muuttoa, gentrifikaatiota tai koheesiota. Ensinnäkin tällaisten muutosten ennustaminen on hyvin haastavaa. Toiseksi, usein tulevaisuuden ennusteet saattavat mennä parhaiten oikein, kun data pohjataan nykyhetkeen. Pääkaupunkiseudulla kuitenkin monien liikennehankkeiden ympärille liittyy tiivistämistä ja uusia maankäyttöalueita. Esimerkiksi Malmin lentokentän uuden asuinalueen arviointi käytetyillä mittareilla on mahdotonta.

Työn toinen saavutettavuusmittari, joka kuvasi terveystarkastelujen saavutettavuutta, ei huomionnut terveystarkastelujen sijaintien mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa. Terveyspalveluiden keskittämisestä on ollut paljon keskustelua viime vuosina, mutta tässä työssä menetelmän testaamiseksi nykyinen terveyskeskusverkosto oli riittävä kuvaus.

Dynaamisten vaikutusten arviointi vaatii paljon lisätutkimusta. Meidän pitää ymmärtää paremmin, aiheuttavatko saavutettavuuden muutokset joillain alueilla esimerkiksi asumisen kustannusten nousua ja siten gentrifikaatiota. Nykyisen menetelmällä on toistaiseksi vaikea mitata, kuinka paljon ongelmia voidaan ratkoa ja kuinka paljon ongelmat siirtyvät muualle uusien liikennehankkeiden myötä. Asuntopolitiikka on tärkeässä roolissa tässä asiassa. Kaikkiaan maankäytön ja liikenteen suunnittelu sisältää hyvin kompleksisiä riippuvuussuhteita, joita on syytä tarkkailla mm. asuntojen hintojen ja muuttovirtojen osalta. Tarkastelualueella on syytä tutkia esimerkiksi vuokralla asuvien ja asunnonomistajien osuutta, koska näille kahdelle ryhmälle alueen arvonnousun vaikutus on usein päinvastainen.

Käytetty menetelmä on kvantitatiivinen. Tämän tueksi on syytä muistaa laadullisen arvioinnin tärkeys varsinkin sosiaalisessa näkökulmassa. Ei voida olettaa, että raitiotiet yksin ratkaisisivat sosiaalisen kestävyys haasteita. Raitiotiehankeet kuitenkin luovat potentiaalia rakentaa esimerkiksi kävely-ystävällistä ja sosiaalisia kohtaamisia mahdollistavaa ympäristöä.

Kaupungin kehityksen ja viihtyisyyden näkökulmasta on syytä tutkia esimerkkejä maailmalta raidehankkeiden vaikutuksista. Lisäksi erilaiset kyselyt, etnografiset menetelmät ja kokemuksellisen paikkatiedon menetelmät ovat tärkeitä ihmislähtöisessä suunnittelussa. Ihmisten kokemukset ja arvot ovat lopulta laadullisia tekijöitä, joita ei kannata muuttaa numeroiksi. Tässä tutkimuksessa on noussut esiin esimerkiksi syrjäytyneitä alueita, joiden analysointia olisi hyvä täydentää laadullisesti esimerkiksi kaupunkiympäristöä ja -elämää havainnoimalla ja asukashaastatteluilla.

7.2 Tutkitut skenaariot kaupunkikehityksen tukena

Työn toisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli ymmärtää, miten saavutettavuus jakautuu eri ihmisryhmille nykytilanteessa, ja miten Pasilan kautta kulkevat poikittaiset pikaraitiotieyhteydet vaikuttavat saavutettavuuden oikeudenmukaisuuteen. Saavutettavuustuloksista on tehty johtopäätöksiä Helsingin seudun joukkoliikenneverkoston, kaupunkirakenteen ja ihmisten asuinpaikan valinnan näkökulmista.

Tulosten perusteella väestö on sijoittunut melko sekoittuneesti joukkoliikenneyhteyksien varrelle. Vaikka pääsääntöisesti paremman saavutettavuuden alueilla asumisen hintatasot ovat korkeammat, on myös vähäosaisilla varaa asua hyvien joukkoliikenneyhteyksien varrella. Osittain ilmiö selittyy sekoittuneella asuntotuotannolla hyvien liikenneyhteyksien alueilla. Toisaalta varsinkin pääradan ja metron itäpään varrella on useita sosioekonomisesti heikkoja alueita, joissa joukkoliikennesaavutettavuus on melko hyvä. Tällaiset alueet vaativat lisätutkimusta esimerkiksi alueiden historian ja kaupunkikuvan näkökulmasta.

Uusien poikittaisyhteyksien osalta hankkeet ovat perusteltuja oikeudenmukaisuuden näkökulmasta, sillä ne hyödyttävät juuri niitä ihmisryhmiä, joille joukkoliikenteen hyvä palvelutaso on tärkeä. Näillä ihmisryhmillä on rajoitteita esimerkiksi auton käytössä muun muassa tulotason ja iän takia. Hankkeet eivät syrji ketään, eikä siten aseta ihmisiä eriarvoiseen asemaan. Osittain tämä lienee sosiaaliseen koheesioon tähtäävän kaupunkipolitiikan ansiota. Osittain tämä johtuu myös hankkeiden laaja-alaisuudesta, jolloin hyödyt leviävät koko seututasolle. Oikeudenmukaisuuskysymykset monimutkaistuvat, jos joiltain alueilta poistuu merkittävästi bussilinjoja, tai uudet linjat luovat estevaikutuksia esimerkiksi kävely-, pyöräily- ja autoyhteyksille. Usein kuitenkin joukkoliikenneyhteydet vähentävät autoilua ja sen tilatarvetta, mikä vähentää myös estevaikutuksia. Näitä vaikutuksia ei kuitenkaan pystytä laajalla strategisella tasolla huomioimaan helposti.

Koska oikeudenmukaisuuden näkökulmasta tarkastellut vaihtoehdot eivät eroa merkittävästi, perustuu skenaarioiden välinen vertailu pitkälti taloudellisiin ja teknisiin arvioihin. Merkittävimmät erot vaihtoehtojen välillä ovat tunneliratkaisut Pasilassa. Tämän työn kuormitustulosten ja analysoitujen saavutettavuushyötyjen perusteella VE2 (”Pasilan tunnelit”) vaikuttaa kannattavimmalta. Tunneliyhteys Meilahdesta Pasilaan ja siitä haarautuen Teollisuuskadulle ja Mäkelänrinteelle tuo moninkertaiset saavutettavuushyödyt pintaratkaisuun verrattuna. Töölön metroa mukaileva raitiotieyhteys (VE3) ei tuota juurikaan saavutettavuushyötyjä kantakaupungin alueella, jossa joukkoliikenteen palvelutaso on jo ennestään hyvä. Tarkempi suunnitelmien arviointi edellyttää laajoja selvityksiä mm. toteutettavuudesta, kustannuksista ja ympäristöllisistä sekä maisemallisista vaikutuksista.

Skenaarioissa oli myös eroja Viikki-Malmi -raitiotien pohjoispään linjauksessa. Skenaarioissa linja päättyi joko Malmin lentokentälle (VE0), Hakunilaan (VE1 ja VE2) tai Sotunkiin (VE3). Käytännössä näin laajan tason mallilla on vaikea sanoa selvää ratkaisua Viikki-Malmi -raitiotien jatkeen kannattavuuteen. Työssä tehty saavutettavuustarkastelu on kuitenkin tarkempi kuin monet yksinkertaistetut menetelmät, joilla tarkastellaan vain ihmisten sijaintia raiteiden lähellä. Nämä tarkastelut osoittavat, että Jakomäki on tietynlainen väliinpuotoaja Vantaan raitiotien ja Viikki-Malmi -raitiotien välissä. Kuormitukset ja aika- ja palvelutasohyödyt alueella ovat pieniä, vaikka raideyhteys alueella on täysin uusi. Usein ajatellaan, että raideliikenne on kaupunginosan kehitykselle tärkeää, ja jatke olisi siinä mielessä perusteltu. Mutta mikäli hanke ei tuo merkittäviä saavutettavuushyötyjä, ei voida olettaa, että raiteet itsessään toisivat positiivista kaupunkikehitystä.

Ennustemallin skenaarioissa on mukana Lahdenväylää pitkin menevät bussilinjat, joita todellisuudessa radan toteutuessa olisi luultavasti vähemmän. Jakomäen kannalta raitiotieyhteys on hitaampi kuin bussilinjat keskustaan päin matkatessa, mutta bussilinjojen poistuessa raitiotie olisi välttämätön. Lopulta tällä alueella saavutettavuus voi heiketä. Hakunilassa sen sijaan Vantaan raitiotien merkitys on suuri, ja Hakunila yhdistyy merkittäviin keskuksiin (Tikkurilaan ja Mellunmäkeen) jo ilman lisäyhteyksiä. Uusi yhteys keskustaan ei sen takia tuo merkittäviä saavutettavuushyötyjä, mutta Vantaan raitiotien yhdistyminen Viikki-Malmi raitiotiehen voi olla perusteltua vaihtomatkojen kannalta.

Nykytilanteen ja tulevaisuuden vertailussa oli havaittavissa selkeä kasvu joukkoliikennesaavutettavuudessa. Samalla Helsingistä kehitetään monikes-

kuksista kaupunkia, jossa solmukohdat yhdistyvät pikaraitiotieyhteyksillä. Oikeudenmukaisuuden näkökulmasta monikeskuksinen kaupunki mahdollistaa palveluiden ja työpaikkojen tuomisen lähemmäksi syrjäisiä alueita, ja se palvelee siten monimuotoisemmin eri ihmisryhmiä. On kuitenkin vaikeaa punnita kasautumisen hyötyjä lähipalveluiden saatavuutta vastaan. Raideverkosto mahdollistaa kuitenkin keskuksien yhdistämisen tehokkaasti ja kestävästi.

Yleiskaavan (2016) mukaisesti Helsingin kantakaupunki laajenee pohjoiseen, ja Pasilasta Teollisuuskauden kanssa on kasvamassa toinen merkittävä keskus kaupungille. Tutkitut yhteydet Jokeri O ja Tiederatikka yhdistävät tämän keskuksen useisiin maantieteellisesti kaukaisempiin alueisiin. Pasilan kautta kulkevat poikittaisyhteydet vähentäisivät kuormittunutta metrolinnettä, ja Pasilan rooli toisena keskustana korostuisi. Tämä kehitys helpottaisi kasvavien liikennemäärien tuomaa painetta monilla kantakaupungin alueilla. Tunneliyhteyksillä saavutettavuushyödyt ovat moninkertaiset pintaratkaisuihin nähden ja ne korostaisivat Pasilan merkitystä solmukohtana.

Saavutettavuustason ja ihmisryhmien sijoittumisen esittäminen samanaikaisesti kartalla havainnollistaa kaupunkirakenteen ilmiötä uudella tavalla. Vaikka saavutettavuuden keskiarvoja tutkimalla erot eri ihmisryhmien välillä ovat pieniä, tarkempi tarkastelu osoittaa alueellisesti mielenkiintoisia jakaumia. Työpaikkojen kasautuminen Helsingin länsiosiin ja Espoon itäosiin tulevaisuudessa entistä vahvemmin saattaa vähentää Itä-Helsingin houkuttelevuutta asuinalueena. Yhteyksien parantaminen tällä alueella voi olla haastavaa, sillä alue on jo maantieteellisesti hajaantuneempi kuin kantakaupungin länsipuoli ja meri-alueet luovat laajoja estevaikutuksia.

8. Yhteenvedo

Työn alussa havaittiin saavutettavuuden sopivan hyvin maankäytön ja liikenteen yhteissuunnittelua tukeväksi mittariksi. Kun maankäytön sijoittumisen ja liikennejärjestelmän ominaisuuksien lisäksi huomioidaan ihmisryhmäkohtaiset liikkumistarpeet, saavutettavuudella voidaan kuvata järjestelmän sosiaalista merkitystä eli ihmisten osallistumismahdollisuuksia eri aktiviteetteihin.

Tapaustarkastelua varten kehitettiin saavutettavuusmittarit Helsingin seudun Helmet-liikenne-ennustejärjestelmällä. Malli on laajalti käytössä seudun suunnitteluprosesseissa ja uusien hankkeiden vaikutusten arvioinnissa. Nykyään se on lähes ainoa tapa ennustaa seudun maankäytön ja liikennejärjestelmän muutosten vaikutuksia. Helmet-mallissa on potentiaalia nykyistä monipuolisempiin saavutettavuustarkasteluihin, mutta toistaiseksi mallilla ei ole tehty ihmisryhmäpohjaista vaikutusten arviointia. Lisäksi ennustemallin arvioinnissa havaittiin mallin hyöty-kustannuslaskelmien suosivan autoilijoita, koska nykytilanteessa he tekevät eniten matkoja. Nykytilan toteutuneita matkoja heijasteleva neliporrasmalli suosii siis niitä ihmisryhmiä, joilla on paras saavutettavuus jo ennestään. Mallin tulosten analysoinnissa on oleellista ymmärtää sen rajallisuus tulevaisuuden muutosten huomioimiseksi.

Tapaustarkastelua varten mallilla tehtiin neljä erilaista tulevaisuuden skenaariota Pasilan kautta kulkevista poikittaisista pikaraitiotieyhteyksistä. Tarkasteluiden keskiössä oli maanalaisten ja pinnalla kulkevien yhteyksien vertailu. Ennustemallin kuormitustulosten sekä matka-aikahyötyjen perusteella tunneliyhteys Meilahdesta Pasilaan ja siitä haarautuen Teollisuuskadulle ja Mäkelänrinteelle tuo moninkertaiset saavutettavuushyödyt pintaratkaisuun verrattuna. Tunneliyhteyksillä olisi merkitystä koko seudun liikkumistottumuksiin, ja Pasilan rooli toisena tärkeänä keskustana korostuisi. Sen sijaan Töölön metroa mukaileva raitiotieyhteys ei tuota juurikaan saavutettavuushyötyjä kantakaupungin alueella, jossa joukkoliikenteen palvelutaso on jo ennestään hyvä.

Saavutettavuusmittareilla tutkittiin myös nykytilanetta. Joukkoliikennesaavutettavuuden jakautumista tarkasteltiin alue- ja ihmisryhmäkohtaisesti. Pääkaupunkiseudulla joukkoliikenteen saavutettavuus on jakautunut hyvin tasaisesti eri ihmisryhmille. Ainoastaan 0–14 -vuotiaat asuvat selkeästi keskimääräistä heikommilla saavutettavuusalueilla. Kuitenkaan työttömät, eläkeläiset tai pienituloiset eivät ole syrjäyty-

neet saavutettavuusmittareilla. Osaltaan tämä voi kertoa onnistuneesta kaupunkipolitiikasta sosiaalisen koheesion osalta. Toisaalta tarkempien johtopäätöksiä vetäminen vaatisi syventävän analyysin useampien kulkumuotojen saavutettavuudesta sekä asuinpaikkaan vaikuttavista tekijöistä.

Aluekohtaisissa tarkasteluissa havaittiin korkean työttömyyden ja heikon työpaikkasaavutettavuuden samanaikaista esiintymistä erityisesti Helsingin itäosissa. Nämä alueet sijaitsevat maantieteellisesti kaukana suurimmista työpaikkakeskittymistä. On vaikea arvioida, kuinka iso merkitys saavutettavuudella on esimerkiksi työllistymiseen, mutta tulos itsessään osoittaa syy-seuraus suhteen. Lisäksi tarkasteltiin terveyskeskusten saavutettavuutta ja eläkeläisten osuutta. Tällä tarkastelulla osoitettiin, miten vähemmän tutkittu liikkumistarve tai ihmisryhmä voidaan nostaa esiin. Tulosta voi hyödyntää esimerkiksi maankäyttöliikenteen toimintojen strategisessa sijoittamisessa.

Tutkittujen skenaarioiden saavutettavuustarkasteluissa havaittiin, että laajan joukkoliikennehankkeen vaikutukset heijastelevat koko seudulle. Hankkeiden saavutettavuushyödyt jakautuvat melko tasaisesti eri ihmisryhmille. Jokaisessa skenaariossa hyötyvät eniten 0–14 -vuotiaat, opiskelijat ja eläkeläiset. Näin ollen hankkeet hyödyttävät juuri niitä ihmisryhmiä, joilla on suurin tarve joukkoliikenteelle.

Työssä kehitetty menetelmä tuotti arvokasta tietoa seudun maankäytön ja liikenteen vaikutuksista ihmisten sosiaalisen eriytymiseen ja infrastruktuurin hyötyjen jakautumiseen. Tämänkaltaista ihmisryhmäpohjaista saavutettavuustarkastelua ei ole juuri aiemmin tehty Suomessa, ja menetelmän kehittäminen oli työlästä lähtöaineistojen pitkän prosessoinnin takia. Nämä näkökulmat ovat voineet jäädä vaikutusten arvioinnissa varjoon juuri siksi, että niitä varten ei ole kehitetty helposti tulkittavia ja toistettavia mittareita. Ihmislähtöisen näkökulman korostamiseksi on suositeltavaa, että suunnittelussa hyödynnetään yhä enemmän saavutettavuuspohjaisia menetelmiä, jotka huomioivat aiempaa monimuotoisemmin erilaisia liikkumistarpeita ja -tottumuksia.

Lähdeluettelo

- Austin, M., Belzer, D., Benedict, A., Esling, P., Haas, P., Miknaitis, G., ... & Zimbabwe, S. (2010). Performance-based transit-oriented development typology guidebook.
- Acheampong, R. A., & Silva, E. (2015). Land use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions. *Journal of Transport and Land use*, 8(3).
- Banister, D. (2005). *Unsustainable transport: city transport in the new century*. Routledge.
- Ben-Elia, E., & Benenson, I. (2019). A spatially explicit method for analyzing the equity of transit commuters accessibility. *Transportation Research Part A*, 120, 31–42.
- Beyazit, E. (2011). Evaluating social justice in transport: lessons to be learned from the capability approach. *Transport reviews*, 31(1), 117–134.
- Bocarejo S, J. P., & Oviedo H, D. R. (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography*, 24, 142–154.
- Boniface, S., Scantlebury, R., Watkins, S. J., & Mindell, J. S. (2015). Health implications of transport: Evidence of effects of transport on social interactions. *Journal of Transport & Health*, 2(3), 441–446.
- Te Brömmelstroet, M., & Bertolini, L. (2010). Integrating land use and transport knowledge in strategy-making. *Transportation*, 37(1), 85–104.
- Cascetta, E., Carteni, A., & Montanino, M. (2016). A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities. *Journal of Transport Geography*, 51, 45–58.
- Deboosere, R., El-Geneidy, A. M., & Levinson, D. (2018). Accessibility-oriented development. *Journal of Transport Geography*, 70, 11–20.
- Delbosc, A. (2012). The role of well-being in transport policy. *Transport Policy*, 23, 25–33.
- de Dios Ortuzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). *Modeling transport*. John Wiley & sons.
- Dittmar, H., & Ohland, G. (Eds.). (2012). *The new transit town: best practices in transit-oriented development*. Island Press.
- Fernández-Mayoralas, G., Rodríguez, V., & Rojo, F. (2000). Health services accessibility among Spanish elderly. *Social Science & Medicine*, 50(1), 17–26.
- Geurs, K. T., & Ritsema van Eck, J. R. (2001). Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact. RIVM rapport 408505006.
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2), 127–140.
- Geurs, K. T., Boon, W., & Van Wee, B. (2009). Social impacts of transport: literature review and the state of the practice of transport appraisal in the Netherlands and the United Kingdom. *Transport reviews*, 29(1), 69–90.
- Gössling, S. (2016). Urban transport justice. *Journal of transport Geography*, 54, 1–9.
- Holz-Rau, C., & Scheiner, J. (2019). Land-use and transport planning—A field of complex cause-impact relationships. Thoughts on transport growth, greenhouse gas emissions and the built environment. *Transport Policy*, 74, 127–137.
- Hananel, R., & Berechman, J. (2016). Justice and transportation decision-making: The capabilities approach. *Transport Policy*, 49, 78–85.
- HKSV (2013). Helsingin yleiskaava. Saavutettavuuden vaikutus alueiden vetovoimaan. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2013:13. Saatavilla: https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/yos_2013-13.pdf
- HKSV (2014). Asemakaavan ja asemakaavan muutoksen nro 12261 selostus. Pasilan keskustakortteli, Keski-Pasila Kortteliin 17103 ja 17104 Katu- ja rautatiealueet. Asemakaavan dokumentit saatavilla: <https://kartta.hel.fi/helreport/planpdfloader/?id=12261Viitattu 29.10.2019>

- HKSV & HSL (2015). Raideliikenteen verkkoselvitys. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2015:2. Saatavilla: https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2015-02.pdf
- HKSV (2016). Helsingin yleiskaava selostus. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2016:3. Saatavilla: https://www.hel.fi/hel2/ksv/liitteet/2018_kaava/YK_2016_Selostus_20160614_LI-SALEHDELLA.pdf. Päivitetty 5.12.2018 kaavaselostuksen lisälehdellä.
- HSL (2016). Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2014. Saatavilla: https://www.hsl.fi/sites/default/files/21_2016_kysyntamalliraportti.pdf
- HSL (2018). MAL 2019 – pikaraitioteiden tarkastelu. Saatavilla: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/mal2019_pikaraitioteiden_tarkastelu.pdf
- HSL (2019a). Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne MAL 2019 -suunnitelma. Saatavilla: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/liite1_mal2019_suunnitelmaraportti_28032019.pdf
- HSL (2019b). Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne MAL 2019 arviointiselostus. Saatavilla: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/liite2_mal_2019_vaikutusten_arviointiselostus_liitteineen.pdf
- HSL (2019c). Helmet-malliin liitetty hyöty-kustannusarviointikehikko. Ei julkaistu. Saatavilla HSL:ltä pyydettyäessä.
- HSL (2019d). Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmä HELMET 3.0. Malliin liittyvät tiedot ja aineistot on saatavilla HSL:ltä, Helsinki.
- Holz-Rau, C., & Scheiner, J. (2019). Land-use and transport planning – A field of complex cause-impact relationships. Thoughts on transport growth, greenhouse gas emissions and the built environment. *Transport Policy*, 74, 127-137.
- HSY = Helsingin seudun ympäristöpalvelut (2019). Rakennukset (pks_rak). SeutuCD'18.
- Jones, P., & Lucas, K. (2012). Social impacts and equity issues in transport: an introduction. *Journal of Transport Geography*, 21.
- Korsu, E., & Wenglenski, S. (2010). Job accessibility, residential segregation and risk of long-term unemployment in the Paris region. *Urban Studies*, 47(11), 2279-2324.
- Krötzl, J. (2019). Multimodaalinen saavutettavuus pääkaupunkiseudulla: sovelluskohteena Helsingin asukaspsykointinormit. Pro Gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta.
- KYMP (2017a). Yleiskaavan toteuttamisohjelma. Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön julkaisu 2017:12. Saatavilla: <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/50/50608108a48e12a233e0735e4d650f3048e17896.pdf>
- KYMP (2017b). Yleiskaavan pikaraitioteiden toteutavuusselvitys. Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön julkaisu 2017:12. Saatavilla: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisu-11-17.pdf>
- KYMP (2017c). Raitiliikenteen kehittämisohjelma. Kaupunkiympäristön julkaisu 2017:9. Saatavilla: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisu-09-17.pdf>
- Liikennevirasto (2015). Tiehankkeiden arviointiohje. Liikenneviraston ohjeita 13/2013. Saatavilla: https://vayla.fi/documents/20473/34253/lo_2013-13_tiehankkeiden_arviointiohje_web_p%C3%A4ivitetty+21.10.2015.pdf
- Maankäyttö ja rakennuslaki (1999/132). Anettu Helsingissä 5.2.2019. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- Manaugh, K., Badami, M. G., & El-Geneidy, A. M. (2015). Integrating social equity into urban transportation planning: A critical evaluation of equity objectives and measures in transportation plans in North America. *Transport Policy*, 37, 167–176.
- Martens, K. (2012). Justice in transport as justice in accessibility: applying Walzer's 'Spheres of Justice' to the transport sector. *Transportation*, 39(6), 1035-1053.
- Martens, K. (2016). *Transport justice: Designing fair transportation systems*. Routledge.
- Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and cities: overcoming automobile dependence*. Island press.
- Järv, O., Tenkanen, H., Salonen, M., Ahas, R., & Toivonen, T. (2018). Dynamic cities: location-based accessibility modelling as a function of time. *Applied geography*, 95, 101-110.
- Papa, E., & Bertolini, L. (2015). Accessibility and transit-oriented development in European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 47, 70-83.

- Preston, J., & Rajé, F. (2007). Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of transport geography*, 15(3), 151-160.
- Renne, J. L. (2016). Measuring the success of transit oriented development. In *Transit Oriented Development* (pp. 261-276). Routledge.
- Rokem, J., & Vaughan, L. (2019). Geographies of ethnic segregation in Stockholm: The role of mobility and co-presence in shaping the 'diverse' city. *Urban Studies*, 56(12), 2426-2446.
- Scherer, M. (2010). Is light rail more attractive to users than bus transit?: Arguments based on cognition and rational choice. *Transportation research record*, 2144(1), 11-19.
- Soria-Lara, J. A., Aguilera-Benavente, F., & Aranz-López, A. (2016). Integrating land use and transport practice through spatial metrics. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 91, 330-345.
- Straatemeier, T., & Bertolini, L. (2019). How can planning for accessibility lead to more integrated transport and land-use strategies? Two examples from the Netherlands. *European Planning Studies*, 1-22.
- Taki, H. M., Maatouk, M. M. H., Qurnfulah, E. M., & Aljoufie, M. O. (2017). Planning TOD with land use and transport integration: a review. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 2(1), 84-94.
- Tenkanen, H. (2017). Capturing time in space. Dynamic analysis of accessibility and mobility to support spatial planning with open data and tools. Department of Geosciences and Geography. A55. Unigrafia, Helsinki.
- Tilastokeskus (2019). Tilastokeskuksen PX-Web Statfin -tietokannan tilastot. Käytetyt tietokannat: *V03E 15 vuotta täyttänyt väestö vuoden 2017 valtionveronalaisten tulojen ja sukupuolen mukaan 2017 ja T01E Väestö osa-alueen, pääasiallisen toiminnan/ammattiaseman, sukupuolen ja iän mukaan 2017*. Viitattu 8.7.2019. Pääsy aineistoon vaatii käyttöoikeudet. Laajemmalla aluejaolla aineisto saatavilla: <https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/>
- Tong, L., Zhou, X., & Miller, H. J. (2015). Transportation network design for maximizing space-time accessibility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 81, 555-576.
- Van Wee, B., & Geurs, K. (2011). Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. *European journal of transport and infrastructure research*, 11(4).
- Wegener, M. (2004). Overview of land-use transport models. Luku 9 David A. Hensher and Kenneth Button: *Transport Geography and Spatial Systems. Handbook 5 of the Handbook in Transport*.
- Yang, D. H., Goerge, R., & Mullner, R. (2006). Comparing GIS-based methods of measuring spatial accessibility to health services. *Journal of medical systems*, 30(1), 23-32.

Liiteluettelo

- Liite 1. R-komentosarja ennustemallin saavutettavuusaineiston sekä väestöpohjaisen paikkatiedon yhdistämiseksi. 5 sivua
- Liite 2. Matka-aika- ja palvelutasohyödyt matkustajamäärillä painotettuna. 2 sivua
- Liite 3. Liikenne-ennustemallin maankäyttötiedot. 2 sivua.
- Liite 4. Liikenne-ennustemallin pohjaverkon (MAL 2030_ve4) toteutuneet liikennehankkeet. 1 sivu.
- Liite 5. Matkustajamäärämuutokset koko joukkoliikenneverkolla VE2 ja VE0 välillä. 1 sivu.
- Liite 6. Eri väestöryhmien jakautuminen tarkastelualueella. 3 sivua

Liite 1. R-komentosarja ennustemallin saavutettavuusaineiston sekä väestöpohjaisen paikkatiedon yhdistämiseksi

```
# 3.9.2019
```

```
# Samuli Kyytsönen
```

```
#####
```

```
# Koodi yhdistää Helmet 3.0 sijoittelualuejaon mukaisia saavutettavuus- ja hyötymatriiseja väestötietopalvelusta saatavaan väestödemografiaan, ja tekee laskelmat hyötyjen kohdistumisesta ja muista saavutettavuuden ilmiöistä
```

```
# Seuraavat tiedot tarvitaan Helmet mallista: Skenaarioiden VE0-VE3 jl-saavutettavuusmatriisit (mo) ja # matka-aika + palvelutasohyötymatriisit (mo). Samat matriisit myös nykyhetkestä
```

```
# Seuraavat paikkatietoaineistot tarvitaan väestötilastopalvelusta: T01E Väestö osa-alueen, pääasiallisen toiminnan/ammattiaseman mukaan
```

```
# Aluejaot paikkatietona: Helsingin, Espoon ja Vantaan pienjakoalueet paikkatietona
```

```
#####
```

```
# poista muuttujat
```

```
ls()  
rm(list = ls())
```

```
# kirjastot (install.packages()), jos ei ole asennettu
```

```
library(sf)  
library(tidyverse)  
library(maptools)  
library(areal)  
library(rgeos)  
library(spatstat)
```

```
# aseta polku kansioon, jossa tarvittava data sijaitsee
```

```
setwd(.
```

```
## luetaan vaestotieto pienalueittain (csv-tiedosto)
```

```
tyokay<-read.csv("tyokay2.csv", sep=";", header = T, skip = 1 )  
tulotaso<-read.csv("tulotaso_pks.csv", sep=";", header = T, skip = 2 )  
vaesto<-merge(tyokay, tulotaso, by="Osa.alue")
```

```
# lataa pienalueet paikkatietona kunnittain
```

```
hki <- st_read("a_hk_pie.tab") #Helsinki  
esp <- st_read("A_es_pie.tab") #Espoo  
van <- st_read("a_va_pie.tab") #Vantaa  
hki2<-st_read("Piirijako_pienalue.shp")  
hki$Nimi<-hki2$OSAALUE_NI #saadaan nimitieto mukaan shp-tiedostosta
```

```
# pienalueet ja väestötietopalvelun data pitää yhdistää id:n avulla, joiden nimeämiskäytäntö eroaa kun-  
nittain
```

```
# operoidaan tunnukset toisiaan vastaaviksi
```

```
vaesto<-separate(vaesto, Osa.alue, c("tun", "id"), sep = " ") #irrota tunniteosa kolmuniin id  
hki$yhd<-paste(hki$OSA, hki$PIEN, sep = "")  
van$TILA<-substring(van$TILA, 2,3)
```

```
# yhdistetään paikkatieto väestötietoon
```

```
tmp1<-merge(hki, vaesto, by.x = "yhd", by.y = "id")  
tmp2<-merge(esp, vaesto[1:90,], by.x = "PIEN", by.y = "id")  
tmp3<-merge(van, vaesto[645:707,], by.x = "TILA", by.y = "id")  
tmp1<-tmp1[,c(8,11:ncol(tmp1))] #otetaan vain tarvittavat kolumnit  
tmp2<-tmp2[,c(6,9:ncol(tmp2))]  
tmp3<-tmp3[,c(6,9:ncol(tmp3))]  
pks<-rbind(tmp1,tmp2,tmp3)  
rm(tmp1,tmp2,tmp3,esp,hki,van,hki2)
```

```
# sijoittelualuejako
```

```
# lue sijoittelujako shp-file
```

```
sij <- st_read("sijoittelualuejako_2016.shp")  
sij<-select(sij, c(SIJ2016,geometry)) #karsi kolmunit
```

```
# Saavutettavuus
```

```
# kaikki emme-matriisit tallennettuna samaan kansioon
```

```
setwd("./emme_matriisit")  
temp=list.files(pattern="*.csv")  
sij1<-data.frame(read.csv(temp[1], skip = 5, header = F)[1:nrow(sij),1])  
for (i in 1:length(temp)) {  
  sij1[,i+1]<-read.csv(temp[i], skip = 5, header = F)[1:nrow(sij),3]  
}  
rm(i,temp)  
setwd("../")
```

```
# yhdistä geometriaan
```

```
sij1[,2:11]<-log(sij1[,2:11]) #luonnollinen logaritmi saavutettavuuksista, jos ei tehty jo  
colnames(sij1)<-c("alue", "nykyst", "ve0st", "ve1st", "ve2st", "ve3st"  
  , "nykys", "ve0s", "ve1s", "ve2s", "ve3s", "ve1h", "ve2h", "ve3h")  
sij1<-merge(sij, sij1, by.x = "SIJ2016", by.y="alue",)  
rm(sij)  
summary(sij1)  
sij1<-sij1[!sij1$SIJ2016>=6000,] #vain helsinki, espoo, vantaa  
sij1<-st_zm(sij1)
```

```
# muutetaan sf muotoon sp aggregointifunktiota varten. Tämä ei tarpeen jos "st_interpolate_aw"-funk-  
tio toimii
```

```
# muttakuneitoimi<-st_interpolate_aw(pks[,3:13],sij1, extensive = T)  
sij1<-as(sij1, 'Spatial')  
class(sij1)  
pks<-as(pks, 'Spatial')  
sij1<-spTransform(sij1, proj4string(pks))
```

```
# aggregointi sijoittelualueet tilastoalueiksi. Laske muuttujat pinta-alalla painotetulla keskiarvolla
```

```
agg_vaesto<-aggregate(sij1[,2:14],pks, areaWeighted = T)  
class(sij1)  
sij1<-cbind(pks,agg_vaesto) #takaisin yhteen attribuutit  
sij1<-as(sij1, 'sf')
```

```
# Noin! Nyt on kaikki tarvittavat tiedot samassa taulukossa samalla aluejaolla (pks tilastoaluejaolla)
```

```
# Laske tunnusluvut
```

```
# saavutettavuus x sosiodemografia
```

```
sij1$tyottomuusaste<-sij1$Työttömät/sij1$Työvoima  
sij1$elakelaisaste<-sij1$Eläkeläiset/sij1$Koko.väestö  
sij1$opiskelijaaste<-sij1$Opiskelijat..koululaiset/sij1$Koko.väestö  
sij1$lapset<-sij1$X0.14..vuotiaat/sij1$Koko.väestö  
summary(sij1$tyottomuusaste)
```

```
# Normalisoi saavutettavuus ja työttömyys samaan asteikkoon (keskiarvolla ja keskihajonnalla)
```

```
sij1$tyottomuus_scaled<-as.vector(-scale(sij1$tyottomuusaste))  
sij1$elake_scaled<-as.vector(-scale(sij1$elakelaisaste))  
a<-mean(sij1$nykys)  
b<-sd(sij1$nykys)  
scale(sij1$nykyst)  
a2<-mean(sij1$nykyst)  
b2<-sd(sij1$nykyst)  
sij1$saav_nyky_scaled<-as.vector(scale(sij1$nykys))  
sij1$ve0s_scaled<-(sij1$ve0s-a)/b  
sij1$t_s_nyky_scaled<-as.vector(scale(sij1$nykyst))  
sij1$t_ve0s_scaled<-(sij1$ve0st-a2)/b2  
rm(a,a2,b,b2)
```

```
# Lasketaan yhteissumma normalisoidulle työttömyysasteelle ja saavutettavuudelle
```

```
sij1$tyo_syrjaytyminen<-sij1$tyottomuus_scaled+sij1$saav_nyky_scaled  
sij1$tyo_syrjaytyminen2030<-sij1$tyottomuus_scaled+sij1$ve0s_scaled
```

```
# Lasketaan yhteissumma normalisoidulle eläkeläisasteelle ja terveyskeskusten saavutettavuudelle
```

```
sij1$elakelais_t_nyky<-sij1$elake_scaled+sij1$t_s_nyky_scaled  
sij1$elakelais_t_ve0<-sij1$elake_scaled+sij1$t_ve0s_scaled  
sij1$tyo_syrjaytyminen2030<-sij1$tyottomuus_scaled+sij1$ve0s_scaled  
sij1$tyo_syrjaytyminen_abs<-sij1$tyottomat_scaled+sij1$saav_nyky_scaled  
ggplot(sij1) +  
  geom_sf(aes(fill=tyo_syrjaytyminen))  
ggplot(sij1) +  
  geom_sf(aes(fill=Eläkeläiset))
```

```
#Tallenna shp-file, jossa pks-tilastoaluejaot
```

```
st_write(sij1, "saavutettavuus_vaesto.shp")
```

```
# Visualisoi aineisto paikkatieto-ohjelmalla,
```

```
# Siivoa alueiden määrää, tee aluekohtaiset rajaukset
```

```
# Aluerajaus tehty erilliseen shp-fileen
```

```
aluer<-st_read("aluerajaukset.shp")  
class(sij1)  
sij2<-sij1  
sij2<-st_intersection(aluer[2,],sij2) #aluerajaus, jossa mukana vain hankkeiden pääasialliset vaikutusalueet  
sij2<-sij2[,-1]  
ggplot(sij2) +  
  geom_sf(aes(fill=ve2h))
```

```
# Hyotyjen kohdistuminen ihmisryhmittäin
```

```
df<-as.data.frame(sij2)
df<-df[!df$Koko.väestö<30,] #karsitaan alueet, joissa alle 30 ihmistä

#yhdistä varusmiehet muihin
df$Muut.työvoiman.ulkopuolella.olevat<
      df$Muut.työvoiman.ulkopuolella.olevat+df$Varusmiehet..siviilipalvelusmiehet
df<-df[,-c(4,7,8,9,12)] #karsi turhat kolumnit
sum(df$`Koko väestö`) == sum(df[,4:9]) #kattaa koko väestön
colnames(df)
colnames(df)[2:9]<-c("Tunnus", "Koko väestö", "Työlliset", "Työttömät", "0-14 -vuotiaat",
                    "Opiskelijat/koululaiset", "Eläkeläiset", "Muut")
```

```
# Summataa aluekohtainen saavutettavuus kuhunkin ihmisryhmään
```

```
vakir<-colSums((df[,3:9]))
barplot(vakir)
nykys<-df[,3:9]*df$nykys
ve0s<-df[,3:9]*df$ve0s
nykyst<-df[,3:9]*df$nykyst
ve0st<-df[,3:9]*df$ve0st
ve1st<-df[,3:9]*df$ve1st
ve2st<-df[,3:9]*df$ve2st
ve3st<-df[,3:9]*df$ve3st
```

```
# Lasketaan skenaarioiden hyödyt ihmisryhmittäin
```

```
ve1h<-df[,3:9]*(df$ve1s-df$ve0s)
ve2h<-df[,3:9]*(df$ve2s-df$ve0s)
ve3h<-df[,3:9]*(df$ve3s-df$ve0s)
```

```
# Colsums funktiolla lasketaan alueiden hyödyt yhteen ihmisryhmittäin
```

```
skenaariot<-list(ve1h, ve2h, ve3h, nykys, ve0s, nykyst, ve0st, ve1st, ve2st, ve3st)
hyodyt<-sapply(skenaariot, colSums)
norm<-function(x) {
  x/vakir
}
```

```
normalisoitu<-hyodyt/vakir
nyky_ve0<-rbind(normalisoitu[,4],normalisoitu[,5])
terveys<-rbind(normalisoitu[,6],normalisoitu[,7])
scen<-rbind(normalisoitu[,1],normalisoitu[,2])
scen<-rbind(scen,normalisoitu[,3,])
```

```
# Normalisoidaan ihmisryhmän väestömäärällä
```

```
summary(df$nykys)
quantile(df$nykyst, probs = seq(0, 1, 0.05))
quantile(df$nykys, probs = seq(0, 1, 0.05), na.rm =T)
```

```
#Kuvaajat hyötyjen kohdistumisesta ihmisryhmittäin
```

```
barplot(nyky_ve0 - 9.9, beside = T, main = "Saavutettavuus väestöryhmittäin vuosina 2017 ja 2030",  
  legend = T, xlim=c(0,25), ylim=c(0,1))  
barplot(terveys - 2.3, beside = T, main = "Terveyskeskuksien saavutettavuus vuosina 2017 ja 2030",  
  legend = T, xlim=c(0,26))  
barplot(scen, beside = T, main = "Skenaarioiden hyötyjen kohdistuminen väestöryhmittäin", legend = T,  
  xlim=c(0,35))  
  
terveys2<-rbind(normalisoitu[8,],normalisoitu[9,])  
terveys2<-rbind(terveys2, normalisoitu[10,])  
  
barplot(terveys2 - 2, beside = T, main = "Terveydenhoidon saavutettavuus eri skenaarioissa", legend = T,  
  xlim=c(0,35))
```

```
# Korreloiko saavutettavuus ja väestöryhmä? muut tilastolliset tarkastelut
```

```
cor(df$tyottomuusaste, df$nykys)  
cor(df$lapset, df$nykys)  
cor(df$elakelaisaste, df$nykys)  
cor(df$opiskelijaaste, df$nykys)  
  
weighted.median(df$nykys,df$Työttömät)  
weighted.mean(df$nykys,df$Työttömät)  
sqrt(weighted.var(df$nykys,df$Työttömät))  
weighted.quantile(df$nykys,df$Työttömät,probs=seq(0,1,0.1))
```

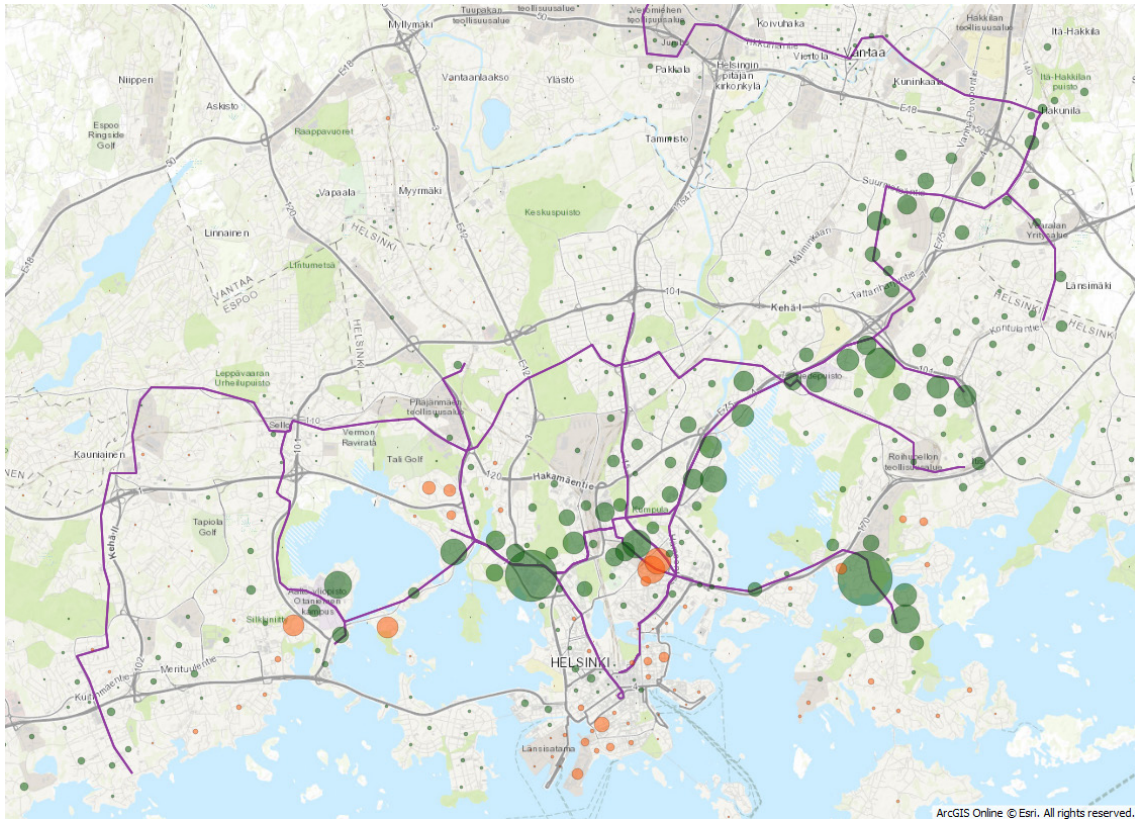
```
# Saavutettavuuden jakautuminen tulotasoittain
```

```
savu_tulo<-df[,c(10,25,11:24)]*df$nykys  
tulosum<-colSums((df[,c(10,25,11:24)]))  
savu_tulo_sum<-colSums(savu_tulo)  
savu_tulotaso<-savu_tulo_sum/tulosum  
barplot(savu_tulotaso - 9.9, main = "Saavutettavuus tuloluokittain vuonna 2017")  
cor(df[,25],df$nykys)
```

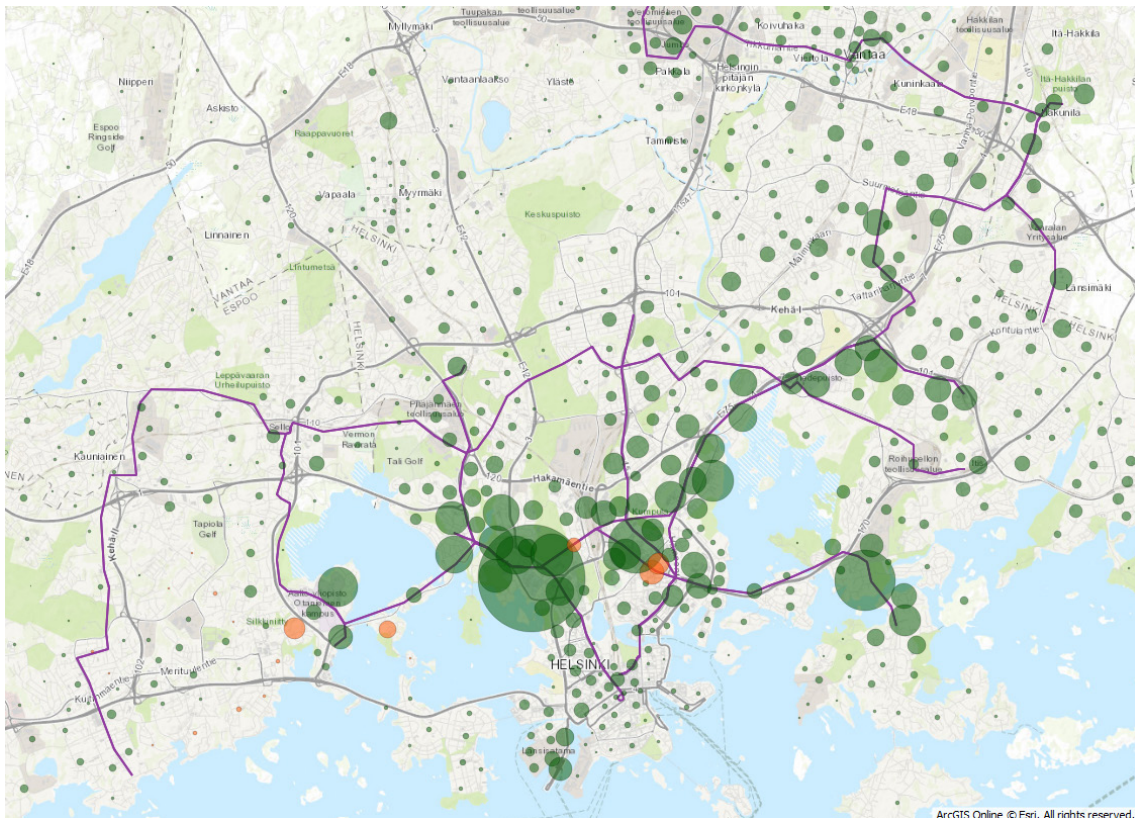
```
# Visualisoi saavutettavuus- ja tyottomuusaste XY-kuvaajaan alueittain
```

```
plot(df$nykys,df$tyottomuusaste, xlab = "Saavutettavuus", ylab = "Työttömyysaste")
```

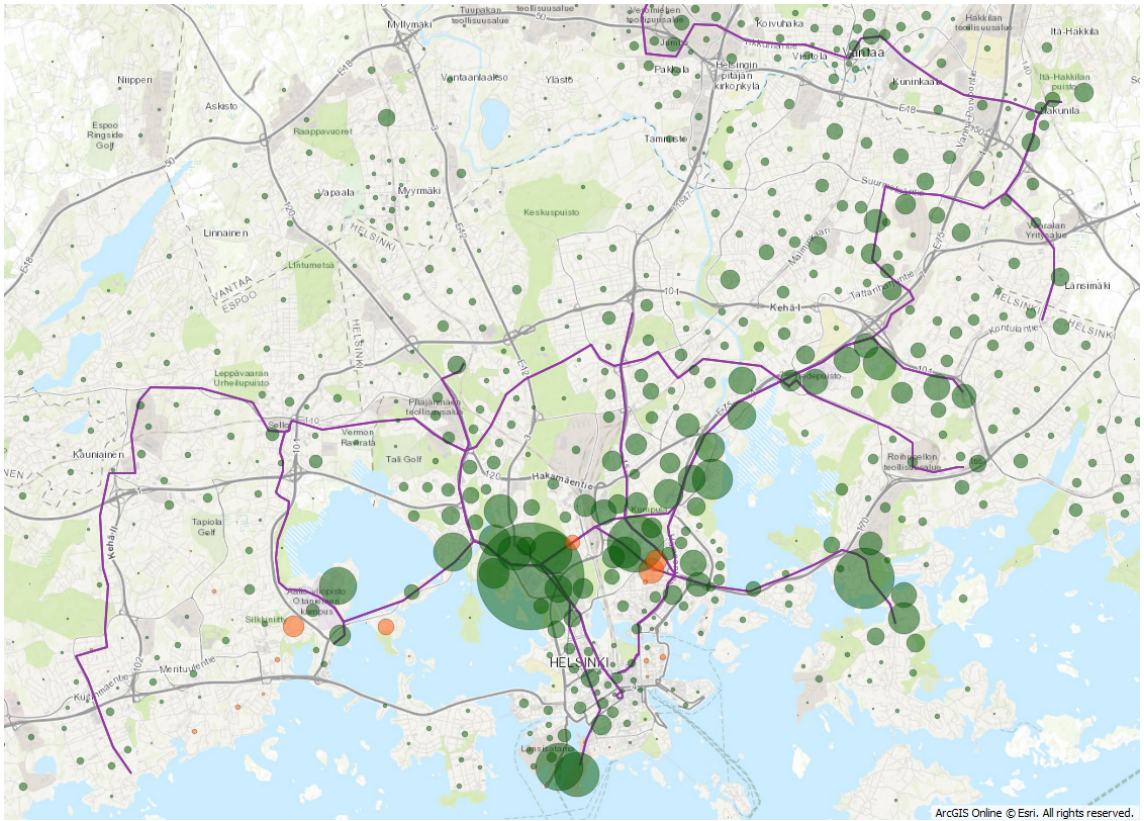
Liite 2. Matka-aika- ja palvelutasohyödyt matkustajamäärillä painotettuna



VE1 matka-aika ja palvelutasohyödyt VEO:aan verrattuna

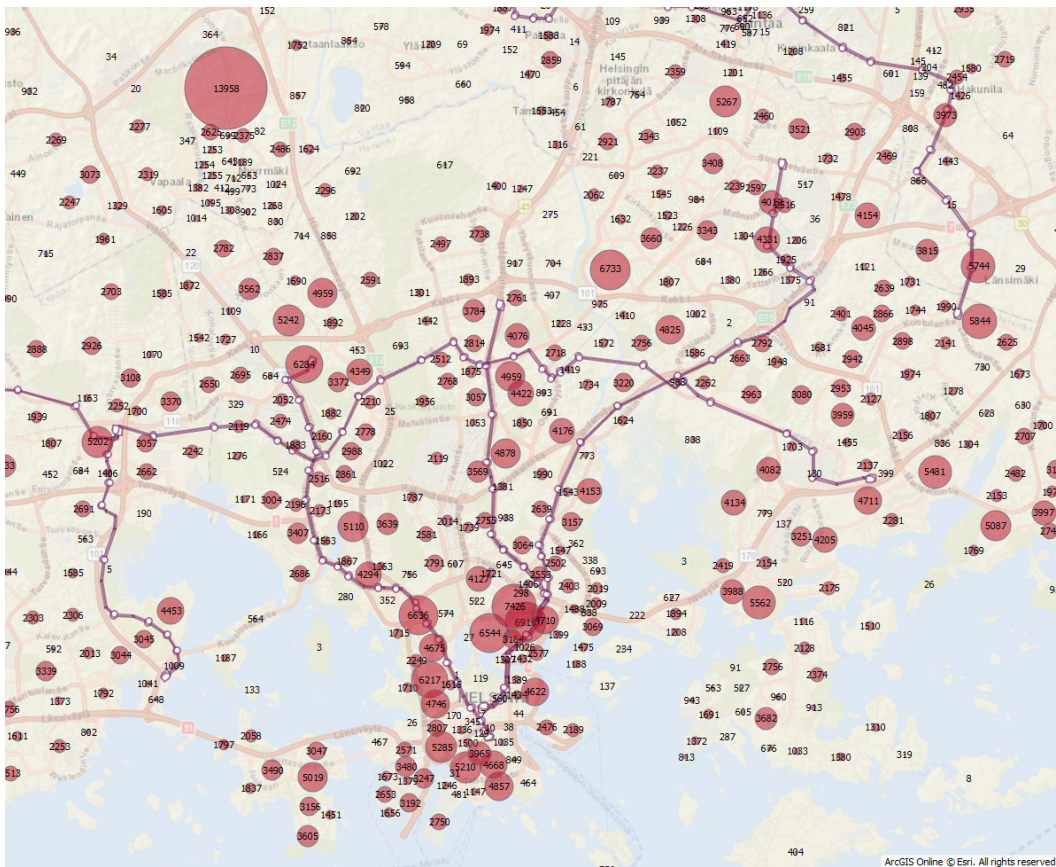


VE2 matka-aika ja palvelutasohyödyt VEO:aan verrattuna

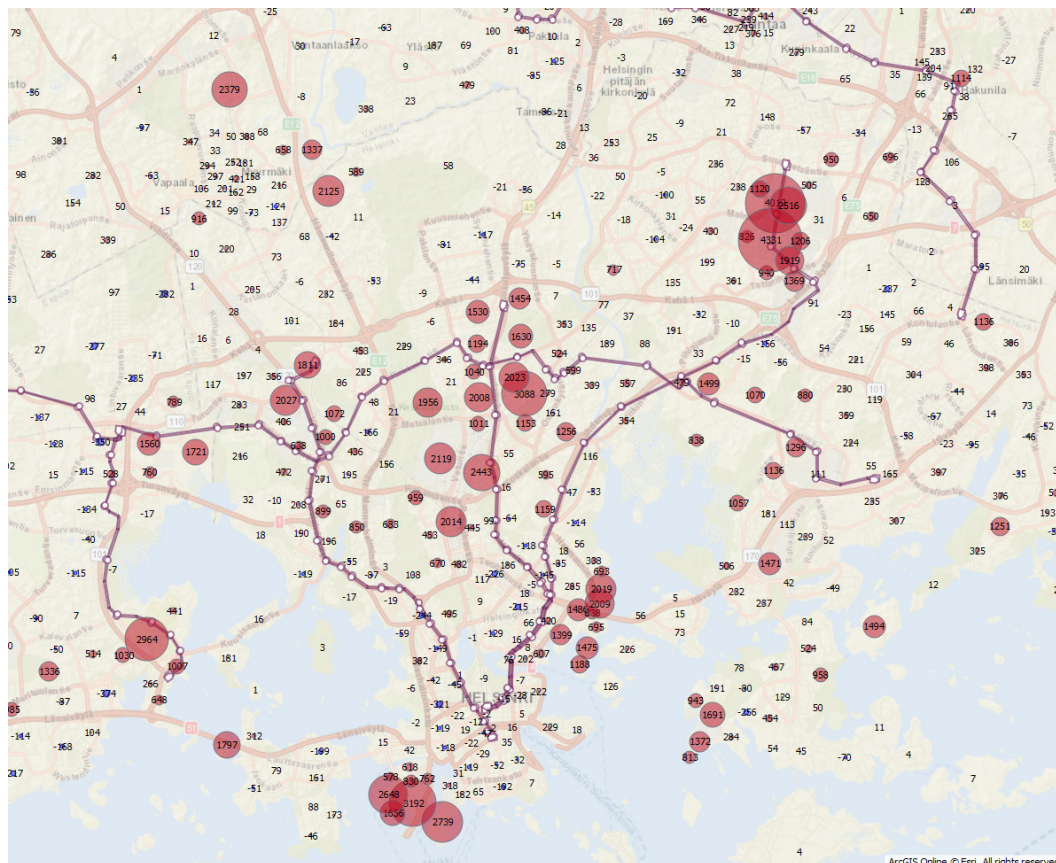


VE3 matka-aika ja palvelutasohyödyt VE0:aan verrattuna

Liite 3. Liikenne-ennustemallin maankäyttötiedot

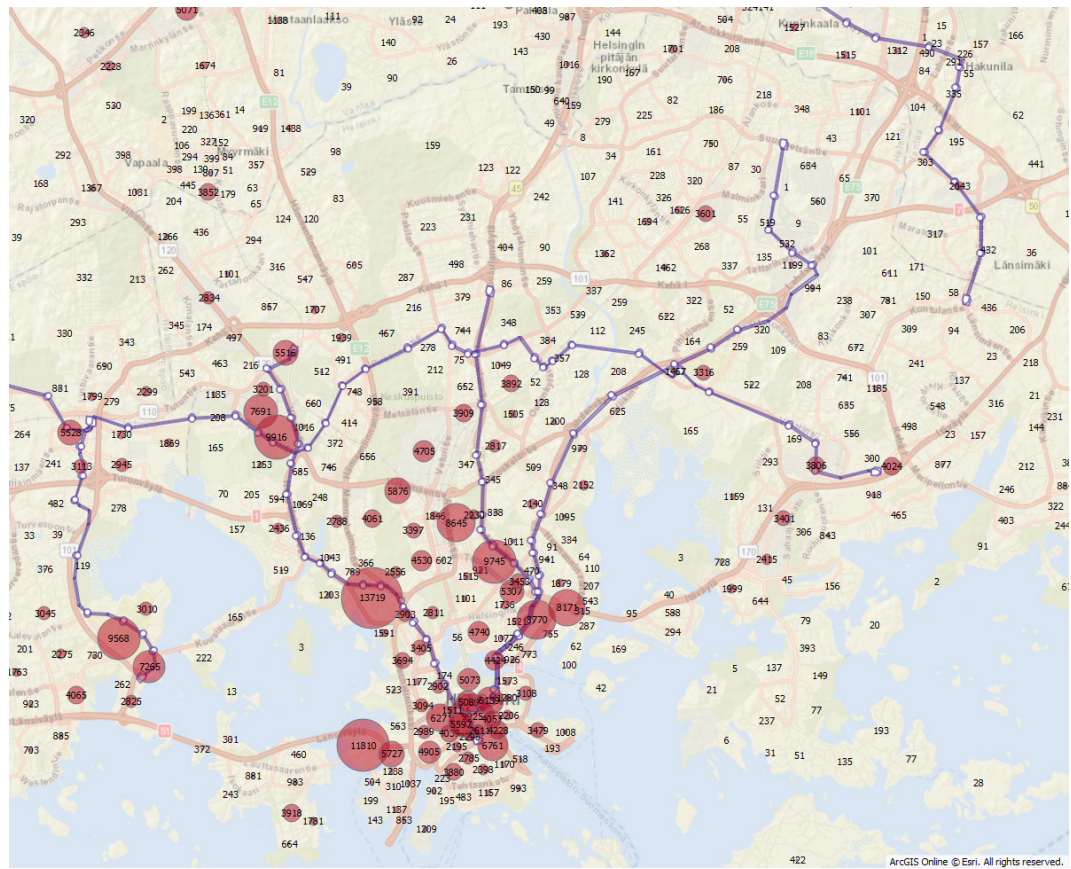


Asukasmäärät liikenne-ennustemallissa vuonna 2030

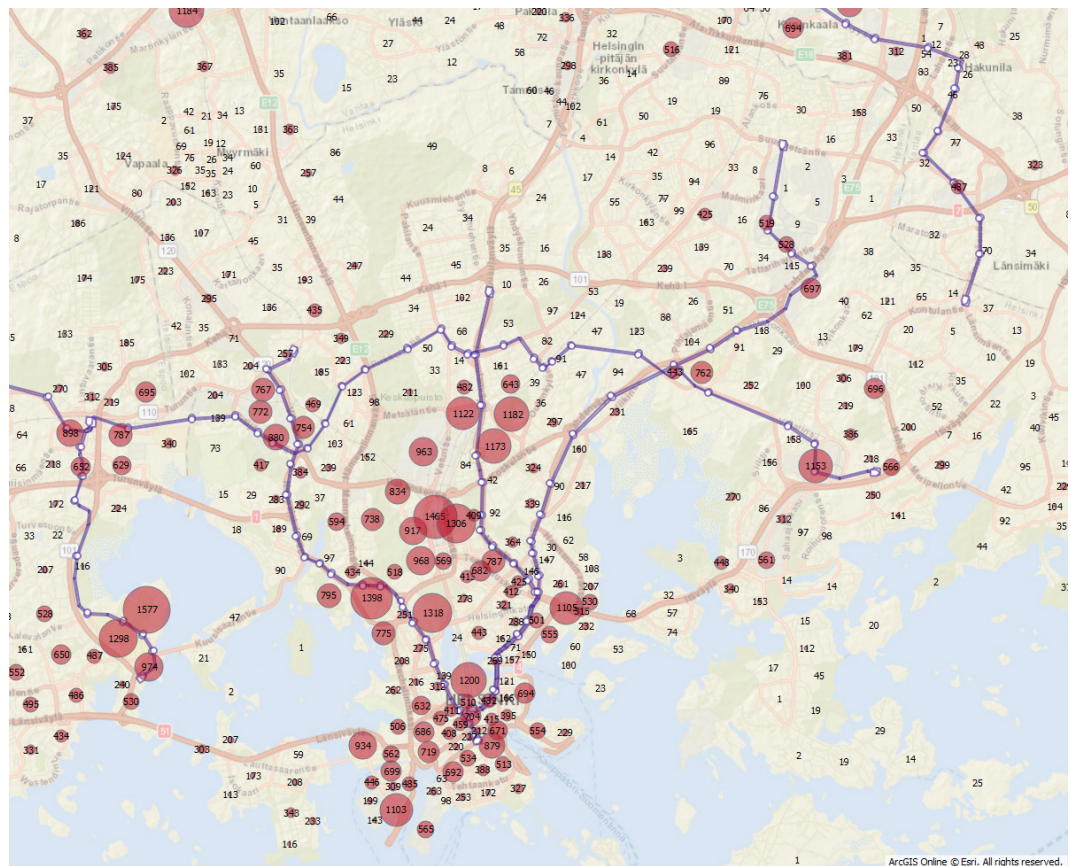


Asukasmäärän muutos vuosina 2017–2030

*Työpaikkamäärät
liikenne-ennustemal-
lissa vuonna 2030*



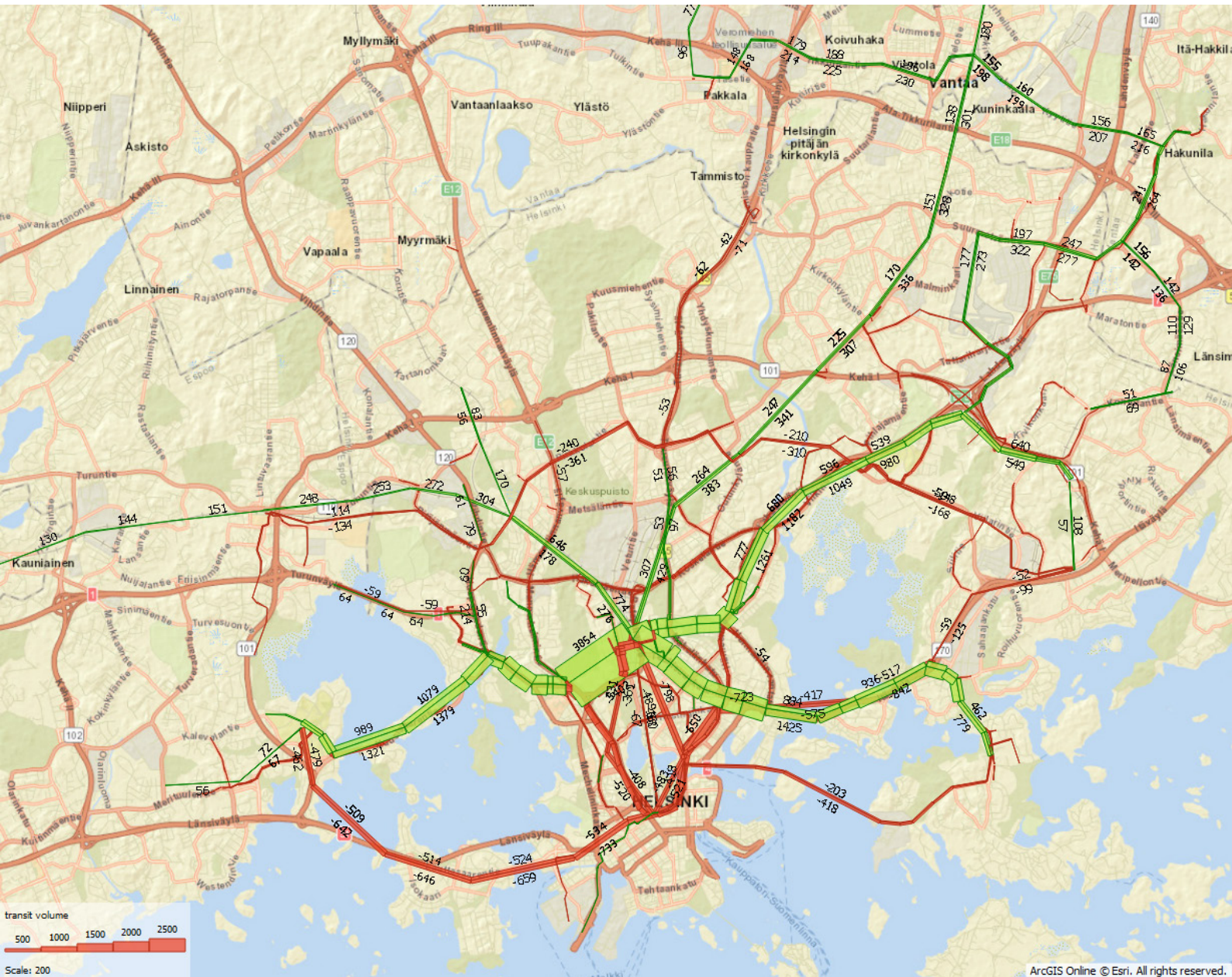
*Työpaikkamäärän
muutos vuosina
2017–2030*



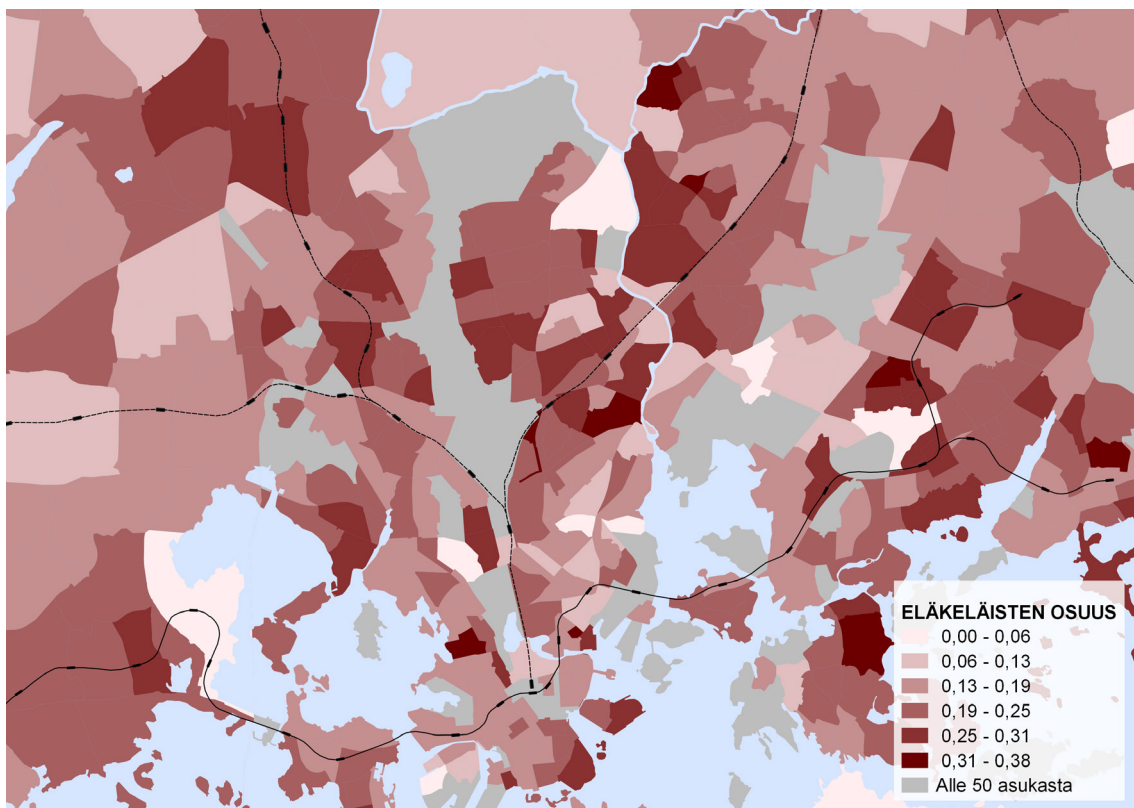
Liite 4. Liikenne-ennustemallin pohjaverkon (MAL 2030_ve4) toteutuneet liikennehankkeet

- Ruuhkamaksut porttimallilla kaksinkertaiset hinnat
- Pisara-rata
- Espoon kaupunkirata Leppävaara-Kauklahti (kaupunkijunaliikenne 10 min välein)
- Kerava-Nikkilä -henkilöjunaliikenne 20 min välein
- Junatarjonnan lisääminen Pääradalla (R-junan vuoroväli 15 min)
- Junatarjonnan lisääminen Oikoradalla (ruuhkan vuoroväli 30 min)
- Metron automatisointi (vuoroväli 100 s)
- Metron kääntöraide Matinkylässä
- Helsingin raitioliikenteen kehittämisohjelma (raitoliikenteen nopeuttaminen)
- Viikin-Malmin pikaraitiotie
- Vihdintien pikaraitiotie Pohjois-Haagaan + bulevardi
- Tuusulanväylän pikaraitiotie Maunulaan + bulevardi
- Pikaraitiotie Mellunmäki–Aviapolis–Lentoasema
- Pikaraitiotie Matinkylä–Suurpelto–Kera–Leppävaara–(Myyrmäki)
- Kerava-Hyrylä-Kehärata bussiyhteys
- Klaukkala-Kivistö bussiyhteys
- Kehä III toimivuus (lisäkaistat Vantaankoski-Pakkala)
- Lahdenväylän (Vt 4) lisäkaistat Kehä III-Koivukylänväylä
- Lahdenväylän (Vt 4) lisäkaistat Koivukylänväylä-Kulomäentie
- Järvenpää – kt 45
- Malmin lentokenttä (Tattarisillan liittymä, Kehä I:n ja Lahdenväylän liittymäalue)
- Kuninkaantammen liittymä + lisäkaistat
- Kehä I Maarinsolmu ja Hagalundin tunneli
- Vaihtopysäkit Hakunilassa ja Länsimäessä

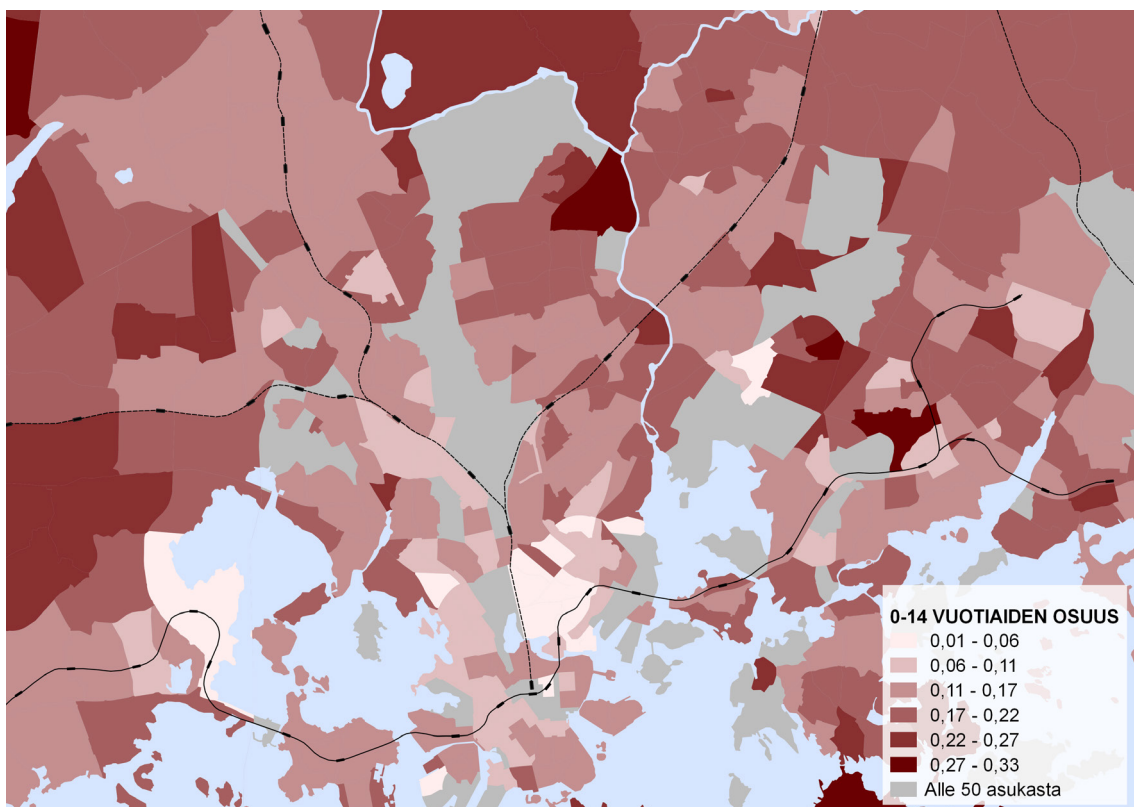
Liite 5. Matkustajamäärämuutokset koko joukkoliikenneverkolla VE2 ja VE0 välillä



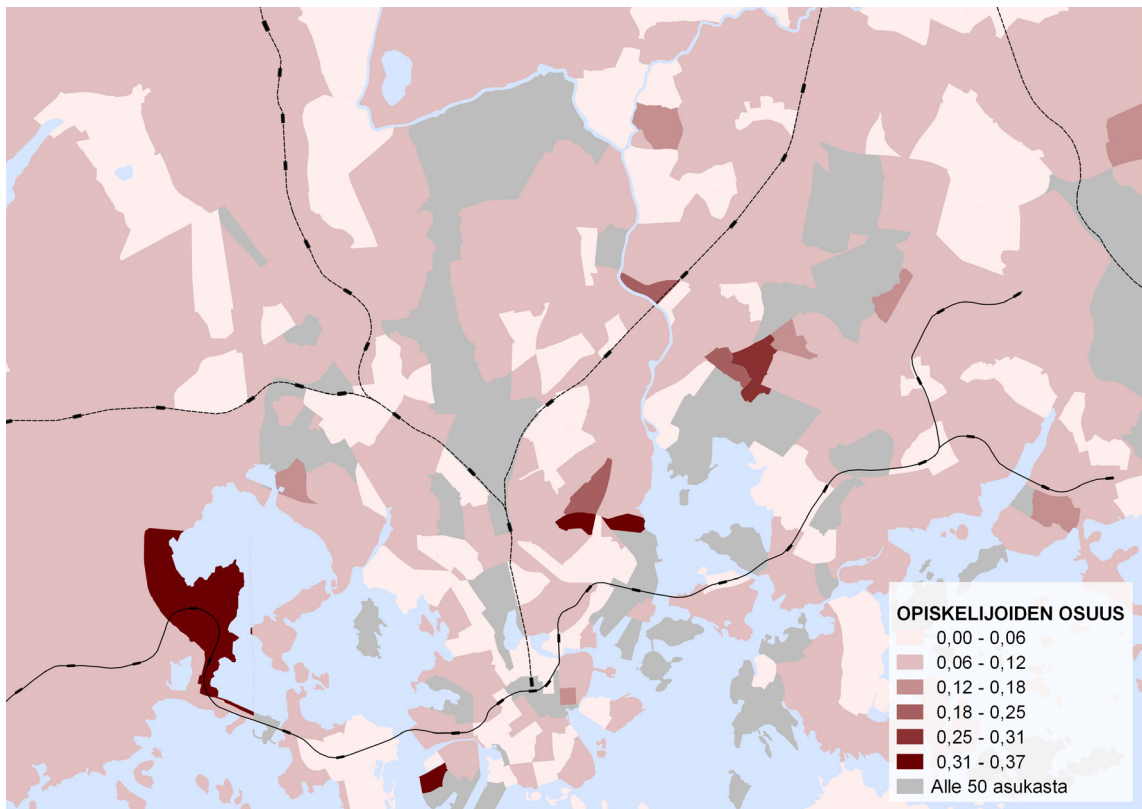
Liite 6. Eri väestöryhmien jakautuminen tarkastelualueella



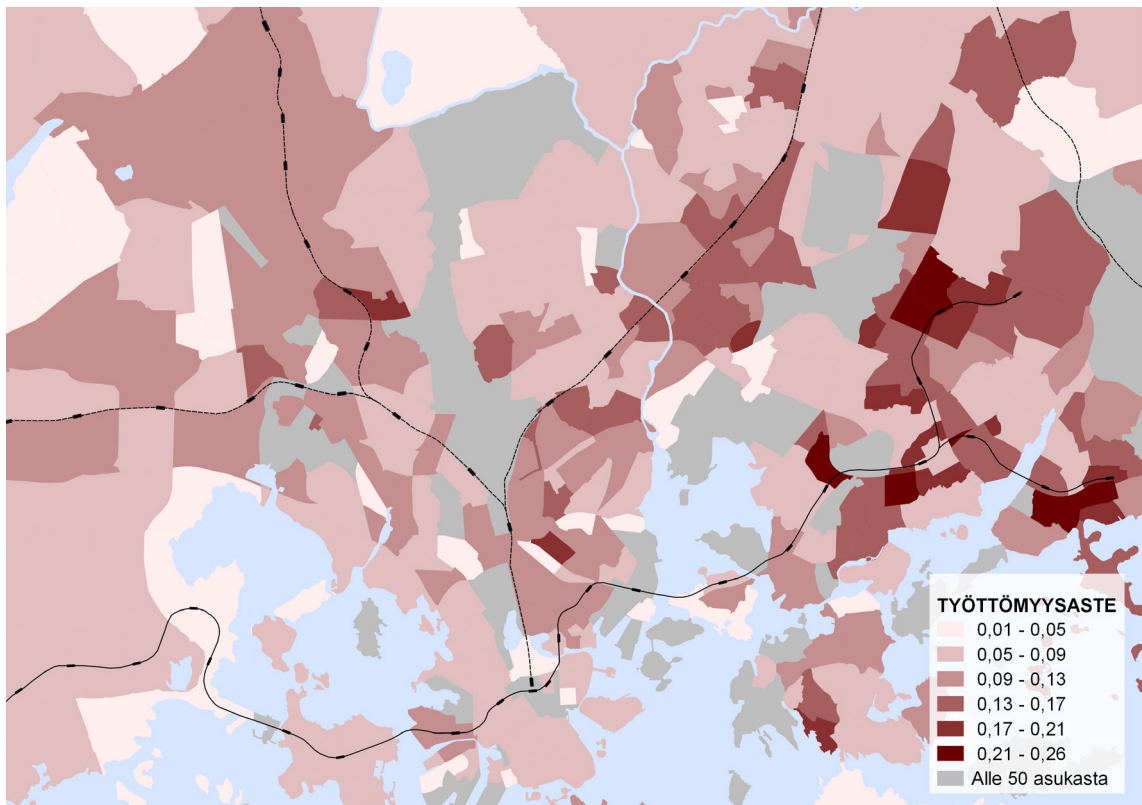
Eläkeläisten osuus tarkastelualueella



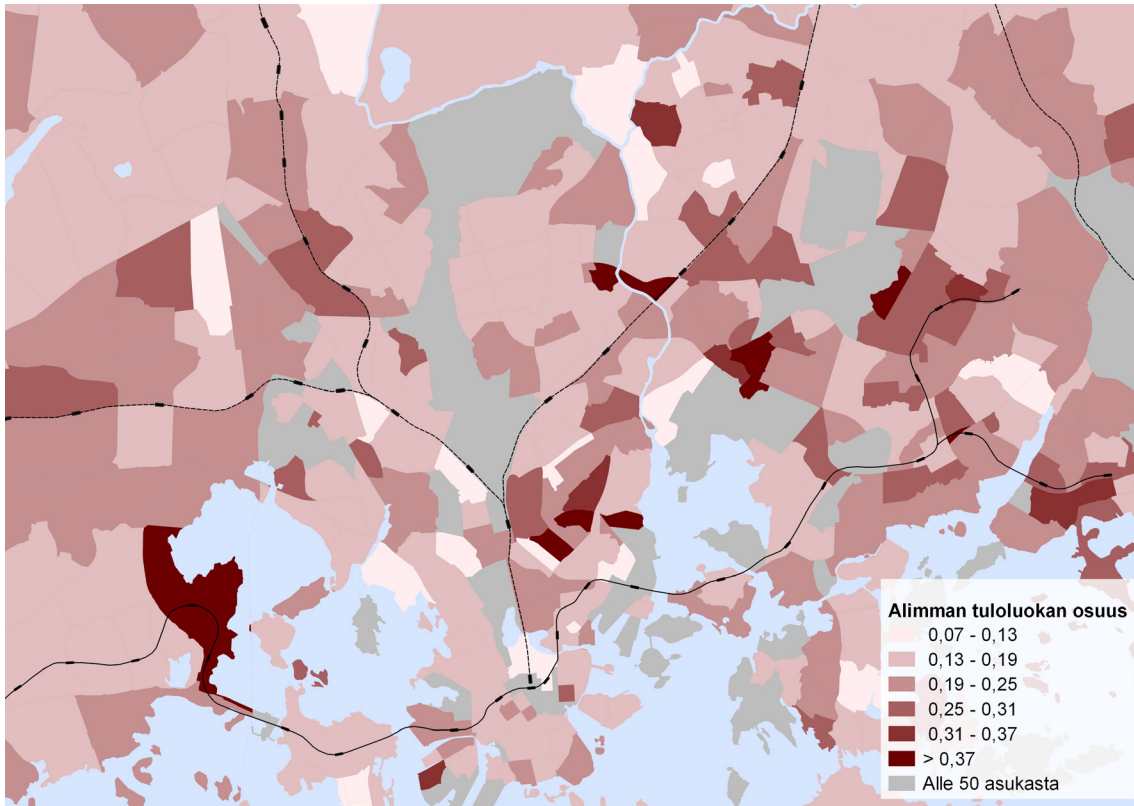
0-14-vuotiaiden osuus tarkastelualueella



Opiskelijoiden osuus tarkastelualueella



Työttömien osuus tarkastelualueella



Alle 10 000 € vuodessa tienaavien osuus tarkastelualueella.

Kuvailulehti

Tekijä(t)	Samuli Kyytsönen
Nimeke	Saavutettavuus sosiaalisesta näkökulmasta Case: Helsingin poikittaisten pikaraitioteiden suunnittelu
Sarjan nimeke	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Sarjanumero	2019:15
Julkaisuaika	25.11.2019
Sivuja	58
Liitteitä	6
ISBN	978-952-331-681-2 (verkkoversio)
ISSN	2489-4257 (verkkoversio)
Kieli, koko teos	Suomi

Tiivistelmä:

Työn päätavoitteena oli kehittää liikennejärjestelmähankkeiden vaikutusten arviointia oikeudenmukaisuuden ja sosiaalisen kestävyuden näkökulmista. Tarkasteluissa käytettiin päämittarina saavutettavuutta, joka sitoo yhteen maankäytön ja liikenteen ominaisuudet. Kehitetystä menetelmästä on tutkittu joukkoliikennesaavutettavuuden jakautumista ihmisryhmittäin ja alueittain.

Menetelmää sovellettiin nykytilanteen tarkasteluun sekä tulevaisuuden poikittaisten pikaraitiotiehankkeiden vaikutusten arviointiin. Pasilan kautta kulkevista Jokeri 0- ja Tiederatikka-linjauksista on tehty neljän eri skenaarion vertailu. Menetelmä toteutettiin Helmet 3.0 -liikenne-ennustejärjestelmällä sekä väestötietopohjaisella paikkatiedolla.

Liikenne-ennustemallista saatavien tulosten mukaan poikittaisyhteyksien tuomat saavutettavuushyödyt ovat moninkertaiset, jos raitiotiet toteutettaisiin tunneliyhteyksinä Pasilan kohdalla. Tunneliyhteydet hyödyntäisivät Pasilaan louhittua tilaa metroasemalle. Linjojen matkustajamäärät ovat suuremmat kuin millään muulla seudulle suunnitellulla pikaraitiotielinjalla. Täydentävää tutkimusta varten ennustemallilla tehtiin saavutettavuusmittarit kuvaamaan työpaikkojen ja terveyskeskusten saavutettavuutta joukkoliikenteellä.

Paikkatietotarkastelut osoittavat, että joukkoliikennesaavutettavuus on jakautunut hyvin tasaisesti eri ihmisryhmien kesken. Esimerkiksi työttömillä, eläkeläisillä, opiskelijoilla ja alimpien tuloluokkien väestöllä on keskiarvoltaan lähes yhtä hyvä saavutettavuus kuin työllisillä tai korkeimmilla tuloluokilla. Poikittaisyhteyksien tuomat saavutettavuushyödyt jakautuvat niin ikään melko tasaisesti skenaarion riippumatta. Eniten hankkeista hyötyivät 0–14 -vuotiaat, opiskelijat ja eläkeläiset. Saavutettavuuden tasapuolinen jakautuminen ei kuitenkaan tarkoita yksiselitteisesti oikeudenmukaista tilannetta.

Vaikka keskiarvoisesti joukkoliikennesaavutettavuus on tasaisesti jakautunut, tulokset kartalla osoittavat tiettyjä alueellisia kasautumia. Helsingin itäosissa esiintyy samanaikaisesti heikon työpaikkasaavutettavuuden alueita ja korkeita työttömyyslukuja. Karttavisualisoinneilla pystyttiin osoittamaan alueita, joissa on riski sosiaaliselle eriytymiselle.

Avainsanat	Liikenne, maankäyttö, saavutettavuus, pikaraitiotie, sosiaalinen, oikeudenmukaisuus, liikenne-ennustemalli, ihmislähtöinen suunnittelu
------------	--

Documentation page

Publisher	Urban Environment Division of City of Helsinki
Author(s)	Samuli Kyytsönen
Title of publication	Social Perspective of Accessibility – Planning Transverse Light Rail Connections in Helsinki
Publication number	2019:15
Date	25.11.2019
No. of pages	58
No. of appendices	6
ISBN	978-952-331-681-2 (web publication)
ISSN	2489-4257 (web publication)
Language	Finnish

Summary:

Currently, numerous cities are aiming for more sustainable urban mobility systems. Such systemic changes require the simultaneous understanding of various aspects of planning, and their social impacts. However, there is still a lack of methods for analyzing the socio-spatial impacts of such large scale changes. Accessibility, as an example, integrates together the traditionally separately analyzed components of land-use and transportation, offering a concept for understanding their human-related impacts, as well. Consequently, for answering to the challenge, the main objective of this thesis was to develop a method for evaluating the socio-spatial and justice-related impacts of sustainable mobility projects on various population groups.

The scope of the thesis was to develop and test the method in the context of the new Helsinki City Plan (2016). The method was designed to supplement a currently utilized transport forecast model (Helmet 3.0) with an extension that allows more detailed socio-spatial and justice-related analysis (GIS data of various population groups) of selected parts of the plan. The methodological combination was tested through comparing four scenarios of transverse light rail connections, which pass through one of the most central public transport nodes in the region, Pasila.

The traditional transport forecast results indicated considerably higher accessibility benefits for a scenario, which utilized an underground route in Pasila. Passenger loads in this scenario were higher than for any other light rail in the region. In addition, population group based accessibility to workplaces and health care centers by public transport was measured. The supplementary socio-spatial impact analysis revealed that public transport accessibility was almost evenly distributed among the different population groups. In addition, the estimated benefits of the evaluated light rail connections were quite evenly distributed in all scenarios with children, students and pensioners as the most benefited population groups. Nevertheless, even distribution does not necessary implicate a just situation. Despite of the even distribution, the analyses pointed out areas with a higher risk for socio-spatial exclusion with lower accessibility. Altogether, the findings underline the importance of developing systematic methods for evaluating the socio-spatial and justice-related accessibility impacts of urban development projects.

Key words	Transport, Land-Use, Accessibility, Light Rail, Social, Justice, Transport Forecast Model, Human-Oriented Planning
-----------	--



Helsinki

Kaupunkiympäristön toimiala huolehtii Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta, rakennusvalvonnasta sekä ympäristöön liittyvistä palveluista.