



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

VILLE TURUNEN
TAVARALIIKENTEEN MALLINTAMISESTA HELSINGIN
SEUDULLA
Diplomityö

Tarkastaja: professori Jorma
Mäntynen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
9. syyskuuta 2015

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

TURUNEN, VILLE: Tavaraliikenteen mallintamisesta Helsingin seudulla

Diplomityö, 57 sivua, 12 liitesivua

Lokakuu 2015

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: Tavaraliikenne, tavaraliikennejärjestelmä, tavaraliikenteen mallintaminen, Helsingin seutu, maankäytön mallintaminen, tavaraliikenteen matkatuotokset

Työn alussa esitellään Helsingin seudun tavaraliikennejärjestelmän olennaiset piirteet, käsitellään tavaraliikenteen mittaamisen nykytilaa ja tarpeita. Loppupuolella mallinetaan tavaraliikenteen matkatuotokset pääkaupunkiseudulla, tavaraliikenteen terminaalien sijoittuminen ja tavaraliikenteen matkojen suuntautumiset Tuupakan logistiikka-alueelta. Terminaalien sijoittumismallinnusta pohjustaa luku, jossa esitellään maankäytön mallintamisen peruserätykset. Lopuksi vielä käsitellään Liikenne- ja viestintäministeriön käyttämän Frisbee-tavaraliikennemallin soveltuvuutta Helsingin seudulle pitkämatkaisen tavaraliikenteen mallintamiseen.

Helsingin seudulla on keskeinen rooli koko maan tavaraliikennejärjestelmässä, sillä seudulla sijaitsee Suomen suurimpiin kuuluva Vuosaaren satama, ja Helsingin seudulla sijaitsevat tukkuliikkeiden isot valtakunnalliset varastot. Helsingin seutu on myös koko maan suurin yksittäinen kulutuskeskus. Tuotantokeskuksena Helsingin seutu ei ole yhtä tärkeä. Tavaraliikennejärjestelmä nojaa pitkälti maantiekuljetuksiin ja Kehä III:n varrella sijaitsevaan Suomen isoimpaan logistiikkakeskittymään.

Tavaraliikenteen mittaamisessa on paljon uuden tekniikan avaamia kehitysmahdollisuuksia. Myös tarvetta tavaraliikennettä tarkemmin varsinkin kaupungeissa selvittäville liikennetutkimuksille on, jos tavaraliikennettä halutaan mallintaa samalla tarkkuudella kuin henkilöliikennettä.

Maankäytön mallintamisen periaatteet eivät ole kovin hankalia ja eivätkä eroa suuresti liikenteen mallintamisen periaatteista. Käytännössä mallintaminen ei kuitenkaan usein edes onnistu, sillä maankäytön lajeja niille ominaisine dynamiikkoineen on yksinkertaisesti liikaa. Kuitenkin rajaamalla tutkimusasetelmia sopivasti maankäytön mallinnuksella saadaan käyttökelpoisia tuloksia esimerkiksi, kun halutaan arvioida liikenneverkon muutosten vaikutuksia kaupunkirakenteeseen.

Tavaraliikenteen matkatuotokset arvioitiin yhdistämällä paikkatietoja pääkaupunkiseudun eri toimialojen yritysten sijainneista Ympäristöministeriön suunnitteluohjeista saatuihin matkatuotoksiin maankäytön eri lajeille. Saatua tulos on uskottava. Terminaalien sijoittumista mallinettaessa selvisi, että pelkästään keskeisimpiä tekijöitä käyttäen ei saada selitettyä terminaalien nykyisijainteja. Käytetty menetelmä Tuupakan alueen tavaraliikenteen matkojen suuntautumisen mallintamiseksi osoittautui lupaavaksi, joskaan pienen havaintoaineston takia ei voida tehdä kovin pitkälle meneviä päätelmiä.

ABSTRACT

Tampere University of Technology

Master's Degree Programme in Civil Engineering

TURUNEN, VILLE: On the Modelling of the Freight Traffic in Helsinki Region

Master of Science Thesis, 57 pages, 12 Appendix pages

October 2015

Major: Transportation systems

Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: freight traffic, freight traffic system, freight traffic modelling, Helsinki region, land use modelling, freight traffic trip output

At the beginning of the paper is introduced the freight traffic system of Helsinki region, subsequently it is considered how freight traffic is measured nowadays and what are the needs of those measurements. The end of the paper presents models how to calculate the freight traffic inputs, how to calculate best locations for freight traffic terminals and where the freight traffic trips are going from Tuupakka logistic conglomerate. Basic ideas of land use modelling are also introduced in connection with the model for freight traffic terminals locations. At the very end there is consideration how well the so called Frisbee-model, which is designed by the Ministry of Transport and Communications, suits to the Helsinki region, when modelling long distance freight traffic.

The Helsinki region plays a central role in the freight traffic system of the whole country because Vuosaari harbour, which is one of the key harbours of Finland, is located in the region, and because the majority of the warehouses of nationwide wholesale companies are also located in the region. Helsinki region is also the biggest concentration of consuming of commodities in Finland. As a place of production however, Helsinki region is not as important. The freight traffic system in the region is mostly based on road transport and the logistic conglomerate around the ring road Kehä III, which is the biggest one in Finland.

New technology opens a lot of new possibilities in the world of freight traffic measurements. There is also a need for more detailed studies about freight traffic if one wants to model the freight traffic with the same level of details as passenger traffic.

The principles of land use modelling are not very complicated and they are quite similar to the principles of traffic modelling. In practise land use modelling is in many cases practically impossible since there are too many types of different kinds of land uses which have their own specific dynamic. Still it is possible to make useful land use models if the models are set in a suitable manner, for example for evaluating how the city structure changes when changes are made in the traffic network.

The freight traffic output was estimated by connecting geocoded information about places of business using the guide made by The Ministry of Environment to estimate traffic output for different kinds of land use. The results of this model were believable. The model used to calculate locations of freight traffic terminals showed that one cannot explain locations by using only few of the most important factors. The method of modelling the destinations of freight traffic trips out of Tuupakka was promising. Still the basic set of observations was so limited that it is impossible to make strong conclusions about the issue.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston tiedonhallinnan ja logistiikan laitokselle Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymän (HSL) tilauksesta. Työn on ohjannut professori Jorma Mäntynen ja HSL:n puolelta yhteyshenkilönä on toiminut liikennetutkija Pekka Räty. Työn aiheena on tavaraliikenteen mallintamiseen liittyvät kysymykset Helsingin seudulla.

Työn on mahdollistanut HSL:n antama rahoitus. Olen saanut tilaajalta myös paljon apua itse työn tekemisessä esimerkiksi digitaalisten aineistojen käsittelyssä ja saanut myös käyttööni karttapohjia. Aineistojen käsittelyä HSL:ssä on vastannut Matleena Lindeqvist. Lisäksi Pekka Räty on kommentoinut työtä pitkin matkaa hyvin yksityiskohtaisesti, mistä suuret kiitokset.

Työn virallisen ohjaajan lisäksi tiedonhallinnan ja logistiikan laitokselta työtä on kommentoinut ja keskusteluin auttanut projektipäällikkö Harri Rauhamäki ja tutkijatohtori Heikki Liimatainen. Opintojeni yhteydessä minulle on tarjoutunut runsaasti tilaisuuksia keskustella myös käytännön työtä tekevien ammattilaisten kanssa logistiikkaan liittyvistä kysymyksistä, josta olen koululleni syvästi kiitollinen. Myös näistä keskusteluista on ollut huomattavaa apua tätä työtä tehtäessä.

Haluan lämpimästi kiittää professori Mäntystä, liikennetutkija Rätystä ja kaikkia työn tekemisessä minua auttaneita.

Tampereella 22.8.2015

Ville Turunen

Versiohistoria			
Versio	Päivämäärä	Tekijä	Muutokset
1.0	5.5.2015	VT	Ensimmäinen versio
1.1	8.6.2015	VT	Englanninkielisen tiivistelmän kieliasu tarkastettu
1.2	27.7.2015	VT	Lisätty alaluku 3.4
1.21	3.8.2015	VT	Luvun 5. alkua hieman täsmennetty
1.3	22.8.2015	VT	Ohjaajan kommentit huomioitu ja luku 7. lisätty

SISÄLLYS

1	Johdanto.....	1
1.1	Miksi tavaraliikennettä kaupungeissa pitäisi tutkia.....	1
1.2	Lähteet ja muu aineisto.....	2
1.3	Työn sisältö.....	2
2	Helsingin seudun tavaraliikennejärjestelmä.....	4
2.1	Tavaraliikenteen yleispiirteitä Suomessa.....	4
2.2	Helsingin seudun tavaraliikennejärjestelmän kuvaus	7
2.2.1	Logistiikka-alueet ja -terminaalit.....	7
2.2.2	Pitkämatkainen tavaraliikenne.....	9
2.2.3	Jakeluliikenne ja jätekuljetukset.....	10
2.2.4	Satunnaiset ja pienimuotoiset tavarakuljetukset.....	10
2.3	HSL:n selvityksiä tavaraliikenteestä.....	11
3	Tavaraliikenteen liikennetutkimuksista.....	13
3.1	Liikennetutkimusten nykytilanne Suomessa.....	14
3.2	HSL:n mittaustarpeita.....	15
3.3	Ehdotuksia uusiksi mittaus- ja tutkimusmenetelmiksi ja vanhojen parantamiseksi.....	17
3.4	Kaupunkien tavaraliikenteen mallintamisen nykytila.....	18
4	Maankäytön mallintaminen.....	22
4.1	Maankäytön mallintamisen lähtökohdat.....	22
4.2	Gravitaatiomalli maankäytön mallintamisessa.....	23
4.2.1	Sijainti.....	23
4.2.2	Tilan saatavuus.....	24
4.2.3	Kilpailu muiden toimintojen kanssa.....	25
4.2.4	Muutoksen nopeus maankäytössä.....	25
4.2.5	Mallinnuksen eteneminen.....	25
4.2.6	Esimerkki maankäytön mallinnuksesta.....	26
5	Jakeluliikenteen mallinnus ja tulokset.....	29
5.1	Matkatuotosten laskeminen.....	29
5.2	Jakeluterminaalien sijoittumisen mallinnus.....	34
5.2.1	Mallin osat.....	34
5.2.2	Sijaintipotentialin laskeminen.....	35
5.2.3	Sijaintipotentiali pelkästään matka-aika huomioiden.....	37
5.2.4	Kilpailu muiden toimintojen kanssa.....	38
5.2.5	Muita logistiikkatoimintojen sijoittumiseen vaikuttavia tekijöitä.....	41
5.3	Jakeluliikenteen gravitaatiomalli.....	41
5.3.1	Tuupakan kuljettajahaastattelututkimus.....	42
5.3.2	Mallinnus.....	45

5.4	Johtopäätelmät ja kehittämismahdollisuudet.....	48
6	Pitkämatkaisen tavaraliikenteen mallintaminen.....	50
6.1	Frisbee-malli.....	50
6.2	Frisbee-mallin soveltuvuus Helsingin seudulle.....	51
7	Yhteenveto ja päätelmiä.....	52
	Lähteet.....	56
	LIITE 1: Tavaraliikenteen matkatuotokset ennustealueittain	
	LIITE 2: Sijoittumislaskelmien lähtötiedot	
	LIITE 3: Lähtötiedot Tuupakan alueen suuntautumislaskelmiin	

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

bulkki	Tavara, jota ei ole käsitelty kuljetusta varten, vaan joka kulkee sellaisenaan. Esimerkiksi nesteet, jauhot, malmit ja kivihiili.
ennustealue	Liikennemallinnuksessa mallinnettava alue jaetaan ennustealueisiin, joista kullekin lasketaan matkatuotokset ja lasketaan, mille ennustealueille matkat suuntautuvat.
Helsingin seutu	Käsittää pääkaupunkiseudun kuntien lisäksi Hyvinkään, Järvenpään, Keravan, Kirkkonummen, Mäntsälän, Nurmijärven, Pornaisen, Sipoon, Tuusulan ja Vihdin kunnat.
HSL	Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä HSL vastaa joukkoliikenteen suunnittelusta ja järjestämisestä Helsingin, Espoon, Vantaan, Kauniaisten, Kirkkonummen, Keravan ja Sipoon alueella. Lisäksi HSL vastaa liikennejärjestelmäsuunnitelman laatimisesta Helsingin seudun alueella. Joukkoliikenteen suunnitteluun ja liikennejärjestelmäsuunnitelman laatimiseen liittyen HSL tekee liikennetutkimuksia näillä alueilla.
kuljetusyksikkö	Standardoitu alusta, jolla voidaan kuljettaa tavaraa, esimerkiksi kuormalavat, rullakot ja merirahtikontit. Kuljetusyksiköt on suunniteltu helposti lastattaviksi, joten niiden käyttö laskee kuljetuskustannuksia verrattuna tavarankuljettamiseen irtotavarana.
liikennejärjestelmäsuunnitelma	Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma laaditaan joka neljäs vuosi. Siinä esitetään seudun yhteinen näkemys niistä keskeisistä hankkeista, joita liikennejärjestelmän kehittäminen ja toimivuuden ylläpito edellyttää tulevina vuosina.
liikennelaskenta	Kenttätutkimus, jossa lasketaan jonkin mittauspisteen ohittavien ajoneuvojen määrä. Voidaan toteuttaa myös automaattisesti.

logistiikka-alue ja keskus	Logistiikkakeskus on terminaali tai ryhmä terminaaleja, joissa toimivat yritykset tarjoavat kokonaisvaltaisia logistiikkapalveluita, kuten kuljetusta, varastointia ja tavarankäsittelyä. Logistiikkakeskusten keskittymää kutsutaan logistiikka-alueeksi.
matkapäiväkirja	Liikennetutkimuksiin liittyvä tutkimusmenetelmä, jolla hankitaan tarvittava aineisto liikennemallinuksiin. Menetelmässä ihmisiä pyydetään kirjaamaan tekemänsä matkat tietyllä aikavälillä.
matkatuotos	Joltakin alueelta tai jotain maankäyttölajin yksikköä kohden syntyvät matkat yleensä keskimääräistä päivää kohden ilmoitettuna.
matkavastus	Yleisnimitys yksittäisen matkan tekemiseen liittyvistä sen tekijälle syntyvistä haitoista, joita ovat mm. matkustamiseen kulunut aika ja matkustamisen rahallinen kustannus.
neliporrasmalli	Vakiintunut tapa tehdä liikennemallinnus, missä ensin mallinnetaan matkatuotokset, sitten niiden suuntautumiset, sitten kulkutavan valinta ja lopuksi reitin valinta.
otos	Tilastollisissa analyyseissä käytettävissä oleva tai käytetty havaintoaineisto. Otoksen tulisi edustaa perusjoukkoa, kuten esimerkiksi kaikkia tehtyjä matkoja.
projektikuljetukset	Kertaluonteisiin projekteihin, kuten rakennustyömaahan tai koneiden asennukseen liittyvät kuljetukset.
pääkaupunkiseutu	Yhteinen nimitys Helsingin, Vantaan, Espoon ja Kauniaisten kaupunkien muodostamalle alueelle.
raskas liikenne	Kuorma- ja linja-autoliikenne, ei ole sama asia kuin tavaraliikenne.

sijoittelualue	Liikennemallinnuksessa ennustealueet on jaettu useampaan sijoittelualueeseen. Ennustealueiden väliseksi laskettu liikenne hajoitetaan pienempien sijoittelualueiden väliseksi, jotta liikenne mallinnetulle liikenneverkolle voitaisiin sijoittaa realistisesti.
tavaraliikennejärjestelmä	Liikenneväylistä, liikennevälineistä, kuljetusyksiköistä, terminaaleista ja vastaavista koostuva kokonaisuus, joka on tarpeen tavaroiden kuljettamiseksi paikasta toiseen.
toimitusketju	Niiden kuljetusten kokonaisuus yhdessä varastoinnin ja muun tavaran käsittelyn kanssa, joita tarvitaan jonkin tuotteen kuljettamiseksi tuotantopaikalta kulutuspaikalle.
yhdistetyt kuljetukset	Kuljetukset, jotka sisältävät välivaiheita eri kuljetusmuodoilla.

1 JOHDANTO

Diplomityön tarkoituksena on osaltaan pohjustaa Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelmien [1] tavaraliikennemallin kehittämistä. Tätä varten työssä on kartoitettu toisaalta tavaraliikenteen ja sen tutkimuksen nykytilaa seudulla ja selvitetty edellytyksiä rakentaa tavaraliikennemalleja tekemällä nyt käytettävissä olevien pienten aineistojen pohjalta kevyet mallinnukset matkatuotoksista ja tavaraliikenteen suuntautumisesta. Lisäksi työssä on mallinnettu tavaraliikenteen terminaalien sijoittumista.

Työn keskeisenä tuloksena on, että henkilöliikennemalleissa käytetyt menetelmät näyttävät soveltuvan myös jakeluliikenteen mallintamiseen, joten isompia aineistoja kannattaa hankkia tavaraliikenteen perusteellisempaa mallintamista varten.

1.1 Miksi tavaraliikennettä kaupungeissa pitäisi tutkia

Perinteisesti tavaraliikenteen mallintamista kaupunkiseutujen liikennejärjestelmätyössä ei ole pidetty kovin keskeisenä. Luonnollisesti myös laajat liikennetutkimukset perinteisin menetelmin ovat kalliita toteuttaa, joten on ollut tarpeen tarkkaan harkita, mitä kaikkea on kannattanut tutkia. Näkemys on siinä mielessä perusteltu, että yleensä henkilöliikenne mitoittaa kaupungin liikenneverkon, ja tavaraliikenteen vaatimat liikennejärjestelyt on voitu ottaa huomioon erityistarkasteluin ilman tarkempaa tietoa tavaraliikenteen kokonaisuudesta. Henkilöliikenne on siis epäilemättä ensisijainen tutkimuskohde kaupungeissa. Yleisemmin ottaen tavaraliikennettä on tarkasteltu lähinnä valtakunnallisesta näkökulmasta, jolloin huomiotta on jäänyt ennen kaikkea jakeluliikenne.

Kuitenkin tavaraliikenteen tutkiminen myös kaupungeissa on tarpeen, jos tavaraliikennejärjestelmää tahdotaan kehittää. Ilman yksityiskohtaista tietoa tavaraliikennejärjestelmän toiminnasta on mahdotonta määrittää, mitä toimenpiteitä kehittämiseen tarvitaan ja miten erilaiset liikennehankkeet yleensä vaikuttavat tavaraliikenteen toimivuuteen. Toimiva tavaraliikennejärjestelmä on kilpailuetu koko kaupunkiseudun elinkeinoelämälle, mutta toimiva järjestelmä tarkoittaa myös vähemmän tavaraliikenteen suoritteita, mistä taas suoraan riippuu kaupungille tavaraliikenteestä syntyvät haitat, kuten melu, päästöt ja katu- sekä tieverkon ylläpidosta syntyvät lisäkulut. Myös valtakunnallisen tavaraliikenteen näkökulmasta ei ole yhdentekevää, miten tavaraliikenne kaupungeissa toimii. Tavaraliikenteellä on vaikutuksensa myös muuhun liikenteeseen. Ennen kaikkea tavaraliikenne vaikuttaa muun liikenteen matkavastuksiin, sillä tavaraliikenteen ajoneuvot joutuvat hankalassa liikenneympäristössä liikkumaan henkilöautoja hitaammin eikä kuorma-autoilla saa ajaa nopeammin kuin 80 km/h.

Erityisesti jos tulevaisuudessa henkilöautoliikenne vähenee, niin tavaraliikenteen merkitys liikenteen haittojen lähteenä korostuu. Jo nykyiselläänkin monin paikoin tavaraliikenne on tärkein yksittäinen melunlähde. Mitä suurempi tavaraliikenteen osuus kaikesta tieliikenteestä, sitä vähemmässä määrin voidaan lähteä siitä, että henkilöautoliikenteen tutkiminen riittää antamaan olennaisen tiedon liikenneverkon toiminnasta. Tutkittu tieto tavaraliikenteestä luo myös pohjaa uusien tavaraliikenteen konseptien rakentamiseksi.

1.2 Lähteet ja muu aineisto

Julkisten artikkelien, raporttien ja kirjojen lisäksi työssä on hyödynnetty HSL:n tekemiä osin julkaisemattomia logistiikkatutkimuksia ([9],[10] ja [11]). Tekijä on saanut käyttöönsä myös tutkimusten osana tehtyjen liikennelaskentojen ja kuljettaja-haastattelujen aineistot. Osana työtä on toteutettu joitakin mallinnuksia, joihin tarvittu data on edellä mainittujen tutkimusten lisäksi saatu HSL:n kautta HSY:n (Helsingin seudun ympäristöpalvelu -kuntayhtymä) ylläpitämän SeutuCD 2013-aineistoista, joista on käytetty rakennusrekisteriä sekä yritykset ja toimipaikat -aineistoa, josta selviää toimialoittain luokiteltujen yritysten sijainnit. Tarvittavat tiedot näistä aineistoista tekijälle on toimittanut liikennetutkija Matleena Lindeqvist.

Ison osan lähteistä muodostavat erilaiset julkisten toimijoiden julkaisemat raportit. Näistä tärkeimmässä roolissa ovat luonnollisestikin HSL:n liikennejärjestelmätyötä varten tilaamat raportit. Joitain liikennealan lehtien artikkeleita on myös käytetty. Niistä on lähinnä selvitetty, millaista teknologiaa tällä hetkellä on käytettävissä liikennelaskentoihin ja muihin liikennemittauksiin. Oppikirjoja lähteistä on The science of cities and regions [20], jota on käytetty lähdeoteksena neljännessä luvussa, missä käsitellään maankäytön mallintamisen teoriaa.

1.3 Työn sisältö

Työ koostuu kolmesta kokonaisuudesta. Aluksi esitellään yleispiirteisesti tavaraliikennejärjestelmä Helsingin seudulla osana valtakunnallista tavaraliikennejärjestelmää. Seuraava kokonaisuus on, kuinka tavaraliikennettä tällä hetkellä Suomessa tutkitaan, mitä mahdollisuuksia tekniikka tuo tutkimuksiin, erityisesti liikennelaskentoihin, ja millaisia tutkimustarpeita Helsingin seudulla tavaraliikenteen osalta on. Kolmantena kokonaisuutena ovat mallinnukset, joita ovat tavaraliikenteen matkatuotosten mallinnus pääkaupunkiseudulla, tavaraliikenteen terminaalien sijoittumiseen vaikuttavien tekijöiden mallintaminen ja jakeluliikenteen matkojen suuntautuminen Tuupakasta.

Ensimmäinen johdantoluvun jälkeinen luku, eli toinen luku, käsittelee tavaraliikennejärjestelmää. Tarkoitus on antaa yleiskuva tavaraliikenteestä Helsingin seudulla. Luvussa myös esitellään joitakin tulevaisuuden kehitysnäkemyksiä.

Kolmannessa luvussa käydään läpi tavaraliikenteen mittauksia ja mallintamisen nykytilaa. Ensin käydään läpi, millaisia tavaraliikennetutkimuksia on mahdollista tehdä, pääpainona viime aikoina kehitetyt uudet mittausmenetelmät. Tämän jälkeen annetaan yleiskuva tutkimuksen nykytilasta Suomessa. Sitten arvioidaan, minkälaisia tarpeita tavaraliikenteen tutkimisessa Helsingin seudulla voisi olla. Lopuksi esitellään kaupunkien tavaraliikenteen mallintamisen nykytila.

Neljäs luku käsittelee maankäytön mallinnuksen teoriaa. Tarkoitus ei ole antaa kattavaa katsausta aiheeseen, vaan käsitellä tämän työn kannalta relevanttia gravitaatiomallinnusta sen verran kuin seuraavassa luvussa esitetty pieni tavaraterminaalien sijoittumista kuvaava malli vaatii.

Viidennen lukuun on koottu tätä työtä varten tehdyt jakeluliikenteeseen liittyvät mallinnukset. Ensimmäinen on tavaraliikenteen matkatuotosten arviointi, jonka varaan on toteutettu ensin laskelma eri alueiden edullisuudesta jakeluliikenteen terminaalien sijoittumispaikkana ja sitten tavaraliikenteen matkojen suuntautumismalli Tuupakan logistiikka-alueelta. Mallinnukset itsessään ovat melko kevyitä jo pienen aineistonkin vuoksi. Mallinnusten tarkoitus on lähinnä arvioida käytettyjen mallinnusmenetelmien soveltuvuutta jakeluliikenteen kuvaamiseen Helsingin seudulla. Keskeinen osa lukua ovat päätelmät laskennasta ja tuloksista.

Kuudennessa luvussa käsitellään vielä katsauksenomaisesti pitkämatkaisen tavaraliikenteen mallintamista ja erityisesti Suomessa tähän käytettyä Frisbee-mallia, ja viimeisessä eli seitsemännessä luvussa on yhteenveto tuloksista ja joitan päätelmiä niistä.

2 HELSINGIN SEUDUN TAVARALIIKENNEJÄRJESTELMÄ

Seuraava yleisesitys perustuu pääosin luentoihin Tampereen teknillisen yliopiston tiedonhallinnan ja logistiikan laitoksella sekä vierailukäynteihin alan yrityksissä. Luennoista huomattavan osan ovat pitäneet käytännön työtä tekevät logistiikan ammattilaiset. Luentojen ja vierailuiden yhteydessä on tekijälle tarjoutunut mahdollisuus myös esittää kysymyksiä. Näissä yhteyksissä on tekijälle syntynyt yleiskuva erityyppisten logistiikka-alan yritysten toiminnasta, niiden toimintaympäristöstä ja siitä, mitä alan ammattilaiset itse pitävät logistiikassa keskeisinä yritysten toimintaan vaikuttavina asioina.

2.1 Tavaraliikenteen yleispiirteitä Suomessa

Tavaroiden liikennevirrat hahmotetaan yleensä *toimitusketjuina*, jolloin liikkeelle lähdetään jostain alkutuotteesta, joka kulkee erilaisten terminaalien ja jalostuslaitosten kautta lopputuotteena asiakkaalle. Eri toimitusketjut luonnollisesti kytkeytyvät toisiinsa, sillä sama tuote toimii yleensä alkutuotteena monille eri lopputuotteelle, ja vastaavasti lopputuotteen valmistamiseen tarvitaan useita alkutuotteita. Viime kädessä toimitusketjuista muodostuu suunnattu verkko, jonka lähteinä ovat alkutuotantopaikat, maatilat, metsät, kaivokset ja muut luonnonvarat, ja nieluina paikat, joissa tuotteet kulutetaan. Näiden välissä ovat tehtaat ja muut jalostuslaitokset sekä liikennejärjestelmän eri terminaalit, varastot ja muut logistiikkalaitokset. Toimitusketjuihin liittyy olennaisena osana myös tiedonkulku kulutustarpeista tuottajille, rahoitusjärjestelyt ja vastaavat, mutta tämän työn yhteydessä ei ole tarvetta kiinnittää huomiota logistiikan tähän puoleen.

Tavaraliikenteessä saadaan huomattavaa etua, jos yksittäiset kuljetuserät ovat isoja. Siksi välituotteita ei useinkaan toimiteta suoraan tuotantopaikasta sen kulutuspaikkaan, vaan johonkin terminaaliin, varastoon tai vastaavaan, joissa yksittäisistä toimituseristä yhdistellään isompia kuljetuseriä, jotka lähetetään eteenpäin toisiin terminaaleihin yhdisteltäväksi vielä isommiksi kuljetuseriksi tai purettavaksi pienemmiksi eriksi, jotka voidaan toimittaa vastaanottajalle. Näin ollen tavaraliikenteen liikennejärjestelmässä on selvä hierarkia. Tavaroita kuljetetaan pienemmistä solmupisteistä isompiin tai toisinpäin, vähemmässä määrin samankokoisten solmujen välillä, jos solmun kokoa mitataan sen läpi kulkevalla tavaramäärällä. Hierarkian huipulla ovat suuret konttisatamat, kuten Hampuri, joiden kautta kulkee mantereiden välinen tavaraliikenne. Näiden alapuolella ovat pienemmät satamat ja sisämaan suuret logistiikkakeskukset, näistä eteenpäin tulevat yhä pienemmät terminaalit, ja lopulta alimmalla tasolla ovat jakelu- ja keräilyliikenteen terminaalit. Isoimmat tuotantolaitokset ovat itsessään merkittäviä tavaraliikenteen solmukohtia, joilla voi olla omia ratapihoja tai satamia.

Myös lentoliikenteellä on tavaroiden kuljetuksessa suuri merkitys, vaikka tonnimääräisesti laskien se on vähäistä meri- ja maakuljetuksiin verrattuna.

Tavaraliikenteessä kulkee itse tavaroiden lisäksi myös *kuljetusyksiköitä*, joista tärkeimpiä ovat merirahtikontit. Myös jakeluliikenteessä kulkee erilaisia kuljetusyksiköitä, kuten rullakoita, liha- ja maitolaatikoita. Meriliikenteessä myös junanvaunuilla sekä puoliperävaunuilla on kuljetusyksikön rooli. Perusajatus kaikissa kuljetusyksiköissä lihalaatikosta junanvaunuun on, että kuljetusyksikkö voidaan osoittaa suoraan toimittajalta asiakkaalle postilähetysten tavoin, vaikka itse kuljetusyksikkö kulkisikin useassa eri kuljetuksessa. Kuljetusyksiköt nopeuttavat ja yksinkertaistavat huomattavasti tavaroiden lastausta, purkua ja käsittelyä yleensä. Haittapuolena kuljetusyksiköissä on tarve kuljettaa niitä myös tyhjänä, sillä yksikön vastaanottaja ei aina pysty hyödyntämään kuljetusyksikköä omissa kuljetuksissaan.

Tavarakuljetusten logistisesta kokonaisuudesta voidaan erottaa *tavaraliikennejärjestelmä*, jonka osia ovat tiet, rautatiet ja muut väylät, terminaalit, ajoneuvot ja muut kuljetusvälineet sekä tavaroiden lähettäjät ja vastaanottajat. Järjestelmään voidaan lukea mukaan tarvittavat tukipalvelut halutussa laajuudessa, kuten ajoneuvovarikot, väylänpito yms. Tavaraliikennejärjestelmä on siis se osa logistisesta järjestelmästä, joka mahdollistaa tavaroiden fyysisen siirtämisen paikasta toiseen. Tavaraliikennejärjestelmä on toisaalta katsoen myös osa yleistä liikennejärjestelmää. Tästä näkökulmasta tavaraliikennejärjestelmä koostuu yleisestä liikenneverkosta täydennettynä erityisillä vain tavaraliikenteelle tarkoitetuista osista, kuten rahtisatamista ja muista logistiikka-alueista sekä tavaroiden kuljettamiseen tarkoitetuista kuljetusvälineistä.

Elinkeinoelämän kuljetustarpeet Suomessa voidaan jakaa karkeasti teollisuuden kuljetuksiin ja kaupan sekä pienimuotoisen teollisuuden kuljetuksiin. Teollisuus tarvitsee seuraavia kuljetuksia:

- maa- ja metsätalouden tuotteiden keräily, tonnimääristä suurin osa tulee puukuljetuksista,
- tehtaiden, kaivosten ja satamien väliset runkoyhteydet,
- vienti ulkomaille ja teollisuuden tarvitsemien raaka-aineiden sekä puolivalmisteiden tuonti,
- toimitukset kotimaiselle kaupalle.

Pääosa näistä kuljetustarpeista hoidetaan kuorma-autoilla. Rautatiekuljetuksia käyttää ensi sijassa metsäteollisuus runkoyhteyksillään ja puuraaka-aineen kuljettamisessa tehdaslaitoksille sekä metalli- ja kemianteollisuus omilla runkoyhteyksillään. Vienti muualle kuin Venäjälle tapahtuu lähes täysin meritse.

Kauppa ja pienteollisuus tarvitsevat seuraavia kuljetuksia:

- maahantuonti ja -vienti satamiin,
- kuljetukset teollisuudesta ja satamista keskusvarastoihin,
- jakelu sekä keräily keskusvarastojen ja paikallisten terminaalien välillä,
- jakelu terminaaleista kauppoihin ja keräily terminaaleihin teollisuudelta.

Maahantuonti tapahtuu lähes kokonaan joko kontein tai trailerein, jotka toimitetaan keskusvarastoihin tiekuljetuksina. Muutkin kuljetukset tapahtuvat autoilla.

Osa kuljetusjärjestelmää ovat myös postin, pakettien ja kappaletavaroiden kuljetusjärjestelmät, joita käyttävät pienemmät yritykset maahantuontiin ohi keskusliikkeiden ja omien tuotteiden toimituksiin, suuremmat yritykset satunnaisempiin tarpeisiin sekä myös yksityiset ihmiset. Myös nämä kuljetukset tapahtuvat pääosin tiekuljetuksina, mutta alan toimijat ovat vahvasti verkostoituneita ylikansallisesti ja verkostot hyödyntävät kansanvälisessä liikenteessä muitakin kuljetusmuotoja, kuten lentokuljetuksia.

Lopuksi on mainittava projekteihin liittyvät kuljetukset ja jätekuljetukset. Projekteissa on pääosin kyse rakennustyömaista. Näihin liittyvät kuljetustarpeet ovat väliaikaisia, joten kuljetustarpeet hoidetaan pääasiassa tiekuljetuksina. Jätekuljetukset tapahtuvat myös maanteitse ja ovat yleensä seudullisia.

Huomattava osa Suomessa tuotetuista tuotteista menee vientiin, ja vastaavasti huomattava osa Suomessa kulutetuista tuotteista tuodaan maahan. Siksi Suomen tavaraliikennejärjestelmän keskeisimpiä solmuja ovat satamat, joista suurimpien joukossa on Helsingin Vuosaari. Satamat käsittelevät nykyään vain vähän kappaletavaraa, joten varsinaista bulkkitavaraa, kuten öljyä, lukuun ottamatta satamat käsittelevät lähinnä kontteja, kuorma-autoja ja puoliperävaunuja. Kuorma-autot ja puoliperävaunut jatkavat matkaansa satamista muihin logistiikkakeskuksiin tai suoraan asiakkaille.

Tällä hetkellä kontteja ei juuri käytetä Suomen sisäisessä liikenteessä, ja ulkomaanliikenteessäkin kontit pääosin käsitellään satamissa tai niiden lähellä olevilla logistiikka-alueilla. Eurooppalainen trendi on kuitenkin ollut konttien lisääntyvä käyttö myös sisämaakuljetuksissa. Käytännössä se on tarkoittanut *yhdistettyjen kuljetusten* järjestelmien luomista, jossa sisämaassa kuljetetaan kontteja, puoliperävaunuja ja muita kuljetusten suuryksiköitä junilla ja sisävesiproomuilla satamien ja sisämaassa sijaitsevien yhdistettyjen kuljetusten terminaalien välillä. Se on mahdollinen tulevaisuudennäkymä Suomessakin. Erilaisia alustavia suunnitelmia suomalaisesta yhdistettyjen kuljetusten järjestelmästä onkin ehdotettu, kuten Yleisen teollisuusliiton KombiSuomi -hanke. [2] Keskeinen osa mahdollista järjestelmää olisi ainakin yksi uusi iso yhdistettyjen kuljetusten terminaali eli sisämaasatama Etelä-Suomessa. Sen sijaintipaikaksi on ajateltu ainakin Keravaa, Riihimäkeä ja Tamperetta.¹

¹ Tällä hetkellä kehityksen suunta on ollut päinvastainen: olemassaolleet yhdistetyt kuljetukset Helsingistä ja Vuosaaren satamasta Ouluun on lopetettu. Syynä on ollut lähinnä se, että toimivaa

Jos yhdistetyt kuljetukset yleistyvät, vähenee pitkämatkainen tavaraliikenne maanteilla, kun suurempi osa liikenteestä satamiin siirtyisi raiteille. Tämä vähentäisi myös Helsingin seudun pääteiden kuormitusta. Toisaalta uuden sisämaasataman yhteyteen syntyisi uusi logistiikkakeskittymä, joka kilpailisi Helsingin seudun Kehä III:n logistiikkakeskittymän kanssa ja ehkä jopa korvaisi sen Suomen keskeisimpänä logistisena solmuna.

2.2 Helsingin seudun tavaraliikennejärjestelmän kuvaus

Helsingissä ei ole koko Suomen mittakaavassa merkittävää teollisuutta. Sen sijaan Helsingin seutu on valtakunnallisesti yksi tärkeimmistä logistisista solmuista, sillä siellä sijaitsevat Vuosaaren satama ja suurten tukkuliikkeiden keskusvarastot ja jakeluterminaalit. Helsingin seutu on myös Suomen suurin yksittäinen väestökeskittymä, joten siellä tapahtuu huomattava osa Suomen tavaroiden kulutuksesta ja jätteiden tuottamisesta. Siksi seudulla on huomattavan paljon jakeluliikennettä.

2.2.1 Logistiikka-alueet ja -terminaalit

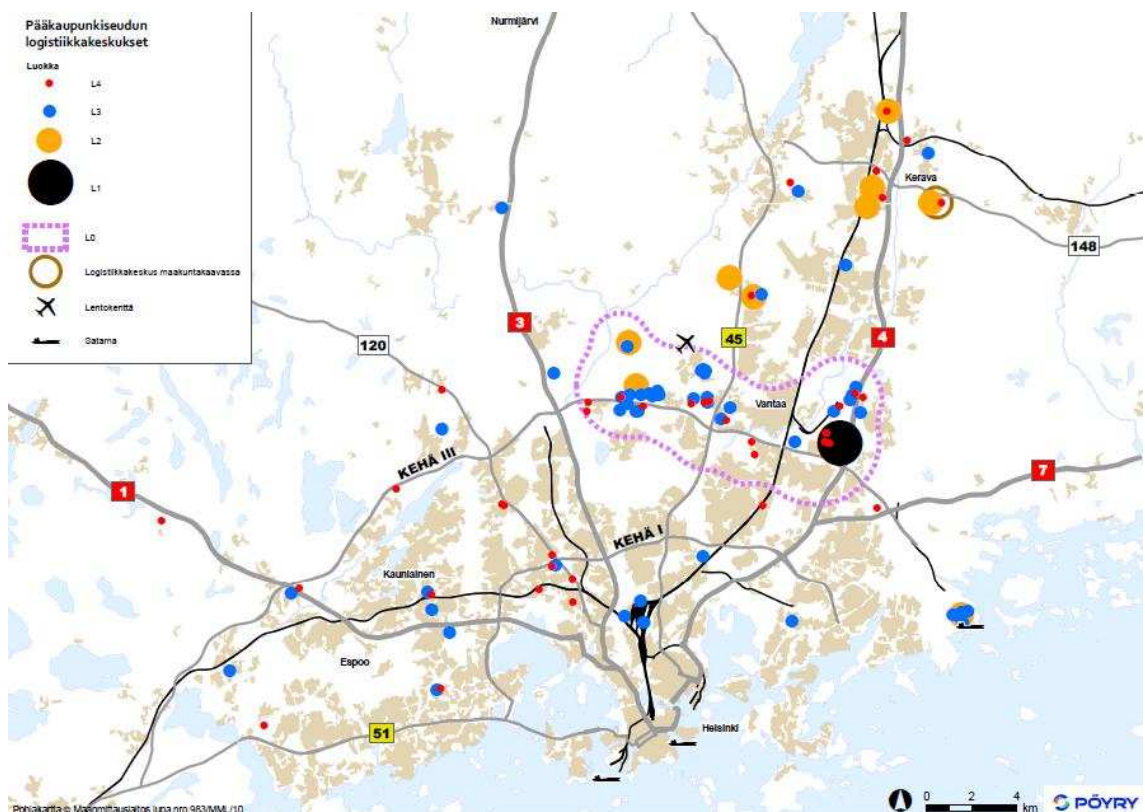
Vuonna 2011 toteutettiin laaja Etelä-Suomen logistiikkaselvitys, jonka yhteydessä kartoitettiin erikokoisten logistiikkakeskusten sijainnit ([4], luku 2.2). Tulokset Helsingin seudun osalta näkyvät kuvassa 1. Kuvan logistiikkakeskukset on jaettu luokkiin L0 – L4, jotka on määritelty seuraavasti:

L0	Logistiikkavyöhyke	Logistiikkakeskittymien, -alueiden ja -keskusten muodostama usein pääväylien suuntainen vyöhyke.
L1	Logistiikkakeskittymä	”Itsestään” muodostunut logistiikka-alueiden ja -keskusten muodostama tiivis ryhmä, usean hallinnoima, useita toimijoita.
L2	Logistiikka-alue	Järjestäytyneesti muodostunut logistiikkatoiminnoille tarkoitettu alue, freight village, jossa useita logistiikkakeskuksia, varastoja yms. logistiikkatoimintoja lisäpalveluineen. Useita toimijoita.
L3	Logistiikkapalvelukeskus	Kaikille asiakkaille avoin logistiikkakeskus. Tietyn tahon hallinnoima, mahdollisesti useita toimijoita.
L4	Logistiikkakeskus	”Suljetun piirin” eli tietyn kauppaketjun tai teollisuusyrityksen oma logistiikkakeskus tai keskusvarasto, josta tavaraa toimitetaan vain ko.

liiketoimintakonseptia ei saatu kehitetyksi. Ongelmia oli esimerkiksi aikataulujen pitävyydessä ja jäykässä kuljetusten varausjärjestelmässä. Ottaen huomioon Keski-Euroopan esimerkin on yhdistettyjen kuljetusten aloittaminen uudelleen ja sisämaasatamien rakentaminen kuitenkin täysin mahdollinen kehityssuunta tulevaisuudessa.

yrityksen omiin tarpeisiin.

Alle 10 000 m²:n yksityisiä varastoja yms. ei ole merkitty karttaan. Selvityksessä ei ole pyritty kattavasti luetteloimaan kaikkia, ei edes isoimpia paikkoja, joista ylipäättään lähtee tavarakuljetuksia, vaan paikkoja, joissa on tarjolla varastoinnin ja kuljetuksen lisäksi muitakin logistisia palveluita. Selvityksen aineisto ei siis sellaisenaan riitä tämän työn pohja-aineistoksi, mutta kuvan 1 perusteella voidaan kuitenkin muodostaa yleiskuva logistiikka-alueiden ja terminaalien sijoittumisesta.

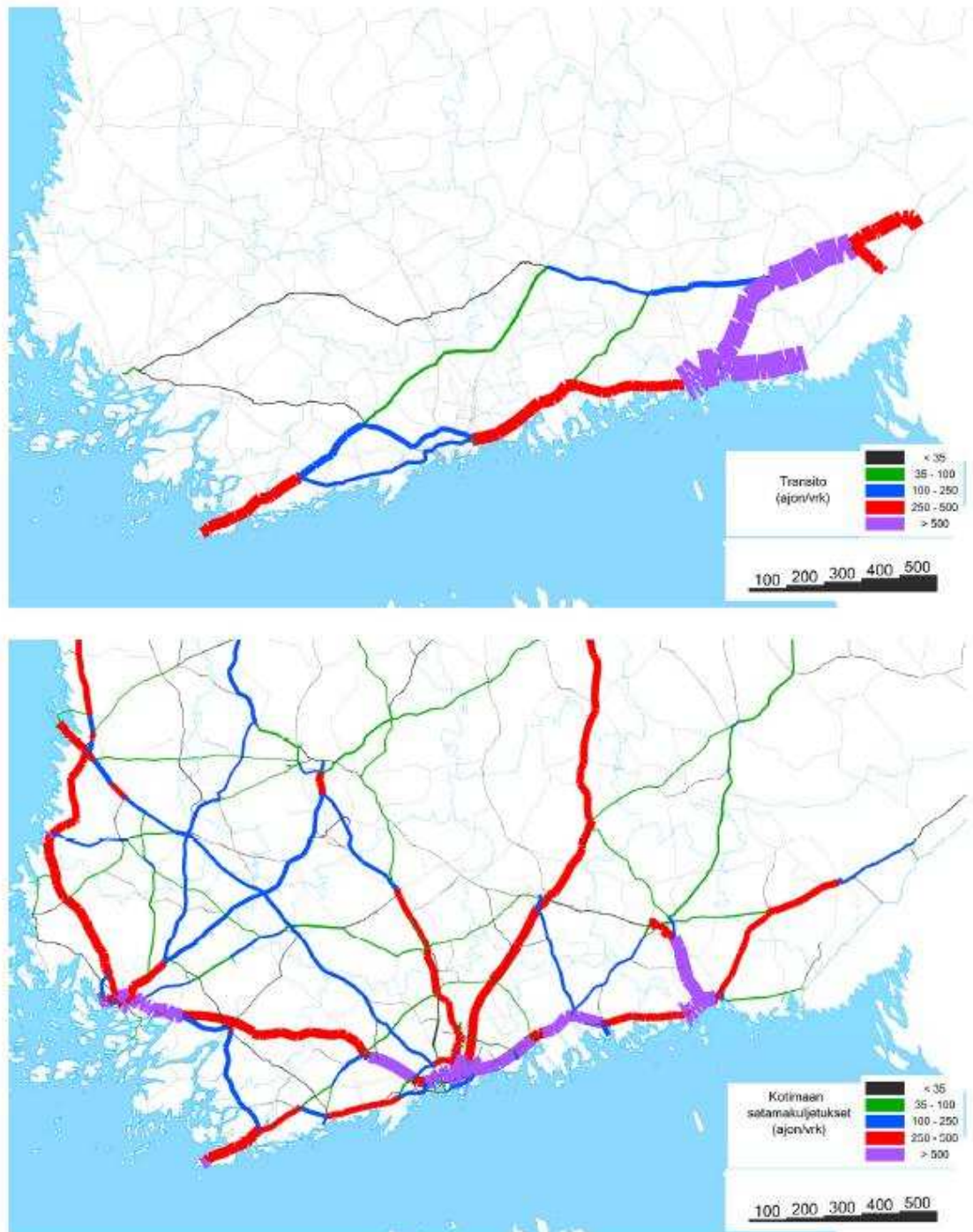


Kuva 1: Logistiikka-alueet ja terminaalit Helsingin seudulla. ([4], kuva 2.2)

Tärkein keskittymä on Kehä III:n varrelle Hämeenlinnanväylän ja Lahdenväylän väliin suunnilleen sijoittuva iso logistiikkavyöhyke. Muita pienempiä keskittymiä on Ilmalassa ja Keravalla. Loput isot toiminnot sijoittuvat melko tasaisesti päätieverkon solmupisteiden läheisyyteen paikkoihin, joissa on sopivia tiloja saatavilla. Jo tämän perusteella voidaan päätellä, että logistiikkakeskukset ja terminaalit sijoittuvat niille teollisuusalueille, joilta on helppo pääsy pääteille. Niiden voi olettaa olevan sijoittumista rajaavia tekijöitä. Näistä alueista taas Kehä III:n logistiikkavyöhyke on ilmeisesti paras sijainti logistiikkatoiminnoille. Se voi periaatteessa johtua joko paikan keskeisemmästä sijainnista kuljetusten näkökulmasta katsoen tai sitten sijainnista muiden logistiikkatoimintojen läheisyydessä on alan yrityksille hyötyä. Muihin sijoittumiseen vaikuttavien tekijöiden osalta (ks. luku 5.2.5) Helsingin seudun teollisuusalueiden välillä tuskin on merkittävää eroa.

2.2.2 Pitkämatkainen tavaraliikenne

Vuosaaren satama ja isojen keskusliikkeiden varastoterminaalit tekevät Helsingin seudusta yhden Suomen pitkämatkaisen tavaraliikenteen solmukohdista.



Kuva 2: Satamien transitokuljetusten (ylempi kuva) sekä kotimaan kuljetusten (alempi kuva) sijoittuminen Etelä-Suomen pää- ja seututieverkolle (raskaita ajoneuvoja/vrk). ([6], kuva 7)

Ulkomaankaupan tavaravirrat kulkevat Vuosaaren sataman läpi Helsingin seudulle tai muualle Suomeen suoraan tai logistiikkakeskusten kautta, joissa esimerkiksi konteilla maahantuodut kulutustarvikkeet puretaan ja varastoidaan myöhemmin pienemmissä erissä kauppaliikkeisiin lähetettäväksi. Maanteiden tavarakuljetusten lukumäärät Etelä-Suomessa näkyvät kuvassa 2.

2.2.3 Jakeluliikenne ja jätekuljetukset

Helsingin seutu on Suomen suurin kulutuskeskus, joten alueella on paljon jakeluliikennettä. Jakelun kohteena ovat ensi sijassa kaupat, mutta myös muut yritykset ja yksityishenkilöt. Jakelun toimitusfrekvenssit vaihtelevat yhdestä päivästä useampaan kuukauteen. Jakelukuljetukset voivat lähteä suoraan tuottajalta, kuten leipomoiden tapauksessa, alueellisista jakeluterminaaleista, joihin tuottajat tai tukut toimittavat tuotteet jaettavaksi, taikka jakeluterminaaleista, joissa yhdistellään eri toimittajien tuotteita. Terminaali, josta on jakeluliikennettä, on yleensä myös osa pitkänmatkaisen tavaraliikenteen verkostoa. Suurin osa terminaaleista voidaan laskea logistiikkakeskusten joukkoon, joista tärkeimpien sijainnit Helsingin seudulla näkyvät kuvasta 1.

Jätekuljetukset ovat myös iso osa tavaraliikennettä, ja ne noudattavat samaa logiikkaa kuin jakeluliikennekin, vaikka jätekuljetuksissa on kyse keräilyliikenteestä. Helsingin seudulla jätteet viedään lähes kokonaisuudessaan Espoossa sijaitsevaan Ämmäsuon jätteenkäsittely-keskukseen tai Vantaalla sijaitsevalle Långmossebergetin jätteenpolttolaitokselle.

2.2.4 Satunnaiset ja pienimuotoiset tavarakuljetukset

Edellisten alalukujen ulkopuolelle jäävät vielä yritysten pienimuotoiset toimitukset ja satunnaiset kuljetukset, jälkimmäiset ovat ensi sijassa rakennustyömaihin ja muihin projekteihin liittyviä kuljetuksia. Pienimuotoiset kuljetukset taas ovat tyypillisesti osa yritysten palvelutoimintaa. Esimerkiksi huoltomies tuo samalla tarvittavat vaihto-osat käydessään kohteessa korjaamassa rikkiäistä laitetta, tai pitserian omistaja hakee itse loppuneita tuotteita pikatukusta ennen tukun omaa normaalia jakelukäyntiä. Samaan kategoriaan voi laskea myös yritysten tuotteiden kuljetukset suoraan asiakkaalle, silloin kun mukana on myyty myös tuotteiden asennuspalvelu. Näiden kuljetusten kohdalla ei ole enää tarkoituksenmukaista puhua tavaraliikenteestä, mutta ne eivät myöskään luontevasti asetu osaksi henkilöliikennettä, eivät ainakaan mallintamisen näkökulmasta. Tyypillistä on, että tällaisessa kuljetuksessa yhdistyy työperäinen matka jonkinkokoisen tavaraerän kuljettamiseen, ja yritykselle itselleen kyseessä on palveluliiketoiminta yrityksen oman toimipaikan ulkopuolella.

Henkilöliikennetutkimuksista ei ole apua pienimuotoisten kuljetusten selvittämiseen. Ammattiautoilijoiden ja muiden liikennevälineissä työskentelevien työssään tekemät matkat on rajattu aineistoista pois, mutta vastaajien omaan tulkintaan on jätetty kuuluko asennuspalvelu tähän ryhmään vai ei. Vaikka joitakin asennuspalveluun liittyviä

tapauksia olisikin tullut aineistoihin mukaan (tulkittu työasiamatkoiksi), niitä on todennäköisesti niin vähän, ettei niiden perusteella saa tehtyä mitään päätelmiä näistä kuljetuksista. Lisäksi aineistoissa ei ole mitään muuttujia, joilla asennuspalvelumatkat voisi erottaa muista työasiamatkoista. Hyvin yleisesti voidaan kuitenkin arvioida, että tällaisten matkojen määrä kasvaa muuta liikennettä nopeammin, kun yritykset yhä enemmän keskittyvät palveluliiketoimintaan, jolloin yhä useammin asiakas ei saavu asioimaan toimipisteeseen, vaan toimipisteistä lähdetään tuottamaan palvelua asiakkaan luokse. Trendiä tukevat sellaisten vanhusten määrän kasvaminen, jotka tarvitsevat palveluita ensi sijassa kotonaan, nettikauppa, joka luonnollisesti lisää pakettien jakeluliikennettä, ja uusien palvelukonseptien innovointi, joihin liittyy palvelun tuominen suoraan asiakkaan luokse.

Satunnaisiin kuljetuksiin voidaan laskea projektikuljetukset, jotka Helsingin seudulla koskevat ensi sijassa rakentamista. Seutu kasvaa nopeasti, joten tällä hetkellä rakennustyömaiden kuljetukset tuottavat paljon liikennettä. Tonnimääräisesti suurin osa näitä kuljetuksista on maamassojen siirrot: soraa, hiekkaa, murskettä ja vastaavaa toimitetaan murskeasemilta tai suoraan maa-aineslouhoksilta. Rakennustyömaiden muut toimitukset noudattavat pitkälti jakeluliikenteen logiikkaa: joko teollisuus suoraan tai tukut ja kaupat toimittavat tavaraa rakennustyömaille ja toimituksissa hyödynnetään jakeluun erikoistuneita yrityksiä ja näiden jakeluterminaaleja.

2.3 HSL:n selvityksiä tavaraliikenteestä

Perinteisesti HSL on lähinnä keskittynyt henkilöliikenteen tutkimiseen. Tavaraliikennettä osana Helsingin seudun liikennejärjestelmää on enemmälti selvitetty vasta viime aikoina. Liikennelaskennoissa on kuitenkin aina laskettu erikseen raskas liikenne, joten tältä osin on olemassa liikennemäärätietoa tavaraliikenteestä myös pitkiltä aikajaksoilta. Tosin laskennoilla ei saada tietoa koko tavaraliikenteestä, sillä laskennoissa ei yleensä erotella pakettiautoja henkilöautoista. Laskentojen perusteella tiedetään, että suunnilleen 10 % autoliikenteestä on raskasta liikennettä, ja tätä tietoa on sovellettu liikennemallinnuksissa. Eli kun henkilöautojen liikennemäärät on mallinnettu, oletetaan raskaan liikennenteen määrän olevan vakiosuhteessa henkilöautoliikenteeseen. Mallinnuksia on lisäksi korjattu niiltä osin, kun kokemukseräisesti tiedetään raskaan liikenteen olevan keskimääräistä suurempaa, kuten teollisuusalueilla. Helsingin seudun uusimmassa vuoden 2015 liikennejärjestelmäsuunnitelmassa on tavaraliikenne jo kevyesti mallinnettu.

Joitakin tavaraliikenteen erityisselvityksiä Helsingin seudulla on tehty aikaisemminkin, kuten Tavaraliikenteen logistiikkaselvitys vuodelta 2001 [5]. Vuoden 2011 liikennejärjestelmäsuunnitelmaa varten HSL teetti katsauksen tavaraliikenteen nykytilasta Uudellamaalla ja Helsingin seudulla [6]. Helsingin seudun liikenteen osalta katsauksen lähtökohtana ovat suuret keskittymät, jotka synnyttävät kuljetustarpeita,

kuten satamat, isot teollisuuslaitokset taikka logistiikka-alueet. Näin ollen katsaus ei juurikaan käsittele jakeluliikennettä, vaan pääpaino on pitkämatkaisessa tavaraliikenteessä. Saman vuoden liikennejärjestelmäsuunnitelman liikenneennustemallin osana on tehty lisäksi kevyt tavaraliikenteen mallinnus ([7], osa B), vaikka sitä ei varsinaisessa ennustemallissa käytettykään.

Vuoden 2015 liikennejärjestelmäsuunnitelmassa tavaraliikenne on valittu yhdeksi painopistealueeksi. HSL on aloittanut pilottihankkeina kenttätutkimuksia satamien ja logistiikka-alueiden tavaraliikenteestä. Ensimmäiseksi toteutettiin 2012 Tuupakan logistiikka-alueella kenttätutkimus [8], jossa tehtiin luokitteleva liikennelaskenta. Ajoneuvot jaettiin kolmeen ryhmään (lyhyet = henkilö- ja pakettiautot, keskipitkät = bussit ja perävaunuttomat kuorma-autot ja pitkät = perävaunulliset kuorma-autot). Laskennassa ei siis saada eroteltua henkilö- ja pakettiautoja toisistaan. Bussit saatiin eroteltua perävaunuttomista kuorma-autoista reitti- ja aikataulutietojen perusteella. Alueella oleva bussivarikko huomioitiin erikseen. Liikennelaskentojen lisäksi toteutettiin paketti- ja kuorma-autokuljettajien tienvarsihaastattelu sekä alueen yritystoimipaikoille kohdistettu kysely. Seuraavana vuonna tehtiin vastaava tutkimus 19 tutkimusalueella, mukana myös Vuosaaren satama, mutta vain viidessä niistä käytettiin kaikkia kolmea tutkimusmenetelmää [9]. Muilla alueilla tehtiin sekä liikennelaskennat että yrityskysely tai vain yrityskysely. Matkustajasatamissa ja Vuosaaren satamassa tehtiin liikennelaskennat ja kuljettajahaastattelut, mutta ei yrityskyselyä. Matkustajasatamien tavaraliikenneselvityksestä on jo julkaistu tutkimusraportti [10]. Tässä työssä hyödynnetään ensi sijassa Tuupakan pilottitutkimusta, ja se esitellään tarkemmin luvussa 5.3.1. Myös tavaraliikennemallia kehitettiin eteenpäin, ja se otettiin liikennemalliin mukaan. Tavaraliikennemallin tavoitteena ei kuitenkaan ole vielä tässä vaiheessa antaa realistista kuvaa esimerkiksi tavaraliikenteen suuntautumisesta, vaan pelkästään arvioida tavaraliikenteen tie- ja katuverkolle luoma kuormitus, jotta henkilöliikennemallia varten voitaisiin arvioida raskaan liikenteen vaikutus matkavastuksiin.

Lisäksi HSL on kokeiluluontoisesti tutkinut mahdollisuuksia selvittää tavaraliikennettä gps-paikannuksen avulla [11]. Pilottihankkeessa joidenkin kuljetusyritysten jakeluautoihin annettiin mukaan gps-paikannuslaite ja lisäksi kuljettajat pitivät ajopäiväkirjaa. Tutkimus sinällään onnistui hyvin, mutta ongelmaksi havaittiin edustavan otoksen saaminen: tutkimuksessa käytetyn SeutuCD 2011:n yritysten toimipaikkarekisterin avulla ei saatu paikallistettua kuljetusyrityksiä halutulla tavalla. Itse pilottitutkimuksessa tämä ei ollut todellinen ongelma, sillä tarkoitus oli vain tavoittaa riittävä määrä ajoneuvoja tutkimukseen. Kannattaa kuitenkin huomata, että kuljetusalan yritysten viralliset toimipaikat kuvaavat huonosti paikkoja, joista käsin toimintaa todellisuudessa harjoitetaan.

3 TAVARALIIKENTEEEN LIKENNETUTKIMUKSISTA

Tavaraliikenteen liikennetutkimuksia tehdään, jotta kunnat ja liikenteestä vastaavat valtion viranomaiset saisivat selkeän kuvan liikenteen tilasta. Tutkittavia asioita ovat mm:

- ajoneuvojen liikennesuoritteet ja käytetyt ajoneuvot,
- tavaraliikenteen matkatuotokset, suuntautumiset ja reitinvalinnat,
- liikenteestä aiheutuvat päästöt, melu ja muut haitat,
- ajoneuvojen lastien sisällöt ja painot,
- tavaravirrat ja toimitusketjut,
- logististen toimintojen sijoittuminen ja niiden sujuvuus,
- logistisen järjestelmän kehittämistarpeet.

Tilannekuvan lisäksi tutkimustietoa tarvitaan mallintamisen pohjaksi. Tilannekuva ja mallinnusten avulla toteutetut ennusteet ovat sitten tarpeen liikennejärjestelmän kehittämiseksi, niin strategisen suunnittelun tasolla kuin konkreettisessa väyläsuunnittelussa.

Liikennetutkimuksia voidaan periaatteessa tehdä monella tavalla. Voidaan ainakin laskea tavaraliikenteen ajoneuvojen määrää liikenneväylillä ja ajoneuvojen suoritteita tai hankkia matkapäiväkirjojen tapaista aineistoa ja tietoa tavaravirroista. Iso periaatteellinen ero on siinä, lasketaanko ajoneuvojen liikennettä vai mitataanko kuljetussuoritteita.

Mahdollisia tutkimusmenetelmiä ([12], sivu 82, mukailtu) ovat ainakin:

- kuljetusyhtiöiden johtajien haastattelut puhelimitse tai henkilökohtaisesti tapaamalla,
- kuljetusten tilaajien haastattelut (sekä lähettäjien että vastaanottajien),
- kuljettajien kenttähaastattelut,
- ryhmäkeskustelut ja työpajat (mm. kuljettajien kanssa),
- kyselytutkimukset, jotka voidaan tehdä posti-, sähköposti- tai internet-kyselyinä kuljetusyhtiöiden johtajille tai kuljettajille,
- kyselytutkimukset kuljetusten tilaajille (sekä lähettäjille että vastaanottajille),
- matkustaminen kuljettajien mukana,
- pysäköinnin ja tavaranelastuksen sekä -purun tarkkailu,
- pysäköinti- ja tavaranelastus- sekä purkuinfrastruktuurin inventointi,
- liikennelaskennat,
- datan kerääminen uutta teknologiaa hyödyntäen:
 - satelliittipaikannuksen hyödyntäminen,

- liikennekameroiden hyödyntäminen (myös ajoneuvojen reittien havainnointi hyödyntämällä automaattista rekisterinumeron tunnistusta),
- liikkuvien ajoneuvojen akselipainojen mittaus liikenteessä,
- kuljetusyritysten omien datavarantojen hyödyntäminen:
 - ajoneuvojen seurantatiedot,
 - työaikaseuranta,
 - sähköiset rahtikirjat ja rfid-seuranta.

Eri tutkimusmenetelmät luonnollisestikin soveltuvat eri tutkimustarpeisiin. On syytä myös huomata, että eri menetelmien käyttökelpoisuus voi vaihdella paljonkin tilanteesta riippuen. Esimerkiksi työpajat ja haastattelut ovat mahdollisia vain, jos osallistujat ovat valmiita niihin osallistumaan. Onnistuminen vaatii siis sitä, että osallistujat ovat motivoituneita: tutkimushanke voi olla yhdistetty esimerkiksi isompaan ohjelmaan, jonka tavoitteena on logistisen ympäristön kehittäminen, jolloin osallistujat kokevat mukanaolon suoraan hyödyttävän myös heitä. Moni tutkimusmenetelmä ylipäätään vaatii kuljetusyritysten osallistumista tai vähintäänkin niiltä lupaa tutkimuksen tekemiseen.

Tämän luvun loppupuolella käsitellään myös tällä hetkellä käytettyjä kaupunkien tavaraliikenteen mallinnuksia.

3.1 Liikennetutkimusten nykytilanne Suomessa

Tällä hetkellä tavaraliikennettä Suomessa mitataan säännöllisesti lähinnä kahdella tavalla: liikennelaskentojen yhteydessä maanteilla ja kaduilla lasketaan erikseen raskaat ajoneuvot ja kyselytutkimuksin kerätään tilastoaineistoa tavaraliikenteestä, lähinnä kuljetetuista tonnimääristä. Lisäksi tehdään yksittäisiä tutkimuksia ja selvityksiä, joiden yhteydessä on tehty haastatteluja, kyselytutkimuksia ja työpajoja.

Liikennelaskennoissa voidaan erottaa raskaat ajoneuvot henkilöautoista. Tällä tavalla saadaan tietoa siitä, kuinka paljon raskasta liikennettä tieverkolla kulkee. Näillä laskennoilla ei kuitenkaan saada selville raskaan liikenteen lähtöpaikkoja ja määränpäitä. Myöskään liikennetietoja ei voida yhdistää yleisiin tavaraliikenteen tilastoihin, joten laskettua liikennettä ei saada kiinnitettyä kuljetusketjuihin. Pakettiautoilla tapahtuvia tavarakuljetuksia ei saada lainkaan laskettua, sillä automaattisissa liikennelaskelmissa raskaat ajoneuvot tunnistetaan niiden pituuden perusteella: pakettiautot tulevat lasketuiksi henkilöautoiksi. Valtion tieverkolta laskentatietoja on kattavasti saatavilla ja myös pitemmiltä aikaväleiltä. Kuntien osalta liikennelaskentatietoa on saatavilla satunnaisemmin. Lähinnä suurimmat kaupungit laskevat liikennettään säännöllisesti.

Tavaraliikenteen tilastoja julkaisee muun muassa Tilastokeskus (esimerkiksi Tieliikenteen tavarakuljetukset [13]). Tilastoissa seurataan lähinnä yleisiä indikaattoreita, kuten tonnikilometrejä, tyhjänä ajoa, energian kulutusta yms. koko Suomen mitassa.

Tilastot kerätään matkapäiväkirjoista, jotka kerätään satunnaisotannalla kaikista kuorma-autoiksi rekisteröidyistä ajoneuvoista.

Yksittäisistä tutkimuksista ja raporteista voisi nostaa esille erilaiset alueelliset logistiikkaselvitykset, kuten vaikka liikenne- ja viestintäministeriön tilaamat selvitykset, kuten esimerkiksi vuoden 2014 selvitys [14], ja alueelliset selvitykset, kuten esimerkiksi Pohjanmaan maankäyttö-, liikenne- ja logistiikkaselvitys [15].

Lisäksi monet tahot, kuten Trafi, keräävät omia tietokantojaan. Nämä tiedot ovat yhä enemmän vapaasti käytettävissä. Näitä hyödyntämällä voidaan tulevaisuudessa saada paljon käyttökelpoista raakadataa. Esimerkiksi tutkimusten otosten hankinta voi helpottua, kun Trafin ajoneuvorekisteristä voidaan poimia eri tyyppiset ajoneuvot hyvinkin tarkasti.

3.2 HSL:n mittaustarpeita

Yleensä HSL:n tai kaupunkien liikennesuunnittelun tapaisten toimijoiden mielenkiinnon kohteena ovat ensi sijassa ajoneuvot ja se, miten ne liikkuvat: tehdyt matkat, niiden pituudet, suuntautuminen yms. Se johtuu siitä, että tällaisen tiedon avulla saadaan arvioitua esimerkiksi tieverkon ruuhkautumisesta tai tarvetta uusille liikenneväylille, eli nämä ovat olennaista lähtötietoa julkisen liikenneinfrastruktuurin suunnittelussa. Tehtyjen matkojen taustalla tavaraliikenteessä on kuitenkin aina kuljetustarve, ja muutokset niissä näin ollen vaikuttavat syntyviin tavaraliikenteen matkoihin. Siksi on tarpeen seurata jossain määrin myös tavaravirtoja, kuljetusketjuja, jotta muutokset tavaraliikenteen matkatuotoksissa pystyttäisiin ennakoimaan.

Jos tyydytään vain seuraamaan tilannetta, liikennelaskennat antavat tarvittavat tiedot. Normaalistikin tehtäviä laskentoja täydennetään tarvittaessa lisälaskennoin, esimerkiksi teollisuusalueilla, satamissa ja keskeisillä logistiikka-alueilla, joihin olisi hyvä ottaa mukaan myös taukopaikat ja raskaan kaluston huolto tarjoavien yritysten keskittymät. Nykyisillä automaattisilla laskentamenetelmillä ei pystytä erottelemaan pakettiautoja henkilöautoista. Kun merkittävä osa tavarakuljetuksista kaupungeissa tapahtuu pakettiautoilla, tässä on selkein puute nyt saatavassa tavaraliikenteen tilannekuvassa.

Jos pelkän tilannekuvan lisäksi halutaan ennustaa tavaraliikennettä, tarvitaan tietoa myös matkatuotosten ja matkojen suuntautumisten mallintamiseksi. Eri maankäyttöön liittyvistä matkatuotoksista on olemassa jonkinlaista tietoa, jota on koottu esimerkiksi ympäristöministeriön julkaisemaan suunnitteluohjeeseen liikennetarpeen arvioimiseksi [3]. On kuitenkin syytä havaita, että tavaraliikenteen matkatuotokset esimerkiksi kerrosneliötä tai toimipaikkaa kohden vaihtelevat paljon enemmän kuin henkilöliikenteessä. Ihmiset kuitenkin keskimäärin kulkevat tietyn määrän matkoja päivässä, ja ne jakaantuvat loogisesti eri tyyppisiin, kuten asiointiin, työssäkäyntiin ja vastaaviin, joiden määrissä tapahtuu muutoksia vain hyvin hitaasti ajan myötä. Tavaraliikenteen kuljetusmääriin taas vaikuttavat paljon taloudellinen yleistilanne,

muutokset logistisissa järjestelmissä tai tuontantotavoissa. Näihin muutoksiin ei pääse käsiksi pelkästään seuraamalla muutoksia maankäytössä, kuten teollisuuslaitosten tai kauppojen sijainneissa. Tavaraliikenteen matkatuotosten muutoksia maankäyttöyksikköä kohden on siis seurattava tavalla tai toisella. Tosin varsinaisessa jakeluliikenteessä matkatuotokset vaihtelevat paljon vähemmän, sillä esimerkiksi elintarvikekauppa tai postitoimisto vaativat tasaisen toimitusfrekvenssin: toimipisteessä on käytävä säännöllisesti riippumatta siitä, onko toimitettavaa tavaraa paljon vai vähän.

Matkojen suuntautumisen selvittäminen vaatii matkapäiväkirjan tapaisten aineiston keräämistä varsinkin jakeluliikenteestä. Tällaista tietoa ei tällä hetkellä ole Helsingin seudun osalta juurikaan saatavilla. Vasta aivan viime vuosina seudulla on tehty joitain kenttätutkimuksia, joiden kuljettajahaastatteluita tällaista tietoa on saatavissa. Tosin suurempien teollisuuslaitosten kohdalla tavaraliikennematkojen suuntautuminen voitaneen osin myös arvioida toimitusketjujen avulla, sillä teollisuuden raaka-aineiden ja välituotteiden mahdollisia vastaanottajia on usein vain muutamia. Esimerkiksi poltettavaa biomassaa voidaan toimittaa vain voimalaitoksille, sellua paperitehtaille ja niin edelleen.

Pitkämatkaisen tavaraliikenteen ja teollisuuden kuljetusten seuraamiseksi pitäisi siis olla tietoa myös tavaravirroista ja niiden taustalla olevista toimitusketjuista. Tietoa tulisi olla ainakin seuraavista asioista:

- satamien kautta kulkevat tavaramäärät (nykytila ja ennuste),
- muu Helsingin seudun läpi kulkeva tavaraliikenne (nykytila ja ennuste),
- Helsingin seudulla sijaitsevat pitkämatkan liikennettä palvelevat muut logistiikkakeskukset ja käsitys siitä, kuinka näiden sijainnit ovat muuttumassa
- yleiskuva Helsingin seudun teollisuuden toimitusketjuista (nykytila ja ennuste),
- Helsingin seudulle kulutukseen tulevien tavaroiden määrät ja mistä niitä seudulle kuljetetaan lähtömaakunnan tai tuontisataman tarkkuudella (nykytila ja ennuste),
- pitkämatkaisen tavaraliikenteen käytössä olevat kuljetusmahdollisuudet, kuten rautatieyhteydet.

Näiden tietojen perusteella pystytään arvioimaan seudun läpi kulkevat tavaravirrat ja sopivia mallinnusmetelmiä käyttäen muuntamaan nämä ajoneuvoliikenteeksi. Näitä tietoja on jo nykyiselläänkin kohtuudella saatavissa:

- Satamien liikennemäärät selviävät satamien tilastoista, ja lisäksi HSL:llä on tutkimusaineistoja satamien ajoneuvoliikenteestä.
- Tieliikenteen tavarankuljetustilastoista selviävät tavaravirrat maakuntien välillä.
- Logistiikkakeskusten sijainteja on selvitetty ESLogC -projektin yhteydessä [4].

Tämän jälkeen on HSL:n omissa liikennemalleissa tarpeen vielä sijoittaa nämä liikennevirrat tie- ja katuverkolle. Pitkämatkaisen tavaraliikenteen mallintamiseen liittyviä kysymyksiä käsitellään tarkemmin luvussa 6.

3.3 Ehdotuksia uusiksi mittaus- ja tutkimusmenetelmiksi ja vanhojen parantamiseksi

Edellisessä luvussa määriteltyjen mittaustarpeiden täyttämiseksi työn tekijä ehdottaa kolmea eri kehittämismahdollisuutta:

- uusia menetelmiä automaattiseen liikennelaskentaan,
- matkapäiväkirjatyypin aineiston keräämistä tavaraliikenteen ajoneuvojen matkoista satelliittipaikannusta hyödyntäen,
- logistisen yleistilanteen säännöllistä seuraamista Etelä-Suomessa.

Perinteisten liikennelaskentojen tarkkuutta voidaan parantaa uudella tekniikalla. Laskennassa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi tienvarsikameroita, joiden kuvasta ohjelmallisesti laskettaisiin ohikulkevat ajoneuvot. Videokuvaa käyttäen ajoneuvot voitaisiin luokitella nykyistä selvästi paremmin. Mahdollista voisi olla myös käyttää automaattisten laskinten yhteydessä akselipainomittareita ja tunnistaa eri ajoneuvot nykyistä tarkemmin tällä tavalla. Nykyiset akselipainomittarit voidaan sijoittaa suoraan tielle, ja mittari tekee mittauksen vauhdissa (Esimerkiksi artikkeli [16], sivu 66). Samalla saataisiin tietoa myös tyhjiä ajoneuvojen osuudesta liikenteessä. Uudet menetelmät eivät välttämättä ole vielä kovin halpoja, mutta toisaalta riittävää olisi jo se, että osasta laskentoja saataisiin nykyistä tarkempia tietoja: tämän pohjalta voitaisiin määrittää pakettiautojen, tyhjiä kuorma-autojen yms. keskimääräinen osuus liikennevirrasta ja tämän avulla arvioida nämä määrät niissä laskennoissa, joissa käytetään tavallista automaattilaskinta. Laskentatekniikka kehittyi koko ajan tullen luotettavammaksi ja halvemmaksi, joten nyt hyötysuhteeltaan liian huonot laskentamenetelmät voivat olla käyttökelpoisia jo muutaman vuoden päästä.

Selvästi lupaavin menetelmä on kuitenkin laskennat videokuvan avulla, sillä toisaalta liikennettä seurataan jo nyt paljon videokameroin, ja kameroita voidaan asentaa yhteistyössä myös muiden videoseurantaan tarvitsevien tahojen, kuten liikenteenohjauskeskusten, kanssa. Videokuva on myös monikäyttöinen, kun siitä voidaan selvittää muitakin asioita, kuten vaikka laskea kevyttä liikennettä, tai seurata esimerkiksi liikennekäyttäytymistä.

Akselipainomittauksia on Suomessa jo tehtykin, kun 1990-luvun alkupuolella rakennettiin päteille 12 kiinteän mittapisteen verkosto, mutta niiden mittalaitteet havaittiin epäluotettaviksi suomalaisissa olosuhteissa ja niiden ylläpito kalliiksi saatuun hyötyyn nähden. Akselipainojen mittaaminen pelkästään ajoneuvojen luokitteluksi on tuskin järkevää, mutta saatu tieto voi olla kiinnostavaa myös tienpitäjälle, joka saa täsmällistä tietoa esimerkiksi siltojen kuormituksista. Menetelmä voi siis olla käyttökelpoinen niillä paikoin, missä tiedot akselipainoista olisivat muutenkin hyödynnettävissä kuin vain liikennelaskennoissa.

HSL on jo tehnyt pilottitutkimuksen, jossa ajoneuvojen liikettä seurattiin satelliittipaikannuksen avulla. (Katso luku 2.3) Tekniikan kanssa ei tutkimusta tehdessä ollut ongelmia, vaan ne liittyivät otoksen hankintaan. Voidaan siis päätellä, että tekniikka on kypsä korvaamaan matkapäiväkirjat gps-seurannalla. Seuranta voidaan toteuttaa laittamalla ajoneuvon mukaan seurantalaite, asentamalla kuljettajan älypuhelimelle tai tablettiin ohjelmisto, joka seuraa ajoneuvon reittiä ja johon voidaan syöttää muitakin tietoja, tai voidaan pyytää kuljetusyritykseltä suoraan tiedot halutun ajoneuvon liikkeistä, jos yrityksellä on käytössään oma seurantajärjestelmä. Otoksen hankinta voisi perustua ajoneuvorekisteriin, josta pohjaksi otettaisiin esimerkiksi Helsingin seudulle rekisteröidyt tavarakuljetuksiin soveltuvat ajoneuvot. Tällä tavalla otoksesta saataisiin kattavampi kuin aiemmin tehdyssä pilotissa. Sitä paitsi kun kuljetusyrityksiltä kysyttäisiin vain muutamien sen ajoneuvojen liikkeistä, osallistumishalukkuus todennäköisesti nousisi, sillä näillä tiedoilla ei vielä voi saada ylesikuvaa yrityksen liiketoiminnasta. Jos yritys seuraa ajoneuvojansa, osallistumisesta ei yritykselle koidu juuri lainkaan vaivaa: riittää vain lähettää pyydetyn ajoneuvon reitti ja muut pyydetty tiedot kysytyltä aikaväliltä. Tutkimuksen tekemisen ongelmaksi tosin jäävät erilaiset formaatit, koska kuljetusyritykset käyttävät eri toimittajien järjestelmiä ajoneuvojensa seuraamiseen. Mahdollisen pilotoinnin yhteydessä selviää, kuinka paljon lisätyötä formaattien erilaisuudesta seuraisi.

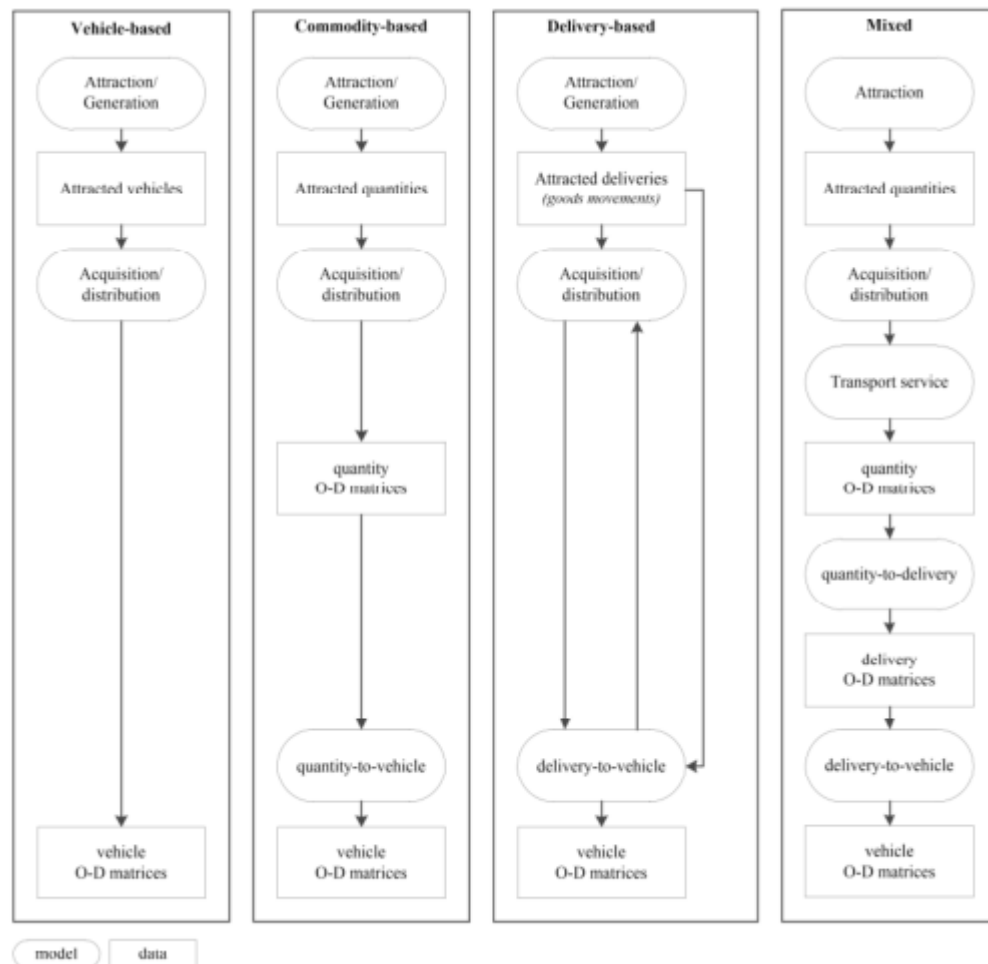
Pitkämatkaisempi liikenne ja teollisuuden kuljetukset vaativat seuraamaan myös tavaravirtoja ja toimitusketjuja pelkkien tieliikenteen ajoneuvomäärien lisäksi, jotta asianmukainen tilannekuva saataisiin muodostettua ja matkatuotokset arvioitua. Tällaista tietoa saa parhaiten logistiikkaselvityksistä. HSL ja muut Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman tekoon osallistuvat tahot voisivat harkita osallistumista tällaisten säännölliseen tilaamiseen yhdessä muiden logistiikan tilasta kiinnostuneiden toimijoiden kanssa esimerkiksi Etelä-Suomen osalta. Olemalla tilaajien joukossa varmistettaisiin, että selvityksen avulla saadaan myös Helsingin seudun liikennejärjestelmätyössä tarvittava tieto.

3.4 Kaupunkien tavaraliikenteen mallintamisen nykytila

Toisin kuin henkilöliikenteessä tavaraliikenteessä sen mallintamisen menetelmät eivät ole vakiintuneet. Osin syynä on se, että käytetyt menetelmät ovat nuorempia eikä tavaraliikenteen mittauksia kaupungeissa ole tehty kovin pitkään, joten mallinnukset ovat vielä enemmän akateemisten tutkijoiden kilpailevia ehdotuksia kuin käytännön työhön vakiintuneita menetelmiä.² Mutta osin tilanne johtuu myös itse mallinnettavan asian luonteesta. Henkilöliikenteen valtaosa on päivittäin toistuvia matkoja, joiden taustalla on hyvin muuttumattomana pysyvä ihmisten liikkumiskäyttäytymisen ydin:

2 Italialaisessa review-artikkelissa vuodelta 2012 [17] viitataan useampaan kymmeneen eri artikkeliin, joissa esitetään vaihtoehtoisia tapoja mallintaa kaupunkien tavaraliikennettä tai se osia, ja lähes kaikki artikkelit ovat korkeintaan kymmenen vuotta vanhoja.

muutammat matkat, jotka ovat tarpeen työssäkäynnin, asioinnin ja rentoutumisen takia. Tämä käyttäytymisen muuttumaton ydin on luultavasti jopa biologista perää. (Katso esim. Marchettin artikkeli *Antropological Invariants in Travel Behaviour*. [18]) Tavaraliikenteen matkat eivät vastaavalla tavalla perustu johonkin muuttumattomaan helposti kuvattavaan käyttäytymiseen, vaan tavaraliikenne on kiinteä osa logistista kokonaisuutta, joten muutokset logistisissa konsepteissa vaikuttavat myös tavaraliikenteen matkoihin. Tästä seuraa, että mallintamisessa on otettava huomioon itse ajoneuvoliikenteen lisäksi tavalla tai toisella liikenteen taustalla olevat kuljetustarpeet, mahdollisesti myös maankäytöllisiä seikkoja, kuten terminaalien sijoittuminen tai kaupan sekä teollisuuden sijoittuminen, tai sitten on tyydyttävä siihen, että mallinnukset ovat käyttökelpoisia vain sillä ehdolla, että tavaraliikenteen taustalla olevassa logistisessa järjestelmässä ei tapahdu merkittäviä muutoksia. Näin ollen eri tilanteissa voi olla tarkoituksenmukaista käyttää hyvinkin erityyppisiä malleja mallintamisen tarpeista riippuen.



Kuva 3: Vaihtoehtoisia mallintamisjärjestelmiä. ([17], kuva 2)

Voidaan siis mallintaa pelkkä ajoneuvoliikenne tai lisätä malliin useampia askeleita, kuten tavaravirtojen mallinnus, tavaraliikenteen terminaalien sijoittelua tai toimitusten

yhdistelyä jakeluliikenteen reiteiksi. Vuonna 2012 julkaistussa review-artikkelissa [17] mallintamisen kokonaisuudet oli ryhmitelty seuraavasti (kuva 3):

- ajoneuvoperusteiset mallinnukset,
- tavaravirtaperusteiset mallinnukset,
- toimitusperusteiset mallinnukset,
- sekamallit, joita valitettavasti ei artikkelissa käsitelty yksityiskohtaisemmin.

Ajoneuvoperusteisessa mallinnuksessa sivuutetaan liikenteen taustalla olevat tavaravirrat tai toimitukset, ja ennustealueiden matkatuotokset ja matkojen kysyntä pyritään johtamaan suoraan osa-alueiden tiedoista, kuten väestön ja työpaikkojen määristä sekä muista sosioekonomisista tekijöistä ja toiminnoista ennustealueilla. Matkatuotokset voidaan laskea erikseen eri ajoneuvotyypeille, kuten pakettiautoille ja kuorma-autoille. Itse matkat voidaan sen jälkeen mallintaa esimerkiksi tavanomaisella gravitaatiomallilla.

Etuna tässä lähestymistavassa on helppo kalibroituavuus ja validointi, sillä ajoneuvoliikennettä lasketaan jo nykyisellään rutiininomaisesti ja mallintamisessa käytetään samaa aineistoa kuin henkilöliikennettä mallinnettaessa. Valitettavasti tällä tavalla eri kaupunkeihin kalibroidut mallit ovat osoittautuneet muihin kaupunkeihin tai konteksteihin huonosti soveltuviksi. Voidaan siis arvioida, että tällaisten mallinnusten ennustavuus on heikko, jos logistinen järjestelmä liikenteen taustalla ei pysy muuttumattomana.

Tavaravirtaperusteisessa mallinnuksessa toimitaan muuten samoin kuin ajoneuvoperusteisissa, mutta matkojen sijaan mallinnetaan tavaramäärien kysyntä ja tarjonta ennustealueittain ja tämän perusteella niiden virrat ennustealueiden välillä. Tavaravirrat muunnetaan tämän jälkeen ajoneuvmatkoiksi. Tällaista lähestymistapaa käytetään paljon pitkämatkaisen tavaraliikenteen mallintamisessa, kuten vaikka luvussa 6.1 esiteltävässä Fribee-mallissa. Lähestymistavan haasteena kaupunkien mittakaavassa on tavaratuotosten määrittäminen, sillä lähtöpaikkoina ovat tyypillisesti jakeluterminaalit, joiden läpi kulkevista tavaravirroista on vaikea saada tarkkaa tietoa, eikä välttämättä ole teoreettisestikaan helppoa arvioida, mitkä tekijät tätä läpivirtausta määrittävät. Osana tätä lähestymistapaa pitäisi oikeastaan olla myös malli kuljetusmuodon valinnasta, mutta tällaisia malleja on kaupunkiliikenteelle kehitetty kovin vähän. Käytännössä valinta tapahtuu eri kokoluokan kuorma-autojen ja pakettiautojen välillä.

Tavaraperusteisen mallintamisen menetelmät ovat vakiintuneet, mutta koko kuvassa 3 (kohta ”commodity based”) esiteltyä prosessia kokonaisuudessaan on käytetty vain harvoin. Ilmeisesti ei ole ongelmattomasti kuvata tällä tavalla koko kaupunkilogistiikan kokonaisuutta, mutta lähestymistapa on kuitenkin käyttökelpoinen silloin, kun mielenkiinnon kohteena on vain jokin järjestelmän osa.

Toimitusperusteisessa mallinnuksena lähtökohtana ovat logistiikkapalvelut, kuten toimituskerta asiakkaalle. Hyvänä puolena tässä lähestymistavassa on, että varsinkin

kaupunkilogistiikassa kuljetusten järjestely ei niinkään riipu kuljetettavien tavaroiden tarkoista määristä vaan esimerkiksi asiakkaiden kanssa sovituista toimitusväleistä tai toimittajan käyttämästä logistiikkakonseptista. Käytetty ajoneuvo huomioidaan jo tuotoksia laskiessa, eli kullekin ennustealueelle mallinnetaan erikseen toimitukset erityyppisillä ajoneuvoilla, ja yleensäkin erilaiset kuljetuspalvelut on eriytetty toisistaan. Ongelmaksi jää tietenkin kalibroinnin ja validoinnin vaatiman aineiston hankinta, sillä toimituksia voi olla tarpeen jakaa jopa useampiin kymmeneen eri alalajeihin.

Kyseisiä malleja on kehitetty ainakin Ranskassa, jossa on rakennettu FRETUB-niminen toimituspohjainen kaupunkien tavaraliikennemalli, jota on sovellettu jo noin 20 ranskalaiseen kaupunkiseutuun [19]. Mallin kehittämisen on mahdollistanut Bordeaux'ssa ja Marseille'ssa tehdyt yksityiskohtaiset tavaraliikennetutkimukset. Mallin rakentamisen keskeinen tavoite on ollut sellaisen työkalun luominen, jolla voitaisiin arvioida kaupunkien liikennepoliittisten toimien vaikutuksia liikenteeseen. Valitettavasti tämä malli ei ole ainakaan vielä 2014 niin valmis, että se olisi jo toimiva ennustetyökalu.

Kaikissa lähestymistavoissa on ongelmana yksittäisten matka- tai toimitustarpeiden yhdistäminen tavaraliikenteen ajoneuvojen reiteiksi. Varsinkin jakeluliikenteessä tyypillisesti reitti koostuu hyvinkin noin kymmenestä tai useasta kymmenestä yksittäisestä matkasta taikka vaihtoehtoisesti toimituksesta.

Lähteenä käytetyn review-artikkelin johtopäätelmä on, että tällä hetkellä käyttökelpoisimmat mallinnusmenetelmät ovat ajoneuvopohjaisia, mutta näiden ongelmana on, että niiden avulla ei voida mallintaa, mitä muutoksia liikenteessä tapahtuu, kun logistisessa järjestelmässä tapahtuu muutoksia. Tämä ongelma tosin ei ole niin paha, kun muistaa, että jakeluliiketeen käytännöt ovat melko vakiintuneita, koska ei ole olemassa kuin vain muutamia yleisesti käytettyjä tapoja ratkaista niin sanottu viimeisen mailin ongelma. Rewiev-artikkelin arvion taustana on Keski-Euroopan tilanne, jossa varsinkin kaupunkien keskusta-alueella jakeluliikenteen koetaan aiheuttavan huomattavaa haittaa ja jota pyritään vähentämään uusilla liikennepoliittisilla keinoilla, joista osa on hyvinkin radikaaleja. (Katso esimerkiksi EU:n Turblog-projekti [12].) Luonnollisestikin juuri tässä vaiheessa mallinnukset olisivat eniten tarpeen, jotta liikennepoliittisten keinojen vaikutuksia voitaisiin etukäteen arvioida. Artikkelissa arvioidaan pidemmällä aikavälillä lupaavimmaksi lähestymistavaksi toimitusperusteisen mallintamisen, jonka parissa tällä hetkellä tehdäänkin paljon työtä.

4 MAANKÄYTÖN MALLINTAMINEN

Tässä luvussa käsitellään maankäytön mallintamisen periaatteet tämän työn kannalta tarpeellisessa laajuudessa. Seuraavassa luvussa esitellään yksinkertainen malli tavaraliikenteen terminaalien sijoittumisesta ja arvioidaan mallin toimivuutta Helsingin seudulla.

4.1 Maankäytön mallintamisen lähtökohdat

Mallinnukset perustuvat aina yksinkertaistettuun malliin todellisuudesta, joka on toisaalta niin yksinkertainen, että sen toiminta voidaan laskea, mutta joka sisältää silti olennaisimmat osat kuvattavan ilmiön käyttäytymisestä. Malli koostuu elementeistä, niiden ominaisuuksista, niiden välisistä suhteista eli relaatioista, elementtien mahdollisista tiloista eli faasiavaruudesta sekä säännöistä, joiden perusteella malli joko antaa lähtötilanteen pohjalta uuden tasapainotilan (staattinen malli) tai annettua ajanhetkeä vastaten mallin senhetkisen tilan (dynaaminen malli). Esimerkiksi Newtonin mekaniikan mukaisessa dynaamisessa aurinkokuntamallissa

- elementtejä ovat taivaankappaleet ja avaruus,
- kappaleilla on ominaisuutena massa ja nopeus,
- relaationa on kappaleen sijainti avaruudessa,
- faasiavaruus koostuu kappaleiden kaikista mahdollisista sijainneista avaruudessa ja näiden nopeuksista,
- sääntöinä ovat Newtonin mekaniikan gravitaatiolait, jotka määrittävät yksiselitteisesti, kuinka malli annetusta lähtötilasta käyttäytyy ajan kuluessa.

Edellä luetellut mallin osien katsotaan sitten vastaavan havaittua todellisuutta.

Maankäytön mallintamisessa täytyy aluksi määrittää mallin elementit. Lähtökohtana ovat maankäyttöalkiot, esimerkiksi rakennukset, jotka sijaitsevat jossain tilassa, kuten tonteilla. Näin saadaan kaksi elementtilajia: maankäyttöalkiot ja maankäytön sijainnit. Mallinnuksen tarkkuudesta riippuen sijainnit voivat olla tontteja paljon karkeampiakin, kuten kokonaisia kaupunginosia, ja maankäyttöalkiot abstraktimpeja, kuten esimerkiksi työpaikkojen ja asuntojen lukumääriä. Kolmantena elementtilajina tarvitaan maankäytön sijaintien välinen vuorovaikutusmahdollisuus. Tyypillistä maankäytön alkioille on, että näiden täytyy olla säännöllisessä vuorovaikutuksessa toisten alkioiden kanssa: kauppa tarvitsee asiakkaansa, työntekijät käyvät töissä, koululaiset koulussa, tehtaalle täytyy toimittaa raaka-aineita ja valmiit tuotteet toimittaa eteenpäin. Käytännössä tämä tarkoittaa liikennettä: ihmisten, tavaroiden tai informaation. Siksi maankäytön malliin tulee aina sisältyä liikenneverkko, joskaan ei välttämättä kovin yksityiskohtaisesti kuvattuna.

Maankäyttöalkioiden ominaisuudet vaihtelevat mallinnustarpeen mukaan. Maankäyttöalkion ominaisuuksiin voi kuulua esimerkiksi luokittelu toimintojen

mukaan, perustyyppeinä asuminen, kauppa, työpaikka, teollisuus. Lisäksi tarvitaan tieto maankäytön intensiteetistä, esimerkiksi käytetty kerros-pinta-ala toiminnoittain, asukasluku, työntekijämäärä yms. Ei ole olemassa mitään selvää rajaa, milloin luokittelu toiminnoittain olisi riittävän tarkka, vaan se jää riippumaan toisaalta mallinnuksen tavoitteista, toisaalta saatavilla olevan empiirisen datan tarkkuudesta ja laskentamahdollisuuksista. Sijainnin ominaisuutena taas on, kuinka paljon ja millaisia maankäytön alkioita sijainnissa voi olla. Liikenneverkon ominaisuuksiin kuuluu matkavastus ja kapasiteetti tavalla tai toisella ilmaistuna, esimerkiksi matka-aikoina.

Mallin relaatiot ovat yksinkertaisia: maankäyttöalkiot sijaitsevat jossain sijainnissa ja sijainnit taas jossain kohtaa liikenneverkkoa. Myös faasiavaruus on yksinkertaisesti kaikkien mahdollisten maankäyttöalkioiden sijaintien yhdistelmät.

Seuraavassa alaluvussa esitellään tarkemmin yhtä mahdollista sääntöjärjestelmää, eli maankäytön gravitaatiomallia. Yleisemmällä tasolla mahdollisia sääntöjärjestelmiä ei tämän työn puitteissa käsitellä. Todetaan kuitenkin vielä, että maankäyttö mukautuu muuttuneisiin olosuhteisiin hitaasti ja sitä paitsi muutokset aikaansaavat uusia muutoksia, joten maankäyttömallien halutaan usein olevan dynaamisia. Maankäytön mallintamisen teoreettista taustaa esittelee perusteellisemmin esimerkiksi Alan Wilsonin kirjan [20] luku 2.1.

4.2 Gravitaatiomalli maankäytön mallintamisessa

Tässä työssä ei käsitellä maankäytön mallintamista millään muotoa kattavasti. Tarkoitus on vain rakentaa hyvin yksinkertainen jakeluliikenteen terminaalien sijoittumista selittävä malli. Tähän tarkoitukseen riittää maankäytön gravitaatiomallien osalta pelkästään niiden perusajatuksen esittäminen. Gravitaatiomalleja kutsutaan joskus myös Lowry-tyyppisiksi malleiksi, sillä ensimmäinen laajamittainen gravitaatioperiaatteeseen pohjautuvan mallinnuksen teki I. S. Lowry Pittsburgin alueesta 1960-luvun puolivälissä [21].

Muutoksia maankäytössä tapahtuu, kun eri toimijat: asukkaat, yritykset, viranomaiset, sijoittavat toimintojaan kaupunkiin. Sijoittumista hallitsevat kolme perusasiaa:

1. liikenteellisesti mahdollisimman edullinen sijainti,
2. tarkoituksenmukaisten tilojen saatavuus,
3. kilpailu muiden toimintojen kanssa.

Näiden pohjalta voidaan rakentaa malliin säännöt, joiden perusteella maankäyttö muuttuu.

4.2.1 Sijainti

Sijainti on luonnollisesti edullisin silloin, kun toiminnon kannalta oleellisia kohteita on mahdollisimman lähellä toiminnan sijaintia. Esimerkiksi ruokakaupan tapauksessa maksukykyisiä asiakkaita ja lounaspaikan kohdalla lounaalla käyviä työntekijöitä

muista yrityksistä. Sijainnin houkuttelevuudelle voidaan johtaa loogisesti kaava, jos lähtökohdaksi otetaan liikenteen gravitaatiomalli. Yleisesti sijainnin voi katsoa olevan sitä parempi, mitä enemmän sama toiminto valitussa sijainnissa houkuttelee matkoja puoleensa. Jos käytetään tavanomaista liikennemallia, joissa tutkittava alue on jaettu soluihin ja liikenne mallinnetaan näiden välille, yhteen soluun i tulevien matkojen määrä m_i saadaan kaavasta

$$m_i = \sum_{j \in J} m_{ij} = \sum_{j \in J} \frac{M_i M_j}{w_{ij}}, \quad (1)$$

jossa m_{ij} on solujen i ja j välinen liikenne, w_{ij} solujen i ja j välinen liikkumisvastus, M_i on solun i merkittävyys matkan päämääränä, esimerkiksi työpaikkojen määrä solussa i , jos mallinnetaan työpaikkaliikennettä, ja M_j solun j merkittävyys matkojen lähtöpaikkana. Erilaiset kalibraatio- tai regressiokertoimet on jätetty kaavasta pois.

Edellisen perusteella voidaan johtaa solun i houkuttelevuus, merkitään u , jonkin toiminnon sijaintipaikkana kaavasta (1) jakamalla liikenne m_{ij} solun i merkittävyydellä matkakohteena M_i , jolloin saadaan:

$$u_i = \sum_{j \in J} \frac{M_j}{w_j}. \quad (2)$$

Eli kaava kertoo, kuinka paljon liikennettä soluun tulee kutakin maakäyttöyksikköä kohden, ja sen siis ajatellaan vastaavaan solun houkuttelevuutta sijaintipaikkana. Houkuttelevuus u näin määriteltynä on analoginen Newtonin mekaniikan gravitaatiokentän eli -potentiaalimäärittelyn kanssa.

Solujen merkittävyys matkakohteena M sekä matkavastus w vaihtelevat luonnollisesti huomattavastikin riippuen, mitä maankäytön toimintoa kulloinkin tarkastellaan.

4.2.2 Tilan saatavuus

Maankäyttö vie aina tilaa, ja siksi mihinkään soluun ei voi sijoittua mitään toimintoa mielivaltaisen paljon. Tarkoituksenmukaisten tilojen saatavuus tulee ottaa huomioon lisäämällä solu- ja toimintokohtainen tekijä a_i kaavan (2) eteen, joka on sitä suurempi, mitä enemmän soluun voi toimintoa sijoittua, eli

$$u_i = a_i \sum_{j \in J} \frac{M_j}{w_j}. \quad (3)$$

Tekijä a voidaan tuoda malliin monellakin tapaa riippuen siitä, mitä kaikkia ilmiöitä halutaan mallintaa. Yksinkertaisimmillaan mallinnettaessa esimerkiksi vain yhtä maankäytön lajia kerroin a saadaan vapaana olevasta asemakaavassa toiminnolle osoitetusta kerrosneliömäärästä sopivasti kalibroituina. Tällöin ei tietenkään voida mallintaa maankäytön tehokkuuden muutoksia tai käyttötarkoitusten muutoksia laajassa mitassa.

Tapauksessa, jossa halutaan mallintaa kaikkea kaupungin maankäyttöä, kerroin a voi olla esimerkiksi kääntäen riippuvainen solun aluetehokkuudesta. Oletetaan siis, mitä tiivimmin solu on rakennettu, sitä vaikeampaa on sijoittaa sinne uusia toimintoja, mutta mitään absoluuttista rajaa maankäytön tehostumiselle ei anneta.

4.2.3 Kilpailu muiden toimintojen kanssa

Jos mallinnetaan useampia maankäyttölajeja, on otettava huomioon näiden keskinäinen kilpailu vapaasta tilasta. Se voidaan tehdä seuraavasti: kullekin toiminnolle lasketaan erikseen, kuinka houkutteleva solu on juuri tämän toiminnon kannalta, ja näiden perusteella määritellään kunkin toiminnon suhteellinen osuus solun koko maankäytöstä, mikä voidaan tehdä esimerkiksi logittimallilla tai Kirchhoffin lakien analogiana. Jälkimmäistä lakia käytetään, kun lasketaan sähkövirran jakautuminen rinnakkain kytkettyjen vastusten muodostamassa virtapiirissä. Yksinkertaisempi vaihtoehto on priorisointi, eli toiminnot asetetaan järjestykseen: ensimmäisellä sijalla oleva toiminto sijoitetaan vapaisiin sijainteihin, sen jälkeen sijoitetaan toisella sijalla oleva toiminto jäljelle jääneisiin vapaisiin sijainteihin ja niin edelleen.

Jos tutkitaan vain yhtä toimintoa, kilpailu muiden toimintojen kanssa voidaan ottaa huomioon vuokratason avulla, joka voidaan lisätä kaavan (3) vakioon a . Voidaan myös yksinkertaisesti arvioida, kuinka paljon tutkittavaa toimintoa voi missäkin sijainnissa olla. Oletetaan siis, että alueen tilasta jokin kiinteä osuus on varattu tutkittavalle toiminnolle. Tämä on tarkoituksenmukainen menetelmä esimerkiksi mallinnettaessa teollisuuden sijoittumista tai arvioitaessa kauppakeskusten menestystä.

4.2.4 Muutoksen nopeus maankäytössä

Lopuksi on otettava huomioon, että maankäyttö ei sopeudu muuttuneisiin olosuhteisiin välittömästi, vaan vain sitä mukaa, kun uusia rakennuksia rakennetaan ja vanhoissa käyttäjät vaihtuvat. Se onnistuu esimerkiksi olettamalla, että jokin kiinteä osuus maankäytöstä tarkasteltavaa ajanjaksoa kohden muuttuu, ja jakamalla tämä vapautuva osuus edellisessä kappaleessa kuvatulla tavalla saaduilla osuuksilla eri toiminnoille. Jos tutkitaan vain yhtä toimintoa, voidaan vastaavasti uudelleensijoittaa määrätty osa kyseisestä toiminnosta soluihin kaavasta (3) saatavien eri solujen houkuttelevuuksien u avulla. Esimerkiksi tiedetään, että ihmiset muuttavat asuntoa keskimäärin joka seitsemäs vuosi, eli asumisesta voitaisiin mallissa vuosittain sijoittaa uudelleen 14 %.

4.2.5 Mallinnuksen eteneminen

Mallinnus voisi siis edetä seuraavassa järjestyksessä:

1. Lasketaan solujen matkatuotokset ja matkavastukset solujen välillä kunkin tutkittavan toiminnon osalta.

2. Lasketaan tällä perusteella käyttäen kaavaa (3) kunkin solun potentiaali sijoituskohteena kullekin tutkittavalle toiminnolle.
3. Lasketaan, missä suhteessa vapautuvaa maankäyttöä jaetaan kullekin tutkittavalle toiminnolle perustuen kohdassa 2. laskettuihin potentiaaleihin.
4. Arvioidaan, kuinka suuri osuus maankäytöstä voi muuttua, ja tehdään muutokset kohdassa 3. laskettujen suhteiden perusteella.

Haluttaessa voidaan laskea matkatuotokset ja -vastukset uudestaan muuttunutta maankäyttöä vastaavaksi ja toistaa prosessia, kunnes se löytää tasapainotilan, jolloin nähdään, mitä tasapainotilaa kohden maankäytön muutokset etenevät.

Edellisestä nähdään, että perusajatuksot maankäytön mallintamisessa ovat hyvin samantapaisia kuin liikenteen mallinnuksessakin ja näiden perusteella teoriassa voidaan rakentaa samaan tapaan kuin liikenne-ennustamisen neliporrasmallissa ennustemalleja, joissa annettua maankäytöstä ja liikenneverkosta ennustetaan muutokset. Suurin eroavaisuus on aikaskaalassa. Liikenteen oletetaan sopeutuvan muuttuviin olosuhteisiin melko nopeasti, joten liikennemallissa etsitään liikennevirtojen tasapainotilaa, joka vastaa annettua liikenneverkkoa ja maankäyttöä. Maankäyttömallin taas tulisi mielellään olla dynaaminen. Kaupunki kokonaisuudessaan saattaa kyllä saavuttaa tasapainotilan, mutta se voi kestää vuosikymmeniä. Siihen mennessä taas varsinkin nykyaikana liikenneverkossa on todennäköisesti tapahtunut muutoksia, jotka vaikuttavat maankäyttöön, joten myös maankäytön tasapainotila on muuttunut. (Katso esimerkiksi [20], luku 5.)

Maankäytön mallintamiseen liittyy myös vakavia laskennallisia ongelmia. Esimerkiksi kauppa yksinään voidaan jakaa useampaan lajiin, joiden kohdalta liikkumisvastus vaihtelee huomattavasti: kioskille tuskin poiketaan, jos se on yli vartin kestävän matkan päässä, Helsingissä sijaitsevaan erikoiskauppaan taas saatetaan tulla Utsjoelta asti. Siis sellaisen mallin rakentaminen, joka olisi niin yksityiskohtainen, että siitä olisi jotain käytännön hyötyä suunnittelutehtävissä, vaatisi liikaa muuttujia, kun maankäytön lajeja pitäisi erottaa useampia kymmeniä. Käytettävissä oleva empiirinen data rajoittaa selittävien muuttujien määrää mallissa, jos se on tarkoitus kalibroida tehtyihin havaintoihin. Minkä tahansa mallin saa sovitettua havaintoihin, kunhan se on tarpeeksi mutkikas käytettävissä olevaan dataan nähden.

Maankäytön mallinnukset soveltuvat siten joko hyvin karkeisiin mallinnuksiin, joilla on arvoa lähinnä teorianmuodostuksessa tai rajoitettuihin malleihin, joilla ei yritetäkään ennustaa koko kaupungin käyttäytymistä. Tässä työssä luvussa 5.2 tehtävä mallinnus kuuluu jälkimmäiseen lajiin.

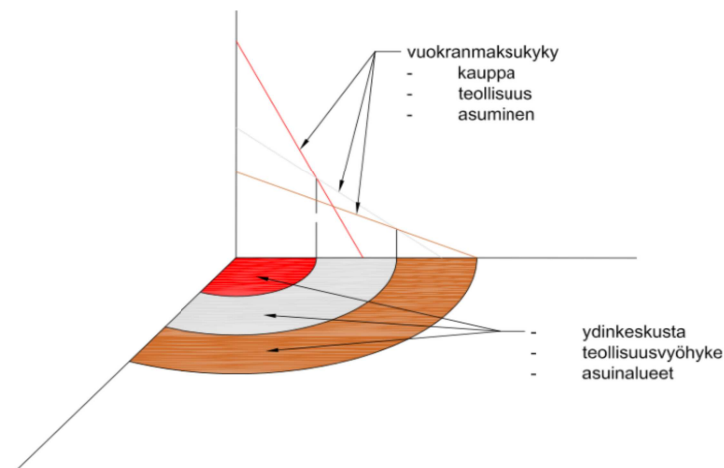
4.2.6 Esimerkki maankäytön mallinnuksesta

Kaupunkitaloustieteestä on tuttu perinteinen ympyräkaupunkimalli, jonka mukaan kaupungin toiminnot sijoittuvat keskustaa kiertäville kehille, sisimpänä keskustan liike-elämä, seuraavaksi köyhien asuinalueet, sitten teollisuus ja uloimpana varakkaiden

esikaupungit. Mallin taustalla on kaavan (3) mukainen gravitaatiomalli, jota sovelletaan yksinkertaistetussa muodossa ([20], luku 4.2.3).

Kaupunki jaetaan ympyräkehiin eli toimintojen sijaintitietona on pelkästään sijainnin etäisyys kaupungin keskipisteestä. Sijainnin liikenteellinen saavutettavuus mallinnetaan myös pelkästään samana etäisyytenä kaupungin keskipisteestä. Karkeistus ei ole niin paha kuin äkkiseltään kuulostaa, sillä keskusta on yleensä tärkein yksittäinen matkakohde, ja matkavastus kaupungin keskipisteeseen kuvastaa kuitenkin jollain tavalla kaikkien kaupunginosien keskimääräistä saavutettavuutta, sillä ottamalla keskiarvo yli matkavastusten kaikkiin kaupungiosiin päädytään lähelle matkavastusta keskusta.

Kullekin maankäyttötoiminnolle määritellään, kuinka paljon se pystyy maksamaan maapohjasta milläkin etäisyydellä keskustasta. Mallinnuksessa tämän funktion ajatellaan olevan laskeva suora, sillä ajatuksena on, että kaukaisempi sijainti tuottaa toiminnolle enemmän matkakustannuksia, jotka ovat suorassa suhteessa etäisyyteen. Tulokseksi saadaan kuvan 4 mukainen kuvio. Eli vaikka kaikki toiminnot hyötyvät hyvästä sijainnista, niin kukin niistä hyötyy siitä eri tavalla, tai joillekin toiminnoille huonosta sijainnista on enemmän haittaa kuin toisille. Jokainen toiminto sijoittuu tällä periaatteella keskustaa kiertäville vyöhykkeille, etäisyydelle, jossa sillä on suurin suhteellinen sijaintietu. Kuvan eri kehiä kutsutaan myös Von Thunenin kehiksi.



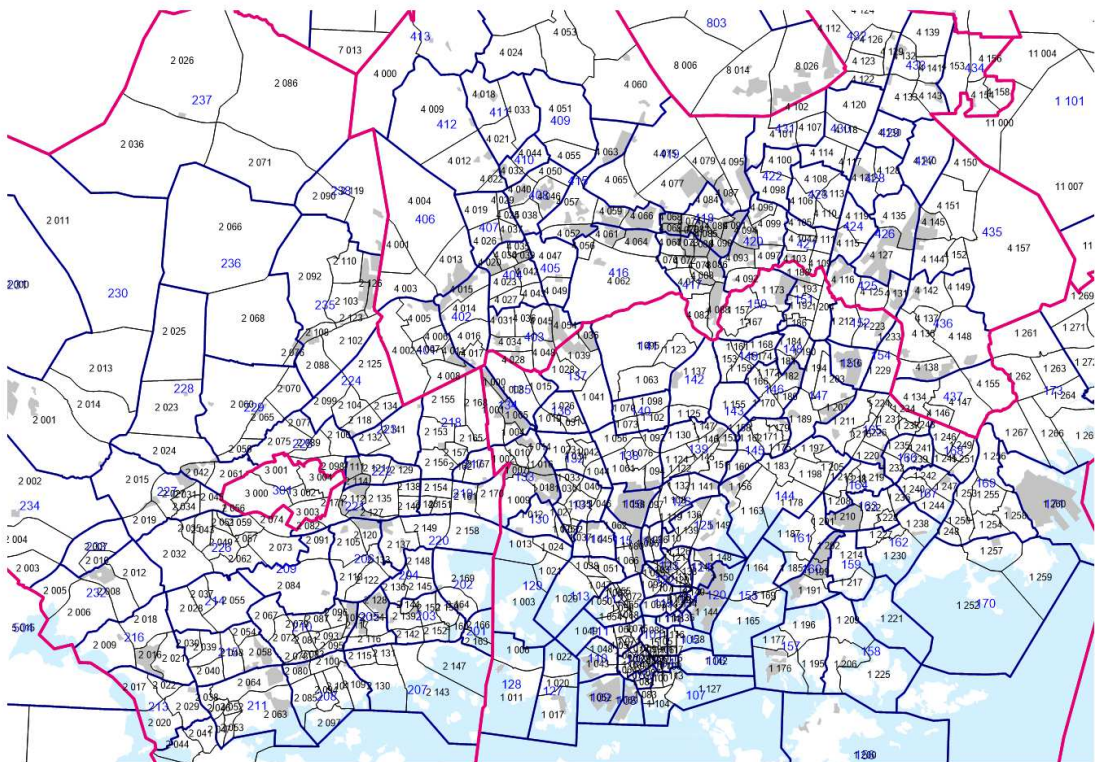
Kuva 4: Ympyrämalli maankäytön sijoittumisesta kaupungissa. Suorat kuvaavat eri maankäyttölajien vuokranmaksuvalmiutta eri etäisyydellä keskustasta. Tämä on yksinkertaistettu malli, jossa on vain kolme maankäyttölajia. (Kuva on mukaelma [20], luku 4.2.3 esitetyn teorian hyvin tunnetusta havainnollistamisesta.)

Kuvassa esitetty malli on yksinkertaistettu, sillä siinä on vain kolme eri maankäyttölajia. Perinteisesti ainakin asuminen on jaettu eri vyöhykkeiksi tulotason mukaan. Malli on myös tässä muodossaan sikäli vanhentunut, että teollisuus ei enää hyödy sijainnista lähellä keskustaa, koska tyypillisesti moottoritiet ja kehätiet kiertävät keskustan, jolloin myös reunakaupungilla on sijainteja, joista on hyvät yhteydet valtakunnalliseen liikenneverkkoon, vaikka itse kaupungin näkökulmasta sijainti olisi syrjäinen. Perinteisesti teollisuus on ollut kuitenkin riippuvainen rautatiekuljetuksista ja siksi keskusta on historiallisesti ollut myös kaupungin tärkein logistinen solmupiste. Myös vanhoissa satamakaupungeissa satama on yleensä keskustan vieressä, sillä satama on alkujaankin ollut se, joka on luonut satamakaupungin siihen, missä se on.

5 JAKELULIIKENTEEN MALLINNUS JA TULOKSET

Tässä luvussa esitetään kaksi tätä työtä varten tehtyä mallinnusta tuloksineen. Mallinnus on tapahtunut HSL:n käyttämien ennustealueiden tarkkuudella (kuva 5). Valinta perustuu siihen, että näin käsiteltävän datan määrä pysyy kohtuullisena ja analyysi voidaan suorittaa ilman erikoisohjelmistoja. Tästä syystä mallinnukset jäävät melko karkeiksi. Mallinnuksen kohteena on ajoneuvomatkat, eli tavaramääriä tai kuljetustarpeita sinällään ei käsitellä.

Itse HSL:n liikennemalliin nyt tehtyjä mallinnuksen tuloksia ei muutenkaan voi viedä sellaisenaan, vaan mallinnuslaskelmat pitää tehdä joka tapauksessa uudestaan. Tämän työn puitteissa on lähinnä tarkoitus katsoa, saadaanko esitellyillä menetelmillä hyödyntämiskelpoisia tuloksia ylipäätään.



Kuva 5: Pääkaupunkiseudun liikennemallien [7] ennuste- ja sijoittelualueet. ©HSL

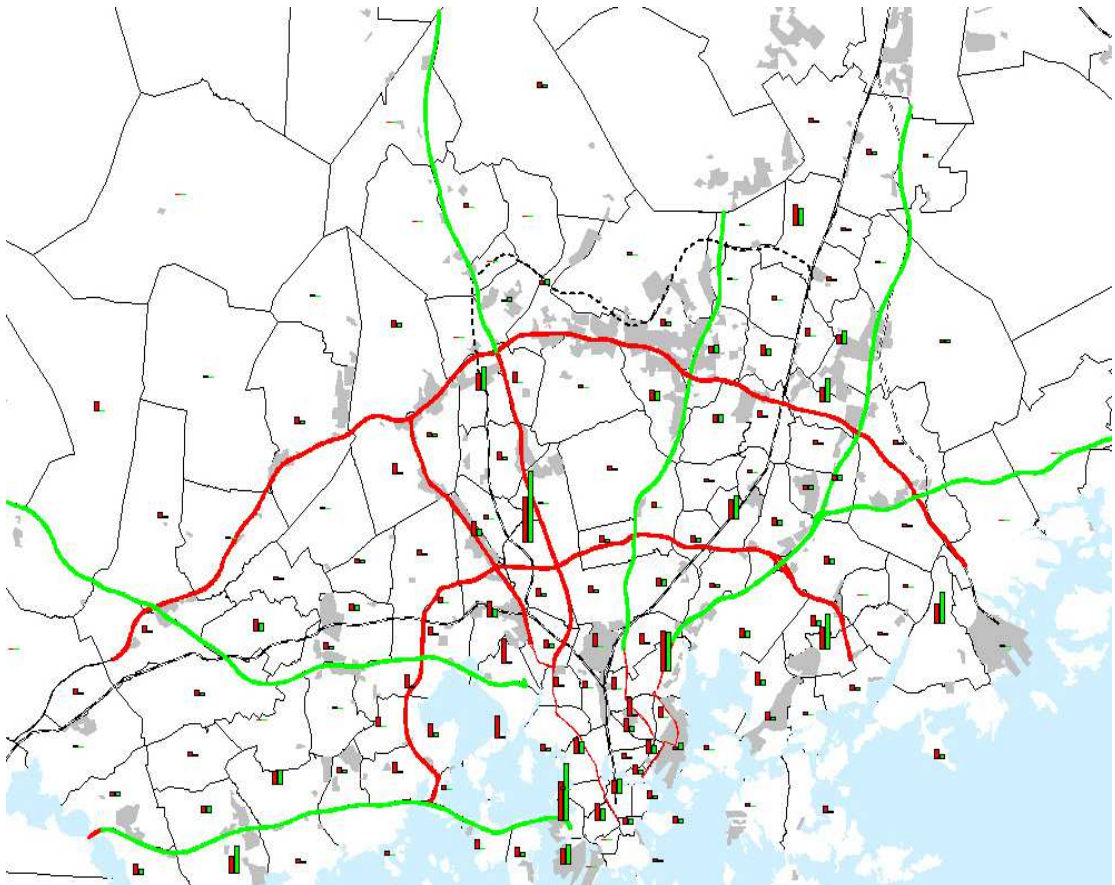
5.1 Matkatuotosten laskeminen

Tässä työssä tavaraliikenteen matkatuotokset perustuvat ympäristöministeriön mitoitusohjeisiin [3] maankäytön liikennetarpeiden arviomiseksi. Tiedot maankäytöstä laskenta-alueella saadaan SeutuCD 2013 -aineston [22] paikkatiedoista, jotka on saatu

tarpeellisista osin käyttöön HSL:ltä. Hyödynnetyt aineistot ovat tiedot toimipaikkojen sijoittumisesta ja rakennusrekisteri. Toimipaikkatiedoista selviää kunkin toimipaikan sijainti ja tilastokeskuksen TOL 2008 -toimialaluokituksen (tol) [23] mukainen luokka. Rakennusrekisteristä selviää rakennusten sijainnit, kerrospinta-alat ja rakennuksen luokitus käyttötarkoituksen mukaan (KATAKER). Rakennusrekisteritiedot on saatavissa vain pääkaupunkiseudun kunnista, joten mallinnus rajautuu vastaavasti.

Paikkatietojen ja mitoitusohjeen käyttämät maankäytön luokitukset eivät ole täysin yhteismitallisia. Lisäksi paikkatiedoista saadaan lähinnä tiedot yksittäisistä toimipaikoista, mitoitusohjeessa taas matkatuotokset on annettu pääasiassa kunkin maankäyttölajin rakennusneliometriä kohden. Tästä syystä aineistojen luokituksia on jouduttu sovittamaan toisiinsa ja joidenkin toimintojen vaatimat pinta-alat arvioimaan toimipaikkojen lukumäärästä.

Käytetyt lähtötiedot ja matkatuotokset maankäyttölajeittain ovat taulukoituina kuvassa 7. Lasketut matkatuotokset ennustealueittain taas ovat kuvassa 6. Laskennan yksityiskohtaiset tulokset on taulukoitu liitteessä 1.



Kuva 6: Matkatuotokset pääkaupunkiseudulla ennustealueittain. Punaisella on pakettiautomatkat päivässä ja vihreällä kuormautumatkat. (Taustakartta: © Helsingin kaupunkimittausosasto, alueen kunnat ja HSY, 2013)

	kuorma-autot	pakettiautot	tietolähde	Tol 2008 -luokat toiminnolle
1 Teollisuustoimipaikat, tuotos per toimipaikka				
1.1 elintarviketeollisuus	20			10 11 12
1.2 tekstiiliteollisuus	10			12 13 14 15
1.3 puutuoteteollisuus	30			16
1.4 paperiteollisuus	45			17
1.5 graafinen ja painotuoteteollisuus	16			18
1.6 kemian teollisuus	20			19 20 21
1.7 elektroniikkateollisuus	10			26 27
1.8 kumi- ja muovituotteiden valmistus	11			22
1.9 metalliteollisuus	12 – 30			24 25
1.10 koneiden ja laitteiden valmistus	19			
1.11 rakennusteollisuus	17			23 28 29 30 32
1.12 louhinta- ja murskausasemat	37			81
2 Toimistot, tuotos per 100 kerrosneliometri				
2.1 toimistotyöpaikka-alue, vähän asiointiliikennettä		0,25-0,35		
2.2 toimistotyöpaikka-alue, paljon asiointiliikennettä		0,6-0,7		
2.3 virasto, paljon asiointia		0,4-0,6		
2.4 virasto, vähän asiointia		0,2-0,3		
2.5 pankkien ja vakuutusyhtiöiden toimipisteet		0,2-0,3		151
2.6 postin toimipaikat		2-3,4	tol	53
3 Tavaraterminaalit, tuotos per toimipaikka				
3.1 varastot	10 – 20	20 – 30	KATAKER	711 712 719 (lkm!)
3.2 tavaraterminaalit	100 – 250	20 – 80	tol	52212
4 Päivittäistavarakauppa, tuotos per 100 myymäläneliometri				
4.1 Hypermarketit	0,28	0,07	KATAKER	
4.2 suuri supermarket (1 001–2 500 m2)	1	0,3		47111
4.3 pieni supermarket (400–1 000 m2)	1,4	0,4		47112
4.4 suuri valintamyymälä (200–399 m2)	1,8	0,6	tol	
4.5 pieni valintamyymälä (100–199 m2)	3,8	1,3		47113
4.6 pienmyymälä (alle 100 m2)	5 – 7	1 – 3		47114
				472 poislukien 4725
5 Erikoistavaran kauppa, tuotos per 100 myymäläneliometri				
5.1 kauppakeskus	0,8 – 1	0,4-0,6	KATAKER	112
5.2 tavaratalo	0,9			
5.3 moottoriajoneuvojen kauppa ja huolto	0,2 – 0,4			45
5.4 huonekalu- ja sisustuskauppa	0,1 – 0,2			4751 4759
5.5 rauta- ja rakennustarvikekauppa	0,3			4752 4753
5.6 kodintekniikkakauppa	0,1 – 0,2			4743 4754
5.7 vaate- ja kenkäkaupat	0,005 – 0,05	0,05 – 0,1		4771 4772
5.8 alkoholiliikkeet	0,1	0,5	tol	4725
5.9 apteekki	0,05	0,8 – 1		4773 4774
5.10 kukkakauppa	2	1,2		47761 47762
5.11 kirjakauppa	0,8 – 2	2,1 – 3,2		4761 4762
5.12 optikko	0,005	0,1 – 0,9		47783
5.13 tukkukauppa	0,9	1,1		46
Huoltoasemat, tuotos per toimipaikka				
6.1 huoltoasema, iso	01.03.14			
6.2 huoltoasema, pieni	0,6 – 2		tol	47301
6.3 huoltoasema, automaattiasema	0,5 – 1			47302
7 Julkiset palvelut				
7.1 terveyspalvelut, per kerrosneliö				
7.1.1 sairaala	0,2	0,2		211 213
7.1.2 terveyskeskus	0,1	0,3		214
7.1.3 lääkäriasema	0,01 – 0,05	0,2		-
7.1.4 vanhainkoti	0,01	0,05 – 0,1		221
7.2 päiväkodit, per kerrosneliö	0	1 – 2		231
7.3 koulut, per kerrosneliö				
7.3.1 peruskoulu	0,01	0,05 – 0,1		
7.3.3 lukio	0,01 – 0,02	0,15		511
7.3.2 ammatillinen oppilaitos	0,01 – 0,02	0,1 – 0,15		521
7.3.4 ammattikorkeakoulu	0,02 – 0,008	0,15		
7.3.5 yliopisto	0,04	0,15		531
8 Muuta				
8.1 Jätteenkäsittelylaitokset, tuotos per toimipaikka				
8.1.1 jäteasemat	5 – 10	30 – 150		
8.1.2 lajittelu- tai murskauslaitos	6 – 30	20 – 25		
8.1.3 jätteenkäsittelykeskus	110 – 320	30 – 80		
8.2 Voimalaitos, tuotos per toimipaikka				ei huomioida
8.2.1 jätteenpolttolaitos	80 – 150	10 – 20		
8.2.2 tuve- tai puupolttoainevoimala	40 – 60	30 – 50		

Kuva 7: Matkatuotokset maankäyttöyksikköä kohden ja rekisterit, joista tiedot maakäyttöyksikköiden määrästä kullakin ennustealueella on saatu.

Tulos ennustealueittain on järkeenkäyvä: eniten tuotosta syntyy siellä, missä on eniten kauppaa ja myös logistiikka-alueet nousevat esiin. Joitakin selviä virheitä on silti nähtävissä:

- Leppävaaran Selloa ei selvästikään ole laskettu mukaan.
- Arabianrannan matkatuotokokset ovat aivan liian suuria vastaaviin alueisiin verrattuna.

Sello puuttunee siksi, että se on yksittäisenä rakennuksena luokiteltu rakennusrekisterissä asuinrakennukseksi, sillä kompleksin yhteydessä on paljon asuntoja. Arabianrannan kohdalla tilanne luultavasti taas on täsmälleen päinvastainen: Arabian vanha tehdasrakennus on luokiteltu kauppakeskukseksi, vaikka kauppakeskus tosiasiallisesti käyttää vain korkean rakennuksen alimpia kerroksia. Toisaalta taas logistiikka-alueiden matkatuotokset näyttäisivät olevan kohtuullisen hyvin linjassa esimerkiksi kuvaan 1, josta näkee logistiikkaverkostoselvityksessä [4] tunnistetut logistiikkakeskukset.

Kokonaisuutena laskelman mukaan pääkaupunkiseudun koko matkatuotos on

- 761 000 pakettiautomatkaa,
- 519 000 kuorma-automatkaa.

Saatuja tuloksia on mahdollista verrata kuorma-automatkojen osalta liikennetutkimusten ja liikennelaskentojen tuloksiin. Vuoden 2008 laajan liikennetutkimuksen ([24], sivu 10) mukaan henkilöautomatkoja pääkaupunkiseudulla tehtiin päivittäin noin miljoona. Liikennelaskentojen perusteella taas raskaan liikenteen osuus koko liikenteestä on alle 10 %. Kun nyt tehdyssä matkatuotoslaskelmassa ei erotella lähteviä ja tulevia matkoja, laskelman perusteella pitäisi syntyä noin neljännesmiljoona kuorma-automatkaa, mikä olisi noin 20 % koko pääkaupunkiseudun automatkoista. Tällä perusteella tavaraliikenteen matkatuotos olisi liian iso.

Lukujen ero selittyy sillä, että jakeluliikenteen matkat ovat henkilöliikenteen matkoja lyhyempiä, kun samalla autolla käydään useassa lähellä toisiaan olevassa kohteessa. Ajatusta tukee aiemmin esitelty HSL:n jakeluliikenteen gps-pilottitutkimus [11]. Pilotin otos ei tosin ole kattava, mutta kuitenkin sen mukaan kuorma-autoilla voi olla parikymmentäkin pysähdystä päivän aikana. Tosin luvussa 5.3.1 käsitellyssä Tuupakan kuljettajahaastattelun aineiston tavaraliikennematkojen keskipituus oli 11,7 km, mikä ei eroa olennaisesti vuoden 2008 laajan liikennetutkimuksen mukaisista keskimääräisistä ajoneuvomatkoista. Tuupakka ei välttämättä ole kuitenkaan kovin edustava lähtöalue matkanpituuksia ajatellen, sillä se sijaitsee kehätien ja moottoritien risteyksessä ja alueella on paljon tukkuliikkeitä, joten iso osa liikenteestä on pitkämatkaista tukkuliikkeille tavaraa tuovaa kuljetusta. Jakeluliikenteessä tyypillisesti ensimmäinen matka tukusta tai vastaavasta paikasta ensimmäiseen jakelukohteeseen on pidempi kuin matkat itse jakelukohteiden välillä.

Osana tavaraliikenteen pilottitutkimuksia HSL on laskenut raskaan liikenteen määrää muutamilta logistiikka- ja teollisuusalueiden sisääntuloreiteiltä [9]. Tuloksia ei ole julkaistu, mutta laskentatulokset on saatu käyttöön tätä työtä varten. Laskennat on tehty vuoden 2013 syys- ja lokakuussa. Tutkitut alueet vastaavat Juvanmalmia, Virkamiestä ja Vihdintien vartta lukuunottamatta suunnilleen ennustealueita, joten on mahdollista taas verrata kuorma-autoliikenteen teoreettisia matkatuotoksia liikennelaskentojen tuloksiin. Tulokset taulukoituna:

Alueen nimi	Raskas liikenne liikenne-laskennoissa	Raskaan liikenteen matka-tuotokset	Aluetta vastaavan ennustealueen numero	Laskennan ja ennusteen suhde [%]
Lentokenttä	1051	571	419	54
Viinikkala	2628	3630	415	137
Vuosaaren logistiikka-alue	395	483	171	122
Vuosaaren satama	1084	483	171	44
Juvanmalmi	815	2595	235	313
Virkamies	3997	2877	418	72
Vihdintien varsi	958	4857	134	510

Alueen sisäisiä matkoja ei tietenkään ole liikennelaskentojen luvuissa. Toisaalta taas läpikulkevaa liikennettä ei pysty arvioimaan matkatuotosten avulla. Vihdintien alueen laskennat eivät täysin onnistuneet, joten laskettu liikenne jäi todellista liikennettä pienemmäksi. Laskennoissa on mukana vain sisääntuleva liikenne, joten matkatuotokset ja laskentatulokset vastaavat toisiaan: yksi matkatuotos alueella luo yhden tulevan ja yhden lähtevän matkan. Jos läpikulkevaa liikennettä ei juuri ole, niin laskennoista saadun liikenteen ja matkatuotosten suhteen tulisi olla jonkin verran päälle sata ja lähteä pienenemään sitä mukaa, mitä enemmän alueella on läpiajoliikennettä.

Viinikkalan ja Vuosaaren sataman logistiikka-alueiden osalta matkatuotokset ja laskettu liikenne vastaavat hyvin toisiaan. Lentokentän ja Vuosaaren sataman alueiden kohdalla tulosten mukaan läpiajoliikenteen osuuden pitäisi olla suuri, mikä on uskottavaa. Juvanmalmi on vain pieni osa ennustealue 235:stä, ja ennustealueelle 134 kuuluu laskenta-alueen lisäksi muun muassa Ristikön ostoskeskus, joka tuottaa runsaasti tavaraliikenteen matkoja. Näiden kahden alueen osalta liikennelaskennan

tulosten kuuluukin olla selvästi arvioituja matkatuotoksia pienempiä. Virkamiehen laskenta-alue on vain länsireuna ennustealueesta 418, mutta laskettu liikenne ylittää matkatuotokset. Tämä luultavasti selittyy läpiajoliikenteen suurella määrällä.

Edellä mainittu otos on pieni, joten kovin vahvoja johtopäätelmiä ei voida tehdä, mutta tulokset ovat oikean suuntaisia ja poikkeaville tuloksille löytyy uskottava selitys. Tarpeen olisi tehdä vastaavanlaisia mittauksia myös muuntyyppisillä ennustealueilla esimerkiksi muiden kenttätutkimusten yhteydessä, jotta myös kaupaille, toimistoille ja julkisille palveluille arvioitujen matkatuotosten oikeellisuus saataisiin varmistettua. Luonnollisesti olisi hyvä saada vastaavia mittaustuloksia myös pakettiautoliikenteestä.

Johtopäätelmänä käytetyn arviointimentelmän luotettavuudesta on, että ympäristöministeriön ohje matkatuotosten laskemiseksi [3] antaa tarpeeksi hyvät arviot liikennemäärän arvioimiseksi myös isommilta alueilta ainakin jakeluliikenteen osalta. Sen sijaan SeutuCD:n yritysten toimipaikkatietojen ja rakennusrekisterin tiedot eivät ole kaikilta osin tarpeeksi tarkkoja tämäntapaisten laskentojen lähtötiedoiksi, sillä edellä havaitut outoudet joidenkin yksittäisten ennustealueiden matkatuotoksissa selittyvät vääriä näyttävillä tiedoilla tavaratalo- ja hypermarketneliöiden lukemilla. Laskentametodista voidaan myös päätellä, että näiden matkatuotoksia ei saada laskettua kovinkaan tarkasti, sillä tuotokset arvioidaan myymäläneliöiden mukaan. Isojen myymälöiden osalta myynti myymäläneliötä kohden vaihtelee kuitenkin paljonkin riippuen esimerkiksi siitä, millainen myymälän layout on. Ja myynti luonnollisestikin määrittelee kuljetustarpeen myymälään. Menetelmä vaatisi siis kaupan suuryksiköiden osalta jonkin muun tietolähteen kuin nyt käytetyn. Niiden suhteellisen pienen määrän vuoksi tarvittavat tiedot voitaneen jopa kerätä suoraan myymälä myymälältä, jos tarvittava tieto esimerkiksi yksiköiden myynnistä tai tieto suoraan myymälässä käyvistä paketti- ja kuorma-autoista on vain saatavilla.

5.2 Jakeluterminaalien sijoittumisen mallinnus

Mallin ei ole tarkoitus selittää maankäytön muutoksia yleensä, vaan yksinkertaisesti arvioida, mihin jakeluliikenteen terminaalit sijoittuisivat edullisimmin annetussa kaupunkirakenteessa. Mallinnus perustuu luvussa 4.2 kuvailtuun maankäytön gravitaatiomalliin. Tätä varten tarvitaan periaatteessa

- tieto mahdollisista sijoittumispaikoista,
- kuinka paljon kuljetuksia kuhunkin osaan kaupunkia tarvitaan,
- matkavastukset terminaalien mahdollisilta sijaintipaikoilta loppukäyttäjien sijaintipaikkoihin.

5.2.1 Mallin osat

Perustana käytetään Helsingin seudun liikennemallien jakoa ennustealueisiin (kuva 5). Lähtötietona ovat matka-ajat ennustealueiden välillä ja kuljetustarve kullekin

ennustealueelle. Kuljetustarve saadaan edellisessä luvussa lasketuista ennustealueiden matkatuotoksista. Koska tavaraliikenteen matkatuotokset saatiin laskettua vain pääkaupunkiseudun osalta, myös tämä mallinnus rajoittuu vastaavasti.

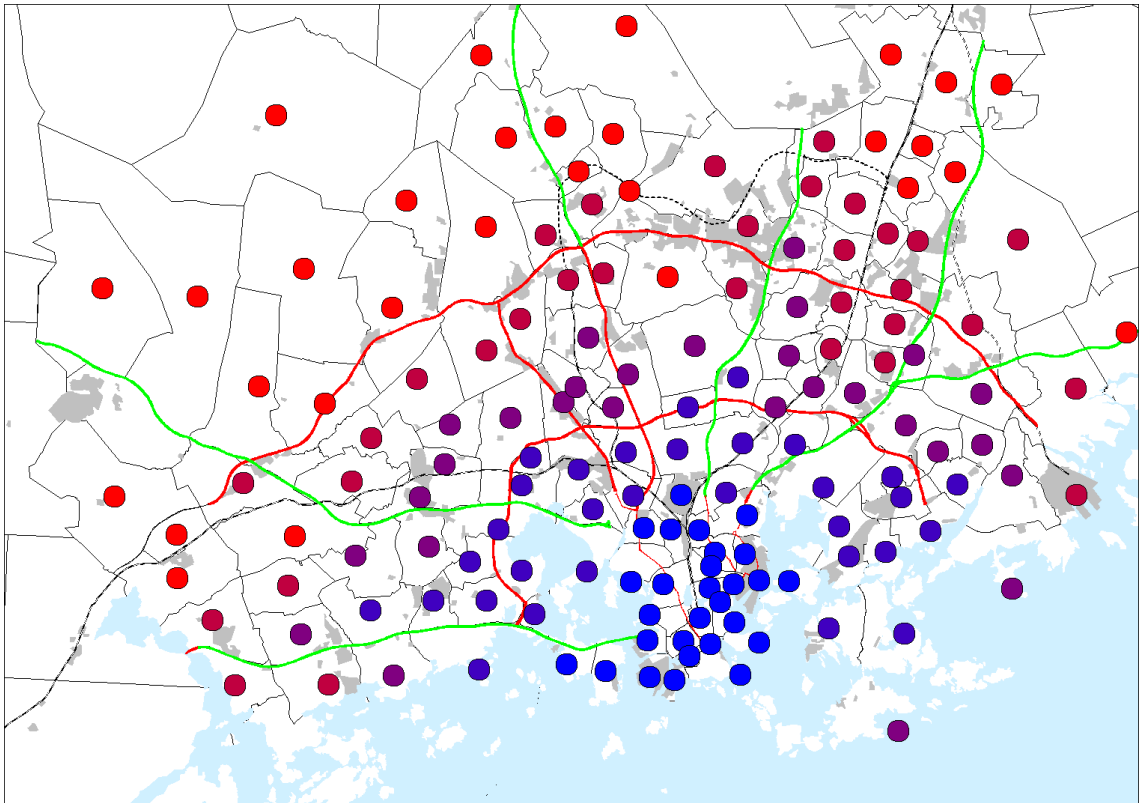
5.2.2 Sijaintipotentialin laskeminen

Mallia varten tarvitaan edellä laskettujen matkatuotosten lisäksi matkavastukset. Koska tavaraliikenne on liiketoimintaa, luontevinta on arvioida matkavastus kuljetuskustannuksena. Matkan osuus kustannuksista koostuu pääasiassa polttoaineesta ja kuljettajan palkasta. Ensimmäinen on suunnilleen riippuvainen kuljetuista kilometreistä ja jälkimmäinen matka-ajasta. Tässä laskelmassa oletetaan melko karkeasti, että pakettiauto kuluttaa dieseliä noin 10 litraa sadalla ja kuorma-auto 20 litraa, dieselin hinnan ollessa 1 €/l Kuljettajan palkkakustannukseksi on arvioitu 24 €/h. Näillä arvoilla matkavastus saadaan euroina ja on:

	kuorma-auto	pakettiauto
€/min	0,4	0,4
€/km	0,01	0,02

Arviot ovat aika karkeita, varsinkin dieselin litrahinta on kirjoitushetkellä selvästi arviota korkeampi, mutta ottaen huomioon, että myös muut lähtöarvot eivät ole kovin tarkkoja ja että tämän mallinnuksen tarkoituksiin riittää, että matkavastukset ovat oikein suhteessa toisiinsa, eikä niiden absoluuttisilla arvoilla ole laskennan kannalta väliä, joten ei ole tarkoituksenmukaista laskea euromääräisiä kustannuksia mahdollisimman tarkasti. Riittävää siis on, että kustannukset ovat oikeaa kokoluokkaa ja että ennen kaikkea polttoainekustannusten ja työvoimakustannusten suhde on suunnilleen oikein. Edellä mainitut kustannukset sitä paitsi muuttuvat vuodesta toiseen tavalla, jota on vaikea ennakoita.

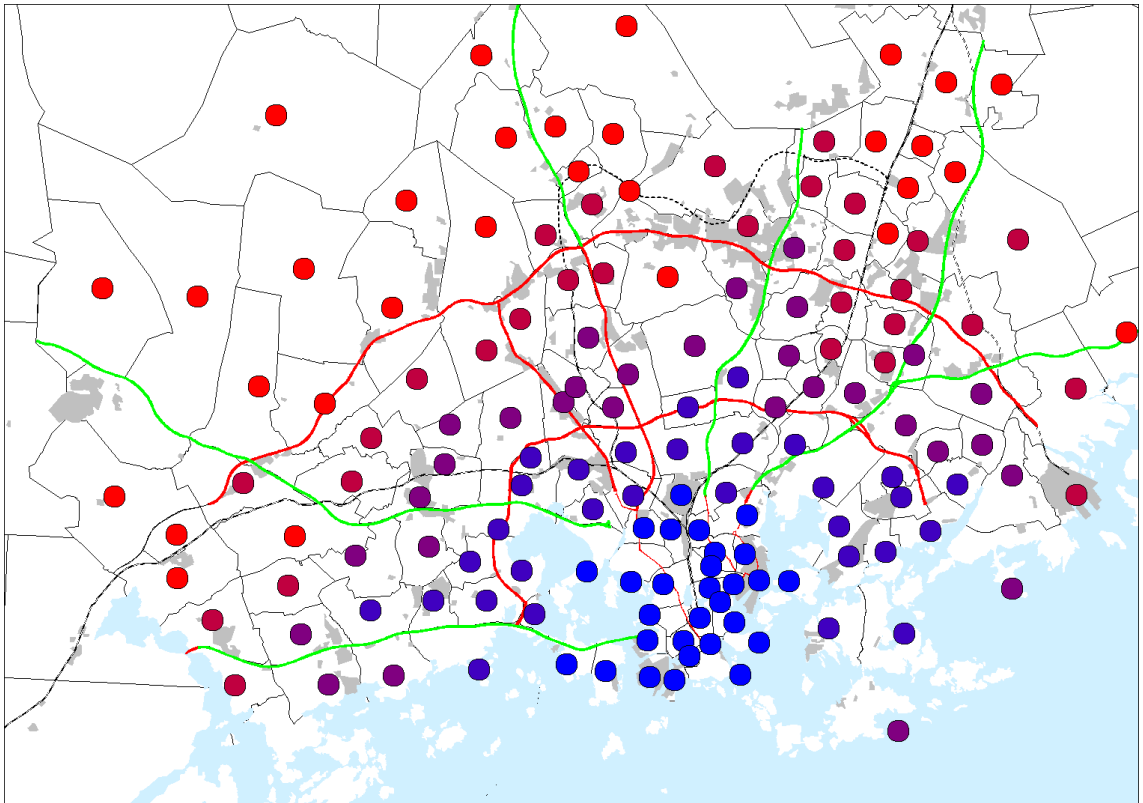
Varsinaisen teoriaosuudessa määritellyn potentialin (luku 4.2.1) sijaan on laskettu ennustealueittain, kuinka paljon kustannuksia syntyisi, jos koko pääkaupunkiseudun jakelu tapahtuisi kultakin ennustealueesta. Näin laskettuna tulos on jonkin verran havainnollisempi. Tällä tavoin laskien luonnollisesti oletetaan, että toimija on sijoittamassa vain yhtä terminaalia alueelle, ei terminaaliverkostoa. Laskelmassa ei oteta huomioon mahdollisuutta käydä jakamassa useampi kohde kerralla samalla autolla, joten saatu euromääräinen luku ei kerro jakelun todellisista kustannuksista.



Kuva 8: Ennustealueiden edullisuus pakettiautoliikenteen terminaalin sijaintipaikkana. Sininen on edullisin ja punainen epäedullisin. (Taustakartta: © Helsingin kaupunkimittausosasto, alueen kunnat ja HSY, 2013.)

Ajatus tässä mallinnuksessa on, että jakelukeskuksen sijainti on optimaalinen silloin kuin jakelu sieltä koko pääkaupunkiseudulle tapahtuu mahdollisimman edullisesti. Jakelua koko pääkaupunkiseudulle kannattaa pitää lähtökohtana siksi, että jakeluliikenne on erikoistunutta ja tyypillisesti yhdestä jakeluterminaalista viedään tavaraa koko seudulle. Paras sijainti siis on ennustealueille, joille laskettu jakelukustannus on pienin. Tulokset ovat taulukoituna liitteessä 1, ja ne on havainnollistettu kuvissa 8 ja 9.

Tuloksista havaitaan, että sijainti on sitä parempi, mitä lähempänä se on Pasilan eteläosaa. Tulos selittyy sillä, että suunnilleen tuossa kohtaa on kaupungin maankäytöllinen painopiste. Työn tekijä oletti etukäteen, että moottoriteiden ja kehäteiden risteykset olisivat nousseet paremmin esiin edullisina sijainteina, mutta nopeammat yhteydet eivät ilmeisesti riitä viemään Helsingin kantakaupungilta sen asemaa keskeisimpänä sijaintina seudulla. Saatua tulosta kannattaa verrata teoreettiseen ympyräkaupunkimalliin (kuva 4).



Kuva 9: Ennustealueiden edullisuus kuorma-autoliiketeen terminaalien sijaintipaikkana. Sininen on edullisin ja punainen epäedullisin. (Taustakartta: © Helsingin kaupunkimittausosasto, alueen kunnat ja HSY, 2013.)

Yleisemmin voidaan päätellä, että sijainti yksinään ei riitä mallintamaan jakeluterminaalien sijoittumista, vaikka se antaakin siitä hyvän viitteen, kun huomioon otetaan myös muut tekijät, lähinnä saatavissa olevan tilan tällaisia toimintoja varten. Tarpeen on myös ottaa mallinnuksessa huomioon kilpailu muiden toimintojen kanssa.

5.2.3 Sijaintipotentiaali pelkästään matka-aika huomioiden

Voidaan vielä tarkastella tilannetta, jossa ajatellaan, että pelkästään jakeluun kuluvalle matka-ajalle on merkitystä. Jakeluliikenteessä myös aikatauluilla on merkityksensä, ja mitä useampi jakelukohde terminaalista saavutetaan, sitä helpompaa on saada jakelu tapahtumaan haluttuna aikana. Lisäksi tämä tarkastelu toimii herkkyystarkasteluna, sillä työvoimakustannusten ja energiakustannusten suhde luonnollisesti voi muuttua ajan myötä, ja todennäköisimmin työvoima kallistuu energiaa nopeammin. Jos taas energia kallistuisi merkittävästi muihin kustannuksiin nähden, jakeluliikenteen volyymit putoaisivat rajusti, kun toimitusketjuissa kannattaa siirtyä varastoimaan enemmän joka vaiheessa ja pyrkiä minimoimaan kuljetuskustannuksia päinvastoin kuin nykyään, jolloin nimenomaan varastointikustannuksia pyritään minimoimaan.

Tulokset eivät kuitenkaan juurikaan muutu edellisen luvun tilanteesta, vaikka matkavastukseksi laskettaisiin pelkästään matka-aika.

5.2.4 Kilpailu muiden toimintojen kanssa

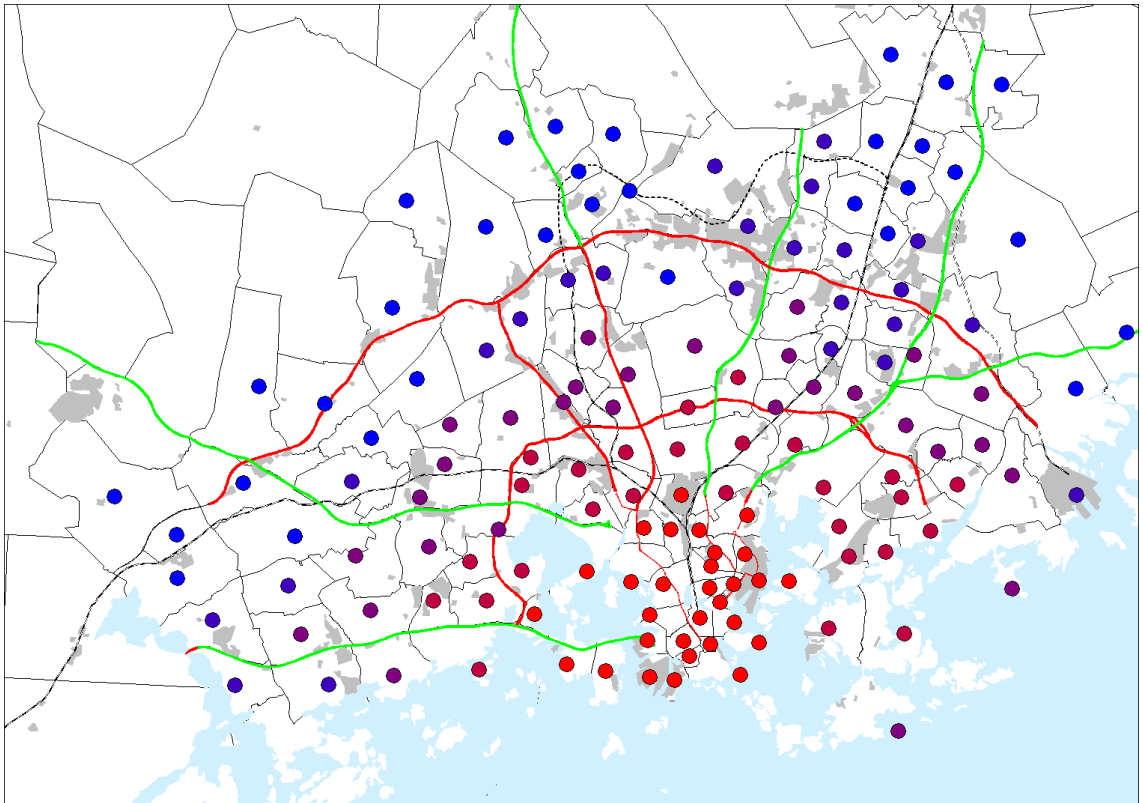
Kuten edellisistä tuloksista nähdään, edullisin sijainti ei riitä selittämään jakeluterminaalien sijoittumista. Huomioon on otettava ainakin muiden toimintojen kilpailu samasta tilasta, kuten luvussa 4.2 mallinnuksen kulusta on esitetty. Terminaalitoiminnot vaativat paljon tilaa verrattuna asumiseen tai esimerkiksi toimistoihin, joten terminaalit eivät voi maksaa kovin suurta suurta vuokraa rakennusten pinta-alaan suhteutettuna. Tehokkaammin tilaa käyttävät toiminnot siis syrjäyttävät terminaalitoiminnot parhailta sijainneilta kaupungin ulkokehälle, missä kilpailu tilasta on vähäisempää. Kaavoitus kuitenkin rajoittaa eri sijaintien käyttötarkoituksia, joten käytännön tasolla kilpailu ilmenee ennen kaikkea paineena muuntaa vanhoja teollisuusalueita asuin-, toimisto- tai liikekäyttöön siellä, missä näiden alueiden sijainti on muuttunut keskeiseksi kaupunkiseudun kasvaessa.

Kilpailua kuvastaa käypä vuokra- tai hintataso. Ei ole kuitenkaan itsestäänselvää, minkälainen luku kuvastaa hintatasoa parhaiten. Myös hintatietojen saanti voi olla jossain tapauksissa vaikeaa. Esimerkiksi rakennusrekisterissä pääkaupunkiseudulla varsinaisiksi tavaraliikenteen terminaaleiksi lasketaan 25 rakennusta [22]. Lienee selvää, että terminaaleja ei vuokrata tai myydä vuosittain, joten pelkästään näiden markkinahinnan määrittämien ei suoraan onnistu. Sitä paitsi teollisuusrakennusten vuokrissa ei välttämättä näy, kuinka arvokas paikka olisi muussa käytössä, sillä käyttötarkoituksen muutos vaatii myös muutoksia asemakaavassa.

Tässä työssä maan hintaa on päädytty arvioimaan vanhojen asuntojen myyntihinnoilla ennustealueittain. Tieto on saatavissa Tilastokeskukselta, joka ylläpitää tilastoa myyntihinnoista postinumeroalueittain [25]. Valinnalla on seuraavia hyviä puolia:

- Aineisto on helposti saatavilla.
- Aineisto on kattava eli se on tarkka.
- Asuntojen hinta ennustealueella kuvastaa hyvin alueella sijaitsevien teollisuustonttien arvoa vaihtoehtoisessa käytössä.

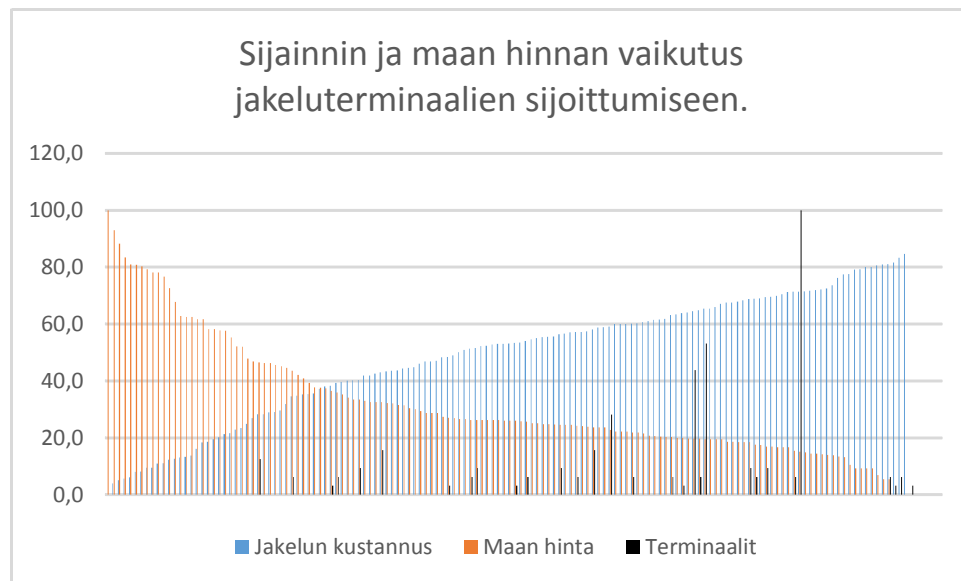
Aineiston ongelmana on lähinnä se, että tiedot on annettu postinumeroalueittain, jotka eivät mene yhteen ennustealueiden kanssa. Lisäksi kaikilla ennustealueilla ei ole niin paljon asuinrakennuksia, että myyntihintatietoja olisi saatavilla. Tämän takia myyntihintojen määrittäminen ennustealueille vaatii jonkin verran arviointia. Pääosassa tapauksia postinumerot vastaavat karkeasti ennustealueita, mutta muutamin paikoin ennustelue koostuu usemmasta postinumeroalueesta tai päinvastoin. Hintatiedot on havainnollistettu kuvassa 10 ja yksityiskohtaiset luvut löytyvät liitteestä 2. Liitteestä selviää myös, kuinka yksittäiset ennustealueet ja postinumeroalueet on rinnastettu toisiinsa.



Kuva 10: Vanhojen vapaarahoitteisten asuntojen neliömyyntihinnat ennustealueittain. Tiedot on esitetty suhteellisina, punaisella on merkitty kalleimmat ja sinisellä halvimmat alueet. (Taustakartta: © Helsingin kaupunkimittausosasto, alueen kunnat ja HSY, 2013.)

Tulokset ovat siis jokseenkin päinvastaiset kuin edellisessä luvussa, eli mitä lähempänä keskustaa, sitä kalliimpaa. Tilanne on vielä havainnollistettu kuvan 11 diagrammissa. Siinä on ennustealueet järjestetty edellisessä luvussa arvioidun sijaintipotentialin mukaan. Alueet järjestyvät lähes täysin myös asuntojen myyntihinnan mukaisiksi. Terminaalit sen sijaan jakaantuvat paljon tasaisemmin, joskin selvä keskittymä on nähtävissä diagrammin oikeassa reunassa. Jos sijainti ja kilpailu yksinään riittävät selittämään sijoittumisen, terminaalien tulisi olla kasautuneina yhteen kohtaan taulukossa.

Osa poikkeamista selittyy kahdesta ilmeisestä syystä: kalleimmilla alueilla olevat terminaalit ovat sijoittuneet alueille silloin, kun nämä alueet eivät ole olleet kalliita. Moni näillä alueilla sijaitseva logistiikkayritys onkin siirtymässä kauemmaksi keskustasta, kun vanhoja terminaali-alueita otetaan asuinkäyttöön, kuten vaikkapa Metsälässä sijaitsevan Maaliikennekeskuksen tapauksessa. Osa terminaaleista taas palvelee ensi sijassa valtakunnallista liikennettä, joten niiden sijainnissa hyvä sijainti jakeluliikenteen näkökulmasta ei ole keskeinen sijoittumiskriteeri. Terminaalien keskittyminen pieniksi ryppäiksi taulukossa johtuu siitä, että vain osassa ennustealueita on kaavoitettu sellaisia teollisuustontteja, joissa terminaaleja ylipäättäen voisi sijaita.



Kuva 11: Ennustealueet järjestettynä luvussa 5.2.2 arvioitujen jakelukustannusten mukaan. Vertailtavana on maan arvo, ja lisäksi näkyy ennustealueilla olevien logistiikkakeskusten lukumäärä painotettuna sen koolla (lähde: [4]). Lukemat on esitetty prosentteina: 100 % on suurin arvo ja 0 % pienin arvo.

Poistamalla aineistosta terminaalit, jotka todennäköisesti lopettavat toimintansa lähitulevaisuudessa, koska niiden käyttämä maa-ala otetaan muuhun käyttöön, voitaisiin aineistolle tehdä regressioanalyysi tavaraterminaalien sijoittumisesta, missä muuttujina olisivat jakelun kustannukset, joilla mallinnetaan sijainnin edullisuutta, ja asuntojen myyntihinnat, joilla mallinnetaan muiden toimintojen kilpailua samasta tilasta. Terminaalit ovat kuitenkin hajaantuneet sen verran laajalle alueelle, että mallin selittävyys tuskin olisi kovin hyvä. Toimivampi malli edellyttäisi myös tarkempaa tietoa kunkin terminaalien merkityksestä jakeluliikenteen terminaalina. Tällaista tietoa saadaan ainakin, jos tavaraliikenteen matkoista tehdään joskus iso liikennetutkimus. Tutkimusaineistosta voisi paikantaa jakeluliikenteen terminaalit ja niiden liikennemäärät katsomalla, mistä paikoista jakeluliikenteen matkat lähtevät. Vastaavaa tietoa saisi myös tekemällä kattavasti keskeisiltä logistiikka-alueilta kuljettahaastattelut Tuupakan alueella tehdyn kenttätutkimuksen tapaan (katso luku 5.3.1).

Voidaan kuitenkin jo kuvasta 11 päätellä, että maan korkea hinta rajaa terminaalitoiminnot tietyn etäisyyden ulkopuolelle keskustasta, jossa terminaalit sijoittuvat melko tasaisesti muutamiksi keskittymiksi. Oletettavasti sijoittumista määräävät merkittävästi myös muut tekijät, kuten hyvä sijainti valtakunnallisella liikenneverkolla tai tarkoituksenmukaisten tonttien saatavuus.

5.2.5 Muita logistiikkatoimintojen sijoittumiseen vaikuttavia tekijöitä

Yleisesti logistiikkatoimintojen sijoittumiseen vaikuttavat sijainti, työvoiman saatavuus, riittävät tilat tavaran käsittelyyn ja toimivat liikenneyhteydet. [4]

Kun tavara yleensä kulkee asiakkailta tai pienemmiltä logistiikkakeskuksilta isompiin tai toisinpäin, sijoittumiseen vaikuttaa toisaalta asiakkaiden taikka yleisemmin niiden paikkojen, joista tai joihin tavaraa toimitetaan, sijainti, toisaalta ylemmän tason logistiikkasolmujen sijainti. Sijoittuminen on sitä parempi, mitä pienemmäksi kuljetuskustannukset jäävät.

Työvoima on logistiikkatoiminnoissa vähemmän kriittinen tekijä, sillä varastot ja terminaalit tarvitsevat nykyään melko vähän henkilökuntaa. Työntekijöiden ei tarvitse myöskään olla korkeasti koulutettuja. Rajoittavan tekijän työvoiman saatavuus kuitenkin muodostaa: riittävän lähellä toimipaikkoja tulee olla riittävästi asuinalueita, jotka soveltuvat myös pienituloisille. Työvoiman saatavuus saattaa siis ajaa logistiikkatoimintoja hieman syrjäisemmille alueille, joista työntekijät löytävät edullisia asuntoja.

Tilakysymys voi muuttua isojen logistisen solmujen kohdalla kriittiseksi. Tarpeen ovat tietenkin riittävän isot tontit, mutta lisäksi logistiikkatoiminnot voivat vaatia riittäviä suoja-alueita, jos toiminnoissa syntyy paljon melua tai käsitellään vaarallisia aineita. Käytännössä tämän tapaisten toimintojen sijoittumista rajoitetaan asemakaavoituksen avulla. Logistiikkatoiminnoissa pyritään minimoimaan tavaroiden käsittelyn synnyttämiä kuluja, mikä yleensä taas vaatii paljon tilaa. Useampaan kerrokseen sijoittuminen esimerkiksi hidastaa toimintaa ja vaatii hissien käyttöä tavaroita siirrettäessä. Siksi sijaintipaikka valitaan usein sieltä, missä kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävän isoja tontteja.

Liikenneyhteydet voivat tulla rajoittavaksi tekijäksi periaatteessa hyvässäkin sijainnissa. Selvää tämä on erityisesti sellaisten toimintojen kohdalla, joissa vaaditaan rautatieyhteyttä, satamaa tai muuta vastavaa yhteyttä, joko suoraan sijaintipaikalla tai lyhyen matkan päässä. Myös pelkkiä tieliikennekuljetuksia käyttävien logistiikkatoimintojen sijoittumisessa liikenneyhteyksien laadulla on väliä pelkän keskeisen sijoittumisen lisäksi. Ongelmalliseksi koetaan varsinkin ruuhkaiset yhteydet, sillä ruuhka aiheuttaa aikatauluhäiriöitä tai ainakin ylimääräisiä reunaehtoja kuljetusten aikatauluttamisessa.

5.3 Jakeluliikenteen gravitaatiomalli

Gravitaatiomallia varten tarvitaan jonkinlainen aineisto matkoista, joista ilmenee matkojen lähtö- ja päättymisalueet, ja toisaalta tieto eri alueiden painoarvosta matkakohteena sekä alueiden väliset matkavastukset. Käytössä on sama lähtöaineisto kuin edellisessä luvussa eli HSL:ltä saadut perustiedot jaosta ennustealueisiin sekä niiden välisiin etäisyyksiin ja matka-aikoihin. Eri alueiden tavaraliikenteen matkatuotokset saadaan luvun 5.1 tuloksista. Matka-aineistoksi käytössä on HSL:n

tekemä liikennelaskenta ja kuljettajahaastattelu tavaraliikenteen kuljettajille lokakuussa 2012 Tuupakan alueelta lähteneiltä ja sinne saapuneille kuljettajille [8].

Mallinnus toteutetaan siis Tuupakasta lähteneille tai sinne päätyneille matkoille. Tarkoitus on lähinnä selvittää, vaikuttaako gravitaatiomalli sovelialta menetelmältä matkojen suuntautumisen ennustamiseen.

5.3.1 Tuupakan kuljettajahaastattelututkimus

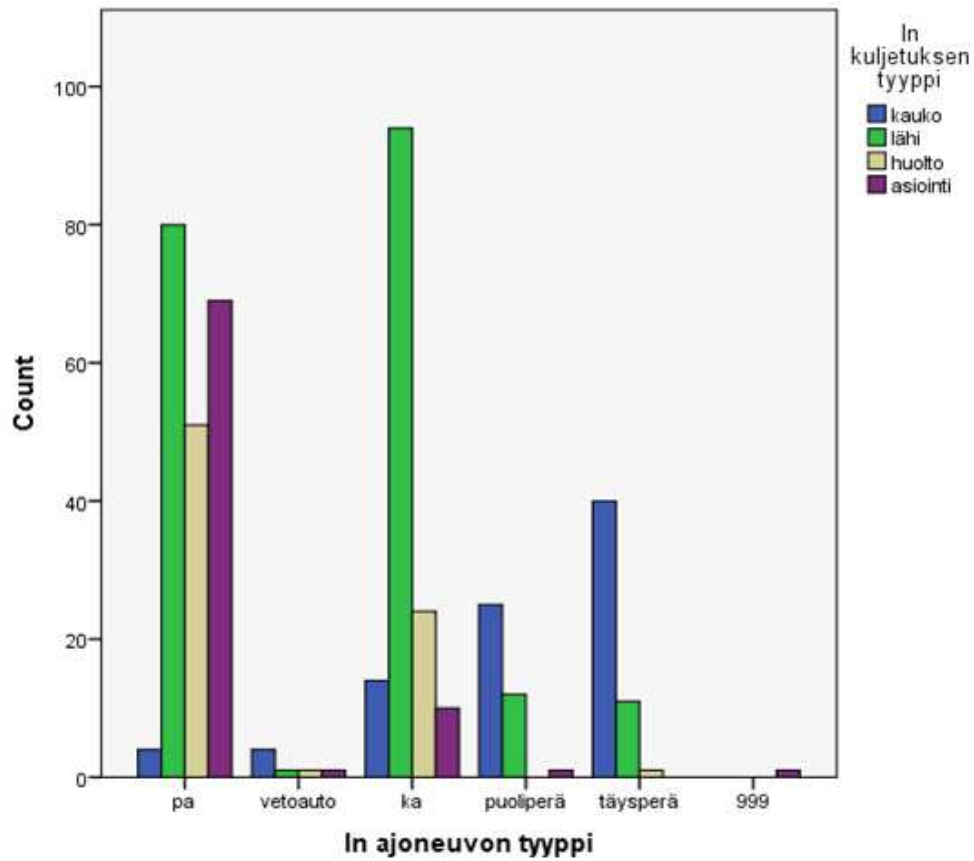
Haastatteluissa Tuupakan alue, joka vastaa likimain ennustealuetta 416, ympäröitiin haastattelupisteillä, joissa kuljettajia joko haastateltiin tai heitä pyydettiin täyttämään haastattelukaavake myöhemmin internetissä. Kuljettajilta kysyttiin mm:

- ajoneuvon tyyppi,
- ajon tarkoitus (huolto, asiointi, kuljetus kauko- tai paikallisliikenteessä),
- ajoneuvon lasti ja sen paino,
- ajon lähtöpaikka,
- ajon määräpaikka,
- viimeinen pysähdyspaikka ennen Tuupakkaan tuloa,
- ensimmäinen pysähdyspaikka Tuupakasta lähdettyä.

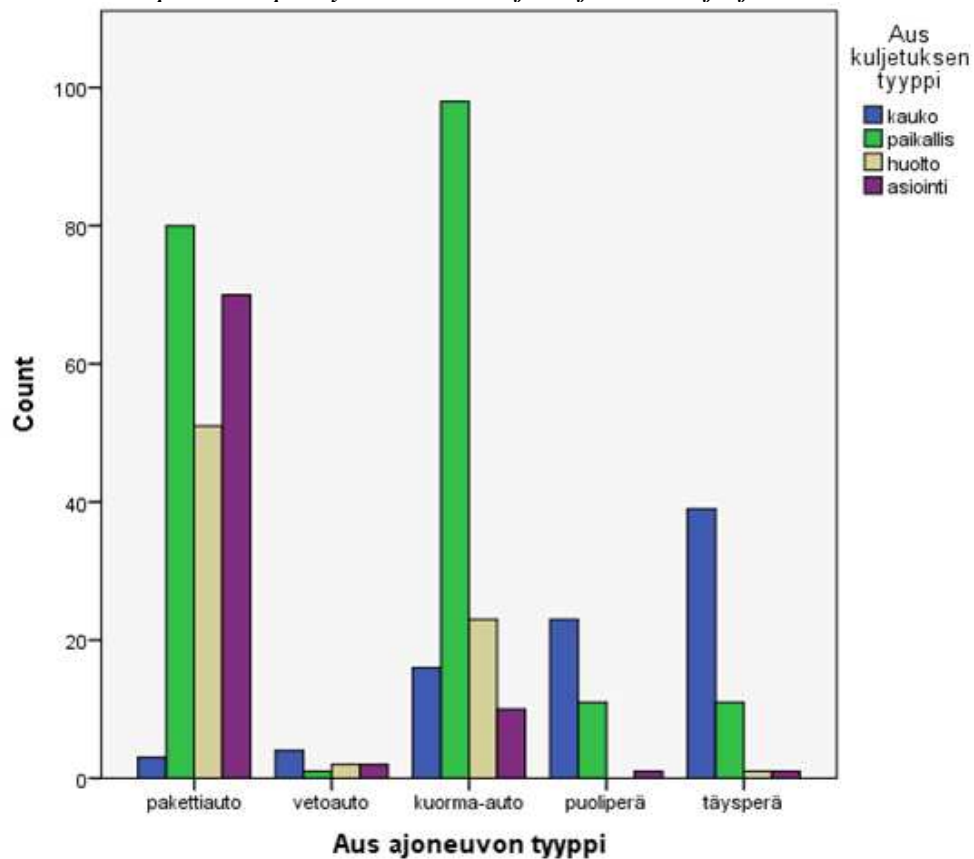
Haastatteluja tehtiin 288 kappaletta. Ohi ajaneista kuljettajista arviolta 35–40 % saatiin haastatelluksi. Pakettiautojen kuljettajista haastatelluksi saatiin pienempi osuus kuin raskaiden ajoneuvojen kuljettajista.

Aineisto siis mahdollistaa Tuupakasta alkaneiden tai sinne päätyneiden matkojen tunnistamisen ja aineiston rajaamisen esimerkiksi vain jakeluliikenteeseen tai raskaaseen liikenteeseen. Lisäksi lähtötietoina on käytetty kuten edellä HSL:ltä saatuja liikennemalleissa käytettyjä ennustealueiden välisiä matka-aikoja ja etäisyyksiä.

Haastattelut esitetään luokiteltuina ajoneuvon ja matkan tarkoituksen mukaan kuvien 12 ja 13 graafeissa. Johtopäätöksinä graafeista on, että huomattava osa matkoista on muuta kuin varsinaista tavarankuljetusta ja myös iso osa autoista ajaa tyhjillään. Joskin tulosten suhteen kannattaa olla hieman varovainen: kaikki kuljettajat eivät ehkä ole hahmottaneet matkan tarkoituksia aivan samoin kuin tutkimuksen tekijät, esimerkiksi, kuinka kuljettaja on tulkinnut matkan tarkoituksen palatessaan tyhjällä autolla terminaaliin tai mitä hän ymmärtää ”asiointimatalla.” Liikennetutkimuksissa termillä ”asiointi” on täsmällinen merkitys, mutta yleiskielessä sana on hyvin monimerkityksinen. Joka tapauksessa ”ajoneuvon kulku tyhjänä” lienee ollut asia, jonka kuljettajat ovat pääosin hahmottaneet samoin kuin kyselyn tekijät.



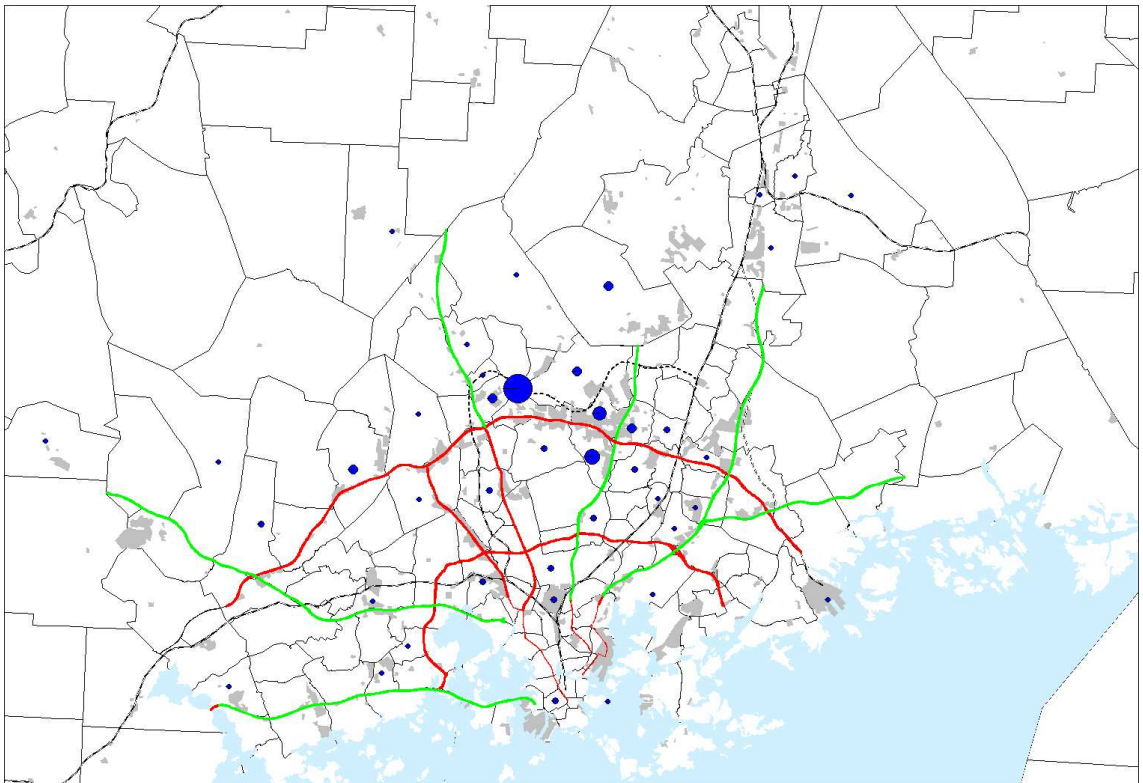
Kuva 12: Tuupakkaan päätyneiden matkojen ajoneuvolajit ja matkan tarkoitus.



Kuva 13: Tuupakasta lähteneiden matkojen ajoneuvolajit ja matkan tarkoitus.

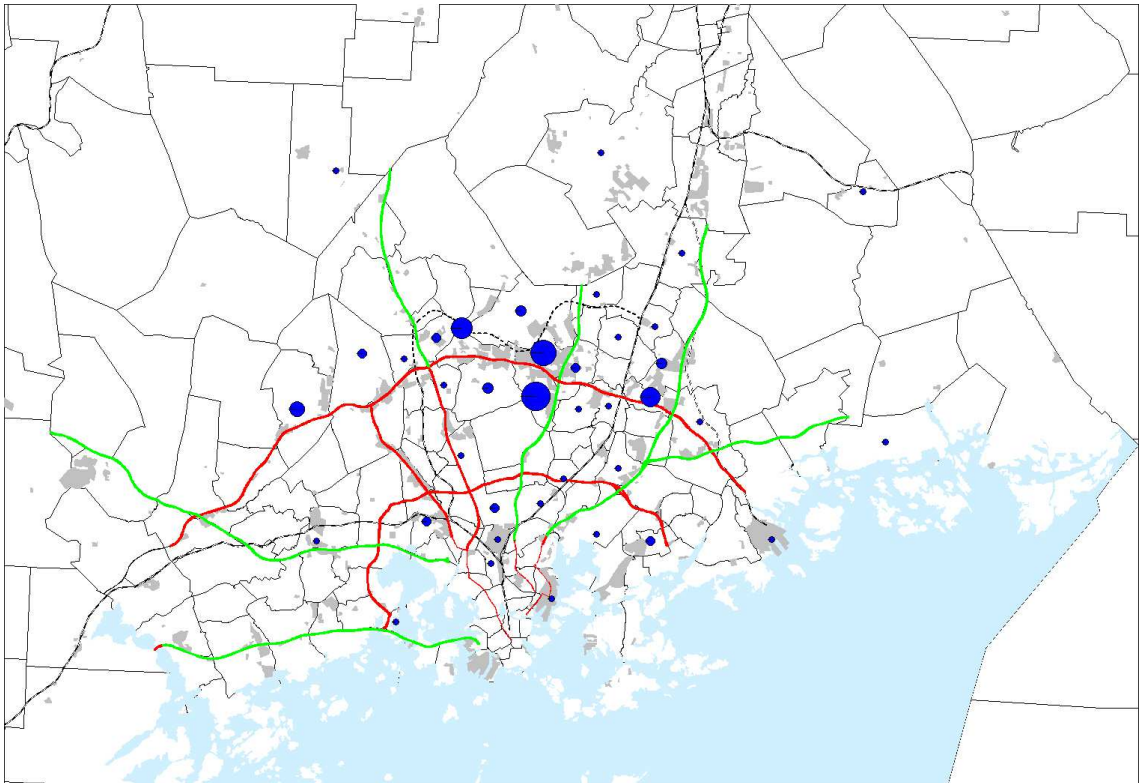
Tuupakkaan päätyneet matkat näkyvät kuvassa 14 ja Tuupakasta lähteneet kuvassa 15. Kuvia voi verrata matkatuotoiksiin (kuva 6). Suurimpina yksittäisinä matkan lähtö- tai loppukohteina nousevat ennustealueet:

- 415, Viinikkala (31 matkaa),
- 417, Pakkala (25 matkaa),
- 418, Vantaanportti (19 matkaa),
- 235, Juvanmalmi (8 matkaa),
- 425, Kuninkaala (8 matkaa),
- 419, Lentoaseman alue (6 matkaa).



Kuva 14: Tuupakkaan päätyneet matkat ennustealueittain. (Taustakartta: © Helsingin kaupunkimittausosasto, alueen kunnat ja HSY, 2013.)

Lopuille ennustealueille osuu vain muutama matka ja suurimmalle osalle ei lainkaan. Eli aineisto ei ole kovin iso gravitaatiomallia ajatellen. Silmämääräisesti näkee, että liikenne seuraa suunnilleen gravitaatiomallia, jossa läheisyyden merkitys korostuu. Keskustan pieni osuus selittyy sillä, että harvempi jakeluajoneuvo kulkee suoraan määränpähän, vaan se käy matkan varrella muissakin kohteissa.



Kuva 15: Tuupakasta lähteneet matkat ennustealueittain. (Taustakartta: © Helsingin kaupunkimittausosasto, alueen kunnat ja HSY, 2013.)

5.3.2 Mallinnus

Gravitaatiomallissa oletetaan, että matkat yhdeltä ennustealueelta muille ennustealueille suuntautuvat kaavan

$$m_i = a \frac{M_i}{w_i^b} \quad (4)$$

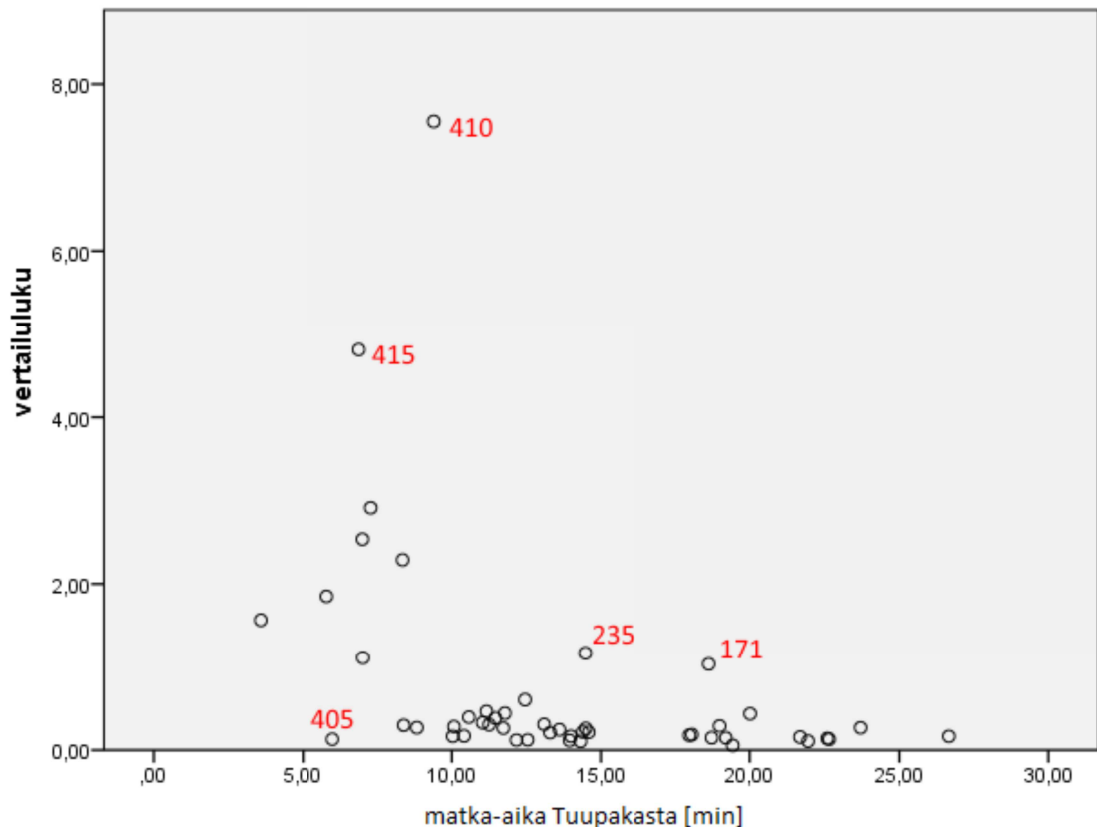
mukaan, jossa M on ennustealueen paino, w matkavastus ja a sekä b ovat kalibrointivakioita. Tässä mallinnuksessa painona käytetään kunkin ennustealueen tavaraliikenteen matkatuotosta, jotka on laskettu luvussa 5.1, ja matkavastuksena matka-aikaa ennuste-alueiden välillä päiväaikaan.

Eli jos ennustealueet järjestetään matkavastuksen mukaiseen järjestykseen Tuupakasta ja matkat jaetaan kullekin ennustealueelle ennustealueen painolla, pitäisi tuloksena olla laskeva käyrä matkavastuksen kasvaessa (kuva 16). Näin suurin piirtein tapahtuukin, kun muistetaan, että ennustealueilla, jonne on vain yksi tai kaksi matkaa, tulos ei ole kovin tarkka. Selviksi poikkeamiksi nousevat:

- 410, Kivistö (Keimolanportin huoltoasema),
- 415, Viinikka,
- 235, Juvanmalmi,
- 171, Vuosaaren satama,

- 405, Vantaanlaakso.

Poikkeamat 415 ja 405 voivat selittyä sillä, että todelliset matka-ajat Tuupakasta näihin aivan viereisiin ennustealueille riippuvat huomattavasti matkojen tarkoista lähtö- ja pääteposteistä, jota keskiarvoinen matka-aika ei kuvaa kovin hyvin. Vuosaaren poikkeama selittyy satamalla, jonka läpi kulkevaa ulkomaanliikennettä eivät matkatuotoslaskelmat tietenkään ota huomioon. Kivistössä taas on Keimolanportin huoltoasema, joten sinne kohdistunee asiointi- ja huoltomatkoja esimerkiksi, kun kuljettajat käyvät tauolla. Tosin itse matkoja sinne oli vain kaksi kappaletta. Ainoastaan Juvanmalmi jää selittämättä. Mahdollista on, että alueella on runsaasti autojen huoltotoimintaan liittyvää toimintaa, kuten kuorma-autojen pesupalvelua tai tiloja autojen yösäilytykseen.



Kuva 16: Matkat ennustealueille jaettuna ennustealueen matkatuotoksella järjestettynä sen mukaan, mikä on matka-aika Tuupakasta kullekin ennustealueelle. X-akselilla on siis matka-aika Tuupakasta ja y-akselilla matkat alueelle jaettuna alueen tavaramatkatuoksella. Poikkeavat ennustealueet on merkitty punaisilla numeroilla.

Jo tässä vaiheessa voidaan todeta, että gravitaatiomallin teoria näyttäisi selittävän kohtuudella matkoja, mutta mallin painotekijöihin olisi hyvä lisätä nyt lasketun matkatuotoksen lisäksi myös tieto ennustealueen merkityksestä huollon ja asiointin osalta. Kuten kuvien 12 ja 13 graafeista nähdään, on näiden osuus liikenteestä kuitenkin

huomattava. Kun tavaraliikenteen matkatuotokset lasketaan ympäristöministeriön suunnitteluohjeen [3] mukaan, huomioon tulee otetuksi vain varsinainen hyötyajo. Arviolta iso osa tästä liikenteestä tulee huomioiduksi, jos isojen huoltoasemien generoima liikenne saadaan laskelmiin mukaan. Ministeriön suunnitteluohjeessa lasketaan huoltoasemien osalta vain polttoainekuljetukset, eikä käytetystä paikkatietoaineistosta pysty poimimaan erikseen raskaan kaluston huoltoon erikoistuneita yrityksiä.

Toisekseen aineisto on sen verran pieni, että sen pohjalta ei varsinaista regressiomallia välttämättä kannata edes tehdä, varsinkaan, jos puhdistetaan aineistosta pitkämatkainen liikenne, tyhjänä ajo yms. Etenkin kalibraatiovakiot olisivat tässä tilanteessa lähinnä suuntaa antavia. Ongelmallista on erityisesti se, että huomattavaan osaan ennustealueista ei tule lainkaan tavaraliikenteen matkoja tai vain yksi matka. Oletettavasti näissä tapauksissa tällä Tuupakasta lähtevällä matkamäärällä odotusarvo sille, että matka osuu näille ennustealueille, on noin nollan ja yhden välillä. Kun havainto kuitenkin on aina kokonainen matka, huomattavassa osassa ennustealueita suhteellinen virhe on todella suuri. Toisaalta 190 matkasta 155 osuu ennustealueille, joille on enemmän kuin yksi matkaa, joten mallinnusta voidaan parantaa poistamalla yksittäiset matkat ilman, että aineisto supistuu merkittävästi. Tällöin kuvaa 16 vastaavat matkat jaettuna kohteen painolla etäisyysjärjestyksessä ovat kuvan 17 näköisiä.

Joka tapauksessa, jos koko aineisto sovitetaan gravitaatiokaavaan, saadaan Tuupakasta lähteville matkoille malli

$$m_i = 0,074 \frac{M_i}{w_i^{1,944}}.$$

Tilastollisesta merkittävydestä kertova R-luku on 0,395. Kun aineistosta poistetaan yksittäiset matkat, tulokseksi saadaan

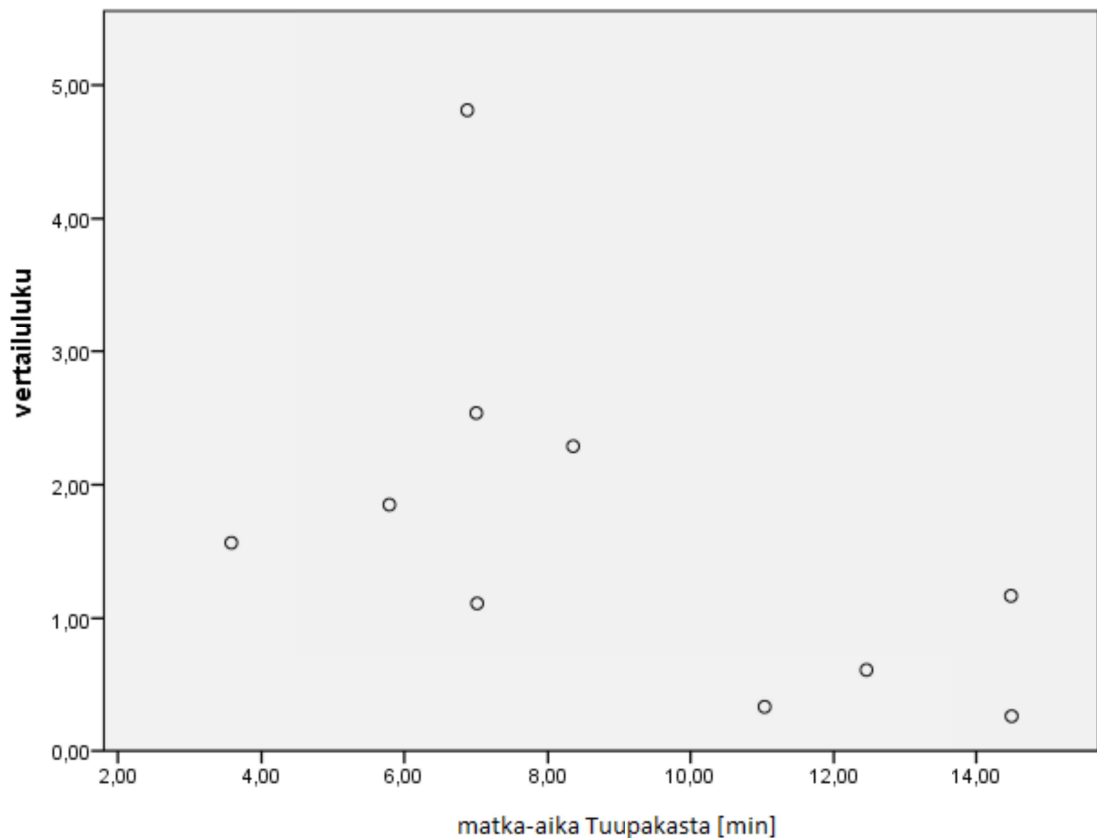
$$m_i = 0,039 \frac{M_i}{w_i^{1,758}},$$

ja R-luku on 0,242. Kun mukaan otetaan vain matkat ennustealueille, joille on vähintään kolme matkaa, saadaan

$$m_i = 0,030 \frac{M_i}{w_i^{1,567}},$$

jossa otoksen koko on 133 matkaa ja R-luku on 0,168. Tässä tapauksessa ennustealueita, jonne on matkoja, on 10 kappaletta.

Tulosta voisi parantaa ottamalla huomioon aineistosta vain jakeluliikenteen matkat lähelle. Nyt käytettyä aineistoa se kuitenkin pienentäisi jo turhan paljon. Toinen tapa parantaa tulosta olisi nyt laskettujen matkatuotosten lisäksi täydentää ennustealueiden painoja esimerkiksi tiedolla taukojen pitämiseen soveltuvista huoltoasemista ja huoltoa, kuten ajoneuvojen pesua tarjoavien yritysten sijainneista.



Kuva 17: Matkat ennustealueille, kun mukaan otetaan vain ne ennustealueet, joihin on vähintään kolme matkaa, jaettuna ennustealueen matkatuotoksella järjestettynä sen mukaan, mikä on matka-aika Tuupakasta kullekin ennustealueelle. X-akselilla on siis matka-aika Tuupakasta ja y-akselilla matkat alueelle jaettuna alueen tavaramatkatuoksella.

Joka tapauksessa ottaen huomioon, että lähtöaineisto ei ole kovin iso ja että se on kerätty vain yhdeltä alueelta, näyttäisi gravitaatiomalli selittävän kohtuullisen hyvin matkojen suuntautumista. Regressioanalyysin tulokset ovat liitteenä 2. Poistamalla ennustealueet, joille on vain yksittäisiä matkoja, mallin ennustuskyky paranee huomattavasti.

5.4 Johtopäätelmät ja kehittämismahdollisuudet

Matkatuotosten mallinnus vaikuttaisi onnistuvan tässä työssä tehdyllä tavalla, kunhan isoimpien hypermarkettien tuotokset saadaan laskettua tarkemmin. Vertailut tehtyihin raskaan liikenteen mittauksiin ennustealueilta ovat yhtäpitäviä tehtyjen laskennallisten matkatuotosten kanssa laskentojen koko huomioon ottaen. Tosin raskaan liikenteen laskentoja, joissa on mitattu koko liikenne joltain alueelta sisään ja ulos, on toistaiseksi tehty vain logistiikka- ja teollisuusalueilta, eikä niissäkään pakettiautoliikennettä ole laskettu mukaan. Siksi tärkeää olisikin jossain yhteydessä esimerkiksi osana jotain

muuta laskentaa pyrkiä mittaamaan myös toisentyypisten ennustealueiden sisään ja ulos tuleva tavaraliikenne, jotta varmistuttaisiin ennen kaikkea kaupan tavaraliikennetuotosten oikeellisuudesta. Olisi myös hyvä, jos jollain tavalla saataisiin tietoa raskaan liikenteen kaikkien matkojen lukumääristä, jotta tätä tietoa voitaisiin verrata laskennalliseen matkatuotokseen. Tämä vaatinee kuitenkin laajaa tavaraliikenteen liikennetutkimusta.

Myös tavaraliikenneterminaalien sijoittumismallinnus vaikuttaisi sinällään olevan onnistunut: se antaa järkeviä tuloksia. Kuitenkaan nyt tehty mallinnus ei tuo oikeastaan mitään uutta tietoa. Mallinnus kuitenkin korostaa, että myös logistiikka hyötyy keskeisestä sijainnista maankäytön painopistealueilla, joten logististen toimintojen siirtäminen kaupunkialueen reunalle ei ole aivan ongelmatonta: se tuo lisää kuljetuskustannuksia ja sitä paitsi myös lisää liikennesuoritetta. Liikennesuoritteesta syntyy myös melua ja päästöjä, jotka eivät näy itse kuljetuskustannuksissa. Olisi siis hyvä, jos kaupunkiseudun sisäistä jakeluliikennettä varten löytyisi tilaa läheltä keskustaa. Se tosin vaatinee uusia jakeluliikenteen konsepteja, sillä tällaiset lähellä keskustaa olevat logistiikkatilat eivät luonnollisestikaan voi olla kovin suuria, kun niukasta tilasta kilpailevat muu liike-elämä ja asuminen.

Tuupakan alueelta lähtevien ja sinne saapuvien matkojen suuntautumisen mallinnus gravitaatiomallin perusteella vaikuttaisi myös onnistuvan. On kuitenkin otettava huomioon, että käytetty aineisto ei ollut kovin laaja, ja liian pitkälle meneviä johtopäätelmiä pitää välttää. Gravitaatiomallin painoina voidaan hyvin käyttää ennustealueiden matkatuotoksia tässä työssä kuvatulla tavalla. Tällöin mallinnettua saadaan kuitenkin vain ne matkat, jotka perustuvat suoranaiseen hyötyajoon. Pois jäävät siis huolto- ja asiointi, ensi sijassa siis ajoneuvojen tankkaus ja muu huolto sekä kuljettajien tauot. Hyvä gravitaatiomalli tarvitsee siis vielä täydentävää tietoa eri alueiden painoista. Luonnollisesti toimiva gravitaatiomalli vaatisi selvästi isomman aineiston, joka olisi jollain tapaa vertailukelpoinen henkilöliikennetutkimuksissa saatuihin tuloksiin.

Oikeaa käyttökelpoista mallia rakennettaessa todennäköisesti täytyy tavaraliikenteen matkoja jakaa useisiin luokkiin ja tehdä niille erilliset mallit kuten henkilöliikenteenkin malleissa. Mahdollinen jaottelu voisi lähteä jakamalla matkatuotokset jakelukohteiksi, logistiikkakohteiksi ja huoltokohteiksi, joihin laskettaisiin huoltoasemat, taukopaikat yms. Matkapäiväkirjatyypisen aineiston perustella määriteltäisiin, mikä osa tavaraliikenteen matkoista, jotka lähtevät kustakin matkatuotostyypistä, päättyy kuhunkin matkakohdetyypiin. Esimerkinomaisesti jakelukohteesta lähtevistä tavaraliikenteen matkoista voisi ehkä noin 85 % päättyä toiseen jakelukohteeseen, 10 % logistiikkakohteeseen ja 5 % huoltokohteeseen.

6 PITKÄMATKAISEN TAVARALIIKENTEEEN MALLINTAMINEN

Pitkämatkanaisista tavaraliikennettä ei kannata mallintaa samalla tavalla kuin kaupungin sisäistä liikennettä, joka on pääosin jakeluliikennettä. Niiden toimintalogiikat ovat olennaisesti erilaisia. Keskeisiä eroja on kohteiden määrässä: pitkämatkainen liikenne kulkee seudulla vain muutaman logistiikkakeskuksen ja isoimpien tehtaiden ja varastojen välillä, jakelu taas ulottuu suureen määrään kauppiaita, yrityksiä ja osa jakelusta tulee suoraan kotitalouksille. Toisekseen kuljetusten luoma liikennetarve määräytyy eri tavalla: pitkämatkanaisessa liikenteessä olennaisia ovat itse tavaramäärät, jotka halutaan kuljettaa mahdollisimman pienillä yksikkökustannuksilla, jakeluliikenteessä taas täytyy useimmiten lähteä reitin optimoinnista eli siitä, kuinka jakeluajoneuvo pystyisi käymään kerralla mahdollisimman monta kohdetta mahdollisimman pienellä ajomatalla. Jakeluliikenne tapahtuu lähes täysin pakettiautoilla tai jakelua varten varustelluilla kuorma-autoilla muiden kulkumuotojen ollessa marginaalisia. Sen sijaan pitkämatkanaisessa liikenteessä ovat vaihtoehtoina kaikki kuljetusmuodot: maantiekuljetusten lisäksi rautatiet, vesireitit ja vieläpä lentokuljetukset.

Pitkämatkanaisen tavaraliikenteen mallinnuksessa lähtökohtana yleensä onkin tavaravirtojen mallinnus, joka sitten sovitetaan kuljetusverkkoon. Tavaravirrat verkolla voidaan muuntaa liikennesuoritteiksi, kuten kuorma-autoja tai junanvaunuja päivässä. Tavaravirrat eivät ole staattisia riippuen vain maankäytöstä, vaan varsinkin teollisuuden kuljetukset vaihtelevat huomattavasti vuodesta toiseen yleisen taloustilanteen sekä toimintojen uudelleensijoittumisen johdosta.

6.1 Frisbee-malli

Liikenne- ja viestintäministeriö on tilannut tavaraliikenteen mallin, joka pitää sisällään Suomen ja Pohjois-Euroopan tarkemmin kuvattuna ja muun maailman karkeammin. Se pystyy siis mallintamaan Suomen koko ulkomaankaupan. Malli on nimetty Frisbee-tavaraliikennemalliksi, ja se on rakennettu Montrealin yliopistossa kehitetyn STAN-mallinnusohjelmiston päälle (katso esim. [26], liite 2).

Mallin osia ovat alueet, kuljetusverkko, logistiikkasolmut, kuten satamat ja logistiikka-alueet, kuljetuspalveluiden tarjonta ja kustannukset, 13 eri tavaralajin tavaravirrat alueiden välillä sekä joitain muita kuljetuksiin vaikuttavia taustamuuttujia. Malli sijoittaa alueiden väliset tavaravirrat kuljetusverkolle niin, että kokonaiskustannukset minimoituvat.

Liikenne- ja viestintäministeriö päivittää Frisbee-mallia jatkuvasti. Malliin voidaan myös yhdistää talousmalleja, jolloin ensin voidaan rakentaa erilaisia tulevaisuuden talousskenaarioita, joiden perusteella laskea muutokset eri tuotteiden kysynnässä ja tarjonnassa ja tältä pohjalta laskea muutokset tavaravirroissa. Muutokset tavaravirrassa tuodaan sitten Frisbee-malliin.

6.2 Frisbee-mallin soveltuvuus Helsingin seudulle

Mallissa kuljetusverkko Helsingin seudulla käsittää päätiet, rautatiet, satamat ja Kehä III:n logistiikka-alueen. Se kuvaa tilanteen kohtuullisen tarkasti, joskin kaikki isot logistiikkakeskukset eivät ole Kehä III:n logistiikka-alueella, esimerkiksi S-ryhmän tuleva iso logistiikkakeskus Sipoossa. Aluejako mallissa Suomen osalta vastaa Euroopan unionin Nuts-aluejaon kolmatta tasoa, mikä tarkoittaa maakuntajakoa. Jako siis osuu kohtuullisen hyvin yhteen Helsingin seudun rajan kanssa. Malli simuloi siis suunnilleen tavaraliikenteen, joka kulkee Helsingin seudulta muualle, muualta seudulle ja seudun läpi.

Mallia käytettäessä pitää mallin antama liikennevirta sijoittaa HSL:n omien mallien liikenneverkolle. Se vaatii Frisbee-mallin solmujen sijoittamista HSL:n aluejakoon, joko ennustealueille tai suoraan sijoittelualueille. Satamat ovat pistemäisiä kohteita, tieliikenne muualle Suomeen kulkee selkeästi muutaman päätien kautta, jotka ovat HSL:n liikennemallissa mukana, mutta Kehä III:n logistiikka-alue on levittäytynyt usealle eri ennustealueelle. Tavalla tai toisella tälle alueelle tuleva ja lähtevä liikenne pitäisi jakaa ennuste- tai sijoittelualueille, ja kuten sanottu, osa liikenteestä menee suorastaan Kehä III:n logistiikka-alueesta ohi. Lähtökohtana sijoittelulle voisi pitää esimerkiksi Logistiikkakeskusten sijainti- ja verkostoselvityksen [4] päivitettyä listausta keskusten sijainneista ja kokoluokista. (Katso kuva 1.)

Johtopäätelmänä kuitenkin on, että Frisbee-malli on sopivan tarkka ollakseen käyttökelpoinen pohja pitkämatkaisen tavaraliikenteen mallintamiseen Helsingin seudulla. Käyttöönotto vaatii kuitenkin lisämallin, jossa Frisbee-mallin yhden logistiikka-alueen liikenne hajoitetaan useammalle ennustealueelle. Mahdollisesti tarpeen on myös lisätä muita logistiikka-alueita kuten Kerava, tai kaikkein isoimmat yksittäiset logistiikkakeskukset Frisbee-malliin. Se ei ole kuitenkaan ongelma, koska malli mahdollistaa tämäntapaiset modifikaatiot.

7 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄ

Työssä keskeisintä on tehty mallinnukset ja arvioinnit siitä, missä määrin kokeillut mallinnusmenetelmät soveltuvat HSL:n käyttöön sen liikennemallinnustyössä. Mallinnettaessa on samalla syntynyt tekijälle jonkinlainen käsitys käytettävissä olevista aineistoista, myös siitä, millaisia aineistoja tällä hetkellä puuttuu. Näin lopuksi on myös luontevaa suhteuttaa nyt tehtyä työtä yleisempiin teoreettisiin kehyksiin.

Työn alussa kuitenkin käsiteltiin yleisluontoisemmin tavaraliikennejärjestelmiä, millainen tavaraliikennejärjestelmä on Helsingin seudulla ja tavaraliikenteen mittaamista sekä mallintamista. Kuvaudesta voi tehdä sen johtopäätelmän, että Helsingin seudun tavaraliikennejärjestelmässä ei ole mitään erityisen poikkeavaa: jakeluliikenne perustuu pitkälti kuorma- ja pakettiautoihin, joiden käyttöä ei ole erikoisesti rajoitettu ja pitkämatkaisen liikenteen näkökulmasta Helsingin seudulla on muutama valtakunnallisesti keskeinen solmupiste, kuten Vuosaaren satama tai Kehä III:n logistiikkavyöhyke. Kuitenkin aivan viime aikoina tätä loppuyhteenvetoa kirjoitettaessa on Helsingissäkin virinnyt keskustelu jakeluliikenteen ongelmista keskikaupungilla ja on ryhdytty varovasti pohdiskelemaan, tulisiko sitä jotenkin rajoittaa tai voisiko uudet älyliikenteen sovellukset auttaa tilannetta. (Katso esimerkiksi Ylen nettiartikkeli [27].) Kohtuullisen hyvä arvaus on, että tulevaisuudessa tällä rintamalla myös jotain tapahtuu ja jakeluliikennejärjestelmään tulee uusia elementtejä. Millaisia ne ovat, on kysymys, jolla voi tällä hetkellä vain spekuloida. Suuntaa voi hakea tarkastelemalla muualla Euroopassa suuremmissa kaupungeissa käyttöön otettuja ratkaisuja tai tulevaisuuden suunnitelmia.

Kaupunkien tavaraliikenteen mittaamisessa ja mallintamisessa on selvästi muutos käynnissä. Uusia tutkimusmenetelmiä otetaan jatkuvasti käyttöön ja tutkimuksia tehdään yhä enemmän. Samoin mallintamisen teoria kehittyy jatkuvasti ja konkreettisia mallinnuksia tehdään yhä enemmän. Myös Helsingin seudulla tavaraliikenteen osuus liikennetutkimuksissa ja liikennemalleissa on koko ajan lisääntynyt sitä mukaa, kun uusia liikennejärjestelmäsuunnitelmia ja niihin liittyviä tutkimuksia sekä malleja on tehty.

Perinteisesti liikennemallinnuksissa ei ole lainkaan huomioitu liikenteen vaikutuksia maankäyttöön, vaikka tosiasiallisesti nämä ovat yksi kokonaisuus, josta jomman kumman irrottaminen on keinotekoisia. Taustalla on osin vanha funktionalismin perinteisiin pohjautunut suunnitteluparadigma, jossa oletetaan, että maankäyttö on kokonaan yhteiskunnan kontrolloimaa ja siten myös sen suunnittelemaa; jos näin on, niin silloin ei tietenkään ole mitään tarvetta ennustaa maankäytön muutoksia, vaan tiedot muutoksista saadaan kysymällä asiaa maankäytön suunnittelijoilta. Tosiasiallisesti näin ei kuitenkaan ole, vaan varsinkin isot liikennejärjestelmän muutokset ovat ennakoimattomia muutoksia myös maankäyttöön. Alhaalta yrityselämästä, rakennuttajilta ja tavallisilta

ihmisiltä tuleva paine vaikuttaa myös maankäytön suunnitelmiin varsinkin pitkällä aikajänteellä.

Liikenteen ja maankäytön vuorovaikutuksen huomioiminen mallinuksissa ei tarkoita sitä, että täytyisi tehdä yksinomaan suuria koko kaupunkiseutua kuvaavia jättiläismalleja: vuorovaikutukset voi tuoda liikennemalleihin yksinkertaisemminkin. Esimerkiksi jos ajatellaan kauppaa ja sen aiheuttamaa asiointiliikennettä, niin mallinuksessa voidaan hyvin lähteä siitä, että kauppapaikat tuodaan malliin annettuina, eli niiden sijoittumista ei yritetä mallintaa, mutta sen sijaan voidaan mallintaa kauppapaikkojen merkittävyys asiointikohteina. Eli kun liikennemallilla on ensin laskettu, miten asiointimatkat suuntautuvat, niin tällä perusteella voidaan laskea kauppapaikkojen myyntivolyymi ja käyttää tätä iteratiivisesti liikennemallissa kauppapaikkojen vetovoimatekijänä. Näin liikennemallissa pystytään ottamaan huomioon, miten muutokset liikennemallissa eivät pelkästään suuntaa matkoja uudestaan vaan myös miten tämä uudelleensuuntautuminen vaikuttaa kauppakeskusten suosioon, mikä tietysti taas osaltaan suuntaa uudelleen liikennettä ja niin edelleen. Mallin avulla voidaan sitten hakea uusi tasapainopiste. Lienee selvää, että tulevaisuudessa maankäytön ja liikenteen vuorovaikutukset tulevat yhä vahvemmin osaksi liikenteen mallintamista, osin jo siksi, että tiedonkeruun mahdollisuudet ja tietokonekapasiteetit kasvavat, joten myös maankäytöstä saadaan yhä toimivimpia ja ennen kaikkea niin yksityiskohtaisia malleja, että niistä saadaan hyödyntämiskelpoisia tuloksia myös liikennemallien mittakaavassa.

Tavaraliikenteen osalta maankäytön huomioiminen tarkoittaa ennen kaikkea sitä, että malleissa otetaan huomioon myös, kuinka muutokset liikennevirroissa voivat saada aikaan terminaalien ja muiden liikenteen solmupisteiden uudelleensijoittumista. Pitkämatkaisen tavaraliikenteen malleissa tämä näkökulma on tosin ollut jo pitkään mukana ainakin implisiittisesti, sillä monesti näitä malleja käytetään nimenomaan sen selvittämiseen, olisiko uuden sataman tai terminaalin rakentaminen perusteltua eikä pelkästään uusien liikenneyhteyksien vaikutusten selvittämiseen.

Tämäntapaisten syiden takia myös tässä työssä koetettiin mallintaa jakeluliikenteen terminaalien sijoittumista Helsingin seudulla. Toimivaa mallia ei saatu aikaiseksi tämän työn puitteissa ja käytetyllä aineistolla, vaikkakin mallinnus sinällään auttoi ainakin tämän työn tekijää hahmottamaan selkeämmin muutamia keskeisiä asiaan vaikuttavia tekijöitä. Mallintamisen kannalta hankalaksi ongelmaksi osoittautui sijoittumisen pitkä aikajänne: päätökset nyt käytössä olevien terminaalien sijoittumisesta on tehty pitkällä ajalla aina vähintäänkin 1960-luvulta lähtien. Siksi on hyvin vaikeaa määrittää järkevää otos mallin kalibroimiseksi: olisi tarvittu käsitys siitä, missä terminaalit sijaitisivat, jos kaikki sijoituspäätökset olisi tehty nyt tämänhetkisestä liikenneverkkoa, maankäyttöä ja maan hintatasoa koskevilla tiedoilla.

Kiinnostava havainto oli, että kun sijainnin edullisuutta verrattiin maanhintaan, niin nämä vastasivat suoraan toisiaan, vaikka sijainnin edullisuutta mallinnettiin

jakeluliikenteen näkökulmasta. Siis keskeisin sijoittumiseen vaikuttava tekijä on yksinkertaisesti hintapaine: terminaalit sijaitsevat niin lähellä keskustaa, kuin se vain taloudellisesti katsoen on järkevää. Voidaan arvioida, että terminaalien sijoittuessa yhä kauemmas, tärkeimpänä syynä ei ole uusien sijaintien tarjoamat edut, vaan vanhoissa sijainneissa ei ole mahdollista löytää kohtuulliseen hintaan maata laajennuksille, tai jossain vaiheessa vanhan sijainnin arvo muussa käytössä tulee niin suureksi, että järkevintä on myydä vanha tontti. Johtopäätelmänä tästä on, että maanpaine, joka ajaa terminaalitoimintoja kauemmaksi, lisää jakelun kustannuksia ja syö koko Helsingin seudun kilpailukykyä, kun logistiikka käy hankalammaksi. Luonnollisesti myös samalla liikennesuoritteet ja niiden mukana liikenteen haitat kasvat kuljetettuja tavaramääriä kohden laskettuna. Osana kaupunkilogistiikan kehityshankkeita voisikin olla uusien vähän tilaa vievien terminaalikonseptien luominen niin sanotun citylogistiikan tarpeisiin. Tällaisille voisi järkevästi löytyä tilaa myös nykyistä keskeisimmiltä sijainneilta karkeasti ehkä Kehä I:n tasalta, varsinkin moottoriteiden suoja-alueilta, joita nykyisellään ei voida hyödyntää juuri mitenkään.

Tehty mallinnustyö antoi tekijälleen myös joitain ajatuksia siitä, miten toimiva malli saattaisi olla luotavissa: mallin vapausasteita tulisi rajoittaa siten, että sille annettaisiin ulkoisena muuttujana terminaalikäyttöön soveltuvat alueet ja niiden maksimikapasiteetit kuljetusten lähtöpaikkoina. Mallin puitteissa vain arvioitaisiin, miten jakelukuljetusten alku- ja loppupaikat asettuisivat näille ennalta tiedetyille alueille. Edellytys tälle lähestymistavalle on tieto logistiikka-alueista ja niiden kapasiteeteista, joita HSL:n aikaisemmin tehtyjen selvitysten perusteella tuskin saadaan selville pelkästään paikkatietojen avulla, vaan tarvittaisiin isompi tutkimus, joka ei välttämättä ole kovin edullinen toteutettavaksi. Mutta osana isompaa perusteellista logistiikka-alue selvitystä tämäkin asia kannattanee tutkia.

Toinen työn puitteissa tehty malli oli arvio tavaraliikenteen matkatuotoksista. Tarkoitus oli kokeilla, saisiko jo nyt helposti saatavilla paikkatiedoilla yritysten sijainneista, toimialoista, työntekijämääristä ja vastaavista arvioitua kuljetustarpeiden kysyntä. Tuloksena oli, että tällainen laskelma on tehtävissä ja tulokset järkeviä. Käytettyjen aineistojen puitteissa mallia ei voitu kalibroida, eikä sen tarkkuutta myöskään pystytty arvioimaan. Muutamissa kohdissa tulosten mielekkyys oli kyseenlaista, mikä tietenkään ei ollut yllättävää. Ongelmat liittyivät lähinnä hypermarketteihin, joiden kohdalla tilastoitu myymäläpinta-ala ei enää vaikuttaisi olevan suorassa suhteessa myyntiin ja sitä kautta liikkeen kuljetustarpeisiin. Ongelmaa tulee jo siitä, että isoissa kauppakeskuksissa tai hypermarketeissa tosiasiallinen myyntikäytössä oleva pinta-ala ei välttämättä vastaa kovin hyvin rakennuksen rekisteröityä pinta-alaa. Kun näitä kaupan suuryksiköitä luonnollisestikaan ei ole kovin monta, voitaneen ilman kohtuuttomia hankaluuksia arvioida näiden matkatuotos erikseen selvitettävien tietojen, kuten myymälöiden myynnin perusteella, tai ehkä

yrittäjiltä olisi jopa suoraan saatavissa tiedot päivittäisistä tavaraliikenteen ajoneuvojen käynneistä.

Kolmas ja ehkä keskeisin työn mallinnuksista oli Tuupakan alueen tavaraliikenteen ajoneuvojen suuntautumismallinnus. Toteutettua mallinnusta olisi ehkä parasta katsoa toteutettavuusselvityksenä, englanniksi ”feasibility study”, jossa ensi sijassa selvitettiin, oliko käytetty menetelmä, eli perinteinen gravitaatiomalli, jossa painoina käytettiin edellisessä mallissa laskettuja matkatuotoksia, toteutettavissa ja toimiva tekemällä konkreettinen malli pienellä aineistolla. Tulos sinällään oli myönteinen: malli oli rakennettavissa ja sen antamat tulokset uskottavia. On sitten oma asiansa arvioida, miten pitkälle meneviä päätelmiä mallin käyttökelpoisuudesta voi tehdä, kun kuitenkin pohjalla ollut aineisto ei ollut kovin iso ja se oli kerätty vain yhdeltä melko poikkeavalta alueelta lähteneistä tai sinne päättyneistä matkoista. Aineistoahan ei ollut kerätty nimenomaisesti juuri tätä mallinnusta varten, vaan se oli osa yleisempiä tarkoituksia varten tehtyä logistiikka-alueiden tutkimusta. Varovainen johtopäätelmä siis olisi, että tämän mallinnuksen puitteissa ei ilmennyt mitään sellaista, jonka perusteella voisi epäillä, että käytetty menetelmä ei toimisi. Eli menetelmää kannattaisi kokeilla isommalla ja monipuolisemmalla aineistolla. Kannattaa ehkä korostaa, että tämän mallin puitteissa ei yritetty ratkaista sitä vaikeaa ongelmaa, miten mallintaa yksittäisten matkojen kokoamista jakeluajoneuvojen reiteiksi, eikä ainestokaan olisi tätä mahdollistanut. Kuitenkin jo pelkkä joltain alueelta lähtevien matkojen suuntautumisen malli jo itsessään olisi hyödyllinen.

Yleisemmässä teoreettisessa kehyksessä kyseessä oli siis ajoneuvoperustainen mallinnus: matkatuotoksia laskettaessa ei laskettu itse kuljetustarpeita tonneissa eikä tavaralajeissa, eikä suuntautumismallissa samoin laskettu toimitusten suuntautumisia vaan pelkästään ajoneuvojen. Kuten tätä asiaa käsittelevässä luvussa 3.4 todettiin, nämä mallit eivät ole yleisesti päteviä, vaan ne on aina kalibroitava erikseen eri kaupungeille ja myös, kun tapahtuu isoja muutoksia liikennejärjestelmässä. Mutta selittävämpien mallien tekeminen vaatisi huomattavasti monipuolisempaa aineistoa, kuin nyt on saatavilla. Aineiston hankkiminen olisi iso ja kallis tutkimushanke, vaikkakin automatisoitu tiedonkeruu yhdessä satelliittipaikantimien kanssa saattaisi mahdollistaa tällaisen hankkeen kohtuullisella vaivalla, jos vain riittävän moni logistiikka-alan yritys on valmis osallistumaan hankkeeseen. Mutta kuten sanottu, myös ajoneuvopohjainen malli olisi hyödyllinen ja useimmiten varmaan aivan riittävä liikennejärjestelmätyötä varten, kunhan vain muistetaan, että mallin selittävyys katoaa, jos tapahtuu isoja muutoksia, kuten isoja liikennepoliittisia interventioita tai logistiikkakeskittymien sijainneissa merkittäviä muutoksia.

Lisäksi tämä työ käsittää teoriaosuuden maankäytön mallintamisesta ja selostuksen Suomessa käytetystä pitkämatkaisen tavaraliikenteen Frisbee-mallista ja arvion, kuinka sitä voisi käyttää osana Helsingin seudun tavaraliikenteen mallintamista.

LÄHTEET

1. Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma, nettisivut: www.hsl.fi/hlj (katsottu 31.3.2015).
2. KombiSuomea rakentamassa, Yhdistettyjen kuljetusten edistäminen -hankkeen loppuraportti; Yleinen teollisuusliitto, Helsinki 2010.
3. Hanna Kalenoja, Kaisuliina Vihanti, Ville Voltti, Annu Korhonen ja Nina Karasmaa, Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa; Suomen ympäristö 27/2008, Ympäristöministeriö, Helsinki 2008.
4. Heikki Lahtinen ja Juuso Pulli, Logistiikkakeskuksen kehittäjän käsikirja, Etelä-Suomen logistiikkakeskusjärjestelmän kehittäminen -hanke 2009–2012, nettisivut: www.eslogc.fi/fi/tuloskirja.html (katsottu 14.4.2015).
5. Tavaraliikenteen logistiikkaselvitys, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2001:11.
6. Tavaraliikenne Helsingin seudulla (HLJ 2011), HSL 23/2011, Helsinki 2011.
7. Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010 (HLJ 2011), HSL 33/2011, Helsinki 2011.
8. Tuupakan logistiikka-alueen tavaraliikenteen pilottitutkimus 2012, työraportti, julkaisematon, lisätietoja Pekka Rätty HSL.
9. Logistiikka-alueiden tavaraliikenteen pilottitutkimus 2013, työraportti, julkaisematon, lisätietoja Pekka Rätty HSL.
10. Helsingin matkustajasatamien tavara-autoliikenne syksyllä 2012 (HLJ 2015), HSL 26/2013, Helsinki 2013.
11. Jakeliikenteen GPS-tutkimus 2013, työraportti, julkaisematon, lisätietoja Pekka Rätty HSL.
12. A worldwide overview on urban logistic interventions and data collection techniques, raportti eu-tutkimusprojektin Turblog nettisivuilta (www.turblog.eu): www.inovamais.pt/turblog/results/D1.pdf (katsottu 1.3.2015).
13. Tieliikenteen tavarakuljetukset, 3/2014, Tilastokeskus, Helsinki 2014.
14. Tomi Solakivi & Lauri Ojala & Sini Laari & Harri Lorentz & Juuso Töyli & Jarmo Malmsten & Noora Vihlerlehto, Logistiikkaselvitys 2014, Turun kauppakorkeakoulu, sarja KR-1/2014.
15. Pohjanmaan maankäyttö- liikenne- ja logistiikkaselvitys, Etelä-Pohjanmaan ely-keskus, raportteja 73/2012.
16. Weigh in motion with high speed strip scales, ITS International, november/december 2014.

17. Antonio Comi, Paolo Delle Site, Francesco Filippi 2, Agostino Nuzzolo; Urban Freight Transport Demand Modelling: a State of the Art; European Transport \ Trasporti Europei, 7/51, 2012
18. C. Marchetti, Antropological Invariants in Travel Behaviour, Techological forecasting and social change 47, 75 – 88, 1994
19. Jean-Louis Routhier, Florence Toilier; FRETURB V3, A Policy Oriented Software of Modelling Urban Goods Movement; 11th WCTR, Jun 2007, Berkeley, United States
20. Alan Wilson; The science of cities and regions, lectures on mathematical model design; SpringerBrief of Geography, e-kirja, 2012.
21. I. S. Lowry, A model of metropolis, RM-4035-RC. The Rand Corporation, Santa Monica, 1964.
22. Seutu-CD 2013, HSY.
23. Toimialaluokitus TOL 2008 käsikirja, Tilastokeskus, Helsinki 2008.
24. Helsingin seudun työssäkäyntialueen laajan liikennetutkimuksen (LITU 2008) yhteenveto, HSL 33/2010, Helsinki 2010.
25. Suomen virallinen tilasto (SVT): Osakeasuntojen hinnat, Tilastokeskus, nettisivut: www.tilastokeskus.fi/til/ashi/luo.html (katsottu 15.4.2015).
26. Suomen ja Venäjän välinen liikenne vuosina 2020 ja 2030, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 5/2013, Helsinki.
27. Jakeluliikenteen ongelmat kärjistyvät Helsingin keskustassa, Ylen nett uutinen 31.7.2015 klo 18:30, www.yle.fi/uutiset/jakeluliikenteen_ongelmat_karjistyvat_helsingin_ruuhkaisessa_keskustassa/8174723 (katsottu 5.8.2015)

Selite: Sarakkeina on eri maankäyttöyksiköt ja kahdella ensimmäisellä rivillä on näitä vastaavat matkatuotokset kuorma-autoille ja pakettiautoille. Sen jälkeen on aulukoituna on kunkin maankäyttölajin määrä joko toimipaikkoina tai kerrosneliömetreinä, vastaten ensimmäisten rivien yksikkötuotoksia, kullakin ennustealueella (kuva 6). Lopuksi on laskettuna matkatuotokset edellisten tietojen perusteella ennustealueille sekä kuorma-autoille että pakettiautoille.

ENN ka pa	ELINT_T	TEKST_T	PUU_T	PAPERI_T	GRAAF_T	KEMIAN_T	ELEKTRON_KM_T	METAL_T	RAK_T	LOUH_T	TOIMISTOT	POST_T	VARASTOT	TAVARA_T	Hypermark	SUPERMAR	SUPERMAR	VALINTAM	PIENM	TAVARATA	MOOTTOR_K	
	20,00	10,00	30,00	45,00	16,00	20,00	10,00	11,00	21,00	18	37,00	0,00	0,00	15,00	175,00	0,28	18,00	9,80	5,60	6,00	0,90	0,30
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,30	20,00	25,00	50,00	0,07	5,25	2,80	1,90	1,00	0,50	
101	1	4	0	0	2	0	0	0	1	10	0	2857	2	4	0	1	0	4	19	8740	2	
102	2	14	1	2	17	3	4	0	1	18	0	8521	3	8	0	1	0	8	29	5458	15	
103	4	8	0	0	7	0	3	1	1	9	0	436	2	1	0	1	0	8	9	0	3	
104	1	6	2	3	1	0	2	0	1	13	0	7456	1	3	0	0	1	1	13	3594	4	
105	1	7	0	0	1	0	1	0	0	6	0	3228	1	5	0	0	1	3	3	1631	1	
106	2	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	6588	1	6	0	0	0	2	1	2886	2	
107	3	14	0	1	6	0	2	0	0	14	0	1070	0	12	0	0	1	5	6	0	2	
108	0	1	0	0	2	0	2	0	0	3	0	138	3	16	0	0	0	1	1	0	5	
109	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	4431	0	7	0	0	0	1	1	13605	2	
110	1	2	0	1	2	3	3	1	0	3	1	9500	1	1	0	2	1	0	5	36080	2	
111	2	12	2	1	3	1	4	0	1	8	0	39	1	4	0	0	2	6	5	0	5	
112	0	9	3	0	2	0	0	0	2	8	0	2327	3	4	1	0	1	10	9	0	8	
113	0	2	0	0	2	1	0	0	0	7	0	494	1	4	0	0	0	3	4	0	2	
114	0	4	0	0	0	1	1	0	1	9	0	777	2	2	0	0	1	2	4	0	2	
115	1	0	0	0	3	1	1	0	0	6	0	9436	0	1	0	0	0	4	4	0	3	
116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27195	4	4	1	0	0	0	0	0	4	
117	1	1	0	0	4	0	0	0	0	4	0	1938	1	0	0	0	1	1	2	0	1	
123	5	7	1	0	17	0	6	1	1	10	0	23326	3	12	0	1	2	4	8	0	3	
125	0	3	0	1	6	0	2	1	1	9	0	160	1	7	0	1	1	4	5	16788	2	
126	0	1	1	0	5	0	1	0	1	2	0	3520	1	7	0	0	1	3	4	522	3	
127	2	7	1	1	8	1	7	4	1	10	0	3356	2	11	0	2	0	2	4	1673	15	
128	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	12898	0	0	0	0	0	2	1	0	4	
129	0	3	0	0	0	0	0	0	1	5	0	32516	3	5	0	0	0	3	4	955	5	
130	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	0	40990	2	0	0	1	1	0	4	1121	4	
131	1	3	0	0	1	1	2	0	1	3	0	1567	0	7	0	1	2	3	5	901	6	
132	1	0	0	0	3	1	2	0	1	5	2	3111	1	0	0	4	0	2	4	1362	3	
133	7	4	1	1	17	5	15	2	4	14	0	1276	2	41	0	1	1	4	4	3110	38	
134	2	4	0	0	7	0	2	1	3	5	0	15522	6	23	0	2	0	1	3	4297	39	
135	1	1	0	0	4	0	1	0	1	1	0	527	2	4	0	0	0	2	3	631	2	
136	1	0	0	0	2	0	1	1	2	4	0	8200	1	0	0	0	1	4	4	47890	6	
137	0	0	2	0	2	0	2	0	0	2	0	458	0	7	0	0	0	1	3	598	5	
138	0	2	0	0	4	0	4	0	6	9	0	3211	1	12	2	0	1	2	2	807	15	
139	0	3	1	0	1	1	1	0	1	5	0	38	2	11	0	1	0	3	4	2015	5	
140	0	1	0	0	3	0	0	0	1	4	0	775	3	7	0	1	0	1	1	2398	7	
141	0	1	0	0	1	1	0	0	1	4	0	216	2	8	0	0	2	2	1	990	0	
142	1	1	0	0	3	0	0	0	1	1	0	167	0	15	0	0	1	1	0	587	2	
143	0	0	0	0	1	0	1	0	1	3	0	6589	1	4	0	0	0	4	3	3077	3	
144	1	1	0	0	4	2	1	1	4	5	0	1798	0	13	0	100	0	1	2	4	2402	21
145	0	2	0	0	4	0	1	0	1	3	0	2032	3	9	1	0	1	1	3	1657	9	
146	3	5	0	0	1	2	3	0	3	8	0	328	1	31	1	100	1	1	5	9	13762	12
148	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	4	17	0	0	0	3	1	765	7	
149	0	1	0	0	1	0	2	0	0	2	0	430	0	13	0	0	0	3	2	1309	1	
150	1	2	1	0	3	1	3	2	9	4	0	929	2	39	0	0	3	1	5	4058	13	
151	1	2	0	1	4	0	1	0	3	0	0	4181	2	12	0	0	1	2	6	1032	32	
156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	
159	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	0	3	2	999	5	
161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	316	0	0	0	1	0	4	2	1992	1	
162	0	3	0	0	1	0	0	0	0	3	0	125	0	7	0	0	0	2	1	1867	5	
165	3	2	1	0	7	1	2	1	3	3	0	305	3	7	0	2	2	5	14	2537	12	

LITE 1 (5/6)	WSP_ENN	ELINT_T	TEKST_T	PUU_T	PAPERI_T	GRAAF_T	KEMIAN_T	ELEKTRON_KM_T	METAL_T	RAK_T	LOUH_T	TOIMISTOT	POST_T	VARASTOT	TAVARA_T	Hypermark	SUPERMAF	SUPERMAF	VALINTAM	PIENM	TAVARATA	MOOTTOR_K	
	ka	20,00	10,00	30,00	45,00	16,00	20,00	10,00	11,00	21,00	18	37,00	0,00	0,00	15,00	175,00	0,28	18,00	9,80	5,60	6,00	0,90	0,30
pa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,30	20,00	25,00	50,00	0,07	5,25	2,80	1,90	1,00	0,50	
232	0	1	0	0	2	2	2	0	1	0	1	280	0	16	0	0	0	0	0	0	0	5	
212	2	2	0	0	2	0	0	0	1	4	0	275	1	13	0	0	1	2	2	1100	0	4	
237	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	3	
413	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	7	
414	1	0	0	0	0	1	0	0	3	4	0	517	2	9	0	0	0	1	0	0	0	6	
158	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	280	1	6	0	2	1	3	3	987	0	4	
160	2	10	0	0	27	0	8	2	8	15	0	2595	2	41	0	1	1	2	7	628	84		
157	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	1	695	0	2	
173	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1370	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	
155	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2544	1	9	0	0	0	1	1	745	0		
121	1	2	1	0	1	0	0	0	2	1	0	3013	1	0	0	0	0	2	5	5156	0	1	
120	2	1	0	0	8	1	1	0	0	4	0	126	1	12	0	0	0	1	0	4200	0	5	
119	1	10	1	0	6	0	2	0	0	8	0	172	2	2	1	0	0	6	13	0	0	15	
118	3	1	0	1	2	1	2	0	0	7	0	13512	1	0	0	1	2	5	13	3083	0	6	
124	11	2	0	0	3	1	1	0	2	2	0	9634	1	28	0	0	0	1	3	0	0	10	
122	2	4	0	0	11	1	0	0	0	6	0	1698	0	1	0	0	1	3	7	2856	0	7	
163	1	4	1	0	11	1	8	0	1	7	0	1070	1	21	0	1145	2	1	3	16	22733	14	
164	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3000	0	2	0	0	1	0	1	3	569	2	
166	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	432	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	
153	1	0	1	0	1	0	1	0	19	5	0	242	0	113	0	0	0	0	0	0	790	40	
154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	2	1	0	1	0	0	4	3545	0	3	
152	1	2	0	0	6	0	1	1	9	5	0	625	0	19	0	0	0	3	1	622	0	9	
147	2	1	1	3	4	0	2	1	9	2	0	4537	0	37	1	0	0	1	1	2747	0	27	
169	0	3	0	0	3	1	1	0	0	0	0	692	2	1	1	2	1	2	6	20529	0	8	
168	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	226	0	5	0	1	1	1	4	686	0	6	
167	0	1	1	0	7	0	0	0	2	5	0	260	0	9	0	0	0	1	1	771	0	16	
171	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3465	0	14	1	0	0	1	0	0	0	7	
437	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	3	2	0	0	0	3	0	1800	0	5	
174	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1360	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
434	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	64	1	3	0	0	0	1	0	0	0	9	
432	0	1	2	0	0	0	1	0	3	3	0	1000	1	7	0	1	0	2	5	668	0	13	
433	1	1	0	0	2	0	1	0	7	7	0	2767	3	17	0	2	0	2	5	1929	0	11	
418	4	0	1	0	4	2	10	2	5	14	0	5649	3	50	1	0	0	3	0	1131	0	47	
415	0	0	0	0	1	0	2	0	4	1	0	99	1	45	3	0	0	0	2	2472	0	20	
407	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
412	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	
411	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	334	1	6	0	0	0	1	2	0	0	3	
410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
408	0	0	0	0	3	1	1	2	4	3	0	604	0	13	0	0	0	1	2	2472	0	9	
238	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	150	1	12	0	0	0	2	1	0	0	8	
235	3	2	2	0	2	2	4	2	12	13	1	1865	2	60	0	0	0	2	1	799	0	60	
224	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	119	0	5	0	1	0	1	1	140	0	9	
231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	
436	6	2	0	0	1	0	0	0	1	5	1	73	1	11	0	0	2	3	5	666	0	8	
435	1	2	0	0	0	1	3	3	6	8	0	202	1	31	0	0	0	1	0	1255	0	8	
419	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4922	1	19	1	0	0	0	6	0	0	2	
431	2	0	1	0	0	0	2	0	4	3	0	0	0	7	0	0	0	2	1	0	0	7	
422	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	185	0	1	0	0	0	1	2	600	0	4	

Liite1 (2/6)

lyhenteet: ENN Ennustealueen numero
pa pakettiauto
ka kuorma-auto

ENN	HUONEK_KRAUTA_K	KODINT_K	VAATE_K	ALKOHOLILAPTEEKKI	KUKKAK	KIRJAK	OPTIKKO	TUKKUK	HUOLTOA	HUOLTOA_SAIRAALA	TERVEYSKEVANHAINK	PVKODIT	PERUSKOU	AMIS	YLIOPISTO	KAIKKI_TP	MATKATUOTOKSET	pa	ka			
	0,15	0,30	0,15	0,03	0,10	0,05	2,00	1,50	0,01	0,90	1,00	0,75	0,20	0,10	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03			
101	10	1	1	79	2	4	4	8	7	57	0	0	1103	0	0	4691	0	17861	1693	8728,99	9253,395	
102	48	9	7	123	2	8	7	17	18	224	0	0	6066	0	6034	834	6080	3795	4539	3935	10481,37	8055,39
103	13	2	2	25	1	2	8	0	3	62	1	0	0	0	0	235	3128	0	0	1315	880,31	736,595
104	8	5	1	21	3	2	2	2	2	47	0	0	0	0	0	7400	0	0	0	1184	4729,58	4067,39
105	7	0	2	7	1	1	2	4	1	42	2	0	0	4273	0	389	5449	2936	3806	853	5259,59	2488,645
106	1	2	0	2	0	1	1	0	0	55	1	0	0	0	0	566	3122	0	0	491	4724,50	2952,78
107	15	3	1	20	1	2	3	3	1	96	1	0	1798	0	0	250	3724	0	3305	1284	2251,43	1465,395
108	1	0	0	2	0	0	0	0	0	33	0	0	328	0	0	0	0	1030	0	245	760,86	474,91
109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	973	6005	0	0	95	10193,95	12516,35
110	1	2	2	3	5	2	1	2	1	58	0	0	7491	0	0	0	3980	5165	0	685	23579,89	34521
111	18	9	1	11	0	1	4	4	0	68	1	0	0	0	0	301	6154	3600	5278	1474	2459,06	1020,71
112	6	5	1	17	1	3	5	6	3	77	0	1	31713	0	0	919	4674	0	6338	1383	10049,64	7427,055
113	5	1	0	4	1	2	1	0	0	29	1	0	7577	2333	0	627	7707	6316	0	574	4956,31	2218,8
114	0	0	1	3	0	1	0	2	0	31	1	0	0	0	12396	895	9768	0	19367	451	6172,97	1163,44
115	0	0	1	0	0	2	3	1	1	25	1	0	1708	0	0	224	0	6704	0	662	4586,50	708,195
116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	41	8388,50	237,2
117	1	0	0	1	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	1730	780	0	16988	20670	415	7557,28	1008,46
123	5	1	0	9	0	3	1	1	1	78	0	0	0	4200	0	671	3270	12004	0	902	11773,67	1680,815
125	9	1	1	5	1	3	3	1	2	49	0	0	35158	0	3405	412	9386	16007	31637	635	24413,82	24002,5
126	5	0	1	0	0	1	4	0	0	13	2	0	5098	0	1492	2282	1159	4340	0	432	6823,67	1925,46
127	8	4	0	8	0	2	3	5	2	221	2	0	0	2712	5332	1255	3155	2540	0	1263	6110,43	2993,02
128	1	0	0	2	0	0	1	0	0	34	0	0	0	788	0	1060	5110	0	0	359	6097,06	273,11
129	1	2	2	4	0	3	3	0	2	25	0	0	0	3760	3340	722	9690	0	0	626	13585,22	1653,93
130	0	0	0	4	1	1	1	2	1	30	1	0	0	443	0	1749	874	0	0	297	15768,55	1218,215
131	3	2	1	5	0	1	2	0	0	33	3	0	6385	0	4109	229	10186	8373	0	503	5034,25	2724,88
132	1	1	0	0	0	4	1	1	1	55	2	1	0	2219	3200	96	3294	14802	0	656	5215,98	2118,165
133	5	0	2	7	1	7	0	0	1	168	2	0	0	0	0	1280	1061	19195	12826	1129	10012,53	5376,855
134	1	1	1	2	1	0	1	0	1	82	1	0	0	0	0	283	3925	8119	0	431	9525,16	4857,605
135	2	2	1	1	0	1	0	0	0	23	0	0	0	1863	0	450	4644	3422	0	272	2718,96	1089,49
136	1	0	0	4	1	2	2	1	2	26	1	0	0	1271	5834	161	4141	0	0	436	27797,57	43603,23
137	0	0	1	0	0	1	0	0	0	23	0	0	0	150	0	659	860	0	0	248	1736,20	860,8
138	1	2	1	0	0	2	1	0	0	29	1	0	0	2352	4610	803	3422	1543	0	384	4534,09	2066,85
139	2	2	0	3	1	1	1	3	1	66	1	0	9167	4361	1354	148	1852	0	0	617	5020,41	4625,405
140	0	1	0	0	0	1	0	0	0	39	2	0	0	0	7507	1609	3998	0	0	372	4937,30	2598,4
141	1	1	0	1	0	0	0	0	0	20	0	0	0	2393	2318	730	4618	0	0	285	3130,70	1513,94
142	1	3	0	0	0	0	0	1	0	12	1	0	0	0	0	1903	210	0	0	197	3608,20	902,75
143	0	1	0	0	0	1	3	0	0	33	0	1	0	0	0	437	9565	0	0	320	5011,65	3104,05
144	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	1	1	8658	0	0	1107	5443	0	4419	428	6544,44	4705,935
145	0	0	1	1	0	2	4	0	1	16	0	0	0	0	0	784	1659	0	0	308	3097,71	2045,675
146	3	2	0	4	1	5	1	3	4	69	1	0	834	3086	0	983	4002	12837	0	752	12722,66	14285,13
148	2	1	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	785	391	0	0	259	2121,07	1115,91
149	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17	1	0	0	0	4566	469	1805	0	0	293	2284,37	1564,36
150	3	1	0	1	0	1	0	0	0	49	0	0	500	1216	0	823	6788	0	0	442	5567,34	5091,51
151	1	0	0	0	0	1	2	0	0	16	1	0	0	2300	0	620	7650	0	0	391	4299,30	1723,5
156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	290	541	0	124	715	0	0	2	806,35	329,25
159	1	0	0	0	0	0	2	1	0	17	0	0	0	0	7481	970	210	411	0	275	2680,82	1145,37
161	2	1	0	1	0	1	0	0	1	13	1	0	0	16855	0	1422	5205	0	0	245	8675,28	3596,435
162	4	1	1	0	0	1	1	1	0	23	1	0	0	0	9531	874	4896	0	0	419	3501,59	2074,57
165	3	2	3	0	1	2	3	2	1	49	1	0	0	3303	15797	748	5990	0	0	594	5337,89	3553,475

LIIITE 1 (4/6)	WSP_ENN	HUONEK_KRAUTA_K	KODINT_K	VAATE_K	ALKOHOLILAPTEEKKI	KUKKAK	KIRJAK	OPTIKKO	TUKKUK	HUOLTOA	HUOLTOA_SAIRAALA	TERVEYSKEVANHAINK	PVKODIT	PERUSKOU AMIS	YLIPISTO	KAIKKI_TP	MATKATUOTOKSET					
	ka pa	0,15	0,30	0,15	0,03	0,10	0,05	2,00	1,50	0,01	0,90	1,00	0,75	0,20	0,10	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	pa	ka
170	5	1	1	2	0	0	2	0	0	24	0	0	0	0	357	4633	630	0	485	6165,27	3196,29	
172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	393	0	0	51	912,51	471,53	
201	0	0	1	0	0	0	0	0	0	34	0	1	0	0	420	0	0	0	257	2842,60	303,7	
202	1	0	1	0	0	2	0	1	0	41	1	0	0	1228	0	1140	0	5262	26260	447	8288,10	3324,82
203	4	2	3	11	2	3	1	3	5	43	0	0	0	1900	0	1005	8762	2420	0	774	7245,82	1419,075
205	0	2	0	1	1	0	0	0	0	56	1	0	0	0	634	4249	0	0	330	4086,26	2297,12	
207	1	0	0	0	0	1	2	0	0	60	1	0	0	290	956	754	2847	0	0	556	2808,61	947,73
217	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	1	0	0	1120	0	877	1726	1674	0	98	3783,40	188,43
222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	976	3271	1688	0	167	4337,77	4051,09	
225	1	2	0	0	0	1	0	0	0	41	1	0	305	2662	900	545	4328	0	0	347	2656,86	1328,28
301	3	2	0	1	1	1	1	0	1	36	2	0	15480	3157	3904	574	8425	0	2514	410	7835,71	5222,745
401	0	1	0	1	0	1	1	2	0	52	0	0	0	0	841	4650	383	0	386	6573,63	1731,31	
402	20	11	0	4	0	2	0	0	1	59	3	0	0	900	3020	984	1175	0	0	477	3367,17	2298,475
403	6	2	2	12	1	2	3	3	4	61	3	0	0	0	6850	955	1493	12880	0	908	5284,67	2130,81
404	0	1	1	0	0	1	1	0	1	29	1	0	0	0	3370	823	7652	1923	0	380	10829,14	14345,66
405	0	0	0	0	0	1	0	0	0	19	1	0	0	0	0	963	886	0	0	124	6651,22	1015,71
406	9	7	0	0	1	0	0	0	0	62	1	0	0	0	1285	433	0	0	293	4826,51	2753,68	
409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	27,20	35,1
416	0	1	0	1	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	916	575	0	0	239	2177,83	1016,58
417	13	12	11	34	3	2	1	8	4	83	0	0	0	0	3065	999	11134	0	0	720	7180,25	6330,63
420	2	4	0	1	0	1	2	0	0	90	2	0	0	0	0	223	231	0	0	381	4982,00	5041,19
421	0	2	2	10	1	4	3	3	5	53	3	0	0	1045	0	570	550	989	12352	794	7032,00	4752,075
423	0	1	0	0	0	1	2	0	1	18	0	0	0	0	953	1065	6942	0	0	352	2829,35	960,105
424	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	964	1915	23166	0	171	5278,73	416,74
425	9	4	1	2	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	516	3407	0	0	182	9319,65	14929,43
426	0	1	0	0	0	0	1	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	6173,30	8152,3
427	0	1	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	1031	3564	0	0	132	1830,68	157,24
428	1	1	0	0	0	0	3	1	0	10	1	0	0	0	0	618	1175	8776	0	211	3163,95	1505,36
429	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	665	7250	0	0	115	2599,88	1430,23
430	0	0	0	2	1	1	1	0	0	4	1	0	45155	0	674	1077	5815	5726	0	163	13186,09	11088,16
223	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	727	5616	0	0	140	2739,32	2351,01
218	4	2	1	1	0	0	3	0	1	34	2	0	0	4739	0	535	5864	3332	0	602	3995,21	1831,745
219	6	0	3	35	1	2	1	3	5	74	0	0	0	245	0	940	2400	17428	0	739	5729,10	1652,805
220	1	0	0	1	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	1221	3976	0	0	219	8558,30	1794,34
221	1	1	1	2	0	0	1	0	3	50	2	0	0	2812	0	376	8400	0	0	364	4459,56	2280,575
209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1644	0	0	63	305,58	209,44
226	3	2	1	7	1	2	2	2	2	29	0	0	1403	0	1105	1076	4598	0	0	615	3998,67	2696,05
214	1	0	0	0	0	0	1	0	0	10	1	0	395	0	0	1033	4568	0	0	209	2841,26	1758,93
215	11	10	5	2	0	1	0	0	1	46	2	0	0	0	0	585	6080	0	0	476	4697,46	4857,315
216	2	0	0	2	0	0	0	0	0	34	2	0	0	0	2061	376	10623	0	0	295	3120,84	2884,2
233	0	1	0	0	0	1	1	1	0	4	0	0	0	0	0	1640	6855	0	0	104	3822,35	1357
213	1	1	0	4	1	2	2	2	2	36	2	0	0	3964	10513	811	211	6376	0	595	7303,70	4057,68
211	0	4	0	2	0	0	0	1	1	50	1	0	0	0	307	447	5115	0	0	374	10873,50	17210,59
208	7	2	0	25	1	2	2	2	3	70	1	0	0	4046	466	378	11476	599	0	758	3204,10	1403,065
210	9	8	4	5	1	2	1	1	2	137	1	0	19464	0	0	838	470	0	0	949	8679,25	9375,71
206	4	0	0	2	1	1	1	1	0	64	1	0	0	423	3234	0	5280	0	0	519	1270,49	1016,55
204	1	0	0	1	0	1	1	0	0	45	1	0	0	0	448	956	3236	7229	0	464	5968,21	928,66
228	4	2	2	1	0	0	1	0	0	9	1	0	1971	0	0	1370	2851	0	0	154	3662,05	1698,44
236	2	1	0	0	0	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	354	0	0	101	1846,38	303,34
229	1	0	0	1	0	0	0	1	0	10	1	0	0	306	1170	782	4816	647	0	168	1876,25	235,91
227	5	7	2	1	0	0	3	0	0	37	2	0	0	0	1523	868	390	11947	0	368	4428,74	1702,28
230	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	4253	3328	0	2912	0	107	6370,69	784,98
234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	680	0	0	0	37	240,20	116,7

LITE 1 (G/6)	WSP_ENN	HUONEK_KRAUTA_K	KODINT_K	VAATE_K	ALKOHOLILAPTEEKKI	KUKKAK	KIRJAK	OPTIKKO	TUKKUK	HUOLTOA	HUOLTOA_SAIRAALA	TERVEYSKEVANHAINK	PVKODIT	PERUSKOU AMIS	YLIOPISTO	KAIKKI_TP	MATKATUOTOKSET					
	ka pa	0,15	0,30	0,15	0,03	0,10	0,05	2,00	1,50	0,01	0,90	1,00	0,75	0,20	0,10	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	pa	ka
232	1	1	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	330	0	376	7305	0	0	185	1697,95	540,4
212	3	1	0	2	0	1	3	0	0	23	0	0	0	0	0	660	26	0	0	311	2007,88	1432,02
237	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1319	0	0	85	365,63	216,79
413	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	146,10	130,15
414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	10245	0	0	700	907	0	0	142	3588,89	2379,07
158	1	1	2	1	0	1	1	1	0	33	0	0	0	3000	0	1378	4405	323	988	379	4282,48	1565,05
160	5	10	2	11	1	2	0	0	0	158	1	0	0	0	0	2099	308	0	0	1031	5523,39	2549,26
157	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	0	0	0	0	0	994	1574	0	0	170	2113,78	784,44
173	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	376	132	0	0	48	1021,14	73,72
155	2	0	0	2	0	0	0	0	0	21	1	0	0	0	2471	803	240	0	0	228	2801,13	913,47
121	2	0	1	1	0	0	0	0	0	24	1	0	0	0	0	0	0	17190	18056	374	8824,08	5564,56
120	2	2	0	3	0	0	0	1	0	49	1	0	0	0	0	0	0	0	0	392	2516,34	4294,69
119	11	1	2	11	0	2	3	1	3	40	0	0	890	0	9108	700	3636	6997	2329	1023	3789,26	1222,575
118	4	3	1	5	1	3	3	2	6	23	0	0	0	0	0	404	0	0	0	565	6294,95	3264,88
124	1	3	1	6	0	0	1	0	0	71	1	0	0	0	5354	1735	0	0	0	352	6672,16	964,42
122	4	2	0	7	1	2	4	0	1	35	1	0	0	4607	0	2312	10470	5511	0	738	8434,21	3702,725
163	16	3	9	38	3	5	2	4	7	76	1	0	0	0	2680	837	1769	0	0	716	14023,12	21901,37
164	1	0	0	2	0	1	1	0	0	18	2	0	12670	6199	0	688	388	0	0	235	6719,57	3824,54
166	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	388	3853	0	0	154	1069,61	109,13
153	1	2	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	3323,40	3008,95
154	1	0	0	0	0	1	2	0	0	3	0	0	0	2089	0	828	5243	0	0	124	4209,06	3516,63
152	0	1	0	2	0	0	1	0	0	24	1	0	0	0	0	746	9177	0	0	345	2769,35	1423,03
147	1	1	0	0	0	0	0	2	0	42	2	0	0	0	0	1104	0	0	0	245	5419,70	3800,25
169	3	2	2	4	1	0	2	5	3	22	1	0	0	0	0	722	6327	0	0	502	12177,51	18966,66
168	1	0	0	1	0	0	2	0	0	17	0	0	0	274	0	1109	169	0	0	239	2328,46	867,17
167	1	0	1	0	0	0	0	1	0	34	2	0	0	0	2675	967	4526	0	0	356	2685,87	1235,71
171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	66	1448,00	483,1
437	4	1	1	2	0	1	1	0	0	16	0	0	0	0	0	960	166	0	0	266	2487,18	1765,52
174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	407	232	0	0	108	1068,74	53,82
434	1	0	0	1	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	599	1486	4205	0	0	228	2691,36	156,62
432	2	2	0	2	0	1	3	2	2	15	0	0	0	915	5218	631	12485	0	0	420	3330,42	1258,35
433	3	3	1	1	1	0	0	0	0	26	3	0	0	0	0	963	4683	199	0	457	4130,24	2493,45
418	0	1	3	0	0	0	0	0	0	173	1	0	0	0	0	0	0	5305	0	617	4611,95	2877,3
415	1	1	1	2	0	0	0	0	0	38	1	0	0	0	0	0	0	1378	0	199	2811,36	3630,44
407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2415	0	0	12	244,05	99,15
412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	410	0	0	27	130,90	134,5
411	0	1	0	0	0	0	1	0	1	11	1	0	0	0	0	1440	8063	0	0	138	3012,31	265,335
410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1630	0	0	5	114,10	18,3
408	0	1	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	1786,80	2711,7
238	1	0	0	0	0	1	1	0	0	7	0	0	0	1445	0	0	7742	0	0	113	1355,04	484,02
235	2	0	0	0	0	0	0	1	0	71	0	0	0	0	0	748	7819	0	0	480	4253,73	2595,19
224	1	1	1	1	1	1	2	1	0	31	1	0	0	0	0	720	3497	0	0	364	1604,12	395,45
231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	207	760	0	0	65	465,90	69,7
436	1	0	2	0	0	1	1	1	1	31	4	0	0	0	0	1030	8055	0	0	458	2814,25	1253,655
435	1	2	0	0	0	0	1	0	0	36	0	0	0	0	0	371	3906	0	0	326	2355,72	2069,71
419	2	0	1	4	1	1	0	4	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	181	2050,32	571,32
431	1	0	0	2	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	879	3464	0	0	181	1753,04	397,05
422	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	1	0	0	0	0	725	0	0	0	156	1479,70	602,2

Selite:

Taulukossa on annettu ennustealueittain matkatuotokset (luku 5.1) paketti- ja kuorma-autoille, jakelun kustannukset pääkaupunkiseudulle, jos kaikki kohteet jaettaisiin kyseisestä solusta, ennustealuetta vastaavat postinumeroalueet, vanhojen asuntojen nelilöhinat ja solussa sijaitsevat tavaraliikenteen terminaalit rakennusrekisteristä ja Etelä-Suomen logistiikkaselvityksestä.

Lyhenteet:

ENN Ennustealueen numero
pa pakettiauto
ka kuorma-auto
rakrek rakennusrekisteri
logselv logistiikkaselvitys

ENN	MATKATUOTOKSET		kmhinta_pa kmhinta_ka minhinta			ENN	postinro	Vanhojen asuntojen myyntinelilöhinat 2014	terminaait	
	pa	ka	pa	ka	yht				rakrek	logselv
101	8728,99	9253,395	4243964,05	2948615,14	7192579,2	101	100	6000		
102	10481,37	8055,39	4248996,84	2954017,84	7203014,68	102	100	6000		
103	880,31	736,595	4252077,03	2957321,28	7209398,3	103	120	6114		
104	4729,58	4067,39	4247895,63	2952838,38	7200734,01	104	130	7171		
105	5259,59	2488,645	4249577,18	2954641,68	7204218,86	105	170	6142		
106	4724,5	2952,78	4254883,74	2960339,92	7215223,66	106	160	6147		
107	2251,43	1465,395	4253362,67	2958707,09	7212069,77	107	140	6794		
108	760,86	474,91	4257678,36	2963333,77	7221012,13	108	150	6544		
109	10193,95	12516,35	4256987,26	2962597,21	7219584,47	109	220	6280		1
110	23579,89	34521	4256215,05	2961770,88	7217985,92	110	180	6060		
111	2459,06	1020,71	4250049,55	2955153,97	7205203,52	111	260	5919		1
112	10049,64	7427,055	4254964,72	2960441,15	7215405,87	112	250	5700		
113	4956,31	2218,8	4263343,18	2969448,06	7232791,24	113	270	5441		
114	6172,97	1163,44	4270767,55	2977448,71	7248216,26	114	280	4771		
115	4586,5	708,195	4265481,22	2971763,64	7237244,86	115	240	5118		
116	8388,5	237,2	4272060,44	2978883,56	7250944,01	116		4300		
117	7557,28	1008,46	4264047,22	2970215,14	7234262,36	117		4600		
123	11773,67	1680,815	4259993,11	2965865,14	7225858,24	123	550	4599		
125	24413,82	24002,5	4272062,52	2978898,91	7250961,43	125	560	4926		
126	6823,67	1925,46	4273416,81	2980356,69	7253773,5	126	610 & 600	4000		
127	6110,43	2993,02	4266703,9	2973082,4	7239786,3	127	210	5178		
128	6097,06	273,11	4268670,12	2975300,65	7243970,77	128	200	4898		
129	13585,22	1653,93	4272780,37	2979632,71	7252413,09	129	330	4926		
130	15768,55	1218,215	4279390,59	2986733,01	7266123,6	130	350	4144		
131	5034,25	2724,88	4279233,43	2986558,68	7265792,11	131	320	4375		
132	5215,98	2118,165	4287323,52	2995353,3	7282676,82	132	400	3733		
133	10012,53	5376,855	4286758,62	2994696,49	7281455,11	133	370	3134		
134	9525,16	4857,605	4295237,51	3003967,11	7299204,62	134	390	3100		4
135	2718,96	1089,49	4296669,2	3005518,52	7302187,72	135	410	2571		
136	27797,57	43603,23	4292024,46	3000552,61	7292577,07	136	420	2996		
137	1736,2	860,8	4294485,68	3003198,89	7297684,58	137	430	3248		
138	4534,09	2066,85	4278299,84	2985638,36	7263938,2	138	630	3212		
139	5020,41	4625,405	4283068,48	2990766,75	7273835,23	139	650 & 640	3350		
140	4937,3	2598,4	4290517,03	2998852,38	7289369,41	140	660	3419		2
141	3130,7	1513,94	4291891,97	3000479,13	7292371,1	141	670	3435		
142	3608,2	902,75	4288016,24	2996252,17	7284268,4	142	680	3127		
143	5011,65	3104,05	4293706,35	3002441,97	7296148,32	143	720	3914		
144	6544,44	4705,935	4285568,1	2993608,67	7279176,77	144	790	3156		
145	3097,71	2045,675	4283757,11	2991670,99	7275428,1	145	710	2578		
146	12722,66	14285,13	4296954,44	3005915,87	7302870,31	146	700	3184		
148	2121,07	1115,91	4305083,57	3014696,95	7319780,52	148	780	3078		1
149	2284,37	1564,36	4299190	3008409,29	7307599,29	149	740	2714		2
150	5567,34	5091,51	4300680,59	3010114,51	7310795,1	150	740	2714		
151	4299,3	1723,5	4306794,92	3016852,27	7323647,19	151	750	2637		1
156	806,35	329,25	4297108,52	3006105,57	7303214,1	156				
159	2680,82	1145,37	4280926,04	2988567,03	7269493,08	159	820	2897		3
161	8675,28	3596,435	4278555,91	2986036,41	7264592,32	161	800	4064		
162	3501,59	2074,57	4283785,84	2991813,34	7275599,18	162	930	3259		
165	5337,89	3553,475	4296663,91	3005744,5	7302408,41	165	940	2301		
170	6165,27	3196,29	4298088,22	3007290,35	7305378,57	170	980	3122		5
172	912,51	471,53	4262208,37	2968273,98	7230482,35	172	890			
201	2842,6	303,7	4272776,3	2979879,22	7252655,52	201	2150	3551		
202	8288,1	3324,82	4281711,79	2989507,38	7271219,16	202	2150	3551		
203	7245,82	1419,075	4278934,06	2986557,21	7265491,27	203	2100 & 2110	4250		
205	4086,26	2297,12	4283935,75	2992023,92	7275959,67	205	2120	4231		
207	2808,61	947,73	4283281,67	2991289,2	7274570,87	207	2160 & 2170	4200		
217	3783,4	188,43	4289647,15	2998051,39	7287698,54	217	2650	3531		
222	4337,77	4051,09	4299900,4	3009200,82	7309101,22	222	2610	3812		
225	2656,86	1328,28	4310951,08	3021200,26	7332151,34	225	2710	2747		
301	7835,71	5222,745	4304147,89	3013830,84	7317978,73	301	2700	3576		
401	6573,63	1731,31	4306702,7	3016412,54	7323115,24	401	1630 & 1710 & 1640	2980		
402	3367,17	2298,475	4305077,48	3014680,13	7319757,61	402	1650 & 1660	2550		1
403	5284,67	2130,81	4300791,32	3010105,06	7310896,38	403	1600 & 1610	3700		
404	10829,14	14345,66	4305315,15	3015061,94	7320377,09	404	1620	2370		
405	6651,22	1015,71	4303530,53	3013103,52	7316634,05	405	1670	2911		
406	4826,51	2753,68	4313895,57	3024311,45	7338207,01	406	1720 & 1680	2800		2
409	27,2	35,1	4323361,5	3034679,11	7358040,61	409	1730	1806		3
416	2177,83	1016,58	4315282,31	3025900,63	7341182,94	416	1690	3274		
417	7180,25	6330,63	4302269,42	3011851,17	7314120,59	417	1520	3599		
420	4982	5041,19	4301494,54	3011070,01	7312564,55	420	1510	3637		1

LIITE 3 (2/2)

WSP_ENN MATKATUOTOKSET			kmhinta_pa kmhinta_ka minuuttihinta			WSP_ENN postinro Vanhojen asuntojen			terminaait	
pa	ka		pa	ka	yht			myyntinelöhinnat 2014	rakrek	logselv
			0,01	0,02	0,4					
421	7032	4752,075	4308838,51	3019052,93	7327891,44	421	1300	3029		
423	2829,35	960,105	4312367,95	3022901,03	7335268,99	423	1350	2605		
424	5278,73	416,74	4313236,59	3023887,99	7337124,58	424	1370	2895		
425	9319,65	14929,43	4303542,71	3013432,23	7316974,94	425	1230	2874	1	1
426	6173,3	8152,3	4308715,99	3018996,64	7327712,64	426	1200	2305		
427	1830,68	157,24	4315742,32	3026801,51	7342543,83	427	1420	2305	1	2
428	3163,95	1505,36	4315360,13	3026343,46	7341703,58	428	1400	2853		
429	2599,88	1430,23	4323213,98	3034796,08	7358010,05	429	1400	2853		
430	13186,09	11088,16	4319361,68	3030662,58	7350024,26	430	1400	2853	1	
223	2739,32	2351,01	4300686,01	3009982,01	7310668,01	223	2620	3136		
218	3995,21	1831,745	4296633,3	3005556,63	7302189,93	218	2660	3200		
219	5729,1	1652,805	4288508,2	2996721,51	7285229,71	219	2600	3827		3
220	8558,3	1794,34	4290712,35	2999196,04	7289908,4	220	2140	3106	1	
221	4459,56	2280,575	4297572,73	3006693,71	7304266,44	221	2630	3191		
209	305,58	209,44	4296269,27	3005414,16	7301683,43	209	2750	3492		2
226	3998,67	2696,05	4314611,75	3025237,32	7339849,07	226	2760	2741		
214	2841,26	1758,93	4304368,11	3014308,71	7318676,82	214	2280	3381		
215	4697,46	4857,315	4298421,91	3007864,83	7306286,75	215 2270 & 2300		3500	1	5
216	3120,84	2884,2	4307080,05	3017390,28	7324470,33	216	2330	3764	1	
233	3822,35	1357	4320620,76	3032115,01	7352735,77	233	2780	2866		
213	7303,7	4057,68	4303282,72	3013251,21	7316533,93	213	2320	2918	1	9
211	10873,5	17210,59	4302307,4	3011972,38	7314279,78	211 2360 & 2260		2700		
208	3204,1	1403,065	4292517,81	3001321,56	7293839,37	208	2230	3532		
210	8679,25	9375,71	4290397,89	2999077,23	7289475,12	210 2210 & 2240		3200		
206	1270,49	1016,55	4294840,45	3003762,41	7298602,86	206	2180	3554		2
204	5968,21	928,66	4285482,89	2993623,67	7279106,57	204	2130	3830		
228	3662,05	1698,44	4314794,42	3025621,54	7340415,96	228	2740	3153		
236	1846,38	303,34	4337201,82	3049972,58	7387174,4	236	2940	3076		
229	1876,25	235,91	4320781,18	3032173,28	7352954,46	229	2940	3076	1	
227	4428,74	1702,28	4312807,54	3023429,95	7336237,49	227	2770	2853		
230	6370,69	784,98	4328823,09	3040998,82	7369821,92	230	2860			
234	240,2	116,7	4322226,61	3033854,08	7356080,7	234	2780	2866		2
232	1697,95	540,4	4314572,73	3025550,65	7340123,38	232	2780	2866		
212	2007,88	1432,02	4312849,93	3023501,03	7336350,96	212	2380			1
237	365,63	216,79	4343203,69	3056090,73	7399294,42	237	2970	2805		
413	146,1	130,15	4330158,47	3042275,6	7372434,07	413	1750	3212	1	14
414	3588,89	2379,07	4337253,1	3049870,77	7387123,88	414	1760	3212	1	2
158	4282,48	1565,05	4287033,62	2995179,32	7282212,94	158	840	3233	4	17
160	5523,39	2549,26	4275628,21	2982887,3	7258515,51	160	810	4320		
157	2113,78	784,44	4286261,01	2994385,04	7280646,05	157	590	3233		
173	1021,14	73,72	4311271,7	3021668,65	7332940,35	173	890	2701		
155	2801,13	913,47	4267208,21	2973722,74	7240930,95	155	570	4286		
121	8824,08	5564,56	4256560,14	2962183,95	7218744,09	121	500	5114		
120	2516,34	4294,69	4265134,67	2971435,87	7236570,54	120	540			
119	3789,26	1222,575	4253416,09	2958779,64	7212195,73	119	530	5156		
118	6294,95	3264,88	4251954,21	2957204,9	7209159,11	118	530	5156		3
124	6672,16	964,42	4262484,39	2968578,25	7231062,64	124	580	4286		2
122	8434,21	3702,725	4257225,47	2962876,86	7220102,33	122	510	4906		
163	14023,12	21901,37	4281932,34	2989794,23	7271726,57	163	900	2976		3
164	6719,57	3824,54	4287283,07	2995586,11	7282869,18	164	920	2614		
166	1069,61	109,13	4295842,36	3004883,2	7300725,56	166	950	3349		
153	3323,4	3008,95	4303453,06	3013201,46	7316654,51	153	770	2095		
154	4209,06	3516,63	4295679,06	3004796,01	7300475,06	154	770	2095		
152	2769,35	1423,03	4307405,03	3017523,52	7324928,55	152	760	2797		2
147	5419,7	3800,25	4298940,1	3008104,83	7307044,94	147	700	2578	3	32
169	12177,51	18966,66	4300096,29	3009479,17	7309575,46	169	980	3122		
168	2328,46	867,17	4299004,86	3008304,71	7307309,56	168	970	2555		
167	2685,87	1235,71	4288165,48	2996590,48	7284755,95	167	950	3349	1	
171	1448	483,1	4307915,97	3017925,85	7325841,82	171	980	3122		
437	2487,18	1765,52	4300923,23	3010432,44	7311355,67	437	1280	2528		
174	1068,74	53,82	4314954,12	3025974,99	7340929,11	174	890	2701		
434	2691,36	156,62	4322294,61	3034016,19	7356310,8	434	1490	2958		
432	3330,42	1258,35	4327683,28	3039833,8	7367517,08	432	1450	2515		
433	4130,24	2493,45	4324140,85	3036039,54	7360180,39	433	1480	2173		
418	4611,95	2877,3	4302584,01	3012266,12	7314850,13	418	1530	3600		
415	2811,36	3630,44	4314713,01	3025434,06	7340147,07	415	1740	2800		
407	244,05	99,15	4311734,56	3022050,46	7333785,02	407	1730	1806		
412	130,9	134,5	4324154,48	3035668,49	7359822,98	412	1750	3212		
411	3012,31	265,335	4323895,65	3035249,67	7359145,32	411	1700	3212		
410	114,1	18,3	4316957,79	3027750,54	7344708,33	410	1760	3212		
408	1786,8	2711,7	4312280,86	3022620,11	7334900,96	408	1730	1806		2
238	1355,04	484,02	4324985,27	3036341,96	7361327,22	238	2970	2805		1
235	4253,73	2595,19	4326644,25	3038141,2	7364785,45	235	2920	2903		2
224	1604,12	395,45	4311099,09	3021191,54	7332290,64	224	2730	3090		
231	465,9	69,7	4340197,95	3053419,46	7393617,41	231	2860			1
436	2814,25	1253,655	4303640,95	3013481,65	7317122,59	436	1230	2874		
435	2355,72	2069,71	4312112,67	3022722,97	7334835,64	435	1200	2305		
419	2050,32	571,32	4308274,11	3018477,73	7326751,83	419	1530	3200		
431	1753,04	397,05	4310445,18	3020922,83	7331368,01	431	1390	2997		

Selite:

Taulukossa on annettu ennustealueittain matkatuotokset (luku 5.1) paketti- ja kuorma-autoille, matkavastukset ennustealueelle 416 (Tuupakka) ja kuljettajahaastatteista saatujen matkojen suuntautumiset.

Lyhenteet:

ENN	Ennustealueen numero
pa	pakettiauto
ka	kuorma-auto
hatiah	matka-aika aamuruuhkassa henkilöautolla
haleap	matkanpituus aamuruuhkassa henkilöautolla
hatipa	matka-aika päivällä henkilöautolla
halepa	matkanpituus päivällä henkilöautolla
hatiih	matka-aika iltaruuhkassa henkilöautolla
haleih	matkanpituus iltaruuhkassa henkilöautolla
in	Matkat Tuupakkaan alueelta
out	Matkat Tuupakasta alueelle

ENN	MATKATUOTOKSET		ENN	MATKAVASTUKSET						MATKAT		
	pa	ka		hatiah	haleah	hatipa	halepa	hatiih	haleih	in	out	yht
101	8728,99	9253,395	gf101	39,571	18,566	21,131	18,99	22,471	19,481			0
102	10481,37	8055,39	gf102	40,756	18,915	21,95	18,969	24,489	19,807	2		2
103	880,31	736,595	gf103	42,235	19,694	23,275	19,697	25,379	20,421			0
104	4729,58	4067,39	gf104	40,059	19,057	21,899	19,824	23,423	20,146			0
105	5259,59	2488,645	gf105	37,997	18,348	20,311	19,658	20,865	19,239			0
106	4724,5	2952,78	gf106	40,754	19,693	22,656	21,035	23,475	20,658	1		1
107	2251,43	1465,395	gf107	42,024	19,888	23,703	20,423	25,287	20,885		1	1
108	760,86	474,91	gf108	43,986	20,506	24,776	20,314	27,088	20,89			0
109	10193,95	12516,35	gf109	42,41	19,38	23,021	19,501	26,454	20,171			0
110	23579,89	34521	gf110	42,256	19,126	22,633	19,247	26,058	19,925			0
111	2459,06	1020,71	gf111	39,094	18	20,306	17,967	22,346	18,826			0
112	10049,64	7427,055	gf112	36,974	17,228	18,326	16,945	20,028	17,743			0
113	4956,31	2218,8	gf113	34,306	15,14	16,142	15,582	18,753	16,341			0
114	6172,97	1163,44	gf114	31,059	13,998	14,391	14,426	16,534	15,337			0
115	4586,5	708,195	gf115	32,138	15,198	15,228	15,395	15,996	15,598			0
116	8388,5	237,2	gf116	30,783	13,434	13,949	13,91	14,123	14,485	1		1
117	7557,28	1008,46	gf117	32,363	14,844	15,243	15,655	16,043	15,742			0
118	6294,95	3264,88	gf118	36,189	17,304	18,838	18,532	19,303	18,289			0
119	3789,26	1222,575	gf119	35,535	16,623	18,172	17,617	18,588	17,525			0
120	2516,34	4294,69	gf120	40,583	17,446	19,202	18,338	20,517	18,27		1	1
121	8824,08	5564,56	gf121	35,422	16,795	17,947	17,86	18,5	17,807			0
122	8434,21	3702,725	gf122	34,751	16,144	17,175	17,063	17,696	17,002			0
123	11773,67	1680,815	gf123	33,483	15,555	16,601	16,704	17,368	16,882			0
124	6672,16	964,42	gf124	35,041	16,359	17,637	17,339	18,622	17,294			0
125	24413,82	24002,5	gf125	36,576	14,878	16,035	15,738	17,449	15,774			0
126	6823,67	1925,46	gf126	28,2	14,056	14,711	15,05	15,068	14,867			0
127	6110,43	2993,02	gf127	41,948	25,637	25,215	24,465	30,801	27,265			0
128	6097,06	273,11	gf128	39,917	24,335	24,09	25,105	29,527	25,925			0
129	13585,22	1653,93	gf129	33,635	15,967	17,445	16,352	22,341	17,848			0
130	15768,55	1218,215	gf130	28,463	14,48	16,272	15,371	19,075	17,349			0
131	5034,25	2724,88	gf131	25,378	13,022	13,604	13,67	15,366	14,478			0
132	5215,98	2118,165	gf132	23,757	11,656	12,714	12,34	14,088	13,058			0
133	10012,53	5376,855	gf133	27,653	13,688	14,492	14,867	16,605	15,043	2	2	4
134	9525,16	4857,605	gf134	18,607	10,25	12,843	11,596	14,68	12,116			0
135	2718,96	1089,49	gf135	15,108	8,693	11,01	9,002	12,517	9,177			0
136	27797,57	43603,23	gf136	20,449	9,814	11,129	10,254	12,642	10,486			0
137	1736,2	860,8	gf137	20,651	9,676	11,459	10,232	13,35	10,541		1	1
138	4534,09	2066,85	gf138	22,259	12,186	12,456	13,109	12,723	13,092	2	2	4
139	5020,41	4625,405	gf139	24,919	13,053	14,314	14,405	15,014	14,324		1	1
140	4937,3	2598,4	gf140	20,865	10,641	12,609	12,131	13,138	12,326			0
141	3130,7	1513,94	gf141	19,13	9,369	12,273	10,503	13,214	10,399			0
142	3608,2	902,75	gf142	18,569	8,942	11,781	10,183	12,516	10,088	2		2
143	5011,65	3104,05	gf143	18,071	9,453	12,545	10,972	13,405	10,89		1	1
144	6544,44	4705,935	gf144	28,092	15,019	17,981	17,692	20,878	17,687	1	1	2
145	3097,71	2045,675	gf145	22,849	12,538	15,2	15,559	17,186	15,378			0
146	12722,66	14285,13	gf146	19,215	9,677	13,505	11,352	14,374	10,642			0
147	5419,7	3800,25	gf147	21,383	13,991	14,387	14,288	15,828	12,569	1	1	2
148	2121,07	1115,91	gf148	17,87	10,964	13,097	11,02	14,214	10,905	1		1
149	2284,37	1564,36	gf149	16,129	8,289	10,983	9,404	11,642	9,272			0
150	5567,34	5091,51	gf150	13,588	8,85	10,071	8,81	10,668	8,79	2	1	3
151	4299,3	1723,5	gf151	13,987	9,216	10,031	9,027	10,907	8,922		1	1
152	2769,35	1423,03	gf152	15,76	11,372	11,721	10,827	12,977	10,643			0
153	3323,4	3008,95	gf153	17,698	11,666	13,003	11,423	14,2	11,306			0
154	4209,06	3516,63	gf154	18,556	14,623	14,392	14,379	16,526	14,262			0
155	2801,13	913,47	gf155	35,299	23,52	20,209	19,971	25,891	20,394			0
156	806,35	329,25	gf156	40,617	28,006	28,586	27,387	35,633	30,712			0
157	2113,78	784,44	gf157	37,723	25,702	25,538	24,994	32,502	28,31			0
158	4282,48	1565,05	gf158	37,595	25,162	25,768	24,729	33,13	28,079			0
159	2680,82	1145,37	gf159	33,265	20,916	22,138	23,252	26,001	23,698			0
160	5523,39	2549,26	gf160	33,411	21,304	22,122	22,502	28,58	25,452			0
161	8675,28	3596,435	gf161	32,704	19,276	21,268	21,656	24,611	21,29			0
162	3501,59	2074,57	gf162	30,264	18,803	19,878	21,402	23,358	21,331			0
163	14023,12	21901,37	gf163	30,462	18,533	19,432	21,486	22,79	21,207		2	2
164	6719,57	3824,54	gf164	28,458	17,394	18,477	20,04	21,711	20			0
165	5337,89	3553,475	gf165	25,685	16,875	18,187	19,23	21,328	18,46			0
166	1069,61	109,13	gf166	25,765	18,087	18,131	18,949	20,909	18,004			0
167	2685,87	1235,71	gf167	29,685	18,995	19,533	20,198	22,536	20,036			0

LIITE 3 (2/4)

ENN	MATKATUOTOKSET		ENN	MATKAVASTUKSET						MATKAT		
	pa	ka		hatiah	haleah	hatipa	halepa	hatiih	haleih	in	out	yht
168	2328,46	867,17	gf168	24,317	17,921	17,659	17,718	20,393	17,614			0
169	12177,51	18966,66	gf169	25,207	21,093	20,08	20,593	22,905	20,484			0
170	6165,27	3196,29	gf170	27,005	22,335	21,749	22,374	24,917	21,981			0
171	1448	483,1	gf171	23,044	20,764	18,628	20,521	21,137	20,407		1	2
172	912,51	471,53	gf172	44,013	21,667	25,893	22,788	27,099	22,755		1	0
173	1021,14	73,72	gf173	21,981	18,609	17,851	18,385	24,056	17,959			0
174	1068,74	53,82	gf174	22,982	21,4	18,938	21,171	26,367	21,018			0
201	2842,6	303,7	gf201	32,63	20,423	19,761	21,249	24,698	22,078			0
202	8288,1	3324,82	gf202	35,398	20,506	20,454	21,157	25,669	22,1			0
203	7245,82	1419,075	gf203	32,517	20,143	19,788	21,006	25,084	21,905			0
204	5968,21	928,66	gf204	31,408	19,097	18,994	20,041	24,284	20,909	1	1	2
205	4086,26	2297,12	gf205	34,583	21,631	21,684	22,437	27,669	23,308	1		1
206	1270,49	1016,55	gf206	31,305	20,304	20,013	21,426	26,527	22,273		1	1
207	2808,61	947,73	gf207	36,315	23,81	23,74	24,605	29,775	25,479			0
208	3204,1	1403,065	gf208	36,617	25,501	24,585	26,639	34,741	27,63			0
209	305,58	209,44	gf209	34,995	22,758	21,954	23,709	31,205	24,611			0
210	8679,25	9375,71	gf210	35,195	24,867	23,277	25,5	32,19	26,107			0
211	10873,5	17210,59	gf211	38,502	28,403	27,452	29,751	52,53	30,654			0
212	2007,88	1432,02	gf212	38,664	31,901	30,376	33,564	45,696	32,381			0
213	7303,7	4057,68	gf213	35,939	31,214	27,474	32,08	41,725	31,171			0
214	2841,26	1758,93	gf214	30,533	26,651	24,854	27,036	35,596	26,774			0
215	4697,46	4857,315	gf215	35,634	28,043	26,074	29,105	38,661	28,827			0
216	3120,84	2884,2	gf216	32,909	30,71	26,652	30,855	39,037	30,083	1		1
217	3783,4	188,43	gf217	24,511	13,574	15,333	15,765	18,939	15,666			0
218	3995,21	1831,745	gf218	24,698	14,191	14,902	14,478	17,969	14,019			0
219	5729,1	1652,805	gf219	26,301	14,783	15,794	16,358	19,627	17,075			0
220	8558,3	1794,34	gf220	29,655	17,614	17,37	18,127	21,53	18,638			0
221	4459,56	2280,575	gf221	29,452	18,027	18,727	19,862	23,769	20,089	1		1
222	4337,77	4051,09	gf222	27,861	16,855	18,314	18,491	22,153	18,649			0
223	2739,32	2351,01	gf223	23,091	15,049	17,722	17,123	21,167	15,39			0
224	1604,12	395,45	gf224	20,139	13,608	16,849	13,731	19,282	13,751			0
225	2656,86	1328,28	gf225	23,775	16,169	18,437	17,815	23,539	16,336			0
226	3998,67	2696,05	gf226	26,278	22,361	21,72	22,9	32,131	22,502			0
227	4428,74	1702,28	gf227	23,386	21,042	19,225	21,495	29,002	21,293			0
228	3662,05	1698,44	gf228	24,461	19,988	18,069	20,502	28,012	20,147	1		1
229	1876,25	235,91	gf229	18,726	16,918	15,72	17,108	24,783	16,687			0
230	6370,69	784,98	gf230	26,148	25,263	22,594	25,259	33,576	24,956	1		1
231	465,9	69,7	gf231	29,106	30,642	26,207	30,95	38,996	30,677			0
232	1697,95	540,4	gf232	29,101	27,044	24,675	27,667	36,709	27,075			0
233	3822,35	1357	gf233	24,79	24,953	21,414	25,223	33,281	24,784			0
234	240,2	116,7	gf234	24,761	25,537	21,776	25,863	34,143	25,511			0
235	4253,73	2595,19	gf235	15,742	12,602	14,482	13,732	24,579	13,707	3	5	8
236	1846,38	303,34	gf236	19,844	17,189	17,832	17,993	27,308	17,888			0
237	365,63	216,79	gf237	22,809	18,927	19,453	18,283	28,809	17,273			0
238	1355,04	484,02	gf238	16,139	12,561	14,353	13,572	23,172	12,855			0
301	7835,71	5222,745	gf301	28,104	18,519	20,47	21,454	28,097	19,263			0
401	6573,63	1731,31	gf401	14,563	9,722	12,168	10,157	13,884	10,427	1		1
402	3367,17	2298,475	gf402	12,263	8,179	10,97	9,349	12,635	9,495			0
403	5284,67	2130,81	gf403	10,701	6,844	8,829	7,529	10,385	7,62	2		2
404	10829,14	14345,66	gf404	8,626	5,423	7,373	5,99	8,622	6,03			0
405	6651,22	1015,71	gf405	6,911	4,014	5,992	4,686	6,932	4,585		1	1
406	4826,51	2753,68	gf406	11,676	8,235	10,571	9,795	18,106	9,806	1	2	3
407	244,05	99,15	gf407	8,815	5,633	7,279	5,675	12,168	5,612		1	1
408	1786,8	2711,7	gf408	8,611	5,423	7,014	5,364	14,602	4,929	3	2	5
409	27,2	35,1	gf409	12,629	9,703	11,191	9,589	19,617	10,758			0
410	114,1	18,3	gf410	10,845	8,171	9,395	8,071	18,167	7,436	1		1
411	3012,31	265,335	gf411	12,717	9,552	11,251	9,47	19,8	10,605	1		1
412	130,9	134,5	gf412	12,834	10,977	11,217	10,855	19,723	10,601			0
413	146,1	130,15	gf413	13,235	13,365	12,739	13,31	21,999	12,973			0
414	3588,89	2379,07	gf414	14,727	10,728	13,992	12,769	17,16	12,634	1		1
415	2811,36	3630,44	gf415	9,713	5,656	6,877	5,115	6,178	4,315	24	7	31
416	2177,83	1016,58	gf416	7,732	3,732	3,58	2,443	5,636	3,158	2	3	5
417	7180,25	6330,63	gf417	8,807	3,94	5,792	4,128	6,661	4,347	9	16	25
418	4611,95	2877,3	gf418	10,197	5,378	7,001	5,23	6,682	5,159	7	12	19
419	2050,32	571,32	gf419	11,689	6,906	8,35	6,795	8,421	6,928	3	3	6
420	4982	5041,19	gf420	11,753	7,056	8,385	6,964	8,678	6,895	2	1	3
421	7032	4752,075	gf421	14,165	9,376	10,411	9,082	11,008	8,658	2		2
422	1479,7	602,2	gf422	14,124	10,658	10,858	10,433	12,211	10,07			0
423	2829,35	960,105	gf423	15,088	10,673	11,727	10,452	12,578	10,337		1	1
424	5278,73	416,74	gf424	15,631	10,941	12,046	10,609	13,111	10,842			0
425	9319,65	14929,43	gf425	14,434	10,754	11,034	10,769	12,54	10,877	1	7	8
426	6173,3	8152,3	gf426	19,747	11,955	13,295	11,681	14,184	11,479		3	3
427	1830,68	157,24	gf427	20,8	18,977	17,072	18,734	22,845	17,316			0
428	3163,95	1505,36	gf428	17,991	14,16	14,589	13,999	17,38	13,933		1	1
429	2599,88	1430,23	gf429	20,294	15,401	16,835	15,159	19,878	15,079			0
430	13186,09	11088,16	gf430	17,933	13,984	13,876	13,382	16,4	13,208			0
431	1753,04	397,05	gf431	14,324	11,267	11,16	11,103	13,23	10,941		1	1
432	3330,42	1258,35	gf432	19,496	17,206	16,119	17,156	20,108	16,749			0
433	4130,24	2493,45	gf433	21,259	17,859	17,99	18,381	22,454	17,374			0
434	2691,36	156,62	gf434	22,776	22,117	18,876	21,637	25,659	20,87			0

LIITE 3 (2/4)

ENN	MATKATUOTOKSET		ENN	MATKAVASTUKSET						MATKAT		
	pa	ka		hatiah	haleah	hatipa	halepa	hatiih	haleih	in	out	yht
435	2355,72	2069,71	gf435	19,735	15,79	15,976	16,159	18,868	15,126			0
436	2814,25	1253,655	gf436	17,636	13,876	13,61	13,575	15,697	13,408		1	1
437	2487,18	1765,52	gf437	20,477	16,069	15,983	15,924	18,92	15,767			0
			gf501	30,846	34,912	27,918	35,22	44,423	34,95	1		1
			gf502	33,246	35,248	30,391	35,742	44,201	35,494			0
			gf503	38,701	41,065	35,51	41,157	49,748	40,847			0
			gf504	29,154	29,202	26,163	29,511	40,2	29,259			0
			gf505	36,996	36,914	33,528	37,222	52,103	37,355			0
			gf506	32,812	34,934	32,25	37,487	46,147	38,066			0
			gf507	40,622	45,651	37,472	45,958	53,066	45,702			0
			gf508	49,875	51,381	47,342	52,06	62,482	51,866			0
			gf601	38,843	39,277	37,222	39,367	49,393	42,775			0
			gf602	50,035	62,449	47,016	62,754	61,316	55,889			0
			gf603	43,974	46,066	41,872	46,863	51,806	46,102			0
			gf604	42,929	54,102	40,043	54,619	53,725	49,612			0
			gf605	39,743	52,599	36,693	52,905	51,143	45,767			0
			gf606	38,535	40,246	36,122	42,942	46,107	40,066			0
			gf607	40,76	43,891	37,997	44,195	51,632	43,813			0
			gf608	37,948	45,922	34,297	46,156	51,895	45,562			0
			gf609	33,429	42,889	30,473	43,196	45,312	42,928			0
			gf610	32,875	41,283	29,927	41,59	44,693	41,328			0
			gf611	33,161	33,347	31,201	33,955	40,984	33,131			0
			gf612	28,333	27,576	26,278	28,374	35,93	27,612			0
			gf701	30,168	31,179	28,501	31,036	40,84	34,347			0
			gf702	24,689	23,079	23,164	23,043	35,039	22,358			0
			gf703	25,185	28,094	23,669	28,249	35,314	28,435			0
			gf704	18,326	18,038	17,211	18,338	28,458	18,012	1	1	2
			gf705	24,625	32,842	23,111	32,717	33,57	32,059			0
			gf706	29,651	41,785	28,13	41,659	38,923	41,35			0
			gf707	28,911	35,404	27,379	35,329	38,352	35,031	1		1
			gf708	20,91	26,632	19,409	26,507	29,856	26,195			0
			gf709	20,373	26,476	18,862	26,468	29,469	26,12			0
			gf710	17,325	19,337	16,037	19,387	25,732	18,912			0
			gf712	24,826	32,284	25,359	34,161	36,798	34,25			0
			gf801	24,935	25,286	22,167	24,677	29,538	23,263			0
			gf802	32,726	41,367	31,138	41,255	41,884	39,601			0
			gf803	16,126	13,687	13,329	13,448	15,452	12,598	3		3
			gf804	31,718	32,13	28,762	31,33	36,289	31,027			0
			gf805	20,553	19,034	17,032	18,709	21,838	18,042			0
			gf806	37,218	42,721	34,527	41,939	42,756	38,951			0
			gf807	27,162	28,896	23,53	27,972	30,766	27,128			0
			gf808	36,925	44,242	32,65	43,877	42,762	43,695			0
			gf901	22,322	20,953	18,863	20,722	24,305	20,605			0
			gf902	26,077	25,815	22,673	24,728	29,681	24,259			0
			gf903	24,59	23,172	20,926	22,929	27,193	22,812	1	1	2
			gf904	25,062	23,181	21,237	24,148	27,028	22,48			0
			gf905	26,66	28,962	23,187	29,092	30,658	27,457	1		1
			gf1001	32,334	29,514	29,28	29,608	36,817	29,115			0
			gf1002	34,691	41,623	30,423	40,833	40,037	39,815	1		1
			gf1003	31,45	31,618	27,321	31,826	36,268	31,184		1	1
			gf1004	28,881	26,326	25,612	26,235	32,358	26,111			0
			gf1005	30,21	36,296	26,556	36,408	35,841	34,513			0
			gf1101	24,94	25,041	21,148	24,62	27,774	24,297			0
			gf1103	29,173	31,373	25,566	31,205	33,422	29,548	1		1
			gf1105	33,301	39,605	29,587	39,36	38,453	39,221			0
			gf1106	30,826	31,357	26,213	30,513	32,531	30,319			0
			gf1107	28,851	30,039	25,106	29,845	32,807	29,68			0
			gf1108	34,303	34,849	30,656	34,664	38,63	34,485			0
			gf1109	32,094	34,577	28,115	33,855	35,565	33,615			0
			gf1110	25,347	26,097	21,788	26,471	28,516	27,108		1	1
			gf1111	26,567	28,619	22,815	28,512	29,358	28,443			0
			gf1112	32,162	35,167	28,525	35,392	35,022	35,354			0
			gf1113	28,424	30,791	24,435	30,513	30,9	30,4			0
			gf1201	37,729	46,046	34,109	45,868	43,174	45,754			0
			gf1202	40,918	57,081	39,25	56,994	50,006	58,502			0
			gf1203	51,122	69,68	48,692	68,696	68,914	69,437			0
			gf1204	40,435	55,023	36,372	53,492	45,24	52,937			0
			gf1205	42,432	57,851	38,746	57,637	48,228	57,498	1		1
			gf1206	45,132	64,167	41,361	63,811	50,411	63,662			0
			gf1207	48,196	68,988	44,327	68,718	53,31	68,556			0
			gf1301	34,258	50,022	33,121	49,799	44,22	49,475			0
			gf1302	26,77	38,944	25,21	38,754	35,971	38,435			0
			gf1303	33,633	46,425	31,684	45,66	43,393	45,34	2	1	3
			gf1304	31,526	44,702	30,536	45,211	41,645	44,976			0
			gf1305	38,918	54,361	37,233	54,721	48,34	53,327			0
			gf1401	41,291	49,875	37,589	49,629	46,604	49,488			0
			gf1402	41,122	49,645	37,421	49,399	46,427	49,261			0
			gf1403	42,348	41,58	38,677	41,335	46,489	46,215			0
			gf1501	109,816	134,67	106,565	135,451	123,681	135,369			0
			gf1601	96,001	119,741	92,621	120,041	109,643	119,793			0

LIITE 3 (3/4)

ENN	MATKATUOTOKSET		ENN	MATKAVASTUKSET						MATKAT		
	pa	ka		hatiah	haleah	hatipa	halepa	hatiih	haleih	in	out	yht
gf1602			84,037	103,738	81,579	105,386	99,033	105,586				0
gf1701			74,173	91,049	71,851	92,54	89,316	92,216				0
gf1801			67,111	83,774	63,87	84,074	80,761	83,856		1		1
gf1802			64,779	84,079	61,409	84,123	78,699	83,777				0
gf1901			63,718	82,428	61,484	83,171	76,865	83,01				0
gf2001			66,042	80,065	62,286	80,379	78,941	80,106				0
gf2002			58,131	66,001	54,941	66,306	71,352	66,052				0
gf2003			54,138	61,541	50,976	61,936	67,179	61,693				0
gf2101			54,822	70,843	51,384	71,189	68,793	70,94				0
gf2102			49,361	63,369	45,972	63,958	64,142	63,797				0
gf2103			48,008	61,995	44,703	62,021	59,754	62,185				0
gf2104			47,83	58,911	42,229	59,192	58,916	58,99				0
gf2105			39,226	51,785	36,895	52,893	52,386	52,856				0
gf2106			44,35	56,772	39,919	55,153	55,155	54,52				0
gf2201			53,994	72,31	50,751	72,63	65,673	72,366				0
gf2301			53,476	70,021	51,177	70,866	66,059	69,488				0
gf2401			49,374	55,41	46,054	56,511	60,097	52,69				0
gf2402			48,382	52,991	45,236	53,297	61,152	52,854				0
gf2403			45,351	49,246	41,679	49,161	57,463	48,865				0
gf2501			52,244	66,962	50,275	69,032	63,294	59,002				0
gf2601			50,778	75,61	48,568	74,542	60,596	74,479				0
gf2701			37,993	57,193	36,508	57,171	47,837	56,882				0
gf2702			38,333	57,955	37,509	58,713	50,428	58,671		1		1
gf2801			47,764	71,376	45,631	70,432	57,53	69,947				0
gf2901			57,02	76,365	53,288	76,116	62,432	75,984				0
gf3002			50,9	67,473	47,149	67,606	54,274	67,592				0
gf3101			39,257	42,339	35,533	42,094	43,043	41,933				0
gf3102			37,245	42,293	32,522	41,623	37,983	40,852				0
gf3103			37,606	49,114	33,525	48,868	40,479	48,761				0
gf3104			46,306	60,521	42,377	60,405	49,37	60,326				0
gf3105			40,998	52,871	36,927	52,767	45,153	52,763				0
gf3106			52,495	64,665	48,161	64,604	55,993	64,529				0
gf3107			70,658	75,954	66,305	75,705	74,775	75,605				0
gf3108			49,671	52,55	45,591	52,304	52,073	52,197				0
gf3201			65,993	84,874	61,872	84,624	68,772	84,521				0
gf3301			55,425	78,055	52,35	78,693	59,414	78,747				0
gf3401			57,163	84,924	53,089	84,674	60,118	84,571				0
gf3501			72,74	101,255	69,083	101,345	76,365	101,344				0
gf3601			70,697	100,726	66,625	100,505	73,593	100,409				0
gf3701			63,601	90,614	59,433	90,364	66,482	90,261				0
gf3501			72,74	101,255	69,083	101,345	76,365	101,344				0
gf3601			70,697	100,726	66,625	100,505	73,593	100,409				0
gf3701			63,601	90,614	59,433	90,364	66,482	90,261				0