

Kasautumisvaikutusten arvioinnin menetelmät liikennejärjestelmän kehittämisen vaikutustarkastelussa



Taina Haapamäki

Antti Kauhanen

Seppo Laakso

Heikki Metsäranta

Marianna Ojanperä

Krista Riukula

Touko Väänänen

Suosittelava lähdeviittaus:

Haapamäki, Taina, Kauhanen, Antti, Laakso, Seppo, Metsäranta, Heikki, Ojanperä, Marianna, Riukula, Krista & Väänänen, Touko (6.5.2020).

”Kasautumisvaikutusten arvioinnin menetelmät liikennejärjestelmän kehittämisen vaikutustarkastelussa”.

ETLA Raportti No 101.

<https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-101.pdf>

Tiivistelmä

Tuotannon ja väestön keskittyminen kaupunkialueille ja niiden ympäristöön on paljon esillä oleva taloudellinen ja yhteiskunnallinen teema. Taloudellisen toiminnan alueellista keskittymistä kutsutaan kaupunkitaloustieteessä kasautumiseksi (agglomeraatio). Kasautumisen taloudellinen merkitys muodostuu sen vaikutuksesta yritysten tuottavuuteen. Ymmärrys kasautumisen ilmiöistä ja vaikutuksista on tärkeää liikenne-, elinkeino- ja kaupungistumispolitiikan näkökulmista.

Tässä työssä luodaan teoreettinen viitekehys, jonka sisällä voidaan tarkastella kasautumisen vaikutuksia ja arvioida liikennejärjestelmätöimenpiteiden vaikutusta kasautumiseen. Työssä esitellään uusinta empiiristä ja arviointitutkimusta liikennejärjestelmää muuttavien toimenpiteiden kasautumisvaikutuksista ja esitetään haasteita, joita liittyy ilmiön empiiriseen tutkimukseen. Erityistä huomiota kiinnitetään siihen, miten vaikutuksia voidaan arvioida ilman riskiä tulosten tai niiden tulkintojen vääristymisestä. Keskeiset riskit ovat hyötyjen laskeminen kahteen kertaan ja puutteellisista koeasetelmista johtuvat liian suuret joustokertoimet saavutettavuuden ja tuottavuuden väliselle yhteydelle. Työssä esitetään suosituksia kasautumisvaikutusten tutkimiseksi ja arviointimenetelmien kehittämiseksi Suomessa.

Abstract

Methods to Evaluate Agglomeration Effects in Transport System appraisal Frameworks

The spatial concentration of production and population to urban areas is an important theme in societal discussion. The spatial concentration of economic activity is called agglomeration in urban economics. The economic impact of agglomeration is seen in the productivity of firms. Understanding agglomeration and its impacts is important from the point of view of transport, business and urbanization policies.

This report lays out a theoretical framework that can be used to analyze the impacts of agglomeration and examine how the improvements of the transport system affects agglomeration. The recent empirical literature on the impact of the transport system on agglomeration is reviewed and the challenges of this literature are discussed. The focus is especially on how the impact of changes in the transport system on agglomeration can be analyzed in a reliable way. The main threats to reliable analysis are double counting of benefits and poor research designs leading to too large estimates of the elasticity between accessibility and productivity. The report provides recommendations on how the transport appraisal frameworks should be developed to capture agglomeration effects, and highlights the need for Finnish research on this subject.

DI **Taina Haapamäki** (taina.haapamaki@flou.io) on FLOU Oy:n toimitusjohtaja.

KTT **Antti Kauhanen** (antti.kauhanen@etla.fi) on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkimusjohtaja ja taloustieteen professori Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulussa.

VTT **Seppo Laakso** (seppo.laakso@kaupunkitutkimusta.fi) on Kaupunkitutkimus TA Oy:n toimitusjohtaja ja kaupunkitaloustieteen dosentti Helsingin yliopistossa.

DI **Heikki Metsäranta** (heikki.metsaranta@ramboll.fi) toimii Ramboll Finland Oy:ssä projektipäällikkönä.

KTK **Marianna Ojanperä** (marianna.ojanpera@flou.io) toimii FLOU Oy:ssä analyytikkona.

KTT **Krista Riukula** (krista.riukula@etla.fi) on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkija.

DI **Touko Väänänen** (touko.vaananen@flou.io) toimii FLOU Oy:ssä datatieteilijänä.

Msc (Tech) **Taina Haapamäki** is the Managing Director of FLOU Oy.

DSc (Economics) **Antti Kauhanen** is a Research Director at ETLA Economic Research and a Professor of Economics at Jyväskylä University School of Business and Economics.

DSocSc (Economics) **Seppo Laakso** is the Managing Director of The Urban Research TA Oy and a Docent of Urban Economics at the University of Helsinki.

Msc (Tech) **Heikki Metsäranta** is a Project Manager at Ramboll Finland Ltd.

BSc (Economics) **Marianna Ojanperä** is an Analyst at FLOU Oy.

DSc (Economics) **Krista Riukula** is a Researcher at ETLA Economic Research.

Msc (Tech) **Touko Väänänen** is a Data Scientist at FLOU Oy.

Kiitokset: Tämän raportin ovat rahoittaneet liikenne- ja viestintäministeriö sekä Liikenne- ja viestintävirasto.

Acknowledgements: This report has been commissioned by the Ministry of Transport and Communications and the Finnish Transport and Communications Agency.

Avainsanat: Liikennejärjestelmä, Agglomeraatio, Kasautuminen, Liikennehankkeet, Taloudelliset vaikutukset

Keywords: Transport system, Agglomeration, Wider economic impacts

JEL: R42, H43, H54

Sisällys

Lukijalle	4
Sanasto	5
1 Johdanto	6
2 Kasautumisen talouden teoreettinen viitekehys	6
2.1 Taloudellisen toiminnan kasautuminen ilmiönä	6
2.2 Sektorikohtaisen keskittymisen eduista tuotantotoiminnalle – lokalisaatiovaikutukset.....	8
2.3 Kaupungin suuruudesta ja monipuolisuudesta seuraavat kasautumisvaikutukset – urbanisaatiovaikutukset.....	9
2.4 Kasautumisen vaikutukset yritystasolla.....	9
2.5 Kasautuminen ja saavutettavuus.....	13
2.6 Saavutettavuuden paranemisen laajempia vaikutuksia yritystoimintaan.....	16
3 Katsaus empiiriseen tutkimuskirjallisuuteen	17
3.1 Lähtökohdat ja haasteet	17
3.2 Kasautumisvaikutusten empiirinen tarkastelu	18
3.3 Kasautumisartikkelit.....	27
3.4 Johtopäätökset	30
4 Kasautumisvaikutukset liikennehankkeiden arviointiohjeissa	31
4.1 Kasautumisvaikutusten huomiointi liikennehankkeiden arvioinnissa.....	31
4.2 Kansalliset liikennehankkeiden arviointiohjeet.....	32
4.3 Kasautumisvaikutusten arvioinnit Suomessa	36
4.4 Ulkomaisia hankkeiden kasautumisvaikutusten arvioita	38
4.5 Johtopäätökset	39
5 Kasautumisvaikutusten arvioinnin edellytykset	39
5.1 Kasautumisvaikutukset osana liikennejärjestelmän toimenpiteiden arviointia	39
5.2 Arviointimallien siirrettävyyden arviointi.....	40
5.3 Kasautumisen tietoaineistot.....	42
5.4 Tuottavuuteen liittyvät tietoaineistot	44
5.5 Arvioinnin tasot.....	44
5.6 Yhteenveto.....	46
6 Suositukset jatkotoimenpiteiksi	47
Viitteet	49
Kirjallisuus	50

Lukijalle

Liikenne vaikuttaa yritysten tuottavuuteen monen eri kanavan kautta. Liikennejärjestelmän kehittämällä voidaan vaikuttaa mm. työvoiman saatavuuteen ja kuljetuskustannuksiin, mutta myös epäsuorasti osaamisen jakamiseen ja alihankintaketjujen erikoistumismahdollisuuksiin.

Tietoa liikennejärjestelmän kehittämisen vaikutuksista yritysten tuottavuuteen tarvitaan liikennepoliittista päätöksentekoa varten, jotta resurssit osataan kohdistaa oikein. Perusteet liikenteen tuottavuusvaikutusten arvioinnille on luotu liikenne- ja kaupunkitaloustieteen tutkimuksessa, joita soveltamalla voidaan tuottaa luotettavia sekä läpinäkyviä arvioinnin työkaluja mm. liikennejärjestelmäsuunnittelun ja liikennepoliitiikan valmistelun tueksi. Kaupunkitaloustieteessä tunnistetut kasautumisvaikutukset yhdistävät maankäytön ja liikennejärjestelmän talouden toimintaan ja luovat täten selkeän viitekehksen arviointimenetelmien kehittämiseksi.

Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla panostetaan vahvasti liikennejärjestelmän taloudellisten vaikutusten arvioinnin kehittämiseen. Pitkäjänteinen työ hankearvioinnin kehittämisessä on luonut hyvät lähtökohdat hankkeiden suorien hyötyjen arvioinneille. Strategiatyöhön tarvitaan lisäksi ymmärrystä epäsuorista vaikutuksista. Kehittämistyö vaatii luotettavaa tutkimustietoa sekä laajamittaista yhteistyötä akateemisen tutkimuksen, yksityisen sektorin ja virkakoneiston välillä.

Tämä esiselvitys on osa liikennejärjestelmän taloudellisten vaikutusten arvioinnin kehitystyötä, jonka puitteissa pyritään parantamaan taloudellisten vaikutusten arvioinnin menetelmiä ja tapoja Suomessa. Näihin esiselvityksiin pohjautuen liikenne- ja viestintäministeriö on tuottanut liikennejärjestelmän kehittämisen laajempien taloudellisten vaikutusten arvioinnin tarkastelukehikon. Sen tavoitteena on luoda raamit arviointien tekemiselle sekä auttaa laajempien taloudellisten vaikutusten arvioinnin määrittämistä suomalaisessa viitekehyksessä.

Tämän esiselvityksen ovat rahoittaneet liikenne- ja viestintäministeriö sekä Liikenne- ja viestintävirasto. Tutkimuksen ovat toteuttaneet Taina Haapamäki (projektipäällikkö), Marianna Ojanperä ja Touko Väänänen FLOU

Oy:stä, Antti Kauhanen ja Krista Riukula Etlasta, Seppo Laakso Kaupunkitutkimus TA Oy:stä ja Heikki Metsäranta Ramboll Finland Oy:stä. Työn ohjausryhmän ovat muodostaneet Niko-Matti Ronikonmäki ja Juha Tervonen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Hannu Kuikka ja Tuomo Suvanto Liikenne- ja viestintävirastosta, Katja Estlander Väylävirastosta ja Lauri Vuorio Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymästä.

Helsingissä huhtikuussa 2020

Niko-Matti Ronikonmäki
ohjausryhmän puheenjohtaja

Sanasto

Jakaminen

Kasautumisvaikutusten mekanismi, joka kasvattaa tuotavuutta sen kautta, että samat toimijat voivat käyttää yhteisiä välipanosresursseja, kuten toimitusketjut. Tiheämmät työpaikkakeskittymät mahdollistavat myös eri-koistuneemmat välipanostuottajat.

Kasautuminen, agglomeraatio

Taloudellisen toiminnan alueellinen keskittyminen. Kasautuminen toimii kolmen mekanismin 1) kohtaanto, 2) jakaminen ja 3) oppiminen kautta. Kasautumisvaikutukset voidaan myös jakaa 1) urbanisaatio- ja 2) lokalisatiovaikutuksiin.

Kasautumisvaikutukset

Tässä raportissa kasautumisvaikutuksilla tarkoitetaan kaikkien kolmen kasautumisen mekanismin (kohtaanto, jakaminen ja oppiminen) yhteisvaikutusta.

Kohtaanto

Taloudellinen käsite, joka kuvaa työntekijöiden ja työntantajien muodostamien pariin syntymistä ja keskinäistä sopivuutta. Mitä parempi kohtaanto työmarkkinoilla on, sitä tuottavampia työnantaja-työntekijä-pareja syntyy.

Lokalisatioedut

Ulkoiset skaalaedut, joiden kautta saman alan yritykset voivat hyötyä toistensa läheisyydestä. Kasautumisen lokalisatioetuja ovat mm. yritysten määrän kasvaessa syntyvät paikalliset oman alan työmarkkinat.

Matkaryhmä

Liikkumistutkimuksissa ja liikenteen kysyntämalleissa yksilöiden tekemät matkat jaetaan usein eri ryhmiin niiden tarkoituksen mukaan. Jako voi olla esimerkiksi 1) työmatkat, 2) työasiamatkat, 3) vapaa-ajan matkat ja 4) muut matkat.

(Yleistetty) matkavastus

Käyttäjän kokema matkustamisen kustannus, joka on painotettu yhdistelmä kaikista matkan komponenteista. Matkavastuksen osatekijöitä voivat olla esimerkiksi matkanhinta, odotusaika ja ajoneuvossaoloaika.

Oppiminen

Kasautumisvaikutusten mekanismi, joka kasvattaa tuotavuutta työntekijöiden liikkuvuuden ja yritysten välisen kanssakäymisen kautta. Mitä enemmän yritykset toimivat yhteistyössä ja mitä suurempaa työntekijöiden liikkuvuus on, sitä enemmän työntekijät voivat oppia toisiltaan, ja parhaat käytännöt leviävät yritysten keskuuteen.

Saavutettavuus

Saavutettavuus kuvaa helppoutta päästä paikkoihin, joihin on tarve päästä. Yksinkertaisimmillaan saavutettavuutta voidaan kuvata alueiden välisen matka-ajan ja määränpääalueen tärkeyttä kuvaavan muuttujan, kuten työpaikkamäärän tai asukasmäärän, avulla. Ekonometrisissä malleissa saavutettavuutta käsitellään hyötynä, jonka matkustaja kokee määränpäähen pääsemisestä.

Tehokas tiheys

Kasautumisen mittaamiseen kehitetty suure, joka mittaa alueen saavutettavuutta oman ja muiden alueiden taloudellisen toiminnan massan sekä alueiden välisten etäisyyksien avulla. Tietyn sijainnin tehokas tiheys voi muuttua liikenneyhteyksien paranemisen kautta, jolloin muut sijainnit tulevat liikenteellisesti lähemmäs, tai oman tai läheisten sijaintien maankäytön kasvun kautta.

Työpaikkasaavutettavuus

Käsite, joka kuvaa kuinka hyvin työpaikat on mahdollista saavuttaa tietystä sijainnista. Työpaikkasaavutettavuutta voidaan mitata saavutettavuusmittarilla, jonka kokotekijänä on määränpääalueen työpaikat, joita painotetaan lähtö- ja määränpääalueen matka-ajalla.

Työvoimasaavutettavuus

Käsite, joka kuvaa, kuinka hyvin asukkaat on mahdollista saavuttaa tietystä sijainnista. Työpaikkasaavutettavuutta voidaan mitata saavutettavuusmittarilla, jonka kokotekijänä ovat määränpääalueen asukkaat, joita painotetaan lähtö- ja määränpääalueen matka-ajalla.

Urbanisaatioedut

Kaupunkialueen suuruudesta itsestään syntyvät edut, josta yritykset ja kuluttajat hyötyvät. Etujen taustalla ovat kaupunkialueen suuri koko ja kulutuskysynnän monipuolisuus ja ennen kaikkea kyky tuottaa uudenlaisia tuotteita ja palveluita.

1 Johdanto

Tuotannon ja väestön keskittyminen kaupunkialueille ja niiden ympäristöön on hyvin tunnettu ja paljon esillä oleva taloudellinen ja yhteiskunnallinen teema. Taloudellisen toiminnan alueellista keskittymistä kutsutaan kaupunkitaloustieteessä kasautumiseksi (agglomeraatio). Kasautumisella on havaittu olevan yhteyksiä yritysten tuottavuuteen.

Liikenteen politiikkatoimenpiteiden suunnittelu edellyttää tutkimustietoa ja arviointimenetelmiä, joilla tutkittua tietoa voidaan soveltaa tulevaisuuden ennakkointiin. Ymmärrys kasautumisen ilmiöistä ja vaikutuksista on tärkeää myös esimerkiksi kaupungistumispolitiikan, kaavoituksen ja elinkeinopolitiikan näkökulmista. Poliitikassa tehdään valintoja, jotka vaikuttavat toimintojen välisiin matka-aikoihin ja matkasta koituviin kustannuksiin, säännellään toimintojen sijoittumista ja rakentamistehokkuutta ja sitä kautta vaikutetaan taloudellisen toimeliaisuuden edellytyksiin kasautumisen kautta.

Taloudellisiin vaikutuksiin kohdistuu merkittävää mielenkiintoa etenkin suurten liikenneinvestointien ja laajempien kehittämisstrategioiden valmistelussa. Liikenteen hallinnonalan vaikutusarvioinnin kehittämishankkeissa taloudellisia vaikutuksia on tutkittu erillisesti kasautumis-, työmarkkina-, maankäyttö- ja kiinteistömarkkina-vaikutuksina. Tavoitteena on ymmärtää vaikutusketjut ja luoda niiden tarkasteluun parhaisiin menetelmiin perustuvat vakiintuneet menetelmät. Vaikutusten tulee olla erillisesti tarkasteltavissa ilman vääristymien riskejä. Erityisesti riskinä laajempien taloudellisten vaikutusten tarkastelussa ovat hyötyjen laskeminen kahteen kertaan. Toisena merkittävänä riskinä ovat puutteellisista koeasetelmista johtuvat liian suuret joustokertoimet saavutettavuuden ja tuottavuuden väliselle yhteydelle.

Kasautumisen osalta on oleellista ymmärtää, miten kasautumisen vaikutukset leviävät yhteiskuntaan ja ovatko vaikutukset osa liikennejärjestelmätöiden suorista vaikutuksia. Vaikutusarvioinnin kannalta on tarpeen selvittää, miten arviointeja tulisi tehdä sekä mitä tutkimuksia ja tietovarantoja arviointimenetelmien kehittäminen edellyttää. Lisäksi on tärkeää ymmärtää, voidaanko kasautumista tarkastella erillisenä ilmiönä tarkkarajaisesti erillään muista taloudellisista vaikutusketjuista.

Tässä työssä luodaan teoreettinen viitekehys, jonka sisällä voidaan tarkastella kasautumisen vaikutuksia sen eri mekanismien kautta ja arvioida liikennejärjestelmätöiden vaikutusta kasautumiseen. Kasautumisen eri mekanismien kautta voidaan myös ymmärtää niitä vaikutuksia, jotka jo otetaan huomioon liikkumispäätöstä tehdessä, ja niitä, joita yksilöt eivät valinnoissaan huomioi. Vaikutukset, jotka yksilöt ottavat huomioon liikkumispäätöksiä tehdessään, arvioidaan jo hankkeiden suorissa vaikutuksissa. Ne vaikutukset puolestaan, joita yksilöt eivät huomioi tehdessään liikkumispäätöksiä, ovat osa liikennehankkeiden laajempia taloudellisia vaikutuksia. Työssä esitellään uusinta empiiristä ja arviointitutkimusta liikennejärjestelmätöiden kasautumisvaikutuksista ja esitetään haasteita, joita liittyy ilmiön empiiriseen tutkimukseen. Työssä esitetään suosituksia kasautumisvaikutusten tutkimiseksi ja arviointimenetelmien kehittämiseksi Suomessa.

Raportti koostuu kuudesta luvusta. Luvuissa 2–4 luodaan teoreettinen kehikko vaikutusten tarkastelulle ja mittaamiselle sekä tarkastellaan kasautumisvaikutusten arvioinnin käytäntöjä kansainvälisesti ja Suomessa. Luvussa 5 tarkastellaan arvioinnin mahdollisuuksia ja arviointimenetelmien kehittämistä Suomessa ja luvussa 6 esitetään suositukset arviointimenetelmien kehittämiseksi.

2 Kasautumisen talouden teoreettinen viitekehys

2.1 Taloudellisen toiminnan kasautuminen ilmiönä

Keskeisinä syinä kasautumiselle ovat urbaanien ympäristöjen ja muiden toimijoiden läheisyyden tarjoamat edut sekä yritystoiminnalle että kuluttajille. Yhteistyökumppanien ja muiden toimijoiden läheisyys mahdollistaa muun muassa tehokkaamman tavaroiden, palvelujen ja informaation vaihtamisen. Kaupunkien suureen kokoon ja kasvuun liittyy myös haittoja, kuten ruuhkautuminen eri muodoissaan, sekä muita alueita korkeammat asumis- ja elinkustannukset. Nämä tekijät toimivat kaupunkien kasvun ja taloudellisten hyötyjen syntymisen rajoitteina. Lähtökohtana kasautumisen eduille on

se, että kaupunkialueella eri toimijat – yritykset ja ihmiset – ovat lähekkäin. Tämän vuoksi kuljetus-, liikkumis- ja kommunikaatiokustannukset ovat matalat.

Yritykset voivat lähekkäin sijoittamalla harjoittaa tuotantoa alemmin kustannuksin, mikä parantaa niiden kilpailukykyä. Muiden yritysten läheisyys saa aikaan positiivisen ulkoisvaikutuksen tuotannossa: yrityksen tuotantokustannukset alenevat, kun muiden yritysten tuotanto kasvaa. Kasautumisen etuja syntyy monen eri mekanismin kautta ja niiden merkitys vaihtelee erittäin paljon toimialasta ja yrityksen tyypistä riippuen. Yhteistä kasautumisesta hyötyville yrityksille on se, että keskenään kilpailevat yritykset toimivat samoilla tuotantopanosten markkinoilla tai käyttävät välipanosten tuottajien palveluja ja voivat tätä kautta hyötyä siitä, että sijaitsevat lähellä kilpailijoitaan. Toisaalta monilla toimialoilla muiden yritysten – etenkin kilpailijoiden – läheisyydestä ei ole hyötyä, vaan pikemminkin haittaa.

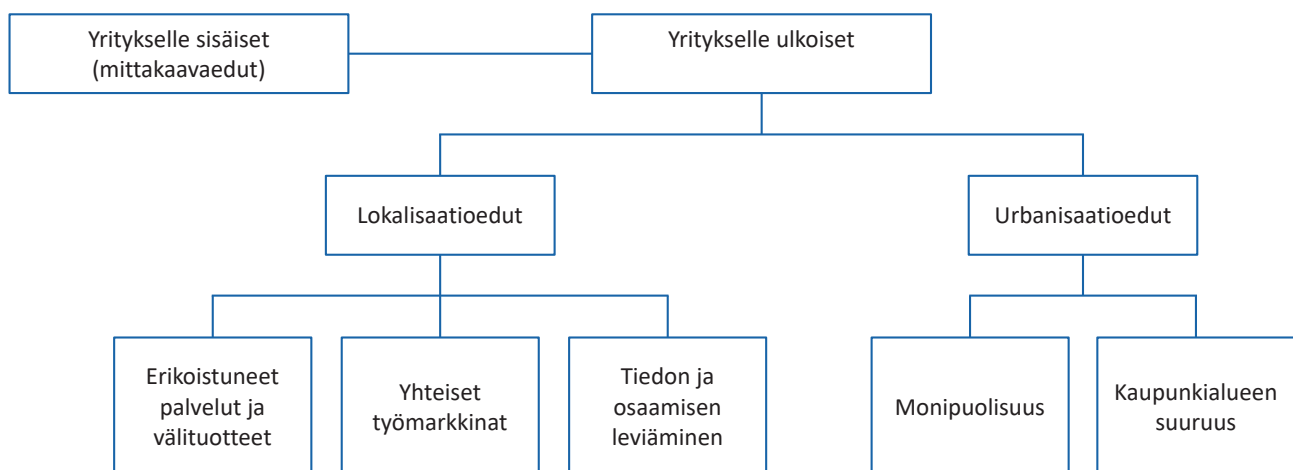
Kasautumista voidaan tunnistaa monilla aluetasoilla. Kasautuma voi muodostua yhdestä kaupunkiseudusta, jossa on yksi pääkeskus ja mahdollisesti aluekeskuksia, jotka ovat liikenteellisesti tai toiminnallisesti kytkeytyneitä pääkeskukseen. Esimerkiksi pääkaupunkiseudun pääkeskuksen muodostaa Helsingin kantakaupunki, minkä lisäksi sillä on useita yritystoiminnan alakeskuksia, mm. Keilaniemi–Otaniemi–Tapiola, Leppävaara,

Pitäjänmäki ja Tikkurila. Kasautuma voi muodostua myös useamman kaupungin muodostamasta verkostosta, jossa kaupungit kytkeytyvät toisiinsa tehokkaan liikennejärjestelmän kautta, esimerkkinä Öresundsregionen, joka koostuu Kööpenhaminasta, Malmöstä sekä joukosta niiden lähikaupunkeja Tanskan itäosassa ja Etelä-Ruotsin Skånessa.

Tiettyjen toimialojen yritystoiminta ja tuotanto voivat keskittyä yhdelle tai muutamalle toiminnalliselle seudulle tai laajempaan kaupunkiverkostoon. Keskittymistä voi tapahtua myös seudun sisällä paikallisiin yrityskeskittymiin. Esimerkiksi Suomessa informaatio- ja viestintäalan työpaikoista yli puolet sijaitsee pääkaupunkiseudulla, kun alueen osuus kaikkien toimialojen työpaikoista on neljännes. Pääkaupunkiseudun sisällä näiden alojen työpaikoista neljä viidestä sijaitsee vyöhykkeellä, joka muodostuu kantakaupungista, sekä siitä länteen sijaitsevissa keskittymissä. Vastakkainen esimerkki on sahatavaran ja puutuotteiden ym. valmistus, joka on sijoittunut kaupunkien ulkopuolelle, pääasiassa lähelle yritysten raaka-ainelähteitä eli metsiä. Alan yrityksiä ja työpaikkoja on vain vähän suurissa kaupungeissa.

Kaupunkialueen tasolla ilmenevän kasautumisen vaikutukset koostuvat useista erilaisista mekanismeista, joita voidaan jäsenellä eri tavoin. Lähtökohtana on erottelu yritysten sisäisten tuottavuuteen vaikuttavien mekanis-

Kuvio 1 Yritykselle sisäiset ja ulkoiset tuottavuusedut



Lähde: Heikki A. Loikkasen kaupunkitalouden luentoaineisto (muokattu).

mien – erityisesti mittakaavaetujen – erottaminen muiden yritysten aikaansaamien ulkoisvaikutusten eli kasautumisetujen välillä. Yleisesti käytetty erottelu jakaa kasautumisvaikutuksia tuottavat mekanismit lokalisaatioetuihin ja urbanisaatioetuihin (mm. Laakso & Loikkanen, 2004). Edellisessä tietyin toimialan tai sektorin keskittyminen alueelle tuo mukanaan toimialan sisäisiä hyötyjä, jotka edistävät tuottavuuden ja tuotannon kasvua. Jälkimmäisessä kaupunkialueen elinkeinorakenteen monipuolisuus yhtäältä ja kaupunkialueen suuruus toisaalta saavat aikaan tuottavuushyötyjä yritystoiminnalle. Tämän jaottelun mukaisia mekanismeja kuvataan seuraavissa alaluvuissa 2.2 ja 2.3. Toinen jaottelu, joka on ensi sijassa liitettävissä lokalisaatiotekijöihin, perustuu kasautumisen yritystason vaikutusmekanismeihin, jotka voidaan jakaa yhteisten resurssien tuomiin hyötyihin, työmarkkinoiden erikoistumisen hyötyihin sekä tiedon leviämisen ja oppimisen hyötyihin. Näitä mekanismeja kuvataan alaluvussa 2.4. Jaottelu havainnollistuu edellisen sivun kuviossa 1.

2.2 Sektorikohtaisen keskittymisen eduista tuotantotoiminnalle – lokalisaatiovaikutukset

Yritysten keskittymisellä on yhteys tuotannon mittakaavaetuihin. Yrityskokoa ja tuotannon määrää kasvatettaessa yksikkökustannukset useimmilla toimialoilla alenevat ainakin tiettyyn rajaan asti. Mikrotalousteorian mukaan tuotantoyksikön kannattaa kasvattaa tuotantoaan siihen asti, kunnes tuotannon kasvattamisen marginaalitulo on yhtä suuri kuin marginaalikustannus. Tuotannon mittakaavaetuja syntyy toisaalta yrityksen omaa tuotantoprosessia ja toimintaa kehittämällä ja toisaalta sitä kautta, että yritys hyödyntää sijaintialueensa resursseja ja ominaisuuksia. Alfred Marshallin (1920) jaottelun mukaisesti edellisiä kutsutaan sisäisiksi skaalaeduiksi (*internal economics of scale*) ja jälkimmäisiä ulkoisiksi skaalaeduiksi (*external economics of scale*).

Ulkoisten skaalaetujen eli lokalisaatioetujen kautta saman alan yritykset voivat hyötyä toistensa läheisyydestä. Läheisyys voi tarjota etuja kuljetuskustannuksissa, ja yritysten määrän kasvaessa syntyvät paikalliset oman alan työmarkkinat. Toimialan kasvu mahdollistaa pidemmälle menevän erikoistumisen ja skaalatuottojen hyödyntämisen myös niiden panosten tuotannossa, joita tämän toimialan yritykset tarvitsevat. Tämä tarjoaa kasvun ja tuottavuuden nousun mahdollisuuksia raaka-aineiden

ja välituotteiden tuottajille. (mm. Loikkanen & Laakso, 2016).

Monien lähellä toisiaan sijaitsevien yritysten ja niiden työntekijöiden keskeisessä vuorovaikutuksessa syntyy todennäköisemmin innovaatioita, ja tieto siirtyy toimialan sisällä helposti yrityksestä toiseen. Läheisyydestä voi olla kysymys paitsi maantieteellisestä läheisyydestä, myös teknologisesta tai yrityskulttuurisesta läheisyydestä. Tietoa voi välittyä paitsi varsinaisen liiketoiminnan (mm. erilaiset asiantuntijapalvelut) kautta, myös kopiointin tai matkimisen kautta, tai ammattitaitoisen työvoiman siirtyessä yrityksestä toiseen.

Myös suuremmista työmarkkinoista sekä tuotantopanosten saatavuudesta seuraa kasautumishyötyjä. Kun toimialan volyyymi kasvaa, lisääntyy myös ammattitaitoinen ja pitkälle erikoistunut työvoima, mikä kohottaa paikallista osaamistasoa. Lisäksi yrityksestä poistuva työntekijä löytää helpommin koulutustaan vastaavaa työtä toisesta saman alan yrityksestä, jolloin hänen osaamisensa siirtyy yrityksestä toiseen. Alueellisesti keskittynyt toimiala vetää puoleensa erikoistuneita palvelujen, kuten kuljetuspalvelujen tarjoajia ja asiakasyrityksiä, mistä seuraa kustannussäästöjä ja muita etuja. (Mm. Durantton & Puga, 2004; Susiluoto, 2015).

Yritysten sijainnit kaupunkialueiden verkostossa ja yksittäisten kaupunkialueiden sisällä vaihtelevat toimialoittain ja alueittain. Jotkin toimialat klusteroituvat suurimpien kaupunkien keskustavyöhykkeille, kuten informaatio- ja viestintäala pääkaupunkiseudulla. Jotkin alat ryhmittyvät satamien, lentokenttien, kehäteiden ja sisääntuloväylien vyöhykkeille, kuten logistiikka-ala ja kuljetusintensiivinen teollisuus pääkaupunkiseudulla ja Keski-Uudellamaalla. Klustereita syntyy myös laajoille alueille ilman, että siihen liittyy selkeää yhdyskuntarakenteellista tihentymistä. Esimerkiksi meriteollisuuden maantieteellisesti laaja alihankintayritysten verkosto Varsinais-Suomessa Turun laivanrakennustoiminnan ympärillä tai Tampereen seudun kone- ja laiteollisuuden alihankintaverkosto Pirkanmaalla ja lähimaakunnissa.

Monilla asiakassuuntautuneilla sektoreilla toimipaikat ovat hajallaan kotitalouksien asuinpaikkoja seuraten, esimerkiksi päivittäistavarakauppa. Hajautuneen sijoittumisen rinnalla tapahtuu klusteroitumista kauppakeskukseen ja joiltakin osin suurten keskustojen kauppakaduille.

2.3 Kaupungin suuruudesta ja monipuolisuudesta seuraavat kasautumisvaikutukset – urbanisaatiovaikutukset

Lokalisaatioetujen rinnalla yritykset ja kuluttajat voivat hyötyä kaupunkialueen suuruudesta itsestään syntyvistä urbanisaatioeduista (Jacobs, 1969). Niillä tarkoitetaan alueen kaikkien (tai useiden) alojen yrityksille koituvia tuottavuushyötyjä sekä kotitalouksille koituvia kulutus- ja työmarkkinaetuja. Niiden taustalla on kaupunkialueen suuri koko ja kulutuskysynnän monipuolisuus ja ennen kaikkea kyky tuottaa uudenlaisia tuotteita ja palveluita.

Kaupunkialueen kasvu lisää tiettyjen toimialojen yritysten myyntiä ja houkuttelee lisää yrityksiä alueelle. Tämä koskee ennen kaikkea markkinasuuntautuneita aloja ja yrityksiä, erityisesti niitä, joiden markkinat ovat nimenomaan paikalliset. Tällöin kaupunkialueen kasvu kasvattaa myös markkina-alueita ja asiakaspohjaa sekä sen myötä alan tuotteiden myyntiä. Markkina-alueen kasvu mahdollistaa tuotannon mittakaavaetujen hyödyntämisen, jota kautta syntyy vaikutuksia tuotannon tehokkuuteen. Suurempi alue mahdollistaa pitemmälle menevän erikoistumisen. Mitä erikoistuneempi ala on, sitä suuremman markkina-alueen se normaalisti vaatii, ja kaupunkialue kasvaessaan tulee kannattavaksi sijaintipaikaksi yhä erikoistuneemmille aloille.

Kasautuminen tuo etua myös kulutukseen, sillä kuluttajat hyötyvät kasvun myötä tulevasta kustannustehokkuudesta sekä tarjonnan monipuolisuudesta. Myös urbaani kaupunkiympäristö ja sen tarjoamat sosiaaliset verkostot houkuttelevat kaupunkieihin asukkaita. Kaupunkieihin valikoituvien yritysten toimialarakenne ja korkea tuottavuus mahdollistavat osavalle työvoimalle korkean tulo-tason, minkä lisäksi suuret sekä monipuoliset työmarkkinat tarjoavat uramahdollisuuksia. Näiden tekijöiden vuoksi suuriin kaupunkieihin valikoituu keskimäärin korkeammin koulutettuja asukkaita, mikä osaltaan vaikuttaa alueen yritysten tuottavuuteen. (Mm. Glaeser ym., 2001; Glaeser, 2011; Loikkanen & Laakso, 2016).

Suuruuden aikaansaamat kasautumistekijät ovat luonteeltaan kaupunkialueen kasvua kiihdyttäviä mekanismeja, joihin liittyy positiivinen takaisinkytkentä.

Kasautumisetujen ja kasvun kääntöpuolena ovat kasautumishaitat. Kaupunkialueen kasvu voi vaikuttaa myös

tuotanto- ja kuljetuskustannuksiin, mm. maan hinnan ja siitä seuraavan vuokratason kohoamisen sekä ruuhkautumishaittojen kautta. Maan hinnan nousu kaupungin kasvun myötä perustuu hyvin saavutettavien sijaintien niukkuuteen, mutta sen lisäksi yhteiskunnan harjoittama maankäytön suunnittelu voi maankäytön rajoitteilla saada aikaan hintojen nousua. Näillä tekijöillä voi olla vastakkainen vaikutus tuotannon tehokkuuteen.

2.4 Kasautumisen vaikutukset yritystasolla

Aluetasolla havaittavien kasautumisvaikutusten taustalla on mikrotasoisia yritysten toimintaan liittyviä tekijöitä. Näiden katsotaan yleisesti liittyvän kolmen tyyppiin tekijöihin: lopputuotteita valmistavien yritysten sekä näille tuotantopanoksia tarjoavien yritysten välisiin yhteyksiin, työmarkkinoiden vuorovaikutusmekanismeihin sekä tiedon ja osaamisen syntyamiseen, leviämiseen ja kumuloitumiseen.

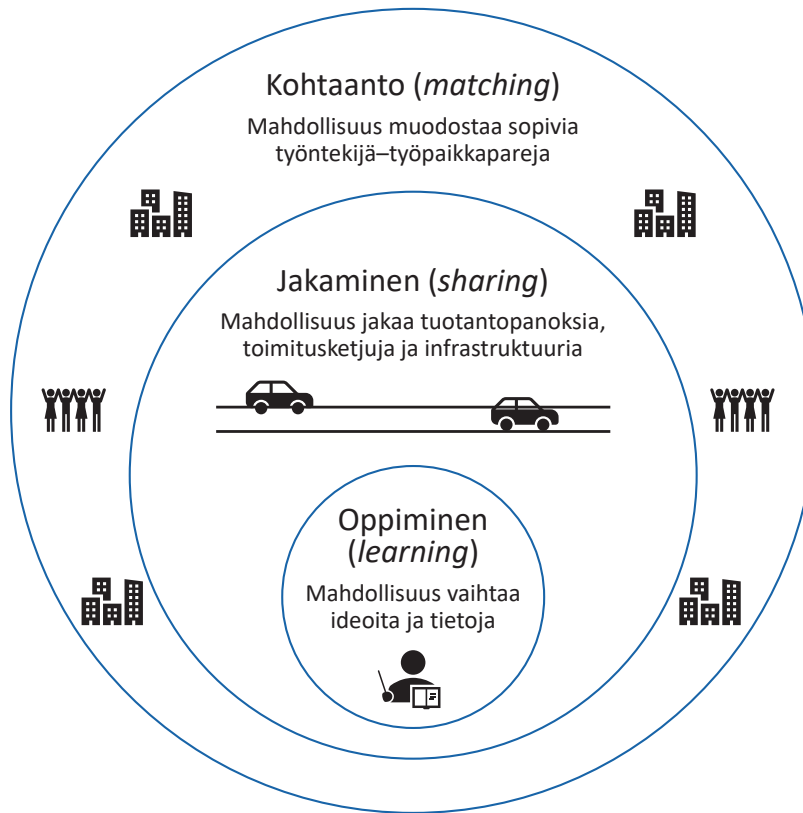
Nämä tekijät jaetaan tutkimuskirjallisuudessa yleensä kolmeen ryhmään:

- kohtaantoon (*matching*),
- jakamiseen (*sharing*),
- oppimiseen (*learning*).

Seuraavan sivun kuviossa 2 on esitetty lyhyesti eri mekanismit, joita käsitellään tarkemmin seuraavissa luvuissa. Kohtaannolla tarkoitetaan mahdollisuutta muodostaa mahdollisimman hyviä työpaikka-työntekijäpareja. Tämän mekanismin maantieteellisen ulottuvuuden odotetaan olevan suurin kasautumisvaikutusten mekanismeista. Jakamisella tarkoitetaan mahdollisuutta jakaa tuotantopanoksia, toimitusketjuja ja infrastruktuuria, mikä mahdollistaa esimerkiksi välituotepanoksien tuottajien erikoistumisen. Tämän mekanismin maantieteellisen ulottuvuuden odotetaan olevan hieman pienempi kuin kohtaannon. Oppimisella tarkoitetaan mahdollisuutta vaihtaa ideoita ja tietoja, mikä kasvattaa ihmisten osaamista. Tämän mekanismin maantieteellisen ulottuvuuden odotetaan olevan kasautumisvaikutusten mekanismeista pienin.

Näiden mekanismien kuvaamiseen ja analyysiin on kehitetty teoreettisia malleja, jotka osoittavat, että tietyillä oletuksilla kyseiset mekanismit voivat johtaa yritysten tuottavuuden kasvuun ja joillakin edellytyksillä kaupunkialueen kasvuun. (Duranton & Puga, 2004).

Kuvio 2 Yritysten toimintaan liittyvät kasautumisen osatekijät



Lähde: Mukailleen Swinney (2016).

Kohtaanto

Kasautumisen etuja aikaansaa myös yritysten alueellinen keskittyminen, joka lisää työmarkkinoiden tehokkuutta. Työn tarjoajat ja tekijät kohtaavat tehokkaammin alueella, jossa on paljon työntekijöitä ja paljon työpaikkoja, kuin alueella, jossa sekä työpaikkoja että tekijöitä on vähän.

Durantón & Puga (2004) esittävät katsausartikkelissaan joukon perustuloksia, jotka perustuvat Helsleyn ja Strangen (1990) teoreettiseen malliin kohtaannon mekanismeista ja yhteydestä kasautumiseen:

- Kun jokin toimijajoukko, kuten työntekijät ja työnantajat, sovittaa yhteen työn kysynnän ja tarjonnan tarpeita, niin toimijoiden määrän kasvu parantaa kohtaannon laatua.
- Mitä enemmän markkina-alueella on työmahdollisuuksia tarjolla, sitä todennäköisempää on työpaikan saanti.

- Kovempi kilpailu johtaa kiinteiden kustannusten laskuun sen kautta, että yritysten määrä kasvaa hitaammin kuin työntekijöiden määrä, eli yritysten keskikoko kasvaa.

Toisin sanoen työpaikan etsimisen kustannukset alenevat kaupunkialueen koon kasvaessa. Lisäksi suurella kaupunkialueella ihmiset voivat vaihtaa työpaikkaa ilman, että heidän on samalla muutettava. Tämä alentaa osaltaan työpaikan vaihtamisen kustannuksia. Alueellisesti suurilla ja joustavilla työmarkkinoilla on suuri merkitys sellaisille yrityksille, joilla työvoiman kysynnän vaihtelut ovat suuria esimerkiksi kovasta kilpailusta tai kysynnän vaihtelualltiudesta johtuvien suurten tuotannon vaihteluiden vuoksi. Jos yritys ajautuu konkurssiin tai joutuu supistamaan rajusti tuotantoaan, se aiheuttaa yhdestä yrityksestä riippuvaisissa yhteisöissä katastrofin. Sen sijaan suurella työmarkkina-alueella yksittäisen yrityksen rajutkaan muutokset eivät välttämättä juuri vai-

kuta kokonaisuuteen: työntekijät siirtyvät kilpailijoiden palvelukseen tai muille aloille. Vastaavasti pienellä työmarkkina-alueella toimivan yrityksen on huomattavasti vaikeampi sopeutua työvoiman kysynnän äkilliseen kasvuun kuin suurella työmarkkina-alueella.

Jakaminen

Jakamisen lähtökohtana on se, että samalla sektorilla toimivilla yrityksillä on samankaltaisia tarpeita sellaisten tuotantopanosten hankinnassa, jossa etäisyydellä on merkitystä niiden toimittamisen kustannusten kannalta. Tuotantopanokset voivat olla raaka-aineita, välituotteita tai palveluita.

Jakamisen hyödyt yritystoiminnalle voivat Durantonin ja Pugan (2004) mukaan perustua useisiin eri mekanismeihin.

Mahdollisuus käyttää jakamattomien tai yhteiskäyttöisten laitosten palveluita tai muita yhteisiä resursseja, joilla on suuret kiinteät kustannukset, alentaa tuotantokustannuksia yrityksillä, jotka hyödyntävät näitä resursseja. Yhteiskäyttöiset palvelut voivat olla mm. satamia ja terminaaleja. Yritysten kannalta on tehokasta, että satamat ja terminaalit ovat useiden yritysten käytössä eikä jokaisen tarvitse investoida omaan logistiikkainfrastruktuuriinsa. Laajaa yritysjoukkoa keskitetysti palveleva infrastruktuuri on tavallisesti taloudellisempi ja tuottavampi kuin hajautuneet vaihtoehdot.

Toinen jakamisen muoto perustuu yritysten mahdollisuuden hyötyä alueen tuotannon monipuolisuudesta. Laajempi ja monipuolisempi erilaistuneiden välituotepanosten tarjonta saa aikaan tuottavuusetuja lopputuotteiden valmistajille.

Kasautuminen mahdollistaa pidemmälle menevän erikoistumisen yritystasolla perustuen osin edellä kuvattuihin mekanismeihin. Erikoistuminen mahdollistaa korkeamman tuottavuuden.

Jakaminen voi mahdollistaa myös mm. tuotannon volyymin vaihteluihin liittyvien riskien vähentämisen. Jos alueella on paljon raaka-aineiden ja välituotteiden toimittajia, niitä tarvitsevan yrityksen on todennäköisemmin mahdollista saada tarvitsemiaan tuotantopanoksia esimerkiksi kysynnän voimakkaasti kasvaessa kuin alueella, jossa on vain yksi panosten toimittaja.

Voidaan osoittaa, että tietyillä edellytyksillä jakaminen mahdollistaa tuottavuutta lisääviä mittakaavaetuja sekä lopputuotteita valmistaville että välituotteita toimittaville yrityksille. Edelleen oletukset yritysten skaalatuottojen funktiomuodosta sekä jakamisen muodoista ja mekanismeista vaikuttavat kaupunkialueen muodostumiseen, mm. kokoon ja tiiviyteen.

Oppiminen

Toimialan taloustieteen keskeinen tulos on, että panostukset tutkimus- ja kehittämistoimintaan synnyttävät innovaatioita, jotka lisäävät yritysten tuottavuutta. Kasautumisen vaikutuksia yritysten tuotantoon ja tuottavuuteen käsittelevässä teoreettisessa viitekehyksessä sijainti on tekijä, joka vaikuttaa kaikenlaiseen tuotantoon, mutta erityisesti innovatiivisen toiminnan tuotokseen. Tuotantofunktioihin perustuvassa lähestymistavassa tiedon tuotanto riippuu t&k-panoksista, inhimillisen pääoman panoksista sekä maantieteellisestä keskittymisestä. (Audretsch & Feldman, 2004).

Maantieteellisen keskittymisen vaikutus innovaatioiden tuotokseen perustuu ulkoisvaikutuksiin. Innovaatioiden yhteydessä positiiviset ulkoisvaikutukset voivat olla esimerkiksi uusia ideoita, jotka joku on avoimesti ilmaissut ja joita muut voivat käyttää vapaasti. Kaikenlaisen tiedon luominen ja siirtäminen luo todennäköisesti ulkoisvaikutuksia, sillä tiedon leviämistä ainakin jossakin määrin ei voida välttää. Tiedon leviämisen ja ulkoisvaikutusten määrän ja laajuuden määrittäminen tai mittaaminen on kuitenkin haastavaa. Ulkoisvaikutukset ja tiedon leviäminen ovat kuitenkin keskeisiä käsitteitä kaupunki- ja aluetaloustieteessä, kun selitetään osaamisperustaisen tuotannon mekanismeja ja tuloksia.

Kaupunkitalouden perustulos on, että yritysten ja yleensä ihmisten maantieteellinen keskittyminen ja erityisesti innovatiivisten resurssien, kuten kehitykseen suuntautuneiden yritysten ja innovatiivisten ihmisten, keskittyminen lisäävät innovatiivisten panosten käytön tehokkuutta ja innovatiivista tuotosta. Keskittyminen saa uudet ideat ja tiedon leviämään nopeammin ja laajemmin ja lisää keskittymän muiden kumppanien mahdollisuutta sen jatkokehittämiseksi.

Audretschin ja Feldmanin (2004) mukaan sosiaalisella vuorovaikutuksella on suuri taloudellinen arvo tiedon ja ideoiden välittämisessä. Viestintäteknikan kehityksen

vaikutus hiljaisen tiedon välittämiseen on kiistanalainen kysymys. Von Hippelen (1994) mukaan korkeatasoisista innovatiivista tietoa, ”hiljaista” tietoa, välitetään parhaiten kasvokkain tapahtuvan vuorovaikutuksen sekä usein toistuvien kontaktien kautta. Korkean innovatiivisen arvon omaavan tiedon sekä data-tyyppisen tiedon välisen eron merkitys on korostunut, koska data-tyyppisen tiedon siirtämisen rajakustannukset ovat alentuneet dramaattisesti tietoliikenteen kehittämisen myötä. Sen sijaan korkean innovatiivisen arvon omaavan tiedon välittämisen rajakustannukset eivät ole muuttuneet vastaavasti, vaan ne ovat alhaisimmat toistuvan sosiaalisen vuorovaikutuksen, havainnoinnin ja henkilökohtaisen kommunikoinnin kanssa. Glaeserin (2008) mukaan maantieteellinen läheisyys on tiedon siirtämisessä sitä tärkeämpää, mitä korkeampi tiedon innovatiivinen arvo on.

Acs, Audretsch ja Feldman (1994) korostavat eroja tiedon leviämismekanismieissa suhteessa yrityksen kokoon. Suurilla yrityksillä on tyypillisesti tarpeeksi kapasiteettia investoida tutkimukseen ja kehitykseen oman organisaationsa sisällä. Tämän seurauksena tietointensiivisiin prosesseihin osallistuvien eri kumppaneiden välinen viestintä tapahtuu pääasiassa yrityksen sisällä, eikä heillä ehkä ole paljon tietoon perustuvaa viestintää muiden yritysten, yliopistojen ja muiden ulkopuolisten tutkimusorganisaatioiden kanssa. Organisaatiossa voi kuitenkin olla merkittäviä sisäisiä leviämisaikavaihteluita, jos viestintäolosuhteet ovat hyvät. Sen sijaan pienet ja keskisuuret yritykset ovat paljon riippuvaisempia yliopistojen ja muiden julkisten t&k-organisaatioiden tutkimuksesta. Näin ollen organisaation välillä on enemmän tiedon leviämisaikavaihteluita. Tulosten yksi päätelmä on, että pienet ja keskisuuret yritykset ovat enemmän riippuvaisia yrityskeskittymistä sekä innovatiivisista resursseista kuin suuret yritykset.

Teoreettisen viitekehyksen vahvuudesta huolimatta mm. Carlino ja Kerr (2015) katsovat, että yritysklustereiden toimintaa ja positiiviseen ulkoisvaikutukseen johtavia mekanismeja ei edelleenkään tunneta riittävästi. Empiirinen tutkimus on tähän mennessä keskittynyt tutkimaan sijaintien välisiä eroja, mutta heidän mukaansa mikroaineistoihin perustuva empiirinen tutkimus yritysten ja paikallisten klustereiden mikromekanismeista innovaatioiden syntymiseen vaikuttavana tekijänä tulee johtamaan myös teoreettisen viitekehyksen vahvistumiseen. Chatterji ym. (2014) arvioivat, että vaikutusmekanismien tunnistamisen ongelmat vaikuttavat myös siihen, että yritysten

verkostoitumista ja innovatiivisuutta edistävien politiikkatoimenpiteiden vaikutukset jäävät usein epäselviksi.

Verkostot ja osaamisen siirtyminen

Osaaminen ei leviä ainoastaan yritysten keskinäisessä tai yritysten ja tutkimusorganisaatioiden välisessä vuorovaikutuksessa, vaan myös paikallisten yritysten välisen työvoiman liikkuvuuden kautta. Tällöin työvoiman liikkuvuuden myötä tapahtuvan osaamisen leviämisen voi katsoa olevan paikallista siinä määrin kuin työvoimavirrat ovat. Taloudellisen toiminnan keskittymissä erikoistuneet työntekijät voivat löytää uuden työpaikan joutumatta muuttamaan, ja toimialan keskittyneisyyden on havaittu lisäävän työvoiman liikkuvuutta (Lahdelma & Laakso, 2016; Freedman, 2008).

Tutkimusten mukaan työvoiman liikkuvuus voi lisätä yritysten, toimialojen sekä alueiden tuottavuutta ja kilpailukykyä (mm. Böckerman & Maliranta, 2012; Piekkola, 2015). Erityisesti korkeasti koulutettu ja ammattitaitoinen työvoima nähdään mahdollisena osaamisen leviämisen kanavana (Mukkala, 2011).

Työpaikanvaihdoksissa työntekijä ei ainoastaan siirry yhdestä työpaikan verkostosta toiseen, vaan muodostaa myös yhteyden näiden verkostojen välille mahdollista näin tiedon ja ideoiden helpomman liikkumisen laajemmin yritysten ja muiden organisaatioiden välillä. Uudet työntekijät voivat edistää yrityksen sisäisiä oppimisprosesseja ja menestystä. Sen merkitystä pidetään suurempana kuin liikkuvuuden haittoja, kuten kokeneiden työntekijöiden menetys kilpailijoille. (Mm. Combes & Duranton, 2006).

Innovaatiotoiminnan vahva maantieteellinen keskittyminen ja tietyillä alueilla sijaitsevien yritysten parempi tuottavuus muualla sijaitseviin yrityksiin nähden selittyy mm. sillä, että yritykset, jotka sijaitsevat sellaisilla alueilla, joissa yksityinen ja julkinen tai tieteellinen panostus tutkimus- ja kehittämistoimintaan on korkealla tasolla, ovat muualla sijaitsevia yrityksiä todennäköisemmin innovatiivisia, sillä ne hyötyvät näistä tietolähteistä leviävästä osaamisesta.

Breschin ja Lissonin (2001) näkemyksen mukaan työvoiman liikkuvuus luo ”puhtaita osaamisen ulkoisvaikutuksia”, jos siirtyessään yrityksestä toiseen työntekijät luovat osaamista, jota kaikki yritykset, joissa työntekijät ovat

työskennelleet, voivat hyödyntää. Työvoiman liikkuvuuden täytyy olettaa auttavan osaamisen levittämistä, eikä vain siirtävän sitä paikasta toiseen. Karkea erottelu ”yksityisten” ja ”julkisten” hyödykkeiden välillä voi johtaa tulkitsemaan osaamisen leviämisen ulkoisvaikutuksiksi sellaista, mikä ei oikeasti ole sitä. ”Puhtaat” osaamisen ulkoisvaikutukset voivat todellisuudessa olla markkinamekanismien kautta välittyviä rahallisia ulkoisvaikutuksia. Työvoiman liikkuvuuden tapauksessa ei synny suoria osaamisen leviämisen ulkoisvaikutuksia, sillä heidän näkemyksensä mukaan osaaminen leviää paikallisessa ympäristössä yhteisten työmarkkinoiden välityksellä.

Elinkeinorakenteen muutos ja kasautumisvaikutukset eri toimialoilla

Edellä esitellyt kasautumisilmiöt ja yritystason kasautumismekanismit ovat yleisellä tasolla tunnistettavissa erilaisilla alueilla ja useimmilla toimialoilla. Kuitenkin niiden merkitys ja vaikutukset eroavat alueiden ja toimialojen välillä sekä muuttuvat ajassa. Näin ollen kasautumisilmiökin on muuttunut ja tulee edelleen muuttumaan aluerakenteen muuttuessa kaupungistumisen myötä ja elinkeinorakenteen palveluvaltaistuessa.

Suomen – kuten kaikkien muidenkin vauraiden maiden – elinkeinorakenne on muuttunut dramaattisesti vajaassa 70 vuodessa. Palveluiden osuus Suomen bruttokansantuotteesta oli 34 %, jalostuksen 40 % ja alkutuotannon 26 % vuonna 1950 (Suomen taloushistoria, 1983), kun vastaavat osuudet olivat 69 %, 28 % ja 3 % vuonna 2018 (Tilastokeskus, 2020).

Lokalisaatiovaikutukset ilmiönä sekä vastaavasti jakaminen (lopputuotteita valmistavien yritysten ja tuotantopanosia tarjoavien yritysten välinen yhteistyö) yritystason mekanismina on tunnistettu merkittäväksi kasautumisvaikutuksia aikaansaavaksi prosessiksi jo Marshallin (1920) tutkimuksissa. Myös ammattitaitoisen työvoiman saatavuus on ollut ja on edelleen tärkeä tekijä teollisuuden sijoittumistekijänä.

Vaikka teollisuuden tuotanto- ja alihankintaprosessit ovat muuttuneet erittäin paljon vuosikymmenien kuluessa, teollisuuden lopputuotteita valmistavien ja raaka-aineista ja välituotepanosia tarjoavien yritysten keskittyminen ja sen kautta saavutettavat tuotannolliset edut ovat edelleen tunnistettavissa monilla teollisuusseuduilla myös Suomessa.

Elinkeinorakenteen muutoksen yksi suurimmista muutoksista on osaamisintensiivisten palveluiden nopea kasvu sekä keskittyminen suurkaupunkeihin ja niidenkin sisällä paikallisiin yrityskeskittyymiin. Osaamisintensiivisiä palveluita ovat ennen kaikkea informaatio- ja viestintäpalvelut, rahoitustoiminta sekä ammatillinen, tieteellinen ja tekninen toiminta. Näiden alojen arvonnäkökulmasta Suomessa suunnilleen puolet tuotetaan pääkaupunkiseudulla ja kolme neljänestä neljällä suurimmalla kaupunkiseudulla. Näillä aloilla suurin osa työntekijöistä toimii korkeakoulutusta edellyttävissä asiantuntijatehtävissä. Siksi korkeasti koulutetun työvoiman saatavuus on keskeinen toimipaikkojen sijoittumiseen ja yritystoiminnan kasvuun vaikuttava tekijä, mikä osaltaan selittää yritysten sijoittumista suuriin kaupunkiseutuihin, joissa on yliopistoja ja muita korkeakouluja sekä muita tutkimusorganisaatioita (mm. Glaeser, 2008; 2011).

Tiedon ja osaamisen leviäminen ja kumuloituminen on erittäin tärkeä tekijä nimenomaan osaamisintensiivisissä palveluissa, väheksymättä sen merkitystä myös monilla teollisuuden aloilla ja muissa palveluissa. Osaamisintensiivisissä palveluissa korostuvat sosiaalisen vuorovaikutuksen ja henkilökohtaisten kasvokkain tapahtuvien kontaktien merkitys etenkin liiketoiminnan kannalta merkittävää *hiljaista tietoa* välitettäessä. Osaavien työntekijöiden työpaikanvaihdoksilla on suuri merkitys tiedon leviämisen kannalta. (Breschi & Lissoni, 2009; Lahdelma, 2019; Storper & Venables, 2004). Teorian tasolla nämä tekijät selittävät osaamisintensiivisten yritysten keskittymistä suurkaupunkeihin ja niissä tiiviisiin, erikoistuneisiin yrityskeskittyymiin.

2.5 Kasautuminen ja saavutettavuus

Kaupunkialueilla maankäytön ja liikennejärjestelmän välillä vallitsee monimutkainen vaikutussuhde, jossa maankäyttö vaikuttaa liikkumisen kysyntään ja vastavasti liikennejärjestelmä tuottaa tarjonnan eli liikkumisen mahdollistavat rakenteet sekä luo edellytyksiä maankäytön kehittämiselle (mm. Moilanen, 2012). Liikennejärjestelmä luo edellytyksiä yritystoiminnalle ja maankäytölle, ja sen välityksellä voidaan vaikuttaa investoinneilla ja välityksellä optimoivoin ohjauksella kuten hinnoittelulla. Liikennejärjestelmä ja maankäyttö yhdessä luovat edellytykset saavutettavuudelle, joka on perusedellytys asumiselle ja toimitiloille sekä asukkaiden ja yritysten liikkumiselle ja kuljettamiselle.

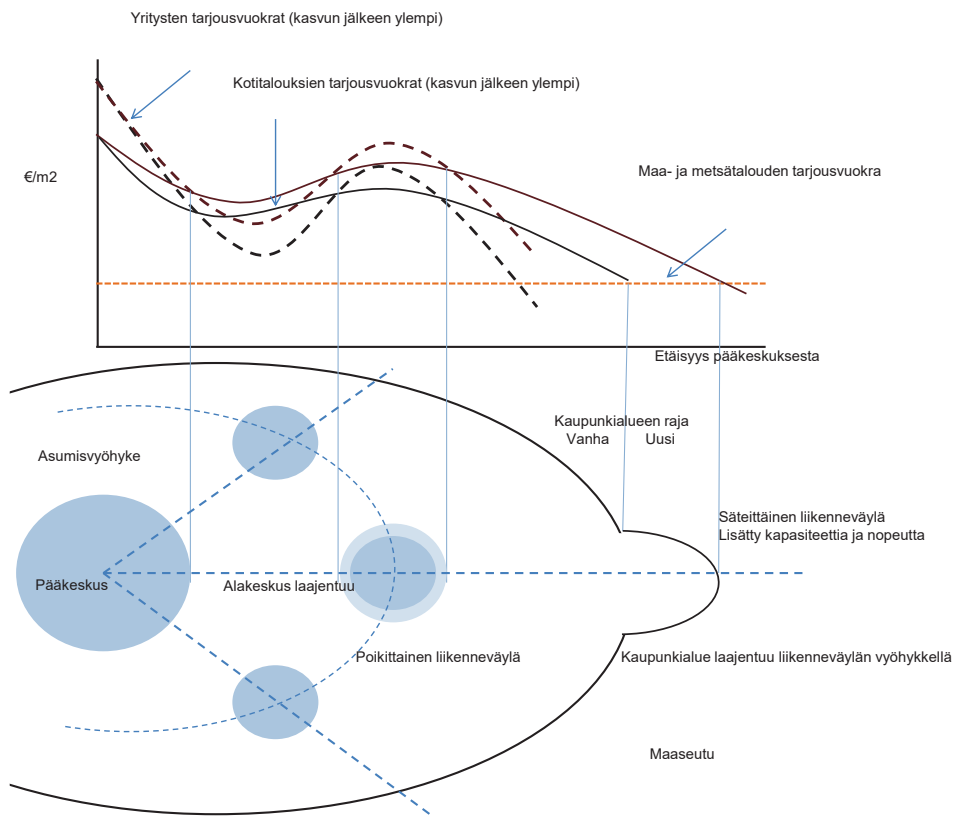
Liikennejärjestelmä ja maankäyttö

Liikennejärjestelmä muuttuu siihen tehtyjen investointien ja muiden siihen tehtyjen toimenpiteiden, kuten hinnoittelun, seurauksena. Toimenpiteet saavat aikaan yhtäkkisen muutoksen saavutettavuudessa, liikkumispalveluissa, liikkumisessa ja kuljettamisessa. Toimenpiteet luovat edellytyksiä maankäytön muutoksille. Ne toteutuvat yleensä hitaasti julkisen sektorin harjoittaman maankäytön suunnittelun sekä kiinteistö- ja rakennusalan markkinatoimijoiden ratkaisujen perusteella. Maankäytön muutokset vaikuttavat myös saavutettavuuteen, sillä niiden kautta toimintojen sijainnit muuttuvat.

Liikennejärjestelmä ja maankäyttö muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden, jonka toimivuutta voidaan tutkia saavutettavuuden käsitteen avulla. Saavutettavuus muuttuu sekä liikennejärjestelmän muutosten että maankäytön muutosten vaikutuksesta. Saavutettavuuden pa-

raneminen jollakin alueella suhteessa muihin alueisiin esimerkiksi liikenneinvestoinnin seurauksena lisää alueen houkuttelevuutta sijaintipaikkana. Se voi johtaa alueen kasvuun tai tiivistymiseen. Kasvu ja tiivistyminen puolestaan mahdollistavat kasautumishyötyjen syntymisen ja luovat edellytykset sen vaikutuksesta syntyville tuottavuushyödyille. Kaupunkiseudun kasvu toteutuu kiinteistömarkkinoiden välityksellä: asuntojen ja toimitilojen kysyntä kasvaa niissä sijainneissa, joissa saavutettavuus paranee. Tämä johtaa markkinapaineeseen muuttaa maankäyttöä ja rakentaa tehokkaammin parantuneen saavutettavuuden vyöhykkeillä. Edellytyksenä maankäytön muutokselle ja tehostumiselle on se, että yhteiskunta mahdollistaa muutokset kaavoituksen ja siihen liittyvien perusrakenneinvestointien kautta. Tiivistyvä yhdyskuntarakenne ja sen kautta koko kaupungin tai kaupunkiseudun kasvu mahdollistaa kasautumisvaikutukset. Esimerkkinä em. prosessista on mm. Espoon Keilaniemen–Otanie-

Kuvio 3 Yritysten ja kotitalouksien tarjousvuokrat (yläosa) ja kaupunkialueen maankäyttö (alaosa) liikennevyöhykkeen kehityssä



Lähde: Loikkanen & Laakso (2016).

men-Tapiolan vyöhykkeen kehittäminen Länsimetron toteuttamisen yhteydessä.

Liikennejärjestelmämuutokseen kytkeytyvän maankäyttömuutoksen toteutuminen kestää yleensä useita vuosia tai jopa vuosikymmeniä. Kapasiteetti-investointien seurauksena paranevan saavutettavuuden sijainnit tulevat suhteellisesti vetovoimaiseksi muihin sijainteihin verrattuna. Toisin sanoen muiden sijaintien suhteellinen veto-voima voi heikentyä. Tämän seurauksena parantuneiden vaikutusalueiden maankäytön kehittäminen voi saada aikaan siirtymävaikutuksia tai heikentää muiden sijaintien kehittämisedellytyksiä.

Kaupunkiseudun maankäyttömalli

Kaupunkialueen maankäyttömalli (mm. Fujita, 1989; Loikkanen & Laakso, 2016) tarjoaa viitekehyksen, jonka avulla voidaan analysoida saavutettavuuden, siitä riippuvan maankäytön kysynnän, maan hinnan, maankäytön tehokkuuden, toimintojen sijoittumisen sekä kaupunkialueen laajuuden välisiä yhteyksiä.

Seuraavassa kuvataan maankäyttömallin avulla, miten maankäyttö muuttuu, jos säteittäistä liikennevyöhykettä kehitetään toteuttamalla aikaisempaa merkittävästi nopeampi ja enemmän kapasiteettia tarjoava raideliikenneyhteys, joka ulottuu keskustasta kaupunkialueen rajan yli. Raideliikenneyhteyden taustalla voi olla aikaisemman liikennejärjestelmän ruuhkautuminen riittämättömän välityskyvyn vuoksi. Ruuhkautuminen kasvattaa kaupunkialueen työntekijöiden ja muiden asukkaiden liikumiskustannuksia sekä yritysten kuljetuskustannuksia. Tämä heikentää kaupungin vetovoimaa asukkaiden ja yritysten sijaintipaikkana.

Kuviossa 3 on havainnollistettu, miten yritysten ja kotitalouksien tarjoushinnat (vuokrat) reagoivat muutokseen ja miten tämä muuttaa pitkällä aikavälillä kaupungin maankäyttörakennetta. Lähtökohtana on se, että kotitaloudet hyötyvät paremmasta yhteydestä pääkeskukseen ja alakeskukseen ja ovat valmiita maksamaan enemmän asunnon sijainnista paremman yhteyden vyöhykkeellä. Parempi yhteys perustuu työpaikkojen ja palveluiden saavutettavuuden paranemiseen. Myös yritykset ovat valmiita maksamaan enemmän sijainnista parantuneella vyöhykkeellä, koska työvoiman, asiakkaiden, muiden yritysten ym. saavutettavuus paranee. Tämän seurauksena maan hinta säteittäisellä liikennevyöhykkeellä nousee,

suhteellisesti sitä enemmän, mitä kauempana pääkeskuksesta sijainti on. Vyöhykkeellä sijaitseva alakeskus laajenee, koska alakeskuksessa sijaitsevien yritysten saavutettavuus pääkeskukseen paranee.

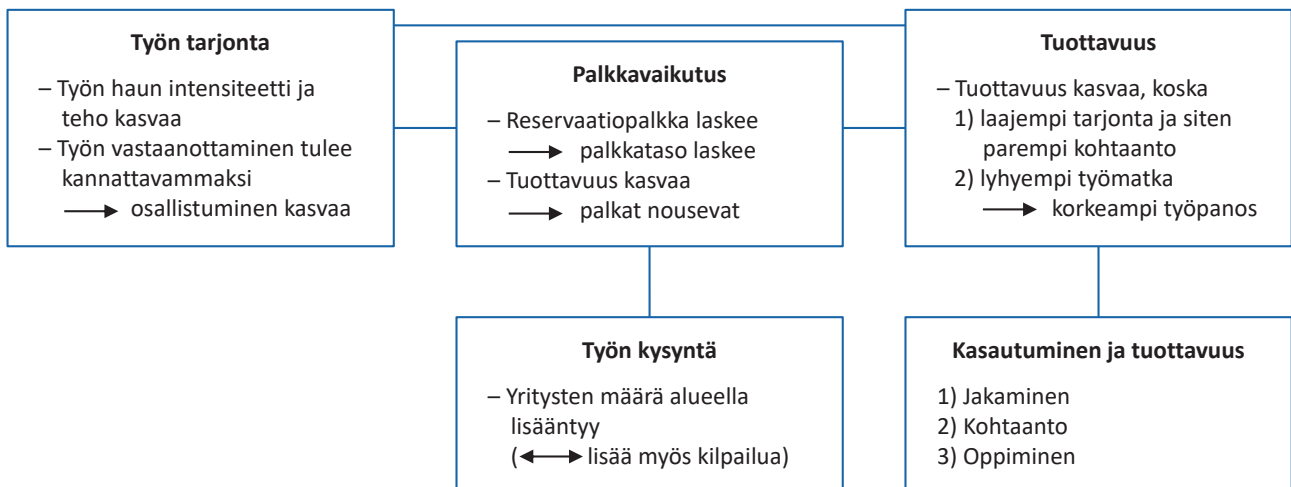
Maankäyttö muuttuu pitkän ajan kuluessa: Asumisvyöhyke laajenee ja sen myötä koko kaupunkialue laajenee liikenneväylän suuntautuessa ulospäin. Kaupunki tiivistyy kaikkialla liikennevyöhykkeen alueella. Liikennevyöhykkeen vetovoima kasvaa muuhun kaupunkialueeseen verrattuna. Koko kaupunkialueen vetovoima yritystoiminnalle ja kotitalouksille kasvaa, minkä seurauksena työpaikat ja väestö kasvavat. Tämä kompensoi osaltaan muun kaupunkialueen vetovoiman mahdollista heikentymistä.

Saavutettavuuden ja maankäytön muutosten seurauksena alueen tuottama hyöty asukkailleen muuttuu, mikä vaikuttaa alueen houkuttelevuuteen eri asukassegmenttien välillä. Pitkällä aikavälillä voidaankin havaita prosessi, jossa tiivistä kaupunkirakennetta arvostavat asukkaat hakeutuvat näille alueille ja saavutettavuus ja tiiviysominaisuuksia vähemmän arvostavat hakeutuvat alueelta pois. Vastaavasti keskeisestä sijainnista ja tiivyydestä hyötyvät yritykset sijoittuvat alueelle ja kasvavat siellä, kun taas yritykset, jotka eivät hyödy, muuttavat väljemmille alueille.

Kasautuminen ja työmarkkinavaikutukset

Kasautumisella ja sitä tuottavilla mekanismeilla on yhteys työmarkkinoihin. Kasautumisvaikutukset ja työmarkkinavaikutukset ovat osin päällekkäisiä siten, että ne vaikuttavat samoihin lopputulemiin. Lyhentynyt työmatka tai parantunut työntekijöiden ja työnantajien kohtaanto kasvattavat työntekijöiden tuottavuutta, kuten myös kasautumisvaikutukset. Siten kasautumisvaikutuksia ja työmarkkinavaikutuksia voi olla haastavaa erottaa toisistaan.

Kasautumisvaikutusten ja työmarkkinavaikutusten välistä yhteyttä on käsitelty esimerkiksi *Liikennejärjestelmän työmarkkinavaikutukset ja niiden arviointi* -selvityksessä (Metsäranta ym., 2019). Seuraavan sivun kuviossa 4 on esitetty vaikutusten välinen yhteys. Liikennejärjestelmän työmarkkinavaikutukset ovat jaettavissa kolmeen osaan 1) työn tarjontaan, 2) työn kysyntään ja 3) työn tarjonnan ja kysynnän kohtaantoon. Työn tarjontavaikutukset syntyvät työmatkakustannusten muutoksesta, kun työn vastaanottamisesta tulee enemmän tai vähemmän kannattavaa. Kysyntävaikutukset puolestaan syntyvät uu-

Kuvio 4 Kasautumisvaikutusten ja työmarkkinavaikutusten välinen yhteys

Lähde: Metsäranta ym. (2019).

sien yritysten perustamisesta tai saapumisesta alueelle parantuneiden liikenneyhteyksien johdosta. Kohtaantovaikutukset puolestaan syntyvät siitä, että yrityksillä ja työntekijöillä on suurempi alue, jolta hakea työnantaja tai työntekijää. Tämä johtaa siihen, että työntekijät löytävät sopivampia yrityksiä ja yritykset sopivampia työntekijöitä, mikä kasvattaa tuottavuutta. (Metsäranta ym., 2019.)

Tutkimuskirjallisuuden mukaan suuri osa liikennehankkeiden työmarkkinavaikutuksista sisältyy jo suoriin vaikutuksiin ja ne tulevat mukaan hyöty-kustannuslaskelmaan työmatkojen aikasäästöinä (Metsäranta ym., 2019). Tämä pätee kasautumisvaikutuksissa kohtaannon osalta (Eliasson & Fosgerau, 2019). Laajemmat työmarkkinat ja suurempi työvoiman saavutettavuus johtavat työpäivän ja työntekijän laajempaan kohtaantoon ja parempaan yhteensopivuuteen. Tämä johtaa työntekijän lisääntyneeseen tuottavuuteen, koska työntekijä voi nyt käyttää osaamistaan paremmin hyödyksi. Osa tästä näkyy suoraan työntekijän tuloissa ja on luettavissa suoriksi hyödyiksi. Tulojen lisäyksen kautta kasvavat verotulot eivät kuitenkaan näy suorissa hyödyissä, ja ne voitaisiin laskea laajemmiksi taloudellisiksi vaikutuksiksi.

2.6 Saavutettavuuden paranemisen laajempia vaikutuksia yritystoimintaan

Parempi liikennejärjestelmä tuo talouden toimijoita lähemmäksi toisiaan, ja se voi myös käynnistää taloudellisen toiminnan siirtymistä sijainnista toiseen, kun yritykset ja kotitaloudet reagoivat muuttuneen liikennejärjestelmän ja joissakin sijainneissa parantuneen saavutettavuuden tarjoamiin mahdollisuuksiin. Nämä muutokset luovat mahdollisuuksia kasautumishyödyille.

Läheisyys sekä toimintojen siirtyminen toiminnan kannalta parempiin sijainteihin muokkaavat taloudellisen toiminnan tiheyttä. Jos tiheydellä on yhteys tuottavuuteen, muutokset vaikuttavat myös tuottavuuteen. Tämä voi toteutua sen lisäksi, että parantunut saavutettavuus alentaa yritysten kuljetus- ja liikkumiskustannuksia, jotka vaikuttavat suoraan tuottavuuteen.

Tiheyden kasvattamisen mahdollistaa liikenneinvestointien vaikutus kiinteistösijoittamiseen. Parantuneen saavutettavuuden sijainnit ovat houkuttelevampia sijoituskohteita. Asukkaat, työntekijät ja yritykset pitävät näitä sijainteja vetovoimaisina, mikä voi saada aikaan maankäyttöä muuttavia investointeja. Investointeihin sisäl-

tyy asuinalueiden kehittäminen, toimistokeskittymien tai kauppakeskusten kehittäminen sekä kaupunkikeskusten kunnostaminen ja uudistaminen. Ne voivat puolestaan saada aikaan itsessään tuottavuusvaikutuksia sen lisäksi, että ne parantavat vaikutusalueen houkuttelevuutta.

Laajempia taloudellisia vaikutuksia (ns. suorien vaikutusten lisäksi) syntyy, kun talouden toimijat synnyttävät ulkoisvaikutuksia, joilla on arvoa muille toimijoille, esimerkiksi tiedon ja osaamisen leviäminen, joka ei välity markkinoiden kautta. Nimenomaisesti ulkoisvaikutukset synnyttävät laajempia taloudellisia vaikutuksia, jotka eivät sisälly vakiintuneen hyöty-kustannuskehikon mukaisiin käyttäjä- ja tuottajahyötyihin, joita kehikoissa pidetään suorina vaikutuksina.

Kasautumisvaikutuksia syntyy, jos kehittyneempi liikennejärjestelmä ja parempi saavutettavuus tukevat tiheämpiä markkinoita ja tiiviimpää taloudellista vuorovaikutusta. Todennäköisesti tärkein mekanismi syntyy sitä kautta, että mittakaava ja tiheys yhdessä luovat ympäristön, jossa yritykset ja työntekijät voivat kehittää pidemmälle erikoistuneita tuotteita, palveluita ja osaamista.

Suuremmat ja tiheimmät markkinat luovat edellytyksiä kasvattaa erikoistuneiden toimittajien markkinoita, sekä rohkaisevat lisää markkinoille tuloa ja siten kumulatiivista kasvuprosessia. Lisämekanismi syntyy siitä, että kilpailu on todennäköisesti kovaa suuressa ja tiheässä klusterissa. (Venables, 2017.)

Eliasson ja Fosgerau (2019) luovat teoreettisen mallin joka näyttää, että kohtaannon kasautumisvaikutukset ovat mukana liikennehankkeiden suorissa vaikutuksissa, mutta jakamiseen ja oppimiseen liittyvät kasautumisvaikutukset eivät ole. Jakamisen ja oppimisen vaikutukset tulisi siten ottaa mukaan hyöty-kustannuslaskelmiin lisähyötyinä. Lisäksi tuotannon kasvusta seuraavat lisäverotulot tulisi ottaa hyöty-kustannuslaskelmiin suorien hyötyjen lisäksi. He myös osoittavat simuloinnein, että riippuen mekanismien keskinäisestä tärkeydestä, samansuuruisilla kasautumishyödyillä on erisuuruinen vaikutus hankkeen laajempiin taloudellisiin vaikutuksiin, sillä kohtaannon hyötyjä ei voida pitää laajempina taloudellisina vaikutuksina.

3 Katsaus empiiriseen tutkimuskirjallisuuteen

3.2 Lähtökohdat ja haasteet

Tässä osiossa käydään läpi lähtökohdista ja haasteista kasautumisvaikutusten tarkastelulle nojaten empiiriseen kirjallisuuteen. Osiossa esitellään myös muutama ajankohtainen tutkimus yksityiskohtaisemmin. Erityinen tarkastelu kohdistuu tuoreisiin taloustieteen julkaisuihin, joiden tutkimusasetelma on uskottava ja joissa on pyritty ratkaisemaan luvussa 3.2 kuvatut haasteet. Taloustieteen empiiriset menetelmät syy-seuraussuhteiden tarkasteluun ovat kehittyneet viimeisten vuosikymmenten aikana paljon. Se, mikä ennen oli mahdollista julkaista arvostetussa taloustieteen julkaisussa, ei välttämättä tänä päivänä enää läpäisisi seula. Tästäkin huolimatta, etenkin heikomman laadun aikakauskirjoissa saatetaan julkaista tutkimuksia, joiden tutkimusasetelma ei mahdollista syy-seuraussuhteen tarkastelemista, vaikka niissä toisin väitetään. Teoriakatsauksessa tarkasteltiin kasautumisvaikutusten useita eri vaikutuskanavia. Empiirisesti ei voida kuitenkaan täysin selittää, mitä vaikutuskanavaa pitkin kasautumisvaikutus kulloinkin tapahtuu. Tästä huolimatta, tapahtui vaikutus mitä tahansa kanavaa pitkin, on se sisällytetty empiiristen tutkimusten tuloksiin. Vaikutuskanava ei ole vain tiedossa.

Tämän lisäksi täytyy ottaa huomioon nk. julkaisuharha (*publication bias*) eri tutkimusten tuloksia tarkastellessa. Julkaisuharhaa esiintyy, kun aikakauskirjojen toimittajilla ja tutkijoilla on mieltymys julkaista tilastollisesti merkitseviä tuloksia, jotka ovat teorian mukaisia. Kasautumistutkimuksiin liittyen tämä tarkoittaisi sitä, että tutkimuksia, jotka eivät löydä tilastollisesti merkitseviä positiivisia tuloksia, ei julkaista yhtä todennäköisesti kuin tutkimuksia, jotka niitä löytävät. Tällöin syntyy harha siitä, että positiivinen vaikutus löytyy aina. Melo ym. (2009) löytävät viitteitä siitä, että julkaisuharhaa esiintyy myös kasautumistutkimuksissa. Ahlfeldt ja Pietrostefani (2019) näyttävät myös, kuinka tuoreimmat kasautumisvaikutustutkimukset saavat korkeampia pisteitä nk. *Scientific Maryland Scale* -skaalalla (SMS), mikä viittaa osaksi siihen, että ne olisivat laadukkaammin tehtyjä.¹

Osio aloitetaan käymällä läpi, mitä kasautuminen on ja miten sitä on mitattu kirjallisuudessa ja miten eri mittarit eroavat toisistaan. Seuraavaksi siirrytään tarkastelemaan tulemia, eli minkälaisia mittareita on käytetty kuvaamaan kasautumisen vaikutuksia. Sen jälkeen siirrytään kasautumisvaikutusten empiiriseen tarkasteluun. Kasautumisvaikutusten empiirinen tarkastelu on haastavaa ja useissa artikkeleissa ekonometrisiä haasteita ei ole ratkaistu kunnolla, joiden takia tiheyden, eli kasautumisen, vaikutus voi näyttäytyä usein suurempana kuin se oikeasti on. Empiirinen tarkastelu vaatii myös sekä kasautumisen ja tulemien välisen funktiomuodon että alueen laajuuden määrittämisestä. Nämä molemmat tekijät vaikuttavat saatujen joustoestimaattien suuruuteen.

Sen jälkeen, kun kasautumisen vaikutusten empiirisen tarkastelun haasteet ja ratkaisuja niihin on esitelty, siirrytään siihen, miten kasautumisvaikutuksia voidaan yleistää esimerkiksi eri maihin ja ajankohtiin ja millä tutkimusasetelman ominaisuuksilla on suurin merkitys saatuihin joustoestimaatteihin. Lopuksi käydään yksityiskohtaisemmin läpi kaksi tuoretta taloustieteen artikkelia, jotka käsittelevät kasautumisvaikutuksia. Ensimmäinen artikkeli käsittelee yritysten valikoitumisen ja kaupunkien tuottavuuspreemion välistä suhdetta teoreettisen mallin ja yritystason aineiston avulla (Gaubert, 2018). Toinen artikkeli on Börjesson ym. (2019), joka tarkastelee, miten liikennejärjestelmien parannukset vaikuttavat kasautumiseen ja tuottavuuteen Ruotsissa. Näiden lisäksi esitellään vielä julkaisematon ja keskeneräinen, mutta relevantti tutkimus (Ahlfeldt ym., 2019).

Kasautumisvaikutuksista on tehty useita kattavia empiirisiä kirjallisuuskatsauksia, kuten Rosenthal ja Strange (2004) ja Combes ja Gobillon (2015). Rosenthalin ja Strangen (2004) katsaus keskittyy kasautumisen vaikutuskanaviin ja syihin. Combesin ja Gobillonin (2015) katsaus keskittyy vaikutuskanavien lisäksi myös siihen, miten kasautumisvaikutuksia on tutkittu ja mitä tulee ottaa huomioon niitä tutkittaessa. Kasautumisvaikutuksista tuottavuuteen on tehty myös meta-analyysi (Melo ym., 2009) ja laajempi synteesi (Ahlfeldt & Pietrostefani, 2019), jossa tarkastellaan kasautumisen laajempia taloudellisia vaikutuksia, kuten esimerkiksi sen vaikutuksia saasteisiin ja rikollisuuteen, tuottavuuden lisäksi. Vuoden 2018 mennessä Ahlfeldtin ja Pietrostefanin (2019) mukaan analyysija tiheyden, tai kasautumisen, vaikutuksesta palkkoihin ja tuottavuuteen oli tehty 62 kappaletta.

3.2 Kasautumisvaikutusten empiirinen tarkastelu

Kasautumisen mittaaminen

Kasautumisen taloudellisten vaikutusten teoreettisissa malleissa kasautumista, etäisyyksiä sekä kotitalouksien ja yritysten liikkumis- ja kuljetuskustannuksia käytetään yleisinä taloustieteellisinä muuttujina ilman selkeää käsitteiden määrittelyä ja yhteyttä niiden mittaamiseen. Teorian soveltaminen empiirisessä tutkimuksessa edellyttää kuitenkin käsitteiden avaamista ja mitattavissa olevien suureiden ja mittareiden täsmentämistä.

Kasautumista mitataan usein tiheydellä eli sillä, paljonko työntekijöitä tai asukkaita on tietyllä alueella. Ensimmäiset kasautumistutkimukset kuvasivat kasautumista kokonaisväestön määrällä. Ciccone ja Hall (1996) ottivat ensimmäisinä käyttöön työllisten tiheyden (*employment density*) mitataksaan kasautumista. Melo ym. (2009) mukaan työllisten tiheys on kahdesta syystä parempi mittari kuin kokonaisväestön määrä. Ensiksi, kokonaisväestön määrä tietyllä alueella heijastaa myös alueen palveluiden ja muiden mukavuuksien määrää ja mahdollisia ruuhkasta koituvia kustannuksia, kun taas työllisten tiheys mahdollisesti mittaa paremmin alueellisesti keskittynyttä taloudellista toimintaa. Toiseksi, alueiden kokoerot eivät vaikuta tiheyteen perustuviin mittareihin yhtä paljoa kuin ne vaikuttavat kokonaisväestön tai työllisten määrään perustuviin mittareihin. Esimerkiksi laajalla ja harvaan asutulla alueella asukasluku voi olla sama kuin tiheimmin asutulla, pinta-alaltaan pienemmällä alueella. Tiheys mitataan aina tietyn pinta-alan suhteen, jolloin näiden kahden alueen tiheydet eroavat.

Työllisten tiheyden, kuten myös kokonaisväestön, rajoitteena on kuitenkin oletus siitä, että kasautumisvaikutus rajoittuu tietylle maantieteelliselle alueelle, jolle mittari on laskettu. Ottaakseen huomioon kasautumisvaikutuksen mahdollisen alueellisen leviämisen (*spatial spillover effect*) viimeaikaiset tutkimukset ovat alkaneet käyttää markkinapotentiaali (*market potential*) tyyppistä mittaria, joka ei rajoitu maantieteellisesti ja mahdollistaa kasautumisvaikutusten leviämisen alueellisesti (alenevasti etäisyyden kasvaessa).

Esimerkiksi Ahlfeldt ja Feddersen (2017) käyttävät kasautumisen mittana nk. markkinapotentiaalia, jota he myös kutsuvat tehokkaaksi tiheydeksi (*effective density*). He las-

kevat tehokkaan tiheyden kaikkien ulottuvilla olevien maakuntien tuotannon perusteella. Laskenta ottaa huomioon maakuntien kahdenvälisen kaupan ja oletuksen, että vaikutuksen leviäminen vähenee eksponentiaalisesti alueiden välisen matka-ajan mukaan. Börjesson ym. (2019) käyttävät mittaria, jota he kutsuvat (työn) saavutettavuudeksi (*job accessibility*) tai tehokkaaksi tiheydeksi. Heidän mittarinsa perustuu henkilön kodin (tai työpaikan) ja kaikkien työpaikkojen väliseen yleistettyyn matkavastukseen.

Tehokas tiheys kasautumisen mittarina

Tehokas tiheys (*effective density*) mittaa alueen saavutettavuutta oman ja muiden alueiden taloudellisen toiminnan massan sekä alueiden välisten etäisyyksien avulla (Graham, 2007; Venables, 2017). Tietyn sijainnin kannalta kunkin keskittymän vaikutus ko. sijainnin tehokkaaseen tiheyteen on sitä voimakkaampi, mitä lähempänä keskittymä on, ja toisaalta sitä voimakkaampi, mitä suurempi keskittymä on. Alueen i tehokas tiheys (TT_i) määritellään seuraavasti:

$$TT_i = \sum_j f(d_{ij})A_j,$$

jossa d_{ij} on etäisyys alueelta i kaikille muille alueille ($j=1, \dots, n$) ja A_j on kunkin alueen koko, jota voidaan mitata esimerkiksi esim. työpaikkamäärällä (Venables, 2016). Etäisyyden suhteen laskeva funktio f painottaa alueiden A_j kontribuution alueen i tehokkaaseen tiheyteen. Kontribuutio on sitä suurempi, mitä suurempi alue on ja toisaalta sitä pienempi, mitä kauempana se sijaitsee liikenteellisesti.

Liikenne-ennusteita laadittaessa on matkojen suuntautumisen (määränpäänvalinnan) mallintamista varten tarpeen arvioida erilaisten määränpäiden houkuttelevuutta. Mikrotaloustieteelliset logittimallit pisteyttävät eri sijaintien saavutettavuuden perustuen määränpään ja kulkutavan valinnasta koituviin hyötyihin tai haittoihin, jotka kuvataan hyötyfunktioilla. Logittimallilla tuotettua saavutettavuuskuvausta kutsutaan tässä logsum-saavutettavuudeksi. Logittimallia sovelletaan mm. Helsingin seudun liikenne-ennustemallissa (HELMET). Vastaavanlainen saavutettavuusmalli on käytössä valtakunnallisesti Ruotsissa ja sen kaltaista mittaria sovelletaan mm. tutkimuksessa Börjesson ym. (2019).

Logittimallit ovat diskreetin valinnan malleja, jotka ennustavat valintatodennäköisyyksiä valintojen tuoman hyö-

dyn perusteella. Logittimalleissa matkasta koitua haitta (matkavastus) on riippuvainen mm. matka-ajasta, erilaisista kustannustekijöistä sekä matkan mukavuuteen yms. vaikuttavista tekijöistä. Saavutettavuuden laskennallista hyötyä kuvataan hyötyfunktioiden tuottamilla logsumeilla, jotka kuvaavat suuntautumisesta koituvaa keskimääräistä hyötyä kohdistettuna lähtö- tai määräpaikkaan. Maankäyttö näkyy mallissa siten, että matkatuotos ja suuntautuminen riippuvat maankäytön tiheydestä eri sijainneissa, mm. asukkaiden ja työpaikkojen määrästä eri alueilla.

Logittimallien logsum-saavutettavuuden voi myös tulkitte tehokkaaksi tiheydeksi. Esimerkiksi HELMET-mallissa hyödynnetään kulkutavanvalinnan ja suuntautumisen (määränpäänvalinnan) yhdistävää logittimallia, jossa matkojen suuntautuminen perustuu alueiden välisen kulkutapamallin logsumiin ja alueen kokotekijään. Tällöin suuntautumismallin logsum määritellään:

$$L = \ln \sum_j \exp(U(KT_{ij}, K_j))$$

jossa U on suuntautumismallin hyötyfunktio, KT_{ij} on alueiden i ja j välinen matkavastus, joka saadaan kulkutavanvalintamallista ja K_j on alueen j koko. Suuntautumismallin keskimääräinen hyöty riippuu siten alueen liikenteellisestä etäisyydestä muihin alueisiin ja kyseisten alueiden koosta. Kun suuntautumismallin hyötyfunktioiksi valitaan

$$U = KT_{ij} + \ln(K_j)$$

Ja sijoittamalla se suuntautumismallin logsumiin saadaan:

$$L = \ln \sum_j \exp(KT_{ij} + \ln(K_j)) = \ln \sum_j \exp(KT_{ij}) * K_j$$

$$\exp(L) = \sum_j \exp(KT_{ij}) * K_j = TT_i$$

Suuntautumis- ja kulkutavanvalinnan yhdistävällä logittimallilla saadaan siten laskettua tehokas tiheys, jossa alueiden välistä saavutettavuutta kuvataan kulkutavanvalintamallin logsumilla, vähenemisfunktio on eksponenttifunktio ja alueen kokoa voidaan kuvata halutulla kokosuureella. Tarkemmin logittimalleista kertovat mm. Train (2002) ja Cascetta (2009).

Tehokasta tiheyttä on ohjeistettu sovellettavaksi kasautumisvaikutusten arviointiin mm. Ison-Britannian liiken-

nehankkeiden laajempien vaikutusten arviointiohjeissa (Department for Transport, 2014).

Vaikka kyseisiä menetelmiä on hyödynnetty liikenne-ennusteiden ja kasautumisvaikutusten arviointiin, niiden käyttöönottoon liittyy ratkaistavia haasteita. Graham ja Gibbons (2019) käsittelevät tehokkaan tiheyden mittaamista ja siihen liittyviä valintoja. He nostavat esiin neljä kysymystä tehokkaan tiheyden mittaamisesta:

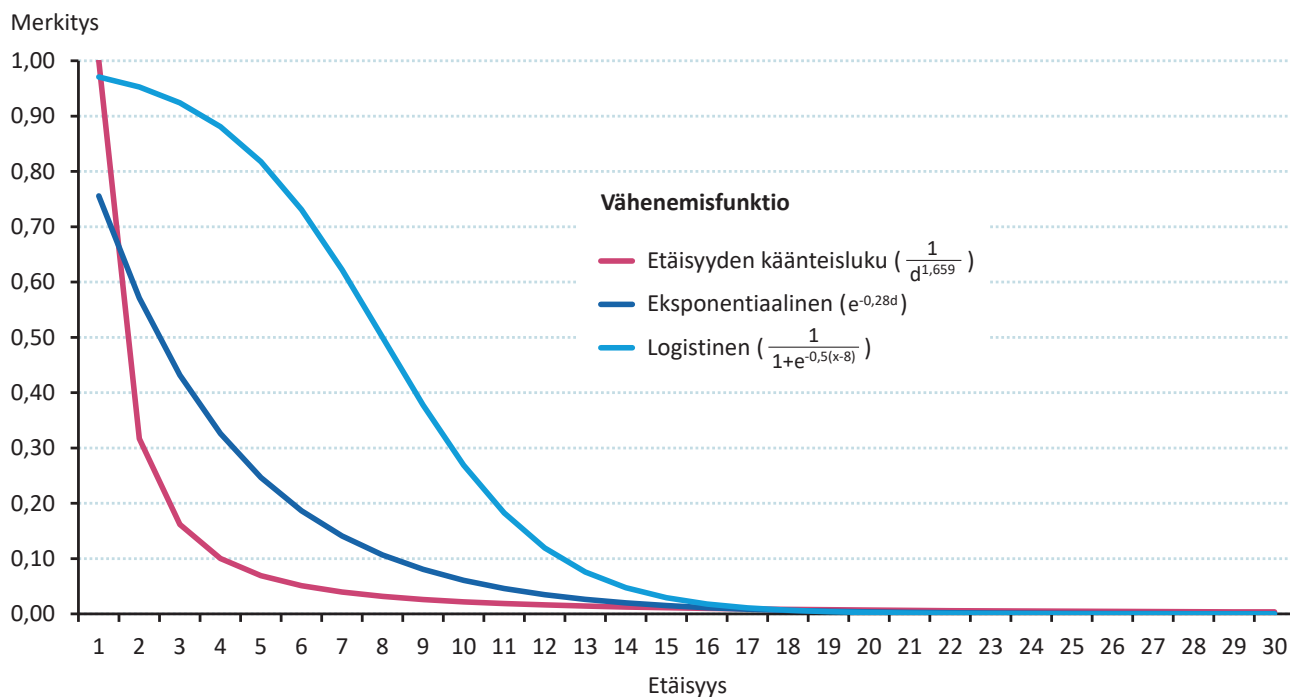
- Aluejako, jolla tehokkaat tiheydet lasketaan.
- Suure, jolla kuvataan alueen merkitystä tehokkaalle tiheydelle.
- Etäisyysmitta, jolla kuvataan alueiden välistä matkavastusta.
- Funktio, jolla kuvataan alueen merkityksen vähenemistä alueiden välisen etäisyyden kasvaessa.

Graham ja Gibbons (2019) käsittelevät keskimääräisen tehokkaan tiheyden ominaisuuksia, sillä Ison-Britannian hankearviointiohjeissa kasautumisvaikutuksia arvioidaan keskimääräisten tehokkaiden tiheyksien avulla. He osoittavat visualisoinnein, miten alueiden maantieteellisen koon ja kokotekijän vaihtelu vaikuttaa alueiden keskimääräiseen tehokkaaseen tiheyteen. He eivät kuitenkaan käsittele sitä, kuinka keskimääräinen tehokas tiheys muuttuu, jos aluejako muuttuu, mutta maankäyttö pysyy ennallaan. Se, että aluejaon muuttuessa keskimääräinen tehokas tiheys muuttuisi, on epätoivottu ominaisuus. Tällöin esimerkiksi tietojen maantieteellinen tarkentuminen muuttaisi keskimääräisiä tehokkaita tiheyksiä ja siten mahdollisesti arvioita kasautumisvaikutuksista.

Kokotekijän suure on toinen esiin nostetuista kysymyksistä. Mahdollisia kasaantumisen merkittäviä suureita voisivat olla palkkasumma, työpaikkojen määrä tai asukasmäärä. Eri suureet saattavat myös tuoda eri näkökulmia kasautumiseen ja sen vaikutuksiin. Graham ja Gibbonsin (2019) mukaan käytännössä kaikki hyvät kasautumista mittaavat suureet antavat samankaltaisia tuloksia alueiden tehokkaalle tiheydelle. Ison-Britannian datasta työpaikkaluvun ja asukasluvun mukaan lasketujen keskimääräisten tehokkaiden tiheyksien välinen korrelaatio on hyvin voimakas (0,95), vaikka työpaikkojen avulla lasketuissa tehokkaissa tiheyksissä onkin selkeästi tihentymiä, joita asukasluvulla lasketuissa keskimääräisissä tehokkaissa tiheyksissä ei ole.

Kolmas käsitelty kysymys on etäisyysmittarin valinta. Etäisyys alueiden välillä kuvaa vaikeutta saavuttaa tietyn alueen taloudellinen massa. Grahamin ja Gibbonsin (2019) mukaan mahdollisia etäisyysmittareita ovat linnuntie-etäisyys tai reitin pituus, matka-aika, keskimääräinen nopeus, matkan rahallinen kustannus tai matkavastus. Matkavastus ottaa huomioon matkan ajallisen pituuden, rahalliset kustannukset ja mahdollisesti muut matkaamiseen vaikuttavat tekijät. Eri kulkutavat huomioonottava etäisyysmittari olisi heidän mukaansa toivottava, sillä se voisi ottaa ruuhkautumisen huomioon ja siten mitata tarkemmin aitoa alueiden välisen liikkumisen vaikeutta. Kulkumuotokohtaisten mittarien haasteena on niiden välinen korkea korrelaatio, joka vaikeuttaa niiden käyttämistä erikseen selittäjinä ekonometrisissä malleissa. Graham ja Gibbons (2019) kuitenkin toteavat, että kulkumuotokohtaisten etäisyysmittojen yhdistäminen yhdeksi mittariksi on mahdollinen ratkaisu haasteeseen.

Neljäs kysymys, jota artikkelissa käsitellään, on funktiomuoto, jolla kuvataan alueen merkityksen vähenemistä etäisyyden kasvaessa. Funktiomuodon valinta on pohjimmiltaan empiirinen kysymys siitä, mikä muoto kuvaa todellisuutta tarkimmin. Ison-Britannian ohjeistuksessa funktiomuotona käytetään etäisyyden käänteisarvoa korotettuna tiettyyn potenssiin. Menetelmän etuna on, että tällöin on määriteltävä vain yksi parametri, joka on kyseinen potenssi. Muitakin funktiomuotoja on mahdollista käyttää. Graham ym. (2010) käsittelee erilaisia muotoja lyhyesti ja mainitsee muista mahdollisuuksista eksponenttifunktion ja logistisen funktion. Kuviossa 5 on esitetty edellä mainitut vähenemisfunktiot. Kuviossa etäisyyden käänteisluvun potenssiksi on valittu Graham ym. (2010) estimoima eri talouden sektoreille keskimääräinen vähenemisen potenssi. Graham ja Gibbons käyttivät tutkimuksessa etäisyysmittarina linnuntie-etäisyyttä ja yksikkönä kilometriä. Eksponentiaalisen vähenemisfunktion kertoimeksi on valittu Börjesson ym. (2019) käyttämä eksponentiaalisen vähenemisfunktion kerroin. Kyseisessä tutkimuksessa etäisyysmittarina käytettiin yleistettyä matkavastusta, jonka yksikkönä on euro. Tutkimuskirjallisuudesta ei löydetty tutkimuksia, joissa olisi käytetty logistista vähenemisfunktiota. Vähenemisfunktion merkitystä kasautumisvaikutusten laskennalle ei ole juuri tutkittu, ja Graham ja Gibbons (2019) suosittelivatkin, että eri mahdollisuuksia kokeiltaisiin ja niiden vaikutuksia liikennehankkeiden arvioinneille tutkittaisiin.

Kuvio 5 Erilaisia kirjallisuudessa esitettyjä vähenemisfunktioita


Lähteet: Etäisyyden käänteisluvun potenssi on estimoitu tutkimuksessa Graham ym. (2010) ja eksponentiaalisen vähenemisfunktion kerrointa on käytetty tutkimuksessa Börjesson ym. (2019). Logistista vähenemisfunktiota ei ole käytetty kasautumisvaikutusten empiirisissä tutkimuksissa.

Tuottavuuden mittaaminen

Tuottavuutta käytetään usein kasautumisen vaikutuksen mittana. Useimmat tutkimukset käyttävät palkkaa kuvaamaan tuottavuutta. Tässä oletuksena on, että markkinatasapainossa palkat heijastelevat tuottavuutta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää yritystasolla johdettuja mittareita, kuten tuotannon arvoa (*output value*) tai arvonlisäystä (*value added*). Combesin ja Gobillonin (2015) mukaan palkalla ja kokonaistuottavuuden (*total factor productivity*, TFP) mittareilla on kaksi tärkeää eroa, jotka johtuvat siitä, että ne ottavat paikalliset ominaisuudet (kuten yleisen palkkatason ja osaamisen) eri tavoin huomioon. Kokonaistuottavuuden mittariin, joka on yritystasolla johdettu, sisältyvät kasautumisen vaikutukset, jotka liittyvät paikalliseen teknologiatasoon, tuotteen hintaan, ja osaamiseen. Maan ja kiinteistöjen hinnat eivät vaikuta kokonaistuottavuuteen. Combesin ja Gobillonin (2015) mukaan tämä on kuitenkin hyödyllistä, koska kiinteistöjen hinnan vaikutuksen arvioiminen on vaikeaa ja saattaa johtaa endogeenisuusongelmiin. Ollakseen vertailukelpoinen jouston kanssa, joka saadaan palkkaa käyttämällä, kokonaistuottavuuden jousto tulee lisäksi kerrata yrityksen

tuotannon käänteisellä työvoiman osuudella. Yritystason kokonaistuottavuuden arviointi on monimutkaisempaa, koska työvoiman osuutta tuotannosta ei ole suoraan saatavilla aineistoista, vaan se pitää erikseen estimoida.

Näiden kahden jouston, palkan ja kokonaistuottavuuden, vertaileminen ei ole kuitenkaan täysin suoraviivaista. Combes ym. (2010) saavat kokonaistuottavuuden joustoksi tiheyden suhteen 0,035–0,040 ja palkkojen joustoksi 0,027 käyttäessään samaa aineistoa ja tutkimusasetelmaa niiden laskemiseen. Kun jousto on 0,027 (0,040) jonkin paikallisen tuleman suhteen, tiheyden (tai asukasluvun) kaksinkertaistaminen on yhteydessä 1,9 (2,8) prosenttia korkeampaan tuottavuuteen.² Vastaavasti 10 prosentin kasvu asukasluvussa (tai tiheydessä) on yhteydessä 0,26 (0,4) prosenttia korkeampaan tuottavuuteen.³

Myös Melo ym. (2009) kasautumistutkimusten meta-analyysi antaa vastaavia arvoja joustojen eroille. Joustot, jotka on saatu kokonaistuottavuuden suhteen, ovat usein noin 50 % suurempia kuin joustot, jotka on laskettu palkkojen suhteen. Meta-analyysin mukaan ero ei kui-

tenkaan ole tilastollisesti merkittävä, kun otetaan huomioon tutkimusasetelman muita ominaisuuksia, kuten maa, ajankohta ja käytetty aineisto. Eroa joustojen välillä on vaikea täysin selittää. Ero voi johtua siitä, että kiinteistön/maan ja välituotteiden hinnat vaikuttavat palkkoihin, mutta eivät kokonaistuottavuuteen, tai siitä, miten ne on skaalattu. Tämän lisäksi, yksilöiden osaaminen on vaikea ottaa huomioon, kun katsotaan yritystason kokonaistuottavuutta. Combesin ja Gobillonin (2015) mukaan kukaan ei ole onnistunut vielä täysin kontrolloimaan osaamista käyttäessään kokonaistuottavuutta mittarina. Käsittelemme seuraavassa osiossa syitä siihen, miksi osaamisen kontrolloiminen on tärkeää joustoestimaattien tarkastelussa ja miksi sen poisjättäminen voi johtaa todellisuutta suurempiin joustoestimaatteihin.

Taulukossa 1 on havainnollistettu palkan ja kokonaistuottavuuden hyötyjä ja haittoja tuottavuuden mittarina. Yleisesti voidaan sanoa, että yritystasolla johdettu tuottavuuden mittari kuvaa paremmin tuottavuutta, mutta se on empiirisesti haastavampi niin aineiston saamisen kuin osaamisen kontrolloimisenkin suhteen.

Haasteet kasautumisen vaikutuksen tarkastelussa

Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi kasautumisvaikutusten tarkastelemisen haasteita nojaten osaksi tuoreisiin katsauksiin (Proost ja Thisse (2019) ja Combes ja Gobillon (2015)). Kasautumisvaikutusten empiirinen tarkastelu on haastavaa ja useissa artikkeleissa ekonometrisiä haasteita ei ole ratkaistu kunnolla. Jos esimerkiksi palk-

Taulukko 1 Palkan ja kokonaistuottavuuden hyötyjä ja haasteita

Tuottavuuden mittari	Teoreettiset hyödyt ja haitat	Empiiriset hyödyt ja haitat	Saadut joustoestimaatit	
			Meta-analyysi	Käyttäen samaa aineistoa
Palkka (<i>wage</i>)	- Riippuvat myös esim. maan ja kiinteistöjen hinnoista	+ Helposti saatavilla aineistoista + Sisältää laajasti tietoa työntekijän osaamisesta ja muista ominaisuuksista - Liikennehankkeiden muut vaikutukset tuottavuuden lisäksi (kuten työvoiman tarjonta) voivat näkyä palkoissa	Melo ym. (2009) meta-analyysi ei löydä merkittävää eroa palkkojen ja TFP:n välillä	0,027 (Combes ym., 2010)
Kokonaistuottavuus (<i>TFP</i>)	+ Ei ota huomioon maan ja kiinteistöjen hintoja, jotka voivat olla endogeenisiä + Mittaa paremmin tuottavuutta oletuksena, 1) etteivät tuottavuushyödyt näy kokonaan palkoissa ja 2) on olemassa hyötyjä, jotka eivät liity suoraan työvoiman saavutettavuuteen	- Työvoiman osuutta tuotannosta ei ole suoraan saatavilla - Osaamisen kontrolloiminen haastavaa - Haastavaa saada yritystason aineistoa		0,035–0,040 (Combes ym., 2010)

Lähteet: Perustuvat Gibbons & Overman (2009), Combes ym. (2010), Combes & Gobillon (2015) ja Graham & Gibbons (2019).

koja selitetään alueen työvoiman saatavuuden tiheydellä, kohdataan ongelmia, joiden takia tiheyden vaikutus voi näyttäytyä usein suurempana kuin se oikeasti on.

Puuttuvan muuttujan harha

Ensimmäinen haaste on useiden muiden selittävien muuttujien poisjättäminen. Tällöin näiden muuttujien vaikutus saattaa näkyä harhaisesti tiheyden vaikutuksena. Tätä ilmiötä kutsutaan puuttuvan muuttujan harhaksi (*omitted variable bias*). Esimerkkinä tällaisesta ovat erot keskimääräisessä osaamistasossa tai tuotteissa eri tiheyksien alueilla. Jos osaaminen ja tuotteet ovat täysin sattumanvaraisesti jakautuneita eri alueiden kesken, ei ongelmaa ole. Se ei kuitenkaan ole uskottavaa. Usein esimerkiksi korkean osaamisen omaava työvoima on valikoitunut tiheimmille alueille. Puuttuvan muuttujan harhaa voi yrittää ratkaista lisäämällä selittäviä muuttujia, mutta tällöin kohdataan hyvin nopeasti ongelma loputtomasta listasta selittäviä muuttujia, jolloin ei koskaan myöskään voi olla varma siitä, ovatko kaikki tarpeelliset muuttujat mukana. Osa ratkaisua puuttuvan muuttujan harhalle on lisätä kaupunki- ja sektoritason kiinteät vaikutukset, jolloin ei tarvitse olla huolissaan selittävästä muuttujista, jotka eivät muutu ajan kuluessa. Tällöin kuitenkin ajassa muuttuvat selittävät muuttujat jäävät pois, ja niiden vaikutus voi edelleen tulla harhaisesti esille tiheyden vaikutuksena.

Käänteinen syy-seuraussuhde

Toinen haaste liittyy sokkeihin ja sijainnin valikoimiseen, jolloin tiheyden vaikutus sisältää myös sokin vaikutuksen. Tässä yhteydessä sokeilla tarkoitetaan ulkopuolisia tekijöitä, jotka vaikuttavat esimerkiksi alueen yritysten tuottavuuteen ja sitä kautta kasautumiseen. Esimerkiksi tietynlaisten matkapuhelinten globaalien kysynnän kasvu saattaa vaikuttaa tietyn alueen yritysten tuottavuuteen, mikä puolestaan kasvattaa työntekijöiden kysyntää alueella.

Sokit ovat usein paikallisia ja niillä on vaikutus niin ihmisten kuin yritystenkin sijaintipäätöksiin. Houkuttelevia paikkoja ovat sellaiset, jotka hyötyvät positiivisista sokeista (kuten parantuneesta tuottavuudesta), ja vähemmän houkuttelevia paikat, jotka kärsivät huonoista sokeista. Ihmiset ja yritykset valikoituvat houkutteleviin paikkoihin, mikä vaikuttaa alueiden taloudelliseen toimintaan ja siten myös työllisten tiheyteen. Tätä ilmiötä kutsutaan käänteiseksi syy-seuraussuhteeksi (*reverse causality*). Jokin havaitsematon sokki vaikuttaa paikkoihin ja siten houkuttelee

alueelle enemmän työntekijöitä ja kasvattaa tiheyttä, eikä toisinpäin. On tärkeä muistaa, että työntekijöiden ollessa liikkuvia, työntekijöiden tiheyden ja palkkojen suhde on kaksisuuntainen. Tiheys ei ainoastaan vaikuta tuottavuuteen, vaan tuottavuus vaikuttaa myös tiheyteen, mikä tekee vuorostaan kasautumisvaikutusten arvioinnista haastavaa. Graham ym. (2010) tarjoavat kattavan analyysin ja katsauksen kasautumisvaikutusten kaksisuuntaisuudesta ja siitä, mitä tulisi ottaa huomioon kasautumisvaikutuksia arvioitaessa. Osana ratkaisua he ehdottavat instrumenttimuuttujien käyttämistä, mitä käsitellään seuraavaksi.

Instrumenttimuuttujien käyttäminen

Puuttuvan muuttujan harhaan ja käänteiseen syyseuraussuhteeseen käytetään usein ratkaisuna nk. instrumenttimuuttujia (*instrumental variables*). Instrumenttimuuttuja on sellainen, joka korreloi selittävien muuttujien kanssa, mutta ei vaikuta suoraan selitettävään muuttujan. Se tarkoittaa satunnaista tekijää, joka vaikuttaa syyhyn, mutta ei seuraukseen, muutoin kuin syy-seuraussuhteen kautta. Kasautumisesta puhuttaessa pitäisi löytää jokin muuttuja, joka vaikuttaa alueen tiheyteen, mutta ei vaikuta tuottavuuteen (paitsi tietenkin tiheyden kautta). Sellaisia muuttujia on usein hyvin haastavaa, ellei mahdotonta, löytää. Täydellisin instrumentti olisi arvonta – arvotaan eri alueille eri tiheyksiä –, mutta se ei monestakaan syystä ole toivottavaa, saati mahdollista.

Muun muassa Rosenthal ja Strange (2008) ja Combes ym. (2010) käyttävät geologiaa (kuten maanvyöryjen ja maanjäristyksen todennäköisyyksiä, vesistöjen määrää ja maaperän laatua) instrumentoidakseen tiheyttä. Osa tutkimuksista käyttää nk. luonnollisia koeasetelmia (*natural experiments*), kuten sodanaikaisia pommituksia (Davis & Weinstein, 2002) ja kanavien taloudellisen merkityksen vähenemistä (Bleakley & Lin, 2015) kuvaamaan taloudellisen toiminnan jakautumista alueittain. Ahlfeldt ym. (2015) käyttävät Berliinin muurin pystyttämistä ja purkamista arvioidakseen hajaannuksen ja kasautumisen vaikutuksia taloudelliseen toimintaan. Börjesson ym. (2019) instrumenttimuuttuja perustuu liikennehankkeiden aiheuttamiin muutoksiin matka-ajoissa ja siten myös saavutettavuudessa yli ajan.

Valikoitumisharha

Kolmantena haasteena on korkean osaamisen omaavien työntekijöiden valikoituminen suuriin kaupunkiin, mikä selittää suurelta osin kaupunkien korkeamman palk-

katason (Combes ym., 2008). Tällöin kasautumisvaikutus sisältää valikoitumisharhan (*sorting bias*): Suuriin kaupunkeihin, jotka ovat usein tiheitä, on valikoitunut korkean osaamistason tuottavia työntekijöitä, jolloin kaupunkien suurempi tuottavuus johtuu suureksi osaksi osaavista työntekijöistä eikä niinkään välttämättä suuremmasta tiheydestä. Ottaen huomioon erot osaamisessa ja muita työntekijän tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä (kuten yksilön havaitsemattomat ominaisuudet tai edelliset sijaintipäätökset) työntekijän tuottavuuden joustoksi tiheyden suhteen on saatu hieman alle 0,03 (Proost & Thisse, 2019). Tällöin, jos tiheys kaksinkertaistetaan, tuottavuus kasvaa noin 2,1 prosenttia.

Combesin ja Gobillonin (2015) mukaan instrumenttimuuttujien käyttäminen pienentää joustoestimaattia usein 10–20 prosenttia, ei vaikuta siihen lainkaan tai joskus jopa kasvattaa sitä. Sen sijaan yksilötason aineiston ja yksilötason kiinteiden vaikutusten lisääminen alueille valikoitumisen huomioonottamiseksi vaikuttaa joustoestimaattiin merkittävästi. Joustoksi saadaan tällöin yli puolta pienempi estimaatti, ja arvo on usein noin 0,02, jolloin tiheyden kaksinkertaistaminen johtaa 1,4 prosentin kasvuun tuottavuudessa. Valikoitumisharha voi kuitenkin vaihdella merkittävästi riippuen maasta ja siitä, miten osaamista kontrolloidaan (yksilötason kiinteät vaikutukset tai havaittavat osaamismuuttajat).

Valikoitumiseen liittyy vahvasti myös yritysten valikoituminen; korkeamman tuottavuuden yritykset saattavat valikoitua suuriin kaupunkeihin. On myös osoitettu, että tuottavammat yritykset hyötyvät enemmän korkean työllisyystiheyden alueilla olemisesta (Combes ym., 2012). Yritysten valikoitumista ja kasautumisvaikutuksia käsitellään yksityiskohtaisemmin osiossa, jossa käydään läpi Gaubertin (2018) tutkimusta.

Kasautumisvaikutuksen lineaarisuus

Useat tutkimukset käyttävät log-lineaarista suhdetta mallintaakseen kasautumisen ja tuottavuuden välistä yhteyttä. Tällöin, jos jousto saa arvot väliltä 0 ja 1, on kasautumisen ja tuottavuuden yhteys konkaavi, mutta ei millään tasolla laskeva. Combesin ja Gobillonin (2015) mukaan tämä ei kuitenkaan ole uskottavaa, eikä teorian mukaan ole mitään syytä, miksi suhteen pitäisi olla lineaarinen. Sen sijaan teorian pohjalta rajahyödyn pitäisi olla aluksi suuri ja laskea kaupunkikoon kasvaessa mm. lisääntyneiden ruuhkien takia ja laskevan rajahyö-

dyn takia. Ensimmäisistä korkean osaamistason työntekijöistä koituva paikallinen hyöty (inhimillisen pääoman ulkoisvaikutus) voi olla suuri, mutta mitä enemmän alueella on osaavia työntekijöitä, sitä pienemmän hyödyn jokainen uusi osaava työntekijä tuo. Lisääntyneellä kasautumisella voi olla myös negatiivisia vaikutuksia tuottavuuteen esimerkiksi maan ja kiinteistöjen hintojen kasvun kautta.⁴ Tämä negatiivinen vaikutus voi jopa dominoida kasautumisen hyötyjä etenkin hyvin suurissa kaupungeissa. Voidaan ajatella, että kasautumisesta koituvat negatiiviset vaikutukset ovat aluksi hyvin pieniä, mutta kasvavat kiihtyvästi. Tällöin kasautumisen ja tuottavuuden yhteydestä saadaan konkaavi ja nk. kellon muotoinen (*bell shaped*). Kasautumisen vaikutus tuottavuuteen laskee tietyn pisteen jälkeen. Yksinkertaisena ratkaisuna kasautumisen ja tuottavuuden suhteen lineaarisuuden testaamiseen on käyttää logaritmin neliötä tai korkeamman asteen polynomeja yhteyden tarkastelussa.

Graham ja Van Dender (2011) näyttävät, että tavanmukaiset paneeliaineistomenetelmät, joita on käytetty kasaantumishyötyjen vaikutusten arvioimiseen eivät ole luotettavia, koska saavutettavuuden mittareissa ei ole usein riittävää vaihtelua yli ajan. Jos vaihtelua on vähän, perinteisten dynaamisten (kuten esimerkiksi *Generalized Method of Moments*, GMM) ja kiinteiden vaikutusten paneelimallien tulokset ovat epäluotettavia. Graham ja Van Dender (2011) käyttävät yritystason paneeliaineistoa tuotannosta, työvoimasta ja pääomasta Isosta-Britanniasta vuosilta 1995–2004 ja mittaavat saavutettavuuden käyttäen postinumerotasosta työllisyysaineistoa. He käyttävät ensin perinteistä kiinteiden vaikutusten (*fixed effects*) regressiomallia ja GMM-menetelmää arvioidakseen taloudellisen saavutettavuuden vaikutusta kokonaistuottavuuteen. He löytävät positiivisen vaikutuksen, joskin sen tilastollinen merkittävyys on mallista riippuvainen. Jotta vaikutuksen mahdollinen epälineaarisuus voidaan ottaa huomioon, he käyttävät vaihtoehtona perinteisesti käytetyille malleille semiparametrissa lineaarista additiivista mallia (*SPLAM*) ja otosrajoituksia (otos jaetaan kaupungistumistyyppin mukaan). Graham ja Van Dender (2011) näyttävät, että taloudellisella saavutettavuudella ja kokonaistuottavuudella on epälineaarinen suhde⁵, mutta he eivät onnistu näyttämään luotettavasti, että taloudellisella saavutettavuudella olisi vaikutusta kokonaistuottavuuteen.

Kasautumisvaikutuksen alueellinen ulottuvuus ja vaikutuskanavat

Tutkimukset käyttävät erilaajuisia alueita, joilta ne mitaavat paikallisia tulemia, mikä vuorostaan vaikuttaa saatuihin joustoestimaatteihin. Eri laajuisten alueiden käytölle on kaksi pääsyttä (Combes & Gobillon, 2015). Ensiksi, ei ole yksimielisyyttä siitä, kuinka laajalta alueelta paikalliset tulemat tulisi mitata. Toiseksi, eri kanavien kautta vaikuttavat kasautumisvaikutukset voivat vaikuttaa eri vahvuudella eri laajuisilla alueilla. Esimerkiksi teknologiset ulkoisvaikutukset tarvitsevat usein kasvotusten tapahtuvaa vuorovaikutusta, kun taas jotkin kasautumisvaikutukset, kuten panostuotoslinkit, voivat tapahtua suuremmilla alueilla.

Sillä, kuinka suurelta alueelta tulemia mitataan, on vaikutusta saatuihin joustoestimaatteihin, mutta ei kuitenkaan yhtä suurta vaikutusta kuin esimerkiksi osaamisen kontrolloimisella (Briant ym., 2010). Käytännössä käytämällä eri laajuisia alueita voidaan saada viitteitä siitä, mikä kasautumisen vaikutuskanava toimii milläkin laajuudella. Jos katsotaan lyhyitä etäisyyksiä, esimerkiksi kaupunkeja tai naapurustoja, tiedon leviämisenä (*knowledge spillovers*), henkisen pääoman ulkoisvaikutuksilla (*human capital externalities*) ja kohtaannolla (*matching*) voidaan ajatella olevan suurin vaikutus. Jos tarkastellaan suurempia alueita, kuten seutuja, loppu- ja välituotteiden markkinapääsillä (*market access for final and intermediate goods*) voidaan taas ajatella olevan suurin vaikutus (Combes & Gobillon, 2015). Rosenthal ja Strange (2008) tarkastelevat henkisen pääoman tiheyden vaikutusta tuottavuuteen ja näyttävät, kuinka hyödyt ovat suuret lyhyillä etäisyyksillä, mutta laskevat hyvin nopeasti. Korkeasti koulutettujen määrän nostamisen vaikutus tuottavuuteen on 2,5–3 kertaa pienempi 8–40 kilometrin etäisyydellä verrattuna 8 kilometrin etäisyyteen.

Melo ym. (2017) tutkivat kasaantumisen vaikutusta tuottavuuteen ja sen laajuuteen alueellisesti käyttäen yhdysvaltalaisista aineistoa 50 suurimmasta suurkaupunkien tilastollisesta alueesta (*metropolitan statistical area, MSA*). Kasautumista he mittaavat sillä, kuinka paljon työvoimaa on saatavilla alueellisesti ja ajallisesti. Melo ym. (2017) keskittyvät palkkatasoon mitatakseen alueellista vaihtelua työvoiman tuottavuudessa ja jakavat taloudellisen saavutettavuuden joukoksi jatkuvia työmatkakaistaleita. He jakavat suurkaupunkialueet viiteen ryhmään yllä olevan saavutettavuuden mukaan ja käyttävät suhteellista sijaa

selittämään saavutettavuutta. Heidän tulostensa mukaan kasaantumisen on positiivinen vaikutus tuottavuuteen, mutta vaikutus on hyvin paikallinen. Suurin osa (lähes kaikki) kasautumisvaikutuksesta tulee 20 minuutin ajomatkan etäisyydeltä, mutta vaikutus voi ulottua noin 60 minuutin ajomatkan päähän.

Melo ja Graham (2009) estimoivat työllisten lisäyksen vaikutusta muiden alueen työllisten palkkoihin eri etäisyyksiväleillä ja havaitsivat, että vaikutus laskee etäisyyden kasvaessa. He arvioivat, että työllisten lisäys jollekin alueelle ei kasvata muiden työllisten palkkoja enää 75 kilometrin päässä alueesta, jolla työllisten määrä on kasvanut. Lisäksi Graham ym. (2010) arvioivat kasautumisvaikutusten vähenemistä etäisyyden kasvaessa ja totesivat, että kasautumisen vaikutus heikkenee nopeiten etäisyyden kasvaessa palvelualueilla, joilla myös kasautumisen merkitys tuottavuudelle on suurinta. Teollisuusaloilla kasautumisvaikutusten heikkeneminen etäisyyden kasvaessa on hitaampaa, mutta kasautumisen merkitys tuottavuudelle on myös pienempää.

Kasautumisvaikutusten yleistäminen

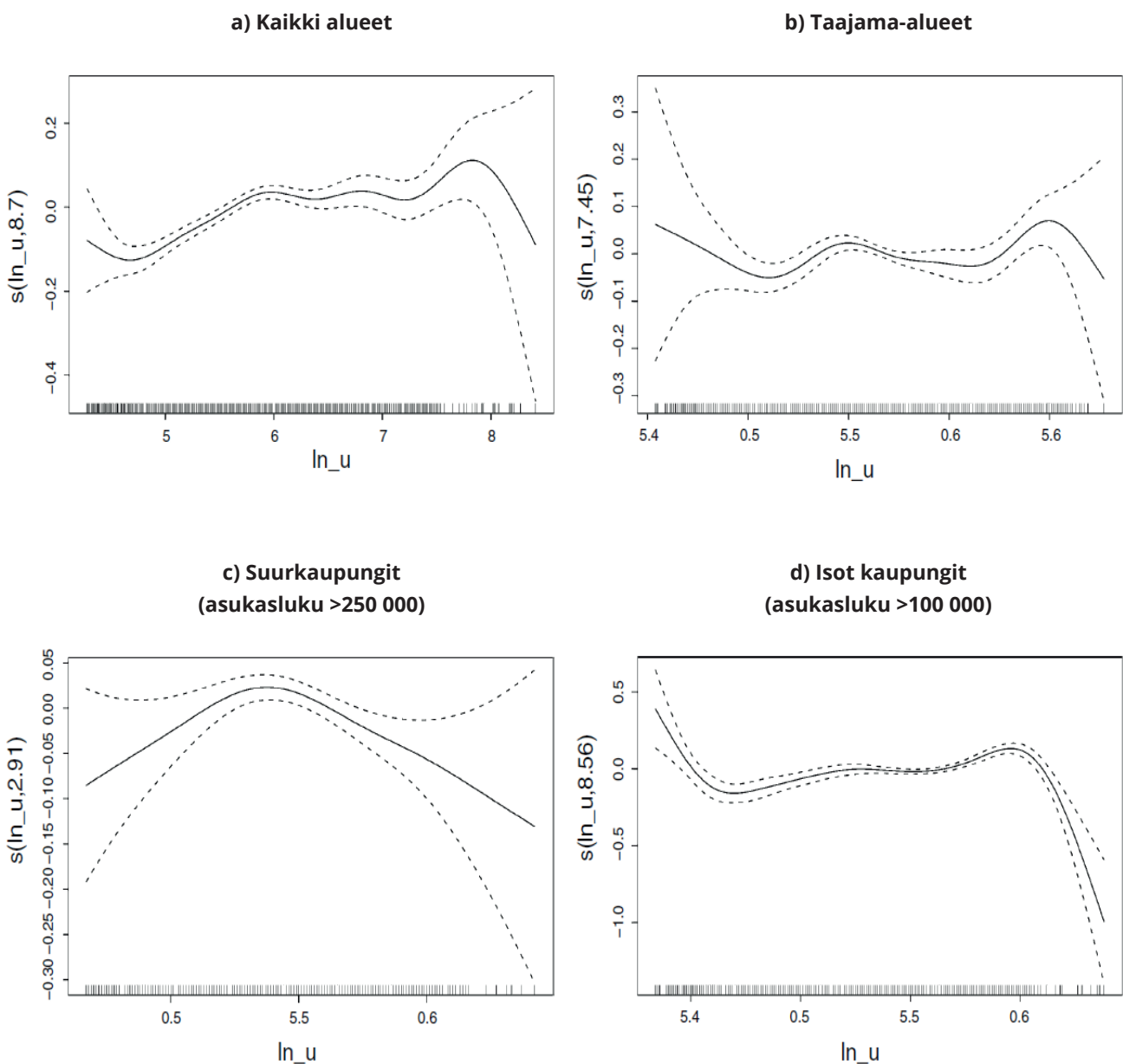
Kasautumisvaikutusten olemassaolo on osoitettu lukuisissa tutkimuksissa, mutta kasautumisvaikutusarvioiden yleistäminen eri tilanteisiin ei ole suoraviivaista. Kasautumisvaikutuksen suuruuteen vaikuttavat niin työntekijöiden tyyppi, alueen toimialarakenne kuin myös ajanjakso ja maa. Lisäksi on osoitettu, että eri alat ja erikokoiset yritykset hyötyvät kasautumisesta eri määrin ja tavoin. Korkean teknologian alojen on näytetty hyötyvän enemmän kasautumisesta johtuvasta tiedon leviämisestä, kun taas alhaisemman teknologian sektorit hyötyvät enemmän panosten (*input*) ja työmarkkinoiden jakamisesta (*labor pooling*) (Faggio ym., 2017). Kasautumisvaikutukset ovat usein myös suurempia pienemmille yrityksille. Kasautumisvaikutukset voivat myös olla negatiivisia tietyn kaupunkikoon jälkeen johtuen kasautumisen aiheuttamista muista ilmiöistä, kuten maan hintojen noususta ja ruuhkista (Combes & Gobillon, 2015).

Melo ym. (2009) meta-analyysin⁶ mukaan maakohtaiset ominaisuudet, toimialarakenne, kasautumista kuvaava mittari ja kontrollimuuttujien sisällyttäminen selittävät suurimman osan eri tutkimusasetelmilla saatujen joustoestimaattien eroista. Heidän analyysinsä mukaan muun muassa palvelusektori hyötyy eniten kasautumisesta. Käytetyllä tilastoaineistolla on myös väliä. Tutki-

mukset, jotka käyttävät paneeliaineistoja saavat (noin 3 prosenttiyksikköä) pienempiä joustoestimaatteja⁷. Yksilötason (joko yritys- tai henkilötason) aineistoilla on myös suuri (negatiivinen) vaikutus joustoon. Melo ym.

(2009) eivät kuitenkaan havaitse, että syy-seuraussuhteen korjaamisella olisi suurta vaikutusta. Sen sijaan osaaamisen kontrolloimisella on suuri vaikutus, kuten valikoitumisharhaa käsittelevä kappale myös osoitti.

Kuvio 6 Saavutettavuuden vaikutus kokonaistuottavuuteen semiparametrisen mallin estimaattien mukaan eri suuruisilla alueilla: a) kaikki alueet, b) taajama-alueet, c) suurkaupungit (asukasluku >250 000), d) isot kaupungit (asukasluku >100 000)



Lähde: Graham & van Dender (2011).

Myös Graham ym. (2010) havaitsee eroja eri talouden sektorien joustoestimaateissa. He estimoivat yritystason paneeliaineistolla tuotantosektorin joustoksi 0,024, kuluttajapalvelusektorin joustoksi 0,024, rakennussektorin joustoksi 0,034 ja yrityspalvelusektorin joustoksi 0,083. Koko talouden jouston painotetuksi keskiarvoksi he arvioivat 0,044.

Viitaten sivulla 24 olevaan osioon ”Kasautumisvaikutuksen lineaarisuus” kuviossa 6 on esitetty Grahamin ja van Denderin (2011) tutkimuksen estimaatteja saavutettavuuden ja kokonaistuottavuuden suhteesta eri laajuisilla alueilla ja eri saavutettavuustasoilla. X-akseli kuvaa logaritmita saavutettavuutta (mitattuna postinumerotason työllisten määrällä) ja y-akseli kuvaa saavutettavuuden suhdetta kokonaistuottavuuteen⁸. Paneelista a) nähdään, että saavutettavuuden ja tuottavuuden suhde on positiivinen yrityksille kaikilla alueilla, paitsi alhaisimman ja korkeimman saavutettavuuden alueilla (tosin näillä alueilla suhde on hyvin epätarkasti estimoitu). Paneeli b) näyttää, että yrityksille, jotka sijaitsevat taajama-alueilla, ei löydy selvää vaikutusta, eikä myöskään kaupungeille, joissa asukasluku on yli 250 000 (paneeli c). Yrityksille, jotka sijaitsevat yli 100 000 asukkaan kaupungeissa, on havaittavissa positiivinen suhde saavutettavuuden suhteen. Tulokset antavat viitteitä siitä, että jos saavutettavuudella on positiivinen vaikutus kokonaistuottavuuteen, vaikutus on epäjatkuva eikä universaali.

Liikennehankkeiden vaikutuksesta kasautumiseen ja sitä kautta tuottavuuteen on vähemmän tutkimusta. Melo ym. (2013) tekevät meta-analyysin liittyen liikennehankkeiden tuottavuuteen, mistä voi saada osviittaa siihen, mikä liikennehankkeiden ominaisuuksista vaikuttaa mahdollisesti eniten tuottavuuteen. Liikennehankkeen kokoa mitataan tutkimuksissa usein niiden rahallisena arvona. Osa tutkimuksista käyttää myös muita mittareita, kuten tien pituutta. Tulemana heidän tarkastelemissaan tutkimuksissa on käytetty usein kokonaistuotantoa (*aggregate output*) ja talouskasvua (*economic growth*). Heidän tulostensa mukaan liikennehankkeiden tuottavuus vaihtelee toimialojen ja maiden kesken. Esimerkiksi palvelualat hyötyvät vähemmän kuin teollisuus ja rakennusala, ja Yhdysvalloissa on saatu suurempia joustoestimaatteja kuin Euroopassa. Tutkimusten pohjalta tiehankkeet ovat myös tuottavampia kuin raide- ja muut hankkeet. Tutkimusasetelmalla ja aineistolla on myös vaikutusta saatuihin joustoestimaatteihin. Syy-seuraussuhteen ja

alueiden heterogeenisuuden huomiotta jättäminen johtaa usein suurempiin joustoestimaatteihin, mikä näkyi myös kasautumisvaikutuksia koskevissa tutkimuksissa.

Seuraavassa osiossa esitetään Börjesson ym. (2019) tutkimus, jossa on tarkasteltu liikennejärjestelmämuutosten aiheuttamien matkavastusmuutosten vaikutusta palkkoihin ja Ahlfeldt ym. (2019), jossa tarkastellaan liikennehankkeiden vaikutusta tehokkaaseen tiheyteen ja palkkoihin.

3.3 Kasautumisartikkelit

Tässä osiossa esitetään kaksi tuoretta taloustieteen artikkelia, jotka käsittelevät kasautumista ja tuottavuutta ja ottavat huomioon yllä olevia haasteita. Ensimmäinen artikkeli käsittelee yritysten valikoitumisen ja kaupunkien tuottavuuspreemion välistä suhdetta teoreettisen mallin ja yritystason aineiston avulla (Gaubert, 2018). Toinen artikkeli on Börjesson ym. (2019), joka tarkastelee, miten liikennejärjestelmien parannukset vaikuttavat kasautumiseen ja tuottavuuteen Ruotsissa. Käsiteltävät artikkelit ovat myös siitä mielenkiintoisia, että ne soveltavat tuloksiaan mm. olemassa oleviin ja hypoteettisiin liikennehankkeisiin ja aluepolitiikkatoimenpiteisiin. Näiden lisäksi esitetään vielä julkaisematon ja keskeneräinen, mutta sitäkin mielenkiintoisempi tutkimus (Ahlfeldt ym., 2019).

Yritysten valikoituminen ja kasautuminen

Gaubert (2018) tarkastelee yritysten valikoitumista eri alueille ja analysoi aluepolitiikkatoimien vaikutusta tuottavuuteen ja alueelliseen epäsuhtaan⁹ (*spatial disparity*). Gaubert (2018) luo mallin heterogeenisten yritysten sijaintipäätöksistä ja niiden vaikutuksesta paikalliseen ja kokonaistuottavuuteen. Mallikehikon avulla hän erottaa tiheillä alueilla toimivien yritysten tuottavuushyödyn 1) tiheyden aiheuttamaan hyötyn eli kasautumisvaikutukseen ja 2) tuottavien yritysten valikoitumiseen tiheille alueille eli valikoitumisvaikutukseen. Mallissa kaupungit ovat alussa samankaltaisia. Niiden asukasluku kasvaa, kun yritykset muuttavat niihin ja työn kysyntä kasvaa. Kaupungit hyötyvät kasautumisen ulkoisvaikutuksista, kuten laajoista työmarkkinoista ja tiedon leviämisestä. Yritykset ovat heterogeenisiä tuottavuuden suhteen ja ne toimivat usealla eri toimialalla ja tuotantofunktiolla. Yritykset valikoituvat erisuuruisiin kaupunkeihin punniten kasautu-

misesta koituvia hyötyjä ja toisaalta suurien kaupunkien korkeampia työvoimakustannuksia. Valikoitumiseen vaikuttaa suuresti se, kuinka työvoimaintensiivistä yrityksen tuotanto on, mikä vaihtelee toimialoittain. Mallissa oletuksena on, että tuottavimmat yritykset hyötyvät suhteessa enemmän paikallisista kasautumisvaikutuksista.¹⁰ Tämä vuorostaan aiheuttaa sen, että tuottavimmat yritykset valikoituvat suurimpiin kaupunkeihin vahvistaen niiden alkuperäistä asemaa (*positive assortative matching*).

Malli toimii hyvin ja ennustaa Ranskassa havaittuja tulemia. Aineiston mukaan yrityksillä on suurempi liikevaihto (*revenue*) kaupungeissa (sektorin sisällä), mutta ei välttämättä korkeampaa työllisyyttä, minkä malli myös ennustaa. Aineistosta näkee myös, miten yritysten valikoituminen liittyy vahvasti siihen, kuinka työvoimaintensiivistä tuotanto on. Malli näyttää, kuinka työvoimaintensiiviset sektorit valikoituvat pienempiin kaupunkeihin, joissa palkkataso on matalampi.

Gaubert (2018) estimoii rakenteellisen mallin avulla, kuinka suuri tuottavuuspreemio (*value added*) kaupungeissa on. Kaupungin määritelmän on työmatka-alue, joita on yhteensä 314 ja kaupungin koko mitataan työllisten määrässä. Tulosten mukaan suurien kaupunkien tuottavuuspreemiosta lähes puolet juontuu tuottavien yritysten valikoitumisesta kaupunkeihin. Arvioitu tuottavuuspreemio on noin 4,2 prosenttia, mikä on hyvin lähellä eri kasautumistutkimuksista saatuja arvoja.

Gaubert (2018) arvioi mallin pohjalta myös aluepolitiikkatoimenpiteiden yleisen tasapainon (*general equilibrium*) vaikutuksia. Useat aluepolitiikan toimet kohdennetaan suoraan yrityksille ja yrityksiä houkuttelevat tietyille alueille (usein vähemmän kehittyneille). Malli ottaa huomioon, miten nämä politiikkatoimet vaikuttavat heterogeenisten yritysten sijaintipäätöksiin, minkälaisia yrityksiä ne houkuttelevat, ja miten sijaintipäätöksestä koitua tuottavuusvaikutus vaikuttaa edelleen yritysten tuottavuuteen. Mallin avulla voidaan tarkastella politiikkatoimenpiteiden yleisen tasapainon vaikutuksia sekä kokonaistuottavuuteen että alueellisiin eroihin. Tulosten mukaan politiikkatoimenpiteillä, jotka tukevat pienempiä kaupunkeja, voi olla negatiivisia kokonaisvaikutuksia, eivätkä ne välttämättä vähennä alueellista epäsuhtaa, vaan jopa kasvattavat sitä. Sen sijaan politiikkatoimenpiteet, jotka tukevat kaikkien kaupunkien kasvua, eivätkä vain pienien, voivat kasvattaa kokonaistuottavuutta ja hyvinvointia (*welfare*).

Kasautuminen, tuottavuus ja liikennejärjestelmän parannusten vaikutukset

Börjesson ym. (2019) artikkeli on ensimmäisiä, joka katsoo, miten parannukset liikenneverkostossa vaikuttavat kasautumiseen ja siten myös tuottavuuteen. Kasautumista he mittaavat kahdella suurella: työntekijän asuinpaikan ja kaikkien alueella sijaitsevien työpaikkojen välisellä matkavastuksella sekä työntekijän työpaikan ja kaikkien alueella sijaitsevien työpaikkojen välisellä matkavastuksella. He argumentoivat, että liikennehankkeista koituvat matka-aikojen muutokset ovat eksogeenisiä¹¹ kahdesta syystä: 1) aikaisemman kirjallisuuden pohjalta liikennehankkeissa ei ole valikoitumista matalan tai korkeamman tuottavuuden alueille Ruotsissa, 2) liikennehankkeiden suunnittelun ja toteutumisen välillä voi helposti olla yli kymmenen vuoden väli. Käytetty matkavastusmittari yhdistää matkan ajallisen ja rahallisen kustannuksen, kuten HELMET-mallissa kuluttavan valintaan ja suuntautumisen ennustamiseen käytettävä matkavastusmittari.

Aineistoina heillä on käytössään yhdistetty työntekijä-yritys-aineisto (vastaa Suomen FLEEDiä) ja kansallinen liikennemalli¹², josta on johdettavissa matka-ajat kaikille kulkuvälineille (auto, kävely, pyörä ja joukkoliikenne) Keski-Ruotsille (sisältäen Tukholman). Kodin ja työpaikan tarkkuus on maaseutualueilla 1000 m x 1000 m ruudukkotasolla ja kaupunkialueilla 250 m x 250 m ruudukkotasolla.

He tarkastelevat muutosta matka-ajoissa vuosien 1995 ja 2006 välillä ja ottavat tarkasteluihin mukaan kaikki yksilöt, jotka ovat molempina vuosina aineistossa. Tänä aikana kasautuminen kasvoi keskimäärin 9 prosenttia asuinalueelta mitattuna ja 14 prosenttia työpaikalta mitattuna. Asuinpaikkojen keskimääräisten matka-aikojen muutoksesta johdettu kasautuminen muuttuu kahdesta syystä: 1) työpaikkojen alueellisen jakautumisen muutoksesta ja 2) liikennejärjestelmän muutoksista. Jos tarkastellaan niitä, jotka eivät vaihda asuinpaikkaansa näiden vuosien välillä, kasautumisen muutoksesta 20 prosenttia selittyy muutoksilla liikennejärjestelmissä. Vastaavasti työpaikkojen keskimääräisestä kasautumisen muutoksesta 37 prosenttia selittyy liikennejärjestelmän muutoksilla. Kasautumisen muutoksessa on paljon vaihtelua alueittain, mikä mahdollistaa muutoksen vaikutuksen tarkastelun.

He selittävät muutoksia palkoissa muutoksilla kasautumisessa, eli matka-ajoissa, yli ajan sisällyttäen malliin

henkilötason kiinteät vaikutukset.¹³ He havaitsivat, että palkkojen jousto työntekijän asuinpaikan kasautumisen suhteen on pieni, noin 0,004, kun valikoituminen eli yksilön ominaisuudet otetaan huomioon. Selittäessään muutoksia palkkoissa pelkästään muutoksella matka-ajoissa, eli kasautumisessa, jousto on huomattavasti suurempi, lähes kymmenkertainen, ja saa arvon 0,03. Valikoitumisella on siis suuri merkitys; korkean tuottavuuden omaavat työntekijät asuvat usein tiheimmillä alueilla. Sen sijaan palkan jousto työntekijän työpaikan kasautumisen suhteen on suurempi (0,035–0,028). Jälleen joustosta saadaan huomattavasti suurempi (0,086), jos valikoitumista ei oteta huomioon.

Tulosten pohjalta Börjesson ym. (2019) argumentoivat, että jos kasautumista ja siitä koituvia hyötyjä halutaan kasvattaa liikennehankkeilla, tulee valtioiden keskittyä työpaikkojen välisten yhteyksien parantamiseen (ainakin maissa, joissa on yhtä kehittyneet liikennejärjestelmät kuin Ruotsissa).¹⁴ Koska liikennehankkeet, jotka vaikuttavat työpaikkojen väliseen matka-aikaan, eivät ole suoraan yhteydessä alentuneisiin työmatka-aikoihin, ei niiden palkkovaikutuksia ole huomioitu perinteisissä kustannus-hyötyanalyysissä ja ne tulisi huomioida laajemmissa vaikutuksissa.

Börjesson ym. (2019) arvioivat tulostensa pohjalta, kuinka suuri vaikutus Tukholman metrolla on alueen palkkoihin. He eivät huomioi laskelmissaan metrolta johtuvaa alentuneen työmatkavastuksen vaikutusta palkkoihin, koska 1) vaikutus on todennäköisesti hyvin pieni edellä olevan analyysin ja sen joustoestimaattien perusteella ja 2) suurin osa työmatkavastuksen alenemisen vaikutuksesta on otettu jo huomioon perinteisissä kustannus-hyötyanalyysissä. He laskevat työpaikkojen todellisen ja hypoteettisen saavutettavuuden ilman metroa vuonna 2006 ja saavat niiden suhdeluvuksi 1,32. Eli metro lisäsi hypoteettisesti saavutettavuutta 32 prosenttia. Vuonna 2006 Tukholman läänin kokonaispalkkatulot olivat 48,4756 miljardia euroa. Käyttäen saatuja joustoestimaatteja 0,035 ja 0,028, he arvioivat, että kokonaispalkkatulot olisivat olleet 48,01–48,10 miljardia euroa ilman metroa, jolloin metron vaikutus tuottavuuteen olisi 0,3574–0,4688 miljardia vuonna 2006.¹⁵ He arvioivat, että kuluttajan ylijäämälle tulisi käyttää kerrointa 1,4–1,5, joka vastaa myös Ison-Britannian arviointiohjeissa esitettyjä arvoja (Department for Transport, 2016, 2014).¹⁶

Tuottavuuden jousto tehokkaan tiheyden suhteen muuttajille ja jääville

Vielä julkaisematon, mutta esittämisen arvoinen tutkimus on Ahlfeldt ym. (2019), jossa he tarkastelevat tehokkaan tiheyden vaikutusta tuottavuuteen ottaen huomioon havaitsemattomat eroavaisuudet työntekijöiden, yritysten ja paikkojen välillä. Kuten edellä esitetty Börjesson ym. (2019), he hyödyntävät tutkimusasetelmassaan liikennehankkeiden aiheuttamia muutoksia tehokkaassa tiheydessä. Tutkimuksen tulokset ovat vielä hyvin alustavia, joten niihin tulee suhtautua varauksella. Siitäkin huolimatta, tutkimusasetelma ja alustavat tulokset ovat esille nostamisen arvoisia.

Aineistoina heillä on työntekijä- ja toimipaikkatason panee-liaineistot ja tieto kaikista tie- ja raidehankkeista Saksassa vuosilta 1999–2015. Ensin he estimoivat olemassa olevan kirjallisuuden tapaan nk. keskimääräisen vaikutuksen toimenpiteen saajille (*average treatment effect on the treated*, ATT) käyttäen työssäkäyntialueen (*labour-market-area*) työvoiman määrää tiheyden mittarina alueen pinta-ala otettuna huomioon. Työssäkäyntialueita on yhteensä 141. Yksinkertaistettuna, he vertailevat eri työssäkäyntialueilla ja siten eri tiheyksillä asuvien palkkoja ja ottavat analyysissä huomioon havaitut erot osaamistasoissa eri alueilla. Palkkojen joustoksi tiheyden suhteen he saavat tällöin 0,07. Lisättyään analyysiin henkilötason kiinteät vaikutukset, jolloin havaitsemattomat erot osaamisessa otetaan huomioon, jousto laskee huomattavasti ja saa arvon 0,027, mikä on hyvin lähellä kirjallisuudessa vastaavalla tavalla esitettuja joustoja (Combes & Gobillon, 2015). Tällöin variaatio tulee henkilöistä, jotka muuttavat eri alueille ja siten kohtaavat eri tiheyksiä. Nämä nk. muuttajat (*movers*) voivat kuitenkin erota jäävistä (*stayers*) muun muassa suhteessa siihen, miten he hyötyvät tiheydestä.

Seuraavaksi he käyttävät johtamaansa tehokkaan tiheyden mittaria. Lyhyesti, tehokas tiheys lasketaan kuntatasolla niin, että se sisältää kunnan keskustasta tunnin sisällä (tie- ja raideyhteyksien kautta) olevan työvoiman määrän (kuntatasolla). Kuntia, tai nk. kuntayhtymiä, on yhteensä 4 449. Jousto käyttäen henkilötason kiinteitä vaikutuksia ja kuntatason tehokasta tiheyttä on lähes identtinen jouston kanssa, jonka he saavat käyttäen työssäkäyntialueita, mikä antaa viitteitä siitä, että tehokkaan tiheyden mittari vastaa hyvin kirjallisuudessa käytettyjä kasautumisen mittareita. He lisäävät ajallista variaatiota tehokkaan tiheyden mittariin eli käyttävät hyödykseen raide- ja tie-

hankkeiden luomia muutoksia tehokkaassa tiheydessä eri kunnissa. Näin he pystyvät kontrolloimaan useita havaitsemattomia ominaisuuksia, jotka voivat vaikuttaa harhaisesti saatuihin joustoestimaatteihin, ja samalla analyysi ottaa huomioon kaikki työntekijät eikä vain niitä, jotka muuttavat ja sen takia kohtaavat eri tiheyksiä. He näyttävät myös, että kunnat, joista 25 kilometrin säteellä tehdään liikennehanke, ovat seuranneet samanlaisia trendejä tuottavuudessa kuin ne kunnat, joiden läheisyydessä ei tehdä liikennehankkeita. Tämä antaa viitteitä siitä, että muutokset tiheydessä eivät korreloi mahdollisten tuottavuussokkien kanssa ja tutkimusasetelma mahdollistaa tiheyden kausaalivaikutuksen tarkastelun. Ottaen huomioon henkilötason havaitut ominaisuudet, henkilötason kiinteät vaikutukset (eli havaitsemattomat ominaisuudet), toimipaikkatason kiinteät vaikutukset, kuntatason kiinteät vaikutukset ja trendit ja seututason kiinteät vaikutukset palkkojen joustoksi tiheyden suhteen saadaan 0,012. Käyttäen työvoiman osuutta 0,67 tuotannossa (Valentiny & Herrendorf, 2008) tuottavuuden (*TFP*) joustoksi saadaan vastaavasti 0,008.

3.4 Johtopäätökset

Kasautumisvaikutusten empiirinen tarkastelu on haastavaa ja useissa artikkeleissa ekonometrisiä haasteita ei ole ratkaistu kunnolla. Jos esimerkiksi palkkoja selitetään alueen työvoiman saatavuuden tiheydellä, kohdetaan ongelmia, joiden takia tiheyden vaikutus voi näyttäytyä usein suurempana kuin se oikeasti on.

Ensimmäinen haaste liittyy useiden muiden selittävien muuttujien poisjättämiseen, eli niin kutsuttuun puuttuvan muuttujan harhaan. Tällöin näiden muuttujien vaikutus, kuten erot osaamistasossa tai tuotteissa eri tiheyksien alueilla, saattaa näkyä harhaisesti tiheyden vaikutuksena. Toinen haaste liittyy sokkeihin ja sijainnin valikoimiseen, jolloin tiheyden vaikutus sisältää myös sokin vaikutuksen. Esimerkiksi tietynlaisten matkapuhelinten globaalien kysynnän kasvu saattaa vaikuttaa tietyn alueen yritysten tuottavuuteen, mikä puolestaan kasvattaa työntekijöiden kysyntää alueella. Tällöin tuottavuus lisää alueen tiheyttä, eikä toisinpäin. Näihin kahteen ongelmaan käytetään usein ratkaisuna nk. instrumenttimuuttujia. Instrumenttimuuttuja on sellainen, joka korreloi selittävien muuttujien kanssa, mutta ei vaikuta suoraan selitettävään muuttujan.

Kolmantena haasteena on korkean osaamisen omaavien työntekijöiden valikoituminen suuriin kaupunkeihin, mikä selittää suurilta osin kaupunkien korkeamman palkkatason (Combes ym., 2008). Tällöin kasautumisvaikutus sisältää valikoitumisharhan: Suuriin kaupunkeihin, jotka ovat usein tiheitä, on valikoitunut korkean osaamisen tuottavia työntekijöitä, jolloin kaupunkien suurempi tuottavuus johtuu suureksi osaksi osaavista työntekijöistä eikä niinkään välttämättä suuremmasta tiheydestä. Myös alueen laajuudella, jolta kasautumisvaikutuksia mitataan, on vaikutusta saatuihin estimaatteihin. Lisäksi funktiomuoto, jolla kasautumisen ja tuottavuuden välistä yhteyttä mallinnetaan, vaikuttaa estimaattien suuruuteen.

Kasautumisvaikutusarvioiden yleistäminen eri tilanteisiin ei ole myöskään suoraviivaista. Kasautumisvaikutuksen suuruuteen vaikuttavat niin työntekijöiden tyyppi, alueen toimialarakenne kuin myös ajanjakso ja maa. Tämän lisäksi on näytetty, että eri alat ja erikokoiset yritykset hyötyvät kasautumisesta eri määrin ja tavoin.

Kattavan aineiston ja hyvän tutkimusasetelman avulla kasautumisvaikutuksen mittaaminen on kuitenkin mahdollista. Suurin vaikutus saatuihin joustoestimaatteihin on alueen työvoiman osaamisen kontrolloimisella, joka usein puolittaa saadun joustoestimaatin. Kasautumisen ja tuottavuuden, jota mitataan usein palkalla tai kokonaistuottavuudella, joustoestimaatiksi on saatu noin 0,02–0,03 edellä lueteltujen tärkeimpien ekonometrinen ongelmien huomioimisen jälkeen. Tällöin tiheyden, esimerkiksi työllisten määrän, kaksinkertaistaminen johtaa 1,4–2,1 prosentin kasvuun tuottavuudessa. Vastaavasti, jos tiheys kasvaa 10 prosentilla, tuottavuus kasvaa 0,2–0,3 prosenttia. Vaikutus voi olla myös pienempi. On tärkeää ottaa myös huomioon kasautumisen vaikutuskanavat ja niiden alueellinen ulottuvuus. Esimerkiksi henkisen pääoman ulkoisvaikutus saattaa laskea huomattavasti jo lyhyillä etäisyyksillä, kun taas loppu- ja välituotteiden jakamisen vaikutus voi ulottua maantieteellisesti kauemmaksi.

Teoriakatsauksessa tarkasteltiin kasautumisvaikutusten useita eri vaikutuskanavia. Empiirisesti ei voida kuitenkaan täysin selittää, mitä vaikutuskanavaa pitkin kasautumisvaikutus kulloinkin tapahtuu. Tästä huolimatta, tapahtui vaikutus mitä tahansa kanavaa pitkin, on se sisällytetty empiiristen tutkimusten tuloksiin. Vaikutuskanava ei ole vain tiedossa. Kasautumisen vaikutus voi myös

kääntyä negatiiviseksi tietyn pisteen jälkeen ulkoisvaikutusten (kuten lisääntyneiden ruuhkien) takia.

Suomessa arviointimahdollisuudet kasautumisvaikutuksille ovat olemassa ja niitä tulisi tehdä, jotta saataisiin luotettavampia estimaatteja. Esimerkiksi Helsingin seudulle voidaan toteuttaa vastaava tutkimus kuin Börjesson ym. (2019) hyödyntäen Helsingin seudun HELMET-liikenne-ennustemallilla tuotettuja tietoja saavutettavuuden kehityksestä ja Tilastokeskuksen yritys- ja henkilötason paneeliaineistoja.

4 Kasautumisvaikutukset liikennehankkeiden arviointiohjeissa

4.1 Kasautumisvaikutusten huomiointi liikennehankkeiden arvioinnissa

Katsaus kasautumisvaikutuksiin liikennehankkeiden arviointiohjeissa perustuu Wangsnessen, Rodsethen ja Hansenin (2017) katsaukseen, jossa tutkittiin, kuinka eri maiden arviointiohjeissa huomioidaan liikennehankkeiden

laajemmat taloudelliset vaikutukset. Hankearviointiohjeiden vertailussa kasautumisvaikutukset oli useimmin huomioitu osana laajempien taloudellisten vaikutusten kategoriaa.

Taulukossa 2 on esitetty, miten eri maiden arviointiohjeissa on ohjeistettu sisällyttämään laajempia taloudellisia vaikutuksia osaksi hyöty-kustannuslaskelmaa. Katsauksessa on mukana 23 maata ja alla olevassa taulukossa on kuvattu ne, joiden ohjeistuksessa otetaan kantaa kasautumisvaikutuksiin.

Maat eroavat toisistaan sen suhteen, saako arvioidut kasautumisedut sisällyttää hyöty-kustannuslaskelmaan, ja sen osalta, onko ohjeissa esitetty tarkkaa menetelmää kasautumishyötyjen laskemiseksi. Kasautumishyötyjen ottaminen mukaan hyöty-kustannussuhteeseen perustuu Venablesin (2007) huomioon, että kasautumisesta tuleva tuottavuushyöty on ulkoinen toimijoiden liikkumispäätöksille, eikä tule siten huomioitua liikennehankkeen aiheuttamissa matka-aikasäästöissä.

Kasautumisvaikutukset ovat Ison-Britannian ohjeistuksen mukaan suurin yksittäinen laajempien taloudellisten vaikutusten tekijä. Vaikutukset ovat tyypillisesti 10–30 prosentin välillä suhteessa liikennehankkeen suoriin hyötyihin (Department for Transport, 2018). Monis-

Taulukko 2 Laajempien taloudellisten vaikutusten käsittely hyöty-kustannuslaskelmassa eräissä maissa

Maa	Voidaan laskea H/K-suhteeseen	Voidaan laskea, mutta ei esitä H/K-suhteessa
Australia		Menetelmä
Belgia	Menetelmä	
Kanada		Ei menetelmää
Tanska		Ei menetelmää
Ranska	Menetelmä	
Irlanti		Ei menetelmää
Hollanti	Menetelmä	
Uusi-Seelanti	Menetelmä	
Espanja		Ei menetelmää
Iso-Britannia		Menetelmä
Sveitsi		Menetelmä
Ruotsi		Ei menetelmää
Yhdysvallat	Menetelmä	

Lähde: Wangsness ym. (2017).

sa ohjeissa kuitenkin todetaan, että kasautumishyötyjä syntyy todennäköisesti vain suurimmissa teollisuus- ja kaupunkikeskuksissa. Kasautumishyötyjä ei siten arvioida kaikkien liikennehankkeiden yhteydessä. Esimerkiksi Yhdysvalloissa kasautumishyötyjä arvioidaan vain hankkeissa, jotka toteutetaan yli 50 000 hengen alueilla, joiden asukastiheys on yli 620 asukasta/km² (National Cooperative Highway Research Program, 2014). Suomessa on 8 kuntaa, jotka täyttävät tiheysehdon. Näistä kunnista Helsingissä, Espoossa, Vantaalla ja Turussa asuu yli 50 000 ihmistä. Alankomaiden arviointiohjeissa todetaan, että kaikkien laajempien taloudellisten vaikutusten suuruus on noin 0–30 % suhteessa hankkeen suoriin hyötyihin (Ministerie van Verkeer en Waterstaat & Ministerie van Economische Zaken, 2014).

Ohjeissa varoitetaan, että osa liikennehankkeen tuottavuushyödyistä liittyy suoraan matka-aikasäästöihin, joten kasautumisvaikutusten mukaan ottamisessa on hyötyjen kahteen kertaan laskemisen vaara. Kuten luvussa 2.6 todettiin, erityisesti kohtaannon kautta tulevat hyödyt tulisi erotella oppimis- ja jakamishyödyistä (Eliasson & Fosgerau, 2019). Yhtäkään tutkimusta, jossa kohtaannon hyödyt olisi eroteltu oppimis- ja jakamishyödyistä ei kuitenkaan ole tiedossa, eikä tapoja välttää hyötyjen kaksinkertaista laskentaa esitellä arviointiohjeissa. Siten olemassa olevissa kasautumisen ja tuottavuuden välisissä joustoissa ja arvioissa on mukana kaikista kasautumisen mekanismeista seuraavat hyödyt.

4.2 Kansalliset liikennehankkeiden arviointiohjeet

Arviointit ehokkaalla tiheydellä

Yleisimmin hankearviointiohjeissa esiintynyt kasautumisvaikutusten arvioinnin menetelmä on Ison-Britannian hankearviointiohjeista johdettu tehokasta tiheyttä ja sen tuottavuusjoustoja hyödyntävä laskentamenetelmä. Kyseinen menetelmä on myös hankearviointiohjeissa tarkimmin kuvattu tapa laskea kasautumishyötyjä. Tämän tyyppistä menetelmää hyödynnetään Isossa-Britanniassa, Australiassa, Uudessa-Seelannissa, Yhdysvalloissa ja Ranskassa. Tehokas tiheys on funktio ympäröivien alueiden työllisten määrästä ja matkavastuksesta kyseisille alueille kaikilla käytettävissä olevilla kulkutavoilla. Matkavastus kertoo vaikeudesta kulkea kahden eri alueen välillä. Matkavastuksen ar-

viomiseen kehoitetaan hyödyntämään liikenne-ennustemallia. Tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden välinen jousto on arvioitu paikallisen aineiston avulla useille eri teollisuuden aloille kaikkialla paitsi Yhdysvalloissa ja Ranskassa, joissa hyödynnetään kirjallisuudesta löytynyttä keskimääräistä joustoja. Kuvioissa 7 ja 8 on esitetty Australian ja Uuden-Seelannin arviointiohjeiden menetelmät.

Menetelmässä tutkittava alue pilkotaan pienempiin alueisiin ja analyysi tapahtuu valitulla aluejaolla. Uuden-Seelannin arviointiohjeissa todetaan, että sopiva aluejako on esimerkiksi hyödynnettävän liikenne-ennustemallin käyttämä aluejako. Tutkittavan alueen täytyy olla myös tarpeeksi laaja, jotta kasautumisvaikutusten koko vaikutusalue tulee huomioitua analyysissä. Aluejaon määrittelyn jälkeen jokaiselle alueelle tulee koota seuraavat lähtötiedot perus- ja ennustevuodelle arvioituna hankkeen toteutuessa ja ilman hankkeen toteutumista:

- Työpaikkojen määrä.
- Bruttokansantuote.
- Tuottavuusjoustot.
- Matkojen kysyntä relevanteilla kulkutavoilla ja matkaryhmillä.
- Matka-ajat kaikkien alueiden välillä kyseisillä kulkutavoilla.
- Matkojen rahalliset kustannukset kaikkien alueiden välillä kyseisillä kulkutavoilla.

Arviointiohjeet poikkeavat hieman toisistaan edellä olevien lähtötietojen hyödyntämisessä kasautumisvaikutusten laskemiseen.

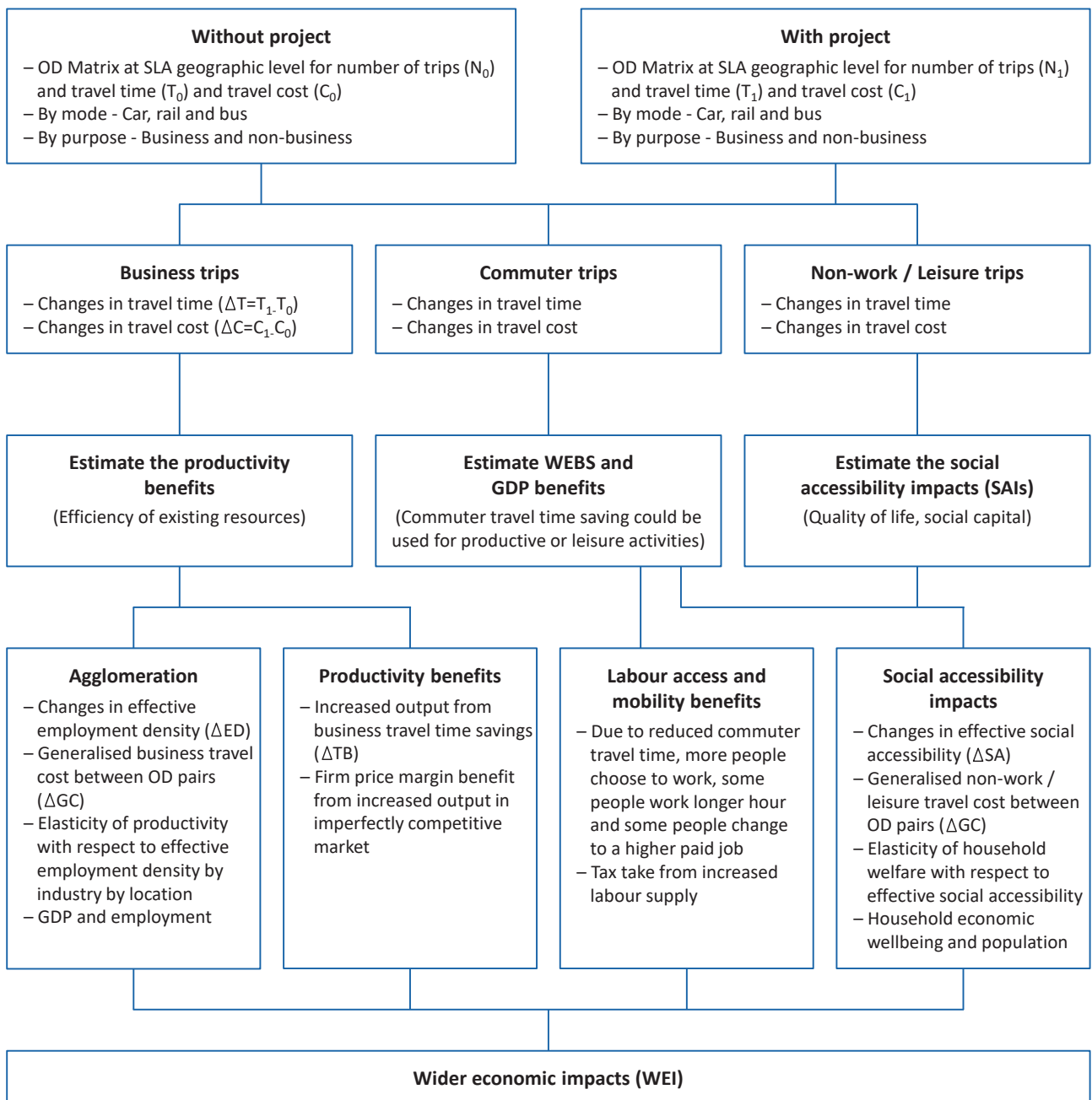
Maankäytön suhteen Ison-Britannian arviointiohje erottelee staattisen ja dynaamisen tilanteen. Staattisella tilanteella tarkoitetaan tilannetta, jossa maankäytön ei oleteta muuttuvan projektin seurauksena, kun taas dynaamisessa tilanteessa maankäyttö muuttuu. Jos kasautumishyödyt arvioidaan dynaamisessa tilanteessa, täytyy hankkeen aiheuttamien matkavastuuksien muutosten perusteella ennustaa työllisten määrän muutokset eri alueilla. Ranskassa kasautumishyödyt arvioidaan vain dynaamisessa tilanteessa liikenne-maankäyttömalleilla (*land use and transport interaction model*, LUTI). Maankäytön muutokset tulee arvioida vähintään kahdella eri mallilla ja tulosten uskottavuus varmistaa kansainvälisen asiantuntijapaneelin avulla.

Uusi-Seelanti ei laske jokaisen teollisuudenalan tuottavuuksia erikseen, vaan hyödyntää aluekohtaisia painotettuja tuottavuusjoustoja. Aluekohtaiset painotetut tuottavuusjoustot lasketaan painottamalla teollisuudenalakohtaisia tuottavuusjoustoja alueen työpaikkarakenteella. Isossa-Britanniassa puolestaan tuottavuuden

muutos lasketaan jokaiselle teollisuudenalalle kerrallaan käyttäen kuitenkin koko alueen työllisten määrää tehokkaan tiheyden laskennassa.

Matkojen kysyntää, matka-aikoja ja matkojen rahallisia kustannuksia käytetään keskimääräisten matkavastusten

Kuvio 7 New South Walesin laajempien taloudellisten vaikutusten laskentamallin toimintaperiaate



Lähde: Transport for NSW (2016).

laskemiseen alueiden välillä. Matkavastukset lasketaan kulkumuotokohtaisesti painottaen matkaryhmäkohtaista matkavastusta sen matkaryhmän matkojen määrällä. Kasautumishyötyjen kannalta relevanteiksi matkaryhmiksi nähdään Uudessa-Seelannissa ja Isossa-Britanniassa työmatkat ja työperäiset matkat. Australian ohjeissa matkavastukset lasketaan vain työperäisiltä matkoilta. Yhdysvaltojen ja Ranskan ohjeet eivät ota kantaa matkaryhmiin.

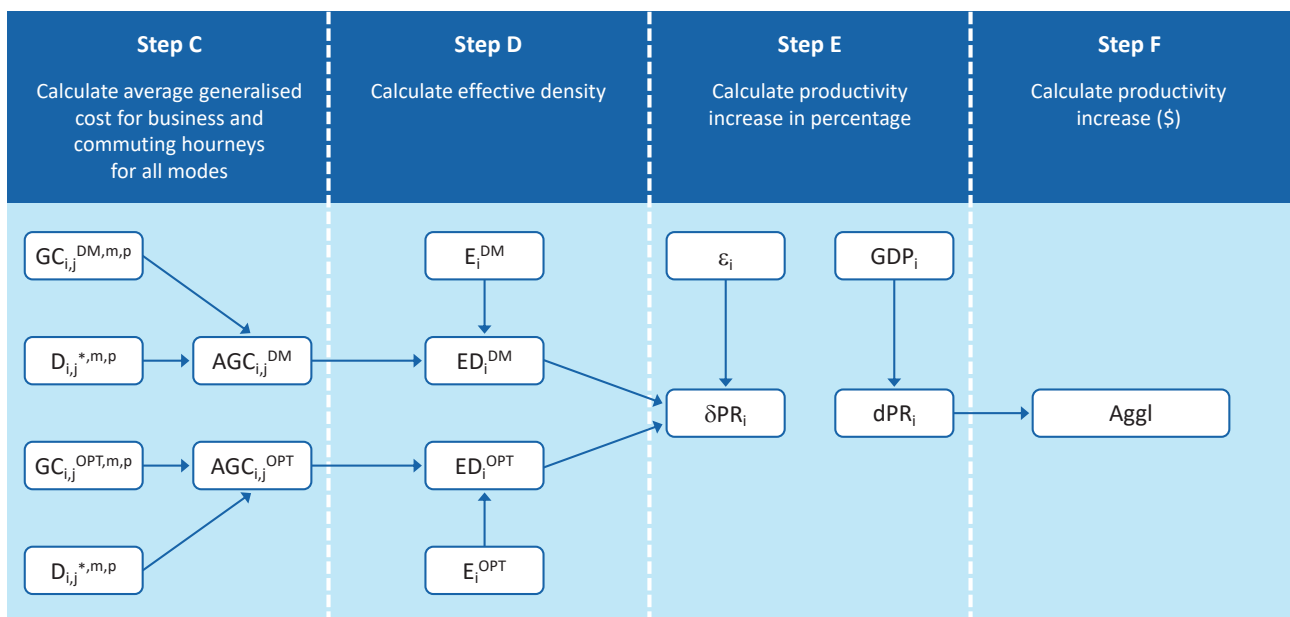
Tehokas tiheys lasketaan jokaiselle alueelle työllisten määrän ja matkavastuksen avulla. Ison-Britannian ohjeistus hyödyntää tehokkaan tiheyden etäisyysfunktiona käänteistä matkavastusfunktiota, jonka eksponentti vaihtelee teollisuudenalan mukaan. Uuden-Seelannin ohjeistuksessa eksponenttina käytetään yhtä. Käänteisen matkavastusfunktion eksponentti kertoo, kuinka nopeasti kasautumisen vaikutukset heikkenevät matkavastuksen kasvaessa.

Kun tehokas tiheys on laskettu hankevaihtoehdossa ja vertailuvaihtoehdossa, hankkeen aiheuttaman kasautumisen tuomat tuottavuushyödyt saadaan laskemalla te-

hokkaan tiheyden suhteellinen muutos hanketilanteessa. Saatu muutos kerrotaan tehokkaan tiheyden tuottavuusjoustolla, jolloin saadaan tuottavuuden suhteellinen muutos. Tuottavuuden suhteellinen muutos kerrotaan alueen työllisten määrällä, jolloin saadaan aluekohtainen arvio kasautumisvaikutusten rahamääräisestä hyödystä. Alueiden kasautumishyödyt lasketaan lopulta yhteen, ja niiden summa on hankkeen tuoma kasautumishyöty.

Arviointiohjeissa esitellään myös menetelmät arvioiden herkkyytarkasteluun. Australian ohjeissa herkkyytarkastelut tehdään käyttäen Australialle laskettujen tuottavuusjoustojen lisäksi Ison-Britannian ja Uuden-Seelannin joustoja. Isossa-Britanniassa ohjeistetaan runsaisiin herkkyytarkasteluihin kasautumisvaikutusten arvioinnin yhteydessä. Herkkyytarkasteluja tulisi tehdä muuttamalla etäisyysfunktion eksponenttia, ottamalla tavaraliikenne mukaan matkavastuksen laskentaan ja laskemalla kasautumishyödyt keskimääräisellä joustolla aloille, joilla ei ole omaa joustokerrointa. Lisäksi, koska nykyiset joustot ottavat huomioon vain urbanisaatiohyödyt, on mahdollista laskea lokalisaatiohyötyjä kirjallisuudesta löytyvillä tai itse estimoiduilla lokalisaatiojoustoilla.

Kuvio 8 Kasautumishyötyjen laskentatapa Uuden-Seelannin liikennehankkeiden arviointiohjeessa



Laskennan vaiheet A ja B, joita ei kuvassa ole esitelty, liittyvät lähtötietojen keräämiseen.

Lähde: NZ Transport Agency (2018).

Uudessa-Seelannissa kasautumishyödyt esitetään tuottavuuden muutoksen nettonykyarvona arviointiajalta. Arviointiohjeet mahdollistavat myös hyötyjen esittämisen suhteellisena lukuna suoriin hyötyihin verrattuna, tuottavuushyötynä työntekijää kohden tai valitun tulevan vuoden tuottavuushyötynä. Lisäksi todetaan, että hyötyjen maantieteellisen jakautumisen esittäminen voi olla hyödyllistä. Tässä tulee kuitenkin olla varovainen, sillä ajan myötä hyötyjen maantieteellinen jakauma tulee todennäköisesti muuttumaan.

Ison-Britannian ohjeistuksessa kasautumishyödyt voidaan esittää osana laajennettua hyöty-kustannuslaskelmaa. Ensisijaisesti on kuitenkin esitettävä suoriin hyötyihin perustuva hyöty-kustannuslaskelma, sillä laajempien taloudellisten vaikutusten arviointimenetelmät eivät ole yhtä kehittyneitä kuin menetelmät suorien hyötyjen arviointiin.

Arvioinnit muilla menetelmillä

Muita menetelmiä, joita esitetään kasautumisvaikutusten arviointiin, ovat erilaiset makrotaloudelliset mallit ja liikenne-maankäyttömallit (LUTI). Joissakin maissa on voimassa ohje, että kasautumisvaikutuksia voidaan arvioida, mutta vain laadullisella tasolla.

Belgian hankearviointiohjeissa ei suoraan puhuta kasautumisvaikutuksista, vaan liikennehankkeiden epäsuorista vaikutuksista. Epäsuoriin vaikutuksiin luetaan rakentamisesta johtuva työllisyyden kasvu, liikennehankkeen aiheuttama uusi taloudellinen aktiviteetti sekä kilpailun kasvun aiheuttama tuotannon kasvu. Liikennehankkeen aiheuttamasta uudesta taloudellisesta aktiviteetista puhutaan laajempina taloudellisina vaikutuksina. Kaikki nämä vaikutukset voidaan laskea liikennehankkeiden hyöty-kustannussuhteeseen.

Rakentamisen aikaisen työllisyyden kasvun lisäksi uuden taloudellisen aktiviteetin kasvu palautetaan arviointiohjeissa työllisyyden kasvuun ja sen tuomaan arvonlisään. Työllisten määrän kasvu arvioidaan nettotyöllisyyden lisäyksen kautta. Suorista työllisyysvaikutuksista poistetaan hankkeen syrjäyttämän taloudellisen aktiviteetin määrä ennalta arvioiduilla kertoimilla. Tämä nettotyöllisyyden lisäys kerrotaan keskimääräisellä työllisen arvonlisällä lopullisen arvion saamiseksi.

Liikennehankkeiden suoraan aiheuttaman uuden taloudellisen aktiviteetin arvon (ohjeissa laajemmat taloudelliset

vaikutukset) voi määrittää joko markkinatutkimuksella (kirjallisuus ja haastattelut) tai liikennemallin ennustamasta tavaraliikenteen määrän muutoksesta. Näiden arvioiden perusteella arvioidaan työllisyyden kasvu, joka jälleen muunnetaan nettotyöllisyyden lisäykseksi, jonka perusteella lasketaan laajempien taloudellisten vaikutusten arvo.

Belgian arviointiohjeiden epäsuorista vaikutuksista kilpailun kasvusta johtuva tuotannon kasvu on yleisesti tunnustettu liikennehankkeiden laajempi vaikutus. Tyyppillisesti kasautumisvaikutusten ajatellaan vaikuttavan työntekijöiden tuottavuuteen eikä suoraan työllisyyteen, joten on hieman kyseenalaista, arvioidaanko Belgiassa liikennehankkeiden kasautumisvaikutuksia.

Irlannissa kasautumisvaikutusten arviointi suositellaan tehtävän vain laadullisella tasolla. Hankearviointiohjeissa käydään läpi Ison-Britannian ohjeistusta ja sen esiin nostamia haasteita kasautumisvaikutusten arvioinnissa. Kasautumisvaikutuksia voidaan arvioida vasta hankearviointiohjeista vastaavan viraston kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen. Arvioinnissa analysoidaan, kuinka hanke muuttaa ihmisten mahdollisuuksia saavuttaa tiheimpiä työpaikkakeskuksia. Se, että arviointi tehdään vain laadullisesti, perustuu vaikeuteen saada maantieteellisesti tarpeeksi tarkkaa työllisyys- ja palkkadataa määrällisen arvioinnin tekemiseen.

Ruotsin arviointiohjeissa (ASEK) laajemmat taloudelliset vaikutukset rajataan yksiselitteisesti hyöty-kustannuslaskelmien ulkopuolelle. Laajempia vaikutuksia (mukaan lukien kasautumisvaikutukset) saa kuvailla seuraavien ehtojen täyttyessä:

- Arvioitava hanke on niin suuri ja laajasti vaikuttava, että liikennemarkkinoiden ulkopuolelle heijastuvat vaikutukset ovat periaatteessa mahdollisia.
- Voidaan osoittaa markkinahäiriöt, joiden takia laajempia vaikutuksia voi esiintyä.
- Laajempien vaikutusten arviointi perustuu hyöty-kustannusanalyysin rinnalla tehtyyn ja dokumentoituun erilliseen analyysiin.
- Laajemmat vaikutukset esitetään niin selvästi hyöty-kustannuslaskelmasta erillään, ettei synny ongelmaa hyötyjen kahteen kertaan laskemisesta.
- Kuvattavien laajempien vaikutusten tulee olla valtakunnallisia nettovaikutuksia eikä siirtymiä alueiden ja/tai toimijoiden välillä.

Syitä, miksi arviointia ei tehdä

Osassa arviointiohjeista mainitaan, että liikennehankkeilla on kasautumisvaikutuksia, mutta niitä ei tule arvioida hankearvioinnissa. Mainittuja syitä arvioinnin poistamiselle ovat tarvittavien mallien puute, luotettavan vaikutustiedon puute, arvioinnista aiheutuva lisävaiva ja hyötyjen kahdenkertaisen laskennan vaara. Maita, joissa kasautumisvaikutukset tunnistetaan osana liikennehankkeiden hyötyjä, mutta niitä ei arvioida tai arvioinnille ei ole esitetty tapaa, ovat Kanada, Tanska, Sveitsi ja Espanja.

Alankomaiden ohjeistuksessa kasautumisvaikutusten tuottavuusmekanismeista osaamisen siirtyminen on suorille vaikutuksille ulkoinen liikennehankkeiden hyöty, joka voidaan laskea mukaan hyöty-kustannussuhteeseen. Ohjeistuksessa läpikäydyistä arviointimenetelmistä yksikään ei kuitenkaan ottanut osaamisen siirtymistä huomioon mallinnuksessa.

Kasautumisvaikutusten arviointiohjeet Suomessa

Väyläviraston voimassa oleva hankearviointiohjeistus (Liikennevirasto, 2011; 2013a; 2013b) tunnistaa, että suurilla ja laajasti liikennejärjestelmään vaikuttavilla liikenneväyläinvestoinneilla voi olla laajempia taloudellisia vaikutuksia. Keskittymisen tai kasautumisen vaikutukset mainitaan yhtenä laajempina vaikutuksena. Mahdolliseksi arviointimenetelmiksi osoitetaan yleisen tasapainon malli, tuotantofunktio malli ja liikenne-maankäyttö malli. Mahdollisesti arvioitavat laajemmat taloudelliset vaikutukset kehoitetaan pitämään erillään hyöty-kustannuslaskelmasta täydentävänä tarkasteluna, ja lisäksi on osoitettava mahdolliset päällekkäisyydet suorien hyötyjen kanssa. Kahta Suomessa julkaistua kasautumisvaikutusten arviointia käsitellään seuraavassa luvussa.

Väyläviraston hankearviointiohjeistuksen päivitystyö on käynnissä, ja uudet ohjeet julkaistaan keväällä 2020. Laajempien taloudellisten vaikutusten arviointi on ohjeistuksen yksi päivitettävä kohta.

4.3 Kasautumisvaikutusten arvioinnit Suomessa

Laakso ja Metsäranta (2017) tekivät ensimmäiset arviot tehokkaan tiheyden yhteydestä tuottavuuteen Suomessa. He käyttivät seutukuntatason aineistoja arvioiden tekemiseen. Tehokkaan tiheyden kokotekijänä käytet-

tiin seutukunnan työpaikkojen määrää ja etäisyysmittarina seutukuntien keskuspaikkojen välistä keskimääräistä matka-aikaa autolla. Vähennemisfunktiona käytettiin matka-ajan käänteislukua korotettuna eri potensseihin. Potenssin suuruuden valinta perustui mallin selitysteeseen siten, että valittu arvo on se, jolla mallin selitysteaste on korkein.

Saadut tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden väliset joustot vaihtelevat välillä 0,05–0,24 riippuen teollisuudenalasta. Estimoidut joustokertoimet ovat huomattavasti suurempia kuin keskimäärin uusimmassa kansainvälisessä kirjallisuudessa. Erolle on todennäköisesti monia selityksiä, joista osa voi liittyä Suomen teollisuuden toimintaympäristön erityispiirteisiin. Todennäköisesti suuri osa erosta selittyy kuitenkin käytetyn aineiston karkealla aluetasolla, valikoitumisharhalla ja puuttuvien muutujien harhalla. Laakso ja Metsäranta (2017) selittävät alueiden tuottavuutta tehokkaalla tiheydellä ja toimialaosuudella. Alueilla on kuitenkin todennäköisesti muita tuottavuuteen vaikuttavia ominaisuuksia, jotka korreloivat tehokkaan tiheyden kanssa ja siten sisältyvät tehokkaan tiheyden jouston estimaattiin. He myös toteavat, että liikennehankkeiden laajemmat taloudelliset vaikutukset on perusteltua ottaa mukaan hankearviointiin hyöty-kustannuslaskelmasta erillään pidettävänä täydentävänä tietona. Menetelmiksi suositellaan Ison-Britannian ohjeistuksesta löytyviä menetelmiä. Laakso ja Metsäranta (2017) kuitenkin toteavat, että tietopohja on vielä puutteellinen arviointien tekemiseksi. He suosittelevat, että tutkimusta jatkettaisiin tarkemmilla aineistoilla ja toteutettujen hankkeiden jälkiarvioinneilla.

Liikennehankkeiden kasautumisvaikutusten arviointia on julkaistu kahdessa vaikutusarviossa Suomessa. Helsinki–Turku-ratakäytävän kehittämisen vaikutusarviossa (Laakso ym., 2016) ja Tampere–Helsinki-ratakäytävän kehittämisen laajempien taloudellisten vaikutusten arvioinnissa (Metsäranta ym., 2018) arvioitiin kansallisen ratayhteyden nopeuttamisen aiheuttamia kasautumisvaikutuksia.

Tampere–Helsinki-ratakäytävän kehittämisen laajempien taloudellisten vaikutusten arvioinnissa arvioitiin yhteyden nopeuttamisen vaikutuksia. Vaihtoehtoina olivat 200 km/h, 250 km/h ja 300 km/h yhteydet Tampereen ja Helsingin välisellä pääradalla. Kaksi hitaampaa vaihtoehtoa palvelisivat myös muita asemia yhteysvälillä ja nopein

vaihtoehto kulkisi vain Tampereen ja Helsingin välillä jättäen nykyisen radan palvelemaan välissä olevia asemia.

Kasautumishyötyjä arvioitiin Ison-Britannian hankearviointiohjeistuksen menetelmään perustuvalla laskennallisella menetelmällä. Menetelmä perustuu tehokkaan tiheyden ja sille lasketun tuottavuusjouston hyödyntämiseen. Tehokas tiheys määriteltiin kuntatasolla työllisyyden ja kuntien välisen matka-ajan funktiona. Vähennemisfunktiona käytettiin matka-ajan käänteislukua korotettuna potenssiin 2,5. Potenssi on valittu asiantuntija-arviona. Matka-aika alueiden välillä arvioitiin painottaen eri kulkutapojen matka-aikaa kyseisellä kulkutavoilla tehdyillä matkoilla. Matka-aikoina käytettiin asemapaikkakuntien välisiä matka-aikoja. Nykyhetken matka-ajat arvioitiin käyttäen valtakunnallista liikennemallia ja ennustehetken matka-aikoina käytettiin yhteysvälin teoreettista matka-aikaa kyseisen skenaarion nopeudella. Työpaikkamäärät saatiin Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen seutukuntien työllisyyden kehityksen ennusteesta. Käytetty tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden välinen jousto on 0,04.

Jokaiselle vaihtoehdolle laskettiin tehokkaan tiheyden suhteellinen muutos. Hyödyntämällä tätä suhteellista muutosta ja tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden välistä joustoa saatiin suhteellinen tuottavuuden muutos, joka kerrottiin alueen tuotannon arvolla. Täten saatiin euroääräinen arvio vaihtoehtojen kasautumisvaikutuksista.

Suurimmat kasautumishyödyt arvioidaan olevan vaihtoehdolla, jonka nopeus on 250 km/h. Kasautumishyötyjen arvioidaan tällöin olevan 58 miljoonaa euroa vuodessa. Hitaammalla vaihtoehdolla kasautumishyödyiksi arvioitiin 53 miljoonaa euroa vuodessa ja nopeammalla vaihtoehdolla 43 miljoonaa euroa vuodessa.

Helsinki–Turku-yhteyden kehittämisen vaikutusarvioinnissa arvioitiin Helsingin ja Turun välisen junayhteyden nopeuttamisen aluetaloudellista vaikutusta ratakäytävän alueella. Tutkittava toimenpide oli junayhteyden nopeuttaminen siten, että matka-aika olisi tunti ja 15 minuuttia nykyisen tunnin ja 57 minuutin sijaan. Kasautumisvaikutuksia arvioitiin kasautumisen ja kasautumisen tuottavuusjouston avulla. Tuottavuusjoustona käytettiin kansainvälisestä kirjallisuudesta saatua väliä 0,05–0,1, ja kasautumisen kasvun liikenneyhteyden kehittämisen myötä on arvioitu asiantuntija-arviona olevan

1 % koko yhteyskäytävällä. Lisäys perustui arvioihin pendelöinnin kasvusta noin prosentilla ja yritysten työasiamatkojen kasvusta 35–40 prosentilla. Yhteyskäytävän arvonlisäys oli Tilastokeskuksen aluetilinpidon mukaan 70 miljardia euroa radan alueella, ja kasautumishyötyjen on siten arvioitu olevan 35–70 miljoonaa euroa vuodessa. Jos työpaikkojen ennustettu määrä otetaan huomioon, arvonlisäyksen arvioidaan olevan 40–80 miljoonaa euroa vuodessa.

Helsingin seudulla MAL-suunnittelun yhteydessä on arvioitu kasautumista työvoimasaavutettavuusindikaattorin avulla osana ohjelmaston arviointia. Indikaattori pohjautuu satunnaisen valinnan teoriaan ja HELMET-mallia varten estimoituihin kulkutavanvalinnan ja suuntautumisen logittimalleihin. Kyseiset mallit ennustavat alueittain todennäköisyyttä valita tietty alue työmatkan kohteeksi. Logittimalleista ja niiden yhteydestä tehokkaaseen tiheyteen on kerrottu tarkemmin osiossa ”*Tehokas tiheys kasautumisen mittarina*” sivulla 19. Työvoiman saavutettavuutta kuvataan suuntautumismallin logsumiin verrannollisella indikaattorilla

$$TS_i = \sum_j f(t_{ij}, c_{ij}) * A_j,$$

jossa TS_i on alueen i työvoiman saavutettavuus, A_j kuvaa alueen j asukasmäärää ja funktio f on määritelty

$$f(t, c) = e^{\gamma L_{KT}} = e^{\gamma \ln(e^{U_A + e^{U_J} + e^{U_P}})} = (e^{-\beta_0 - \beta_1 t_A - \beta_2 c_A} + e^{-\beta_3 - \beta_4 t_J - \beta_5 c_J} + e^{-\beta_6 t_P})^{\gamma},$$

jossa L_{KT} on alueiden i ja j välistä matkavastusta kuvaava kulkutavanvalintatamallin logsum, U kulkutavan valinnasta koituva hyöty, t kuvaa matka-aikaa alueiden i ja j välillä, c kustannuksia kyseisten alueiden välillä, A autokulkutapaa, J joukkoliikennekulkutapaa ja P polkupyöräkulkutapaa. Funktiossa esiintyvät parametrit β kuvaavat kulkutapojen ominaisuuksien painoarvoa työmatkan kulkutavan valinnassa ja parametri γ kuvaa liikkumiskustannuksien painoarvoa määränpään valinnassa (suuntautumisessa). Parametrit on estimoitu HELMET-mallin kulkutavan valintamallia ja suuntautumismallia varten Helsingin seudun liikkumistutkimuksen aineistojen pohjalta.

Kehitetyn indikaattorin voi tulkita tehokkaan tiheyden mittariksi, jolla voi kuvata kasautumisen kohtaantovaiikutusta. Mittarissa alueen kokotekijä on asukasmäärä ja

vähennemiskäyrä on alueiden välisen liikkumisen keskimääräistä kustannusta kuvaava funktio f . Mittari painottaa siten lähtöalueiden asukasmäärää alueiden välisen liikkumisen vaikeudella ja kuvaa siten, kuinka suuren joukon työvoimaa alue saavuttaa. Mittari ei kuitenkaan kuvaa työpaikkojen välistä kasautumista, ja siten sitä voidaan pitää enimmäkseen kohtaannon mittarina. Suunnitelmassa työvoiman saavutettavuuden paranemiselle on asetettu tavoitearvo 10 %. Lisäksi kasautumista on tarkasteltu muilla kasautumista kuvaavilla indikaattoreilla. Työpaikkojen kasautumista ja asukkaiden kasautumista kuvaavissa mittareissa lasketaan työpaikkojen ja asukkaiden keskimääräinen linnuntie-etäisyys Pasilasta, jonka todetaan olevan seudun työpaikkojen likimääräinen painopiste.

Kasautumisvaikutusten arviointien tekeminen on aloitettu myös valtakunnallisella tasolla osana valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman laadintaa laadullisena arviointina.

4.4 Ulkomaisia hankkeiden kasautumisvaikutusten arvioita

Ulkomailla on tehty useampia liikennehankkeiden kasautumisvaikutusten arvioita. Yksittäisen hankkeen arviosta ei voi vetää johtopäätöksiä vastaavien hankkeiden vaikutuksista, sillä kasautumisvaikutusten suuruuteen vaikuttavat useat taloudellisen, yhdyskuntarakenteen ja liikenteellisen ympäristön ominaisuudet. Tehdyistä arvioista voidaan kuitenkin saada summittainen kuva kasautumisvaikutusten suuruudesta liikennehankkeissa.

Australian New South Walesin liikennehankkeiden hankkearviointiohjeissa esitellään lyhyesti Sydneyn metron laajennukselle tehty hyöty-kustannusanalyysi, jossa on arvioitu myös hankkeen laajemmat taloudelliset vaikutukset. Hankkeen kasautumishyödyksi arvioitiin 503 miljoonaa Australian dollaria (noin 295 miljoonaa euroa), mikä oli 13,7 % suhteessa hankkeen suoriin vaikutuksiin. Kokonaisuudessaan hankkeen laajemmat taloudelliset vaikutukset olivat 615 miljoonaa Australian dollaria (noin 360 miljoonaa euroa), eli kasautumisvaikutusten osuus projektin laajemmista taloudellisista vaikutuksista on 81,7 %.

Douglas ja O’Keeffe (2016) käsitelivät haasteita laajempien taloudellisten vaikutusten arvioinnissa hyöty-kustannusanalyysin osana ja esittelivät seitsemän liikennehankkeen laajempien taloudellisten vaikutusten arviot verrattuna hankkeiden arvioituihin suoriin hyötyihin. Hankkeet olivat Australiassa, Isossa-Britanniassa ja Uudessa-Seelannissa toteutettuja raide- tai tiehankkeita. Hankkeista neljä oli raidehankkeita, yksi raide- ja tiehanke, yksi oli tiehanke ja yksi metrohanke.

Kyseisten maiden menetelmät kasautumisvaikutusten arviointiin perustuvat Ison-Britannian ohjeistukseen ja siten muistuttavat toisiaan. Jokaisella maalla on paikallisesti estimoidut tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden väliset joustot.

Hankkeet on esitelty taulukossa 3. Hankkeiden arvioidut kasautumishyödyt vaihtelivat 5–40 % välillä suhteessa hankkeiden suoriin hyötyihin. Hankkeiden kasautumis-

Taulukko 3 Liikennehankkeiden tyypit ja kasautumishyödyt verrattuna hankkeen arvioituihin suoriin hyötyihin

Hanketyyppi	Paikka	Hanke	Kasautumishyödyt, %
Raide	Suurkaupunki	Crossrail, Lontoo	24
Raide / Tie	Suurkaupunki	Waitemata Harbour Crossing, Auckland	22
Raide	Suurkaupunki	North West Rail, Sydney	5
Tie	Suurkaupunki	WestConnex, Sydney	7
Metro	Taajama	Capital Metro, Canberra	40
Raide	Suurkaupunki	Melbourne Metro, Melbourne	19
Raide	Suurkaupunki	Cross River Rail, Brisbane	14

Lähde: Douglas & O’Keeffe (2016).

hyödyt vaikuttavat olevan suuremmat suuremmissa kaupungeissa, eikä hankkeen tyyppi (raidehanke, tiehanke) näytä vaikuttavan hankkeen kasautumisvaikutuksiin. Vertailtavia hankkeita on kuitenkin vähän, joten pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei kannata vetää. Kasautumishyötyjen arvioissa ei ole arvioitu, kuinka suuri osa niistä on mukana hankkeen suorissa hyödyissä ja kuinka suuri osa on aitoja laajempia taloudellisia vaikutuksia.

4.5 Johtopäätökset

Eri maiden hankearviointiohjeiden perusteella liikennehankkeiden kasautumishyötyjen arvioinnissa on vielä paljon kehitettävää. Maiden ohjeet poikkesivat toisistaan niin vaikutusten käsittelyn kuin laskentatapojen osalta. Niissäkään maissa, joissa kasautumishyödyt saa esittää osana hyöty-kustannusanalyysia, ei kasautumisvaikutuksia arvioida kuin suurimmille projekteille ja ohjeissa varoitellaan hyötyjen kahteen kertaan laskemisesta.

Tyypillisin kvantitatiivinen tapa laskea kasautumishyötyjä on laskea liikennehankkeen aiheuttama tuottavuuden muutos tehokkaan tiheyden muutoksen ja tehokkaan tiheyden tuottavuusjouston avulla. Tehokas tiheys on määriteltä matkavastuksen ja työpaikkojen määrän tulona. Tarkempia määrittelyjä matkavastukselle ei ole ohjeissa annettu. Kyseinen laskentatapa on dataintensiivinen ja vaatii matka-aikojen, matkakustannusten, työpaikkamäärien ja arvonlisä- tai palkkatietojen saatavillaoloa kohtuullisen tarkalla maantieteellisellä tasolla. Käytännössä hankkeen aiheuttamien matka-aikojen ja matkakustannusten muutosten arvioimiseksi tarvittavalla tasolla vaaditaan liikenne-ennustemallia.

Australian hankearviointiohjeessa kasautumisvaikutuksia arvioidaan työpaikkojen läheisyyden (työasiamatkojen matkavastus) perusteella. Erottelu on vastaava kuin Metsäranta ym. (2019) tekemässä liikennehankkeiden työmarkkinavaikutuksia käsittelevässä raportissa. Tällä tavoin kasautumisvaikutukset pyritään erottamaan työmatkojen matkavastuksen perusteella arvioitavista työmarkkinavaikutuksista.

Kasautumisvaikutukset vaikuttavat olevan liikennehankkeiden laajimmista taloudellisista vaikutuksista suurimmat. Ison-Britannian hankearviointiohjeissa kasautumisvaikutusten todetaan olevan noin 10–30 % suhteessa

hankkeen suoriin hyötyihin. Osa kasautumishyödyistä on lisähyötyjä hankkeiden suorien hyötyjen päälle. Alankomaiden ohjeissa kaikkien laajempien taloudellisten vaikutusten todetaan olevan noin 0–30 % suhteessa hankkeen suoriin hyötyihin. Australian hankearviointeissa esitellyssä projektissa metron laajennushankkeen kasautumisvaikutusten arvioitiin olevan noin 12 % suhteessa hankkeen suoriin vaikutuksiin. Hankkeissa, jotka Douglas ja O’Keeffe (2016) esittelivät, kasautumishyödyt vaihtelivat 5–40 % välillä suhteessa hankkeiden suoriin hyötyihin. Arvioita siitä, kuinka suuri osa kasautumishyödyistä on jo mukana hankkeen suorissa hyödyissä, ei esitetty.

Suomessa kasautumisvaikutusten arviointi on vähäistä. Kansalliset arviointiohjeet mahdollistavat kasautumisvaikutusten arvioinnin ja raportoinnin osana hankearviointia, mutta arviota ei tule ottaa mukaan hyöty-kustannuslaskelmaan ja sen rinnalla on esitettävä arvio päällekkäisyydestä suorien hyötyjen kanssa. Kahdessa valtakunnallisesta liikennehankkeesta tehdyssä arvioinnissa on arvioitu kasautumisvaikutusten suuruutta. Kummassakaan julkaisussa ei ollut mukana arviota hankkeen suorista taloudellisista hyödyistä. Menetelmät, joilla kasautumisvaikutusten määrää on arvioitu, poikkeavat hankearviointiohjeen suosittelistä menetelmistä, mutta muistuttavat kansainvälisesti eniten käytössä olevaa tapaa laskea kasautumishyötyjä.

5 Kasautumisvaikutusten arvioinnin edellytykset

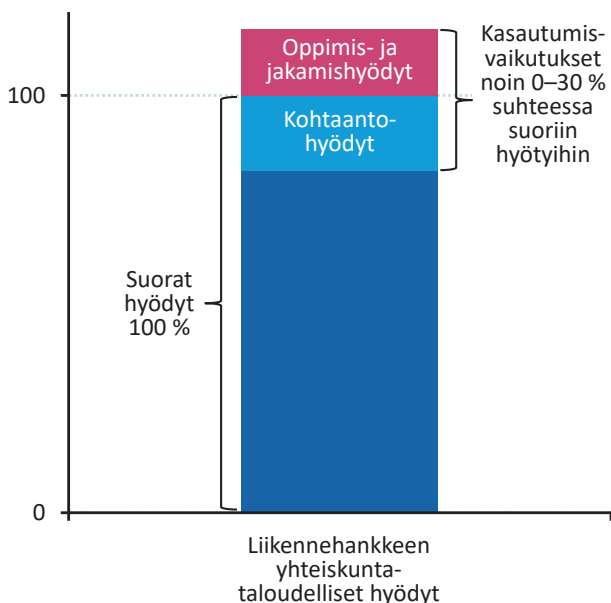
5.1 Kasautumisvaikutukset osana liikennejärjestelmän toimenpiteiden arviointia

Kuten aikaisemmissa luvuissa on todettu, saavutettavuuden muutokset vaikuttavat kasautumiseen ja saavutettavuus on puolestaan liikenteen ja maankäytön muodostama yhteisprosessi. Liikennejärjestelmään tehtävät toimenpiteet muuttavat matkavastuksia alueparien välillä, mikä vaikuttaa myös rakentamistiheysiin sekä asumis- ja toimitilaväljyyteen. Tiiviisti rakennetulle alueelle, kaupunkiseudun sisälle, kohdistettu toimenpide aiheuttaa yleensä enemmän kasautumisvaikutuksia kuin toimenpide, joka on kohdistettu kaupunkiseutujen välille.

Erityisesti kaupunkiseutujen kasvaessa liikennesuunnittelulla on siten kasautumisessa tärkeä rooli. Kasvava kaupunkiseutu tuo mukanaan myös suurempia ruuhkia liikennemäärien kasvaessa. Matkanopeuksien aleneminen liikennemäärien kasvaessa vähentää seudun kasautumisetuja, sillä samassa matka-ajassa on saavutettavissa pienempi määrä määränpäitä. Jossakin vaiheessa maankäytön kasvun aiheuttama matka-aikahaitta on suurempi kuin kasautumishyöty, jolloin kaupungin kasvu vähentää kasautumisella saatuja hyötyjä. Liikennesuunnittelun rooli on tällöin mahdollistaa alueen kasvu siten, että saavutettavuus ei vähene liikennemäärien kasvaessa. Eri liikennemuotoihin liittyy erilaisia kapasiteetteja, nopeuksia ja tilantarpeita. Ruuhkautumiseen voidaan vaikuttaa sillä, mitä kulkumuotoja valitaan kehitettäväksi. Olemassa olevan väyläverkon suorituskykyä voidaan optimoida esimerkiksi hinnoittelun ja liikenteen ohjauksen keinoin kuten nopeusrajoituksilla ja liikennevaloratkaisuin.

Kuten osiossa ”Kasautuminen ja työmarkkinavaikutukset” sivulla 15 on todettu, kasautumisvaikutuksista kohtaantoon liittyvät vaikutukset sisältyvät liikennehankkeiden suoriin vaikutuksiin. Tästä johtuen kasautumisvaikutusten arviointi osana hankearvioinnin hyöty-kustannus-

Kuvio 9 Kasautumisvaikutukset osana hankkeen suoria ja laajempia vaikutuksia



Lähde: Perustuu Ministerie van Verkeer en Waterstaat & Ministerie van Economische Zaken (2014), Department for Transport (2018) ja Eliasson ja Fosgerau (2019) (muokattu).

laskelmaa on hankalampaa kuin hankkeen kasautumisvaikutusten arviointi itsenäisenä osana. Yksilö sisäistää liikkumisvalinnoissaan kohtaantoon liittyvät vaikutukset, muttei oppimiseen ja jakamiseen liittyviä vaikutuksia. Jotta kasautumisvaikutukset voitaisiin ottaa mukaan hyöty-kustannuslaskelmaan, pitää näiden mekanismien aiheuttamat vaikutukset pystyä erottamaan toisistaan. Kasautumisvaikutusten arvioinnissa tarvittaisiin lisätutkimusta siitä, miten kohtaanto saadaan erotettua jakamis- ja oppimisvaikutuksista empiirisissä joustoestimaateissa. Näin vältetään tilanne, jossa samat vaikutukset huomioidaisiin hyöty-kustannuslaskelmissa useaan kertaan.

Kuviossa 9 on esitetty kasautumisvaikutukset osana liikennehankkeen suoria ja laajempia vaikutuksia. Kasautumisvaikutukset, kohtaanto-, oppimis- ja jakamisvaikutukset yhteensä, ovat kokonaisuudessaan 0–30 prosentin suuruisia verrattuna koko hankkeen hyötyihin. Osa kasautumisvaikutuksista on osa suorista hyötyjä ja siten huomioitu hankkeen aiheuttamissa matka-aika- ja -kustannus- hyödyissä. Laajemmiksi taloudellisiksi hyödyiksi voidaan siten laskea vain oppimis- ja jakamishyödyt.

Liikennejärjestelmän kehittämistoimenpiteiden aiheuttamiin tuottavuusvaikutuksiin liittyy laajaa kiinnostusta esimerkiksi elinkeinoelämän ja kuntapolitiikan näkökulmasta. Toimenpiteiden taloudellisista vaikutuksista tarvitaan hankearviointia laajempia arviointeja. Yhtäältä on kysymys siitä, että voidaan ”avata” hyöty-kustannuslaskelman sisältöä arvioimalla, mikä osa suorista käyttäjähyödyistä on osa kasautumisilmiötä tai liittyy siihen. Tällöin hyötyjen erittely niiden ilmenemismekanismittain ei ole yhtä tärkeää, vaan kasautumisen tuottamia hyötyjä voidaan arvioida kokonaisuutena. Olemassa olevan tutkimuskirjallisuuden tapaan arvioidut joustot kelpaavat tämänkaltaiseen arviointiin. Joustot on kuitenkin arviointava Suomen olosuhteissa.

5.2 Arviointimallien siirrettävyyden arviointi

Arviointimallien siirrettävyyttä arvioitaessa nousee esiin erityisesti kaksi asiaa:

- Arviointimenetelmien soveltuvuus erilaisiin tarpeisiin.
- Arviointimenetelmien edellyttämät lähtötiedot ja mahdollisuus niiden tuottamiseen.

Siirrettäessä arviointimenetelmiä Suomeen on pohdittava mallin käyttötarpeita. Mikäli kasautumisvaikutusten arviointia tehdään kuntien omiin tarpeisiin ja kehittämistarkoituksiin, ovat vaatimukset valtakunnallisesti yhtenäisille arviointimenetelmille vähäisemmät. Hankkeiden ja muiden toimenpiteiden keskinäinen vertailu valtakunnallisella tasolla edellyttää kuitenkin yhtenäisiä arviointimenetelmiä ja työtapoja arviointien lähtötietojen tuottamiseksi. Lisäksi luotettavien arviointien tuottamiseksi arviointimenetelmän käyttäjien täytyy uskottavasti pystyä varmistumaan siitä, ettei samoja vaikutuksia huomioida laskelmissa useaan kertaan. Menetelmää, jonka tuloksia voitaisiin luotettavasti hyödyntää osana hankearvioinnin hyöty-kustannuslaskelmaa, ei vielä ole käytössä missään maassa. Puuttuva tieto on kasautumisen ja tuottavuuden välinen jousto, jossa ei ole mukana kohtaannon tuomia tuottavuusvaikutuksia.

Hallinnonalan toimijoilla on muitakin tarpeita kasautumisvaikutusten arvioinnille kuin hankearvioinnin hyöty-kustannuslaskelmat. Kasautumisvaikutusten arviointiin irrallaan ko. laskelmista on olemassa menetelmiä. Näistä yleisimmin käytetty malli pohjaa Ison-Britannian hankearviointiohjeissa esitettyyn kasautumisvaikutusten arvioinnin malliin.

Osiossa ”*Arvioinnit tehokkaalla tiheydellä*” sivulla 32 esitettyä Ison-Britannian mallia voidaan hyödyntää myös Suomessa, kunhan mallin vaatimat lähtötiedot, mukaanlukien kasautumisen ja tuottavuuden väliset joustot, ovat saatavilla. Mallia voidaan hyödyntää kasautumisvaikutusten kokonaismäärän arviointiin. Eliasson & Fosgerau (2019) osoittavat, kuinka Ison-Britannian mallissa käytetyt joustot pitävät sisällään kohtaanto-, jakamis- ja oppimismekanismit ja voivat siten tuottaa harhaanjohtavia arvioita, jos niitä käytetään hyöty-kustannuslaskelmissa. Lisäksi Laakson ja Metsärannan (2017) tekemän liikennehankkeiden laajempien taloudellisten vaikutusten selvityksen vertaisarvioinnissa Fosgerau tuo esiin sen, että Ison-Britannian arviointimenetelmien valintaan on vaikuttanut taustalla oleva institutionaalinen järjestelmä. Tästä syystä ja johtuen yhtenäisen teoreettisen viitekehyksen puutteesta Tanskassa ei lähdetty hyödyntämään Ison-Britannian arviointimenetelmiä hankearvioinnissa. Ison-Britannian menetelmällä saadaan kuitenkin tietoa kasautumisvaikutusten määrästä yrityksille ja työntekijöille kokonaisuudessaan, ja siten arvioilla voi olla merkitystä muussa kuin hankearvioinnin kontekstissa.

Kasautumisvaikutusten esiintymistä on mahdollista arvioida laadullisella tasolla, jos määrälliseen arviointiin tarvittavia lähtötietoja, erityisesti kasautumisen ja tuottavuuden välisiä joustoja, ei ole käytettävissä. Laadullista arviointia on mahdollista tehdä perustuen luvussa 2.4 esitettyjen kasautumisvaikutusten mekanismien ilmenemisen uskottavuuteen hankkeen alueella. Arvioiden pohjaksi on kuitenkin hyvä olla arvio hankkeen aiheuttamista matka-aikamuutoksista ja arvio väylän käytöstä työmatkoihin ja työasiamatkoihin.

Laadullisia arvioita tehdessä tulee tiedostaa, että kasautumisvaikutusten mittaluokka, kohtaanto- ja oppimis- ja jakamishyödyt yhteensä, on tyypillisesti välillä 0–30 % suhteessa hankkeen suoriin hyötyihin. Tästä hyötymäärästä vain oppimis- ja jakamishyödyt ovat lisähyötyjä suorien vaikutusten päälle. Lisäksi esimerkiksi Yhdysvalloissa on määritelty väestötiheys ja väestömäärä, jota pienemmillä alueilla ei tutkita kasautumisvaikutuksia liikennehankkeiden arvioinnin yhteydessä. Tämä viittaisi siihen, ettei kasautumisvaikutuksia ole juuri odotettavissa tiiviiden alueiden ulkopuolella. Lisäksi kasautumisvaikutusten nopea väheneminen etäisyyden kasvaessa viittaa siihen, ettei kaupunkien välisten yhteyksien nopeuttamisella olisi juurikaan vaikutusta kasautumishyötyihin. Suurimmat kasautumishyödyt syntyvät todennäköisesti kaupunkiseutujen liikenneyhteyksiä kehitettäessä.

Toinen kysymys arviointimenetelmän valinnassa on lähtötietojen saatavuus. Vaikka kohtaannon tuomat tuottavuusvaikutukset eivät ole erotettavissa muista kasautumisvaikutuksista, on kasautumisvaikutusten kokonaismäärän arvioimiseksi tuotettavissa tarvittavat lähtötiedot olemassa olevien koeasetelmien ja tilastotietojen pohjalta. Arviointi vaatii huomattavan määrän lähtötietoja. Ison-Britannian kasautumisvaikutusten arviointimalli edellyttää lähtötiedoiksi kohtuullisen tarkan aluejaon esimerkiksi postinumeroalueen tarkkuudella, tehokkaan tiheyden muutoksen jokaiselle alueelle, tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden välisen jouston sekä palkkasumman tai muun arvonlisää kuvaavan mittarin jokaiselle alueelle. Tehokkaan tiheyden muutoksen laskemiseksi tarvitaan matka-aikojen muutos jokaiselta alueelta toiselle hankkeen seurauksena ja työpaikkamäärät jokaiselta alueelta. Tehokkaan tiheyden tulee myös olla laskettu samalla tavalla kuin se on määritelty tutkimuksessa, jossa kasautumisen ja tuottavuuden välinen jousto on arvioitu.

Jos tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden välistä joustoa tai arvonlisää kuvaavaa mittaria ei ole saatavilla, voidaan tehokkaan tiheyden muutosten avulla arvioida kasautumisvaikutusten esiintymistä laadullisesti. Tehokkaan tiheyden muutokset ovat yhteydessä tuottavuuden muutoksiin, joten alueilla, joilla tehokas tiheys kasvaa, voidaan odottaa tuottavuuden kasvua ja, jos tehokas tiheys laskee, alueella voidaan odottaa tästä johtuvaa tuottavuuden laskua.

Runsaan kansainvälisen tutkimuskirjallisuuden käyttökelpoisuuden rajoituksena Suomessa on se, että Suomen taloudellinen ympäristö ja maantiede poikkeavat varsin paljon useimmista maista, joihin alan empiirinen tutkimus painottuu. Esimerkiksi Ison-Britannian väestötiheys, ympäristö ja maantieteellisyys poikkeavat hyvin paljon Suomen olosuhteista, mikä voi vaikuttaa saatuihin kasautumisvaikutusten estimaatteihin. Tästä syystä Ison-Britannian mallin soveltamiseksi olisi estimoitava tuottavuuden kasautumisjoustot Suomen oloissa. Ongelman ratkaisemiseksi kotimaista tutkimusta tulisi jatkaa, jotta Suomessa kertyisi käytännön arvioinnissa sovellettavissa olevien tutkimustulosten tietovarantoa ja liikennetaloustieteen ja hankkeiden arvioinnin osaamista.

Kasautumisvaikutusten ilmiö on valtakunnallinen, joten liikenteen ja maankäytön keskeisten toimijoiden (liikenne- ja viestintäministeriö, ympäristöministeriö, valtiovainministeriö, liikenteen hallinnonalan virastot, kuntaliitto, suuret kaupungit ja suurten kaupunkiseutujen maakuntaliitot sekä liikennejärjestelmäsuunnittelusta vastaavat muut kuntayhtymät, kuten Helsingin seudun liikenne) tulisi laatia yhteisesti tutkimusohjelma ja kehittää menetelmiä käytännön arviointiin. Suomessa tavoitteena tulisi lisäksi olla eri toimijoiden välisen vuorovaikutuksen ja yhteistyön lisääminen tutkimushankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa, jotta olemassa olevat tutkimusresurssit suunnattaisiin tehokkaammin ja tehtävät tutkimukset tuottaisivat enemmän lisäarvoa kaikille toimijoille. (Laakso & Metsäranta, 2017).

Kasautumisvaikutusten arviointia varten tarvitaan tietoa sekä saavutettavuuden muutoksista että saavutettavuuden tuottavuusjoustoista. Tutkimuksen ja arviointien lähtötietotarpeita on käsitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

5.3 Kasautumisen tietoaineistot

Kasautumista mitataan yleisesti tehokkaan tiheyden avulla, joka koostuu 1) saavutettavan alueen koosta, jota mitataan yleisesti työpaikkamäärällä, 2) alueparikohtaisesta matkavastuksesta ja 3) vähenemisfunktioista, joka kuvaa alueen merkityksen pienenemistä, kun etäisyys alueelle kasvaa. Kasautumisen mittaaminen edellyttää siten tietoaineistoa, josta voidaan arvioida alueparikohtaista matkavastusta ja alueiden työpaikkamäärää. Eri kulkutapoihin liittyvät vapaat nopeudet, erilaiset matkustuskokemukset, liikkumis- ja kuljetuskustannukset sekä herkkyyks ruuhkautumiselle tekevät matkavastuksen kuvaamisesta ja ennustamisesta monimutkaista. Kasautuminen liittyy erityisesti tiheästi asuttuihin seutuihin, joilla on tarpeen pystyä mallintamaan ja ennakoimaan liikenteen ruuhkautumista sekä eri kulkutapojen relevanssia matkavastuksen kuvaamisessa erilaisissa tulevaisuuden tilanteissa.

Yksinkertaisimmillaan alueiden välisenä etäisyytenä voitaisiin käyttää matka-aikaa henkilöautolla ja kokotekijänä alueen väestö- tai työpaikkamäärää. Todennäköisesti kasautumisen kohtaantovaikutusta voidaan kuvata parhaiten väestö- ja työpaikkamäärien välisellä vuorovaikutuksella ja oppimis- ja jakamismekanismeja työpaikkojen välisellä vuorovaikutuksella. Väestö- ja työpaikkamäärät erilaisilla aluejaoilla on saatavilla koko Suomesta Tilastokeskuksen tilastoista ja automatka-ajat on tuotettavissa avoimesti saatavien reititysohjelmistojen avulla. Automatka-ajan käyttäminen ei kuitenkaan ota huomioon muita kulkumuotoja eikä siten mahdollista esimerkiksi joukkoliikenneinvestoinnin kasautumisvaikutusten arviointia. Kaupunkiseuduilla, joilla ruuhkautuminen on merkittävä matka-aikojen kasvattava ilmiö, suorat matka-aikareititykset eivät anna oikeaa kuvaa matka-ajoista alueiden välillä.

Saavutettavuuden muodostuminen on monimutkainen prosessi, johon vaikuttavat alueen ympäröivä maankäyttö, käytettävissä olevat liikennemuodot ja yksilöiden preferenssit. Liikenteen suuntautumismallien hyötyfunktion tuottaman tiedon (logsum-saavutettavuuden) hyödyntäminen muodostaa teoreettisesti eheän lähestymistavan saavutettavuuden kuvaamiseen. Logsum-saavutettavuuden hyödyntämisen etuja ovat, että matkavastus kuvautuu käytön kannalta relevanttien kulkutapojen kautta: suuntautumismallissa hyödynnetty matkavastus tuotetaan kulkutavan valintamallilla, joka ottaa huomioon

alueiden väliset etäisyydet, käytettävissä olevat kulkumuodot ja yksilöiden preferenssit kyseisten kulkumuotojen suhteen. Näin esimerkiksi kävelykulkutavan merkitys ja kävelyolosuhteet korostuvat lyhyillä matkoilla, mutta eivät pitkällä, esimerkiksi yli 50 kilometrin pituisilla, matkoilla. Kohtaannon kuvaamiseen lupaavin mittari on työmatkojen logsum-saavutettavuus ja oppimis- ja jakamisvaikutusten kuvaamiseen puolestaan työasiamatkojen logsum-saavutettavuus.

Suomessa ei ole käytössä valtakunnallisen tason liikennemallia, josta logsum-saavutettavuudet olisi tuotettavissa koko maahan, vaan valtakunnallinen liikenne-ennuste tehdään nykyään erillistyönä ilman vakiintunutta avoimesti käytettävissä olevaa liikenne-ennustemallijärjestelmää. Menetelmän systematisointi ja avoimuus avaisi uusia mahdollisuuksia arvioida valtakunnallisia liikennehankkeita.

Suurimmilla kaupunkiseuduilla on käytössä omat liikenne-ennustemallinsa, joista Helsingin seudun HELMET-mallia on kehitetty pitkäjänteisimmin. Kaupallisista ohjelmistoista Suomessa kaupunkiseutujen liikennemallit hyödyntävät pääasiassa kanadalaista EMME-ohjelmistoa. Kaupunkiseutujen liikenne-ennustemalleja ylläpitävät pitkälti seutujen ydinkunnat ja kuntayhtymät kuten HSL tai maakuntaliitot.

Eri kaupunkiseutujen liikennemalleissa on paljon yhtäläisyyksiä esimerkiksi mallirakenteiden kautta. Mallien rakenne tai lähtötiedot eivät ole kuitenkaan siltä osin yhtenäisiä, että ne kykenisivät tuottamaan yhdenmukaista tietoa eri hankkeiden vaikutuksista. Lisäksi mallien tarvearittelyt on tähän asti tehty pitkälti liikennemäärien ennustamisen kautta eikä niinkään saavutettavuuskuvausten ja vaikutusarvioinnin laajemman näkökulman kautta, mistä johtuen ne eivät kaikilta osin ole suoraan käyttökelpoisia tuottamaan lähtötietoja kasautumisvaikutusten arviointiin.

Helsingin seudulta on tällä hetkellä saatavilla HELMET-mallilla tuotettu kuvaus saavutettavuuden kehityksestä vuosilta 2008, 2012, 2016 ja 2018. Aiempien vuosien kuvaus on myös mahdollista, mutta hyvin työlästä lähtöaineistojen puutteiden takia. Aineisto valmisteltiin vuonna 2019 kiinteistömarkkinavaikutusten esiselvitystä varten (Haapamäki ym., 2019) ja on tällä hetkellä pisin aikasarja saavutettavuuden kehittymisestä Suomes-

sa. Aineiston haasteena on, että kyseessä on mallinnettu saavutettavuuskuvaus, eli sitä ei ole validoitu todellisilla matka-ajoilla ja se pohjautuu yhdyskuntarakenteen tietoihin, joita myöskään ei ole ristiintarkistettu muilla tietoaineistoilla. Lisäksi aineisto kattaa vain pienen osan Suomea. Kasautumisen kannalta relevantteja matkaryhmiä ovat työmatkat ja työpaikkojen väliset matkat. Käytössä olevassa malliversiossa on erillinen matkaryhmä kotiperäisille työmatkoille. Työpaikkojen välisiä matkoja ei ole erotettu omaksi matkaryhmäkseen. Mallissa on matkaryhmä työperäiset asiointimatkat, mutta mukana on työperäisiä kaupan matkoja, joten matkaryhmä ei välttämättä suoraan sovi kasautumisen kuvaamiseen. Puutteista huolimatta aineisto on paras saatavilla oleva tietoaineisto saavutettavuuden muutoksista.

Kaupallisissa ohjelmistoissa on rajoitteita nykypäivän liikennemallinnuksen tarpeisiin liittyen mm. aluejaon osalta. EMME-ohjelmisto rajaa mallissa käytössä olevan aluemäärän lisenssikoon perusteella. Tällä hetkellä useimmilla organisaatioilla on käytössään lisenssiko, joka mahdollistaa 2 250 aluetta. Tämä on rajoittanut mahdollisuuksia kehittää esimerkiksi kävelyn ja pyöräilyn malleja osana liikenne-ennustemalleja. Toisaalta tiedossa ei ole avoimen lähdekoodin ohjelmistoa, joka mahdollistaisi reitinvalinnan mallintamisen (sijoittelun) ruuhkautuvassa liikennejärjestelmässä. Kaupallisten ohjelmistojen tarjoama käyttötuki ja usein myös käyttäjystävällisyys ovat tekijöitä, jotka usein puoltavat kaupallisten ohjelmistojen käyttöä liikenteen enustamisessa.

Kuten osiossa ”*Tehokas tiheys kasautumisen mittarina*” sivulla 19 kerrottiin, tehokkaan tiheyden vähenemisfunktioiksi on tarjolla useampia eri mahdollisuuksia. Yleisesti käytetty funktiomuoto on etäisyyden käänteisfunktio korotettuna estimoitavaan potenssiin $f(d_{ij}) = 1/d_{ij}^\alpha$, jossa α on tuottavuusdatasta estimoitava vähenemiskerroin ja d_{ij} matkavastus alueiden i ja j välillä. Toisaalta logittimaleista johdettu logsum-saavutettavuus viittaa eksponentiaaliseen vähenemisfunktioon tehokkaan tiheyden määrittelyssä. Eksponentiaalinen vähenemisfunktio on muotoa $f(d_{ij}) = 1/e^{\alpha \cdot d_{ij}}$. Lopullinen valinta vähenemisfunktioiksi on empiirinen kysymys siitä, mikä funktio kuvaa kasautumisilmiötä parhaiten. Esimerkiksi Graham ja Gibbons (2019) suosittelivat, että erilaisia vähenemisfunktioita kokeiltaisiin ja niiden vaikutuksia joustoestimaatteihin ja siten vaikutusarvioihin arvioidaisiin.

Vaikutustiedon tuottamiseksi tarvitaan avoimia yhtenäisiä menetelmiä, jotka mahdollistavat yhtenäisen tietopohjan yhteiskunnalliseen päätöksentekoon. Tutkimusta voidaan joiltakin osin tehdä myös aineistolla, jonka käyttöä on rajoitettu tutkimuskäyttöön. Arviointien tulee kuitenkin olla toistettavissa, minkä takia aineistojen, joilla vaikutusarviointit tehdään, on oltava kaikkien saatavilla. Mallien ja lähtötietojen avoimuus mahdollistaa arviointien yleistymisen ja osaamispääoman laajentumisen.

5.4 Tuottavuuteen liittyvät tietoaineistot

Kasautumisvaikutusten arviointiin liittyy merkittäviä aineistovaatimuksia liittyen sekä tuottavuuden mittaamiseen, että luotettavien estimaattien johtamiseen. Ensiksi, tarvitaan yksilötason paneeliaineistoa, joka mahdollistaa osaksi vaikutusten mittaamisen ja jonka avulla voidaan ottaa huomioon erot osaamisessa ja henkilötason kiinteät vaikutukset (eli erot havaitussa ja havaitsemattomassa osaamisessa). Muun muassa Combes ja Gobillon (2015) näyttävät, että jos yksilötason havaitsemattomia ominaisuuksia ei oteta huomioon, joustoestimaatista voidaan saada harhaisesti jopa kaksi kertaa suurempi kuin se oikeasti on. Toiseksi, kuten osiossa ”Tuottavuuden mittaaminen” sivulla 21 kävimme läpi, useimmat tutkimukset käyttävät palkkaa kuvaamaan tuottavuutta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää yritystasolla johdettuja mittareita, kuten tuotannon arvoa tai arvonlisäystä, eli kokonaistuottavuutta. Toimipaikkatason paneeliaineisto ja siitä johdettavissa oleva kokonaistuottavuuden mittari kuvaa mahdollisesti paremmin tuottavuutta kuin yksilötason aineistosta suoraan johdettavissa oleva palkka (ks. osio ”Tehokas tiheys kasautumisen mittarina” sivulla 19).

Tilastokeskuksella on olemassa näihin tarpeisiin vastaavat aineistot. FOLK-moduulit (ent. FLEED) sisältävät yksilötason paneeliaineiston, jossa on saatavilla kattavasti osaamiseen (kuten koulutus) ja työhön (kuten toimipaikka ja palkka) liittyviä tietoja. Tilastokeskuksen yritysrekisteristä on saatavilla muun muassa yritysten tilinpäätöstietoja, ja kunnittainen toimipaikkatilasto sisältää muun muassa toimipaikan toimialan, liikevaihdon ja henkilöstön määrän. Aineistoja on toivottavaa olla pitkältä ajanjaksolta, jotta kasautumisessa on tarpeeksi variaatiota yli ajan, ja mahdolliset (pitkän aikavälin) vaikutukset voidaan myös havaita.

Yksilö- ja toimipaikkatason paneeliaineistoja tulee käyttää rinnakkain. Yksilötason paneeliaineisto mahdollistaa sekä havaitun että havaitsemattoman osaamisen kontrolloimisen ja toimipaikkatason aineisto mahdollistaa sekä kattavamman tuottavuusmittarin käytön että toimipaikkatason havaittujen ja havaitsemattomien tuottavuuserojen huomioonottamisen (ks. esim. Gaubert, 2018). Tuottavuusvaikutuksia tarkastellessa on hyvä kuitenkin käyttää molempia tuottavuusmittareita (palkkaa ja kokonaistuottavuutta), jotta saadut joustoestimaatit ovat verrattavissa olemassa oleviin tutkimustuloksiin ja jotta voidaan saada kattavampaa tietoa kasautumisen vaikutuksista. Esimerkiksi Börjesson ym. (2019) käyttää ruotsalaista yhdistettyä työntekijä-yritys-aineistoa (vastaa Suomen FLEEDiä), Gaubert (2018) yritystason aineistoa, joka sisältää ranskalaisten yritysten tilinpäätöstietoja, ja Ahlfeldt ym. (2019) saksalaista IEBS-aineistoa (*Integrated employment biographies sample*), joka sisältää henkilöiden työ- ja koulutustietoja.

Aineistoihin tulee lisäksi liittää mahdollisimman tarkka maantieteellinen paikkatieto yksilön asuin- ja toimipaikasta, mieluiten ruututasolla. Jos sijainti on kuntatasolla, on havaintoja yhtä monta kuin kuntia otoksessa (kasautumisen mittaamisen tapahtuessa tällöin myös kuntatasolla), jolloin tilastollinen voima (*statistical power*) on matala havaintomäärän ollessa vähäinen.¹⁷ Ruudukkotason aineisto mahdollistaa kasautumisen mittaamisen paremmin, minkä johdosta se myös lisää huomattavasti havaintojen määrää, eli tilastollista voimaa.

Viimeisenä tarvitaan tietoa kasautumisesta ja (eksogeenisistä) muutoksista kasautumisessa, jotta voidaan tarkastella kasautumisen vaikutusta tuottavuuteen. Käsittelemme kasautumisen mittaamiseen liittyviä vaatimuksia seuraavassa kappaleessa.

Käytännön arviointien tekemiseen tarvitaan edellä mainittujen aineistojen avulla estimoidut joustot kasautumisen ja tuottavuuden välillä sekä palkka-, kokonaistuottavuus tai muu vastaava tuottavuuden mittari valitun alueajan tarkkuudella.

5.5 Arvioinnin tasot

Kasautumisvaikutukset syntyvät tutkimuskirjallisuuden perusteella kolmella eri mekanismilla: jakamisen, koh-

taannon ja oppimisen kautta. Mekanismeja on käsitelty tarkemmin luvussa 2.4. Tutkimuksissa kasautumista mitataan tehokkaalla tiheydellä ja tehokkaan tiheyden muutokset heijastuvat tuottavuuden muutoksiin niiden välisen jouston kautta. Tästä lähtökohdasta hahmoteltiin nelitasoinen kasautumisvaikutusten portaikko. Se, millä tasolla kasautumisvaikutusten arviointia voidaan tehdä, riippuu käytettävissä olevien lähtötietojen tarkkuudesta.

- **Tasolla 1** voidaan tehdä laadullista analyysia siitä, onko toimenpiteellä kasautumisvaikutuksia.
- **Tasolla 2** voidaan tehdä alueellista laadullista analyysia kasautumisvaikutusten esiintymisestä.
- **Tasolla 3** voidaan tehdä määrällisiä arvioita kasautumisvaikutusten suuruudesta, mutta arvioissa ei voida erotella suoria ja epäsuoria hyötyjä, eikä niitä siksi voi ottaa mukaan suoria hyötyjä käsittelevään hyöty-kustannuslaskelmaan.
- **Tasolla 4** voidaan tehdä määrällisiä arvioita kasautumisvaikutusten suuruudesta ja ottaa arvio mukaan hyöty-kustannuslaskelmaan.

Tarkemmat kuvaukset arviointitasoista on alla:

Taso 1: Ensimmäisen tason laadullisia arviointeja voidaan tehdä, jos käytettävissä ovat toimenpiteen aiheuttamat matka-aikamuutokset ja arvio siitä, miten toimenpide vaikuttaa työmatkoihin ja työasiamatkoihin ja minkä pituisiin matkoihin sillä on vaikutusta. Tason 1 analyyseissa voidaan lähinnä arvioida, voiko toimenpiteellä olla kasautumisvaikutuksia. Jos toimenpide vaikuttaa alle tunnin pituisten työmatkojen ja työasiamatkojen matkavastuksiin, voidaan vaikutuksia arvioida olevan¹⁸. Analyysissa tulee kiinnittää huomiota siihen, ettei mahdollisten kasautumisvaikutusten määrästä anneta liian positiivista kuvaa. Kasautumisvaikutukset heikkenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa ja kaupunkiseuduillakin ovat tyypillisesti noin 0–30 % suhteessa suoriin hyötyihin, kun lukuun lasketaan mukaan myös suorien hyötyjen kanssa päällekkäiset kohtaantohyödyt.

Taso 2: Toisella tasolla kasautumisvaikutuksista voidaan tehdä laadullisia, alueellisia arvioita tehokkaan tiheyden muutosten perusteella. Tehokkaan tiheyden laskemiseksi täytyy olla tieto vaikutusalueen osa-alueiden välisestä matka-ajoista ja työpaikkamäärästä. Tehokkaan tiheyden laskeminen edellyttää vaikutusalueelle estimoitua etäisyysfunktiota. Kun vaikutusalueelle kyetään laskemaan

tehokkaan tiheyden muutos, voidaan sen perusteella tehdä laadullisia arvioita kasautumisvaikutuksista hankealueella. Alueilla, joilla tehokas tiheys kasvaa, voidaan odottaa pientä tuottavuuden kasvua, ja alueilla, joilla tehokas tiheys laskee, voidaan odottaa pientä tuottavuuden laskua. Tätä varten pitää pystyä laskemaan tehokkaan tiheyden muutos hankkeen seurauksena kohtuullisen tarkalla aluejaolla. Käytännössä tarvitaan liikennemallia. Tällä tasolla voidaan erottaa alueet, joilla kasautumisvaikutukset kasvavat ja mahdollisia tasoeroja kasautumisvaikutusten esiintymisessä. Pohdinnan kohteena on, miten kohtaanto-, jakamis- ja oppimismekanismit toimivat hankkeen toteuttamisen seurauksena.

Taso 3: Kolmannella tasolla kasautumisen kokonaisvaikutuksia voidaan arvioida laskennallisesti. Vaikutusten arviointi voidaan toteuttaa Ison-Britannian arviointiohjeissa esitetyllä tavalla. Tämä arvioinnin taso vaatii, että tehokkaan tiheyden ja tuottavuuden välille on estimoitu jousto ja että hankealueelta on saatavissa palkkasumma tai muu tuotantoa kuvaava tieto valitulla aluejaolla. Lisäksi vaaditaan, että hankkeen vaikutusalueelta voidaan laskea kyseiselle maantieteelliselle aluejaolle tehokkaat tiheydet. Tällä tasolla saadaan euromääräiset arviot kasautumisvaikutusten suuruudesta, mitkä kuvaavat kohtaanto-, oppimis- ja jakamishyötyjä kokonaisuudessaan. Tason 3 arvioissa mekanismeja ei voida erottaa toisistaan ja siksi arvioita ei voi ottaa mukaan hyöty-kustannuslaskelmaan, mutta ne kertovat liikennehankkeen aiheuttaman tuottavuusmuutoksen suuruuden.

Taso 4: Neljännellä arvioinnin tasolla kasautumisvaikutukset voidaan arvioida laskennallisesti ja jakaa suoriin ja epäsuoriin hyötyihin, mikä mahdollistaa niiden huomioiden suoria vaikutuksia käsittelevissä hyöty-kustannuslaskelmissa. Tämä arvioinnin taso vaatii tutkimusta, jossa on erotettu kohtaannon tuomat vaikutukset jakamisen ja oppimisen tuomista vaikutuksista. Käytännössä tarvitaan arvio tehokkaan tiheyden ja jakamisen ja oppimisen tuottavuusvaikutuksen välisestä joustosta. Eliasson ja Fosgerau (2019) esittävät, kuinka kyseisen jouston voisi estimoida. Estimaatin saaminen vaatii tietoa alueiden keskimääräisestä tuottavuudesta.

Edellytykset liikennehankkeiden kasautumisvaikutusten arvioinnille vaihtelevat Suomessa alueittain. Riippuen alueesta ja siellä käytössä olevista menetelmistä, mahdollisuudet on tehdä joko tason 1 tai 2 arviointeja. Tason 1

mukaisia arviointeja on mahdollista tehdä hankearvioinnin tietojen perusteella, kun hankkeen aiheuttamat matkavastusmuutokset on arvioitu tai voidaan arvioida matkaryhmittäin. Tason 2 arviointeja varten on laskettava kasautumista kuvaava indikaattori, käytännössä alueen tehokas tiheys, vertailuvaihtoehdossa ja arvioitavien toimenpiteiden kanssa. Tähän tarvitaan käytännössä liikenne-ennustemalleja, joita on käytössä suurimmilla kaupunkiseuduilla. Alueiden tehokkaiden tiheyksien muutoksien avulla voidaan tehdä laadullisia arvioita kasautumisvaikutusten esiintymisestä vaikutusalueella.

5.6 Yhteenveto

Kaikki tunnistetut laskennalliset kasautumisvaikutusten arviointimenetelmät hyödyntävät kasautumisen ja tuottavuuden välistä joustoa arvioiden tekemiseen. Kyseinen jousto voi vaihdella alueittain johtuen erilaisista yhdyskuntarakenteista, väestö- ja työpaikkatiheyksistä, teollisuuskeskittymien toimialoista tai muista maille tai alueille tyypillisistä ominaisuuksista. Tästä syystä mikään tunnistettu arviointimenetelmä ei ole suoraan siirrettävissä Suomen olosuhteisiin ilman tutkimusta kasautumisen ja tuottavuuden välisestä yhteydestä Suomessa. Arviointimenetelmän valintaan, soveltamiseen ja tuottamiseen liittyy merkittäviä kysymyksiä liittyen nykyiseen arviointikehikkoon, hyötyjen kaksinkertaiseen huomiointiin, kasautumisvaikutusten eri komponenttien jäsentämiseen, lähtötietojen keskinäiseen korreloimiseen (esimerkiksi työpaikka- ja työvoimasaavutettavuus) ja lähtötietojen tuottamisen menetelmiin. Myös tarpeet, joihin tiedolla pyritään vastaamaan, vaikuttavat arviointikehikon valintaan. Eri toimijat, kuten valtio, kunnat tai elinkeinoelämä, tarvitsevat päätöksentekoonsa tietoa eri vaikutuksista. Arviointimenetelmien erilaisuudet lähtökohtien ja mahdollisten johtopäätösten suhteen tulee kuitenkin tunnistaa vertailtaessa eri lähteistä saatavaa tietoa.

Tutkimuskirjallisuuden mukaan kasautumisvaikutukset ovat melko paikallisia ja heikkenevät nopeasti matka-ajan kasvaessa keskittymästä. Liikennejärjestelmätoimenpiteillä on merkittäviä kasautumisvaikutuksia lähinnä kaupunkiseutujen sisällä, mutta kaupunkiseutujen välisten yhteyksien parantaminen tuottaa vain pieniä kasautumisvaikutuksia. Vaikutusten paikallisuuden takia arviointimenetelmän aluejaon tulee olla kohtuullisen tarkka, jotta kasautumisvaikutukset eivät ehdi heiketä jo alueiden

sisällä. Tilastokeskuksen väestö- ja työpaikkatiedot ovat tarpeeksi tarkat sopivien aluejakojen laatimiseen.

Tällä hetkellä Suomessa on mahdollista vertailla liikenteellisten toimenpiteiden keskinäisiä eroja perustuen työmatkojen ja työpaikkojen välisten matkojen matkavastusmuutoksiin (taso 1) ja soveltamalla olemassa olevia liikenne-ennustemalleja ja niiden logsum-saavutettavuuksia työmatkoilla ja työpaikkojen välisillä matkoilla tehokkaan tiheyden indikaattoreina (taso 2).

Arviointimenetelmien kehittämiseksi on tutkittava kasautumisen ja tuottavuuden välistä yhteyttä Suomessa. Eri arviointitasojen saavuttaminen vaatii eri määrän tutkimusta, mutta samassa tutkimuksessa voidaan edistää useamman arviointitason vaatimuksia. Erityisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

1. Kasautumismittarin valinta ja tarkempi määrittely.
2. Kasautumismittarin ja tuottavuuden välisen jouston estimointi.
3. Kohtaantovaikutusten erotteleminen oppimis- ja jakamisvaikutuksista.

Vastaukset kuhunkin tutkimuskysymykseen vievät arviointia yhä tarkemmalle tasolle. Kasautumismittarin määrittelyn jälkeen on mahdollista tuottaa laadullisia arvioita kasautumisvaikutusten esiintymisestä alueilla, joille mittari on laskettavissa. Kasautumismittarin laskentaan tarvitaan tiedot kokotekijästä, esimerkiksi työpaikkojen määrästä, alueittain ja alueiden välisestä matkavastuksesta. Kasautumismittarin ja tuottavuuden välisen jouston estimoinnin jälkeen on mahdollista arvioida kasautumisvaikutuksia laskennallisesti. Näitä arvioita varten tarvitaan myös tieto tuottavuudesta alueittain. Kohtaantovaikutusten erottelu muista vaikutuksista mahdollistaa kasautumisvaikutusten ottamisen mukaan hyöty-kustannuslaskelmiin.

Käytössä olevat tietoaineistot mahdollistavat tutkimukset kasautumisilmioista Suomessa. Tuottavuuteen liittyvät yksilö- ja toimipaikkatason tietoaineistot ja mallinustulokset saavutettavuuden kehityksestä 2000-luvulla mahdollistavat pääkaupunkiseudun aineistolla tutkimuksen, jossa estimoitaisiin jousto kasautumisen ja tuottavuuden välille. Tutkimus edistäisi myös tietovarantojen arviointia ja kehittämistä valtakunnallisesti arviointien tekemiseen sekä ilmiön suuruusluokan hahmottamista.

6 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

Työryhmän ehdottamien jatkotoimenpidesuositusten tavoitteena on parantaa liikennehankkeiden vaikutusten arviointien tarkkuutta ja etenemistä kasautumisvaikutusten arvioinnin arviointitasoilla. Suosituksia on viisi kappaletta:

1. Tutkimus tehokkaan tiheyden mittarin valinnasta ja sen vaikutuksesta joustoestimaatteihin.
2. Kasautumisvaikutusten ja tehokkaan tiheyden välinen joustotutkimus.
3. Pohjoismaisten liikennehankkeiden kasautumisvaikutusten tutkimuksen seuraaminen ja siihen osallistuminen etenkin kohtaanto-, oppimis- ja jakamisvaikutusten erottelun osalta.
4. Kasautumisvaikutusten arvioinnin ja tutkimuksen tarpeiden huomioonottaminen valtakunnallisen liikenne-ennustemallijärjestelmän kehittämisessä.
5. Kaupunkiseutujen tekemien kasautumisvaikutusten arvioiden jatkaminen.

Suosituksia voidaan pääasiassa edistää rinnakkain, mutta tutkimus tehokkaan tiheyden mittarin valinnasta kannattaa toteuttaa ennen tai samaan aikaan kasautumisvaikutusten ja tehokkaan tiheyden välisen joustotutkimuksen kanssa. Joustotutkimus tuottaa todennäköisesti myös tarpeita valtakunnallisen liikenne-ennustemallijärjestelmän kehittämiseen, jotta kasautumisvaikutusten arviointi mallijärjestelmällä on mahdollista. Tutkimukset myös tarkentavat ja kehittävät kaupunkiseutujen tekemiä kasautumisvaikutusten arviointeja.

Ensimmäisenä suosituksena on **tutkimus tehokkaan tiheyden mittarin valinnasta**. Tutkimus toisi arvokasta tietoa parhaan määritelmän valitsemiseksi, sekä kasautumisvaikutusten maantieteellisen ulottuman arvioimiseksi Suomessa. Valtakunnalliseen käyttöön tarvitaan yleisesti hyväksytty kasautumisen mittaamisen tapa, jolla kasautumisen ja tuottavuuden välinen jousto arvioidaan. Lisäksi tutkimuskirjallisuudessa on nostettu esiin myös kysymys tehokkaan tiheyden mittarin valinnan vaikutuksesta joustoestimaatteihin. Kysymykset liittyvät kokotehtävien ja etäisyyden vähenemismittarin määrittelyyn sekä etäisyyksimittarin valintaan ja logsum-saavutettavuusien

hyödynnettävyyteen muuttujana. Tutkimus on yhdistettävissä tuottavuusjoustotutkimukseen, mutta suositeltavaa erottaa omaksi kysymyksekseen.

Arviointien tarkkuuden kehittämiseksi suositellaan, että **Suomessa toteutetaan kasautumisvaikutusten ja tehokkaan tiheyden välinen joustotutkimus**. Tällä hetkellä on mahdollista arvioida liikennejärjestelmätöiden vaikutusta kasautumiseen arviointitasoilla 1 tai 2. Kasautumisen ja tehokkaan tiheyden välisen jouston arviointi mahdollistaisi tason 3 arviot alueilla, joilla on mahdollista laskea tehokas tiheys. Luvuissa 3 ja 4 esitellyjen syiden takia ulkomaisia joustoestimaatteja ei voida pitää luotettavina Suomeen sovellettuna. Parhaat aineistot tutkimukselle ovat pääkaupunkiseudulta, sillä Helsingin seudun liikenne-ennustemalli (HELMET) on Suomen tämän hetken edistynein malli saavutettavuusien laskentaan. Pääkaupunkiseudulta saatujen tuottavuusjoustoestimaattien yleistyminen kaupunkien välisen kasautumisen tuottavuusjoustoiksi ja harvemmin asuttujen seutujen tuottavuusjoustoksi ei ole varmaa, mutta tutkimus tuottaa ensikäden hyödynnettävää tietoa kasautumisen tuottavuusjoustojen suuruudesta Suomessa.

Lisäksi suosituksena on **seurata pohjoismaista tutkimusta liikennehankkeiden kasautumisvaikutuksista ja osallistua siihen**. Pitkällä aikavälillä tulee pyrkiä erottamaan kohtaantoon liittyvät kasautumisvaikutukset jakamiseen ja oppimiseen liittyvistä vaikutuksista. Vasta kyseisen erottelun jälkeen kasautumisvaikutukset voidaan ottaa luotettavasti mukaan liikennehankkeiden hyöty-kustannuslaskelmiin. Tanskassa on menossa laajamittainen tutkimus kasautumisvaikutuksista, ja tutkimustulokset tarjonnevat tietoa myös Suomen olosuhteisiin ainakin tarpeellisten tutkimusten toteuttamisen osalta.

Pitkällä aikavälillä valtakunnallinen liikennemallijärjestelmä tarjoaa parhaat edellytykset valtakunnallisesti vertailukelpoisten arviointien tuottamiseen. Jotta kasautumisvaikutusten arviointi on tulevaisuudessa mahdollista kaikilla seuduilla, tulee kasautumisvaikutusten arvioinnin tarpeet ottaa huomioon mallin kehityksessä. Tämän selvityksen perusteella huomioon otettavia tarpeita ovat työmatkojen ja työasiamatkojen erottelu mallissa, tiheä aluejako etenkin tiheästi asutuilla alueilla ja mahdollisuus alueiden välisten matka-aikojen muutosten arviointiin liikennejärjestelmätöiden

piteiden seurauksena. Työmatkojen ja työasiamatkojen erottelu mahdollistaa omalta osaltaan kohtaanto-, oppimis- ja jakamisvaikutusten erottelun. Työmatkojen ja työasiamatkojen erottelu tulee siten ottaa huomioon henkilöliikennetutkimusta suunnitellessa. Tiheä aluejako on tarpeellinen, jotta alueiden väliset matkavastukset kuvautuvat tarpeellisella tarkkuudella kasautumisvaikutusten arvioimiseksi, ja matkavastusten muutosten arviointi alueiden välillä on välttämätöntä tehokkaiden tiheyksien laskemiseksi.

Valtakunnallisen ja seudullisen arviointityön osalta **suosituksena on, että seudut jatkavat arviointien tekemis-**

tä omiin tarpeisiinsa osallistuen samalla valtakunnalliseen menetelmäkehitykseen. Kasautumisvaikutusten arviointeja tehdään jo nyt osana kaupunkien, kaupunkiseutujen ja valtion päätöksentekoa. Kuten raportissa on todettu, tällaisia arviointeja voidaan tehdä nykyään laadullisella tasolla. Riippuen alueella käytössä olevista työkaluista arviointeja on tällä hetkellä mahdollista tehdä tasoilla 1 tai 2. Käytännössä tason 2 arviot vaativat seudullista liikenne-ennustemallijärjestelmää tehokkaiden tiheyksien laskemiseksi. Arviointien tekeminen luo arvokasta osaamista kasautumisvaikutusten käytännön arvioinnin tavoista ja haasteista sekä ilmiön esiintyvyydestä seuduilla.

Viitteet

- 1 Korkeimman pistemäärän (4) SMS-skaalalla saa, jos tutkimus käyttää nk. eksogeenistä variaatiota, joka mahdollistaa syy-seuraussuhteiden tarkastelun.
- 2 Paikallisen tuleman ja kasautumisen välistä yhteyttä arvioidaan usein niiden logaritmeilla, jolloin muutos saadaan prosentteissa. Tällöin jousto = $\ln(\text{muutos tuottavuudessa})/\ln(\text{muutos kasautumisessa})$. Esimerkiksi, kun jousto on 0,027 ja väestön määrä kaksinkertaistaan, muutos tuottavuudessa, p, saadaan seuraavasti: $0,027 = \ln(p)/\ln(2) \Leftrightarrow 0,027 \times \ln(2) = \ln(p) \Leftrightarrow \ln(2^{0,027}) = \ln(p) \rightarrow p = 2^{0,027} = 1,0188$ H 1,019..., eli tuottavuus kasvaa noin 1,9 %.
- 3 $1,01^{0,027} \approx 1,002577...$ ja $1,01^{0,040} \approx 1,00382...$
- 4 Maan ja kiinteistöjen hinnan nousu vaikuttaa negatiivisesti paikalliseen tuottavuuteen riippumatta kaupungin koosta (ks. Combes & Gobillon, 2015).
- 5 He löytävät positiivisen suhteen tuottavuuden ja saavutettavuuden välillä, mutta vaikutus pienenee huomattavasti suuremmilla saavutettavuustasoilla.
- 6 Melo ym. (2009) meta-analyysissä kasautumisvaikutuksista tarkastellaan 729 joustoestimaattia, jotka on saatu 34 tutkimuksesta.
- 7 Meta-analyysin tutkimuksista, jotka käyttävät poikkeileikkausaineistoa, saadut joustoestimaatit vaihtelevat -0,006 ja 0,089 välillä riippuen monista tekijöistä, kuten ajanjaksosta, maasta, tutkimusasetelmasta, ja tarkastellusta sektorista (esim. teollisuus, koko talous ym.).
- 8 Kaavio näyttää seuraavan ei-parametrisen funktion muodon: $\sum_{k=1}^K f_k(\log A)$, jossa A kuvaa alueen saavutettavuutta.
- 9 Alueellisella epäsuhdalla tarkoitetaan tässä yhteydessä muun muassa tuottavien ja suurien yritysten jakautumista tietyille alueille. Tällöin nämä alueet usein kasvavat taloudellisesti nopeampaa vauhtia ja siten myös houkuttelevat lisää tuottavia yrityksiä alueelle, kun taas muut alueet eivät houkuttele lähes yhtään yritystä.
- 10 Combes ym. (2012) näyttävät käyttäen ranskalaista yritystason aineistoa, että tuottavimmat yritykset hyötyvät enemmän korkean työllisyystiheyden alueilla olemisesta.
- 11 Eli eivät kärsi käänteisen syy-seuraussuhteen ongelmasta.
- 12 SAMPERS-malli on ollut käytössä Ruotsissa noin 15 vuotta. Sen avulla on arvioitu ruuhkamaksujen käyttöönottoa, liikennehankkeita ja politiikkamuutoksia.
- 13 Yksilötason kiinteät vaikutukset huomioivat kaikkien ajassa muuttumattomien yksilötason tekijöiden vaikutukset palkkoihin.
- 14 Työmatkayhteydet ovat myös tärkeitä, koska yritykset tarvitsevat työntekijöitä ja alhaisemmat työmatkakustannukset alentavat työttömyyttä alentaen reservaatiopalkkoja.
- 15 Jousto on johdettu käyttämällä saavutettavuuden muutoksen logaritmista arvoa. Palkka ilman metroa, kun jousto on 0,028 ja saavutettavuus kasvaa 32 prosenttia: $48,4756 \times (1 - \ln(1,32)) \times 0,028) \approx 48,10$.
- 16 He arvioivat kuluttajan ylijäämäksi vuodelle 2006 0,9648 miljardia euroa pohjautuen Börjesson ja Eliasson (2014).
- 17 Tilastollinen voima tarkoittaa todennäköisyyttä, että tutkimus havaitsee vaikutuksen silloin kun vaikutus on olemassa. Jos tilastollinen voima on korkea, todennäköisyys, että tekee ns. Tyypin II virheen, eli ei havaitse vaikutusta sellaisen ollessa, laskee. Havaintojen määrä kasvattaa tilastollista voimaa, minkä lisäksi suuria vaikutuksia on helpompi havaita kuin pieniä vaikutuksia.
- 18 Ehdotettu tunnin aikaraja perustuu Melon ja Grahamin (2009) tutkimukseen, jossa kasautumishyötyjen ei havaittu korreloivan yli 75 kilometrin pituisten matkojen lyhenemisen kanssa. Koska eri liikennemuotoihin liittyy erilaisia nopeuksia ja ruuhkautuvuutta, rajauksessa kannattaa käyttää aikarajaa kilometrimuotoisen rajan sijaan.

Kirjallisuus

- Acs, Z.J. & Audretsch, D.B. & Feldman, M.P.** (1994). R&D spillovers and recipient firm size. *Review of Economics and Statistics* 100(1), 336–367.
- Ahlfeldt, G.M. & Feddersen, A.** (2017). From periphery to core: measuring agglomeration effects using high-speed rail. *Journal of Economic Geography*, 18(2), 355–390.
- Ahlfeldt, G.M., Haller, P. & Heblich, S.** (2019). The effective density elasticity of productivity for movers and stayers. Julkaisematon käsikirjoitus.
- Ahlfeldt, G.M. & Pietrostefani, E.** (2019). The economic effects of density: A synthesis. *Journal of Urban Economics*, 111, 93–107.
- Ahlfeldt, G.M., Redding, S.J., Sturm, D.M. & Wolf, N.** (2015). The economics of density: Evidence from the Berlin Wall. *Econometrica*, 83(6), 2127–2189.
- Audretsch, D. & Feldman, M.** (2004). Knowledge spillovers and the geography of innovation. *Handbook of regional and urban economics*, vol. 4. Elsevier.
- Bleakley, H. & Lin, J.** (2015). History and the Sizes of Cities. *American Economic Review*, 105(5), 558–563.
- Breschi, S. & Lissoni, F.** (2001). Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 975–1005.
- Breschi, S. & Lissoni, F.** (2009). Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows. *Journal of Economic Geography* 9(4), 439–468.
- Briant, A., Combes, P.P. & Lafourcade, M.** (2010). Dots to boxes: Do the size and shape of spatial units jeopardize economic geography estimations? *Journal of Urban Economics*, 67(3), 287–302.
- Böckerman, P. & Maliranta, M.** (2012). Kaupunkialueen työmarkkinat ja niiden dynamiikka.
- Börjesson, M. & Eliasson, J.** (2014). Experiences from the Swedish Value of Time study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 59, 144–158.
- Börjesson, M., Isacsson, G., Andersson, M. & Anders-tig, C.** (2019). Agglomeration, productivity and the role of transport system improvements. *Economics of Transportation*, 18, 27–39.
- Carlino, G. & Kerr, W.R.** (2015). Agglomeration and Innovation. *Bank of Finland Research Discussion Papers* 27/2015.
- Cascetta, E.** (2009). *Transportation Systems Analysis*. Springer.
- Chatterji, A., Glaeser, E. & Kerr, W.** (2014). Clusters of Entrepreneurship and Innovation. *Innovation Policy and the Economy* 14, 129–166.
- Ciccone, A. & Hall, R.E.** (1996). Productivity and the density of economic activity. *American Economic Review*, 86, 54–70.
- Combes, P. & Duranton, G.** (2006). Labour pooling, labour poaching and spatial clustering. *Regional Science and Urban Economics*, 36(1), 1–28.
- Combes, P.P., Duranton, G. & Gobillon, L.** (2008). Spatial wage disparities: Sorting matters!. *Journal of urban economics*, 63(2), 723–742.
- Combes, P.P., Duranton, G., Gobillon, L., Puga, D. & Roux, S.** (2012). The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection. *Econometrica*, 80(6), 2543–2594.
- Combes, P.P., Duranton, G., Gobillon, L. & Roux, S.** (2010). Estimating agglomeration economies with history, geology, and worker effects. *Agglomeration economics*, 15–66). University of Chicago Press.
- Combes, P.P. & Gobillon, L.** (2015). The empirics of agglomeration economies. In *Handbook of regional and urban economics*, Vol. 5, 247–348. Elsevier.
- Commissariat général à la stratégie et à la prospective** (2013). *Évaluation Socioéconomique des Investissements Publics*.

- Davis, D.R. & Weinstein, D.E.** (2002). Bones, bombs, and break points: the geography of economic activity. *American Economic Review*, 92(5), 1269–1289.
- Department for Transport** (2014). WebTAG: TAG unit A2-1 wider impacts. Saatavissa: <https://www.gov.uk/government/publications/webtag-tag-unit-a2-1-wider-impacts>.
- Department for Transport** (2016). Tag Unit A2.1 Wider Economic Impacts Appraisal.
- Department for Transport** (2016). WebTAG: Understanding and valuing impacts of transport investment: updating wider economic impacts guidance, Saatavissa: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/554783/transport-appraisal-guidance-webtag-consultation-document.pdf.
- Department for Transport** (2018). Tag Unit A2.4 Appraisal of Productivity Impacts.
- Douglas, N., & O’Keeffe, B.** (2016). Wider Economic Benefits – When and if they should be used in evaluation of transport projects. Australasian Transport Research Forum 2016 Proceedings. Melbourne: Australasian Transport Research Forum Incorporated.
- Duranton, G. & Puga, D.** (2004). Micro-foundations of urban agglomeration economies. *Handbook of regional and urban economics*, vol. 4. Elsevier.
- Eliasson, J., & Fosgerau, M.** (2019). Cost-benefit analysis of transport improvements in the presence of spillovers, matching and an income tax. *Economics of Transportation*, 1–9.
- Faggio, G., Silva, O. & Strange, W.C.** (2017). Heterogeneous agglomeration. *Review of Economics and Statistics*, 99(1), 80–94.
- Freedman, M.** (2008). Job hopping, earnings dynamics, and industrial agglomeration in the software publishing industry. *Journal of Urban Economics*, 64(3), 590–600.
- Fujita, M.** (1989). *Urban Economic Theory: land use and city size*. Cambridge University Press.
- Fujita, M. & Thisse J.** (2002). *Economics of Agglomeration*. Cambridge University Press.
- Gaubert, C.** (2018). Firm sorting and agglomeration. *American Economic Review*, 108(11), 3117–3153.
- Gibbons, S. & Overman, H.** (2009). Productivity in transport evaluation studies.
- Glaeser, E.** (2008). *The Economic Approach to Cities*. Discussion Paper No 2149. Harvard Institute of Economic Research, Harvard University, Cambridge, Mass.
- Glaeser, E.** (2011). *Triumph of the city. How urban spaces make us human*. Macmillan.
- Glaeser, E., Kolko, J. & Saiz, A.** (2001). Consumer City. *Journal of Economic Geography*, 1, 27–50.
- Graham, D.J.** (2007). Agglomeration, productivity and transport investment. *Journal of transport economics and policy*, 41(3), 317–343.
- Graham, D.J. & Gibbons, S.** (2019). Quantifying Wider Economic Impacts of agglomeration for transport appraisal: Existing evidence and future directions. *Economics of Transportation*, 19, 100–121.
- Graham, D.J., Gibbons, S. & Martin, R.** (2010). The spatial decay of agglomeration economies: estimates for use in transport appraisal. Lontoo: Department for Transport.
- Graham, D.J., Melo, P.S., Jiwattanakulpaisarn, P. & Noland, R.B.** (2010). Testing for causality between productivity and agglomeration economies. *Journal of regional Science*, 50(5), 935–951.
- Graham, D.J. & Van Dender, K.** (2011). Estimating the agglomeration benefits of transport investments: some tests for stability. *Transportation*, 38(3), 409–426.
- Haapamäki, T., Falkenbach, H., Harjunen, O., Laakso, S. & Väänänen, T.** (2019). Esiselvitys liikennehankkeiden kiinteistömarkkinavaikutuksista.
- Helsley, R.W. & Strange, G.W.** (1990). Matching and agglomeration economies in a system of cities. *Regional Science and Urban Economics*, 20(2), 189–212.

- Jacobs, J.** (1969). *The economy of cities*. Random House. New York.
- Jääskeläinen, M., Harjunen, O., Laakso, S., Niemelä, J., Ronikonmäki, N.-M. & Vuorio, L.** (2019). MALPAKKA 2.0. Saavutettavuuden ja maankäytön tehokkuuden välinen yhteys Helsingin seudulla. MAL 2019.
- Laakso, S., Kostianen, E. & Metsäranta, H.** (2016). Helsinki–Turku-ratakäytävän kehittämisen aluetaloudelliset vaikutukset. Helsinki: Liikennevirasto.
- Laakso, S. & Loikkanen, H.A.** (2004). Kaupunkitalous, Johdatus kaupungistumiseen, kaupunkien maankäyttöön sekä yritysten ja kotitalouksien sijoittumiseen. Gaudeamus.
- Laakso, S. & Metsäranta, H.** (2017). Liikennehankkeiden laajemmat taloudelliset vaikutukset: Arviointimethodien kehittäminen ja soveltaminen Suomen oloihin. Helsinki: Liikennevirasto.
- Lahdelma, T.** (2019). Job-switching patterns in knowledge-intensive industries within the Helsinki–Uusimaa Region. City of Helsinki, Executive Office, Urban Research and Statistics.
- Lahdelma, T. & Laakso, S.** (2016). Toimipaikkojen läheisyys ja työvoimavirtojen verkostot pääkaupunkiseudulla. Helsingin kaupunki, Tietokeskus, tutkimuksia 2016:6.
- Liikennevirasto** (2011). Liikenneväylien hankearvioinnin yleisohje. Helsinki: Liikennevirasto.
- Liikennevirasto** (2013a). Ratahankkeiden arviointiohje. Helsinki: Liikennevirasto.
- Liikennevirasto** (2013b). Tiehankkeiden arviointiohje. Helsinki: Liikennevirasto.
- Loikkanen, H.A. & Laakso, S.** (2016). Tiivistävä kaupunkikehitys – Tuottavuuden ja hyvinvoinnin kasvun perusta. Tehokkaan tuotannon tutkimussäätö.
- Loikkanen, H.A., Laakso, S. & Susiluoto, I.** (Eds.) (2012). *Metropolialueen talous. Näkökulmia kaupunkitalouden ajankohtaisiin aiheisiin* (s. 227–239). Kaupunkitutkimus ja metropolipolitiikka -ohjelma & Helsingin kaupungin tietokeskus.
- Marshall, A.** (1920). *Principles of Economics*. Macmillan. London.
- Melo, P. & Graham, D.** (2009). Agglomeration Economies and Labour Productivity: Evidence from Longitudinal Worker Data for GB's Travel-to-Work Areas. SERC Discussion Paper 31.
- Melo, P.C., Graham, D.J. & Brage-Ardao, R.** (2013). The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence. *Regional Science and Urban Economics*, 43(5), 695–706.
- Melo, P.C., Graham, D.J., Levinson, D. & Aarabi, S.** (2017). Agglomeration, accessibility and productivity: Evidence for large metropolitan areas in the US. *Urban Studies*, 54(1), 179–195.
- Melo, P.C., Graham, D.J. & Noland, R.B.** (2009). A meta-analysis of estimates of urban agglomeration economies. *Regional science and urban Economics*, 39(3), 332–342.
- Metsäranta, H., Berg, I., Hillo, K., Laakso, S. & Rinta-Piirto, J.** (2018). Tampere–Helsinki -ratakäytävän kehittämisen laajemmat taloudelliset vaikutukset. Tampere: Tampereen kaupunkiseutu, Pirkanmaan liitto ja Tampereen kauppakamari.
- Metsäranta, H., Riukula, K., Kauhanen, A. & Fornaro, P.** (2019). Liikennejärjestelmän työmarkkinavaikutukset ja niiden arviointi. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Economische Zaken** (2004). *Indirecte Effecten Infrastructuurprojecten: Aanvulling op de leidraad OEI Aanvulling op de Leidraad OEI*.
- Moilanen, P.** (2012). Liikenteen ja maankäytön vuorovaikutus metropolialueella, teoksessa Loikkanen, H., Laakso, S. & Susiluoto, I. (toim.), *Metropolialueen talous. Näkökulmia kaupunkitalouden ajankohtaisiin aiheisiin*, Kaupunkitutkimus ja metropolipolitiikka -ohjelma ja Helsingin kaupungin tietokeskus.

Mukkala, K. (2011). Essays on Regional Development and Labor Mobility in a Knowledge-Based Economy. Jyväskylä Studies in Business and Economics 99. Jyväskylä University Printing House.

National Cooperative Highway Research Program (2014). Assessing Productivity Impacts of Transportation Investments: Final Report And Guidebook.

National Roads Authority (2011). Project Appraisal Guidelines Unit 6.8 Wider Impacts.

NZ Transport Agency (2018). Economic Evaluation Manual.

Piekkola, H. (2015). Talouden kasvun veturit – investoinnit osaamiseen ja aineettomat investoinnit. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 111(3), 330–353.

Proost, S. & Thisse, J.F. (2019). What can be learned from spatial economics? *Journal of Economic Literature*, 57(3), 575–643.

Rosenthal, S.S. & Strange, W.C. (2004). Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. *Handbook of regional and urban economics*, vol. 4, 2119–2171. Elsevier.

Rosenthal, S.S. & Strange, W.C. (2008). The attenuation of human capital spillovers. *Journal of Urban Economics*, 64(2), 373–389.

Storper, M. & Venables, A.J. (2004). Buzz: face-to-face contact and the urban economy. *Journal of Economic Geography* 4(4), 351–370.

Strafica Oy; Kaupunkitutkimus TA Oy (2018). Tampere–Helsinki-ratakäytävän kehittämisen laajemmat taloudelliset vaikutukset. Tampere: Tampereen kaupunkiseutu.

Suomen taloushistoria 3. Historiallinen tilasto. (1983). Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Susiluoto, I. (2015). Toimialojen kasautumistekijöistä kaupunkiseuduilla. Helsingin kaupunki tietokeskus, tutkimuksia 2015:2.

Swinney, P. (2016). Building the Northern Powerhouse. Lessons from the Rhine-Ruhr and Randstad. Centre for Cities.

Tilastokeskus (2020). Kansantalouden tilinpidon historialliset sarjat. Ennakkotieto 2018.

Trafikverket (2018). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1.

Train, K.E. (2002). Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge: Cambridge University Press.

Transport for NSW (2016). Principles and Guidelines for Economic Appraisal of Transport Investment and Initiatives. Sydney: Transport for NSW.

Transportministeriet (2015). Manual for samfundsøkonomisk analyse på transportområdet.

Valentinyi, A. & Herrendorf, B. (2008). Measuring factor income shares at the sectoral level. *Review of Economic Dynamics*, 11(4), 820–835.

Venables, A.J. (2016). Incorporating Wider Economic Impact within Cost-Benefit Appraisal. International Transport Forum / OECD. Discussion Paper 2016/05.

Venables, A.J. (2017). Incorporating Wider Economic Impact within Cost-Benefit Appraisal. ITF (2017), Quantifying the Socio-economic Benefits of Transport, ITF Roundtable Reports, OECD

Vlaamse Overheid-Departement Mobiliteit en Openbare Werken, & RebelGroup Advisory Belgium nv (2013). Standaardmethodiek voor MKBA van transportinfrastructuurprojecten.

Von Hippel, E. (1994) Sticky information and the locus of problem solving: implications for innovation. *Management Science*, 40, 429–439.

Wangness, P.B., Rodseth, K.L., & Hansen, W. (2017). A review of guidelines for including wider economic impacts in transport appraisal, *Transport Reviews*, 37(1), 94–115.

ETLA



Elinkeinoelämän tutkimuslaitos

ETLA Economic Research

ISSN-L 2323-2447,
ISSN 2323-2447,
ISSN 2323-2455 (Pdf)

Kustantaja: Taloustieto Oy

Puh. 09-609 900
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

Arkadiankatu 23 B
00100 Helsinki
