

21  
.....  
2016

# Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2014



# Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2014

HSL Helsingin seudun liikenne  
Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki  
PL 100, 00077 HSL  
puhelin (09) 4766 4444  
[www.hsl.fi](http://www.hsl.fi)

Lisätietoja: Timo Elolähde, (09) 4766 4269 Pekka  
Räty, (09) 4766 4259  
etunimi.sukunimi@hsl.fi

Copyright: Kartat, graafit, ja muut kuvat HSL  
Kansikuva: HSL / Lauri Eriksson

Helsinki 2016

## Esipuhe

HSL:n ylläpitämän Helsingin seudun liikenne-ennustejärjestelmän ensimmäinen versio otettiin käyttöön vuonna 2010. Sitä hyödynnettiin mm. Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman (HLJ 2011) laadinnassa ja sen osaselvityksissä, maankäyttö- ja verkkoselvityksissä, tie- ja joukkoliikenteen hinnoitteluselvityksissä sekä erilaisissa hanketason tarkasteluissa.

Saatujen kokemusten perusteella järjestelmää kehitettiin edelleen HLJ 2015-kierroksella. Liikennejärjestelmäkuvaukset tarkistettiin vuonna 2013. Myös lentoaseman ja satamien matkustajaliikenteen sekä tavaraliikenteen ennustemenettelyä kehitettiin.

Helsingin seudun työssäkäyntialueen sisäisen liikenteen kysyntämallit uudistettiin vuosina 2007–2008, 2012 ja 2014 tehtyjen liikennetutkimusten aineistojen pohjalta:

- Henkilöhaastattelututkimus eli Liikkumistutkimus (kenttätyöt syksyinä 2007–2008 ja 2012)
- Liityntäpysäköintitutkimus (kenttätyöt syksyinä 2008 ja 2014).
- Joukkoliikenteen määräpaikkatutkimus (syksyllä 2008)
- Ajoneuvoliikenteen määräpaikkatutkimus (syksyllä 2008).

Uusi versio liikenne-ennustejärjestelmästä otettiin käyttöön kesällä 2014. Merkittävin käyttökohde on ollut Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma (HLJ 2015) ja sen vaikutusarviot.

Tämän julkaisun on HSL:ssä koonnut ja toimittanut Timo Elolähde. Julkaisussa esitellään liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit ja se koostuu kolmesta osasta. Järjestelmän osien kehittäjät ja raportin kirjoittajat ovat:

### **A Henkilöliikennemallit (HELMET 2.1)**

Virpi Pastinen ja Annika Rantala (WSP Finland Oy)

Hannu Pesonen, Jyrki Rinta-Piirto, Paavo Moilanen ja Antti Rahiala (Strafica Oy)

Timo Elolähde ja Pekka Rätty (HSL)

### **B Lentoaseman ja matkustajasatamien henkilöliikenne**

Jyrki Rinta-Piirto (Strafica Oy)

### **C Tavaraliikenteen kysyntä**

Miikka Niinikoski (Strafica Oy)

Tarjonnasta eli liikennejärjestelmämalleista ja autoliikenteen viivytysfunctoista on tehty oma julkaisunsa. Siinä ovat osat:

### **D Liikennejärjestelmämallit**

### **E Viivytysfunctiot**



## Tiivistelmäsiivu

Julkaisija: HSL Helsingin seudun liikenne		Päivämäärä 30.12.2016	
Toimittajat: Timo Elolähde, Pekka Rätty			
Julkaisun nimi: Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2014			
Rahoittaja / Toimeksiantaja: HSL Helsingin seudun liikenne			
Tiivistelmä:			
<p>Tässä julkaisussa kuvataan Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämalleja, joita päivitettiin 2013–2014. Tarjonnasta on erillinen julkaisunsa. Helsingin seudun työssäkäyntialueella tarkoitetaan tässä laajaa 37 kunnan (2007 kuntajaolla) aluetta, johon kuuluvat pääkaupunkiseudun lisäksi koko muu Uudenmaan maakunta ja Riihimäen seutukunta. Suurimpien liikennevirtojen kuvaamisessa on hyödynnetty neliporrasmallia.</p> <p>Tärkeimmät muutokset vuonna 2010 valmistuneeseen versioon ovat uudenlaiset Helsingin seudun autonomistusta kuvaavat mallit, lentoaseman ja matkustajasatamien matkustajaliikenteen huomioon otto sekä uudenlainen tapa ennustaa tavaraliikennettä. Myös tarjontamalleja päivitettiin mm. ruuhkamaksujen käsittelyn ja raskaan liikenteen sijoittelun osalta.</p> <p>A-osassa kuvattu henkilöliikenteen mallijärjestelmä koostuu 1) pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien (jotka yhdessä muodostavat Helsingin seudun 14 kuntaa) malleista 2) ympäryskuntien (lopun tarkastelualueesta) malleista ja 3) ulkoisen (37 kuntaan nähden) liikenteen ennustemenettelyä.</p> <p>Liikenne-ennustemallit perustuvat Helsingin työssäkäyntialueella tehtyihin liikennetutkimuksiin, joista keskeisinä vuosien 2007–2008 ja 2012 liikkumistutkimukset. Ulkoisen liikenteen ennustemenettely on sama kuin aiemmassa malliversiossa. Siinä hyödynnettiin mm. määräpaikatutkimuksia ja tilastoja raideliikenteen määrästä. Liikenne-ennusteiden muita tärkeitä lähtötietoja olivat väestö- ja maankäyttötiedot sekä liikenteensijoitteluhjelmasta saatavat vastusmuuttujien (matka-aika, etäisyys, kustannus) arvot, jotka kuvaavat matkan ominaisuuksia eri kulkutapoja käyttäen.</p> <p>Tuotosmallit koostuvat tuotoskertoimista (matkaa/asukas/aikajakso). Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden malleissa matkat on jaettu tarkoituksen mukaan kuuteen ryhmään. Kulkutapa- ja suuntautumis-mallit ovat logittimalleja. Kulkutapavaihtoehtoja on kolme: kävely tai pyöräily, joukkoliikenne ja henkilöauto (kuljettajana tai matkustajana). Ympäryskuntien malleissa noudatetaan samankaltaista periaatetta, mutta matkaryhmiä on vain kaksi ja kulkutapavaihtoehtoja kaksi (henkilöauto ja joukkoliikenne).</p> <p>B-osassa kuvataan menettelyä, jolla on muodostettu lentoaseman ja matkustajasatamien matkustajaliikenteen nykytilanteen ja ennustevuosien kysyntämatriisit.</p> <p>C-osassa kerrotaan tavaraliikenteen kysynnän mallittamisesta. Perävaunullisten ja perävaunuttomien kuorma-autojen määrät ennustetaan erikseen. Järjestelmässä on varaus myös pakettiautokysynnän ennustamiseen. Nykytilanteen kysyntämatriisit muodostettiin edellisessä malliversiossa käytettyjen matriisien pohjalta. Ennustevuosien kysyntä muodostetaan nykykysynnän pohjalta käyttäen matriisien balansointia ja maankäyttöluvuista riippuvaisia tuotoskertoimia. Tieto kuorma-autoliikenteen määrästä tarvitaan liikenneverkon pohjakuormitukseksi, jotta henkilöautoliikenne saataisiin sijoiteltua oikein verkolle.</p>			
Avainsanat: liikenne-ennuste, kysyntämalli, neliporrasmalli, logittimalli, matkaryhmä, kulkutapa, hinnoittelu			
Sarjan nimi ja numero: HSL:n julkaisuja 21/2016			
ISSN 1798-6184 (pdf)		Kieli: Suomi	Sivuja: 166
ISBN 978-952-253-296-1(pdf)			
HSL Helsingin seudun liikenne, PL 100, 00077 HSL, puhelin (09) 4766 4444			

## Sammandragssida

[illegible]



[Abstract page](#)

Published by: HSL Helsinki Region Transport			
Edited by: Timo Elolähde, Pekka Rätty		Date of publication 30.12.2016	
Title of publication:			
Financed by / Commissioned by: HSL Helsinki Region Transport, Finnish Transport Agency, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Uusimaa, Ministry of Transport and Communications			
Abstract:			
Keywords: traffic forecast, demand model, four-step model, logit model, trip group, mode of travel, pricing			
Publication series title and number: HSL publications 21/2016			
		Language: Finnish	Pages: 166
ISSN 1798-6184 (pdf)	ISBN 978-952-253-296-1(pdf)		
HSL Helsinki Region Transport. P.O.Box 100. 00077 HSL. tel. +358 (0) 9 4766 4444			



# **Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2014**

- A**      Henkilöliikennemallit (HELMET 2.1)
- B**      Lentoaseman ja matkustajasatamien henkilöliikenne
- C**      Tavaraliikenteen kysyntä



## Henkilöliikennemallit (HELMET 2.1)





## Tiivistelmä

Työssä päivitettiin Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikenteen kysyntämallit (HELMET) pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien osalta. Henkilöliikenteen ennustemallijärjestelmä koostuu 1) Helsingin seudun (eli pääkaupunkiseudun ja 10 kehyskunnan) malleista 2) ympäryskuntien malleista ja 3) ulkoisen liikenteen ennustemenettelystä. Päivitystyön ulkopuolelle rajattiin kaksi viimeksi mainittua. Helsingin seudun työssäkäyntialueella tarkoitetaan tässä laajaa aluetta, johon kuuluvat pääkaupunkiseudun lisäksi koko muu Uudenmaan maakunta (ml. entinen Itä-Uudenmaan maakunta) ja Riihimäen seutukunta.

Mallijärjestelmä on rakenteeltaan säilytetty entisen kaltaisena, mutta mallien kertoimet on päivitetty vastamaan päivitettyä nykytilanteen liikennejärjestelmäkuvausta ja vuoden 2012 liikkumistutkimusaineistoa, joka sisältää tietoja noin 5000 asukkaan liikkumisesta yhden syysvuorokauden aikana.

Mallissa on suurimpien liikennevirtojen kuvaamisessa hyödynnetty neliporrasmallia. Työhön sisältyi Helsingin seudun matkatuotos-, kulkutapa- ja suuntautumismallien selittävien muuttujien muodostaminen, mallien estimointi ja mallien testaaminen. Testauksiin sisältyi tilastollisia testejä, nykytilanteen ennuste ja erilaisia liikennejärjestelmän muutostilanteiden testauksia ja tulosten vertailua aiemman malliversion tuloksiin.

Matkatuotosmallit ja autonomistumallit perustuvat vuoden 2012 liikkumistutkimusaineistoon. Kulkutapamalleissa ja suuntautumismalleissa on täydentävänä aineistona hyödynnetty myös aiempaa varsin laajaa Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimusta 2007–2008, joka sisältää tietoa noin 15 000 Helsingin seudun asukkaan liikkumisesta. Käytettävissä oleva lähtötietoaineisto on siis aiempaa laajempi ja uudet mallit ovatkin tilastollisin tunnusluvuin mitattuna aiempaa luotettavampia.

Liikenne-ennusteiden muita tärkeitä lähtötietoja ovat väestö- ja maankäyttötiedot sekä liikenteen sijoitteluohjelmasta saatavat vastusmuuttujien (matka-aika, etäisyys, kustannus) arvot, jotka kuvaavat matkan ominaisuuksia eri kulkutapoja käyttäen. Myös nämä tiedot on päivitetty uuteen malliin.

Tuotosmalleissa se, kuinka paljon matkoja tehdään, on kuvattu ns. tuotoskertoimilla (matkaa/asukas/ aikajakso). Ne on saatu ristiintaulukoimalla tehtyjen matkojen määrät liikkumiseen vaikuttavien tekijöiden suhteen (ikä ja henkilöauton käyttömahdollisuus). Tuotoskertoimia sovelletaan asuinpaikan väestörakenteen mukaan.

Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden malleissa matkat on jaettu tarkoituksen mukaan kuuteen ryhmään: 1) kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat, 2) kotiperäiset koulumatkat, 3) kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat, 4) kotiperäiset muut matkat, 5) työperäiset matkat ja 6) muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat. Kotiperäiset ostosmatkat ovat kulkutapamallien osalta samat kuin kotiperäisten muiden matkojen mallit, mutta tuotos- ja suuntautumismallit ovat erilaiset. Kulkutapa- ja suuntautumismallit ovat logittimalleja lukuun ottamatta koulumatkoja, joiden kulkutapajakauma määritetään etäisyysjakauman avulla. Kulkutapavaihtoehtoja on kolme: jalankulku tai pyöräily, joukkoliikenne ja henkilöauto (kuljettajana tai matkustajana). Ympäryskuntien malleissa noudatetaan samankaltaista periaatetta, mutta matkaryhmiä on vain kaksi (työmatkat ja muut matkat) ja kulkutapavaihtoehtoja samoin kaksi (henkilöauto ja joukkoliikenne). Näitä malleja ei päivitetty tässä työssä.

Tuotos-, kulkutapa- ja suuntautumismallien lisäksi ennusteprosessi sisältää henkilöauton omistuksen ja käytön apumallit sekä huipputuntikertoimien apumallit. Myös nämä apumallit on päivitetty Helsingin seudulla.

Merkittävimpiä muutoksia mallissa on, että 1) työ- ja opiskelumatkojen suuntautumiseen vaikuttavat nyt myös opiskelupaikkojen määrä ja sijainti, kun aiemmin suuntautumista selittävänä muuttujana oli vain työpaikkamäärä, 2) suuntautumiskorjauksen avulla mallin tulokset on saatu vastaamaan nykytilanteessa havaittua suuntautumista 3) autonomistumallia käytetään muutosmallina vanhoille asukkaille ja suorana mallina uusille asukkaille, 4) henkilöauton pääasiallisen käytön malleja on tarkennettu ottamalla huomioon, että autottomien, yhden auton ja useamman auton asutokuntien koot ovat erilaiset, 5) ruuhkahuippujen ajankohdat ovat muuttuneet vuosien 2007–2008 ja vuoden 2012 välillä; Muutokset on otettu huomioon uusissa malleissa, 6) matkojen määrien muutokset näkyvät tuotoskertoimissa: Työ-, opiskelu- ja koulumatkat ovat vähentyneet, ostos-, asiointi-, vapaa-ajan matkat lisääntyneet, 7) mallissa on huomioitu tarkennettu tavaraliikenteen ja matkustajaterminaalien liikenteen käsittely.

Ulkoisen liikenteen ennustemenettelyä ei ole muutettu. Siinä hyödynnetään valtakunnallista määräpaikkatutkimusten yhdistelmää 2001 ja tilastotietoja raideliikenteen määrästä.

## Sammandrag





## Sisällysluettelo

Liiteluettelo .....	8
Kuvaluettelo .....	8
Taulukkuuettelo .....	9
Käsitteet .....	11
Lyhenteet .....	29
1 Johdanto .....	30
1.1 Tausta, tavoite ja käytetty aineisto .....	30
1.2 Muutokset edellisiin versioihin verrattuna .....	31
1.3 Mallijärjestelmän yleisesittely .....	33
1.4 Ennustejärjestelmä .....	35
1.5 Testatut mallivaihtoehdot pääpiirteittäin ja perustelut valitulle järjestelmälle .....	35
1.5.1 Mallijärjestelmä kokonaisuutena .....	35
1.5.2 Helsingin seudun mallit .....	36
2 Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallit .....	38
2.1 Mallialue .....	38
2.2 Mallijärjestelmän yleiskuvaus .....	38
2.3 Tuotosmallit .....	39
2.3.1 Mallin kuvaus .....	39
2.3.2 Lähtöaineisto tuotosmalleja käytettäessä .....	41
2.3.3 Matkojen lähtöpaikan määrittäminen .....	41
2.4 Kulutapa- ja suuntautumismallit .....	45
2.4.1 Mallien estimointi .....	45
2.4.2 Mallien kuvaus .....	47
2.4.3 Lähtöaineisto kulutapa- ja suuntautumismalleja käytettäessä .....	59
3 Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit .....	60
3.1 Mallien päivitys .....	60
3.2 Mallialue .....	60
3.3 Mallijärjestelmän yleiskuvaus .....	60
3.4 Ympäryskuntien malli .....	61
3.4.1 Tuotokset .....	61
3.4.2 Kulutavan valinta .....	61
3.4.3 Matkamäärät .....	64
3.5 Ulkoisen liikenteen malli .....	66
4 Apumallit .....	68
4.1 Autonomistuksen makromalli .....	68
4.2 Autonomistuksen osa-aluemalli .....	68

4.2.1	Mallin muuttujat.....	68
4.2.2	Autoistumisaste.....	71
4.3	Henkilöauton pääasiallisen käytön malli.....	72
4.4	Jako henkilöauton kuljettajiin ja matkustajiin .....	74
4.5	Huipputuntikertoimet.....	74
4.6	Generaatio–attraktio-suunnattujen matriisien kääntö .....	75
4.7	Jakoluvut.....	76
4.8	Suuntautumiskorjaus .....	77
5	Ennustetestit.....	78
5.1	Testauksen tavoite ja sisältö.....	78
5.2	Kysyntämallin päivitysten testaus .....	79
5.2.1	Uuden ja vanhan mallin nykyennusteen 2012 vertailu HEHA 2008:n matkamääriin ja suuntautumiseen .....	79
5.2.2	Uuden ja vanhan mallin nykytilaennusteen (2012) matkamäärien ja suuntautumisen vertailu.....	80
5.2.3	Uuden ja vanhan mallin reagoivuuden vertailu.....	81
5.2.4	HLJ 2015 strategiaselvityksen maankäyttötiedoilla tuotettujen ennusteiden mukainen kehitys 2012–2025 .....	82
5.3	Testauksen yhteenveto ja päätelmät.....	83
6	Ennusteiden laadinta.....	87
6.1	Ennusteprosessi .....	87
6.1.1	Periaate.....	87
6.1.2	Ennusteen iterointitarve .....	89
6.1.3	Helsingin seudun mallien ennusteprosessi.....	89
6.1.4	Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteprosessi .....	91
6.2	Eräiden lähtötietojen muodostamisesta.....	91
6.2.1	Joukkoliikennelipun tai autoilun hintamuutokset.....	91
6.2.2	Joukkoliikenteen nopeuttaminen .....	91
6.2.3	Ruuhkamaksu .....	92
6.2.4	Väestö- ja maankäyttötiedot .....	92
6.2.5	Autonomistumismallin lähtötiedot .....	92
6.2.6	Matkatuotosluvut.....	93
6.2.7	Ennustevuosien tiedot.....	93
6.3	Vastusten muokkaus.....	93
	Lähdeluettelo .....	95

## Liiteluettelo

Liite 1. Joukkoliikennekustannukset .....	97
Liite 2. Henkilöautomatkan kustannukset.....	101
Liite 3. Yleistetty matkavastus ja ajan arvon määrittäminen .....	105
Liite 4. Helsingin seudun sisäisten matkojen määrän regressioanalyysi .....	108
Liite 5. Matkatuotokset Helsingin seudulla aamuruuhkan, iltaruuhkan sekä päivä-, ilta- ja yöliikenteen aikaan, 7 vuotta täyttäneet . ....	111
Liite 6. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien Helsingin seudulla. ....	112
Liite 7. Generaatio-atraktio-suunnattujen matkojen kääntötarve eri ajankohtina Helsingin seudulla. ....	114
Liite 8. Estimoinneissa käytetyt väestö- ja työpaikkamäärät. ....	117
Liite 9. Autonomistumallin muuttajat ennustealueittain. ....	125
Liite 10. Vastusten laskenta.....	133
Liite 11. Suuntautumiskorjauskertoimet. ....	134

## Kuvaluettelo

Kuva 1. Kantakaupunki ja siihen kuuluvat ennustealueet (© Kaupunkimittausosasto, Helsinki 131/2010). ....	18
Kuva 2. Helsingin seudun työssäkäyntialue (kuntajako 2007). ....	33
Kuva 3. Helsingin seudun sisäisen liikenteen nelivaiheinen liikenne-ennusteprosessi. ....	38
Kuva 4. Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien seitsemän vuotta täyttäneiden asukkaiden matkojen koko vuorokauden tuotosluvut Helsingin seudulla arkena. ....	40
Kuva 5. Tarkennettu kulkutapamallien kalibrointi- ja suuntautumismallien estimointiprosessi. ....	46
Kuva 6. Kotiperäisten koulumatkojen pituusjakaumat kulkutavoittain pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden matkoille erikseen. ....	53
Kuva 7. Joukkoliikenteen kuormittuminen, testiennuste 2020, aamuhuipputunti.....	85
Kuva 8. Joukkoliikenteen kuormitusero uusi malli-vanha malli, testiennuste 2020, aamuhuipputunti. ....	85
Kuva 9. Autoliikenteen kuormittuminen, testiennuste 2020, aamuhuipputunti.....	86
Kuva 10. Autoliikenteen kuormitusero uusi malli-vanha malli, testiennuste 2020, aamuhuipputunti. ....	86
Kuva 11. Ennusteprosessin periaate.....	88
Kuva 12. Helsingin seudun ennusteiden laadinnan pääkohdat. ....	90
Kuva 13. Matkatuotoksen keskiarvo eri-ikäisille henkilöille vuoden 2007 liikumistutkimusaineistossa arkivuorokautena (ma-to). ....	109

## Taulukkoluettelo

Taulukko 1. Aamuhuipputunnin osuus aamuruuhkasta. ....	11
Taulukko 2. Iltahuipputunnin osuus iltaruuhkasta. ....	16
Taulukko 3. Päivätunnin osuus ruuhka-ajan ulkopuolisen 18 tunnin liikenteestä. ....	24
Taulukko 4. Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemallien osat. ....	34
Taulukko 5. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät vuorokaudessa asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien. ....	44
Taulukko 6. Kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttajat. ....	48
Taulukko 7. Muiden kuin kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttajat. ....	49
Taulukko 8. Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet. ..	51
Taulukko 9. Kotiperäisten koulumatkojen suuntautumismallin kertoimet. ....	52
Taulukko 10. Kotiperäisten ostos- ja asiointimatkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet. ....	54
Taulukko 11. Kotiperäisten muiden matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet. ....	55
Taulukko 12. Työperäisten matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet. ....	57
Taulukko 13. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet. ....	58
Taulukko 14. Tuotosluvut (kaikki kulkutavat) ympäryskuntien asukkaiden matkoille. ....	61
Taulukko 15. Ympäryskuntien kulkutapamallit. ....	63
Taulukko 16. Autottomien asutokuntien prosenttiosuuden $P_0$ osa-aluemalli. ....	69
Taulukko 17. Useamman auton asutokuntien prosenttiosuuden $P_{2+}$ osa-aluemalli. ....	70
Taulukko 18. Kertoimet $h_1$ ja $h_{2+}$ (ikäryhmän vaikutus HAP-osuuksiin). ....	73
Taulukko 19. Kertoimet $a_0$ , $a_1$ ja $a_{2+}$ (alueiden vaikutus HAP-osuuksiin). ....	73
Taulukko 20. Henkilöauton keskipuorimatkat Helsingin seudulla matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (Helsingin seudun asukkaat, päivitetty HEHA2012-aineiston mukaisiksi HELMET 2.0 ja 2.1 -malliin). ....	74
Taulukko 21. Henkilöauton keskipuorimatkat ympäryskunnissa matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (HELMET 1.0 -mallin mukainen). ....	74
Taulukko 22. Huipputuntien ja päiväliikenteen keskitunnin osuudet ajankohdan muusta vastaavan kulkutavan liikenteestä Helsingin seudulla (Helsingin seudun asukkaat). ....	75
Taulukko 23. Jakolukujen laskennassa käytetyt matkatuotosluvut. ....	76
Taulukko 24. Sijoittelu- ja ennustepankin sisältö pääpiirteittäin. ....	88
Taulukko 25. Tuettujen työmatkalippujen hintojen kehyskuntien ja pääkaupunkiseudun välillä. ..	100
Taulukko 26. Kuluttajahintaindeksi. ....	101
Taulukko 27. Helsinki, pysäköintihinnat €/h vyöhykkeittäin (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto). ....	103
Taulukko 28. Pysäköintikustannukset matkaa kohden kotiperäisillä työmatkoilla ja muilla kuin kotiperäisillä työmatkoilla 2012 ja 2008 (vuoden 2012 tasossa). ....	104
Taulukko 29. Kevyen ajoneuvon matka-aikasäästöt 2010. ....	105
Taulukko 30. Ajan arvon määrittäminen matkaryhmittäin. ....	105
Taulukko 31. Matkan tarkoituksen määrittäminen lähtö- ja määräpaikan tyyppin perusteella ajan arvon laskemista varten. ....	106
Taulukko 32. Lähtö- ja määräpaikkojen tyyppikoodit HEHA2012-aineistossa. ....	107
Taulukko 33. Matkaryhmien ajan arvo ja osuus suoritteesta. ....	107
Taulukko 34. Pääkaupunkiseudun asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden. ....	112

Taulukko 35. Kehyskuntien asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden. ....	113
Taulukko 36. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla. ....	114
Taulukko 37. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä koulumatkoilla. ....	115
Taulukko 38. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla. ....	115
Taulukko 39. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä muilla matkoilla. ....	116
Taulukko 40. Työpaikalta poispäin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina työperäisillä matkoilla. ....	116
Taulukko 41. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla. ....	134
Taulukko 42. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä koulumatkoilla. ....	135
Taulukko 43. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla. ....	136
Taulukko 44. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä muilla matkoilla. ....	137
Taulukko 45. Suuntautumiskorjauskertoimet työperäisillä matkoilla. ....	138
Taulukko 46. Suuntautumiskorjauskertoimet muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla. ....	139

## Käsitteet

### Aamuhuipputunti (AHT)

Aamuhuipputunnilla tarkoitetaan tunnin mittaista klo 6:00 ja 8:59 välille ajoittuvaa ajankohtaa, jolloin tarkasteltavan kulkutavan alkavien matkojen määrä on suurimmillaan. Aamuhuipputuntia ei ole siis sidottu tarkkaan kellonaikaan vaan se voi vaihdella kulkutapojen välillä. Aiemmin HELMET 1.0 -versiossa aamuhuipputunnilla tarkoitettiin klo 7:15–8:14 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja kulkutavasta riippumatta. HEHA2012-aineiston mukaan joukkoliikenteen aamuhuipputunti osuu klo 7:15–8:14, mutta henkilöautolla kuljettajana tehtyjen matkojen ja kevytliikenteen huipputunnit osuvat ajanjaksolle klo 7:30–8:29.

Koska aamulla ruuhka huippu kulkee aaltona kohti Helsingin keskustaa, huipputunnin määrittely matkan päättymisajan perusteella lähtöajan asemesta voisi johtaa parempaan tulokseen Helsingin keskustaa ajatellen. Näin ei voida kuitenkaan tehdä, koska matkamäärät saadaan koko vuorokauden tuotoksista, jotka on laskettu lähtöajan mukaan. Iltaruuhkassa vastaavaa ongelmaa ei Helsingin keskustan näkökulmasta ole.

Aamuhuipputuntikerroin ilmaisee, kuinka suuri osa aamuruuhkan liikenteestä osuu aamuhuipputuntiin. Alla olevassa taulukossa on vertailtu tuntiliikenteen osuuksia eri aineistoissa. Tummennetulla on merkitty uudet (HELMET 2.0:ssa ja 2.1:ssä käytettävät) aamuhuipputuntikertoimet prosentteina ilmaistuna.

*Taulukko 1. Aamuhuipputunnin osuus aamuruuhkasta.*

	HA kuljettaja	HA kuljettaja ja matkustaja	joukkoliikenne	(kevytliikenne)
matkan lähtöajankohta				
HELMET 2.0 ja 2.1	7:30–8:29	7:30–8:29	7:15–8:14	7:30–8:29
HELMET 2.0 ja 2.1 (ajankohta vaihtuva), perustuu HEHA2012-aineistoon	<b>47,11 %</b>	<b>48,31 %</b>	<b>47,45 %</b>	<b>54,97 %</b>
HELMET 1.0 (klo 7.15–8.14), perustuu HEHA2007-2008-aineistoon	47,7 %	49,0 %	53,4 %	53,5 %

On todennäköistä, että jatkossakin ruuhka huippu liikkuu ja laajenee työajan ym. joustojen ja ruuhkansiedon mukaan. Siten kiinteä huipputuntikerroin ei erityisen hyvin kuvaa tapahtumia. Mallitekni-  
sistä syistä sijoitteluja varten huipputuntikertoimet kuitenkin tarvitaan, ja nyt siis huipputunnilla tarkoitetaan kunkin kulkutavan omaa tunnin mittaista liikenteen huippuajankohtaa, olipa tarkka ajankohta mikä hyvänsä ruuhka-aikana.

### Aamuruuhka (AH)

Aamuruuhkalla tarkoitetaan tässä kolmen tunnin ajanjaksolla klo 6:00–8:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja.

**Aggregoida**

Sana aggregoida on synonyymi sanalle yhdistää. Ennustejärjestelmässä tätä tarvitaan muutettaessa tiheässä sijoittelualuejaossa olevia matriiseja karkeampaan ennustealuejakoon. Matkamäärät aggregoidaan summaamalla, vastukset laskemalla niistä painotettu keskiarvo. Tässä ennustejärjestelmässä painoina käytetään jakolukuvektoreita.

**Ajankohdan liikenne**

Määrätyn ajankohdan liikenteellä tarkoitetaan tänä ajankohtana alkavien matkojen määrää.

**Arkivuorokausiliikenne**

Helsingin seudun työssäkäyntialueen mallit on laadittu keskimääräiselle maanantain ja torstain väliselle arkivuorokausiliikenteelle. Täsmällisesti arkivuorokaudella tarkoitetaan keskimääräistä klo 04:00 – klo 03:59 välistä 24 tunnin jakson liikennettä maanantai aamuyön ja perjantai aamuyön välillä syys-marraskuussa. Kellonajat ovat matkan alkamisaikoja minuutin tarkkuudella.

**Aseman vaikutusalue**

Aseman vaikutusalueella tarkoitetaan tässä ennustealuetta, jolla asema sijaitsee. Tietoa käytetään kehyskunnissa HSL-alueen ulkopuolella joukkoliikennekustannusten arviointiin. Mikäli lähtö- tai määräpaikka sijaitsee samalla ennustealueella kuin juna-asema, oletetaan, että liityntämatkaan liittyviä kustannuksia ei matkan kyseiseltä osalta tule.

**Asuntokunta**

Liikenteen kysyntämalleissa esiintyy muuttuja autoja/asuntokunta. Asuntokunnan muodostavat kaikki samassa asuinhuoneistossa vakinaisesti asuvat henkilöt. Väestön keskusrekisterin mukaan vakinaisesti laitoksissa kirjoilla olevat, asunnottomat, ulkomailta ja tietymättömissä olevat henkilöt eivät väestölaskennassa muodosta asuntokuntia. Asuntolarakennuksiksi luokitelluissa rakennuksissa asuvat henkilöt, joiden asunto ei täytä asuinhuoneiston määritelmää, eivät muodosta asuntokuntia. Vuoden 1980 väestölaskennassa myös näistä henkilöistä muodostettiin asuntokuntia.

Asuntokuntakäsite otettiin käyttöön vuoden 1980 väestölaskennassa. Sitä aikaisemmissa laskennoissa käytettiin ruokakuntakäsitettä. Ruokakunnan katsottiin muodostuvan yhdessä asuvista perheenjäsenistä ja muista henkilöistä, joilla oli yhteinen ruokatalous. Alivuokralainen, jolla oli oma ruokatalous, muodosti oman ruokakuntansa. Vuodesta 1980 alivuokralainen kuuluu samaan asuntokuntaan muiden asunnossa asuvien kanssa.

Ennustemakroissa esiintyy käsite autoa/ruokakunta. Tällä tarkoitetaan samaa kuin autoa/asuntokunta.

**Attraktio**

Attraktiolla tarkoitetaan matkojen suuntautumismallien yhteydessä määrätyn alueen houkuttelevuutta määräpaikkana.

**Autoistumisaste**

Autoistumisasteella tarkoitetaan tässä autojen määrää tuhatta asukasta kohti. Käytetään myös termiä autotiheys.



**Autonomistus**

Autonomistuksella tarkoitetaan asuntokuntien jakautumista autottomiin, yhden auton ja kahden tai useamman auton talouksiin.

**Auton käyttömahdollisuus**

Henkilö luetaan henkilöauton pääasiallinen käyttäjäksi (HAP), jos kotitaloudella on oma tai työsuhdeauto, henkilöllä on ajokortti, hän on täysi-ikäinen ja hän on ilmoittanut liikkumistutkimuksessa, että hänellä on henkilöauto käytössään aina tai lähes aina. Muista henkilöistä käytetään lyhennettä EHAP eli Ei-HenkilöAuton-Pääasiallinen käyttäjä. Pakettiautoja ei ole sisällytetty tähän määritelmään.

**Binäärimuuttuja**

Binäärimuuttujalla tarkoitetaan muuttujaa, joka voi saada arvon nolla tai yksi. Binäärimuuttujista käytetään usein muissa yhteyksissä myös nimitystä 0/1-muuttuja tai dummy-muuttuja. Sen kerrointa kutsutaan vaihtoehtokohtaiseksi vakioksi. Binäärimuuttujat ovat luonteeltaan luokittelumuuttujia, joilla halutaan testata jonkin ilmiön olemassaoloa. Binäärimuuttujaa käytetään tyypillisesti ilmaisemaan esimerkiksi, onko perheessä henkilöautoa (arvo yksi) vai ei (arvo nolla). Toinen käyttötapa on ajatella, että jonkin vaihtoehdon hyötyfunktiossa (esimerkiksi henkilöauto kulkutapana) oleva vakio on oikeastaan vakio kertaa yksi (eli on totta, että kyseessä on henkilöauto) ja muissa vaihtoehtoissa ko. binäärimuuttuja saa arvon nolla.

**Ei-kotiperäinen matka**

Matka, jonka kumpikaan pää ei ole oma koti. Tässä työssä on nämä matkat jaettu kahdeksi matkaryhmäksi: työperäiset matkat sekä muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat.

**Ennustealue**

Ennustealueilla tarkoitetaan maantieteellisesti rajattuja alueita, joiden välille Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikennemalleilla ennustetaan liikennevirrat. Ennustealueet on numeroitu Helsingin seudun työssäkäyntialueella seuraavasti:

- 100–499: pääkaupunkiseutu
- 500–1499: kehyskunnat
- 1500–3799: ympäryskunnat.

Ennustealuekoodin sataluku on sama kuin sijoittelun tuhatluku, esimerkiksi Helsinki on jaettu ennustealueisiin 101–174 ja Espoo alueisiin 201–238. Ennustealueet on jaettu Helsingissä edelleen sijoittelun alueisiin 1000–1274 ja Espoossa alueisiin 2000–2171. Loviisa on sijoittelun alue 37 000 ja ennustealue 3701.

Kaikki aluenumerot eivät ole käytössä. Alkuperäisiin HELMET 1.0 -malleihin verrattuna ennustealueiden määrä on kasvanut yhdellä 267:ään (ennen 266), joista 150 pääkaupunkiseudulla.

**Ennustejärjestelmä**

Liikenne-ennustejärjestelmään (tai lyhyemmin ennustejärjestelmään) kuuluvat mallijärjestelmän lisäksi tarvittavat lähtötiedot, joita ovat mm. liikenneverkot, joukkoliikennejärjestelmän kuvaus sekä maankäyttötiedot. Tässä ennustejärjestelmä on toteutettu Emme-liikennesuunnitteluohjelmiston koodikielellä (makroilla).

### Ennustemakro

Ennustemakro on makro, jota käytetään ennusteen teossa (ks. makro).

### Epälineaarinen

Epälineaarinen tarkoittaa matematiikassa systeemiä, jonka käyttäytyminen ei ole ilmaistavissa kuvailijoidensa summana.

Alla on esimerkki muuttujan  $x$  suhteen lineaarisesta mallista, jossa  $y$  on selitettävä ilmiö,  $x$  on selittävä muuttuja sekä  $b$  ja  $c$  mallin kertoimia:

$$y = bx + c.$$

Alla on esimerkki muuttujan  $x$  suhteen epälineaarisesta mallista, jossa  $y$  on selitettävä ilmiö,  $x$  on selittävä muuttuja sekä  $a$ ,  $b$  ja  $c$  mallin kertoimia:

$$y = ax^2 + bx + c.$$

### Esikaupunki

Aluetta, joka on liitetty Helsinkiin 1.1.1946 jälkeen, kutsutaan esikaupungiksi (vertaa kantakaupunki). Esikaupunki koostuu ennustealueista 127–171 ja 173–174.

### Estimoida

Estimoida on matemaattisessa mielessä synonyymi käsitteelle arvioida. Termiä kuitenkin käytetään usein merkityksessä määrittää mallikaavan parametreit.

Muodostetut mallit ovat tyypiltään pääosin logittimalleja. Mm. kirjassa Ben-Akiva & Lerman 1991 kuvattujen logittimallien estimoinnin lähtökohtana on niin kutsuttu suurimman uskottavuuden menetelmä<sup>1</sup> (maximum likelihood).

### Generaatio-atraktio-suunnattu matka

Matka generaatioalueelta attraktioalueelle. Jos esimerkiksi asuinalue generoi keskimäärin 0,4 kotiperäistä työmatkaa yhtä työikäistä kohden vuorokaudessa ja asuinalueella on sata työikäistä asukasta, matkamatriisiin muodostuu 40 matkaa kyseiseltä asuinalueelta eri työpaikka-alueille mutta ei yhtään vastakkaiseen suuntaan, vaikka osa matkoista todellisuudessa tehdäänkin työpaikalta kohtiin. Vertaa lähtöpaikka-määräpaikka-suunnattu matka.

### Generoida

Generoida on synonyymi sanalle tuottaa. Käsitettä käytetään usein matkatuotosten yhteydessä, kun puhutaan alueen (yleensä asuinalueen) generoimista eli tuottamista matkoista.

### HEHA2007–2008

Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimus (lyhenne tulee sanasta henkilöhaastattelu), jossa selvitettiin pääkaupunkiseudulla, kehyskunnissa ja ympäryskunnissa asuvien liikkumista. Tutkimus toteutettiin syksyllä 2007 ja 2008 matkapäiväkirjakyselynä, jossa seurattiin kunkin henkilön liikkumista yhtenä arkipäivänä maanantaista torstaihin. Tutkimuksen tuloksia on julkaisussa Vihervuori ym. 2010.

---

<sup>1</sup> Suurimman uskottavuuden menetelmästä lisätietoja saa optimointiopin teorioista.

HELMET 1.0 -mallit estimoitiiin tämän aineiston pohjalta. Aineistoa käytettiin myös tässä julkaisussa kuvattuun mallien päivitykseen.

### **HEHA2012**

Helsingin seudun liikkumistutkimus, jossa selvitettiin pääkaupunkiseudulla ja kehyskunnissa asuvien liikkumista. Tutkimus toteutettiin syksyllä 2012 matkapäiväkirjakeselystä, jossa seurattiin kunkin henkilön liikkumista yhtenä arkipäivänä maanantaista torstaihin. Tutkimuksen tuloksia on julkaisussa Lindeqvist ym. 2013.

HELMET-mallien päivitys (versiot 2.0 ja 2.1) perustuu liikkumiskäyttäytymisen muutosten osalta juuri tähän aineistoon.

### **HELMET 1.0**

Ensimmäinen, vuonna 2010 valmistunut versio henkilöliikenteen kysyntämallista (HELMET).

### **HELMET 2.0**

Kesällä 2013 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallista. Suurimpia muutoksia versioon 1.0 nähden olivat Helsingin seudun henkilöliikennemallien päivittäminen HEHA2012-aineistoa käyttäen, aluejakojen muuttaminen ja autonomistumallin muuttaminen. Mallin hintatasoa muutettiin päivityksessä niin, että hinnat on nyt ilmaistu vuoden 2012 hintatasossa.

Versio 2.0 oli eräänlainen väliversio, jota ei otettu laajempaan tuotantokäyttöön, mutta sitä varten tehdyt muutokset ovat mukana versiossa 2.1.

### **HELMET 2.1**

Keväällä 2014 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallista. Suurimpia muutoksia versioon 2.0 nähden olivat tavaraliikenteen ennuste- ja sijoittelumenettelyjen muuttaminen, lentoasemaan ja matkustajasatamiin liittyvät korjausmenettely, viivytysfunktioiden muuttaminen sekä Helsingin seudun henkilöliikennemallien kulkutapa- ja suuntautumismallien sekä autonomistumallin uudelleenestimoointi vastaamaan em. muutoksia.

Tämä raportti käsittelee pääosin versiota 2.1, mutta osassa tekstiä viitataan selvyiden myös edellisiin versioihin 1.0 ja 2.0.

### **Helsingin seudun työssäkäyntialue**

Helsingin seudun työssäkäyntialueella tarkoitetaan tässä raportissa laajaa aluetta, johon kuuluvat pääkaupunkiseudun lisäksi koko muu Uudenmaan maakunta (ml. entinen Itä-Uudenmaan maakunta) ja Riihimäen seutukunta. Työssäkäyntialueella ei siis viitata tässä Tilastokeskuksen käyttämään työssäkäyntialueen määritelmään.

### **Helsingin seutu**

Helsingin seudulla tarkoitetaan tässä raportissa pääkaupunkiseutua ja kehyskuntia. Helsingin seutu kattaa kaikkiaan 14 kuntaa, jotka ovat Helsinki, Vantaa, Espoo, Kauniainen, Kirkkonummi, Vihti, Nurmijärvi, Hyvinkää, Tuusula, Kerava, Järvenpää, Mäntsälä, Pornainen ja Sipoo.

### **Henkilöauton pääasiallinen käyttäjä (HAP)**

Ks. auton käyttömahdollisuus

### Hyötyfunktio

Hyödyllä tarkoitetaan tässä yhteydessä kulkutavan tai matkakohteen valinnalla saavutettavaa hyötyä tai haittaa. Hyötyfunktio ilmaisee hyödyn matemaattisesti. Hyötyfunktio on yksikötön ilmaisu hyödyille. Hyötyteoriassa hyötyfunktion arvo yksi ilmaisee suurinta mahdollista saavutettavaa hyötyä ja arvo nolla huonointa mahdollista arvoa.

Logittimallien yhteydessä normeerausta ei kuitenkaan tehdä edellä kuvatulla tavalla välille 0–1, vaan hyötyfunktio voi periaatteessa saada minkä tahansa positiivisen tai negatiivisen reaalilukuarvon. Normeeraavana tekijänä on oletus, että vaihtoehtojen valinnan kokonaistodennäköisyys on yksi, eli jokin valinta tehdään varmasti ja että muita vaihtoehtoja tarkastelun ulkopuolella ei ole. Logittimalleissa hyötyfunktiot oletetaan myös lineaarisiksi kertoimien suhteen, jolloin tyypillinen hyötyfunktio näyttää seuraavalta (esimerkkinä henkilöauton hyötyfunktio):

$$U_{HA,i} = \beta_1 * \text{matka} - \text{aika} + \beta_2 * \log(\text{ajokustannus}) + \beta_3 * \text{pysäköinti kustannus} + \beta_{HA} + \varepsilon_i$$

Esimerkissä  $\beta_1 \dots \beta_3$  ovat muuttujien kertoimia, jotka suhteuttavat matka-ajan ja kustannukset hyötyarvoltaan samanarvoisiksi, ja kerroin  $\beta_{HA}$  on vaihtoehtokohtainen vakio (joka tässä tapauksessa on myös kulkutapakohtainen vakio), joka kuvaa henkilöauton käytön mukavuutta tai epämukavuutta suhteessa muihin vaihtoehtoihin kulkutapoihin. Sitä voidaan pitää myös binäärimuuttujan kertoimenä. Virhetermi  $\varepsilon_i$  kuvaa yksilöllisiä tunnistamattomia eroja kulkutavan valinnassa. Huomaa, että vaikka hyötyfunktio onkin lineaarinen kertoimien suhteen, se ei välttämättä ole lineaarinen muuttujien suhteen (esimerkiksi muuttuja  $\ln(\text{ajokustannus})$  on epälineaarinen).

### Iltahuipputunti (IHT)

Iltahuipputunnilla tarkoitetaan tunnin mittaista klo 15:00 ja 17:59 välille ajoittuvaa ajankohtaa, jolloin tarkasteltavan kulkutavan alkavien matkojen määrä on korkeimmillaan. Iltahuipputuntia ei ole siis sidottu tarkkaan kellonaikaan vaan se voi vaihdella kulkutapojen välillä. Aiemmin HELMET 1.0 -versiossa iltahuipputunnilla tarkoitettiin klo 16:00–16:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja kulkutavasta riippumatta. HEHA2012-aineiston mukaan joukkoliikenteen ja henkilöautolla kuljettajana tehtyjen matkojen iltahuipputunti osuu klo 15:30–16:29, mutta kevytliikenteen huipputunnit osuvat ajanjaksolle klo 16:15–17:14.

Iltahuipputuntikerroin ilmaisee, kuinka suuri osa iltaruuhkan liikenteestä osuu iltahuippu-tuntiin. Alla olevassa taulukossa on vertailtu tuntiliikenteen osuuksia eri aineistoissa. Tummennetulla on merkity uudet (HELMET 2.0:ssa ja 2.1:ssä käytettävät) iltahuipputuntikertoimet prosentteina ilmaistuna.

Taulukko 2. Iltahuipputunnin osuus iltaruuhkasta.

	HA kuljettaja	HA kuljettaja ja matkustaja	joukkoliikenne	(kevytliikenne)
matkan lähtöajankohta				
HELMET 2.0 ja 2.1	15:30–16:29	15:30–16:29	15:30–16:29	16:15–17:14
HELMET 2.0 ja 2.1 (ajankohta vaihtuva), perustuu HEHA2012 aineistoon	<b>37,59 %</b>	<b>35,49 %</b>	<b>45,58 %</b>	<b>37,28 %</b>
HELMET 1.0 (klo 16.00–16.59), perustuu HEHA2007-2008 aineistoon	39,8 %	38,6 %	39,3 %	34,2 %

**Iltaruuhka (IH)**

Iltaruuhkalla tarkoitetaan tässä kolmen tunnin ajanjaksolla klo 15:00–17:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja.

**Iterointi**

Ks. konvergoida.

**Jakoluku**

Suhdeluku, jolla suuren alueen tieto (esimerkiksi asukasmäärä) voidaan jakaa sen pienemmille osa-alueille. Jakolukuja tarvitaan myös, kun kahden suuren alueen välinen matkamäärä pitää jakaa niiden osa-alueiden välisiksi matkoiksi (ns. matriisin hajotus). Jakoluvut perustuvat yleensä asukas- ja työpaikkamääristä laskettuihin suhteisiin, mutta tilanteen mukaan jakoperusteina voidaan käyttää myös muita muuttujia. Tässä ennustejärjestelmässä jakolukuja käytetään myös painokertoimina aggregoitaessa vastusmatriiseja.

**Jousto**

Jousto<sup>2</sup> tai elastisuus tarkoittaa taloustieteissä hieman asiaa yksinkertaistaen yhden muuttujan prosenttimuutosta toisen muuttujan prosenttimuutokseen nähden. Yleisemmin tarkasteltu jousto on hyödykkeen kysynnän hintajousto, mutta tarkasteltavana muuttujana voi olla vastaavasti myös esimerkiksi aika. Kysynnän hintajousto tarkoittaa prosentuaalista muutosta kulutuksen määrässä, kun hinta muuttuu yhden prosentin. Kulutapamalleissa kulutuksella tarkoitetaan eri kulkutapojen käytön osuutta.

Suora hintajousto tarkoittaa prosentuaalista muutosta hyödykkeen kulutuksen määrässä, kun hyödykkeen hinta muuttuu yhden prosentin. Siten esimerkiksi joukkoliikenteen suora hintajousto tarkoittaa joukkoliikenteen kysynnän prosenttimuutosta, kun joukkoliikenteen hinta muuttuu yhden prosentin verran.

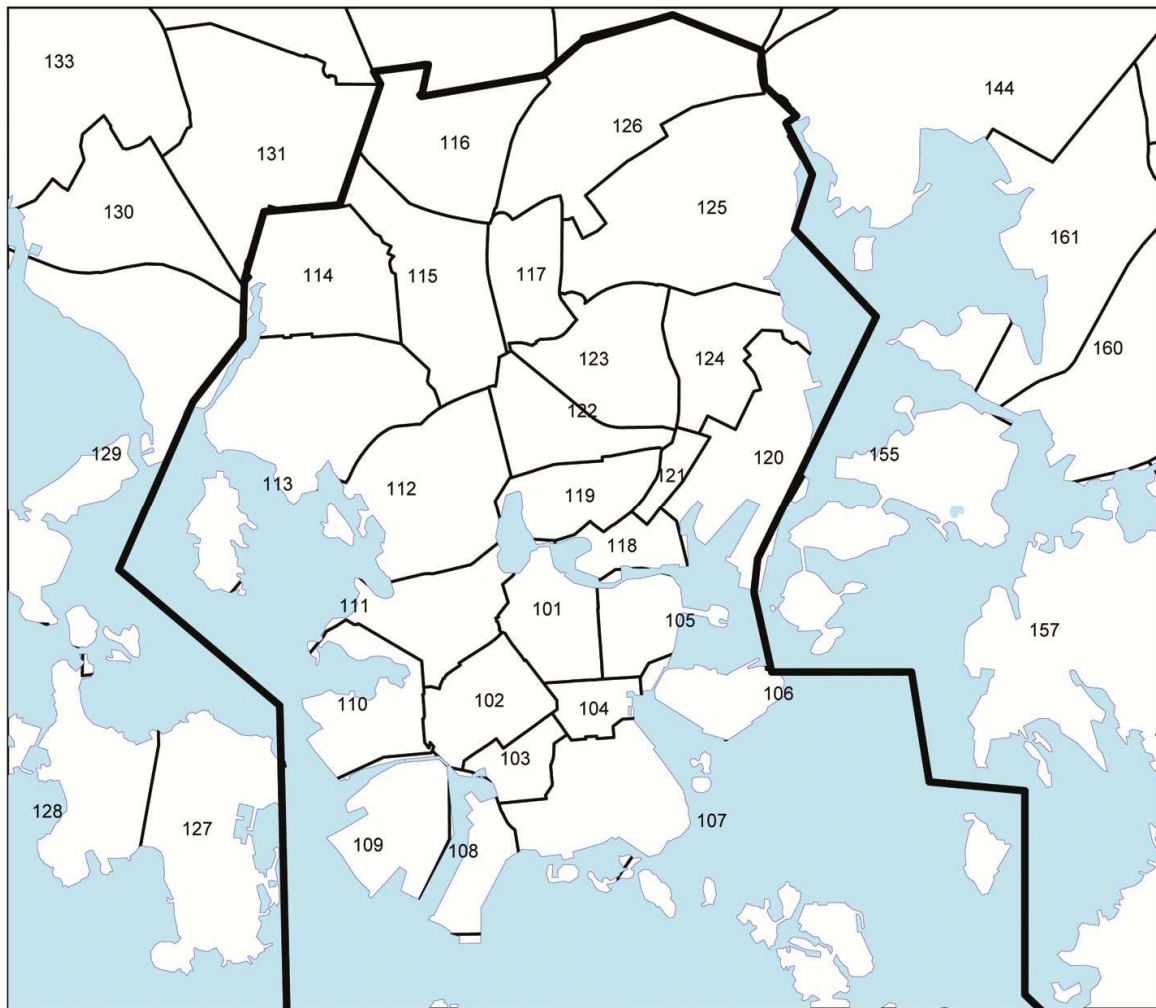
Hinnan ristijousto tarkoittaa prosentuaalista muutosta vaihtoehtoisen hyödykkeen kulutuksen määrässä, kun jonkin muun hyödykkeen hinta muuttuu yhden prosentin. Siten esimerkiksi joukkoliikenteen hinnan ristijousto henkilöautoiluun nähden tarkoittaa henkilöautoilun kysynnän prosenttimuutosta, kun joukkoliikenteen hinta muuttuu yhden prosentin verran.

**Kantakaupunki**

Kantakaupungilla tarkoitetaan aluetta, joka kuului Helsinkiin jo ennen 1.1.1946 tehtyä suurta alueliitosta (vertaa esikaupunki). Kantakaupunki koostuu ennustealueista 101–126 ja 172 (kuva 1).

---

<sup>2</sup> Joustokäsitteen matemaattista taustaa on kuvattu tarkemmin differentiaalilaskentaa ja differentiaaliyhtälöitä koskeissa teorioissa.



Kuva 1. Kantakaupunki ja siihen kuuluvat ennustealueet (© Kaupunkimittausosasto, Helsinki 131/2010).

### Kehyskunnat

Kehyskuntia ovat Kirkkonummi, Vihti, Nurmijärvi, Hyvinkää, Tuusula, Kerava, Järvenpää, Mäntsälä, Pornainen ja Sipoo. Ennustealueet on numeroitu kunnittain kehyskuntien alueella seuraavasti:

- 500-alkuiset: Kirkkonummi
- 600-alkuiset: Vihti
- 700-alkuiset: Nurmijärvi
- 800-alkuiset: Tuusula
- 900-alkuiset: Kerava
- 1000-alkuiset: Järvenpää
- 1100-alkuiset: Sipoo
- 1200-alkuiset: Mäntsälä
- 1300-alkuiset: Hyvinkää
- 1400-alkuiset: Pornainen.

**Kokotekijä**

Kokotekijää<sup>3</sup> käytetään matkojen suuntautumisen mallissa kuvaamaan alueen houkuttelevuutta. Maankäytön kokotekijä on eri maankäyttötyyppien houkuttelevuutta kuvaavien muuttujien painotettu summa. Muuttujia voivat olla esimerkiksi väestömäärä, työpaikkamäärät toimialoittain eri painoarvoilla tai vaikkapa kaupan ja palveluiden kerrospinta-alat.

**Konvergoida**

Kun mallia iteroidaan eli sovelletaan peräkkäin siten, että uuden sovelluskierroksen lähtökohdaksi otetaan aina edellisen kierroksen tulos, malli suppenee eli konvergoi, jos lopputulos alkaa vakiintua kohti jotakin raja-arvoa. Muussa tapauksessa puhutaan mallin hajaantumisesta eli divergoinnista.

**Kotiperäinen matka**

Kotiperäisellä matkalla tarkoitetaan omasta kodista alkavaa tai sinne päättyvää matkaa.

**Kulkutapa**

Kulkutavalla tarkoitetaan tässä jotakin seuraavista vaihtoehtoista: Kevytliikenne, joukkoliikenne, henkilöauto tai muu kulkutapa. Luokittelu perustuu tietoon, jonka liikkumistutkimuksen vastaajat ovat itse ilmoittaneet. Yhdellä matkalla voidaan käyttää useita kulkutapoja, joista yksi on valittu pääasialliseksi kulkutavaksi.

Kevytliikenteeseen kuuluvat jalankulku (kävely, juoksu, potkukelkka, pyörätuoli, rollaattori, rullaluistimet, rullasukset ym.) ja pyöräily.

Joukkoliikenteen kulkutavat ovat bussi, raitiovaunu, juna, metro ja pikaraitiotie. Myös kaukoliikenteen linja-autot ja junat on otettu mukaan, samoin koulukuljetus, palvelulinjat ja kutsubussi, esimerkiksi Sampo-kuljetus.

Henkilöautoon kuuluvat sekä kuljettajana että matkustajana tehdyt matkat henkilöautolla (mukaan lukien taksi tai invataksi).

Muu kulkutapa sisältää paketti- tai kuorma-auton kuljettajana tai matkustajana tehdyt matkat sekä lentokoneella, helikopterilla, moottoripyörällä, mopedilla, mopoautolla, moottorikelkalla, mönkijällä, traktorilla tai työkoneella sekä vesiliikenteessä tai muulla tarkemmin määrittämättömällä kulkutavalla tehdyt matkat. Tätä ryhmää ei kuitenkaan ole tarkemmin käsitelty tässä työssä.

**Kysyntämallit**

Mallit, joilla tuotetaan kysyntämatriisit. Niihin kuuluvat mm. matkatuotosta, suuntautumista ja kulkutavanvalintaa kuvaavat mallit. Työn tuloksena syntyneet kysyntämatriisit sijoitellaan verkolle reitinvalintamalleja käyttäen.

---

<sup>3</sup> Matemaattista taustaa on tarkemmin kuvattu logittimalleista kertovassa kirjallisuudessa.

### Liikenne-ennuste

Yleisesti ennusteella tarkoitetaan johonkin määrättyyn ajankohtaan, esimerkiksi vuoteen 2020, sijoittuvaa arviota sen hetkisistä matkamääristä. Tässä raportissa liikenne-ennusteella tarkoitetaan Helsingin seudun liikennemalleilla laadittuja ennusteita. Ennusteella viitataan keskimääräiseen maanantain ja torstain väliseen arvioon matkamääristä joko koko vuorokauden aikana tai jonakin määrättyinä vuorokaudenaikana.

### Liikennevirta

Liikennevirralla tarkoitetaan tässä raportissa kahden alueen välistä matkamäärää määrättyinä ajankohtana. Kyseinen virta voi käyttää eri reittejä ja kulkutapoja.

### Liityntämatka

Jos matkan pääasiallisena kulkutapana on joukkoliikenne, liityntämatkalla tarkoitetaan sitä matkan osaa, jolla saavutaan asemalle tai pysäkillä tai vastaavasti poistutaan asemalta tai pysäkiltä.

### Liityntäkulkutapa

Liityntäkulkutavalla tarkoitetaan liityntämatkalla käytettyä kulkutapaa.

### Logittimalli

Logittimallilla<sup>4</sup> tarkoitetaan tässä raportissa henkilöiden tekemiä valintoja kuvaavaa matemaattista mallia. Logittimallin mukainen vaihtoehdon  $i$  valintatodennäköisyys saadaan lausekkeesta

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_{j=1}^J e^{U_j}}.$$

missä  $U_j$  on vaihtoehdon  $j$  hyötyfunktio.

Kulkutavan logittimalli laskee todennäköisyyden, jolla matkustaja valitsee käytettävän kulkutavan (esimerkiksi Helsingin seudun sisäisillä matkoilla kevytliikenteen, joukkoliikenteen tai henkilöauton) sen hetkisissä liikenneoloissa ja matkan tarkoituksesta riippuen. Kunkin vaihtoehdon valintatodennäköisyyteen vaikuttaa matkustajan kokema hyöty ja haitta. Kulkutapakohdaisia haittatekijöitä ovat esimerkiksi matkan hinta ja matkaan kuluva aika.

Matkojen suuntautumisen malli laskee todennäköisyyden, jolla matkustaja valitsee kunkin ennustealueen määräpaikakseen sen hetkisissä liikenneoloissa ja matkan tarkoituksesta riippuen. Määrätyn ennustealueen valintatodennäköisyyteen vaikuttaa, kuinka helppoa tai vaikeaa paikka on saavuttaa eri liikennevälineillä tai jalan. Lisäksi valintatodennäköisyys riippuu siitä, kuinka paljon alueella on kiinnostavia matkakohteita. Alueen matkakohteiden määrää kuvataan yleensä sen väestömäärällä ja työpaikkamäärällä.

---

<sup>4</sup> Logittimallin matemaattinen tausta johtaa juurensa peliteoriaan, hyötyteoriaan ja optimointioppiin. Logittimalleista enemmän kiinnostuneille suositellaan kyseisiin aihealueisiin tutustumista. Mainitut aihealueet ovat hyödyllisiä myös yhteiskuntataloudellisten laskelmien perusteiden ymmärtämisessä.



### Logsum

Logsumilla tarkoitetaan tässä raportissa liikennejärjestelmän saavutettavuuden matemaattista ilmaisua. Matkojen suuntautumismallissa sen avulla kuvataan, miten hyvin eri määräpaikkavaihtoehtot ovat saavutettavissa eri kulkutavoilla.

Logsum on matemaattisesti ilmaistuna kulkutavan valintamallin nimittäjän luonnollinen logaritmi. Mainittu nimittäjä on puolestaan summa eksponenttifunktioista, joiden argumentteina on kunkin kulkutavan hyötyfunktio (Ben-Akiva & Lerman 1991).

Logsum lasketaan siis kaavalla  $\ln \left( \sum_{j=1}^J e^{U_j} \right)$ , missä  $U_j$  on vaihtoehdon  $j$  hyötyfunktio.

### Lähtöpaikka–määräpaikka-suunnattu matka

Matka lähtöpaikasta määräpaikkaan. Generaatio–attraktio-suunnatut matkat käännetään tarvittaessa oikean suuntaisiksi virroiksi. Esimerkiksi jonkin asuinalueen generoimista kotiperäisistä työmatkoista osa suuntautuu asuinalueelta työpaikka-alueille ja osa vastakkaiseen suuntaan.

### Läpikulkuliikenne

Koko mallialueen läpi ulkosyötöstä toiseen ulkosyöttöön kulkeva liikenne.

### Makro

Makrolla tarkoitetaan tässä raportissa Emme-liikennesuunnitteluohjelmiston koodikieltä, jolla voidaan laskea jokin liikenne-ennusteen laadintaan liittyvä kokonaisuus, esimerkiksi matkatuotos, tai vaikkapa tulostaa yhteenvetoja.

### Makromalli

Makromalli on malli, jossa ilmiötä tarkastellaan kokonaistaloudellisten muuttujien tasolla, kuten bruttokansantuotteeseen nähden. HELMET-mallissa makromallia sovelletaan Helsingin seudun autoistumisasteen arvioinnissa.

### Malli

Mallilla tarkoitetaan tässä yksittäistä matkaryhmää koskevaa matemaattista kaavaa, jolla lasketaan esimerkiksi matkatuotos, kulkutavan valintatodennäköisyys tai suuntautumistodennäköisyys. Muita malleja ovat esimerkiksi autonomistusta tai henkilöauton pääasiallisten käyttäjien osuutta kuvaavat mallit.

### Mallialue

Mallialue on tässä synonyymi käsitteelle Helsingin seudun työssäkäyntialue.

### Mallijärjestelmä

Mallijärjestelmällä tarkoitetaan kaikkien matemaattisten mallien (kaavat ja muuttujat) kokonaisuutta. Mallijärjestelmään eivät sisälly makrot eivätkä selittävien muuttujien arvot.

**Matka**

Matka on siirtymistä kävellen tai jollakin kulkuneuvolla paikasta toiseen. Matkoja ovat siten esimerkiksi meno kotoa töihin, paluumatka töistä kotiin, kauppaan meno, paluumatka kaupasta kotiin, työpaikalta kokoukseen meno. Pienet poikkeamiset esimerkiksi kioskille eivät katkaise matkaa. Ammattimaisesti liikkuvien työssään työajalla tekemiä matkoja ei tässä lueta matkoiksi.

**Matkaryhmät**

Matkaryhmät erottelevat eri syystä tehdyt matkat toisistaan.

Helsingin seudun malleissa matkaryhmiä ovat:

- kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat
- kotiperäiset koulumatkat, jotka ovat 7–17-vuotiaiden tekemiä
- kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat
- kotiperäiset muut matkat
- työperäiset matkat (matkan toinen pää työpaikka, mutta toinen ei ole koti)
- muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat.

Tämän työn tuotos- ja suuntautumismalleissa ostos- ja asiointimatkat ovat erilliset muista kotiperäisistä matkoista, mutta kulkutapamalleissa nämä kaksi matkaryhmää on yhdistetty kulkutapakohtaisia vakioita lukuun ottamatta.

Ympäryskuntien malleissa on vain kaksi matkaryhmää:

- kotiperäiset työmatkat
- muut matkat.

Ulkoisen liikenteen malleissa matkaryhmiä ei ole, vaan kaikki matkat ovat yhdessä.

**Matkatuotos**

Matkatuotoksella tarkoitetaan tässä määrättyä ennustealuetta lähtevien matkojen määrää määrättyä ajankohtana, kuten koko vuorokautena tai aamuruuhkan aikaan. Matkatuotos on yleensä tuotosluvun (eli tuotuskertoimen matkaa/asukas) ja jonkin alueen (tässä ennustealueen) väestömäärän tulo.

**Matkavastus**

Ks. vastus

**Matriisi**

Matriisit ovat ennustejärjestelmässä käytettäviä taulukkomuotoisia esityksiä ennuste- tai sijoittelualueiden välisistä matkavastuksista tai matkojen määristä. Neliömatriisissa vaakarivejä on yhtä monta kuin pystyryivejäkin. Matriisien erikoistapauksia ovat vektorit (yksi vaakarivi ja monta pystyryiviä tai päinvastoin), joilla voidaan kuvata esimerkiksi alueiden ominaisuuksia, ja skalaarit (vain yksi luku), joita käytetään mm. mallikertoimien ja matkamatriisien nurkkasummien (matriisin kaikki matkat yhteensä) tallettamiseen.

**Matriisin hajotus**

Ennustejärjestelmässä tätä tarvitaan muutettaessa karkeammassa ennustealuejaossa olevia matriiseja tiheämpään sijoittelualuejakoon. Matkamatriisit hajotetaan jakoluvuilla, vastusmatriisit kopioiden ennustealuejaossa oleva arvo kaikille siihen kuuluville sijoittelualueille.

**Muuttuja**

Muuttujalla tarkoitetaan liikennemallien yhteydessä tekijää, jonka arvo muuttuu tilanteesta toiseen. Esimerkki muuttujasta on matka-aika. Liikennemallissa matka-aika muuttuu sen mukaan, minkä alueiden välillä liikutaan, mitä kulkutapaa käytetään ja minä ajankohtana liikutaan.

**Neliporrasmalli**

Ennustemenetelmä, jossa on neljä peräkkäistä vaihetta: matkatuotosten, matkojen suuntautumisen ja kulkutapajakauman määrittäminen sekä reitinvalinta eli liikennevirtojen sijoittelu.

**Nykytilan liikenne-ennuste**

Nykytilan liikenne-ennusteella tarkoitetaan tässä raportissa Helsingin seudun liikennemalleilla laadittua ennustetta, jossa mallien lähtötiedot ajoittuvat tuoreimman liikkumistutkimuksen (HEHA2012) tekoajankohtaan. Mallien lähtötietoja ovat muun muassa väestö- ja työpaikkamäärät ennustealueilla ja nykyistä liikennejärjestelmää kuvaavat matka-ajat ja matkakustannukset ennustealueiden välillä. Mallijärjestelmän hyvyttä voidaan mitata sillä, kuinka lähellä nykytilan ennuste on erilaisissa liikennetutkimuksissa havaittua käyttäytymistä.

**Painotettu kokonaismatka-aika**

Painotetulla kokonaismatka-ajalla tarkoitetaan joukkoliikenteen alueelta–alueelle-matka-aikaa, jossa matkan eri osat, liityntäkävelyt, odotusajat ja kulkuvälineessä oloajat, saavat omat painoarvonsa. Painoarvojen eroilla on pyritty kuvaamaan matkustusmukavuuden eroja joukkoliikennematkan aikana. Malleissa käytetyn painotetun kokonaismatka-ajan laskentaa on kuvattu tarkemmin liitteessä 10.

**Parametri**

Parametri on mallin kaavassa oleva kerroin, eksponentti tai muu vakiona pysyvä tekijä. Esimerkiksi kaavassa  $y = a + bx^c$  on yksi selittävä muuttuja ( $x$ ) ja kolme parametria ( $a$ ,  $b$  ja  $c$ ), joilla selitetään ilmiötä  $y$ . Parametreista  $a$  ja  $b$  ovat kertoimia ja  $c$  on eksponentti.

**Päivä-, ilt- ja yöaika**

Päiväajalla tarkoitetaan klo 9:00–14:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja. Ilt- ja yöajalla tarkoitetaan klo 18:00–5:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja. Termillä päivä-, ilt- ja yöaika tarkoitetaan näitä ajankohtia yhteensä.

Tässä työssä koko vuorokausi on jaettu aamuruuhkaan, iltaruuhkaan sekä päivä-, ilt- ja yöaikaan.

**Päivätunnin liikenne (PT)**

Päivätunnin liikenteellä tarkoitetaan keskimääräistä arkipäivän tuntiliikennettä klo 9:00–14:59 välillä eli yhtä kuudesosaa klo 9:00–14:59 (minuutin tarkkuudella) alkavista matkoista.

Päivätunnin liikenne lasketaan osuutena mallissa ennustettavasta päivä-, ilta ja yöajan liikenteestä. Osuus on laskettu jakamalla ensin HEHAn päiväajan eli klo 9:00–14:59 alkavien matkojen määrä kuudella, ja näin saatu keskimääräisen päivätunnin liikenne on edelleen jaettu päivä-, ilta- ja yöaikana yhteensä (eli 18 tunnin aikana klo 0:00–5:59, 9:00–14:59 ja 18:00–23:59) alkavien matkojen määrällä. Päivätuntiliikenteen osuudet päivitetystä mallissa (HELMET 2.0 ja 2.1) ja vanhassa mallissa (HELMET 1.0) näkyvät seuraavasta taulukosta.

*Taulukko 3. Päivätunnin osuus ruuhka-ajan ulkopuolisen 18 tunnin liikenteestä.*

	HA kuljettaja	HA kuljettaja ja		(kevytliikenne)
		matkustaja	joukkoliikenne	
HELMET 2.0 ja 2.1	8,85 %	8,31 %	10,66 %	9,62 %
HELMET 1.0	8,5 %	8,0 %	10,5 %	10,1 %

### **Pääkaupunkiseutu**

Pääkaupunkiseudulla tarkoitetaan Helsingin, Vantaan, Espoon ja Kauniaisten muodostamaa aluekokonaisuutta. Lounais-Sipoon liitosalueet kuuluvat vuoden 2009 alusta Helsinkiin ja siten pääkaupunkiseutuun. Ennustealueet on numeroitu kunnittain pääkaupunkiseudulla seuraavasti:

- 100-alkuiset: Helsinki
- 200-alkuiset: Espoo
- 300-alkuiset: Kauniainen
- 400-alkuiset: Vantaa.

### **Regressioanalyysi**

Regressioanalyysi on tilastotieteen menetelmä, jonka avulla tarkastellaan vastemuuttujan eli selittävän muuttujan riippuvuutta valituista selittävästä muuttujista.

### **Ruokakunta**

Ks. asuntokunta

### **Selitysaste<sup>5</sup>**

Mallin selityskykyä kuvaa selitysaste, joka kertoo, kuinka suuren osan ilmiön kokonaisvaihtelusta malli selittää. Selitysaste esitetään usein prosentteina:  $100 \cdot \text{selitysaste}$ . Selitysaste on sata prosenttia, jos malli kuvaa tarkasteltavaa ilmiötä täydellisesti.

Tavallisissa regressiomalleissa selitysasteessa voidaan hyvinkin päästä 90–100 prosenttiin tarkasteltavasta ilmiöstä riippuen. Logitti-tyyppisillä kulkutapamalleilla selitysaste (suhteessa vakioihin) on kuitenkin ollut aiemmissa nyt laadittuja malleja vastaavissa tilanteissa parhaimmillaan tyypillisesti 40 prosenttia, suuntautumismalleilla 20 prosenttia. Erot johtuvat selitettävien ilmiöiden erilaisuudesta. On luonnollista, että yksittäisten ihmisten liikkumistottumukset poikkeavat toisistaan.

---

<sup>5</sup> Selitysasteen matemaattisesta taustasta kiinnostuneille suositellaan regressioanalyysiin tutustumista. Logittimallien selitysasteen ymmärtämisessä auttaa perehtyminen regressioanalyysin lisäksi peliteoriaan, hyötyteoriaan ja optimointioppiin.

Logittimallien yhteydessä esiintyy yleensä kaksi selitysasteen käsitettä: logittimallin selitysaste  $\rho^2(0)$  ja logittimallin selitysaste vakiomalliin nähden  $\rho^2(c)$ . Taulukoissa näistä on käytetty merkintöjä  $roo^2(0)$  ja  $roo^2(c)$ .

Matemaattiset määritelmät ovat seuraavat:

$$\rho^2(0) = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)}, \quad \rho^2(c) = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(c)}$$

missä

$L(\hat{\beta})$  = Uskottavuusfunktion arvo estimoiduilla muuttujilla

$L(0)$  = Uskottavuusfunktion lähtöarvo ilman mitään muuttujia. Kaikki vaihtoehdot ovat yhtä todennäköisiä.  $\rho^2(0)$  kuvaa selitysasteen paranemista, kun selittäjiksi lisätään valintaa kuvaavia muuttujia (esimerkiksi matka-aika, kustannus) ja mahdolliset vaihtoehtokohtaiset vakiot.

$L(c)$  = Uskottavuusfunktion arvo, kun hyötyfunktioissa on mukana vain vaihtoehtokohtaiset vakiot.  $\rho^2(c)$  kuvaa selitysasteen paranemista, joka saavutetaan lisäämällä malliin vaihtoehtokohtaisten vakioiden lisäksi muita valintaa selittäviä muuttujia.

### Sijoittelu

Liikennejärjestelmän kuvauksen (tie- ja katuverkko, joukkoliikennelinjasto) kuormittamista kysyntä-matriisilla (matkamäärät alueilta toisille) kutsutaan sijoitteluksi. Tässä ennustejärjestelmässä se tehdään Emme-liikennesuunnitteluohjelmistolla. Tuloksena saadaan väylien liikennemäärät, joukkoliikennelinjojen matkustajamäärät ja alueiden väliset vastukset (mm. matka-ajat).

### Sijoittelualue

Sijoittelualueilla tarkoitetaan alueita, joiden välille lasketaan vastuksia (matka-aikoja, etäisyyksiä ja kustannuksia). Yleensä sijoittelualueita on useita yhden ennustealueen sisällä. Poikkeuksena tästä on mm. Pornainen, jossa ennuste- ja sijoittelualueet ovat samat.

Sijoittelualuejakoa käytetään, jotta sijoittelutulos liikenneverkolla olisi riittävän tarkka. Ennen sijoittelua matkamatriisi hajotetaan eli ennustealueiden välinen liikenne jaetaan jakoluvuilla sijoittelualueiden välille. Näin muodostuva sijoittelualuejaon matriisi voidaan edelleen sijoitella liikenneverkolle. Ennusteajoja varten tuloksena saadut vastukset yhdistetään eli aggregoidaan ennustealueiden välisiksi vastuksiksi, joita voidaan käyttää mallien muuttujina.

Sijoittelualueen tuhatluku on sama kuin ennustealuekoodin sataluku, esimerkiksi Helsinki on jaettu sijoittelualueisiin 1000–1274 ja Espoo alueisiin 2000–2171. Sijoittelualueet summautuvat ennustealueiksi, joiden numerot ovat Helsingissä 101–174 ja Espoossa 201–238. Loviisa on sijoittelualue 37 000 ja ennustealue 3701.

Kaikki aluenumerot eivät ole käytössä. HELMET 2.0 ja 2.1 -malleissa on HELMET 1.0 -malleihin verrattuna Sipoossa, Vantaalla ja Vihdissä on tehty sijoittelualueiden rajojen tarkistuksia ja neljän alueen numero on muuttunut. Sijoittelualueiden kokonaismäärä on kuitenkin pysynyt ennallaan 1056:ssa, joista 611 pääkaupunkiseudulla.

### **Sijoittelufunktio**

Liikenteen, tavallisesti autoliikenteen, sijoittelussa käytettävä nopeus–liikennemäärä-funktio, joka määrittelee linkin ajonopeuden (tai Emmessä oikeastaan matka-ajan) eri liikennemäärillä.

Joukkoliikenteen sijoittelussa käytetään funktioita, joissa joukkoliikennevälineen matka-aikaa kullakin linkillä voidaan kuvata esimerkiksi vakiolla (tyypillisesti juna ja metro) tai riippuvaisuudella autoliikenteen matka-ajoista samalla linkillä (bussit kaduilla, joilla ei ole bussikaistaa).

Tässä ennustejärjestelmässä käytetyistä funktioista kerrotaan tarkemmin liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016) ja funktiovertailuraportissa (Räikkönen ym. 2016). HELMET 1.0:aan verrattuna autoliikenteen sijoittelussa otetaan nyt huomioon pohjakysyntänä myös raskas liikenne (kuorma-autot ja lisäksi bussit, jos kadulla ei ole bussikaistaa) ja linkin pituus vaikuttaa matka-aikoihin myös ylikysyntätilanteessa.

### **T-arvo ja t-testi<sup>6</sup>**

Tilastollisilla testeillä testataan mallin kertoimille asetettuja olettamuksia. T-testi on eräs tilastollinen testi. T-testillä arvioidaan, onko mallin muuttuja oleellinen tekijä kuvaamaan tarkasteltavaa ilmiötä. Mallin muuttuja voi olla esimerkiksi matka-aika. Ilmiö taas voi esimerkiksi olla todennäköisyys valita määrätty kulkutapa. Mitä suurempi itseisarvoltaan t-testin antama t-arvo on, sitä todennäköisemmin muuttuja on oleellinen tekijä kuvaamaan tarkasteltavaa ilmiötä. Käytännön sääntö on, että t-arvon tulee mielellään olla itseisarvoltaan vähintään kaksi, ja mitä suurempi se on, sen parempi. T-arvon täsmällinen vaatimustaso riippuu siitä, kuinka suurella todennäköisyydellä kertoimen vaaditaan olevan merkityksellinen eli nolasta poikkeava.

### **Tarjontamallit**

Mallit, jotka kuvaavat mm. liikenneverkkoa, joukkoliikennelinjastoa ja niiden toimintaa. Käytetään myös nimeä liikennejärjestelmämallit. Kun verkkoa kuormitetaan kysyntämatriisilla, tuloksena saadaan mm. vastusmatriiseja eli matka-aikoja, kustannuksia tai etäisyyksiä alueelta alueelle.

### **Tuotosluku**

Tuotosluvulla eli tuotoskertoimella tarkoitetaan lukua, joka kertoo, kuinka monta matkaa määrättyyn väestöryhmään kuuluva henkilö tekee keskimäärin määrättyä ajankohtana. Tässä ajankohta voi olla 1) aamuruuhka, 2) iltaruuhka tai 3) päivä-, ilta- ja yöaika.

### **Työperäinen matka**

Työperäisellä matkalla tarkoitetaan työ- tai opiskelupaikalta alkavaa tai sinne päättyvää matkaa, jonka toinen pää ei kuitenkaan ole koti.

### **Ulkoinen liikenne**

Ulkoinen liikenne on koko mallinnetun alueen rajan ylittävä liikenne ja läpikulkuliikenne.

---

<sup>6</sup> T-testin matemaattisesta taustasta laajemmin kiinnostuneille suositellaan tilastotieteen perusteisiin ja tilastolliseen testaukseen perehtymistä.

**Ulkosyöttö**

Ulkosyöttö on mallialueen ulkorajalla oleva ulkoisen liikenteen syöttöpiste. Tässä työssä mallialueen ulkopuolisille sijoittelualueille on käytetty numeroita 39001–39036 (autoliikenne) ja 39300–39302 (kaukojunaliikenne).

**Vaihtoehtokohtainen vakio**

Logittimallin hyötyfunktiossa olevan binäärimuuttujan kerroin, jota usein käytetään kulkutapamalleissa (kulkutapakohtainen vakio), mutta harvemmin suuntautumismalleissa. Vaihtoehtokohtainen vakio kuvaa hyötyä, jota muuttajat eivät selitä. Periaatteessa vakiota ei tarvittaisi lainkaan, jos kaikki valintaan vaikuttavat muuttujat tunnettaisiin ja ne selittäisivät ko. vaihtoehdon hyvyyden täydellisesti. Luonteeltaan vaihtoehtokohtainen vakio vastaa binäärimuuttujaa. Vaihtoehtokohtainen vakio on kulkutapamallissa aina yhdelle kulkutavoista nolla ja muiden kulkutapojen vaihtoehtokohtaiset vakiot suhteutetaan estimoinneissa ja mallin kalibroinnissa tähän nolla-arvoon.

**Vastemuuttuja**

Vastemuuttujalla tarkoitetaan tutkittavaa ilmiötä kuvaavaa muuttujaa. Toinen nimitys vastemuuttujalle on selitettävä muuttuja. Liikennemalleissa tyypillisiä vastemuuttujia ovat

- matkojen lukumäärä henkilöä kohti
- henkilöautojen määrä asutokuntaa kohti
- todennäköisyys valita määrätty kulkutapa
- todennäköisyys valita määrätty alue matkan määräpaikaksi.

**Vastus, matkavastus**

Vastus on yleisnimitys matkustamisesta koituville haitoille matkustajan näkökulmasta. Liikennemalleissa yleisimpiä vastuksia ovat matka-ajat ja etäisyydet eri kulkutavoilla sekä vaihdot joukkoliikenteessä ja matkan hinta.

**Viivytyksfunktio**

Ks. sijoittelufunktio

**Vuorokausiliikenne**

Vuorokausiliikenteellä tarkoitetaan maanantain ja torstain välistä keskimääräistä vuorokauden liikennemäärää, ellei erikseen muuta mainita.

**Väestöryhmä**

Alueiden väestö jaetaan väestöryhmiin ikäluokan ja autonkäyttömahdollisuuden (HAP/EHAP) mukaan.

**Yleistetty matkavastus**

Yleistetyllä matkavastuksella tarkoitetaan yhdistelmämuuttujaa, jossa matka-aika ja kustannus on yhdistetty yhdeksi muuttujaksi. Yhdistäminen tehdään siten, että kokonaismatka-aikaa kerrotaan kertoimella, jolloin minuutit ja eurot tulevat yhteismitallisiksi. Muunnoskertoimena käytetään ajan arvoa, joka riippuu matkan tarkoituksesta.

$$\text{Yleistetty matkavastus} = \text{kerroin (ajan arvo)} * \text{kokonaismatka-aika} + \text{kustannukset (euroina)}$$

## YKR

YKR on yhdyskuntarakenteen seurannan tietojärjestelmä, johon on koottu tilastoruuduittain aikasarjatietoa maankäytön kehitymisestä. Tilastoruudut ovat kooltaan 250x250 metriä.

Se sisältää tilastoruuduittain koko maasta seuraavat muuttujat vuodesta 1980 lähtien:

- väestö sukupuolittain ja ikäryhmittäin
- työvoima toimialoittain
- työpaikat toimialoittain
- rakennusten kerrosala ja lukumäärä käyttötarkoituksiluokittain
- asuinhuoneistoala ja lukumäärä
- toimitilojen ala ja lukumäärä käyttötarkoituksiluokittain
- työmatkan pituus asuinpaikan ja työpaikan mukaan toimialoittain
- asuinhuoneistoväestö, asutokunnan koko ja autonomistus
- lomarakennukset valmistumisajankohdan mukaan.

## Ympäryskunnat

Ympäryskuntia ovat vuoden 2010 kunta-aluejaossa Hanko, Raasepori, Inkoo, Siuntio, Lohja, Karjalohja, Nummi-Pusula, Karkkila, Loppi, Riihimäki, Hausjärvi, Pukkila, Askola, Porvoo, Myrskylä, Loviisa ja Lapinjärvi. Ennustealueet on numeroitu kunnittain ympäryskuntien alueella seuraavasti:

- 1500-alkuiset: Hanko
- 1600-alkuiset: Raasepori (entinen Tammisaari)
- 1700-alkuiset: Raasepori (entinen Pohja)
- 1800-alkuiset: Raasepori (entinen Karjaa)
- 1900-alkuiset: Karjalohja
- 2000-alkuiset: Inkoo
- 2100-alkuiset: Lohja
- 2200-alkuiset: Lohja (entinen Sammatti)
- 2300-alkuiset: Nummi-Pusula
- 2400-alkuiset: Siuntio
- 2500-alkuiset: Karkkila
- 2600-alkuiset: Loppi
- 2700-alkuiset: Riihimäki
- 2800-alkuiset: Hausjärvi
- 2900-alkuiset: Pukkila
- 3000-alkuiset: Askola
- 3100-alkuiset: Porvoo
- 3200-alkuiset: Myrskylä
- 3300-alkuiset: Loviisa (entinen Pernaja)
- 3400-alkuiset: Loviisa (entinen Liljendal)
- 3500-alkuiset: Lapinjärvi
- 3600-alkuiset: Loviisa (entinen Ruotsinpyhtää)
- 3700-alkuiset: Loviisa.

## 14 kuntaa

14 kunnalla tarkoitetaan kehyskuntia ja pääkaupunkiseutua yhdessä. Se on synonyymi käsitteelle Helsingin seutu.



## Lyhenteet

Lyhenne	Merkitys
PKS	pääkaupunkiseutu
KEHYS	kehyskunnat
HEHA 2007–2008	Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimus (lyhenne tulee sanasta henkilöhaastattelu), joka toteutettiin vuosien 2007–2008 syksyinä arkipäivisin maanantain ja torstain välillä.
HEHA2012	Helsingin seudun liikkumistutkimus, joka toteutettiin syksyn 2012 arkipäivinä maanantain ja torstain välillä.
YKR	Yhdyskuntarakenteen seurannan tietojärjestelmä (YKR)
HELMET 1.0	Vuonna 2010 valmistunut, ensimmäinen HELMET-mallijärjestelmä.
HELMET 2.0	Kesällä 2013 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallijärjestelmästä.
HELMET 2.1	Keväällä 2014 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallijärjestelmästä.
HSL	Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, jonka jäsenkuntia ovat Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen, Kerava ja Kirkkonummi sekä 1.1.2012 alkaen myös Sipoo. HSL aloitti toimintansa 1.1.2010.
YTV	Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta oli vuosina 1970–2009 toiminut lakisääteinen yhteistyöelin, jonka jäsenkuntia olivat Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen.
HAP	henkilöauton pääasiallinen käyttäjä (ks. auton käyttömahdollisuus)
EHAP	muut kuin henkilöauton pääasialliset käyttäjät
KL	kevytliikenne (jalankulku tai pyöräily)
JL	joukkoliikenne
HA	henkilöautoliikenne (kuljettajana, matkustajana tai taksimatkustajana)
AHT	aamuhuipputunti
IHT	iltahuipputunti
PT	päivätunti
AH	aamuruuhka (3 h)
IH	iltaruuhka (3 h)
VRK	koko vuorokausi (24 h)

## 1 Johdanto

### 1.1 Tausta, tavoite ja käytetty aineisto

Vuosien 2007–2008 laajaan liikennetutkimukseen perustuneet mallit olivat ensimmäiset koko Helsingin seudun työssäkäyntialueen kattavat henkilöliikenteen mallit. Mallialueen laajentamisen taustalla oli tarve tutkia ja ennustaa koko työssäkäyntialueen liikennekäyttäytymistä.

Liikennemallien laadinnan perinne ulottuu 2000-lukua pidemmälle. Pääkaupunkiseudun neljän kunnan alueella on tehty suuret liikennetutkimukset vuosina 1966, 1976, 1988 ja 2000. Kaikkiin näihin tutkimuksiin on kuulunut liikkumistottumuksia koskeva haastattelu- tai kyselytutkimus, jonka perusteella on laadittu kulloinkin tarvittut liikenteen kysyntämallit.

Mallien perusteella on voitu arvioida ennustevuoden liikennekäyttäytymistä, kun mallille on annettu syöttötietoina alueiden asukas- ja työpaikkamääriä, liikkumisen matka-aikoja ja kustannuksia sekä muita ennustetilannetta kuvaavia tietoja. Muodostettuja liikennemalleja on käytetty mm. 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa neljässä pääkaupunkiseudun liikennejärjestelmäsuunnitelmassa (PLJ) ja HELMET 1.0 -malleja Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelmassa (HLJ).

Tässä julkaisussa ensimmäisistä Helsingin seudun työssäkäyntialueen malleista käytetään lyhennettä HELMET 1.0. Vuonna 2013 mallit päivitettiin uudella liikkumistutkimusaineistolla vuodelta 2012. Näistä malleista käytetään tässä raportissa lyhennettä HELMET 2.0. Keväällä 2014 mallien tavaraliikenteen ja matkustajaterminaalien käsittelyä sekä autoliikenteen sijoittelua tarkennettiin. Samalla mallit estimoititiin vielä uudelleen sekä tehtiin muitakin muutoksia. Tämä raportti käsittelee pääosin näitä malleja, joista käytetään lyhennettä HELMET 2.1.

Vanhojen malliversioiden 1.0 kuvaus löytyy raportista Pastinen ym. 2011a. Version 2.0 kuvaus löytyy erillisestä, julkaisemattomasta raporttiluonnoksesta Pastinen ym. 2013. Jotta lukijan ei tarvitsi lukea useaa raporttia rinnakkain, tähän julkaisuun on sisällytetty tarpeellisin osin samaa aineistoa, joka löytyy myös edellisistä malliraporteista.

Uuden aineiston saamiseksi mallien estimointia varten tehtiin syksyllä 2012 Helsingin seudun kattava liikkumistutkimus (Lindeqvist ym. 2013). Tavoitteena oli selvittää riittävällä laajuudella seudun asukkaiden liikkumistottumuksia ja hankkia tietoa ajoneuvoliikenteen, joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen suunnittelun tarpeisiin. Vuosien 2007–2008 liikkumistutkimusaineistoa (Vihervuori ym. 2010) ei kuitenkaan ole hylätty. Poikkeuksellisen laajana aineistona siitä on ollut hyötyä erityisesti matkojen suuntautumisen ja kulkutavan valinnan mallintamisessa sekä mallien testauksessa<sup>7</sup>.

Henkilöliikennemalleissa käytetty Emme-liikennejärjestelmäkuvaus on sekin päivitetty. Liikennejärjestelmäkuvausta on kehitetty erityisesti raitiovaunuliikenteen osalta ja muutenkin mallien käytön

---

<sup>7</sup> HEHA2007-2008 aineisto sisälsi tietoa noin 20 000:n Helsingin seudun työssäkäyntialueella asuvan liikkumisesta. Heistä noin 15 000 asui Helsingin seudulla. Mallien päivityksessä käytetty aineisto, HEHA2012, taas sisälsi tietoa noin 5 000 Helsingin seudulla asuvan liikkumisesta. Uusimmassa tutkimuksessa ei kerätty tietoja ympäryskuntien asukkaiden liikkumisesta.

yhteydessä havaittuja puutteita on korjattu. Liikennejärjestelmäkuvauksen päivitystä on kuvattu tarkemmin liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016).

Tässä raportissa kuvatun työn tarkoituksena ei ole ollut laatia varsinaisia liikenne-ennusteita, vaan päivittää ennusteiden laadinnassa tarvittavia malleja ja niiden käyttöä tukevia apuvälineitä. Malleja on myös testattu vertailemalla tuloksia HELMET 2.0:n tuloksiin ja testaamalla malleja erilaisin käyttötestein<sup>8</sup>.

## 1.2 Muutokset edellisiin versioihin verrattuna

Päivitettyjen Helsingin seudun mallien rakenne ja muuttujat on pääsääntöisesti säilytetty entisinä, mutta mallien kertoimet on päivitetty. Rakennetta ja muuttujia testattiin huolellisesti HELMET 1.0 -mallien laadinnan yhteydessä, joten päivitystyö oli aiempaa mallityötä suoraviivaisempaa ja avoimia kysymyksiä oli vähemmän. HELMET 2.1 -mallien taustalla oleva tutkimusaineisto on nyt kokonaisuudessaan entistäkin laajempi ja tästä näkökulmasta mallit ovat myös entistä luotettavammat.

Tärkeimmät muutokset HELMET 2.1 -mallissa versioon 1.0 verrattuna ovat (suluissa on kerrottu, onko muutos tullut mukaan malliin versiossa 2.0 vai 2.1 – kaikki luetellut muutokset ovat kuitenkin mukana versiossa 2.1):

- Työ- ja opiskelumatkojen suuntautumiseen vaikuttavat nyt myös opiskelupaikkojen määrä ja sijainti, kun aiemmin suuntautumista selittävänä muuttujana oli vain työpaikkamäärä (2.0)
- Mallien estimointiprosessia on tarkennettu. Kun aiemmin kulkutapa- ja suuntautumismallit estimointiin vain kertaalleen, nyt suuntautumismallit estimointiin jokaisen kulkutapamallin kalibrointikierroksen jälkeen. Kalibrointikierroksia oli kymmenen. Tällä menettelyllä haluttiin varmistaa, että matkojen suuntautuminen ei vinoutuisi ainakaan kulkutapamallin kalibroinnin vuoksi. (2.0)
- HELMET 1.0 -mallien käytön yhteydessä havaittiin, että vaikka estimointitesteissä<sup>9</sup> matkojen pituusjakaumat olivat tavoitellut, nykytilanteessa kuntien välisessä ennusteessa suuntautuminen ei kuitenkaan vastannut havaittua. Sama havainto tehtiin nyt myös mallien päivityksen yhteydessä. Tämän vuoksi malleihin lisättiin suuntautumiskorjaus, joka korjaa mallilla ennustetun nykytilanteen suuntautumisen vastaamaan havaittua alueryhmittäin. Alue-ryhmät ovat 1) Helsingin kantakaupunki 2) muu Helsinki 3) Espoo ja Kauniainen 4) Vantaa 5) kehyskunnat. Suuntautumiskorjaus on merkittävä. Käytetyt korjauskertoimet on esitetty liitteessä 11. (2.0)
- Autonomistumalliin lisättiin muuttuja, jonka avulla voidaan tarkastella autoilun ja joukkoliikenteellä matkustamisen hinnan ja matka-ajan vaikutuksia autonomistukseen. Aiemmin mallilla voitiin tarkastella vain mainittujen kulkutapojen matka-aikasuhteen vaikutusta autonomistukseen. Käyttötesteissä matka-aikasuhte osoittautui kuitenkin pelkän hinnan merkitystä suuremmaksi. Autonomistumallin estimointitapa muutettiin samalla vaiheittaisesta

---

<sup>8</sup> HELMET 2.0:aa puolestaan verrattiin vuonna 2013 HELMET 1.0:n tuloksiin. Vertailutulokset löytyvät julkaisemattomasta raportista Pastinen ym. 2013.

<sup>9</sup> Estimointiohjelmiston sovelia-ajoissa pituusjakaumat vastasivat havaintoaineistoa. Sovella-ajo laskee kullekin HEHA-aineistossa esiintyvälle havainnolle mallin antaman ennusteen kulkutavan käytölle ja vertaa tulosta havaittuun.

yksivaiheiseksi. Näin voitiin varmistaa, että malliin jääneet muuttajat ovat myös yhdessä tilastollisesti merkittäviä. Myös muuttujavalinnat ovat yksityiskohdiltaan aiemmista poikkeavia. Autonomistumallia käytetään muutosmallina vanhoille asukkaille ja suorana mallina uusille asukkaille. Asiaa on selostettu tarkemmin autonomistumallin kuvauksen yhteydessä luvussa 4. (2.0)

- Autonomistumallissa muuttuja alueen asutokuntien keskimääräiset tulot korvattiin vastaavilla mediaanituloilla. (2.0)
- Autonomistumalliin lisättiin muuttujaksi pysäköintikustannukset muilla kuin työmatkoilla. Samalla mediaanitulojen laskentatapaa muutettiin. (2.1)
- Henkilöauton pääasiallisen käytön malleja on tarkennettu. Aiemmin henkilön todennäköisyyteen olla henkilöauton pääasiallinen käyttäjä vaikuttivat ikä ja asutokunnan autonomistus. Nyt lisäksi on otettu huomioon, että autottomien, yhden auton ja useamman auton asutokuntien koot ovat erilaiset, mikä myös vaikuttaa tilanteeseen. (2.0)
- Henkilöauton kokonaismatka-aika on nyt vain puhtaasti matka-aikaa, mutta sijoittelussa otetaan huomioon myös matkan etäisyys painolla 0,2.<sup>10</sup> (2.0 ja 2.1)
- Kulikutapamallin muuttujissa on muutoksia, joiden avulla malleista saatiin tilastollisissa testeissä aikaisempaa luotettavampia. Muutokset koskevat lähinnä siirtymistä joissakin kulikutapamalleissa erillisistä matka-ajan ja kustannusten muuttujista yleistettyyn matkavastukseen<sup>10</sup>. (2.0 ja 2.1)
- Yleistetyn matkavastuksen kertoimet vaihtelevat matkaryhmästä riippuen. Menettelyllä on pyritty yhdenmukaistamaan malleissa ja yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa käytetty ajan arvo. Yleistettyä matkavastusta on käytetty kuitenkin vain silloin, kun matka-aikaa ja kustannusta ei muuten ole saatu erillisinä muuttujina mukaan malliin. (2.0)
- Joukkoliikennematkojen kustannuksia kehyskuntien työmatkoilla on tarkennettu ottamalla huomioon kuntien tukemat työmatkaliput. Tätä on kuvattu tarkemmin liitteessä 1. (2.1)
- Ruuhkamaksujen käsittely on lisätty osaksi mallijärjestelmää. Liikenneverkon linkeille kuvataan ruuhkamaksu euroa/km, ja tämä ruuhkamaksu huomioidaan sekä sijoittelun reitinvalinnassa että kulikutavanvalintamallissa. Ruuhkamaksujen käsittelyä on kuvattu tarkemmin luvussa 6.2.3, liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016) ja teknisessä raportissa (Rantala & Elolähde 2015). (2.1)
- Malliin on lisätty matkustajaterminaalien (lentoasema ja satamat) henkilöliikenteen korjausmenettely, jota on kuvattu tarkemmin osassa B. (2.1)
- Tavaraliikenteen ennustemenettelyä on tarkennettu osassa C kuvatulla tavalla. Ennusteaajan alussa ennen henkilöliikennematkojen iterointia lasketaan tavaraliikenteen ennuste

---

<sup>10</sup> Versiossa 1.0 sijoittelualgoritmin tuloksena kokonaismatka-ajassa oli myös pieni osuus matkan pituutta. Tämä on henkilöautoilun reitinvalinnan kannalta toki järkevää, mutta mallin tulkinnan ja käytön kannalta on luontevampaa, että ajan muuttuja on puhtaasti matka-aikaa.

Versiossa 2.0 myös henkilöauton reitinvalintaan vaikutti pelkästään matka-aika. Estimoinneissa havaittiin, että valittu sijoittelutapa johti matka-ajan ja matkakustannusten (jotka henkilöautolla riippuvat suoraan matkan pituudesta) keskinäiseen korrelaatioon siinä määrin, että erillisistä muuttujista oli luovuttava ja siirtävä yleistettyyn matkavastukseen. Mallityölle varatussa aikataulussa vaihtoehtoista muuttujien muodostamistapaa ei kuitenkaan ehditty testaamaan.

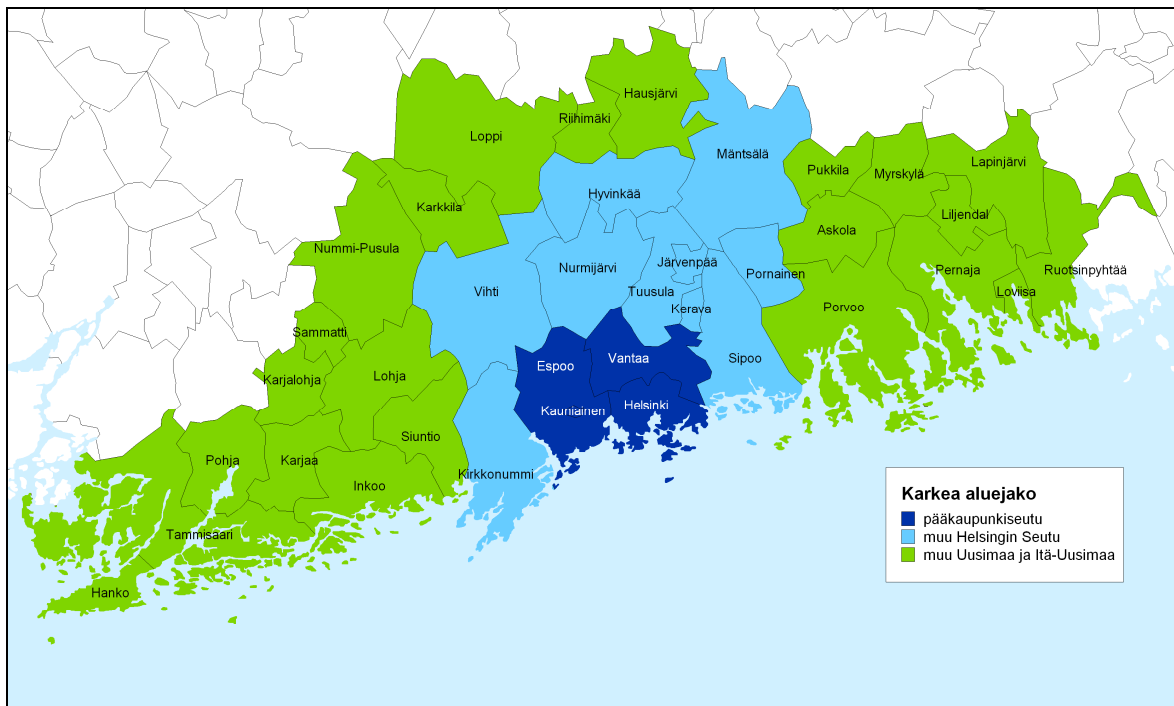
Versiossa 2.1 käytettiin monimutkaisempaa ratkaisua: reitinvalinnassa on mukana sekä matka-aikaa että matkan pituutta (painolla 0,2), mutta sijoittelujen tuloksesta poimitaan erikseen puhdas matka-aika ja matkan pituus.

ja sijoitellaan se pohjakäytännäiseksi verkolle. Sijoittelutapaa on kuvattu tarkemmin liikennejärjestelmäraportissa (Elohäde ym. 2016). (2.1)

- Malleissa käytetään uusia, pituusriippuvaisia viivytysfunktioita. Funktiotyyppien vertailua ja tehtyä valintaa on kuvattu tarkemmin funktiovertailuraportissa (Räikkönen ym. 2016). (2.1)

### 1.3 Mallijärjestelmän yleisesittely

Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemallit kattavat alueellisesti Uudenmaan (ml. entisen Itä-Uudenmaan) maakunnan ja Riihimäen seutukunnan liikenteen. Tätä aluetta kutsutaan tässä raportissa lyhyesti Helsingin seudun työssäkäyntialueeksi.



Kuva 2. Helsingin seudun työssäkäyntialue (kuntajako 2007).

Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemalleihin sisältyvät seuraavat kokonaisuudet:

- Helsingin seudun mallit
- ympäryskuntien mallit
- ulkoisen liikenteen mallit.

Tällä kokonaisuudella katetaan kaikki merkittävä henkilöliikenne Helsingin seudun työssäkäyntialueella. Seuraavassa taulukossa on kuvattu yleispiirteisesti mallien sisältö ja päivitystilanne:

Taulukko 4. Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemallien osat.

Malli	Päivitystilanne	Kulikutavat	Matkaryhmät
Helsingin seudun asukkaiden matkat seudun sisällä	Matkatuotokset päivitetty HEHA2012 aineistoa vastaavaksi  Kulikutapamalleissa ja suuntautumismalleissa on hyödynnetty sekä HEHA2012 että HEHA2007–2008 aineistoja <sup>11</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> kevyt liikenne <input checked="" type="checkbox"/> bussi ja raide <input checked="" type="checkbox"/> henkilöauto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat</li> <li>• kotiperäiset koulumatkat</li> <li>• kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat</li> <li>• kotiperäiset muut matkat</li> <li>• työperäiset matkat</li> <li>• muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat</li> </ul>
Ympäryskuntien asukkaiden matkat Helsingin seudulla	Perustuu HEHA2007–2008 aineistoon	<input type="checkbox"/> kevyt liikenne <input checked="" type="checkbox"/> bussi ja raide <input checked="" type="checkbox"/> henkilöauto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muut kuin työmatkat</li> </ul>
Helsingin seudun ja ympäryskuntien väliset matkat	Perustuu HEHA2007–2008 aineistoon	<input type="checkbox"/> kevyt liikenne <input checked="" type="checkbox"/> bussi ja raide <input checked="" type="checkbox"/> henkilöauto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kotiperäiset työmatkat</li> <li>• muut matkat</li> </ul>
Ympäryskuntien alueen sisäinen liikenne	Perustuu HEHA2007–2008 aineistoon	<input type="checkbox"/> kevyt liikenne <input type="checkbox"/> bussi ja raide <input checked="" type="checkbox"/> henkilöauto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kotiperäiset työmatkat</li> <li>• muut matkat</li> </ul>
Ulkoinen liikenne (Helsingin seudun työssäkäyntialueen ja muun Suomen väliset matkat)	Perustuu Liikenneviraston tilastoihin	<input type="checkbox"/> kevyt liikenne <input checked="" type="checkbox"/> raideliikenne <input type="checkbox"/> bussiliikenne <sup>12</sup> <input checked="" type="checkbox"/> henkilöauto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kaikki yhteensä</li> </ul>

Lisäksi mallijärjestelmään sisältyy apumalleja, joilla ennustetaan henkilöauton omistuksen kehitystä ja henkilöauton pääasiallisten käyttäjien määrän kehitystä. Apumalleilla jaetaan myös aamuruuhkan liikenne aamuhuipputunnin liikenteeksi, iltaruuhkan liikenne iltahuipputunnin liikenteeksi sekä päivä-, ilta- ja yöajan liikenne päivätunnin liikenteeksi. Kaikki apumallit on päivitetty ja ne perustuvat HEHA2012-aineistoon. Edellä mainittujen apumallien lisäksi on otettu käyttöön myös suuntautumiskorjaus, joka korjaa malleilla ennustetun suuntautumisen vastaamaan liikkumistutkimusaineistoa. Suuntautumiskorjaus perustuu sekä HEHA2012- että HEHA2007–2008-aineistoihin. Kaikki apumallit on päivitetty vain Helsingin seudun sisäisten matkojen osalta ja autonomistumallien päivitysaineisto perustuu Helsingin seudun kattavaan aineistoon. Apumalleista kerrotaan tarkemmin luvussa 4.

<sup>11</sup> Kulikutapamallin kertoimien estimoinnissa HEHA2012:n painoarvo on puolet, suuntautumismallissa taas HEHA2012-aineistoa on estimoinneissa painotettu havaintomäärien suhteessa. Kulikutapaosuudet on lisäksi kalibroitu vastaamaan täysin HEHA2012 aineistoa. Matkojen suuntautuminen on sen verran moniulotteinen, että HEHA2007-2008 aineiston suuri havaintomäärä oli estimoinneissa välttämätön.

<sup>12</sup> Ei ole sisällytetty malliin käytettävissä olevan laskentatiedon puuttumisen vuoksi

## 1.4 Ennustejärjestelmä

Ennusteiden laatimiseksi on laadittu liikenne-ennustejärjestelmä, joka toimii Emme-liikenne-suunnitteluohjelmistossa (INRO 1998). Ennustejärjestelmää (mm. makroja ja tarvittavia lähtötietoja) on kuvattu yksityiskohtaisemmin erillisessä teknisessä raportissa (Rantala & Elolähde 2015), joka on julkaisematon, mutta saatavissa HSL:stä.

Helsinki-Vantaan lentoaseman ja satamien matkustajaliikennettä ennustetaan yksinkertaisella menetelyllä, jota kuvataan tämän julkaisun osassa B.

Henkilöliikenteen ajoneuvojen (henkilöautot ja bussit) lisäksi teillä ja kaduilla kulkee myös paketti- ja kuorma-autoja. Tavaraliikenteen kysynnän mallittamista kuvataan tämän julkaisun osassa C.

Tarjontamalleja eli teiden ja katujen ominaisuuksia, joukkoliikennelinjastoja ja sijoittelujen tekoa kuvataan liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016). Tarjontamallit ja funktiovertailuraportissa (Räikkönen ym. 2016) kuvatut viivytysfunktiot tuottavat mm. matka-aikoja kysyntämallien lähtötiedoiksi.

Tarvittaessa voidaan julkaisussa Rahiala ym. 2017 kuvatuilla liityntäpysäköintimalleilla tutkia, kuinka suuri osa ennustetuista henkilöauto- ja joukkoliikennematkoista korvautuisi liityntäpysäköintimatkoilla ja mille alueelle auto pysäköitäisiin. Pyöräliityntää ei käsitellä.

## 1.5 Testatut mallivaihtoehdot pääpiirteittäin ja perustelut valitulle järjestelmälle

### 1.5.1 Mallijärjestelmä kokonaisuutena

HELMET 1.0 -mallijärjestelmä (kuvattu edellisessä malliraportissa Pastinen ym. 2011a) muotoutui kaksivuotisen hankkeen aikana vähitellen lukuisien testien ja käytännön lähtökohtien asettamien rajoitteiden kautta. HELMET 2.0 ja 2.1 -versioiden laadinnassa ei mallijärjestelmää kokonaisuutena ole muutettu, vaan ainoastaan mallijärjestelmän osia on päivitetty. HELMET 1.0 -mallijärjestelmän prosessissa tehtyihin valintoihin vaikuttaneita tekijöitä on kerrattu alla:

- Yhdellä kertaa ei haluttu toteuttaa liian monia muutoksia mallijärjestelmään, sillä jokainen muutos on myös riskitekijä mallin toimivuuden ja vertailtavuuden kannalta. Uusi mallijärjestelmä on aiempaan verrattuna huomattavan laaja. YTV:n mallijärjestelmä (YTV 2003) kattoi vain pääkaupunkiseudun mallit. Aiemmin oli laadittu myös kehyskuntien mallit, mutta näitä ei ollut koskaan otettu käyttöön. Siten mallijärjestelmän laajentaminen koko Uudenmaan, Itä-Uudenmaan ja Riihimäen seudulle oli huomattava lisähaaste. Tämän vuoksi mallijärjestelmässä haluttiinkin hyödyntää mahdollisimman pitkälle jo hyväksi koettuja, aiemmin testattuja ratkaisuja eikä järjestelmää lähdetty suoraan kehittämään esim. sellaisten mallien suuntaan, joissa käytetään enemmän yksilöön liittyviä muuttujia. Yksilömallien (HESY) käyttöä koskeva kehitysprojekti kuitenkin käynnistettiin varsinaisen mallityön valmistuttua (Pastinen ym. 2011b).
- Pääkaupunkiseudun mallijärjestelmä oli ollut pitkään käytössä ja laajalti testattu. Siten seudun ydinalueella tarkoituksenmukaisinta oli pitäytyä samankaltaisessa järjestelmässä nykyin.

- Kehyskunnille ja ympäryskunnille laadittiin omat erilliset mallinsa. Tärkein käytännön peruste tälle oli pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien erilaiset kulkutapaosuudet. Käytännössä mallit toimivat yhtenä kokonaisuutena ja mallirakenne on molemmissa malleissa sama, mutta erilaiset kertoimet mahdollistavat yhtenäistä mallia paremmin erilaisten kulkutapaosuuksien huomioon ottamisen. Toinen peruste erillisten kertoimien määrittämiselle oli se, että kehyskuntien aluejako oli harvempi kuin pääkaupunkiseudulla ja ympäryskuntien alueella edelleen kertaluokkaa harvempi. Aluejako perustui Uudenmaan tiepiiriin teettämään aluejakoselvitykseen. Alueiden koko on oleellinen tekijä, sillä alueiden koon vaihtelu aiheuttaa vaihtelua myös mallinnettavaan ilmiöön. Tutkimuksen alkuvaiheessa harkittiin tasakokoista aluejakoa, mutta se päätettiin jättää myöhemmän ajan kehitystyöksi. Liikenteellisestä näkökulmasta pääkaupunkiseutu, kehyskunnat ja ympäryskunnat ovat nähtävissä myös suhteellisen erillisinä kokonaisuuksinaan. Näille alueille erillisistä mallijärjestelmistä on mahdollisimman vähän haittaa ennustamisen näkökulmasta. Tällä tarkoitetaan, että kun liikennevirrat kokonaisuuksien välillä ovat pienet, ei juurikaan haittaa, vaikka matkaluku asukasta kohti mallialueen sisällä on kiinnitetty mallialueen sisäisiin ominaisuuksiin.

### 1.5.2 Helsingin seudun mallit

HELMET 1.0 -mallityön yhteydessä testattiin erilaisia mallirakenteita ja muuttujia varsin perusteellisesti. Siten hyväksi havaittuja ratkaisuja ei mallien päivityksen yhteydessä lähdetty enää muuttamaan. Perustelut valinnoille on esitetty raportissa Pastinen ym. 2011a. Seuraavassa on kuitenkin kerrattu aiemmin tehdyt valinnat:

- Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden mallit kannattaa pitää kertoimiltaan erilaisina, jotta mallit vastaavat alueiden asukkaiden valintoja.
- Joukkoliikenne kannattaa käsitellä malleissa yhtenä kulkutapana, sillä eri joukkoliikennemuodot usein täydentävät toisiaan ovelta-ovelle matkaketuissa. Lisäksi Helsingin seudulla vaihtoehtoisia joukkoliikennevaihtoehtoja ei usein ole, vaan joukkoliikenne toimii liityntä- ja runkokuljetusten järjestelmänä, jossa päällekkäisyyksiä pyritään välttämään.
- Matkaryhmiä on kuusi 1) kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat 2) kotiperäiset koulumatkat 3) kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat 4) kotiperäiset muut matkat 5) työperäiset matkat 6) muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat. Näistä kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat ja kotiperäiset muut matkat on estimoitu yhdessä, mutta kalibrointi on tehty erikseen.
- Malleissa ei ole alueen palvelutasoa kuvaavia luokittelumuuttujia, sillä aiemmissa testauksissa menettely ei Helsingin seudun malleissa tuottanut järkevää (oikeanmerkkistä tai tarvoiltaan merkitsevää) estimointitulosta. Suuntautumista selittävät työpaikkojen määrät tai kerrosalat toimialoitain, väestömäärät ja liikennejärjestelmä. Menettelystä on se etu, että maankäytön kehittyessä ei ennusteita laadittaessa ole tarvetta subjektiivisille arvioille siitä, mihin alueluokkaan ennustealue kuuluu, vaan kaikki malleissa esiintyvät muuttujat ovat laskennallisia.
- Suuntautumismallit päädyttiin laatimaan yksitasoisina, sillä aiemmissa testeissä suuntautumismallien laatu ei parantunut hierarkiatasojä lisäämällä.
- Kulkutapamalleissa ei perustelluista syistä päädytty mm. epälineaarisiin matkakustannusmuuttujiin, matkakustannus/tulot -muuttujaan eikä erillisiin joukkoliikenteen matka-ajan komponentteihin (kuten vaihdot, kulkuvälineessä vietetty aika ja liityntämatkan pituus).
- Yleistetyllä matkavastuksella tarkoitetaan yhdistelmämuuttujaa, jossa osatekijöinä ovat matkakustannus ja matka-aika. Näiden keskinäinen suhde on ennalta määrätty ja vastaa pääpiirteittäin yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa käytettyä suhdetta matkaryhmittäin.



Yleistettyä matkavastusta päädyttiin käyttämään silloin, kun joko matka-aikaa tai matkakustannusta ei saatu muuten malliin mukaan.

- Pääsääntöisesti matka-ajan tai kustannuksen kertoimet ovat kulkutavasta riippuvaisia. Yleinen matkakustannuksen kerroin tarkoittaisi taas, että matkustajat arvostaisivat joukko liikenteen matkalippuun käytetyn summan samanarvoiseksi kuin henkilöautomatkan hinnan.

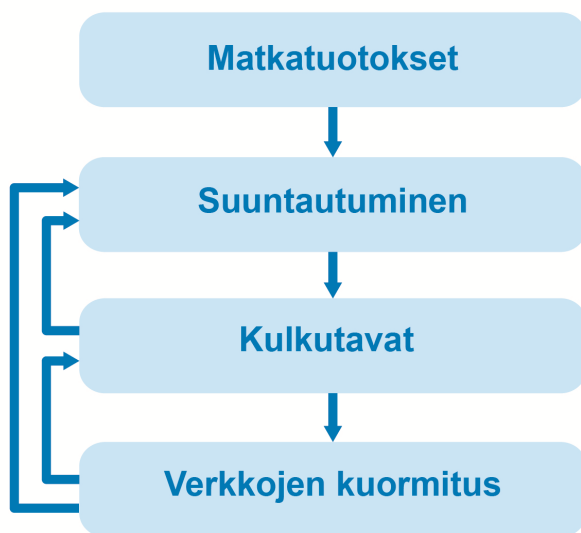
## 2 Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallit

### 2.1 Mallialue

Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallit eli Helsingin seudun mallit käsittävät pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden matkat Helsingin seudun 14 kunnan alueella arkena. Mallit laadittiin erikseen pääkaupunkiseudun asukkaille ja erikseen kehyskuntien asukkaille lukuun ottamatta tuotoslukuja, joiden oletettiin riippuvan pikemminkin henkilön iästä ja henkilöauton käyttömahdollisuudesta kuin alueellisista tekijöistä.

### 2.2 Mallijärjestelmän yleiskuvaus

Helsingin seudun 14 kunnan sisäisen liikenteen mallijärjestelmä on perinteisen neliporrasmallin sovellus. Prosessissa on takaisinkytkentä liikenteen sijoittelusta matkojen suuntautumiseen ja kulkutapajakaumaan.



Kuva 3. Helsingin seudun sisäisen liikenteen nelivaiheinen liikenne-ennusteprosessi.

Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien malleissa on kuusi matkaryhmää. Matkaryhmät ovat

- kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat
- kotiperäiset koulumatkat, jotka ovat 7–17-vuotiaiden tekemiä
- kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat
- kotiperäiset muut matkat
- työperäiset matkat
- muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat.

Tuntemattomiin matkaryhmiin (vastaaja ei ole kertonut matkan tarkoitusta) liittyvät matkat on kuitenkin otettu huomioon matkatuotoksissa skaalaamalla puuttuvia tietoja sisältävien matkojen kokonaismäärä muihin matkaryhmiin.

Kulikutapavaihtoehtoja pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien malleissa ovat:

- kevyt liikenne (jalankulku ja pyöräily)
- joukkoliikenne (lähibussi, lähijuna, metro, raitiovaunu, koulukuljetus, kaukobussi, tilausbussi, kaukojuna)
- henkilöautoliikenne (henkilöauton kuljettaja, matkustaja ja taksi).

Tarkastelujen ulkopuolelle jäävät kuorma-auto (henkilöliikennematkoilla), lentokone, moottoripyörä, mopedi, pakettiauton kuljettaja, pakettiauton matkustaja ja vesiliikenne. Nämä ja tuntemattomiin kulikutapoihin (vastaaja ei ole kertonut kulikutapaa) liittyvät matkat on kuitenkin otettu huomioon matkatuotoksissa tasokorjauksena.

Suuntautumismalleissa matkojen määränpäävaihtoehtoja ovat ennustealueet. Helsingin seudulla ennustealueita on kaikkiaan 225, joista 150 on pääkaupunkiseudulla ja 75 kehyskunnissa. Kehyskuntien aluemäärä on kasvanut yhdellä HELMET 1.0:aan verrattuna<sup>13</sup>. Myös joidenkin muiden alueiden rajat ovat hieman muuttuneet. Tarkemmin aluemuutoksia on kuvattu teknisessä raportissa (Rantala & Elolähde 2015).

Sekä kulikutapa- että suuntautumismallit ovat rakenteeltaan pääsääntöisesti logittimalleja.

Pienet poikkeamat kodin ja työpaikan välisillä matkoilla yhdistettiin päämatkaan. Kaksi matkaa yhdistettiin tuotoksien laskennan tasolla yhdeksi kotiperäiseksi työmatkaksi, jos kyse oli lyhyestä työmatkalla poikkeamisesta, peräkkäisten matkojen toinen pää oli koti ja toinen työpaikka. Matkojen yhteisen paikan piti olla joko kodin tai työpaikan ennustealueella, eikä esimerkiksi matkan varrella (jolloin kyse olisi vaikkapa matkojen ketjuttamisesta). Lisäksi vaadittiin, että pysähdys kestää enintään puoli tuntia. Jos matkalla on pieni poikkeama sekä lähtö- että määräpäässä, yhdistelyä ei enää tehty. Menettely oli sama kuin aiemmissa malleissa. Pienten poikkeamien yhdistely pienentää matkamääriä noin prosentilla verrattuna tilanteeseen, että nämä olisivat erikseen.

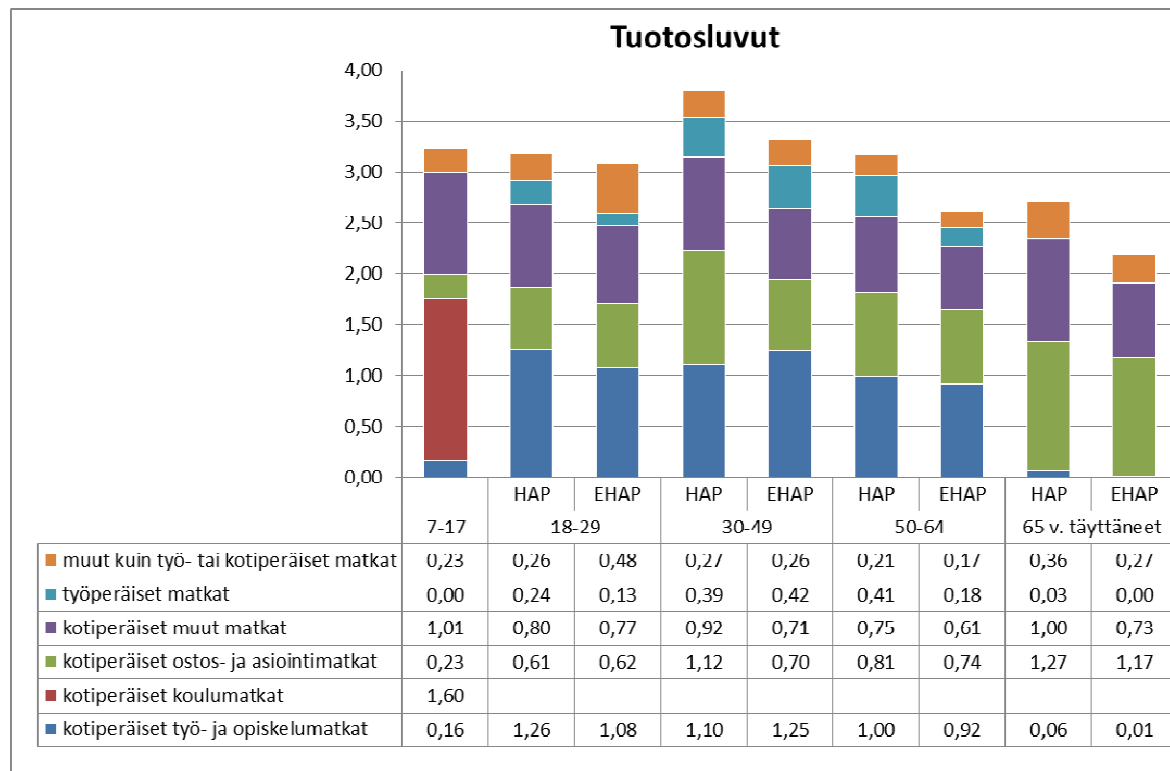
## 2.3 Tuotosmallit

### 2.3.1 Mallin kuvaus

Helsingin seudun tuotosmallit ovat tuotoslukuja. Tuotosluku kertoo, kuinka monta matkaa keskimäärin määrättyyn väestöryhmään kuuluva henkilö tekee arkivuorokaudessa tai sen osassa. Tuotosluvut on esitetty seuraavassa kuvassa. Kokonaisuudessaan matkojen määrä henkeä kohti vuorokaudessa on kasvanut 3,1 matkasta 3,2 matkaan HEHA2007–2008 ja HEHA2012 aineistoja verrattaessa. Alaikäisten ja 18–29-vuotiaiden matkatuotokset ovat hieman pudonneet, samoin 65 vuotta täyttäneiden henkilöauton pääasiallisen käyttäjien. 50–64-vuotiaiden matkatuotosluvut ovat kasvaneet, samoin 30–49-vuotiaiden henkilöauton pääasiallisten käyttäjien. Matkat painottuvat entistä enemmän päiväliikenteeseen. Kokonaisuudessaan muutokset ovat melko vähäisiä ja osa saattaa jäädä tilastollisten virhemarginaalien sisään.

---

<sup>13</sup> Raportissa Pastinen ym. 2011a oli virhe. Aiemmin kehyskunnissa oli 74 aluetta, vaikka raportissa oli mainittu 75 aluetta. Muista alueista erotettu uusi alue sijaitsee Sipoossa ja sen aluenumero on 1113.



Kuva 4. Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien seitsemän vuotta täyttäneiden asukkaiden matkojen koko vuorokauden tuotosluvut Helsingin seudulla arkena<sup>14</sup>.

Vaikka kulkutapamalli<sup>15</sup> on binäärimuuttujien kertoimia eli vaihtoehtokohtaisia vakioita lukuun ottamatta sama kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille ja kotiperäisille muille matkoille, on matkatuotokset kuitenkin laskettu erikseen näille matkaryhmille. Näin siksi, että erilaisia tulevaisuuden skenaarioita pohdittaessa voidaan ennusteissa vaikuttaa myös arvioihin tulevaisuuden matkatuotoksista (vertaa liite 4).

Koska ennusteet laaditaan erikseen aamuruuhkalle, iltaruuhkalle sekä päivä-, ilta- ja yöliikenteelle, on tuotosluvut jaettu vielä ajankohdan mukaan. Eri ajankohtien tuotoskertoimet löytyvät liitteestä 5. Aikajaksokohtaiset tuotoskertoimet on summattu koko vuorokauden tasolle ja esitetty edellä olevassa kuvassa.

Tuotoslukujen laskennassa on otettu huomioon liikkumistutkimusaineistossa esiintyvät puutteelliset tiedot. Tämä tarkoittaa, että laskennan pohjana olevissa havainnoissa matkan kulkutapa, ajankoh-

<sup>14</sup> Laskettu Helsingin seudun liikkumistutkimuksen HEHA2012 aineistosta. Tutkimuksen tuloksia on julkaisussa Lindeqvist ym. 2013.

<sup>15</sup> Tarkkaan ottaen suuntautumismallit eivät versiossa HELMET 2.0 ole enää täysin samat, koska kalibrointi-prosessin aikana suuntautumismallit on estimoitu uudelleen niin, että suuntautumismallin logsummiin vaikuttavat kulkutapamallien vaihtoehtokohtaiset vakiot ovat eri ostos- ja asiointimatkoilla ja kotiperäisillä muilla matkoilla. Siten suuntautumismallin kertoimet eroavat näissä matkaryhmissä, vaikka molempien suuntautumismallien estimoinnissa on käytetty molempien matkaryhmien aineistoa.

ta, lähtö- tai määräpaikan alue voi puuttua yksittäisten havaintojen kohdalla tai matkaryhmää ei ole pystytty päättämään.

### 2.3.2 Lähtöaineisto tuotosmalleja käytettäessä

Laadittaessa ennusteet matkojen määrille ennustealueittain tarvitaan lähtötietoina:

- edellisessä luvussa mainitut tuotosluvut kaikille kotiperäisille matkoille
- arviot väestömääristä ikäryhmittäin ennustealueilla (ikäryhmät ovat 7–17-vuotiaat, 18–29-vuotiaat, 30–49-vuotiaat, 50–64-vuotiaat ja 65 vuotta täyttäneet)
  - mallin versiossa HELMET 2.1 annetaan kokonaisväestömäärä sekä kunkin ikäryhmän osuus kokonaisväestömäärästä ennustealueittain<sup>16</sup>
- autonomistumallilla ja auton käyttömahdollisuuden mallilla lasketut ikäryhmittäiset väestöosuudet henkilöauton pääasiallisista käyttäjistä. Autonomistumallin käyttö edellyttää lisäksi seuraavien lähtötietomuuttujien ennustamista ennustealuejaossa
  - mediaanitulo (versiossa 1.0 keskitulo)
  - asuinkerrostalojen osuus ennustealueen asuinrakennusten kerrosalasta
  - erillispientalojen osuus ennustealueen asuinrakennusten kerrosalasta
  - joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistetyn matkavastuksen matkamäärillä painotettu suhde (nollalla jaon välttämiseksi käytetään muodossa  $ylsuh+1 \cdot E-09$ )
  - asukastiheys asutuista ruuduista
  - asuntokuntien keskikoko ennustealueella
  - pysäköintikustannukset muilla kuin työmatkoilla ennustealueella<sup>17</sup>
- väestön ja työpaikkojen kokonaismäärät ennustealueilla työperäisten matkojen ja muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen lähtöpaikkojen päättämiseksi.

### 2.3.3 Matkojen lähtöpaikan määrittäminen

Kuvan 4 mukaiset tuotosluvut kertovat, kuinka monta erityyppistä matkaa eri väestöryhmiin kuuluvat henkilöt keskimäärin tekevät kunakin arkipäivänä, mutta ne eivät vielä kerro, mistä eri matkat alkavat. Sitä varten tuotoslukuja on tarkennettava matkojen alkupään määrittävillä malleilla. Määrittäminen etenee vaiheittain siten, että ensin määritetään kullakin ennustealueella asuvien henkilöiden tekemien matkojen kokonaismäärä, minkä jälkeen näiden matkojen lähtöpaikat jaetaan eri ennustealueille matkaryhmittäin.

#### Matkojen määrä

Edellä mainitut lähtötiedot koskevat siis Helsingin seutua. Kertomalla kunkin ajankohdan tuotosluku ennustealueen väestöryhmäkohtaisella asukasmäärällä saadaan ennustealueen yksittäiseen väestöryhmään kuuluvien asukkaiden tuottamat matkat eri ajankohtina. Laskemalla yhteen eri väestöryhmien tuotokset saadaan koko ennustealueen väestön tuottamat matkat matkaryhmittäin eri ajankohtina. Asia voidaan matemaattisena kaavana ilmaista seuraavasti:

---

<sup>16</sup> Mallin versioissa HELMET 1.0 ja 2.0 tarvittiin kokonaisväestömäärä sekä ikäryhmittäiset väestöarviot absoluuttisina määrinä.

<sup>17</sup> Lisätty versioon 2.1, ei mukana versiossa 2.0. Pysäköintikustannukset kuitenkin tarvitaan myös kulkutapamalliin, joten sikäli kyseessä ei ole uusi muuttuja koko mallijärjestelmän kannalta.

$$T_{am}(e) = \sum_v t_{amv} \times V_v(e)$$

missä

$T_{am}(e)$  = ajankohtaa  $a$ , matkaryhmää  $m$  ja ennustealuetta  $e$  koskeva matkojen kokonaistuotos

$t_{amv}$  = ajankohtaa  $a$ , matkaryhmää  $m$  ja väestöryhmää  $v$  koskeva tuotosluku

$V_v(e)$  = väestöryhmän  $v$  koko ennustealueella  $e$ .

Muuttujien indeksit ovat:

$a$  = tarkasteluajankohta: aamuruuhka, iltaruuhka tai päivä-, ilta- ja yöliikenne

$m$  = tarkasteltava matkaryhmä

$v$  = tarkasteltava väestöryhmä (ikäluokka ja autonkäyttömahdollisuus)

$e$  = tarkasteltava ennustealue.

Tuotokset kertovat vain matkojen kokonaismäärän. Kun tuotokset ovat selvillä, on vielä arvioitava, mistä matkat eri ajankohtina alkavat.

### Matkojen lähtöpaikan määrittäminen kotiperäisillä matkoilla

Kotiperäisillä matkoilla matkojen alkuperän määrittäminen on kuitenkin helppoa. Matkojen oletetaan generoituvan kunkin henkilön asuinalueelta ja päättyvän johonkin suuntautumismallilla lasketuun kohteeseen. Kuitenkin vain osa asuinalueen generoimista matkoista myös lähtee sieltä. Aamuruuhkan, iltaruuhkan sekä päivä-, ilta- ja yöliikenteen kotiperäisten matkojen jakautuminen meno- ja paluumatkoihin on esitetty liitteessä 7.

### Matkojen lähtöpaikan määrittäminen työperäisillä matkoilla

Työperäisten matkojen todellista generointipaikkaa ei tiedetä etukäteen, joten asia on ratkaistava keinotekoisesti. Sitä varten oletetaan aluksi, että lähtökohtaisesti myös työperäiset matkat generoituvat niillä ennustealueilla, missä työntekijät asuvat, mutta sitten varsinaisten lähtöpaikkojen määrittämiseksi työperäisten matkojen lähtöpaikat siirretään eri ennustealueille kullekin ennustealueelle suuntautuvien kotiperäisten työmatkojen lukumäärien suhteessa. Käytännössä tämä tarkoittaa yksinkertaista periaatetta, että työperäiset matkat lähtevät sieltä, missä ihmiset käyvät työssä. 14 kunnan alueen määrätyn ajankohdan kokonaistuotos lasketaan teknisesti summaamalla ensin kaikkien ennustealueiden työperäisten matkojen tuotokset yhteen ja jakamalla siten saatu työperäisten matkojen kokonaistuotos eri ennustealueille kullekin alueelle suuntautuvien kotiperäisten työmatkojen suhteessa.

Koko tarkastelualueelta syntyvien työperäisten matkojen kokonaistuotos on siis

$$T_{am} = \sum_e T_{am}(e),$$

missä

$T_{am}$  = ajankohtaa  $a$  koskeva työperäisten matkojen (missä  $m$  on matkaryhmä 5 eli työperäiset matkat) kokonaistuotos Helsingin seudulla yhteensä.

$T_{am}(e)$  = ajankohtaa  $a$  ja ennustealuetta  $e$  koskeva työperäisten matkojen kokonaistuotos

Määrätyltä alueelta syntyvien työperäisten matkojen kokonaismäärä taas saadaan suhteuttamalla ennustealueen työmatkat koko seudun työmatkoihin:

$$M_{am}(e) = \frac{tp(e)}{\sum_k tp(k)} T_{am}$$

missä

- $M_{am}(e)$  = ajankohtaa  $a$  koskeva työperäisten matkojen ( $m=5$ ) generointi alueelta  $e$ .  
 $tp(e)$  = ennustealueelle  $e$  suuntautuvat koko vuorokauden kotiperäiset työmatkat kaikilla kulkutavoilla yhteensä  
 $T_{am}$  = ajankohtaa  $a$  koskeva työperäisten matkojen kokonaistuotos.

Tarkastelu tehdään erikseen pääkaupunkiseudun asukkaille ja kehyskuntien asukkaille. Aamuruuhkan, iltaruuhkan sekä päivä-, iltä- ja yöliikenteen työperäisten matkojen jakautuminen meno- ja paluumatkoihin on esitetty liitteessä 7.

### Matkojen lähtöpaikan määrittäminen muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla

Muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla (matkaryhmä 6) matkojen lähtöpaikka määritellään periaatteiltaan samalla tavalla kuin aiemmissa pääkaupunkiseudun malleissa ei-kotiperäiset matkat.<sup>18</sup> Asuinalueet generoivat matkoja kuten muissakin matkaryhmissä, mutta asuinalue ei välttämättä ole matkan kumpanakaan päässä. Koska näiden matkojen todellisia lähtöpaikkoja ei vielä tiedetä, asia joudutaan hoitamaan keinotekoisesti. Kriteerinä käytetään kunkin alueen asukkaiden ja työpaikkojen tuottamien matkojen kokonaismääriin perustuvia tunnuslukuja, jotka tuotetaan kullekin aikajaksolle erikseen henkilöauton pääasiallisille käyttäjille (HAP) ja henkilöauton ei-pääasiallisille käyttäjille (EHAP). Lisäksi pääkaupunkiseudun asukkaille ja kehyskuntien asukkaille käytetään eri kertoimia. Koko tarkastelualueen asemesta asiaa tarkastellaan suuralueittain, jolloin saadaan hiukan tarkempia tuloksia. Laskenta etenee seuraavasti:

- 1) Lasketaan kullekin pääkaupunkiseudun ennustealueelle eri väestöryhmien muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen tuotokset tarkasteltavana aikajaksona (aamuruuhka, iltaruuhka sekä päivä, iltä ja yö yhteensä) ja yhdistetään väestöryhmittäiset tiedot koko pääkaupunkiseudulle yhteensä pitämällä kuitenkin HAP-henkilöt ja EHAP-henkilöt erillään. Näin saadaan koko pääkaupunkiseudulle kuusi muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen ( $m=6$ ) kokonaismäärää kuvaavaa lukua: siis kunkin kolmen aikajakson HAP- ja EHAP-henkilöille  $T_{am} = \sum_e T_{am}(e)$ , missä  $T_{am}(e) = \sum_v t_{amv} \times V_v(e)$ .
- 2) Jaetaan Helsingin seudun ennustealueet viiteen suuralueeseen (Helsingin kantakaupunki, muu Helsinki, Espoo ja Kauniainen, Vantaa sekä kehyskunnat) ja kerrotaan kunkin ennustealueen kokonaisasukasmäärä liitteessä 6 olevasta taulukosta 34 saatavilla aikajakso- ja suuraluekohtaisella asukaskertoimilla ja kokonaistyöpaikkamäärä vastaavasti työpaikkakertoimilla siten, että HAP-henkilöille ja EHAP-henkilöille lasketaan aikajaksoittain omat luvut. Sen jälkeen nämä kaksi tuloa lasketaan vielä HAP-henkilöittäin ja EHAP-henkilöittäin yhteen, jolloin jokaiselle ennustealueelle saadaan kaksi aikajaksokohtaista tunnuslukua  $asukasmäärä \cdot (matkaa/asukas) + työpaikkamäärä \cdot (matkaa/työpaikka)$ , joista toinen HAP- ja toinen EHAP-henkilöille.

<sup>18</sup> Karasmaa ym. 2003, sivut 19–20.

- 3) Lasketaan näin muodostetut ennustealueiden tunnusluvut yhteen siten, että HAP- ja EHAP-henkilöille saadaan omat aikajaksokohtaiset summat koko Helsingin seudulle, siis yhteensä kuusi lukua.
- 4) Jaetaan kunkin ennustealueen HAP- ja EHAP-henkilöiden tunnusluku vastaavalla summata-  
son tunnusluvulla, jolloin tuloksena saadaan kullekin ennustealueelle ja aikajaksolle omat  
kertoimet, jotka kuvaavat ko. ennustealueen todennäköisyyttä toimia koko Helsingin seu-  
dulla HAP- tai EHAP-henkilön muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen lähtöpaikkana.
- 5) Kerrotaan kohdassa 1 muodostettujen pääkaupunkiseudun asukkaiden muiden kuin työ-  
tai kotiperäisten matkojen kokonaismäärät edellä saaduilla ennustealuekohtaisilla kertoimil-  
la, jolloin saadaan kultakin ennustealueelta lähtevien muiden kuin työ- tai kotiperäisten  
matkojen määrät tarkasteluajankohtana erikseen HAP-henkilöille ja EHAP-henkilöille.
- 6) Tehdään vastaava laskelma kehyskuntien asukkaille käyttäen liitteessä 6 olevasta taulu-  
kosta 35 saatavia kertoimia.

Seuraavassa taulukossa on liitteessä 6 olevien taulukoiden yhteenveto eli aikajaksokohtaisten  
kertoimien summat vuorokausitasolle.

*Taulukko 5. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät vuorokaudessa asukasta ja työ-  
paikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien<sup>19</sup>.*

			matkaa/ asukas	matkaa/ työpaikka
Pääkaupunkiseudun asukkaat	HAP	kantakaupunki	0,2090	0,1560
		muu Helsinki	0,0870	0,2481
		Espoo ja Kauniainen	0,1272	0,2711
		Vantaa	0,0959	0,1846
		kehyskunnat	0,0263	0,0808
	EHAP	kantakaupunki	0,3558	0,2655
		muu Helsinki	0,0860	0,2452
		Espoo ja Kauniainen	0,0761	0,1621
		Vantaa	0,0715	0,1375
		kehyskunnat	0,0057	0,0174
Kehyskuntien asukkaat	HAP	kantakaupunki	0,0177	0,0132
		muu Helsinki	0,0061	0,0173
		Espoo ja Kauniainen	0,0056	0,0119
		Vantaa	0,0107	0,0207
		kehyskunnat	0,0913	0,2802
	EHAP	kantakaupunki	0,0103	0,0077
		muu Helsinki	0,0014	0,0039
		Espoo ja Kauniainen	0,0023	0,0049
		Vantaa	0,0009	0,0018
		kehyskunnat	0,0503	0,1543

<sup>19</sup> Lähteet: Helsingin seudun liikumistutkimus 2012, Pääkaupunkiseudun väestömäärän lähteenä SeutuCD: Rakennustasoinen väestö 8/2012, muualla seutua RHR 8/2012. Työpaikkamäärien lähteenä pääkaupun-  
kiseudulla SeutuCD: YrTP ja JulkTP 2010 ja muualla seudulla YKR 12/2010. Kummatkin työpaikkamää-  
rien aineistot on korjattu työssäkäyntitilaston (Tilastokeskus 31.12.2010) kohdistumattomilla (tuntematto-  
mat jaettu alueille tunnettujen suhteessa).



## 2.4 Kulkutapa- ja suuntautumismallit

### 2.4.1 Mallien estimointi

Kulkutapa- ja suuntautumismallit on laadittu erikseen pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkailla ja kaikille matkaryhmille. Sekä kulkutapa- että suuntautumismallit ovat rakenteeltaan pääsääntöisesti logittimalleja. Logittimalleja on ehkä kaikkein havainnollisimmin esitelty kirjassa Ben-Akiva & Lerman 1991.

Kehyskuntien kulkutapa- ja suuntautumismalleissa estimointiaineistona olivat Helsingin seudun liikkumistutkimus 2012 ja vastaava aiempi aineisto vuosilta 2007–2008. Vuodelta 2008 peräisin olevaa joukkoliikenteen valintaperusteista otosta ei enää tarvinnut käyttää, vaan estimoinnit onnistuivat nyt hyvin, kun aiemman aineiston tukena oli myös Helsingin seudun liikkumistutkimus 2012. Estimointeja testattiin sekä uudella että vanhalla aineistolla erikseen, mutta tilastollisesti parhaat mallit saatiin käyttämällä estimointiaineistoja yhdessä. Mallit estimoitiin lopulta laajennuskertoimilla painotetuista aineistoista. Kulkutapamalleissa vuoden 2012 matkapäiväkirja-aineiston kokonaispainoarvo oli 50 prosenttia ja kalibroitaessa kulkutapaosuudet vastaamaan nykytilannetta, käytettiin vain vuoden 2012 matkaryhmittäisiä kulkutapaosuuksia. Suuntautumismallissa matkapäiväkirja-aineistojen painoarvot suhteutettiin vuosien 2012 ja 2007–2008 havaintomääriin.

Vuosien 2007–2008 matkapäiväkirja-aineistoon yhdistettiin estimointeja varten vuoden 2008 liikennejärjestelmäkuvausten matka-aikatiedot ja vuoden 2008 hintatasosta vuoden 2012 hintatasoon korjatut matka- ja ajokustannukset. Näin meneteltiin, jotta uusia malleja voidaan jatkossa käyttää vuoden 2012 hintatasossa ja jotta aineistot voitiin yhdistää yhdeksi estimointiaineistoksi. Vuoden 2012 matkapäiväkirja-aineistoon täydennettiin vuoden 2012 vastukset. Vastaavalla tavalla suuntautumismallien estimointiaineistoihin lisättiin vielä vuosien 2008 ja 2012 maankäyttötiedot.

Kun malleilla lasketaan ensimmäisen kerran kulkutapaosuudet, poikkeavat ne usein matkapäiväkirja-aineiston kulkutapaosuuksista. Tämä vääristymä korjattiin mallissa kaavalla (Ben-Akiva & Lerman 1991):

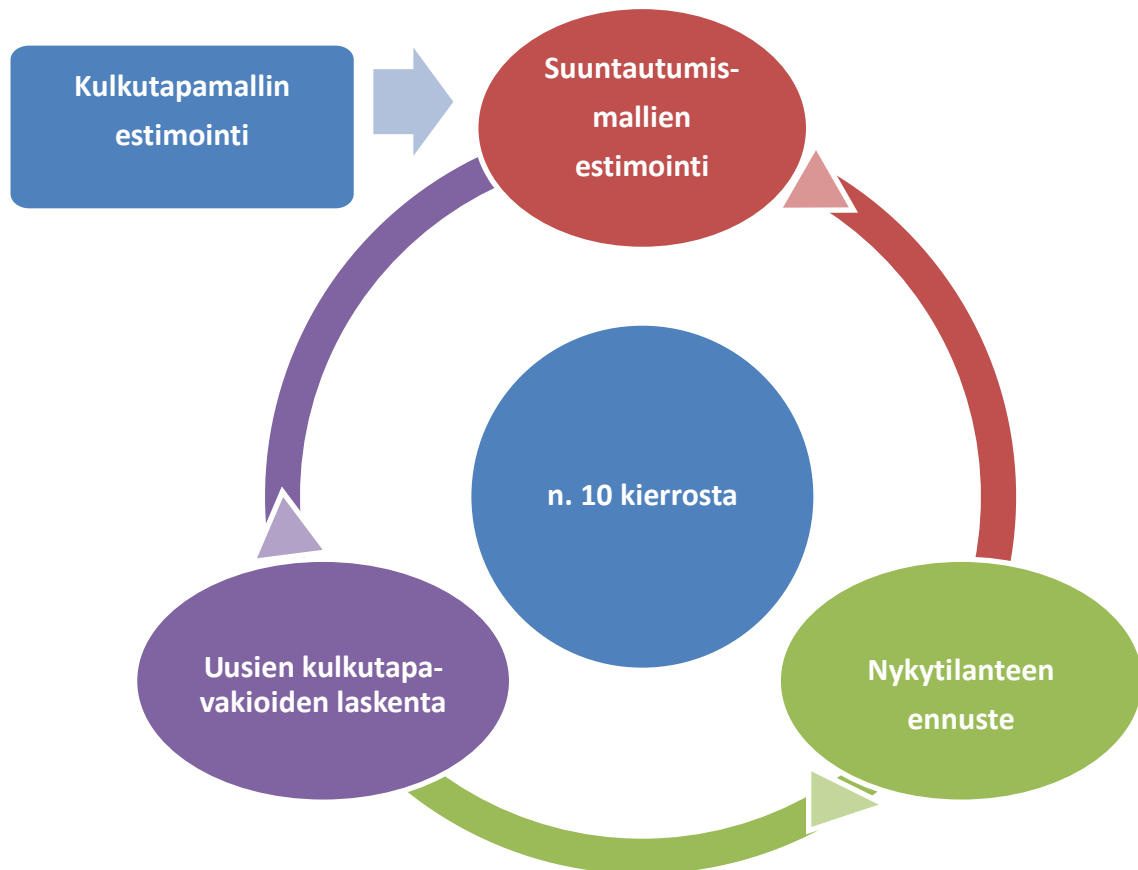
$$c(l) = c(0) - \ln \left[ \frac{p(\text{malli})}{p(\text{HEHA})} \right]$$

missä

$c(l)$	= uusi kulkutapakohtainen vakio
$c(0)$	= estimoinnin tuottama kulkutapakohtainen vakio
$p(\text{malli})$	= estimoidulla mallilla laskettu kulkutavan valintatodennäköisyys
$p(\text{HEHA})$	= Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimuksesta 2012 laskettu kulkutapaosuus (laajennettu aineisto).

Malli ajettiin uudelleen käyttäen uutta kulkutapakohtaista vakiota. Saatuja kulkutapaosuuksia verrattiin havaittuihin ja korjattiin taas vakiota. Menettely oli siis iteratiivinen. Samankaltainen menetelmä oli käytössä myös aiemmissa Helsingin seudun malleissa.

Versioiden 2.0 ja 2.1 yhteydessä suuntautumismallien estimointia tarkennettiin siten, että suuntautumismalli estimointiin uudelleen jokaisen kulkutapamallin kalibroinnin jälkeen. Näin haluttiin varmistaa, että kulkutapakohtaisten vakioiden muutos logsumissa tulisi otettua huomioon myös suuntautumismallien kertoimissa. Version 2.1 estimoinnin yhteydessä estimointikierroksia oli 2 tarkkuuden lisäämiseksi, eli kuvassa 5 esitetty estimointiprosessi tehtiin kaksi kertaa.



Kuva 5. Tarkennettu kulkutapamallien kalibrointi- ja suuntautumismallien estimointiprosessi.

Estimointikierroksia oli kaksi. Estimointikierroksella 1 suuntautumismalli estimointiin yhteensä viisi kertaa, jonka jälkeen todettiin, että kulkutapaosuudet oli saatu kalibroitua riittävän lähelle oikeita. Kalibroiduilla kulkutapavakioilla laskettiin uudet vastukset estimointikierrosta 2 varten. Kulkutapamalli estimointiin uudelleen saaduilla vastuksilla. Estimointikierroksen 2 kalibrointiprosessin aikana suuntautumismalli estimointiin 12 kertaa. Aina sen jälkeen laskettiin uusi nykytilan ennuste, jonka perusteella laskettiin uudet kulkutapakohtaiset vakiot. Siinä vaiheessa todettiin, että valitulla tarkkuudella oli saatu niin tarkat suuntautumismallin kertoimet ja kulkutapakohtaiset vakiot, että peräkkäisten iterointikierrosten tulokset eivät enää muuttuneet loogiseen suuntaan ja siten tarkentuneet, vaan jäivät heilumaan edestakaisin. Tässä vaiheessa myös suurin osa suuntautumismallien kertoimista oli jo vakiintunut tiettyyn arvoon.

Kulkutapamallien kertoimet kiinnitettiin joko viimeisen kierroksen arvoon tai sopivan edellisen kierroksen arvoon (arvot olivat kolmen desimaalin tarkkuudella stabiloituneet, ja muutosta viimeisen kierroksen arvoon nähden oli siis muutamassa kertoimessa neljännessä desimaalissa). Kun kulkutapamallien kertoimet näin oli kiinnitetty, suuntautumismalli estimointiin vielä kerran. Mallin lopputu-

loksen kannalta pienillä muutoksilla ei ole merkitystä, koska malliin kalibroinnin jälkeen tehdyt muutokset sekä mallin lähtötietojen epätarkkuudet ennustetilanteessa vaikuttavat lopputulokseen enemmän kuin kertoimen kolmas tai neljäs desimaali.

Seuraavissa luvuissa esitetään sekä pääkaupunkiseudun että kehyskuntien asukkaiden suuntautumis- ja kulkutapamallit. Malleista tuodaan esille kunkin mallin muuttujat, kertoimet, t-arvot ja selityksasteet.

#### 2.4.2 Mallien kuvaus

Kotiperäisillä matkoilla ja muilla kuin kotiperäisillä matkoilla kulkutapa- ja suuntautumismalleissa käytetyt muuttujat näkyvät kahdessa seuraavassa taulukossa. Mallien muuttujat on ensisijaisesti pyritty säilyttämään samoina kuin aiemmin HELMET 1.0 -mallissa, ja vain sellaisissa tilanteissa, kun mallin kerroin tuli väärän merkkiseksi tai korreloi liian vahvasti jonkin toisen muuttujan kanssa, muuttujaa muutettiin. Merkittävin muutos HELMET 2.0:ssa on kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen suuntautumismalliin lisätty muuttuja opiskelupaikkojen määrä. HELMET 2.1:ssä ei ole tehty merkittäviä muutoksia<sup>20</sup>. Tämän luvun taulukoissa on esitetty version HELMET 2.1 kertoimet, versio 2.0 poikkeaa hieman näistä ja siitä on oma julkaisematon raporttinsa (Pastinen ym. 2013).

---

<sup>20</sup> HELMET 2.1:ssä on HELMET 2.0:aan verrattuna vain pieniä muutoksia: 1) Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kehyskuntien mallissa on siirrytty yleistettyyn matkavastukseen joukkoliikenteessä. 2) Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen kehyskuntien mallissa on voitu luopua yleistetystä matkavastuksesta joukkoliikenteessä.

Taulukko 6. Kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttujat.

Muuttujat eri matkaryhmien malleissa, kotiperäiset matkat		Kotiperäiset työ- ja opiskelu- matkat		Kotiperäiset koulumatkat		Kotiperäiset muut matkat + ostos- ja asiointimatkat	
		PKS	KEHYS	PKS	KEHYS	PKS	KEHYS
Kulutavanvalintamalli	Ln(etäisyys+1), km (KL)	x	x			x	x
	Matka-aika, min (HA)	x				x	
	Painotettu kokonaismatka-aika, "min" (JL)	x				x	
	Ajokustannukset, euroa (HA)	x				x	
	Kustannukset, euroa (JL)	x				x	
	Pysäköintikustannukset, euroa (HA)	x	x			x	x
	Ajokustannukset + pysäköintikustannukset, e (HA)						
	Yleistetty matkavastus, "euroa" (HA)		x				x
	Yleistetty matkavastus, "euroa" (JL)		x				x
	Vaihtojen määrä, kpl (JL)						
	Autoa / asutokunta alueella keskimäärin (HA)	x	x			x	x
	Vaihtoehtokohtainen vakio (binäärimuuttuja) (KL)	x	x			x	x
	Vaihtoehtokohtainen vakio (binäärimuuttuja) (HA)	x	x			x	x
Suuntautumismalli	Logsum kulutavanvalintamallista	x	x			x	x
	Oma kunta -vakio (0/1-binäärimuuttuja)			x	x		
	Etäisyys, jos omassa kunnassa			x	x		
	Etäisyys, jos eri kunnassa			x	x		
	Ln(asukasmäärä)			x	x		
	<u>Kokotekijässä</u>						
	Työpaikat yhteensä	x	x				
	Oppilaspaikat 2.-3. aste	x	x				
	Asukasmäärä					x	x
	Palvelun työpaikat					x	x
	Myymlöiden kerrosala					x	x

Taulukko 7. Muiden kuin kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttujat.

Muuttujat muiden kuin kotiperäisten matkojen mallissa		Työperäiset matkat		Muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	
		PKS	KEHYS	PKS	KEHYS
Kuluttavanvalintamalli	Ln(etäisyys+1), km (KL)	x	x	x	x
	Matka-aika, min (HA)	x		x	
	Painotettu kokonaismatka-aika, "min" (JL)	x		x	x
	Ajokustannukset, euroa (HA)	x		x	
	Kustannukset, euroa (JL)	x		x	x
	Pysäköintikustannukset, euroa (HA)	x	x	x	x
	Ajokustannukset + pysäköintikustannukset, e (HA)				
	Yleistetty matkavastus (HA)		x		x
	Yleistetty matkavastus, "euroa" (JL)		x		
	Vaihtojen määrä, kpl (JL)				
	Autoa / asutokunta alueella keskimäärin (HA)				
	Vaihtoehtokohtainen vakio (binäärimuuttuja) (KL)	x	x	x	x
	Vaihtoehtokohtainen vakio (binäärimuuttuja) (HA)	x	x	x	x
Suuntautumismalli	Logsum kuluttavanvalintamallista	x	x	x	x
	Oma kunta -vakio (0/1-binäärimuuttuja)				
	Etäisyys, jos omassa kunnassa				
	Etäisyys, jos eri kunnassa				
	Ln(asukasmäärä + 1)				
	<u>Kokotekijässä</u>				
	Työpaikat yhteensä				
	Oppilaspaikat 2.-3. aste				
	Asukasmäärä	x	x	x	x
	Palvelun työpaikat	x	x	x	x
	Myymälöiden kerrosala	x	x	x	x

Estimoinnissa ei ole käytetty haastatteluista saatuja tietoja matka-ajoista ja etäisyyksistä, vaan niihin liittyvät vastukset on saatu sijoitteluista. Mallien kertoimet voidaan näin sovittaa liikennejärjestelmäkuvausta vastaaviksi, ja käytettävissä on myös muiden kuin valitun kuluttavan vastukset. Tämä on eduksi, kun mallia käytetään ennusteiden laadinnassa. Ennustetilanteessa vastukset voivat muuttua nykytilanteesta ja nämä muuttuneet tiedot saadaan kätevimmin uutta liikennejärjestelmäkuvausta vastaavista sijoitteluista. Malleissa esiintyvien kustannusmuuttujien laskentaa on esitetty tarkemmin liitteissä 1 ja 2.

Vaikka kuntajako onkin muuttunut vuoden 2008 jälkeen, koulumatkoilla käytettävän oma kunta -muuttujan arvoa ei muuteta, ellei erityistä syytä tähän ole. Toisin sanoen käytetään edelleen vuoden 2007 kuntajakoa.

Seuraavissa taulukoissa 8–13 on esitetty mallien selitysasteet, kertoimien arvot ja kertoimien  $t$ -arvot kullekin matkaryhmälle erikseen. Kulkutavanvalintamallille on käytetty selitysasetta  $\rho^2(c)$ , koska vaihtoehtokohtaiset vakiot ovat käytössä. Suuntautumismallille taas käytetään selitysasetta  $\rho^2(0)$ , koska niissä ei ole vaihtoehtokohtaisia vakioita.

Päivitystyön yhteydessä suuntautumismallit on estimoitu uudelleen useita kertoja kulkutapamallien vaihtoehtokohtaisten vakioiden (binäärimuuttujien kertoimien) kalibroinnin aikana. Suuntautumismallien  $\rho^2(0)$ -arvot ja  $t$ -arvot ovat viimeiseltä estimointikierrokselta.

Lisäksi taulukoihin on laskettu mallien aika- ja hintajoustot. Joukkoliikenteen aikajoustojen tulkinassa on otettava huomioon, että kyse on painotetusta kokonaismatka-ajasta. Taulukon alaosan joustot on laskettu prosenttiyksikön muutosta kohden ts. esimerkiksi henkilöauton kustannuksen kasvattaminen 10 prosentilla (8. viimeinen rivi taulukossa 8, jossa merkintä "HA kust 110 %") pienentää henkilöautolla tehtävien matkojen määrää 2,0 % pääkaupunkiseudulla ja 2,0 % kehyskunnissa (eli 0,2 % ja 0,2 % yhden prosenttiyksikön muutosta kohden). Sen sijaan kulkutapaosuuksien muutokset on ilmoitettu suoraan prosenttiyksiköinä eli tapauksessa "HA kust 110 %" (4. viimeinen rivi) ne pienenevät 0,6 ja 1,3 prosenttiyksikköä.

Yleistetyn matkavastuksen laskemisesta matkaryhmittäin on kerrottu tarkemmin liitteessä 3. Käytännössä hyötyfunktioissa yleistetty matkavastus on tietylle kulkutavalle muotoa

$$\text{yleistetty\_vastus} = \alpha * (\text{matka-aika}) + \text{kustannus},$$

missä  $\alpha$  on kyseisen matkaryhmän yleistetyn matkavastuksen kerroin (€/min), joka on johdettu ajan arvosta. Tälle yhdistelmämuuttujalle estimoidaan yksi mallikerroin. Yhtenäisyyden vuoksi taulukoissa 8–13 esitetään kerroin jokaiselle muuttujalle erikseen. Kustannuksen kerroin on tällöin estimoinista saatu yleisen vastuksen kerroin, ja matka-ajan kerroin taas muotoa  $\alpha * [\text{yleisen vastuksen kerroin}]$ . Kunkin matkaryhmän kohdalla on mainittu, miten taulukossa näkyvät kertoimet on laskettu, jos on käytetty yleistettyä matkavastusta. Yhteenveto eri matkaryhmille käytetyistä ajan arvoista on liitteen 3 taulukossa 30.

Taulukko 8. Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet.

Kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat			
kerroin (t-arvo)		PKS	KEHYS
Kuluttavanvalintamalli	roo2(c)	<b>0,2355</b>	<b>0,2738</b>
	<i>Ln (etäisyys+1) (KL)</i>	-2,9558 (-40,5)	-1,9661 (-32,6)
	<i>Matka-aika (HA)</i>	-0,0842 (-8,5)	-0,0398 yl. vastus*
	<i>Painotettu kokonaismatka-aika (JL)</i>	-0,0455 (-15,3)	-0,0228 yl. vastus**
	<i>Ajokustannukset (HA)</i>	-0,1859 (-2,4)	-0,2298 (-15,6)
	<i>Kustannukset (JL)</i>	-0,4342 (-5,9)	-0,1316 (-11,6)
	<i>Pysäköintikustannukset (HA)</i>	-0,9090 (-16,1)	-1,3045 (-15,7)
	<i>Autoa per asuntokunta (HA)</i>	1,6863 (18,2)	1,0848 (9,9)
	<i>KL binäärimuuttuja (KL)</i>	2,0788 (-)	1,5139 (-)
	<i>HA binäärimuuttuja (HA)</i>	-2,5527 (-)	-0,5272 (-)
Suuntautumismalli	roo2(0)	<b>0,3235</b>	<b>0,3841</b>
	<i>Logsum kuluttavanvalintamallista</i>	0,8099 (72,0)	1,4971 (88,9)
	<i>Kokotekijä</i>	1	1
	<i>Työpaikat yhteensä+1</i>	1 -	1 -
	<i>Oppilaspaidat 2.-3. aste</i>	0,2314 (-10,1)	0,4967 (-6,3)
Joustopot	Hintajoustopot (HA)(HA kust 110%)	-0,2	-0,2
	Hintajoustopot (JL) (JL kust 90 %)	-0,2	-0,2
	Aikajoustopot (HA) (HA-aika 110 %)	-0,6	-0,3
	Aikajoustopot (JL) (JL-aika 90 %)	-1,0	-1,1
Kuluttatapa- osuuden muutos %- yksikköä	Hinta (HA)(HA kust 110%)	-0,6	-1,3
	Hinta (JL) (JL kust 90 %)	0,9	0,4
	Aika (HA) (HA-aika 110 %)	-2,2	-1,6
	Aika (JL) (JL-aika 90 %)	4,6	2,9
*) Yleistetty matkavastus: Matka-ajan (HA) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0398 = 0,173 * (-0,2298)$			
**) Yleistetty matkavastus: Painotetun kokonaismatka-ajan (JL) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0228 = 0,173 * (-0,1316)$			

Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen malleissa kaikille aikajaksoille (siis myös päiväliikenteelle) on käytetty samoja vastusarvoja (matka-aika, kustannus, etäisyys), jotka on laskettu keskiarvona aamuruuhkan vastuksesta generaatioalueelta attraktioalueelle (eli käytännössä kotoa työpaikalle) ja iltaruuhkan vastuksesta vastakkaiseen suuntaan.<sup>21</sup>

HELMET 1.0 -mallissa kehyskuntien asukkaiden tekemien kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen mallissa joukkoliikenteen ja henkilöauton matkakustannuksille (ml. pysäköinti) oli käytetty yleistä (eli geneeristä) kerrointa, joka oli siis yhteinen näille muuttujille. HELMET 2.1 -mallissa näin ei ole tehty, vaan kehyskunnissa on käytetty henkilöautomatkoille ja joukkoliikennematkoille yleistettyä matkavastusta, jossa matka-ajan ja matkakustannusten suhde on kiinnitetty ajan arvolla siten, että kertoimien suhde on 0,173. Ajan arvo on johdettu yhteiskuntataloudellisten laskelmien ajanarvon laskennan käytännöistä (vihreällä sävytetty osat edellä olevassa taulukossa 8, ks. käsitteistä hakusana yleistetty matkavastus ja liite 3).

Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen suuntautumismalliin on lisätty muuttujaksi opiskelupaikkojen määrä (2. ja 3. asteen oppilaspaikat), jota ei ollut mukana HELMET 1.0 -mallissa.

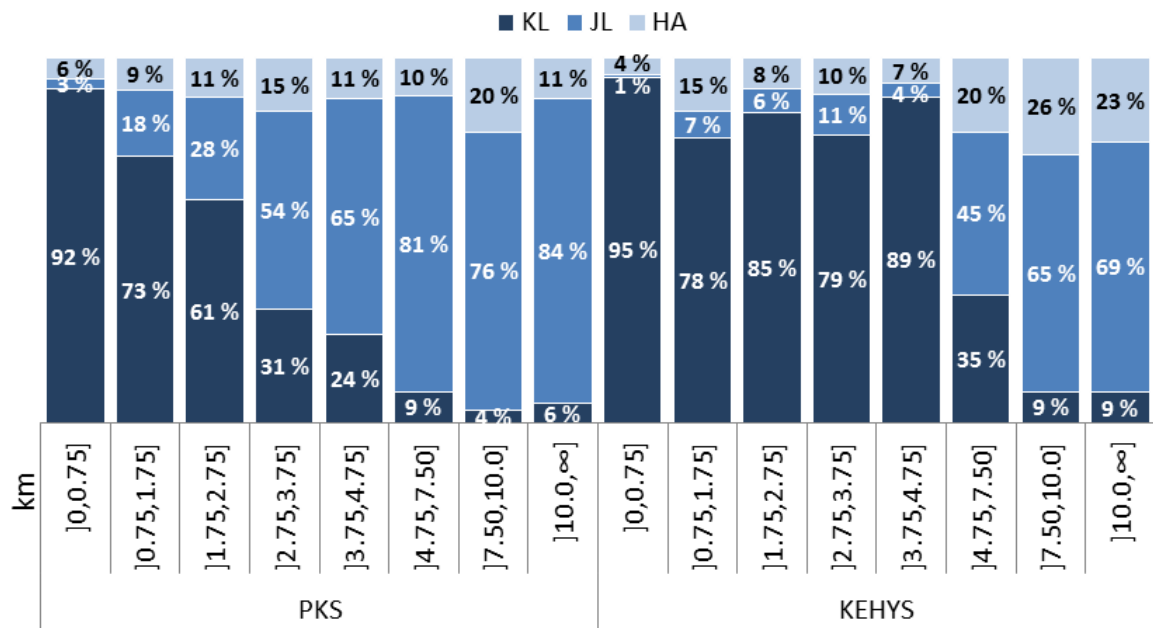
Kotiperäisten koulumatkojen suuntautuminen lasketaan logittimallilla, mutta kulkutapamalli on pituusjakaumapohjainen, ts. kulkutavan valinta riippuu matkan pituudesta. Kulkutapaosuudet eripituksilla matkoilla on esitetty kuvassa 6.

Taulukko 9. Kotiperäisten koulumatkojen suuntautumismallin kertoimet.

Kotiperäiset koulumatkat (7-17-vuotiaat)			
kerroin (t-arvo)		PKS	KEHYS
Kulkutapamalli on etäisyysjakauma			
Suuntautumismalli	roo2(0)	0,708	0,8716
	Binäärimuuttuja, oma kunta	3,5312 (12,9)	4,2452 (16,0)
	Etäisyys (KL), oma kunta	-0,4601 (-41,6)	-0,2369 (-18,0)
	Etäisyys (KL), eri kunta	-0,2487 (-11,5)	-0,1303 (-13,5)
	Ln(asukasluku)	0,5522 (12,9)	1,017 (16,0)

<sup>21</sup> Menettely on matkaryhmäkohtainen. Malleissa on ajateltu, että matkapäättöstä tehtäessä otetaan koko meno-paluumatkan ominaisuudet huomioon mahdollisimman lähelle juuri sitä ajankohtaa, jolloin matkat todellisuudessa tehdään. Eri matkaryhmien matkat ajoittuvat tyypillisesti eri ajankohtiin. Valittaessa kulkurin matkaryhmälle käytettävää vastusparia on otettu huomioon matkojen tyypillinen ajoittuminen.





Kuva 6. Kotiperäisten koulumatkojen pituusjakaumat kulkutavoittain pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden matkoille erikseen.

Kulikutavanvalintamalli on yhteinen kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille sekä kotiperäisille muille matkoille lukuun ottamatta vaihtoehtokohtaisia vakioita (eli kulkutapakohtaisten binäärimuuttujien kertoimia). Vakiot on korjattu kohdassa 2.4.1 kuvatulla tavalla. Suuntautumismalli on estimoitu uudelleen korjatuilla vakioilla, joten ostos- ja asiointimatkojen sekä muiden kotiperäisten matkojen suuntautumismallit poikkeavat toisistaan. Kullekin aikajaksoille on käytetty vastusarvoja, jotka on laskettu keskiarvona kyseisen aikajakson vastuksista generaatioalueelta attraktioalueelle (eli käytännössä kotoa määräpaikkaan) ja takaisin.

Jo HELMET 1.0 -mallissa kehyskuntien asukkaiden tekemien kotiperäisten ostos- ja asiointimatkojen sekä kotiperäisten muiden matkojen mallissa henkilöautolle oli käytetty yleistettyä matkavastusta. HELMET 2.1 -mallissa myös kehyskuntien joukkoliikenteelle on käytetty yleistettyä matkavastusta, jossa matka-ajan ja matkakustannusten suhde on kiinnitetty ajan arvolla siten, että kertomien suhde on 0,110. Ajan arvo on johdettu yhteiskuntataloudellisten laskelmien ajanarvon laskennan käytännöistä (vihreällä säilytetyt osat taulukoissa 10 ja 11, ks. käsitteistä hakusana yleistetty matkavastus ja liite 3).

Taulukko 10. Kotiperäisten ostos- ja asiointimatkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet.

Kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat			
kerroin (t-arvo)		PKS	KEHYS
Kulutavanvalintamalli	roo2(c)	0,3391	0,2109
	Ln (etäisyys+1) (KL)	-3,3580 (-69,1)	-1,9802 (-43,8)
	Matka-aika (HA)	-0,0501 (-3,8)	-0,0293 yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0374 (-13,0)	-0,0056 yl. vastus**
	Ajokustannukset (HA)	-0,5721 (-5,5)	-0,2664 (-11,6)
	Kustannukset (JL)	-0,6135 (-10,1)	-0,0509 (-3,8)
	Pysäköintikustannukset (HA)	-1,1720 (-27,0)	-1,0850 (-11,4)
	Autoa per asuntokunta (HA)	1,4980 (22,6)	0,4916 (5,3)
	KL binäärimuuttuja (KL)	2,4071 (-)	3,8640 (-)
	HA binäärimuuttuja (HA)	-1,5022 (-)	2,7882 (-)
Suuntautumismalli	roo2(0)	0,5867	0,7349
	Logsum kulutavanvalintamallista	1,5245 (153,6)	2,8646 (127,5)
	Kokotekijä	1	1
	Asukkaat + 1	1 -	1 -
	Palvelun työpaikat	4,0354 (23,2)	6,6267 (22,7)
	Myymälärakennusten krs-ala	0,4191 (-15,9)	0,1492 (-15,6)
Joustot	Hintajousto (HA)(HA kust 110%)	-0,2	-0,1
	Hintajousto (JL) (JL kust 90 %)	-0,6	-0,1
	Aikajousto (HA) (HA-aika 110 %)	-0,1	-0,1
	Aikajousto (JL) (JL-aika 90 %)	-0,9	-0,4
osuuden muutos %- yksikköä	Hinta (HA)(HA kust 110%)	-0,7	-0,5
	Hinta (JL) (JL kust 90 %)	1,1	0,1
	Aika (HA) (HA-aika 110 %)	-0,6	-0,4
	Aika (JL) (JL-aika 90 %)	1,6	0,1
*) Yleistetty matkavastus: Matka-ajan (HA) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0293 = 0,110 * (-0,2664)$			
**) Yleistetty matkavastus: Painotetun kokonaismatka-ajan (JL) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0056 = 0,110 * (-0,0509)$			

Taulukko 11. Kotiperäisten muiden matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet.

Kotiperäiset muut matkat			
kerroin (t-arvo)		PKS	KEHYS
Kuluttavanvalintamalli	<b>roo2(c)</b>	<b>0,3391</b>	<b>0,2109</b>
	<i>Ln (etäisyys+1) (KL)</i>	-3,3580 (-69,1)	-1,9802 (-43,8)
	<i>Matka-aika (HA)</i>	-0,0501 (-3,8)	-0,0293 yl. vastus*
	<i>Painotettu kokonaismatka-aika (JL)</i>	-0,0374 (-13,0)	-0,0056 yl. vastus**
	<i>Ajokustannukset (HA)</i>	-0,5721 (-5,5)	-0,2664 (-11,6)
	<i>Kustannukset (JL)</i>	-0,6135 (-10,1)	-0,0509 (-3,8)
	<i>Pysäköintikustannukset (HA)</i>	-1,1720 (-27,0)	-1,0850 (-11,4)
	<i>Autoa per asuntokunta (HA)</i>	1,4980 (22,6)	0,4916 (5,3)
	<i>KL binäärimuuttuja (KL)</i>	2,3814 (-)	5,0309 (-)
	<i>HA binäärimuuttuja (HA)</i>	-2,0753 (-)	2,7543 (-)
Suuntautumismalli	<b>roo2(0)</b>	<b>0,5949</b>	<b>0,7429</b>
	<i>Logsum kuluttavanvalintamallista</i>	1,4563 (153,2)	2,4092 (124,9)
	<i>Kokotekijä</i>	1	1
	<i>Asukkaat + 1</i>	1 -	1 -
	<i>Palvelun työpaikat</i>	3,1665 (18,9)	6,1784 (20,8)
	<i>Myymälärakennusten krs-ala</i>	0,4130 (-17,0)	0,1862 (-15,2)
Joustopot	Hintajousto (HA)(HA kust 110%)	-0,3	-0,1
	Hintajousto (JL) (JL kust 90 %)	-0,6	-0,2
	Aikajousto (HA) (HA-aika 110 %)	-0,2	-0,1
	Aikajousto (JL) (JL-aika 90 %)	-0,9	-0,4
osuuden muutos %- yksikköä	Hinta (HA)(HA kust 110%)	-0,9	-0,6
	Hinta (JL) (JL kust 90 %)	1,4	0,1
	Aika (HA) (HA-aika 110 %)	-0,7	-0,5
	Aika (JL) (JL-aika 90 %)	2,2	0,1
*) Yleistetty matkavastus: Matka-ajan (HA) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0293 = 0,110 * (-0,2664)$ **) Yleistetty matkavastus: Painotetun kokonaismatka-ajan (JL) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0056 = 0,110 * (-0,0509)$			

Aamu- ja iltaruuhkan työperäisten matkojen ennusteissa on koko Helsingin seudulla käytetty vastusarvoja, jotka on laskettu keskiarvona aamuruuhkan vastuksesta lähtöpaikasta määräpaikkaan (tai oikeammin generointialueelta attrahointialueelle) ja iltaruuhkan vastuksesta vastakkaiseen suuntaan. Ruuhkan ulkopuolisen ajan (päivä-, ilta ja yö) ennusteissa taas on käytetty vastusarvoja, jotka on laskettu keskiarvona päiväliikenteen vastuksista lähtöpaikasta määräpaikkaan ja takaisin.

Jo HELMET 1.0 -mallissa kehyskuntien asukkaiden tekemien työperäisten matkojen mallissa henkilöautolle oli käytetty yleistettyä matkavastusta. HELMET 2.0 -mallissa myös kehyskuntien joukkoliikenteelle on käytetty yleistettyä matkavastusta, jossa matka-ajan ja matkakustannusten suhde on kiinnitetty ajan arvolla siten, että kertoimien suhde on 0,245. Ajan arvo on johdettu yhteiskuntataloudellisten laskelmien ajanarvon laskennan käytännöistä (vihreällä sävytetyt osat edellä olevassa taulukossa 12, ks. käsitteistä hakusana yleistetty matkavastus ja liite 3).

Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen mallissa kullekin aikajaksolle on käytetty ko. aikajakson vastuksia sellaisenaan ilman symmetroitintia eli keskiarvojen laskemista.

Tässäkin matkaryhmässä oli jo HELMET 1.0 -mallissa kehyskuntien asukkaiden tekemille henkilöautomatkaille käytetty yleistettyä matkavastusta. HELMET 2.1:ssä matka-ajan ja matkakustannusten suhde on kiinnitetty ajan arvolla siten, että kertoimien suhde on 0,137<sup>22</sup>. Ajan arvo on johdettu yhteiskuntataloudellisten laskelmien ajanarvon laskennan käytännöistä (vihreällä sävytetyt osat edellä olevassa taulukossa 13, ks. käsitteistä hakusana yleistetty matkavastus ja liite 3).

---

<sup>22</sup> HELMET 2.0 -mallissa myös kehyskuntien joukkoliikenteelle oli käytetty yleistettyä matkavastusta, jossa matka-ajan ja matkakustannusten suhde oli kiinnitetty ajan arvolla siten, että kertoimien suhde oli 0,137. HELMET 2.1:ssä voitiin kuitenkin luopua yleistetystä matkavastuksesta kehyskuntien muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla, jotka on tehty joukkoliikenteellä.

Taulukko 12. Työperäisten matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet.

Työperäiset matkat			
kerroin (t-arvo)		PKS	KEHYS
Kuluttavanvalintamalli	roo2(c)	0,3049	0,3032
	Ln (etäisyys+1) (KL)	-3,5430 (-27,0)	-2,9293 (-17,9)
	Matka-aika (HA)	-0,0971 (-4,7)	-0,1006 yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0563 (-9,3)	-0,0474 yl. vastus**
	Ajokustannukset (HA)	-0,4859 (-2,9)	-0,4108 (-10,7)
	Kustannukset (JL)	-0,3437 (-3,9)	-0,1937 (-9,2)
	Pysäköintikustannukset (HA)	-0,7099 (-8,8)	-1,0215 (-8,6)
	KL binäärimuuttuja (KL)	2,4651 (-)	3,0656 (-)
	HA binäärimuuttuja (HA)	-0,7376 (-)	0,8753 (-)
Suuntautumismalli	roo2(0)	0,4022	0,3376
	Logsum kuluttavanvalintamallista	0,8267 (49,0)	0,5487 (33,2)
	Kokotekijä	1	1
	Asukkaat	1 -	1 -
	Palvelun työpaikat	2,6406 (8,7)	1,6779 (2,8)
	Myymläarakennusten krs-ala	0,2673 (-10,9)	0,6790 (-2,7)
Joustopot	Hintajousto (HA)(HA kust 110%)	-0,3	-0,2
	Hintajousto (JL) (JL kust 90 %)	-0,4	-0,5
	Aikajousto (HA) (HA-aika 110 %)	-0,4	-0,4
	Aikajousto (JL) (JL-aika 90 %)	-1,5	-2,4
Kuluttavan- osuuden muutos %- yksikköä	Hinta (HA)(HA kust 110%)	-1,1	-1,3
	Hinta (JL) (JL kust 90 %)	1,0	0,6
	Aika (HA) (HA-aika 110 %)	-1,8	-2,2
	Aika (JL) (JL-aika 90 %)	4,1	2,9
*) Yleistetty matkavastus: Matka-ajan (HA) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,1006 = 0,245 * (-0,4108)$ **) Yleistetty matkavastus: Painotetun kokonaismatka-ajan (JL) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0474 = 0,245 * (-0,1937)$			

Taulukko 13. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertotimet.

Muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat			
kerroin (t-arvo)		PKS	KEHYS
Kulkutavanvalintamalli	roo2(c)	0,3062	0,2098
	Ln (etäisyys+1) (KL)	-3,5089 (-30,6)	-2,3087 (-17,4)
	Matka-aika (HA)	-0,0625 (-2,7)	-0,0593 yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0492 (-9,5)	-0,0088 (-2,0)
	Ajokustannukset (HA)	-0,9403 (-5,0)	-0,4329 (-8,5)
	Kustannukset (JL)	-0,7349 (-6,7)	-0,4904 (-5,3)
	Pysäköintikustannukset (HA)	-1,2726 (-15,4)	-1,5585 (-10,0)
	KL binäärimuuttuja (KL)	1,6979 (-)	3,0419 (-)
	HA binäärimuuttuja (HA)	-1,1329 (-)	2,0110 (-)
Suuntautumismalli	roo2(0)	0,5358	0,6303
	Logsum kulkutavanvalintamallista	1,1135 (62,9)	1,4131 (48,4)
	Kokotekijä	1	1
	Asukkaat	1 (-)	1 -
	Palvelun työpaikat	1,3346 (2,2)	2,1298 (3,6)
	Myymälärakennusten krs-ala	0,3181 (-12,1)	0,3545 (-6,7)
Joustot	Hintajousto (HA)(HA kust 110%)	-0,4	-0,2
	Hintajousto (JL) (JL kust 90 %)	-0,7	-1,1
	Aikajousto (HA) (HA-aika 110 %)	-0,3	-0,2
	Aikajousto (JL) (JL-aika 90 %)	-1,0	-0,4
Kulkutapa- osuuden muutos %- yksikköä	Hinta (HA)(HA kust 110%)	-1,4	-0,9
	Hinta (JL) (JL kust 90 %)	2,0	0,8
	Aika (HA) (HA-aika 110 %)	-0,9	-1,0
	Aika (JL) (JL-aika 90 %)	3,0	0,3
*) Yleistetty matkavastus: Matka-ajan (HA) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0593 = 0,137 * (-0,4329)$			

### 2.4.3 Lähtöaineisto kulkutapa- ja suuntautumismalleja käytettäessä

Helsingin seudun kulkutapa- ja suuntautumismallit tarvitsevat liikennejärjestelmää kuvaaviksi lähtötiedoksi henkilöautoliikenteen matka-ajat, matkan pituudet ja joukkoliikenteen matkavastukset aikaryhmittäin (sijoittelusta) sekä joukkoliikennekustannukset (liite 1), ajokustannusten yksikköhinnan ja pysäköintikustannukset (liite 2). Perushintataso kannattaa säilyttää vuoden 2012 mukaisena. Käytännössä siis tulevien vuosien hinnat muutetaan indeksillä vuoden 2012 hintatasoon. Mikäli hintoihin halutaan tehdä muuten muutoksia esimerkiksi tienkäyttömaksuja tai hinnoittelutestejä varten, tehdään nämä aina suhteessa vuoden 2012 hintatasoon. Lisäksi maankäyttötiedoista tarvitaan kultakin ennustealueelta väestön kokonaismäärä, työpaikat yhteensä, palvelun työpaikat, myymälöiden kerrosala ja autojen määrä asutokuntaa kohden (liite 8). Väestöryhmäkohtaisia asukasmääriä tarvitaan vain tuotoksia laskettaessa,

### 3 Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit

#### 3.1 Mallien päivitys

Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen malleja ei päivitetty pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallien päivittämisen yhteydessä. Mallijärjestelmän osat vaikuttavat kuitenkin hieman toisiinsa, joten myös ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit jouduttiin ottamaan päivitystyössä huomioon. Koska 14 kunnan aluejakoa muutettiin, kaikki ympäryskuntien lähtöaineistot, jotka käyttävät 14 kunnan aluejakoa, konvertoitiin uuteen aluejakoon.

Lisäksi pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien matkojen suuntautumista käytetään ympäryskuntien mallien lähtötietona. Näytti siltä, että ympäryskuntien malli ei toimi kunnolla HELMET 2.0:n ja 2.1:n yhteydessä, jos käytetään lähtötietona HELMET 1.0:n mukaista suuntautumista, joten tämä lähtötieto laskettiin uudelleen HELMET 2.0 -mallilla ja vielä uudelleen HELMET 2.1:llä. Syynä on mm. suuntautumiskorjauksen käyttöönotto. Päivitettyä tietoa käytetään ympäryskuntien mallissa, kun sitä käytetään päivitetyn HELMET 2.1 -mallin yhteydessä.

Käytännössä HELMET 2.1 -mallijärjestelmässä ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit ovat siis sisällöltään samat kuin HELMET 1.0:ssa, mutta jotkin mallijärjestelmän yksityiskohdat ovat muuttuneet. Yllä kuvatun lähtötietotiedostojen päivityksen lisäksi mallijärjestelmään kuuluvien makrojen ja lähtötietotiedostojen nimiä on muutettu vastaavasti kuin 14 kunnan mallin makrojen ja lähtötietojen nimiä päivitysten yhteydessä. Muutoksia on kuvattu tarkemmin henkilöliikennemallien teknisessä raportissa (Rantala & Elolähte 2015).

#### 3.2 Mallialue

Helsingin seudun työssäkäyntialueen kuntia, jotka eivät kuulu Helsingin seudun 14 kunnan joukkoon, kutsutaan tässä työssä ympäryskunniksi. Ympäryskuntia ovat siis nykyiset Raasepori (vuosien 2007–2008 liikkumistutkimuksen tekoaikaan vielä Karjaa, Pohja ja Tammisaari), Hanko, Inkoo, Karjalohja, Karkkila, Lohja, Nummi-Pusula, Siuntio, Hausjärvi, Loppi, Riihimäki, Askola, Lapinjärvi, Loviisa, Myrskylä, Porvoo ja Pukkila. Liikkumistutkimuksen tekoaikaan 2007–2008 itsenäisiä kuntia olivat näiden lisäksi vielä Liljendal, Pernaja, Ruotsinpyhtää ja Sammatti.

#### 3.3 Mallijärjestelmän yleiskuvaus

Ympäryskuntien malli käsittelee ympäryskunnissa asuvien ajoneuvoilla tapahtuvaa henkilöliikennettä koko työssäkäyntialueella. Lisäksi siinä otetaan huomioon Helsingin seudulla asuvien matkat ympäryskuntiin ja takaisin sekä ympäryskuntien sisällä. Ympäryskuntien mallit laskevat siis ennusteen ympäryskuntien ja Helsingin seudun välisille matkoille, ympäryskuntien sisäisille matkoille sekä ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudulla tekemille matkoille.

Ympäryskuntien malleissa matkaryhmiä ovat kotiperäiset työmatkat ja muut matkat. Ennusteet lasketaan henkilöautolle ja joukkoliikenteelle. Mallit toimivat muutosmallina, jolloin lähtökohtana on mahdollisimman hyvä nykytilanteen kysyntämatriisi. Mallijärjestelmä on neliporrasajattelun mukainen, mutta suuntautumismallissa ei ole takaisinkytkentää.



Ulkoisen liikenteen mallit laskevat koko mallinnetun alueen eli Helsingin seudun työssäkäyntialueen rajan ylittävät henkilöliikennematkat. Matkan tekijän asuinpaikalla ei ole merkitystä. Mallit perustuvat nykytilanteen kysyntään ja kasvukertoihin. Matkaryhmiä ei ole, vaan kaikkia henkilömatkoja käsitellään yhdessä. Kulikutapoja ovat henkilöauto ja kaukojuna. Kaukoliikenteen linja-autoja ei siis käsitellä, koska käytettävissä ei ollut niistä laskentatietoa.

### 3.4 Ympäryskuntien malli

#### 3.4.1 Tuotokset

Ympäryskuntien tuotosmalli laskee ympäryskuntien ennustealueiden matkatuotosten muutokset niiden väestömuutosten perusteella. Kullakin alueella tuotosmuutos lasketaan erikseen kotiperäisille työmatkoille ja muille matkoille. Lisäksi se lasketaan erikseen koko vuorokaudelle sekä aamu- ja iltahuipputunneille. Laskennassa tarkastellaan vain henkilöauto- ja joukkoliikennematkoja.

*Taulukko 14. Tuotosluvut (kaikki kuluttavat) ympäryskuntien asukkaiden matkoille.*

matkaryhmä	aamu- ruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö
kotiperäiset työmatkat	0,2826	0,2294	0,2096
muut matkat	0,2701	0,5875	1,3102

Kunkin ennustealueen asukkaiden tekemät jalankulku- ja polkupyörämatkat rajataan tarkasteluista pois käyttäen karkeita kertoimia, jotka kuvaavat kevyen liikenteen suhteellista osuutta erityyppisillä alueilla. Hangon, Lohjan, Loviisan, Porvoon ja Riihimäen keskustojen alueilla asuvien kevyen liikenteen osuudeksi on määritetty 39,3 % ja muilla ennustealueilla 27,0 %.

Lähtöaineistokseen malli tarvitsee tiedot nyky- ja ennustetilanteiden asukasmäärästä ennustealueittain. Näiden erotukseen sovelletaan tarkasteltavan matkaryhmän aikajaksokohtaisia tuotuskertoimia sekä tarkasteltavan ajanjakson osuuserrointa (eli huipputunnin osuus kolmen tunnin ruuhkajasta). Nykytilannetta vastaavia kertoimia käytetään siis sellaisinaan myös ennustetilanteessa.

#### 3.4.2 Kuluttavan valinta

Kuluttavan valintamalli laskee joukkoliikenteen osuuden ympäryskuntien ja Helsingin seudun ennustealueiden välisillä matkoilla, joista kevyen liikenteen matkat on jätetty kokonaan huomiotta. Tuotosmallin tapaan myös tämä malli käsittelee erikseen kotiperäisiä työmatkoja ja muita matkoja, mutta tarkasteltavat aikajaksot poikkeavat tuotosmallista siten, että koko vuorokauden asemesta joukkoliikenneosuudet lasketaan päivätunneille sekä aamu- ja iltahuipputunnin asemesta aamu- ja iltaruuhkan kolmen tunnin jaksoille.

Malli on tyypiltään logittimalli. Se on rakenteeltaan ja muuttujiltaan pitkälti samanlainen kuin kehyskuntien vastaava malli.

Kotiperäisten työmatkojen mallissa henkilöauton ajokustannukset on laskettu matkan pituuden ja keskimääräisen kilometrikustannuksen perusteella (ks. liite 2), minkä jälkeen ajokustannuksille ja pysäköintikustannuksille on käytetty yhteistä kerrointa (taulukossa 15 violetilla pohjalla).

Muiden kuin kotiperäisten työmatkojen mallissa joukkoliikenteelle on käytetty yleistettyä matkavastusta, jossa matkakustannusten (eli joukkoliikennelipun hinnan) ja sijoittelusta saatavan painotetun matka-ajan suhde on kiinnitetty ajan arvolla siten, että kertoimien suhde on 0,1203 (vihreällä sävytettyt osat taulukossa 15). Suhde on määritetty yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa käytetyn ajan arvon perusteella ja kuvaa matka-aikaminuutin hintaa euroissa.

Joukkoliikenteen kulkutapaosuuksien laskemisen lisäksi mallia voidaan käyttää joukkoliikenteen kulkutapaosuuksien muutoksen laskemiseen. Tällöin joukkoliikenteen kulkutapaosuudet lasketaan samalla mallilla sekä nykytilanteelle että ennustetilanteelle, jolloin kulkutapaosuuden muutos saadaan laskettua saatujen kulkutapaosuuksien erotuksesta ja ilmaista prosenttiyksiköinä.

Lähtöaineistokseen malli tarvitsee tiedot ennustealueiden välisten henkilöautomatkojen matka-ajoista, pituuksista ja pysäköintikustannuksista sekä vastaavasti joukkoliikennematkojen kustannuksista ja painotetuista matka-ajoista. Lisäksi tarvitaan tiedot asuntokuntien keskimääräisestä autonomistuksesta ennustealueittain. Autonomistusta lukuun ottamatta tiedot tarvitaan erikseen kultakin tarkasteltavalta aikajaksolta ja kustannustiedot vielä erikseen kotiperäisiltä työmatkoilta ja muilta matkoilta. Mikäli mallia halutaan soveltaa erikseen nykytilanteeseen ja ennustetilanteeseen, tiedot tarvitaan myös kummastakin ajankohdasta.

Taulukon alaosan joustot ja kulkutapamuutokset tulkitaan samoin kuin taulukoissa 8–13. Joustot siis kuvaavat, kuinka monta prosenttia ko. kulkutavan matkamäärät muuttuvat vastuksen prosenttiyksikön muutosta kohden. Kulkutapaosuuksien muutokset taas on ilmoitettu suoraan prosenttiyksiköinä, kun vastus muuttuu 10 %.

Taulukko 15. Ympäryskuntien kulkutapamallit.

Ympäryskunnat			
kerroin (t-arvo)		kotip. työ	muut
	havaintomäärä joukkoliikenne	7 809	7 917
	havaintomäärä henkilöauto	38 449	38 313
Kuluttavanvalintamalli	<b>roo2c</b>	<b>0,173</b>	<b>0,112</b>
	Matka-aika (HA)	-0,05830 (-31.542)	-0,02133 (-8.262)
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,01172 (-38.433)	-0,0112328 yl. vastus*
	Ajokustannukset (HA)	-0,12922 (-9.628)	-0,25349 (-13.703)
	Kustannukset (JL)	-0,18597 (-13.055)	-0,093373 (-45.234)
	Pysäköintikustannukset (HA)	-0,12922 (-9.628)	-0,47806 (-15.702)
	Autoa per asuntokunta (HA)	0,53524 (6.397)	- -
	HA binäärimuuttuja (HA)	1,84395 (-)	1,69829 (-)
Suuntautuminen liikkumistutkimuksessa havaittujen ja Helsingin seudulle ennustettujen matriisien pohjalta			
	ajan arvo (HA) €/h	27,07	5,05
	painotetun "ajan" arvo (JL) €/h	3,78	7,22
Joustot	Hintajousto (HA) (hakust 110%)	-0,14	-0,29
	Hintajousto (JL) (jlkust 90%)	-0,98	-0,67
	Aikajousto (HA) (ha-aika 110%)	-0,50	-0,18
	Aikajousto (JL) (jlvastus 90%)	-1,42	-1,47
	Autoistumisjousto (HA) (apr 110%)	0,08	-
Kuluttapa- osuuden muutos %-yksikköä	Ktapamuutos HA (hakust 110%)	-1,18	-2,44
	Ktapamuutos JL (jlkust 90%)	1,66	1,14
	Ktapamuutos HA (ha-aika 110%)	-4,13	-1,48
	Ktapamuutos JL (jlvastus 90%)	2,40	2,51
	Ktapamuutos HA (apr 110%)	0,63	-
*) Yleistetty matkavastus: Painotetun kokonaismatka-ajan (JL) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0112328 = (-0,093373) \cdot 7,22/60$			

### 3.4.3 Matkamäärät

Ympäryskuntien asukkaiden matkat Helsingin seudulle suunnataan ennustetilanteessa Helsingin seudun asukkaiden seudun sisäisten matkojen ennustetun suuntautumisen mukaisesti. Sen sijaan ympäryskuntien alueen sisäisillä matkoilla ei suuntautumista muuteta nykytilanteesta.

Lähtökohtana on liikkumistutkimuksessa havaittu ympäryskuntien asukkaiden kokonaismatkamäärä vuorokausitasolla, joka on niputettu kunta- ja suuralueisiin ja jaettu takaisin ennustealueisiin jakoluvuilla. Tämä tasoittaa havaintoja myös naapurialueille ja vähentää siten nolla-alkioiden määrää. Vuorokausitason matriisista on osuuskertoimilla otettu eri aikajaksojen ja kulkutapojen osuudet.

Ennusteissa ympäryskuntien sisäisten matkojen osalta matkamäärät muuttuvat väestökehityksen mukaan, mutta kulkutapa- ja suuntautumisosuudet eivät ympäryskuntien sisällä muutu nykyisestä.

Kaikki liikkumistutkimuksen (henkilöhaastattelu, lyhennettynä HEHA) aineistosta muodostetut lähtö-määräpaikkamatriisit on niputettu ja hajotettu samalla menettelyllä, joka vähentää nolla-alkioiden määrää. Matriisit on niputettu aluejaon kautta, joka on pääkaupunkiseudulla 9-aluejako (HEHAN muuttujat *lp9a* ja *mp9a*), jossa

- 1 = Helsinki kantakaupunki
- 2 = Lauttasaari
- 3 = läntinen esikaupunki
- 4 = pohjoinen+koillinen esikaupunki
- 5 = itäinen+kaakkoinen esikaupunki
- 6 = eteläinen Espoo
- 7 = pohjoinen Espoo
- 8 = läntinen Vantaa
- 9 = itäinen Vantaa

ja pääkaupunkiseudun ulkopuolisilla alueilla kuntajako.

Matkamatriisien niputuksessa ja jakamisessa ei ole käytetty leikkureita. Sitä vastoin ympäryskuntien mallissa, jossa vuorokausitason matriisista otetaan osuuskertoimilla eri aikajaksojen ja kulkutapojen osuudet, osuuskertoimien arvoissa on käytetty tiettyjä oletus-, minimi- ja maksimiarvoja, jotka näkyvät osuusmatriisien otsikoissa. Oletusosuuksia joudutaan käyttämään niiden alueparien välillä, joissa havaintojen määrä on hyvin pieni tai nolla niputuksesta ja jakamisesta huolimatta.

Ennen suuntautumisen tarkistamista liikkumistutkimuksessa havaittua ja edellä kuvatulla tavalla korjattua kaikkien matkojen joukkoliikenneosuuksien matriisia tarkasteltavalla ajanjaksolla korjataan lisäämällä siihen ensin kotiperäisillä työmatkoilla tapahtuva joukkoliikenneosuuden muutos ja sen jälkeen muilla matkoilla tapahtuva joukkoliikenneosuuden muutos. Vastaavalla tavalla lasketaan myös muutos pelkkien kotiperäisten työmatkojen joukkoliikenneosuudessa. Kaikissa tapauksissa muutokseksi asetetaan ennustetilanteessa ja nykytilanteessa kulkutapamallilla laskettujen joukkoliikenneosuuksien erotus prosenttiyksiköinä. Ympäryskuntien alueen sisäisten matkojen kulkutapaosuuksia ei muuteta eli ne säilyvät samoina kuin liikkumistutkimuksessa.

Seuraavaksi kullekin tarkasteltavalle määränpääalueelle lasketaan uudeksi reunajakaumaksi Helsingin seudun sisäisten matkojen uuteen suuntautumiseen pohjautuva liikennetuotoksen kasvu,

jolla korjataan ympäryskunnista samoille ennustealueille suuntautuvan nykyliikenteen tuotokset vastaamaan tätä sisäisen liikenteen uutta jakaumaa mutta pitämällä kuitenkin seudun ulkopuolisen liikenteen kokonaismäärä ennallaan. Kun tämä on tehty, ympäryskuntien ja Helsingin seudun osaluoparien väliset nykyiset liikennemäärät balansoidaan ennustealueittain eli sovitetaan vastaamaan tätä uutta reunajakaumaa soveltaen samaa jakaumaa sekä alueilta lähtevälle että niille saapuvalla liikenteelle. Sovitus eli tasapainotus tehdään Emme-liikennesuunnitteluohjelmiston balansointialgoritilla, jota kuvataan tarkemmin Emme-manuaalin (INRO 1998) luvussa 4.3.

Kun uudelleen suunnattu kaikkien matkojen matriisi on saatu muodostettua, lasketaan siitä nykyisten matkaosuuksien perusteella kutakin tarkasteltavaa ajanjaksoa (eli koko vuorokautta sekä aamu- ja iltahuipputuntia) ja kutakin tarkasteltavaa matkaryhmää (eli kotiperäisiä työmatkoja ja muita matkoja) vastaavat matriisit ja niiden pohjalta vastaavat uudet nykytuotosvektorit summattuna joko lähtöpaikan tai määräpaikan suhteen. Ennustetilanteen matriisit puolestaan saadaan lisäämällä em. vektoreihin tuotosmallista saadut vastaavat tuotosmuutokset (matkoina) ja soveltamalla näin saatuja muutuskertoimia muodostettuihin nykytilanteen matriiseihin.

Kaava on siis:

$$\text{ennuste\_matriisi} = \text{korjattu\_nykymatriisi} * (\text{tuotosmuutosvektorit} + \text{korjattu\_nykyvektori}) / \text{korjattu\_nykyvektori}.$$

Kulikutapakohtaiset ennustematriisit tuotetaan aikajaksokohtaisista ennustematriiseista kertomalle ne kulkutavanvalintamallista saaduilla uusilla joukkoliikenneosuuksilla. Laskelmassa muut kuin joukkoliikennematkot tulkitaan henkilöauton kuljettajana tai matkustajana tehdyiksi matkoiksi, joista kuljettajamatkat eli henkilöautojen ajoneuvovirrat saadaan jakamalla kuljettajana tai matkustajana tehtyjen matkojen määrä henkilöauton keskikuormituksella, joka vaihtelee tarkasteltavan ajanjakson ja matkaryhmän mukaan. Koko vuorokauden asemesta tarkastellaan keskimääräisen päivätunnin matkoja, jotka saadaan vuorokauden kaikista matkoista jakamalla koko vuorokauden matkamäärä 20:llä ja symmetroidamalla matriisi meno- ja paluusuuntien keskiarvoiksi. Aluksi laskelmasa tarkastellaan erikseen kotiperäisiä työmatkoja, minkä jälkeen muut matkat saadaan vähentämällä kotiperäiset työmatkat kaikista matkoista.

Kun ympäryskuntien ja Helsingin seudun väliset matkat ennustetilanteessa on käsitelty, niihin lisätään vielä ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudun sisällä tekemät matkat. Niiden lähtökohdaksi asetetaan liikennetutkimuksessa havaitut ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudulla yhteensä tekemät työperäiset ja muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat. Niiden määrään tehdään tasokorjaus, joka perustuu Helsingin seudun sisäisten työperäisten ja muiden kuin työ- ja kotiperäisten matkojen kokonaistuotoksen muutokseen ennustetilanteen ja nykytilanteen välillä, kun kasvukertoimeksi asetetaan koko vuorokauden kaikkien matkojen ennustetuotoksen ja nykytuotoksen suhde. Siinä ennustetuotos puolestaan saadaan nykytilanteen tuotoksesta lisäämällä siihen ensin kotiperäisten työmatkojen tuotosmuutos ja sen jälkeen vielä muiden matkojen tuotosmuutos, nämä kaikki koko vuorokaudelta yhteensä.

Saadut tasokorjatut ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudun sisällä tekemien matkojen kokonaismäärät jaetaan seudun sisäisille aluepareille Helsingin seudulla asuvien tekemien työperäisten ja muiden kuin työ- ja kotiperäisten matkojen määrän suhteessa. Saadut matkamatriisit lisätään ympäryskuntien ja Helsingin seudun välisiin vastaavan ajanjakson ja kulkutavan matkamatriiseihin.

Lähtöaineistoikseen malli tarvitsee

- ympäryskuntien nykyisen kysynnän vuorokausitasolla (joukkoliikenne ja henkilöautoliikenne yhteensä)
- aamu- ja iltahuipputuntien osuudet erikseen vuorokauden kaikista matkoista ja vuorokauden kotiperäisistä työmatkoista
- liikennetutkimuksessa havaitut joukkoliikenneosuudet vuorokauden, aamuhuipputunnin ja iltahuipputunnin kaikista matkoista ja erikseen kaikista kotiperäisistä työmatkoista sekä vastaavat nykytilanteen ja ennustetilanteen tulokset kulkutapamallilla laskettuina siten, että koko vuorokauden asemesta tarkastellaan keskimääräistä päivätuntia
- tuotosmallilla lasketut henkilöauto- ja joukkoliikennematkojen tuotosmuutokset (matkoina) vuorokausi-, aamuhuippu- ja iltahuipputasolla, erikseen kotiperäisiltä työmatkoilta ja muilta matkoilta
- henkilöautojen keskiuormitukset vuorokausi-, aamuhuippu- ja iltahuipputasolla, erikseen kotiperäisillä työmatkoilla ja muilla matkoilla
- Helsingin seudun malleilla lasketut nykytilan kokonaistuotokset ennustealueittain
- Helsingin seudun malleilla lasketut työperäisten matkojen ja muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät Helsingin seudun sisäisillä joukkoliikennematkoilla ja henkilöauton kuljettajana tehdyillä matkoilla
- liikennetutkimuksessa havaitut ympäryskuntien ja Helsingin seudun välisten joukkoliikennematkojen ja henkilöauton kuljettajana tehtyjen matkojen määrät aamuhuippu- ja iltahuipputuntina sekä keskimääräisenä päivätuntina.

Ympäryskuntien tuotos-, kulkutapa- ja suuntautumismalli tuottavat yhdessä lopputuloksena ennusteet matkamääristä aikajaksoittain (aamuhuipputunti, iltahuipputunti ja päiväliikenteen tunti) ja kulkutavoittain (henkilöauto, joukkoliikenne). Tulokseen on kuitenkin vielä lisättävä koko tarkastelualueen eli työssäkäyntialueen rajan ylittävä ulkoinen liikenne, joka tuotetaan omalla mallillaan.

### 3.5 Ulkoisen liikenteen malli

Ulkoisen liikenteen osalta malli ei käsittele erikseen tuotoksia, vaan nykytilanteen liikennevirrat muunnetaan ennustetilanteen virroiksi ulkosityöttöihin liitettyjen kasvukertoimien avulla. Malli tarkastelee erikseen kaukojunaliikennettä ja erikseen henkilöautoliikenteen ajoneuvovirtoja eli käytännössä henkilöauton kuljettajana tehtyjä matkoja. Mitään erillisiä matkaryhmiä ei tarkastella vaan tarkasteltavana ovat näiden liikennemuotojen ulkoisen liikenteen kokonaismäärät eri ajanjaksoina eli koko vuorokautena sekä aamu- ja iltahuipputunteina ja myös päivätuntina.

Lähtötiedoksi malli tarvitsee tiedot ulkosityöttöjen ja ennustealueiden välisistä kaukojunaliikenteen ja henkilöautoliikenteen matkamääristä nykytilassa eri ajanjaksoina sekä ulkosityöttöihin vastaavat liikenteen kasvukertoimet. Tiedot nykyisistä matkamääristä saadaan Liikennevirastosta rautatieliikenteen tilastosta ja tieliikenteen määräpaikkatutkimusten yhdistelmästä, jonka tuorein versio on vuodelta 2001 ja josta on saatavilla Emme-kuvaus. Liikenteen kasvukertoimet puolestaan saadaan rautatieliikenteen pitkän tähtäimen suunnitelmasta ja maantieliikenteen maakunnittaisista ja tieluokittaisista kasvuennusteista. Käytettävissä ei ollut vastaavia tilastoja kaukoliikenteen linja-autoista.

Jotta maantieliikenteen jokaiseen ulkoiseen virtaan saadaan kohdistettua asianmukainen kasvu, määräpaikkatutkimusten yhdistelmän matriisi sijoitellaan ns. kehähaastattelumenetellyllä ensin koko maan maantieverkolle, jolloin saadaan selville, minkä ulkosityötön kautta mikin virta syöttyy

liikennemallin alueelle ja mihin se mallialueen sisällä suuntautuu. Liikenteen määrä ulkosityöissä sovitetaan vastaamaan laskentatietoja. Kun jokainen ulkosityttö samaistetaan sitä vastaavaan maakuntaan ja tieluokkaan, voidaan jokaista sen kautta kulkevaa virtaa korjata vastaavan kasvukertoimen verran.

Kaukojunaliikenteen osalta on lähtökohdaksi otettu kaukojunaliikenteen matkustajavirrat vuonna 2008 - karttaesitys Rautatietilastosta, josta nähdään Hämeenlinnan suunnan, Lahden suunnan ja Salon suunnan kaukojunaliikenteen matkustajamäärät mallialueen ulkorajalla. Nämä on jaettu mallialueen sisälle mallialueen joukkoliikennematkojen määrien suhteessa.

Ulkoisen liikenteen kasvukertoimet on määritetty ulkosityttökohtaisesti. Henkilöautoliikenteen osalta on käytetty Tiehallinnon vuonna 2007 julkaisemia valta-, kanta- ja seututeiden kasvukertoimia mallinnetun alueen naapurimaakunnissa. Kaukojunaliikenteen osalta on käytetty RHK:n PTS-suunnitelman rataosakohtaisia kasvukertoimia. Kyseisillä henkilöauto- ja kaukojunaliikenteen kasvukertoimilla on nostettu kunkin ulkosityötön tuotosta.

Määräpaikkatutkimuksen tietojen jyvittämisessä ennustealueille on käytetty jakolukuja, jotka perustuvat mallinnettuihin liikennetuotoksiin.

## 4 Apumallit

### 4.1 Autonomistuksen makromalli

Autonomistuksella tarkoitetaan tässä asuntokuntien jakautumista autottomiin, yhden auton ja useamman auton talouksiin. Autoistumisasteella eli autotiheydellä tarkoitetaan autojen määrää tuhatta asukasta kohti.

Malli jakautuu niin sanottuun makromalliin ja osa-aluemalliin. Makromallissa tulotasojen ja autonomistuksen kasvu talouden kehittymisen myötä kuvataan yleisenä ilmiönä, joka muuttaa autonomistustasoa bruttokansantulon kehittymisen myötä. Bruttokansantuloa (BKTL) laskettaessa otetaan bruttokansantuotteen (BKT) lisäksi huomioon ulkomailta saadut ja sinne maksetut ensitulot. Bruttokansantulo kehittyy noin 11 % nopeammin kuin bruttokansantuote. Koska asuntokuntien keskitulojen muutos seuraa lineaarisesti BKT:n kasvua, voidaan BKT:n ja BKTL:n (ja sen myötä autoistumisasteen) kehittymistä mallintaa melko hyvin asuntokuntien tulotason muutoksilla. Mikäli mediaanitulojen ei oleteta muuttuvan samassa suhteessa keskitulojen kanssa, on makromallin käyttäjän laadittava yhteys mediaanitulojen ja keskitulojen välille. Makromallia ei ole muutettu HELMET 1.0:sta. Makromallia sovellettaessa kannattaa ottaa huomioon sen merkitys yleisenä autokannan kehitystä kuvaavana taustaolettamana. Autokannan kehityksen trendiennusteet ovat eri vuosikymmeninä heilahdelleen merkittävästikin ja yhteys tulevaan kansantuloon ei ole yksiselittein, vaikkei kiistanalainenkaan. Mallin soveltamisessa kannattaakin tässä kohtaa käyttää erityistä harkintaa.

### 4.2 Autonomistuksen osa-aluemalli

Osa-aluemalli ennustaa autottomien ja vähintään kahden auton asuntokuntien määrän alueella. Yhden auton asuntokuntien osuus johdetaan edellä mainituista. Osa-aluemalli on estimoitu käyttäen vuoden 2012 liikkumistutkimusaineistoa ja tätä ajankohtaa vastaavia osa-alue tietoja. Myös mallin käyttötapaa on muutettu HELMET 1.0:sta. Nyt mallia käytetään muutosmallina sille väestönsal- le, joka jo nykytilanteessa asuu osa-alueella, ja suorana mallina uusille asukkaille.

#### 4.2.1 Mallin muuttujat

Tällä kertaa osa-aluemallit estimoitiin yksitasoisesti yhdistäen osa-alueen tulotason ja muiden osa-alue muuttujien vaikutukset yhteen malliin. Mallin muuttujista poistettiin keskitulo ja lisättiin mediaanitulo, joka estimoinneissa osoittautui paremmin ilmiötä selittäväksi. Samoin joukkoliikenteen ja henkilöauton matka-aikasuhteen sijasta mallin muuttujaksi otettiin joukkoliikenteen ja henkilöauton yleistettyjen matkavastusten suhde. Näin malli ottaa myös autoilun ja joukkoliikenteen hintamuutosten vaikutukset henkilöauton omistukseen ainakin periaatetasolla. Estimoitaessa testattiin myös hinta- ja aikasuhteita toisistaan erillisinä muuttujina, mutta korrelaatiot osoittautuivat ainakin tällä kertaa liian suuriksi ja kertoimista tuli näin intuitiivisesti väärän merkkisiä.

Kaavoissa alaindeksit 0,1,2+:

- 0 tarkoittaa autottomia asuntokuntia
- 1 tarkoittaa yhden auton asuntokuntia
- 2+ tarkoittaa vähintään kahden auton asuntokuntia.



Taulukko 16. Autottomien asuntokuntien prosenttiosuuden  $P_0$  osa-aluemalli.<sup>23</sup>

$P_0 = a_1 * \ln(\text{med\_tulo} + 1) + a_2 * \text{askert\_ala\_os} + \frac{a_3}{\text{ylsuh}^2} + a_4 * \text{astih\_as}^{a_5} + a_6 * \text{ak\_koko} + a_7 + a_8 * \text{pyskusmuu}$					
Selitysaste 95,1%					
Muuttujat	Parametri		Keski- virhe	95% luottamusväli	
				alaraja	yläraja
<b>ln(med_tulo + 1)</b> luonnollinen logaritmi ennustealueella asuvien mediaanituloista lisättynä yhdellä eurolla <sup>24</sup>	$a_1$	-13,024	2,057	-17,078	-8,969
<b>askert_ala_os</b> asuinkerrostalojen asuinkerrosalan suhde koko asuinkerrosalaan ennustealueella	$a_2$	0,200	0,022	0,157	0,243
<b>ylsuh</b> joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistettyjen matkavastusten suhde painotettuna henkilöauton ja joukkoliikenteen aamuhuipputunnin matkustajamäärillä. Jotta ei jaettaisi nolllalla, muuttujaa käytetään muodossa $\text{ylsuh} + 1E-09$	$a_3$	25,595	11,686	2,559	48,631
<b>astih_as</b> ennustealueen keskimääräinen asukastiheys neliökilometriä kohti asutuista YKR-ruuduista lasketun pinta-alan mukaan	$a_4$	1,524	1,107	-0,659	3,707
edelliseen muuttujaan liittyvä eksponentti	$a_5$	0,303	0,068	0,169	0,438
<b>ak_koko</b> asuntokunnan keskikoko ennustealueella	$a_6$	-4,626	1,570	-7,721	-1,530
vakio, joka skaalaa autottomien asuntokuntien prosenttiosuuden oikealle tasolle suhteessa muihin muuttujiin (ilmaistu prosentteina)	$a_7$	124,282	16,325	92,102	156,461
pyskusmuu muiden kuin työmatkojen pysäköintikustannus ennustealueella	$a_8$	1,841	0,603	0,652	3,029

Teoriassa malli voi antaa sekä yli sadan olevia prosenttilukuja että negatiivisia lukuja, joten sitä käytetään muodossa  $P_0^* = \min\{\max(P_0, 0\%), 100\%\}$ .

<sup>23</sup> Taulukko koskee versiota 2.1. Versiossa 2.0 kertoimet olivat jonkin verran erilaiset, eikä muuttujaa "pyskusmuu" ollut mukana.

<sup>24</sup> Yhden euron lisäyksen syy on tekninen: jos alueella ei ole vielä yhtään asukasta, logaritmi nolllasta aiheuttaisi virhetilanteen.

Mallissa epävarmaksi muuttujaksi osoittautui asukastiheyden muuttuja. Muuttuja päätettiin jättää kuitenkin malliin, vaikka se ei olekaan aivan 95 %:n varmuudella nolasta poikkeava. Tämä siksi, että muuttujan kokonaan poisjättäminen heikensi oleellisesti selitystasetta. Kokonaisuudessaan muuttuja on mukana epälineaarisesti ja juuri tämä muoto näytti antavan parhaan tuloksen testatus- ta vaihtoehdoista. Muiden muuttujien kohdalla vastaavaa epävarmuutta ei ollut.

Taulukko 17. Useamman auton asutokuntien prosenttiosuuden  $P_{2+}$  osa-aluemalli.<sup>25</sup>

$P_{2+} = b_1 * \text{erpien\_ala\_os} + b_2 \ln(\text{ylsuh}) + b_3 \ln(\text{astih\_as} + 1) + b_4 * \text{ak\_koko}^5 + b_5$					
Selitystaste 95,8%					
Muuttujat	Parametri		Keskivirhe	95% luottamusväli	
				alaraja	yläraja
<b>erpien_ala_os</b> erillispienalojen asuinkerrosalan suhde koko asuinkerrosalaan ennustealueella	$b_1$	0,215	0,015	0,186	0,244
<b>ylsuh</b> joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistettyjen matkavastusten suhde painotettuna henkilöauton ja joukkoliikenteen aamuhuipputunnin matkustajamäärillä. Jotta ei otettaisi logaritmia nolasta, muuttujaa käytetään muodossa $\text{ylsuh} + 1E-09$	$b_2$	9,146	1,897	5,407	12,886
<b>astih_as</b> ennustealueen keskimääräinen asukastiheys neliökilometriä kohti asutusta YKR-ruuduista lasketun pinta-alan mukaan <sup>26</sup>	$b_3$	-4,651	0,273	-5,188	-4,113
<b>ak_koko</b> asutokunnan keskikoko ennustealueella	$b_4$	0,029	0,005	0,018	0,039
vakio, joka skaalaa autottomien asutokuntien prosenttiosuuden oikealle tasolle suhteessa muihin muuttujiin (ilmaistu prosentteina)	$b_5$	36,005	3,389	29,325	42,684

Teoriassa tämäkin malli voi antaa sekä yli sadan olevia prosenttilukuja että negatiivisia lukuja, joten sitäkin käytetään muodossa  $P_{2+}^* = \min\{\max(P_{2+}, 0\%), 100\%\}$ .

<sup>25</sup> Taulukko koskee versiota 2.1. Versiossa 2.0 oli samat muuttujat, mutta jonkin verran erilaiset kertoimet.

<sup>26</sup> Asukastiheyteen lisätään yksi, koska logaritmi nolasta aiheuttaisi virhetilanteen.

Teoriassa voi olla, että summa  $P_0 + P_{2+} > 100\%$ , joten yhden auton talouksien määrä lasketaan kaavalla:

$$P_1^* = \min\{\max(100\% - P_0^* - P_{2+}^*, 0\%), 100\%\}$$

Asuntokuntamalleissa esiintyy muuttujana mediaanitulo. HELMET 1.0:ssa muuttujana oli keskitulo ja versiossa 2.0 siirryttiin mediaanituloihin, jotka selittivätkin ilmiötä keskituloja paremmin. Versioiden 2.0 ja 2.1 välillä mediaanitulojen laskentatapaa muutettiin ja nykyistä laskentatapaa on kuvattu luvussa 6.2.5.

#### 4.2.2 Autoistumisaste

Autoistumisasteella eli henkilöautotiheydellä tarkoitetaan autojen määrää tuhatta asukasta kohti. Autonomistusosuuksista alueen autoistumisasteeseen päästään seuraavalla kaavalla:

$$\text{autoistumisaste} = 1000 * (0 * ak\_määrä_0 + 1 * ak\_määrä_1 + 2,334074 * ak\_määrä_{2+}) / (ak\_määrä\_yht * ak\_koko)$$

missä

$ak\_määrä_x$	autonomistusluokan x asuntokuntien määrä alueella
$ak\_määrä\_yht$	asuntokuntien kokonaismäärä alueella
$ak\_koko$	asuntokuntien keskikoko.

Liikkumistutkimuksen mukaan niissä asuntokunnissa, joissa on vähintään kaksi autoa, on keskimäärin 2,334074 autoa. Koska  $ak\_määrä_x = osuus_x * ak\_määrä\_yht$ , kaava supistuu muotoon:

$$\text{autoistumisaste} = \frac{1000}{ak\_koko} * \left[ \frac{P_1^*}{100\%} + 2,334074 * \frac{P_{2+}^*}{100\%} \right]$$

Kulikutapamalleissa tästä muuttujasta esiintyy muunnos autoa/asuntokunta, joka siis saadaan kaavasta:

$$f = \text{autoa/asuntokunta} = \text{autoa} * ak\_koko / \text{asukasmäärä} = ak\_koko * \text{autoistumisaste} / 1000$$

eli

$$f = \frac{\text{autoa}}{\text{asuntokunta}} = \frac{P_1^*}{100\%} + 2,334074 * \frac{P_{2+}^*}{100\%}$$

Autoa/asuntokunta -mallia  $f$  sovelletaan muutosmallina nykyisille asukkaille ja suorana mallina uusille asukkaille. Muutosmalli<sup>27</sup> määritellään seuraavasti:

$$f_m = y - \Delta f = y - f_e + f_n$$

---

<sup>27</sup> Muutosmalli olisi myös voitu määritellä suhteellisen muutoksen avulla  $f_m = y / f_n * f_e$ . Nyt malli on kuitenkin sovitettu erotusmuutokselle, joten tässä määritellyn muutosmallin käyttö edellyttäisi mallin uudelleenkalibrointia.

missä

$f_m$  = muutosmallin tulos (autoa/asuntokunta) nykyisille asukkaille  
 $f_n$  = mallilla ennustettu autoa/asuntokunta nykytilanteessa  
 $y$  = havaittu autoa/asuntokunta nykytilanteessa  
 $f_e$  = mallilla ennustettu autoa/asuntokunta ennustetilanteessa.

Uusille asukkaille sovelletaan suoraan mallin antamaa tulosta  $f_e$ . Arvot  $f_e$  ja  $f_n$  saadaan soveltamalla yllä olevaa kaavaa.

Olettaen, että nykyisten ja uusien asukkaiden asuntokuntien kesikoot ovat yhtä suuria ennustealueella<sup>28</sup>, saadaan lopulliseksi arvoksi muuttujalle autoa/asuntokunta arvo:

$$f^* = \frac{v_n}{v_e} * [y - f_n] + f_e, \text{ jos } v_e > 0$$

$$f^* = y, \text{ jos } v_e = 0 \text{ eli alue tyhjenee asukkaista (valittu lähinnä nollalla jaon välttämiseksi)}$$

missä

$f^*$  = lopullinen tulos autoa/asuntokunta  
 $v_n$  = väestö nykytilanteessa  
 $v_e$  = väestö ennustetilanteessa.

Mikäli ennustetilanteessa jollakin alueella on vähemmän asukkaita kuin nykytilanteessa, sovelletaan tässäkin tilanteessa yllä olevaa kaavaa. Kaavan tulos  $f^*$  on siis sama kuin kulkutapamallin muuttujissa esiintyvä autoa /asuntokunta ennustealueella. Arvo  $f^*$  sijoitetaan siis kulkutapamallien lähtötiedoksi.

#### 4.3 Henkilöauton pääasiallisen käytön malli

Henkilö luetaan henkilöauton pääasialliseksi käyttäjäksi (HAP), jos kotitaloudella on oma tai työsuhdeauto, henkilöllä on ajokortti ja henkilö on liikkumistutkimuksessa ilmoittanut, että hänellä on henkilöauto käytössään aina tai lähes aina.

HAP-määritelmä on siis seuraava:

1. taloudessa on oltava oma tai työsuhdeauto
2. henkilöllä on ajokortti
3. auto on käytössä aina tai melkein aina
4. ikä > 17 vuotta.

EHAP-ryhmällä tarkoitetaan muita kuin HAP-ryhmään kuuluvia.

Tuotosmalleissa lasketaan HAP-henkilöiden määrät kertomalla asukasmäärät HAP-osuuksilla. HAP-osuuksien laskentaa on tarkennettu HELMET 1.0 -versiosta ottamalla huomioon, että autotomat, yhden auton ja kahden auton asuntokunnat ovat erikokoisia. Lisäksi entiseen tapaan on

---

<sup>28</sup> Asia ei välttämättä pidä paikkaansa, mutta näin tarvittavien lähtötietojen määrä on vähäisempi. Jos mallien käyttäjä haluaa tätä oletusta muuttaa, on se täysin mahdollista. Lähtötietoina tarvitaan kuitenkin asuntokuntien koot nykyisille ja uusille asukkaille. Myös ennustemakroja on muutettava tilannetta vastaavaksi.

otettu huomioon eri ikäryhmien erilaiset HAP-osuudet. HAP-osuudet (luvut välillä 0-1) lasketaan ikäryhmittäin ja ennustealueittain nyt kaavalla:

$$\text{HAP-osuus} = \frac{P_1^* \cdot h_1 + P_{2+}^* \cdot h_{2+}}{P_0^* \cdot a_0 + P_1^* \cdot a_1 + P_{2+}^* \cdot a_{2+}}$$

missä

$P_0^*, P_1^*, P_{2+}^*$  ovat autonomistumallilla lasketut autottomien, yhden auton ja useamman auton asuntokuntien osuudet ennustealueilla.

$h_1, h_2, a_0, a_1, a_{2+}$  ovat kertoimia, joilla otetaan huomioon ikäryhmittäiset erot HAP-osuuksissa ja eri-kokoisten asuntokuntien kokoerojen (0, 1, 2+ auton talouksissa) vaikutus siirryttä-essä asuntokuntatiedoista yksilötietoihin (eli HAP-henkilöihin). Kertoimet on lasket-  
tu HEHA2012-aineistoon perustuen.

Alaindeksit 0,1,2+:

- 0 tarkoittaa autottomia asuntokuntia
- 1 tarkoittaa yhden auton asuntokuntia
- 2+ tarkoittaa vähintään kahden auton asuntokuntia.

Taulukko 18. Kertoimet  $h_1$  ja  $h_{2+}$  (ikäryhmän vaikutus HAP-osuuksiin).

Alue		Ikäryhmä				
		7–17	18–29	30–49	50–64	yli 65
Kantakaupunki	$h_1$	0	1,2559	1,3566	1,4884	1,2770
Muu Helsinki	$h_1$	0	1,2994	1,4106	1,3401	1,4804
Koko Helsinki	$h_{2+}$	0	1,4353	2,0972	2,1297	2,1630
Espoo, Kauniainen	$h_1$	0	1,1437	1,4342	1,4899	1,4950
	$h_{2+}$	0	1,5130	2,1629	2,0811	2,1629
Vantaa	$h_1$	0	1,0802	1,3877	1,3356	1,4933
	$h_{2+}$	0	1,6107	2,1458	2,1070	1,9194
Kehyskunnat	$h_1$	0	1,1741	1,4081	1,3983	1,3422
	$h_{2+}$	0	1,8069	2,1717	2,1136	2,0326

Taulukko 19. Kertoimet  $a_0$ ,  $a_1$  ja  $a_{2+}$  (alueiden vaikutus HAP-osuuksiin).

Alue	Kertoimet		
	$a_0$	$a_1$	$a_{2+}$
Kantakaupunki	1,2341	1,6754	2,2639
Muu Helsinki	1,2535	1,7542	2,2639
Espoo, Kauniainen	1,1827	1,7551	2,1629
Vantaa	1,2059	1,7469	2,2027
Kehyskunnat	1,1093	1,6519	2,1933

#### 4.4 Jako henkilöauton kuljettajiin ja matkustajiin

Helsingin seudun mallien kulkutapavaihtoehtoja ovat kevytliikenne, joukkoliikenne ja henkilöautoliikenne. Henkilöautoiluun sisältyvät sekä henkilöauton kuljettajana että matkustajana tehdyt matkat. Ajoneuvoliikenteen sijoitteluja varten henkilöautolla tehdyt henkilömatkat jaetaan taulukoiden 20 ja 21 mukaisilla keskipuorituksilla, jolloin saadaan henkilöauton kuljettajina tehdyt matkat ajoneuvoina.

Koska koulumatkoja tekevät vain alle 18-vuotiaat, kaikki henkilöautolla tehdyt kotiperäiset koulumatkat ovat matkustajamatkoja. Koululaista kuljettavien matkat ovat muissa matkaryhmissä.

*Taulukko 20. Henkilöauton keskipuorituksiset Helsingin seudulla matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (Helsingin seudun asukkaat, päivitetty HEHA2012-aineiston mukaisiksi HELMET 2.0 ja 2.1 -malliin).*

matkaryhmä	aamuruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	1,086	1,044	1,128
kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat	1,131	1,195	1,225
kotiperäiset muut matkat	1,192	1,701	1,482
työperäiset matkat	1,026	1,109	1,074
muut kuin työ- ja kotiperäiset matkat	1,070	1,406	1,313

*Taulukko 21. Henkilöauton keskipuorituksiset ympäryskunnissa matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (HELMET 1.0 -mallin mukainen).*

matkaryhmä	aamuruuhka	iltaruuhka	koko vuorokausi
kotiperäiset työmatkat	1,081	1,120	1,086
muut matkat	1,200	1,232	1,247

#### 4.5 Huipputuntikertoimet

Huipputuntikertoimien avulla aamuruuhkan ja iltaruuhkan liikenne muutetaan huipputunnin liikennemääräksi. HELMET 2.0:ssa ja 2.1:ssä huipputuntikertoimet perustuvat HEHA2012 aineistoon (ja HELMET 1.0:ssa HEHA 2007–2008-aineistoon). Päiväliikenteen kertoimella taas määritellään keskimääräinen päivätunnin liikennemäärän osuus päivä-, ilta- ja yöliikenteestä. Kertoimet kuvaavat huipputunteina ja päivätuntina alkavien matkojen osuutta koko ajankohdan liikenteestä.

Taulukko 22. Huipputuntien ja päiväliikenteen keskitunnin osuudet ajankohdan muusta vastaavan kulkutavan liikenteestä Helsingin seudulla (Helsingin seudun asukkaat)<sup>29</sup>.

		Helsingin seutu				ympärys- kunnat
		HA kuljetta- ja	HA kuljettaja & matkusta- ja*	joukko- liikenne	(kevyt- liikenne)	kaikki kulkutavat
aamu- huippu- tunti	matkan lähtö- ajankohta, HELMET 2.0 ja 2.1 HELMET 2.0 ja 2.1 HELMET 1.0 (7.15–8.14)	7:30–8:29  47,11 %  47,7 %	7:30–8:29  48,31 %  49,0 %	7:15–8:14  47,45 %  53,4 %	7:30–8:29  54,97 %  53,5 %	(ei päivi- tetty)   47,7 %
ilta- huippu- tunti	matkan lähtö- ajankohta, HELMET 2.0 ja 2.1 HELMET 2.0 ja 2.1 HELMET 1.0 (16.00–16.59)	15:30–16:29  37,59 %  39,8 %	15:30–16:29  35,49 %  38,6 %	15:30–16:29  45,58 %  39,3 %	16:15– 17:14  37,28 %  34,2 %	(ei päivi- tetty)   39,8 %
päivä- tunti	HELMET 2.0 ja 2.1 HELMET 1.0	8,85 %  8,5 %	8,31 %  8,0 %	10,66 %  10,5 %	9,62 %  10,1 %	----  ----
*) HELMET 1.0:n osalta oli aiemmin raportoitu henkilöauton matkustajan luvut, kun taas nyt on raportoitu henkilöauton matkustajan ja kuljettajan (eli kaikkien henkilöautomatkojen yhteensä) luvut. Siksi HELMET 1.0 -luvut eivät tässä ole samat kuin aiemmassa raportissa.						

#### 4.6 Generaatio–attraktio-suunnattujen matriisien käänö

Tuotosmallit kertovat, kuinka paljon asukkaat tuottavat eli generoivat matkoja. Työ-, ostos-, virkistys- ym. paikat taas houkuttelevat eli attrahoivat matkoja. Riippumatta matkan kohteesta matka luokitellaan mallissa kotiperäiseksi, työperäiseksi tai muuksi matkaksi sen mukaan, missä matka alun perin generoituu. Sen mukaan esimerkiksi henkilön päivittäinen matka kotoa työpaikalle sekä paluumatka työpaikalta kotiin ovat molemmat kotiperäisiä matkoja, sillä niiden generointipaikkana on koti, ja hänen matkansa työpaikalta työasiointipaikkaan ja työasiointipaikalta takaisin työpaikalle taas ovat molemmat työperäisiä matkoja, koska niiden generointipaikkana on työ. Muista kuin työ- tai kotiperäisistä matkoista puhutaan silloin, kun kumpikaan matkan päätepisteistä ei ole henkilön koti eikä työpaikka.

<sup>29</sup> Ajankohta tarkoittaa tässä aamuruuhkaa (3 tunnin jakso), iltaruuhkaa (3 tunnin jakso) tai päivää, iltaa ja yötä (18 tunnin jakso). Esimerkiksi aamuhuipputunnin kerroin 47,11 % tarkoittaa, että aamuhuipputunnin liikennemäärä on 47,11 % koko aamuruuhkan 3 tunnin liikenteestä. Katso tarkemmin käsitteet.

Kun kiinnostuksen kohteena ovat koti- ja työperäiset matkat riippumatta siitä, kumpi matkan päätepisteistä on kotiperäisillä matkoilla koti tai vastaavasti työperäisillä matkoilla työpaikka, puhutaan generaatio–attraktio-suunnatuista matkoista. Mikäli asiaa halutaan tarkentaa siten, että myös matkan todellinen suunta otetaan huomioon, generaatio–attraktio-suunnatut matkat täytyy jakaa mallissa lähtöpaikka–määräpaikka-suunnatuiksi matkoiksi. Tämä tapahtuu siten, että jokainen kotiperäisten ja työperäisten matkojen matriisi jaetaan kahdeksi erilliseksi matriisiksi suuntakorjauskeinojen avulla, jotka ilmaisevat, kuinka suuri osa erityyppisistä generaatio–attraktio-suunnatuista matkoista todellisuudessa lähtee vuorokauden eri ajankohtina matkan attraktiopäästä. Kertoimet perustuvat Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimukseen 2007–2008 ja ne on taulukoitu matkaryhmittäin liitteeseen 7<sup>30</sup>.

#### 4.7 Jakoluvut

Jakolukuja tarvitaan, kun ennustealuejaossa olevia matkamatriiseja hajotetaan eli muutetaan sijoittelualuejakoon. Niitä käytetään myös, kun sijoittelusta saatavia vastuksia aggregoidaan ennustealuejakoon.

HELMET 1.0 -mallien estimointivaiheessa vastusten laskennassa käytettiin kiinteitä, nykyisiin asukas- ja työpaikkamääriin perustuvia jakolukuja ( $asukkaat + 2 \cdot työpaikat$ ), jotka olivat samat vuorokaudenajasta riippumatta.

HELMET 1.0 -mallijärjestelmän käyttöönottovaiheessa päädyttiin laatimaan jakoluvut, jotka ottavat paremmin huomioon erityyppisten alueiden liikennetuotokset eri vuorokaudenaikoina. Jakoluvut tehtiin erikseen henkilöautomatkoille, joukkoliikennematkoille ja kevytliikennematkoille hyödyntäen ruutuaineistoihin perustuvia liikkumisen tunnuslukumalleja (RUUTI-mallit)<sup>31</sup>.

Jakolukujen laskennassa käytettävät matkatuotosluvut tuotettiin julkaisun Kalenoja ym. 2008 sivujen 28 ja 37–38 tietojen perusteella. Käytetyt matkatuotosluvut ovat seuraavassa taulukossa.

*Taulukko 23. Jakolukujen laskennassa käytetyt matkatuotosluvut.*

matkaa/asukas		matkaa/työpaikka	
VRK (läht.+saap.)	2,28	VRK (läht.+saap.)	2,2
AHT lähtevät	0,335	AHT lähtevät	0,022
AHT saapuvat	0,023	AHT saapuvat	0,570
IHT lähtevät	0,112	IHT lähtevät	0,513
IHT saapuvat	0,306	IHT saapuvat	0,029
PT lähtevät	0,057	PT lähtevät	0,055
PT saapuvat	0,057	PT saapuvat	0,055

<sup>30</sup> Kertoimet perustuvat edelleen HEHA2007–2008-aineistoon, koska HEHA2012-aineistossa ei ollut riittävästi havaintoja kertoimien laskemiseen. Laskentaperustetta on hieman tarkennettu HELMET 1.0 -malliin verrattuna, joten jotkut kertoimet saattavat hieman poiketa HELMET 1.0 -mallin kertoimista, jos niitä tarkastellaan useamman desimaalin tarkkuudella.

<sup>31</sup> Ruuti-malleja on kuvattu tarkemmin julkaisussa Pesonen ym. 2010.



Em. tuotokset jaettiin henkilöautomatkoihin ja joukkoliikennematkoihin RUUTI-mallien avulla. Näin laskettiin jakolukuvektorit aikaryhmittäin sekä lähteville että päättyville matkoille.

HELMET 2.0 ja 2.1 -malleja estimoitaessa näin hienojakoiseen menettelyyn ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta, joten lähtö- ja määräpaikkapään jakoluvut laskettiin yksinkertaisemmin alueiden asukas- ja työpaikkamääristä käyttäen taulukossa 23 olevia painokertoimia. Liikennejärjestelmällä ei siis ollut enää vaikutusta jakolukuihin.

#### 4.8 Suuntautumiskorjaus

Viimeisellä ennustejokierroksella matkamatriisit kerrottiin korjauskertoimilla, jotta suuntautuminen saataisiin paremmin vastaamaan havaittua käyttäytymistä. Alueryhmät ovat Helsingin kantakaupunki, esikaupungit, Espoo+Kauniainen, Vantaa ja kehyskunnat. Suuntautumiskorjauskertoimet ovat liitteessä 11.

## 5 Ennustetestit

### 5.1 Testauksen tavoite ja sisältö

Ennustetestien tavoitteena on ollut saada käytännön tietoa mallijärjestelmän reagoinnista erilaisissa tilanteissa ja muutoksissa. Tavoitteena on ollut myös osoittaa uudella mallijärjestelmällä tuotettujen tulosten eroavaisuudet suhteessa pääasiassa edeltävään mallijärjestelmäversioon. Ennustetestien perusteella varmistetaan myös, että mallien ajamiseen liittyvät proseduurit toimivat oikein ja vakaasti.

Uutta mallijärjestelmää testattiin ensisijaisesti edelliselle mallijärjestelmäversiolle (HELMET 2.0) laadittujen testiskenaarioiden perusteella, jotta mallijärjestelmäversioiden testituloksia voidaan mahdollisimman hyvin vertailla keskenään. Mallijärjestelmää testattiin seuraavin testein:

- nykytilanteen ennuste (syksyn 2012 tilanne, maankäyttötiedot laadittu HELMET 2.0:n laadinnan yhteydessä)
- Kehä I:n ja kantakaupungin välisten moottoriteiden muuttaminen katumaisiksi (kapasiteetti -50 %, nopeusrajoitus 60 km/h).
- Joukkoliikenteen hinnan alentaminen 25 % Espoosta ja Vantaalta Helsinkiin (ja päinvaltoin).
- vuoden 2020 testiennuste (HLJ 2011-työn yhteydessä määritetyt maankäyttötiedot vuodelle 2020).

Testauksen yhteydessä havaittiin, että HELMET 2.0:n testausvaiheessa käytetyt nykytilanteen (vuoden 2012) ja vuoden 2020 ennustetilanteen (HLJ 2011) maankäyttötiedot on määritetty osin erilaisin menetelmin. Maankäyttötiedoissa on eroja, koska vuoden 2020 ennustetilanteen maankäyttötiedot on määritetty HLJ 2011:n yhteydessä silloisen, vuotta 2008 kuvanneen nykytilanteen pohjalta. Päivitetty, vuotta 2012 kuvaava nykytilanne on sen sijaan määritetty käytettävissä olevien aineistojen perusteella mahdollisimman tarkasti, joten maankäytön muutokset kuvautuvat osin väärille osa-alueille. Lähtötietojen pienistä epäloogisuuksista huolimatta tehtyjen testien perusteella voidaan kuitenkin vertailla mallijärjestelmäversioiden tuloksia keskenään sekä verrata nykytilanteen tuloksia HEHA-aineistoon.

Liikennejärjestelmän kehittymisen ja maankäytön muutosten aikaansaaman liikenteen kehityksen analysoimiseksi testauksen yhteydessä päädyttiin lisäksi tekemään testausvaiheen perusennusteet nykytilanteelle sekä vuoden 2025 ennustetilanteelle maankäyttötiedoilla, jotka määritettiin HLJ 2015:n strategiaselvityksen yhteydessä vuoden 2014 alussa. Strategiaselvityksessä käytetyt maankäyttötiedot on määritetty sekä nykytilanteen että ennustetilanteen osalta yhtenevin menetelmin. Tätä työtä tehtäessä HLJ 2015 -prosessin maankäyttötietojen työstäminen oli vielä kesken, joten HELMET 2.1-mallijärjestelmän testausvaiheen ennusteita voidaan pitää alustavina testien nusteina. Vuoden 2025 ennustetta testattiin sekä ruuhkamaksuilla että ilman ruuhkamaksuja, jotta HELMET 2.1:tä varten määritetyn ruuhkamaksujen kuvausmenettelyn toimintaa saadaan testattua.

Testauksessa on tarkasteltu mm. seuraavia asioita:

- liikennemallin konvergentti
- henkilöautotiheys
- matkamäärät kulkutavoittain ja aikaryhmittäin
- suuntautuminen 7-aluejaolla

- kulkutapaosuudet
- auto- ja joukkoliikenteen määrät verkolla
- matkustuksen ja liikenteen suoritteet
- tieliikenteen sujuvuus.
- matkustuksen ja liikenteen suoritteet
- tieliikenteen sujuvuus.

## 5.2 Kysyntämallin päivitysten testaus

Testauksessa on käytetty huhtikuun 2014 lopussa valmistunutta versiota HELMET 2.1 -mallijärjestelmästä. Testituloksia on verrattu ensisijaisesti mallijärjestelmän edelliseen versioon, HELMET 2.0:aan. Testauksen raportoinnissa vanhalla mallilla tarkoitetaan HELMET-mallijärjestelmän versiota 2.0. Lisäksi paikoin viitataan erikseen HELMET-mallijärjestelmän ensimmäiseen versioon 1.0:aan.

Vertailut edeltävään malliversioon on tehty siten, että liikenneverkot, asukas- ja työpaikkamäärät sekä muut liikkumiseen vaikuttavat lähtötiedot ovat samat sekä vanhalla että uudella mallilla laadituissa analyyseissä. Liikenneverkkona on käytetty vuoden 2012 syksyn tilannetta kuvaavaa liikenneverkkoa ja vuoden 2020 testiennusteissa vuoden 2012 syksyn verkon pohjalta kuvattua HLJ 2011-suunnitelman vuoden 2020 tavoitetilanteen kuvausta (Elo lähdde ym. 2016).

HLJ 2015-suunnitelman strategiaselvityksen maankäyttötietojen perusteella laadituissa perusenusteissa on käytetty nykytilanteen verkkona vuoden 2012 syksyn tilannetta kuvaavaa liikenneverkkoa ja vuoden 2025 ennusteissa strategiaselvityksessä laadittua perusstrategian mukaista vuoden 2025 liikenneverkkoa.

### 5.2.1 Uuden ja vanhan mallin nykyennusteen 2012 vertailu HEHA 2008:n matkamääriin ja suuntautumiseen

Testauksessa on tarkasteltu henkilöautomatkoja ja joukkoliikennematkoja sekä näiden yhteissummaa samoilla, vuoden 2012 lähtötiedoilla. Vertailu on tehty vuosien 2008 ja 2012 yhdistetyn HEHA-matriisiin 7-aluejaossa (1. Helsingin kantakaupunki, 2. muu Helsinki, 3. Espoo ja Kauniainen, 4. Vantaa, 5. Kirkkonummi ja Kerava, 6. Muut Helsingin seudun kahdeksan kuntaa, 7. Muu liikennemallialue). Vertailu on tehty sekä aamuhuipputunnin liikenteen että vuorokausiliikenteen osalta. Keskeisimmät havainnot ovat seuraavat:

**Joukkoliikenne- ja henkilöautomatkat yhteen laskien** suuntautuminen vastaa vuorokausitasolla HEHA-aineistoa suunnilleen yhtä hyvin kuten edellinen malliversio 2.0, mutta paremmin kuin 1.0. Vuorokausitasolla uusi malli vastaa HEHA-aineistoa hieman aiempaa mallia paremmin, mutta erot ovat hyvin pieniä. Aamuruuhkassa kantakaupunkiin tulee edelleen liian vähän erityisesti Helsingin sisäisiä moottoroituja matkoja. Keravan ja Kirkkonummen asukkaiden matkoja suuntautuu liian vähän kyseisten kuntien sisälle ja liikaa muihin kehyskuntiin, Vantaalle, Espooseen ja Helsingin kantakaupunkiin. Ilmiö on vastaava kuin HELMET 2.0:ssa, mutta Keravalta ja Kirkkonummelta Helsingin kantakaupunkiin suuntautuvien matkojen ylikorostuminen on uudessa mallissa aiempaa vähäisempää. Edellä mainitut ilmiöt esiintyivät jo HELMET-mallijärjestelmän ensimmäisessä versiossa 1.0, jolloin mm. kantakaupungin vajeus esiintyi huomattavasti selkeämpänä kuin HELMET 2.1:ssä.

**Joukkoliikennematkojen osalta** malli tuottaa liian vähän Helsingin kantakaupungista alkavia ja sinne päättyviä matkoja, mutta kuitenkin paremmin kuin malliversio 1.0. Erityisesti malli tuottaa liian vähän kantakaupungin sisäisiä joukkoliikennematkoja. Kantakaupunkia lukuun ottamatta tarkasteluvyöhykkeillä tehdään pääsääntöisesti selvästi liikaa vyöhykkeiden sisäisiä joukkoliikennematkoja. Kokonaisuutena joukkoliikennematkoja suuntautuu liian vähän kantakaupunkiin ja liikaa lähes kaikille muille alueille. Ilmiö on vastaava kuin HELMET 2.0:ssa sekä HELMET 1.0:ssa, jossa ilmiö oli selvästi uudempia malleja voimakkaampi.

**Henkilöautomatkojen osalta** malli tuottaa vuorokausitasolla luokkaa 10–20 % liikaa Helsingin kantakaupunkiin päättyviä matkoja erityisesti pääkaupunkiseudun ulkopuolelta, mutta kuitenkin paremmin kuin malliversio 1.0. Lisäksi malli tuottaa selvästi liikaa Helsingin kantakaupungin sisäisiä henkilöautomatkoja. Ilmiö on hieman lieventynyt HELMET 2.0:sta. Erityisesti aamuruuhkassa tehdään HEHA-aineistoon verrattuna liian vähän tarkasteluvyöhykkeiden sisäisiä henkilöautomatkoja. Aamuruuhkassa Helsingin kantakaupunkiin päättyvien matkojen määrä ylikorostuu edelleen pääkaupunkiseudun ulkopuolelta alkavilla matkoilla, mutta pääkaupunkiseudulta Helsingin kantakaupunkiin suuntautuvien matkojen määrä on vähäisempi kuin HELMET 2.0:ssa. Keravan ja Kirkkonummen asukkaiden henkilöautomatkoja suuntautuu liian vähän kyseisten kuntien sisälle ja liikaa muihin kehyskuntiin, Vantaalle ja erityisesti Helsingin kantakaupunkiin. Lisäksi uusi malli tuottaa liikaa ympäryskuntien matkoja. Ilmiöt esiintyivät lähes vastaavina myös HELMET 2.0:ssa. Ilmiöt esiintyivät niin ikään HELMET 1.0:ssa, mutta voimakkaampina kuin uudemmissa malliversioissa.

### 5.2.2 Uuden ja vanhan mallin nykytilaennusteen (2012) matkamäärien ja suuntautumisen vertailu

Matkojen kokonaismäärä on säilynyt sekä aamuruuhkassa että vuorokausitasolla käytännössä ennallaan. Uusi malli tuottaa hieman enemmän joukkoliikennematkoja ja vastaavasti hieman vähemmän henkilöautomatkoja kuin HELMET 2.0. Joukkoliikennematkojen määrä on kasvanut vuorokausitasolla noin 0,7 % ja henkilöautomatkojen määrä laskenut noin 0,8 %. Joukkoliikenteen osuus moottoroiduista matkoista on kasvanut koko Helsingin seudun osalta 0.3 prosenttiyksikköä (0,9 %) ja pääkaupunkiseudun sisäisten matkojen osalta 0.4 prosenttiyksikköä (0,9 %).

Sekä aamu- että iltahuipputunnissa joukkoliikennematkojen määrä on kasvanut 1 % ja henkilöautomatkojen määrä on vähentynyt 1 %.

Moottoroitujen matkojen osalta Keravan ja Kirkkonummen sekä Helsingin kantakaupungin välisten matkojen määrä on uudessa mallissa vähentynyt noin 4–6 %. Muilta osin matkamäärien muutokset ovat tarkasteluvyöhykkeillä maksimissaan 1–2 % sisällä.

Henkilöautomatkojen osalta matkat kehyskunnista kantakaupunkiin ovat vähentyneet ja joukkoliikenteen matkat vastaavasti lisääntyneet. Joukkoliikenteen matkojen määrä ja samoin joukkoliikenteen osuus moottoroiduista matkoista on kasvanut selvästi kehyskuntien ja pääkaupunkiseudun välisillä matkoilla. Keravan ja Kirkkonummen matkoilla joukkoliikenteen osuus on puolestaan selvästi pienempi kuin HELMET 2.0:ssa.

Henkilöautotiheys on vajaan prosentin pienempi kuin HELMET 2.0:ssa, mikä johtuu osin autonomistumallin uudelleen estimoinnista ja osin funktiopäivityksen johdosta muuttuneista vastuksista. Henkilöautomatkojen keskipituus liikenneverkolle sijoitellusta liikenteestä laskettuna on henkilöauto-, joukko- ja kuorma-autoliikennematkojen osalta kasvanut noin 5 % ja kevytliikennematkojen osalta laskenut noin 1 %. Matkojen pidentyminen voi ainakin osittain johtua muuttuneista auto-

liikenteen funktioista, jotka tuottavat kuormittuneilla väylillä aiempia funktioita pidempiä matkajakoja. Tällöin liikennettä siirtyy aiempaa herkemmin pääväyläverkolta alempiasteiselle verkolle, jolloin matkat yleensä pitenevät. Joukkoliikenteen suoritteen kasvu voi niin ikään johtua autoliikenteen funktioiden muutoksesta, kun autoliikenteen vastusten kasvaessa joukkoliikenteellä tehdään aiempia pidempiä matkoja. Kuorma-autoliikenteen matkojen keskipituuden kasvu puolestaan johtuu kuorma-autoliikenteen ennustemenettelyn muutoksesta, jonka myötä mm. kuorma-autoliikenteen pituusjakaumaa on korjattu vastaamaan paremmin tutkimuksista saatuja tietoja.

Matkamäärien säilyessä vanhan mallin kanssa samalla tasolla ja matkojen keskipituuksien pidentyessä liikennesuorite kasvaa. Henkilöliikennesuoritteen kasvu on uudella mallilla asukasta kohti noin 5 % suurempi kuin HELMET 2.0:ssa. Tieliikennesuorite on vuorokausitasolla uudessa mallissa 3–8 % suurempaa kaikilla tarkasteluvyöhykkeillä. Suurinta tieliikennesuoritteen kasvu on Kehä III:n ja Kehä I:n välisellä vyöhykkeellä (8 %). Aamuhuipputunnin osalta tieliikennesuorite on vähentynyt Kehä I:n sisäpuolella, mutta Kehä I:n ulkopuolella tieliikennesuoritetta on noin 3 % enemmän kuin HELMET 2.0:ssa. Tieliikenteen keskinopeus on tarkasteluvyöhykkeillä lähes samalla tasolla kuin HELMET 2.0:ssa, lukuun ottamatta Kehä III:n ja Kehä I:n välistä vyöhykettä, jolla keskinopeudet ovat uudessa mallissa aiempaa mallia alemmalla tasolla sekä aamu- että iltaruuhkassa.

Aamuhuipputunnin sijoitettujen auto- ja joukkoliikenteen kuormitusten osalta autoliikenteen kuormituksissa liikennettä on liikenneverkolla tasaisesti vähemmän ja joukkoliikennettä tasaisesti enemmän kuin HELMET 2.0:ssa. Poikkeuksena autoliikenteen osalta ovat ainoastaan lentoaseman sekä Länsisataman lähiympäristöt, joilla autoliikennettä on lentoaseman ja satamien matkustajaliikenteen ennustemenettelyn myötä enemmän kuin HELMET 2.0:ssa.

Mallijärjestelmän ensimmäinen versio (1.0) tuotti selvästi uudempia versioita (2.0 ja 2.1) enemmän autoliikenteen matkoja ja vastaavasti vähemmän joukkoliikenteen matkoja. Uudempien mallien tulokset vastaavat ainakin vuorokausitason matkamäärien valossa paremmin HEHA-aineistoja. Useat ilmiöt, joiden voidaan HEHA-aineistojen perusteella olettaa olevan havaitusta poikkeavia, ovat lieventyneet verrattaessa uusien mallien tuloksia HELMET 1.0:aan.

### 5.2.3 Uuden ja vanhan mallin reagoivuuden vertailu

Uuden ja vanhan mallin reagoivuutta erilaisiin muutoksiin on vertailtu seuraavien esimerkkien osalta:

1. Kehä I:n ja kantakaupungin välisten moottoriteiden muuttaminen katumaisiksi (kapasiteetti -50 %, nopeusrajoitus 60 km/h). Tässä skenaariossa saatiin testattua alueellisesti kohdistetun ruuhkautumisen vaikutuksia mm. suuntautumiseen ja kulkutapoihin.
2. Joukkoliikenteen hinnan alentaminen 25 % Espoosta ja Vantaalta Helsinkiin ja päinvastoin. Tässä skenaariossa saatiin testattua hintamuutosten vaikutuksia mm. suuntutumiseen ja kulkutapoihin.
3. Vuoden 2020 maankäyttö, talouskehitys, joukkoliikenteen kaarimalli ja HLJ:n tavoiteverkko vuodelle 2020. Tässä skenaariossa saatiin vertailtua tulevaisuusskenaarioiden liikenneennusteita. Skenaariossa Helsingin seudun asukasmäärä noin 10 % vuotta 2012 suurempi.

**Moottoritiemuutosten vaikutus** liikenteen suuntautumiseen ja kulkutapajakaumaan on uudella mallilla ennustettuna hyvin lähellä vanhan mallin vaikutusta. Molemmat mallit vähensivät muun pääkaupunkiseudun ja Helsingin välisiä moottoroituja matkoja noin 3 % (13 000 - 14 000 matkaa) ja lisäsivät muun pääkaupunkiseudun sisäisiä matkoja 1 % (8 000 - 8 500 matkaa). Moottoroitujen matkojen kokonaismäärä Helsingin seudulla pieneni molemmissa malleissa noin 8 500 matkaa. Myös kulkutapakohtaiset matkamäärien muutokset sekä liikennemäärämuutokset verkolla olivat lähellä toisiaan.

**Joukkoliikenteen hintamuutoksen vaikutus** liikenteen suuntautumiseen ja kulkutapajakaumaan on uudella mallilla ennustettuna hyvin lähellä vanhan mallin vaikutusta. Molemmat mallit lisäsivät muun pääkaupunkiseudun ja Helsingin välisiä moottoroituja matkoja noin 10 % (42 000–44 000 matkaa) ja vähensivät muun pääkaupunkiseudun sisäisiä matkoja 2–3 % (15 000–16 000 matkaa). Myös kulkutapakohtaiset matkamäärien muutokset sekä liikennemäärämuutokset verkolla olivat lähellä toisiaan.

**Vuoden 2020 ennusteessa** liikenteen suuntautumismuutos on uudella mallilla niin ikään lähellä vanhaa mallia. Uusi malli ennustaa hieman enemmän joukkoliikennematkojen kasvua sekä vastaa-vasti hieman vähemmän henkilöautomatkojen kasvua kuin HELMET 2.0. Tästä syystä uusi malli ennustaa koko seudun joukkoliikenneosuudelle pientä kasvua, kun HELMET 2.0 ennusti hivenen laskua.

Uudessa mallissa henkilöautotiheyden kasvu on hieman maltillisempaa kuin HELMET 2.0:ssa. Uudessa mallissa Helsingin seudun henkilöautotiheyden ennustetaan kasvavan 4,1 %, kun HELMET 2.0 ennusti kasvua 5,6 % vuoteen 2020 mennessä.

Liikennemäärien osalta uudella mallilla tuotettujen, liikenneverkolle sijoiteltujen vuoden 2020 ennusteiden osalta autoliikenteen kuormitukset ovat tasaisesti HELMET 2.0:aa pienemmät ja joukkoliikenteen kuormitukset puolestaan tasaisesti suuremmat. Ainoana poikkeuksena autoliikenteen osalta voidaan havaita lentoaseman ympäristön suurempi kuormitus, joka johtuu lentoaseman matkustajaliikenteen ennustemenettelyn sisällyttämisestä uuteen mallijärjestelmään.

#### 5.2.4 HLJ 2015 strategiaselvityksen maankäyttötiedoilla tuotettujen ennusteiden mukainen kehitys 2012–2025

HLJ 2015 strategiaselvityksen yhteydessä tuotetuissa maankäyttötiedoissa seudun asukasmäärän ennustetaan kasvavan noin 18 % ja seudun työpaikkamäärän noin 19 % vuodesta 2012 vuoteen 2025 mennessä.

Helsingin seudun työssäkäyntialueen matkamäärän ennustetaan kasvavan ilman ruuhkamaksuja noin 18 % vuoteen 2025 mennessä. Joukkoliikenteen kasvun ennustetaan olevan selkeästi autoliikennettä suurempaa. Joukkoliikenteen matkamäärien ennustetaan kasvavan nykyisestä koko työssäkäyntialueen osalta noin 27 % ja autoliikenteen matkojen noin 17 %.

Henkilöautotiheys laskee ennusteiden perusteella 1,5 % ja joukkoliikenteen osuus moottoroiduista matkoista kasvaa ilman ruuhkamaksuja 2,4 prosenttiyksikköä (5,4 %).

HLJ 2015-suunnitelman strategiaselvityksen maankäyttötiedoilla laaditussa ennusteessa Helsingin työssäkäyntialueen asukasmäärä on noin 8 % suurempi kuin HLJ 2011-suunnitelman vuoden 2020

ennusteessa. Myös absoluuttiset matkamäärät ovat huomattavasti suurempia kuin HLJ 2011-suunnitelman vuoden 2020 maankäyttötietojen perusteella laaditussa ennusteessa. Liikenteen kasvu kuitenkin painottuu aiempia ennusteita selvemmin joukkoliikenteeseen, mikä aiheutuu osin maankäytön tiivistymisestä ratakäytäviin ja autoliikenteen verkon ruuhkautumisesta.

Ruuhkamaksujen vaikutuksesta joukkoliikennematkojen määrä kasvaa vuorokausitasolla 6 % ja kevytliikennematkojen määrä kasvaa 9 % verrattuna vuoden 2025 tilanteeseen ilman ruuhkamaksuja. Henkilöautomatkojen määrä puolestaan vähenee 11 %.

Ruuhkamaksujen vaikutuksesta henkilöautotiheys on vuoden 2025 tilanteessa Helsingin seudulla 3 % pienempi ja joukkoliikenteen osuus moottoroiduista matkoista lähes 5 prosenttiyksikköä (11 %) suurempi verrattuna tilanteeseen, jossa ruuhkamaksut eivät ole käytössä.

Ruuhkamaksujen vaikutuksesta tieliikennesuorite vähenee vuoden 2025 tilanteessa noin 10 %. Voimakkainta suoritteen väheneminen on Kehä III:n sisäpuolella.

### 5.3 Testauksen yhteenveto ja päätelmät

Uudessa mallissa suuntautuminen on säilynyt pääpiirteittäin HELMET 2.0:aa vastaavana. Kanta-kaupunkiin suuntautuu ilmeisesti edelleen liikaa henkilöautomatkoja ja liian vähän joukkoliikennematkoja. Toisaalta joukkoliikennematkoja suuntautuu vuorokausitasolla edelleen liikaa 7-aluejaon vyöhykkeiden sisälle kantakaupunkia lukuun ottamatta.

Uusi malli ennustaa hieman enemmän joukkoliikennematkoja ja vastaavasti hieman vähemmän autoliikennematkoja kuin HELMET 2.0. Testattujen muutosten vaikutukset liikenteeseen ovat uudella ja vanhalla mallilla hyvin lähellä toisiaan. Uusi malli ennustaa vuoteen 2020 enemmän joukkoliikennematkojen kasvua kuin HELMET 2.0. Uudella mallilla tuotettujen ennusteiden perusteella joukkoliikennematkojen osuus moottoroiduista matkoista kasvaa hieman nykytilanteesta, kun HELMET 2.0 ennusti joukkoliikenteen osuuden hienoista laskua.

HELMET-mallijärjestelmän ensimmäiseen versioon (HELMET 1.0) verrattuna uusi malli tuottaa vuorokausitasolla enemmän joukkoliikenteen matkoja ja vastaavasti vähemmän autoliikenteen matkoja. Uudella mallilla tuotettujen nykytilaennusteiden osalta havaittuja, oletettavasti havaitusta poikkeavia ilmiöitä (Helsingin kantakaupungin vaje sekä Kantakaupunkiin suuntautuvien autoilun ylikorostuminen ym.) havaittiin niin ikään HELMET 1.0:ssa, jossa ilmiöt näkyivät uutta mallia selvempinä. Näiltä osin HELMET 2.1:n voidaan todeta vastaavan HELMET 1.0:aa paremmin HEHA-aineistoja. HELMET-mallijärjestelmän versioissa 1.0 ja 2.1 ei esiintynyt merkittäviä eroja mallin reagoivuuden suhteen malleille tehtyjen herkkyystarkasteluiden perusteella.

HLJ 2015-suunnitelman maankäyttötiedoilla laadittujen ennusteiden osalta liikenteen kehitys lähitulevaisuudessa on samansuuntaista kuin HLJ 2011-suunnitelman lähtötiedoilla tuotetuissa ennusteissa, mutta joukkoliikenteen houkuttelevuus on selvästi suurempaa. Joukkoliikenteen kulkutapaosuuden voimistumiseen vaikuttavat myös erot HLJ-suunnitelmien maankäytön kehityksessä ja sijoittumisessa. HLJ 2015-suunnitelmassa maankäyttö tiivistyy aiempaa voimakkaammin ratakäytäviin, mikä puolestaan edesauttaa joukkoliikenteen houkuttelevuuden kasvua.

HLJ 2015-suunnitelman maankäyttötiedoilla laadittujen vuoden 2025 ennusteiden osalta testattiin ruuhkamaksumenettelyn toimivuutta HELMET 2.1:ssä. Mallin tulosten perusteella ruuhkamaksu-

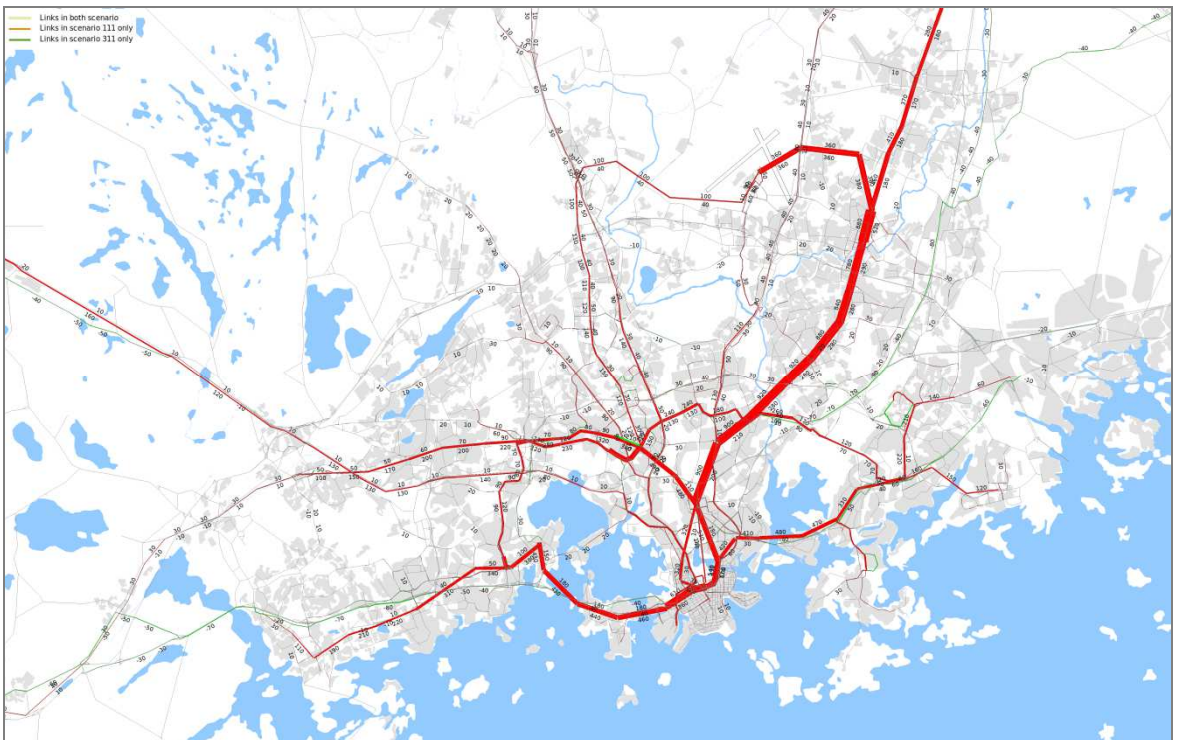
menettelyn voidaan todeta toimivan loogisesti ja mallilla tuotetut tulokset ovat hyvin lähellä HELMET 2.0:lla HLJ 2015-suunnitelman strategiaselvityksen yhteydessä laadittujen ruuhkamaksutarkasteluiden tuloksia.

Uuden mallin konvergointia tarkasteltiin sekä nykytilanteen että vuoden 2020 ennusteajon osalta. Uusi malli konvergoituu hyvin tarkasteltujen ennusteajojen osalta. Uudessa mallijärjestelmässä on tosin edelleen käytössä HELMET 2.0:ssa käyttöön otettu vastusten liukuvan keskiarvon menetelmä, joka huomioi kaikkien ennusteajon kierrosten tulokset keskiarvon laskennassa. Uudessa mallijärjestelmässä ennusteajojen viimeisen ja viimeistä edeltävän kierroksen kulkutapakohtaisten matkamäärien erot ovat suurimmillaan vain muutamien kymmenien matkojen suuruisia.

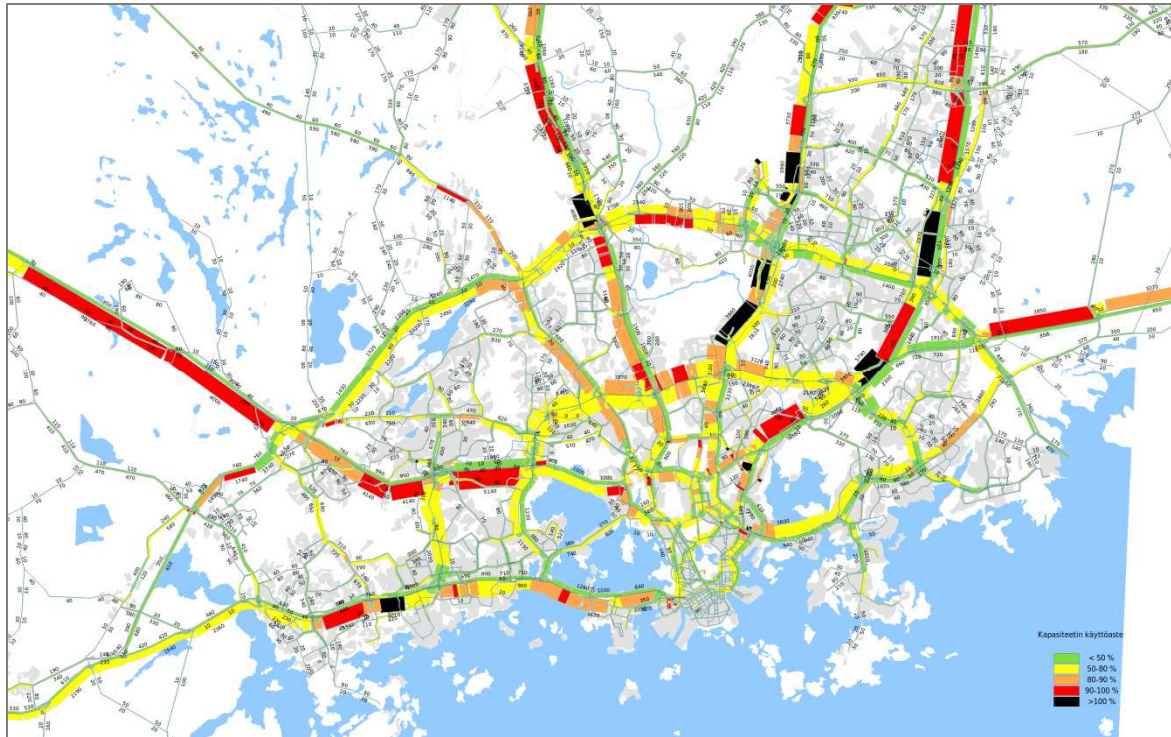




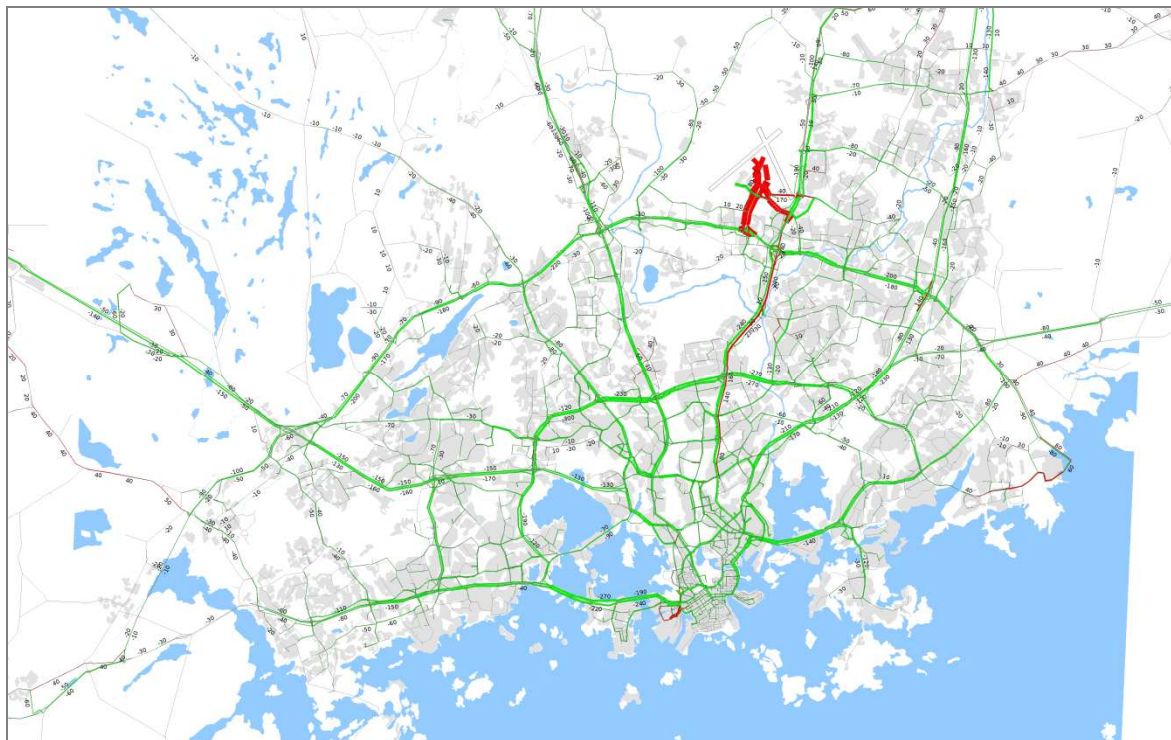
Kuva 7. Joukkoliikenteen kuormittuminen, testiennuste 2020, aamuhuipputunti.



Kuva 8. Joukkoliikenteen kuormitusero uusi malli-vanha malli, testiennuste 2020, aamuhuipputunti.



Kuva 9. Autoliikenteen kuormittuminen, testiennuste 2020, aamuhuipputunti.



Kuva 10. Autoliikenteen kuormitusero uusi malli-vanha malli, testiennuste 2020, aamuhuipputunti.



## 6 Ennusteiden laadinta

### 6.1 Ennusteprosessi

#### 6.1.1 Periaate

Helsingin seudun työssäkäyntialueen ennusteiden laadinta on iteratiivinen prosessi, jossa kysyntä-ennuste muodostuu vähitellen, kun liikenteen kysynnän ja liikennejärjestelmän tarjonnan välille haetaan tasapainoa. Liikennejärjestelmän tarjonta on kuvattu niin kutsutussa sijoittelupankissa (eli sijoittelualuejaon emmebank-tietokannassa). Kysynnän ennustaminen taas tapahtuu ennustepankissa.

Liikenteen kysyntä (tuotos, kulkutavan valinta ja suuntautuminen eli määräpaikan valinta) lasketaan *ennustealuejaossa*. Saadut matkamatriisit siirretään sijoittelupankkiin (jossa on kuvattu tarjonta eli tie- ja katuverkko sekä joukkoliikennelinjasto ja viivytysfunktiot) ja hajotetaan jakoluvuilla *sijoittelualuejakoon* sekä tehdään reitinvalinta eli sijoittelu, josta saadaan mm. autoliikenteen liikennemäärät linkeittäin, joukkoliikenteen matkustajamäärät pysäkeillä ja linjoilla sekä vastusmatriisit eli matka-ajat, kustannukset ja etäisyydet alueparien välillä. Saadut sijoittelualuejaon vastusmatriisit aggregoidaan *ennustealuejakoon* laskemalla niistä jakoluvuilla painotettu keskiarvo ja siirretään ne ennustepankkiin, jossa ne ovat uuden ennustejokierroksen syöttötietoina.

Aggregoinnin voisi tehdä muutenkin, mutta suora keskiarvo ei toisi esiin alueiden eroja ja matkamäärillä painottaminen tarkoittaisi, että aggregoinnin tulos riippuisi kysyntäennusteesta. Jakoluvuilla painottaminen on kompromissi näiden kahden väliltä: vakaa, mutta ottaa kuitenkin huomioon alueiden väliset erot. Aiemmin jakoluvut laskettiin koko sijoittelualueen asukas- ja työpaikkamääristä yhteensä (eli sijoittelualueen osuus ennustealueesta). RUUTI-malleihin pohjautuvat jakoluvut ottivat huomioon jopa kulkutapojen erot ja maankäytön jakautumisen sijoittelualueen sisällä, mutta kilpailusysteistä niiden muodostamista ei ollut mahdollista sisällyttää osaksi ennustejärjestelmää. Nyt käytössä ovat jakoluvut, jotka lasketaan maankäyttötiedoista kohdassa 4.7 kuvatulla tavalla.

Yhden iteraatiokierroksen tapahtumat ovat pääpiirteittäin seuraavat:

1. Lasketaan liikennejärjestelmää kuvaavat matka-ajat ja matkojen pituudet sijoittelupankissa ja siirretään tiedot ennustepankkiin.
2. Lasketaan autonomistus ennustealueittain ja jaetaan väestö henkilöauton pääasiallisiin käyttäjiin ja muihin.
3. Lasketaan kysyntäennusteet Helsingin seudun asukkaille.
4. Lasketaan kysyntäennusteet ympäryskunnille.
5. Lasketaan ulkoisen liikenteen ennusteet.
6. Siirretään eri ajankohtien (aamuhuipputunnin, päiväliikenteen ja iltahuipputunnin) kysyntäennusteet sijoittelupankkiin seuraavaa iteraatiokierrosta varten.

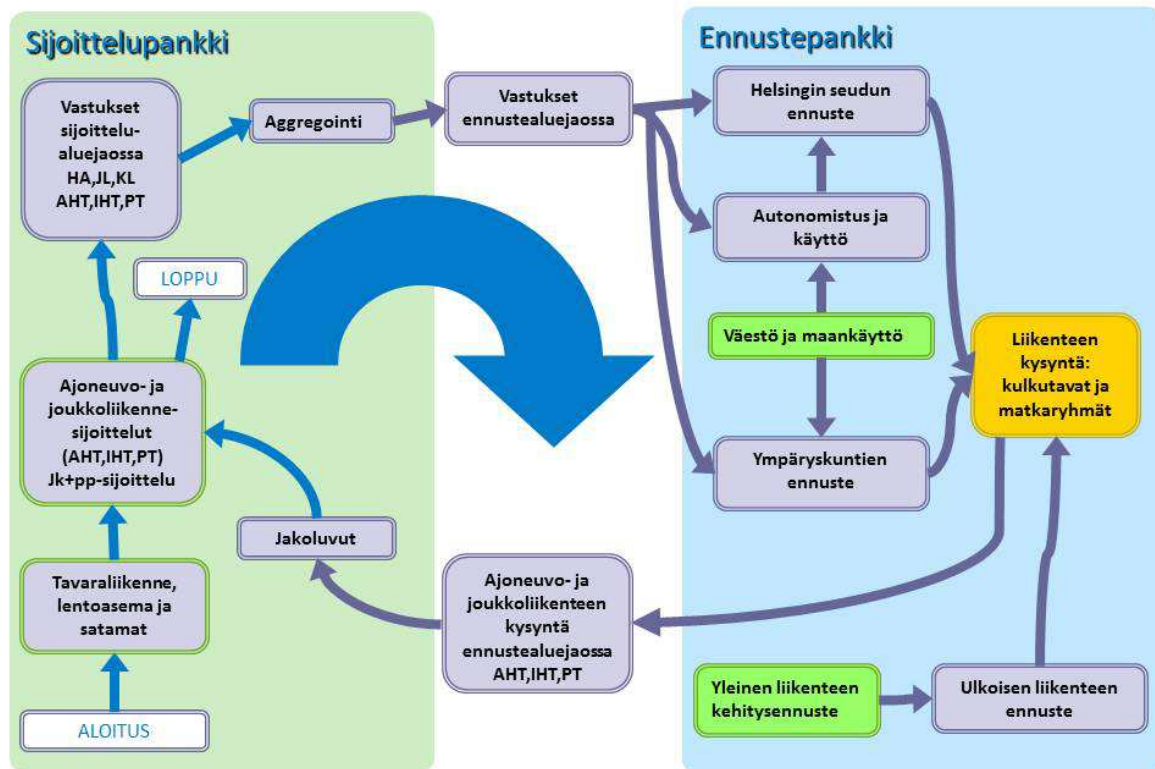
Iteraatiokierroksia toistetaan niin monta kertaa, että kysyntäennuste voidaan todeta riittävän stabiiliksi tarkasteltavaan ilmiöön nähden.

Versiossa 2.1 on muutoksena aikaisempaan nähden, että ennen iterointia lasketaan aiempaa tarkempi tavaraliikenteen ennuste ja sijoitellaan tavaraliikenne pohjaksi liikenneverkolle sijoittelupankissa. Lisäksi iterointiprosessissa kysyntäennusteeseen lisätään matkustajasatamien ja lentoase-

man liikenne ennen liikenteen sijoittelua verkolle. Näitä on selostettu tarkemmin tämän julkaisun osissa B ja C sekä liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016).

Sijoittelupankin ja ennustepankin sisältöä on kuvattu pääpiirteittäin taulukossa 24.

### Liikenne-ennustejärjestelmän periaate



Kuva 11. Ennusteprosessin periaate.

Taulukko 24. Sijoittelu- ja ennustepankin sisältö pääpiirteittäin.

Sijoittelupankki	Ennustepankki
<ol style="list-style-type: none"> <li>Liikennejärjestelmäkuvaus <ul style="list-style-type: none"> <li>joukkoliikenneverkko ja linjastot</li> <li>henkilöautoverkko</li> <li>karkeahko kevytliikenneverkon kuvaus</li> <li>tavaraliikenteen ennustemenettelyn makrot</li> <li>matkustajasatamien ja lentoaseman korjausmenettely</li> </ul> </li> <li>Sijoittelumakrot</li> <li>Sijoittelufunktiot</li> <li>Jakoluvut</li> <li>Aggregaatiot</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Väestömäärät ikäryhmittäin ja yhteensä</li> <li>Työpaikkamäärät toimialoittain ja kaupan kerrosalat</li> <li>Kustannusmatriisit</li> <li>Helsingin seudun ennustemakrot</li> <li>Ympäryskuntien ennustemakrot</li> <li>Ulkaisen liikenteen ennustemenettelyn makrot</li> <li>Autonomistuksen ja auton käyttömahdollisuuden makrot</li> </ol>

### 6.1.2 Ennusteen iterointitarve

Iterointikierrosten määrä sijoittelu- ja ennustepankin välillä riippuu tarkasteltavasta ilmiöstä. Tarkkaa ennustekierrosten määrää ei voida antaa, vaan kierroksia tehdään niin monta kertaa, että ennuste on konvergoitunut. Konvergoitumisen tarkkuusvaatimukset riippuvat tarkasteltavasta ilmiöstä. Jos tarkasteltavana on jokin yhteysväli, tulee ennusteita laadittaessa varmistaa, että matka-ajat tarkasteltavalla yhteysvälillä ovat tasaantuneet peräkkäisten kierrosten välillä riittävästi.

Konvergoitumisen ehtoja voivat olla esimerkiksi:

- kulkutapakohtaiset matriisien nurkkasummat eri ajankohtina ovat tasaantuneet (ero kierrosten välillä alle puoli prosenttia) ja
- yksittäisten alueparien väliset matka-ajat henkilöautolla ja joukkoliikenteellä ovat tasaantuneet (ero kierrosten välillä alle yksi prosentti).

Ennustemakrot laskevat muutamien etukäteen valittujen alueparien välille matka-aikoja. Samoin nurkkasumatiedot tulostuvat valmiiksi. Näiden perusteella voi arvioida ennusteen tasaantumista. Lisäksi kannattaa tarkastella itse valitsemiaan yhteysvälejä tai osamatriiseja sen mukaan, millaista ennustetta on laatimassa.

On myös mahdollista, että ennuste ei tasaannu lainkaan, vaan ennuste alkaa heittelehtiä. Todennäköisin syy lienee virhe lähtötiedoissa tai muu inhimillinen virhe. Jos mitään virhettä ei löydy, on mahdollista, että annettu liikenne- ja maankäyttöjärjestelmä ei ole sisäisesti yhteensopiva, vaan liikennejärjestelmä ylikuormittuu. Tällöin järjestelmä on palautettava suunnittelupöydälle.

Versiossa 2.0 ennusteen konvergoitumista parannettiin laskemalla vastukset uudella tavalla, edellisten kierrosten liukuvana keskiarvona, kun HELMET 1.0:ssa oli mahdollista käyttää joko edellisen kierroksen vastuksia tai kahden edellisen kierroksen vastusten keskiarvoa.

Versiossa 2.1 on käytössä liukuva keskiarvo kuten 2.0:ssakin. Lisäksi 2.1:ssä on muutettu yksittäisen autosijoittelun lopetuskriteerejä, mm. kierroksen maksimimäärää, minkä pitäisi vähentää myös ennusteen iterointitarvetta. Edelleen on kuitenkin tarpeen tarkastella, miten ennuste konvergoituu.

### 6.1.3 Helsingin seudun mallien ennusteprosessi

Helsingin seudun, ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteiden laadinta muodostavat kukin koko prosessissa oman kokonaisuutensa.

Helsingin seudun ennusteiden laadinta etenee pääpiirteittäin seuraavasti ennustepankissa:

1. Kun väestö-, maankäyttö- ja kustannustiedot on annettu sekä vastukset (eli matka-ajat ja matkapituudet) laskettu sijoittelupankissa, lasketaan henkilöauton omistus ja väestö jaetaan henkilöauton pääasiallisiin käyttäjiin ja muihin.
2. Väestötietojen, henkilöauton käyttömahdollisuuden ja matkatuotoksien avulla lasketaan matkatuotokset ennustealueilla matkaryhmittäin ja eri ajankohdille: aamuruuhka, iltaruuhka sekä päivä-, iltaja yöliikenne.
3. Liikennejärjestelmää kuvaavien vastusten ja henkilöauton omistuksen perusteella lasketaan kulkutavan valintamalleilla henkilöauton, joukkoliikenteen ja kevytliikenteen valintatodennäköisyydet pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaille matkaryhmittäin eri ajanjaksoina. Samoin näiden tietojen avulla lasketaan liikennejärjestelmän saavutettavuus eli logsum.



#### 6.1.4 Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteprosessi

Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteiden laadinta etenee seuraavasti:

1. Tuotosmalli laskee väestömuutostietojen perusteella ajoneuvoilla tapahtuvan henkilöliikenteen (ts. kevytliikennematkat on poistettu) tuotosmuutoksen matkaryhmittäin ja aikajaksoittain.
2. Kulikutapamalli laskee liikennejärjestelmätietojen perusteella ympäryskuntien ja Helsingin seudun välisten matkojen joukkoliikenteen kulkutapaosuuden muutoksen, jolla muutetaan nykytilanteen havaittua joukkoliikenteen kulkutapaosuutta.
3. Ympäryskuntien nykytilanteen vuorokausitason henkilömatkamatriisia Helsingin seudulle suunnataan uudelleen Helsingin seudun muuttuneiden tuotosten suhteessa. Uudelleen suunnatusta matriisista lasketaan osuuskertoimilla eri matkaryhmien ja aikajaksojen matkat, joihin liitetään ennustettu tuotosmuutos.
4. Ympäryskuntien sisäisten ja välisten matkojen tuotoksia muutetaan väestömuutosten suhteessa, mutta kulkutapa- ja suuntautumisosuudet ovat samat kuin liikkumistutkimuksessa.
5. Joukkoliikennematkat lasketaan kulkutapamallilla lasketun joukkoliikenneosuuden perusteella. Henkilöautolla tehtävistä matkoista lasketaan henkilöauton kuljettajamatkat käyttäen keskiuormituskertoimia.
6. Ympäryskuntien asukkaiden nykytilanteen matkamääriä Helsingin seudulla korotetaan ympäryskuntien tuotosmuutosten perusteella. Nämä matkat suunnataan Helsingin seudulla kuten Helsingin seudun mallin työperäiset matkat sekä muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat yhteensä.
7. Ympäryskuntien matkoihin liitetään työssäkäyntialueen rajan ylittävät ulkoiset ajoneuvoliikenteen matkat, jotka lasketaan ulkosyöttökohtaisilla kasvukertoimilla nykytilanteen kysynnästä.

### 6.2 Eräiden lähtötietojen muodostamisesta

#### 6.2.1 Joukkoliikennelipun tai autoilun hintamuutokset

Joukkoliikenteen lipun ja autoilun hintamuutostarkasteluissa kannattaa ottaa huomioon, että malleissa käytettävä hinta on suhteutettava aina vuoden 2012 hintatasoon, jolloin liikkumistutkimus tehtiin. Siten esimerkiksi inflaatiota ei oteta huomioon hintamuutoksissa. Ratkaisevaa on, mikä kulloinkin on liikkumisen hintataso suhteessa käytettävissä oleviin tuloihin.

#### 6.2.2 Joukkoliikenteen nopeuttaminen

Joukkoliikenteen nopeutuksen yhteydessä kannattaa ottaa huomioon, että malleissa käytetty matka-aika on painotettu kokonaismatka-aika ennustealueelta ennustealueelle, siis odotus ja kävely mukaan lukien. Siten esimerkiksi 10 prosentin nopeutus joukkoliikenteessä tarkoittaa tätä selvästi pienempää prosenttiosuutta painotetussa kokonaismatka-ajassa, elleivät odotus- ja kävelylajat samalla muutu.

### 6.2.3 Ruuhkamaksu

HELMET 2.1:ssä ruuhkamaksujen käsittely on lisätty osaksi mallijärjestelmää. Linkkien ruuhkamaksut näkyvät liikennemalleissa kulkutavan valinnassa (matkan kustannus kunkin alueparin välillä), matkojen suuntautumisessa (logsumin kautta), autonomistuksessa (yleistettyjen vastusten kautta) ja tätä kautta edelleen matkatuotoksissa. Koska ruuhkamaksu vaikuttaa reitinvalintaan, se on otettu huomioon myös sijoitteluissa.

Autoliikenteen sijoittelun tuloksena tallennetaan etäisyysmatriisi, matka-aikamatriisi sekä ruuhkamaksumatriisi. Ruuhkamaksumatriisi viedään kysyntämalliin, jossa ruuhkamaksuja käsitellään matkakustannuksena. Käytännössä ruuhkamaksumatriisi lisätään kulkutavanvalintamallissa henkilöauton ajokustannukseen<sup>33</sup>, jota kautta se vaikuttaa myös suuntautumismallin logsumiin.

Linkkien ruuhkamaksuista ja niiden toiminnasta sijoittelussa kerrotaan tarkemmin liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016).

### 6.2.4 Väestö- ja maankäyttötiedot

Matkojen suuntautumismalleissa käytetyt nykytilanteen väestö- ja työpaikkatiedot koottiin HSL:ssä eri rekistereistä, mm. YKR, Seutu-CD, RHR ja Tilastokeskuksen ajoneuvokanta. Koska estimoinnissa käytettiin sekä vuosien 2007–2008 että vuoden 2012 liikkumistutkimuksen aineistoa, myös maankäyttötiedot pyrittiin saamaan vastaavilta ajankohdilta.

Maankäyttötiedot alueittain ovat liitteessä 8. Sen alussa on taulukko, josta saa tarkempia tietoja siitä, mihin rekisteriin ja sen muuttujaan kunkin sarakkeen luku perustuu.

### 6.2.5 Autonomistusmallin lähtötiedot

Autonomistusmallin käyttö edellyttää seuraavien lähtötietomuuttujien ennustamista ennustealuejaoissa

- mediaanitulo
- asuinkerrostalojen osuus ennustealueen asuinrakennusten kerrosalasta
- erillispientalojen osuus ennustealueen asuinrakennusten kerrosalasta
- joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistetyn matkavastusten matkamäärillä painotettu suhde (käytetään Emmessä muodossa  $y/suh+1 \cdot E-09$ )
- asukastiheys asutuista ruuduista
- asuntokuntien keskikoko ennustealueella
- muiden kuin työmatkojen pysäköintikustannus.

---

<sup>33</sup> Toinen vaihtoehto olisi käsitellä ruuhkamaksua pysäköintikustannustyyppisenä. Aineistossa on kuitenkin vain vähän havaintoja, joissa pysäköintimaksu poikkeaa nolasta, joten estimointi ei olisi kovin luotettavalla pohjalla.



Mediaanitulojen lähtötietoina käytettiin YKR-ruutuaineistoa, josta laskettiin osa-alueiden mediaanitulojen keskiarvo. Laskennasta poistettiin sellaiset YKR-ruudut, joissa on vähän asutuskuntia ja epänormaalin suuri mediaanitulo. Osa-alueiden (Lentokenttä, Pasilan ratapiha ja Vuosaaren satama), joiden mediaanitulojen keskiarvoa ei voitu vähäisen asutuskuntien kokonaismäärän takia laskea luotettavasti ollenkaan, määritettiin viiden viereisen alueen keskiarvona. Korjaus voidaan toistaa jatkossa automaattisesti osana lähtötietojen määrittämisprosessia.

Autonomistumallissa käytetty pysäköintikustannus on muuttujana sama kuin kulkutapamalleissa esiintyvä matkan määräpaikan pysäköintikustannus muilla kuin työmatkoilla. Autonomistumallissa pysäköintikustannus kuvaa kuitenkin asuinalueen ja pysäköinnin hintaa siellä. Mikäli malliajoissa on tarvetta erotella asukaspysäköinnin kustannus kantakaupunkiin suuntautuvien matkojen pysäköinnin kustannuksista, kannattaa käyttää näille erillisiä muuttujia ennusteaajoissa ja muuttaa käyttöliittymää tältä osin.

Muuttujien arvot alueittain ovat liitteessä 9. Sen alussa on taulukko, josta saa tarkempia tietoja siitä, mistä kunkin sarakkeen luku on saatu.

#### 6.2.6 Matkatuotosluvut

Helsingin seudun henkilöliikennemalleissa matkatuotoskertoimet ovat kiinteitä väestöryhmittäin. Tämä tarkoittaa, että väestöryhmän sisällä tapahtuvia muutoksia matkojen määrässä/henkilö ei suoraan voida ottaa huomioon. Sen sijaan muutokset väestöryhmien osuuksissa ja koossa otetaan huomioon.

Mikäli tulevaisuusskenaarioissa halutaan testata muutoksia matkatuotoskerroimissa, on mallin lähtötietoina annettuja tuotoskerroimia muutettava. Asiaa on selostettu tarkemmin liitteessä 4.

#### 6.2.7 Ennustevuosien tiedot

Ennustevuosien tiedostot konvertoitiin uuteen aluejakoon joko kopioimalla alueen 1110 tiedot alueelle 1113 (esimerkiksi kustannukset) tai monivaiheisemmalla konversiomenettelyllä (esim. asukas- ja työpaikkamäärät). Ensin mainittu tehtiin vektoreiden osalta editorilla ja matriisien tapauksessa kopiointimakrolla. Konversiomenettelyssä matriisit tai vektorit muunnettiin ensin jakoluvuilla vanhasta ennusteaajasta vanhaan sijoittelujakoon, sitten pilkottiin edelleen vielä pienempiin osiin, joista koottiin summaamalla uusi sijoittelujako ja edelleen uusi ennustejako.

### 6.3 Vastusten muokkaus

Sijoittelupankista tuotuja, ennustealuejakoon aggregoituja vastusmatriiseja muokattiin ennen niiden käyttämistä kysyntämallien lähtötietoina.

Alueparien välisestä matka-aika-, etäisyys- ja nousumäärävastuksista laskettiin liukuva keskiarvo, toisin sanoen toisen sijoittelukierroksen jälkeen keskiarvo ensimmäisen ja toisen kierroksen vastuksista, seuraavalla kierroksella näin saadun keskiarvon ja kolmannen sijoittelukierroksen tuloksen keskiarvo jne.

Lisäksi lävistäjällä olevat arvot eli ennustealueiden sisäiset vastukset korvattiin uusilla arvoilla seuraavasti:

kevytliikennematkojen etäisyydet:

$$0,7*(0,592*\ln(\sqrt{maa\_pa})+1)+0,2)$$

henkilöautomatkojen etäisyydet:

$$0,7*(1,25*\sqrt{maa\_pa})+0,365)$$

henkilöautomatkojen matka-ajat:

$$1 + (0,7*(1,4*\sqrt{maa\_pa})+1,74))$$

joukkoliikenteen matka-ajat:

$$0,7*(9,468*\sqrt{maa\_pa})+11,515)+3$$

joukkoliikenteen nousumäärät, aht ja iht:

$$0,101*\sqrt{maa\_pa})+0,056*astih/1000$$

joukkoliikenteen nousumäärät, päivätunti:

$$0,084*\sqrt{maa\_pa})$$

missä

$maa\_pa$  = alueen pinta-ala

$astih$  = alueen asukastiheys.

Myös hyvin pieniä ja suuria vastusten arvoja muokattiin

- ennustealueen sisäiseksi etäisyydeksi kevyellä liikenteellä vähintään 0,1 km
- ennustealueen sisäiseksi etäisyydeksi autoliikenteellä vähintään 0,2 km
- jos ennustealueen sisäinen matka-aika autoliikenteellä on alle 3 minuuttia, se on korvattu 5 minuutilla
- ennustealueen sisäiseksi matka-ajaksi joukkoliikenteellä vähintään 8 minuuttia
- myös Helsingin niemen sisällä (ennustealueet 101–121) matka-aika joukkoliikenteellä on vähintään 8 minuuttia
- ennustealueen sisäiseksi joukkoliikenteen nousumääräksi vähintään 1
- myös Helsingin niemen sisällä (ennustealueet 101–121) joukkoliikenteen nousumäärä on vähintään 1
- kevyen liikenteen etäisyysmatriisissa korvattiin kaikki yli 30 km olevat arvot 999:llä.

## Lähdeluettelo

Ben-Akiva, Moshe & Lerman, Steven R. (1991). *Discrete Choice Analysis. Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press.

Elolähde, Timo; Supponen, Atte; Holm, Markus & Niinikoski, Miikka (2016). *Liikennejärjestelmämallit 2012*. Osa D julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2014*. HSL:n julkaisuja 22/2016, Helsinki.

INRO Consultants Inc. (1998). *EMME/2 User's Manual, Software Release 9*. Montreal 1998.

Kalenoja, Hanna; Vihanti, Kaisuliina; Voltti, Ville; Korhonen, Annu & Karasmaa, Nina (2008). *Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa*. Suomen ympäristö 27/2008. Ympäristöministeriö.

Karasmaa, Nina; Kurri, Jari & Voltti, Ville; (2003). *Sisäisen henkilöliikenteen mallit*. Osa A julkaisussa *Pääkaupunkiseudun liikenne-ennustemallit 2000*. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:9. YTV pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, Helsinki.

Keränen, Matti (2009). *Vastusten laskenta*. Julkaisematon muistio 13.5.2009, Trafix Oy.

Lindeqvist, Matleena; Kantele, Sampo; Rätty, Pekka; Elolähde, Timo & Vihervuori, Marko (2013). *HLJ 2015 Liikkumistottumukset Helsingin seudulla 2012*. HSL:n julkaisuja 27/2013.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika; Lehto, Hannu; Tuovinen, Samuel; Leppänen, Paula; Pesonen, Hannu; Rinta-Piirto, Jyrki; Moilanen, Paavo; Rahiala, Antti; Kurri, Jari; Elolähde, Timo & Rätty, Pekka (2011a). *Henkilöliikennemallit (HELMET)*. Osa A julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010*. HSL:n julkaisuja 33/2011, Helsinki.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika & Lehto, Hannu (2011b). *Helsingin seudun liikenne-ennustejärjestelmän yksilömallit*. HSL:n julkaisuja 34/2011.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika; Pesonen, Hannu; Rinta-Piirto, Jyrki; Moilanen, Paavo; Rahiala, Antti; Elolähde, Timo & Rätty, Pekka (2013). *Henkilöliikennemallit (HELMET 2.0)*. Julkaisematon raporttiluonnos 14.10.2013.

Pesonen, Hannu; Savisalo, Anssi & Salomaa, Osmo (2010). *Yhdyskuntarakenteen kehityksen ja eri liikkumismuotojen edellytysten seuranta Helsingin seudulla*. HSL:n julkaisuja 21/2010.

Rahiala, Antti; Pesonen, Hannu ja Rinta-Piirto, Jyrki (2017). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liityntäpysäköintimallit 2016*. HSL:n julkaisuja xx/2017.

Rantala, Annika & Elolähde, Timo (2015). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän (runkona HELMET 2.1) tekninen raportti*. Julkaisematon muistio 13.1.2015.

Rinta-Piirto, Jyrki; Hillo, Kari & Rosenberg, Marja (2010). *Selvitys kehyskuntien liittymisestä Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä HSL:een*. HSL:n julkaisuja 17/2010.

Räikkönen, Antti; Supponen, Atte; Särkkä, Tapani & Keränen, Matti (2016). *Viivytysfunktioiden vertailu*. Osa E julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2014*. HSL:n julkaisuja 22/2016, Helsinki.

Tervonen, Juha & Ristikartano, Jukka (2010). *Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2010*. Liikenneviraston ohjeita 21/2010.

Tervonen, Juha; Ristikartano, Jukka & Sorvoja, Sanna (2010). *Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvojen määrittäminen. Taustaraportti 2010*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 33/2010.

Vihervuori, Marko; Salo, Marja & Elolähde, Timo (2010). *Liikkumistottumukset Helsingin seudun työssäkäyntialueella vuonna 2008*. HSL:n julkaisuja 32/2010.

YTV (2003). *Pääkaupunkiseudun liikenne-ennustemallit 2000*. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:9. YTV pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, Helsinki.

### **Liite 1. Joukkoliikennekustannukset**

HELMET 2.0 -version yhteydessä joukkoliikenteen kustannukset laskettiin samoin perustein kuin vuonna 2008 HELMET 1.0 -versiossa paitsi, että vuodelle 2012 Sipoo lisättiin HSL:n matkakortti-alueeseen. HELMET 2.1 -version yhteydessä kustannukset laskettiin muuten samoin kuin versiossa 2.0 paitsi, että työmatkojen hintoja HSL:ään kuulumattomista kehyskunnista tarkistettiin.

Vuoden 2008 kustannukset päivitettiin vuoden 2013 päivitystyön yhteydessä, koska saatavissa oli uudemmat lähtöarvot. Lisäksi vuoden 2008 kustannukset korotettiin mallien estimointia varten vuoden 2012 tasoon kuluttajahintaindeksillä. Vuoden 2008 kustannukset laskettiin mallien estimointia varten, koska estimoinnissa käytettiin sekä HEHA2007–2008-aineistoa että HEHA2012-aineistoa. Vuoden 2008 kustannuksia käytettiin vain mallien estimoinnissa, eikä niitä tarvita mallien käyttämiseen.

Seuraavassa kerrotaan, miten kustannukset laskettiin vuoden 2008 mallityön yhteydessä, ja esitetään, missä tilanteissa vuoden 2012 kustannusten laskenta poikkeaa em. menettelystä (1). Sen jälkeen kuvataan kehyskuntien työmatkojen laskennan tarkistusta (2). Käytännössä kaikki joukkoliikennekustannukset on ensin laskettu tavalla (1), ja sen jälkeen kehyskuntien työmatkoilla on hintaa muutettu, jos tarkistuslaskenta tavalla (2) tuottaa pienemmän hinnan.

#### **(1) Joukkoliikennekustannusten laskenta versioissa 1.0 ja 2.0**

Joukkoliikennekustannukset lasketaan erikseen kotiperäisille työmatkoille ja muille matkoille. Kotiperäisille koulumatkoille kustannuksia ei vuodelle 2012 määritetä, koska joukkoliikennekustannukset eivät ole lopullisessa koulumatkojen mallissa muuttujana. Vuonna 2008 koulumatkojen kustannukset määritettiin, koska ne yritettiin saada mukaan HELMET 1.0 -malliin siinä kuitenkaan onnistumatta. Kustannukset perustuvat lippujen hintoihin. Yksikkönä on käytetty euroa/matka.

Matkustettaessa HSL-alueen (vuonna 2008 Helsinki, Espoo, Kauniainen, Vantaa, Kirkkonummi ja Kerava, vuonna 2012 näiden lisäksi Sipoo) sisällä joukkoliikennekustannukset riippuvat lähtö- ja määräpaikan sijainnista kunnittain. Todellisuudessa lippujen hinnat riippuisivat myös siitä, asuuko matkustaja HSL-alueella vai ei, mutta yksinkertaistuksen vuoksi HSL-alueen sisällä tehtävät matkat on oletettu HSL-alueella asuvien tekemiksi. Kotiperäisillä työmatkoilla yhden matkan kustannus lasketaan 30 päivän kausilipun hinnasta käyttäen pääkaupunkiseudun sisällä jakajaa 60 ja muulloin 50. Jakajat ovat eri suuret, koska asiantuntija-arvion mukaan paremman palvelutason pääkaupunkiseudulla tehdään samalla lipulla enemmän matkoja. Muilla matkoilla kustannukset perustuvat aikuisten arvolippuun, jonka hinnasta on vähennetty 25 prosenttia. Kyseisellä prosenttiluvulla on arvioitu matkustajien keskimääräisiä kustannuksia, sillä osa matkustaa muita matkoja (esimerkiksi työmatkoja) varten hankitulla kausikortilla. Vuoden 2008 työn aikana keskusteltiin, voitaisiinko joukkoliikenteen kausikortin hankkineet ottaa huomioon jollakin muulla tavalla. Vaikeudeksi ilmeni yksilötason kausikorttitiedon kytkeminen malliin ja sen ennustaminen.

Matkustettaessa HSL-alueen ja muiden Helsingin seudun kuntien alueen<sup>34</sup> välillä tai kehyskuntien alueen sisällä joukkoliikennekustannukset riippuvat lähtö- ja määräpaikan välisestä etäisyydestä sekä kilometritariffista. Tariffi perustuu Matkahuollon hinnastoon, jossa yksikköhinta laskee matkan pituuden kasvaessa. Kotiperäisillä työmatkoilla kustannukset perustuvat 44 matkan lippuun, jolloin alennus on 25 prosenttia. Muilla matkoilla maksetaan täysi hinta. Lähtö- ja määräpaikan välinen etäisyys saadaan Emme-ohjelman sijoittelun tuloksena ja se perustuu etäisyyteen joukkoliikenneverkolla annetulla joukkoliikenteen tarjonnalla. Meno- ja paluumatkojen etäisyydet voivat tuolloin olla erisuurat, joten myös kustannukset voivat olla meno- ja paluumatkoilla toisistaan hieman poikkeavat.

HSL-alueen ja kehyskuntien alueen välillä tai kehyskuntien alueen sisällä matkustettaessa juna muodostaa poikkeuksen. Mikäli lähtö- ja määräpaikka sijaitsevat aseman vaikutusalueella, kokonaiskustannus muodostuu lähtöpään liityntäkustannuksesta, junalla kuljettavasta runko-osuuden kustannuksesta ja määräpään liityntäkustannuksesta. Junalla kuljetun runko-osuuden kustannus perustuu kotiperäisillä työmatkoilla VR:n 30 päivän lippuun jakajana 44. Muilla junamatkoilla maksetaan kertalipun hinta vähennettynä 25 prosentilla. Liityntäkustannus lasketaan Helsingissä, Vantaalla ja Keravalla kaupungin sisäisestä matkasta. Muualla liitynnässä käytetään kilometritariffia aseman ja lähtö- tai määräpaikan välillä. Jos lähtö- tai määräpaikan alue on sama kuin juna-aseman alue, liityntäkustannukset on oletettu nolleks.

## **(2) Joukkoliikenteen kustannusten tarkistaminen**

HELMET 2.1:ssä on päivitetty työmatkojen hintoja HSL:ään kuulumattomista kehyskunnista (Vihti, Nurmijärvi, Hyvinkää, Tuusula, Järvenpää, Mäntsälä ja Pornainen) alkavien ja päättyvien joukkoliikennematkojen osalta. Myös Sipoon joukkoliikennekustannukset on päivitetty, sillä se ei vuonna 2008 kuulunut HSL:ään mutta vuonna 2012 kuului. Päivityksessä on otettu huomioon HSL:n ulkopuolisten kuntien asukkaalleen tarjoamien tuettujen joukkoliikennelippujen vaikutus joukkoliikenteen matkakustannuksiin.

Päivityksen lähtöaineistona on käytetty kuukausihintaa euroina säännölliselle työmatkalle (30 päivän kausilippu tai 44 matkan sarjalippu), josta yhden työmatkan hinta saadaan jakamalla sovitulla luvulla, joka on pääkaupunkiseudun ulkopuolella 50. Hinnat annetaan erikseen vuodelle 2010 (lähökohtana julkaisu Rinta-Piirto ym. 2010) ja vuodelle 2012. Näiden vuosien välillä oleellisia eroja on Sipoon (HSL-jäsenyys 1.1.2012), Nurmijärven (kilometritaksasta koko kunnan kattavaksi kausilipuksi ja hinnat matkustajalle alenivat 1.5.2011) ja Vihdin (huomattava hinnan alennus 1.8.2012) osalta. Vuoden 2010 kustannuksia on käytetty kuvaamaan vuotta 2008 muunnettuna liikennemallin estimointeja varten vuoden 2012 hintatasoon.

Helsingin päässä joukkoliikenteen runkomatkan varrelle menevät matkat ovat halvempia, kun vaihtoa ja HSL-alueen sisäistä liityntälippua ei tarvita. Lisäksi on huomioitu kehyskunta-alueen bussikausiliput (sisäiset liput ja seutuliput), näistä tärkeimpinä Keski-Uudenmaan ja Länsi-Uudenmaan seutuliput.

---

<sup>34</sup> Vuonna 2008 kahdeksan Helsingin seudun kuntaa (Vihti, Nurmijärvi, Tuusula, Järvenpää, Sipoo, Mäntsälä, Hyvinkää ja Pornainen) eivät kuuluneet HSL-alueeseen, mutta syksyllä 2012 enää 7 kuntaa, koska Sipoo oli vuoden alussa liittynyt HSL:ään ja siten sen matkakorttialueeseen.

Kustannusmatriisit on tehty symmetrisinä (matkoja pääkaupunkiseudulta kehyskuntiin on käsitelty samoin kuin varsinaisesti tarkasteltuja matkoja kehyskunnista pääkaupunkiseudulle), vaikka vuonna 2008 olikin tilanne, että osalla pääkaupunkiseudulta kehyskuntiin suuntautuvista työmatkoista ei saanut käyttää subventoitua työmatkalippua, koska osa niistä oli tarkoitettu vain kehyskuntien kuntalaisille. Nykyään tämä on mahdollistettu sopimuksilla. Niiden alueparien välillä, joille ei tässä anneta uutta hintaa, sekä muilla kuin työmatkoilla, käytetään aikaisemmasta liikennemallista saatavia valmiina olevia kustannuksia. Nämä aiemmat hinnat pohjautuvat osin bussiin ja osin junaan.

Taulukossa 25 on esitetty tuettujen työmatkalippujen hintoja kehyskuntien ja pääkaupunkiseudun välisille matkoille. Lisäksi niille osa-aluepareille, joille kehyskuntien sisäiseen matkustamiseen on tarjolla tuettuja bussiliikennekausilippuja (kuntien sisäisiä tai seutulippuja, tyypillisimmin Keski-Uudenmaan seutulippu), on annettu omat hintansa. Helsingin osalta on lueteltu ne runkomatkan varrella olevat ennustealueet, joille päästään ilman vaihtoyhteyttä, loppuihin Helsingin alueisiin tarvitaan vaihto, mikä tuo lisää hintaa.

Hinnat muuttuvat aikaisemmista eniten Vihdin, Nurmijärven ja Etelä-Tuusulan sekä pääkaupunkiseudun välisillä matkoilla. Taulukon hinnat otetaan päivityksessä huomioon vain siltä osin kuin ne ovat alemmat kuin aikaisemmassa liikennemallissa olevat kustannukset, sillä näissä aiemmissa hinnoissa on junaliikenteen osalta jo otettu huomioon VR:n vyöhykeliput, jotka tässäkin taulukossa ovat pohjana hieman karkeammalla tasolla.

**Asioita, joita vuonna 2008 pohdittiin toteutetun lähestymistavan lisäksi:**

- Juna-asemille sovellettavaa kustannusten laskentaperiaatetta yritettiin soveltaa myös busiasemille. Siitä kuitenkin luovuttiin, koska kustannusten mallintaminen osoittautui erittäin monimutkaiseksi.
- Edellä kuvatut kustannukset liittyvät yksittäisen matkapäätöksen tekemiseen. Työn aikana pohdittiin myös, kuinka kustannukset vaikuttavat henkilön päätökseen ryhtyä henkilöauton tai joukkoliikenteen pääasialliseksi käyttäjäksi. Tämä sopii hyvin jatkokehityksen aiheeksi.
- Kustannustaso muuttuu vuosittain. Voita isiinko kustannukset määrittää viiden vuoden jaksoille erikseen? HELMET 1.0 -malliin sisään rakennettu liikkumiskäyttäytyminen perustui vuosien 2007–2008 liikkumistutkimukseen ja silloin vallinneeseen hintatasoon, ja nyt HELMET 2.0 ja 2.1 -mallin liikkumiskäyttäytyminen perustuu vuosien 2007–2008 ja vuoden 2012 liikkumiskäyttäytymiseen ja hintatasoon.

Taulukko 25. Tuettujen työmatkalippujen hintojen kehyskuntien ja pääkaupunkiseudun välillä.

ENNUSTEALUEET		601-612				403-437				101-113, 129, 130				101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet				201-238, 301, 401, 402											
		hinnat € / 30 pv				Vihti				Vantaa pl. läntisin kolikka				Helsinki runkoyhteys				muu Helsinki				Espoo+Kaun., läntisin kolikka Vantaata							
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010									
607-610, 612		Nummela		85 82						177.3 302.0		111.0 213.0		156.9 256.0		127.4 202.1													
604, 606, 611		Hiidenranta-Ojakkala		85 82						188.0 319.6		119.8 227.5		165.7 270.5		138.1 219.5													
601-603, 605		Vihti kk		85 82						206.8 350.5		140.4 261.5		186.3 304.5		156.9 250.0													
ENNUSTEALUEET		701-712				801, 803, 805, 807, 1301-1305				237, 238, 401-437				101-114, 131, 132, 136, 137				101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet				201-236, 301							
		hinnat € / 30 pv tai 44 matkaa				Nurmijärvi				Etelä-Tuusula, Hyvinkää				Vantaa ja Pohjois-Espoo				Helsinki runkoyhteys				muu Helsinki				Etelä-Espoo + Kaun.			
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
702, 704, 710		Klaukkala		63 60		63 60		60 60		115.9 146.0		100 152		145.9 194.5		195.8 240.5													
703, 708, 709		kirkonkylä		63 60		63 60		60 60		115.9 180.0		100 190		145.9 232.5		195.8 278.5													
701, 705-707, 712		[Rajamäki]		63 60		63 60		60 60		115.9 214.0		100 228		145.9 270.5		195.8 316.5													
ENNUSTEALUEET		1301-1305				701-712, 1201-1207				401-437 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433				101-174 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				201-238 pl. PKS junarunko-yhteysalueet							
		hinnat € / 30 pv tai 44 matkaa				Nurmijärvi, Mäntsälä (bussi)				Radan ulkopuolinen Vantaa				PKS junarunkoyhteys				muu Helsinki				Espoo							
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
1301-1305		Hyvinkää (juna)		45 42		63 60		60 60		199.9 187.5		182.5 163.0		228.4 206.0		228.4 206.0													
ENNUSTEALUEET		801-808				1001-1005, 1201-1207				401-437 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433				101-174 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				201-238 pl. PKS junarunko-yhteysalueet							
		hinnat € / 30 pv				Järvenpää, Mäntsälä (bussi)				Radan ulkopuolinen Vantaa				PKS junarunkoyhteys				muu Helsinki				Radan ulkopuolinen Espoo							
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
802, 804, 806, 808		Pohjois-Tuusula (juna)		34 30		63 60		60 60		174.2 163.5		154.0 138.0		199.9 169.9		199.9 194.0													
ENNUSTEALUEET		801-808				701-712, 901-905, 1001-1005, 1201-1207, 1101-1113				401-437				101-112, 117-126, 138, 139				101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet				201-238, 301							
		hinnat € / 30 pv				Tuusula (bussi)				Njärvi, Kerava, Jpää, Mäntsälä, Sipoo				Vantaa				Helsinki runkoyhteys				muu Helsinki				Espoo + Kaun.			
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
801, 803, 805, 807		Etelä-Tuusula (bussi)		34 30		63 60		60 60		128.9 109.2		108 99		153.9 130.9		203.8 155.0													
ENNUSTEALUEET		1001-1005				801-808, 1401-1403				401-437 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433				101-174 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				201-238 pl. PKS junarunko-yhteysalueet							
		hinnat € / 30 pv				Järvenpää (bussi)				Tuusula, Pornainen (bussi)				Radan ulkopuolinen Vantaa				PKS junarunkoyhteys				muu Helsinki				Radan ulkopuolinen Espoo			
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
1001, 1002		Pohjois-Järvenpää (juna)		35 30		63 60		60 60		174.2 163.5		154.0 138.0		199.9 181.0		199.9 181.0													
1003-1005		Etelä-Järvenpää (juna)		35 30		63 60		60 60		136.8 130.5		128.3 114.0		174.2 157.0		174.2 157.0													
ENNUSTEALUEET		1201-1207				801-808, 1301-1305, 1401-1403				401-437 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433				101-174 pl. PKS junarunko-yhteysalueet				201-238 pl. PKS junarunko-yhteysalueet							
		hinnat € / 30 pv tai 44 matkaa				Mäntsälä (bussi)				Tuusula, Hyvinkää, Pornainen (bussi)				Radan ulkopuolinen Vantaa				PKS junarunkoyhteys				muu Helsinki				Radan ulkopuolinen Espoo			
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
1201-1207		Mäntsälä (juna)		63 60		63 60		60 60		199.9 187.5		182.5 163.0		228.4 206.0		228.4 206.0													
ENNUSTEALUEET		1401-1403				901-905, 1001-1005, 1101-1113, 1201-1207				401-437				101-112, 118-125, 144, 145				101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet				201-238, 301							
		hinnat € / 30 pv tai 44 matkaa				Pornainen				Kerava, Järvenpää, Sipoo, Mäntsälä				Vantaa				Helsinki runkoyhteys				muu Helsinki				Espoo + Kaun.			
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
1401-1403		Pornainen		63 60		63 60		60 60		228.6 215.2		215.1 195.0		261.0 238.0		310.9 284.0													
ENNUSTEALUEET		1101-1113 (s2012 myös 901-905)				801, 803, 805, 807, 1401-1403 (s2010 myös 901-905)				401-437				101-112, 118-125, 144, 145				101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet				201-238, 301							
		hinnat € / 30 pv tai 44 matkaa				Sipoo, s2012 myös Kerava				E-Tuusula, Pornainen, s2010 myös Kerava				Vantaa				Helsinki runkoyhteys				muu Helsinki				Espoo + Kaun.			
		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010		syksy 2012		syksy 2010					
1106, 1110-1113		Etelä-Sipoo		45.9 60		63 60		60 60		138.7 201.5		138.7 151.5		138.7 155.5		138.7 201.5													
1101, 1103, 1105, 1107-1109		Pohjois-Sipoo		45.9 60		63 60		60 60		95.8 146.0		138.7 171.5		138.7 214.5		138.7 260.5													



## **Liite 2. Henkilöautomatkan kustannukset**

### **Versiot HELMET 2.0 ja 2.1**

Vuoden 2013 päivityksissä (HELMET 2.0) ja vuoden 2014 päivityksessä (HELMET 2.1) on estimoinneissa käytetty samoja, vuoden 2013 päivityksen yhteydessä muodostettuja henkilöautomatkan kustannuksia. Niiden muodostamista on kuvattu seuraavassa.

Sekä mallin versiota 2.0 että 2.1 käytetään vuoden 2012 hintatasossa. Tästä syystä estimointiin tarvittavat vuoden 2008 kustannukset on muutettu vuoden 2012 hintatasoon.

### **Kuluttajahintaindeksi**

Muutettaessa vuoden 2008 kustannuksia vuoden 2012 tasoon on käytetty Tilastokeskuksen kuluttajahintaindeksiä<sup>35</sup> (2000 = 100, vuosikeskiarvot). Indeksien pisteluvut ovat alla olevassa taulukossa. Muutoskerroin vuodesta 2008 vuoteen 2012 on 1,076. Myös muita muunnoksia vuodesta toiseen on tarvittaessa tehty kuluttajahintaindeksillä.

*Taulukko 26. Kuluttajahintaindeksi.*

<b>Vuosi</b>	<b>pisteluku (2000 = 100)</b>
2000	100
2001	102,6
2002	104,2
2003	105,1
2004	105,3
2005	106,2
2006	108,1
2007	110,8
2008	115,3
2009	115,3
2010	116,7
2011	120,7
2012	124,1

### **Henkilöautomatkan kustannukset**

Henkilöautomatkan kustannukset koostuvat kahdesta kustannuskomponentista: kilometrikustannuksista ja pysäköintikustannuksista.

#### Kilometrikustannukset

Kilometrikustannukset vuosille 2008 ja 2012 on HELMET 2.0 ja 2.1 -malleihin määritetty samoin periaattein kuin HELMET 1.0 -malliin vuonna 2008. Vuoden 2008 kustannukset on päivitetty vuoden 2013 päivitystyön yhteydessä, koska saatavissa on ollut uudemmat lähtöarvot vuodelle 2008

<sup>35</sup> Tilastokeskus, kuluttajahintaindeksi, käytetty taulukko [http://www.stat.fi/til/khi/2012/12/khi\\_2012\\_12\\_2013-01-14\\_tau\\_004\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/khi/2012/12/khi_2012_12_2013-01-14_tau_004_fi.html) (27.5.2013), tarkemmat PX-tilaukset [http://193.166.171.75/database/statfin/hin/khi/khi\\_fi.asp](http://193.166.171.75/database/statfin/hin/khi/khi_fi.asp)

kuin HELMET 1.0 -mallia tehtäessä on ollut käytettävissä. Vuoden 2008 kustannuslaskelma poikkeaa siksi HELMET 1.0:n yhteydessä raportoidusta laskelmasta. Lisäksi vuoden 2008 kustannukset on mallien estimointia varten korotettu vuoden 2012 tasoon kuluttajahintaindeksillä. Vuoden 2008 kustannukset on laskettu mallien estimointia varten, koska estimoinnissa on käytetty sekä HEHA2007–2008-aineistoa että HEHA2012-aineistoa. Vuoden 2008 kustannuksia on käytetty vain mallien estimoinnissa, eikä niitä tarvita mallien käyttämiseen.

Kilometrikustannus on kaikille matkaryhmille sama 0,152 euroa/km vuonna 2012. Se koostuu polttoaine-, huolto-, rengas- ja korjauskustannuksesta. Polttoainekustannukset on laskettu VTT:n Lipasto-järjestelmän vuoden 2007 kulutus- ja suoritetiedoilla. Polttoaineiden hinnat saatiin Öljyalan Keskusliiton tilastoista (öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta). On huomattava, että polttoaineiden hinnassa esiintyy suuriakin vaihteluja. Huolto-, rengas- ja korjauskustannukset eli lyhyesti kunnossapitokustannukset perustuvat julkaisun Tervonen ym. 2010 verottomiin arvoihin, joten ne on muutettu vertailukelpoisiksi muiden kustannuskomponenttien kanssa lisäämällä niihin arvonlisävero.

*Vuodelle 2012:*

*Bensiinauton polttoainekustannukset:  $1,661 \text{ e/litra} * 6,1 \text{ litraa/100km} \approx 0,1013 \text{ e/km}$*

*Dieselauton polttoainekustannukset:  $1,544 \text{ e/litra} * 7,3 \text{ litraa/100km} \approx 0,1127 \text{ e/km}$*

*Keskimääräiset polttoainekustannukset:  $66,9 \text{ prosenttia} * 0,1013 \text{ e/km} + 33,1 \text{ prosenttia} * 0,1127 \text{ e/km} \approx 0,1051 \text{ e/km}$*

*Kunnossapitokustannukset:  $0,0380 \text{ e/km} * 123 \text{ prosenttia} \approx 0,0467 \text{ e/km}$*

*Kilometrikustannukset yhteensä:  $0,1051 \text{ e/km} + 0,0467 \text{ e/km} \approx \mathbf{0,152 \text{ e/km}}$*

*Vuodelle 2008*

*(vuoden 2008 kustannusta on käytetty vain mallien estimoinnissa, eikä sitä tarvita mallien käyttämiseen):*

*Bensiinauton polttoainekustannukset:  $1,423 \text{ e/litra} * 6,1 \text{ litraa/100km} \approx 0,0868 \text{ e/km}$*

*Dieselauton polttoainekustannukset:  $1,264 \text{ e/litra} * 7,3 \text{ litraa/100km} \approx 0,0923 \text{ e/km}$*

*Keskimääräiset polttoainekustannukset:  $74,7 \text{ prosenttia} * 0,0868 \text{ e/km} + 25,3 \text{ prosenttia} * 0,0923 \text{ e/km} \approx 0,0882 \text{ e/km}$*

*Kunnossapitokustannukset:  $0,0326 \text{ e/km} * 122 \text{ prosenttia} \approx 0,0398 \text{ e/km}$*

*Kilometrikustannukset yhteensä:  $0,0882 \text{ e/km} + 0,0398 \text{ e/km} \approx 0,128 \text{ e/km}$*

*Korotus vuoden 2012 tasoon:  $1,076 * 0,128 \text{ e/km} \approx \mathbf{0,138 \text{ e/km}}$*

Pääomakustannuksia ei ole otettu huomioon. Niiden vaikutus yksittäiseen matkapäätökseen on tuntematon. Myöskään vuoden 2008 ja vuoden 2000 mallityössä pääomakustannuksia ei otettu huomioon. Henkilöautomatkan pituus käytetyllä reitillä saadaan Emme-sijoittelun tuloksena. Se kerrotaan em. kilometrikustannuksella.

Toteutetun lähestymistavan lisäksi vuonna 2008 pohdittiin seuraavia asioita, jotka on hyvä ottaa uudelleen pohdittavaksi malleja edelleen kehitettäessä:

- Tulisiko yksikkönä käyttää euroa/km vai euroa/matkustaja-km?
- Pitäisikö HAP-mallissa ottaa kantaa bensiini- ja dieselauton valintaan?
- Ruuhkassa ajaminen lisää polttoaineen kulutusta. Vaikutuksen voisi ottaa periaatteessa huomioon, jos lasketaan sijoittelun matka-aika ja matkan pituus sekä verrataan tulosta tie-segmenttien nopeusrajoituksiin.
- Moottoriteille, maanteille ja kaduille voitaisiin määrittää polttoaineen kulutusluokat.

- Otetaanko huomioon autoetu, käyttöetu ja työmatkat kilometrikorvauksineen?
- Kilometrikustannukset laskettiin alun perin eri tavalla työmatkoille ja muille matkoille sillä perusteella, että päätös käyttää aina autoa työmatkoilla tehtäisiin loogisemmin. Vastaavasti esimerkiksi vapaa-ajan matkat olisivat impulsiivisempia ja kustannuksista koettaisiin vain polttoainekustannukset.

#### Pysäköintikustannukset

Pysäköintikustannusten muodostuminen on todellisuudessa monimutkaista. Kustannuksiin vaikuttavat esimerkiksi pysäköinnin kesto, pysäköintialue, pysäköinnin maksutapa ja mahdollisten ostosten määrä. Vuoden 2008 mallityössä tukeuduttiin vuoden 2000 malliraportista peräisin oleviin kustannuksiin (Karasmaa ym. 2003). HELMET 2.0-päivityksen yhteydessä pysäköintikustannusten laskentaa päätettiin yksinkertaistaa. Pysäköintikustannukset perustuvat Helsingin vyöhykekohtaisiin pysäköinnin tuntihintoihin. Jos alueella on paljon maksutonta pysäköintitilaa, hinta on puolitettu tai pudotettu nolnaan.

*Taulukko 27. Helsinki, pysäköintihinnat €/h vyöhykkeittäin (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto).*

vuosi	2000	2005	2010
vyöhyke 1	2 €/h	3 €/h	4 €/h
vyöhyke 2	1 €/h	1,6 €/h	2 €/h
vyöhyke 3	0,5 €/h	0,8 €/h	1 €/h

Pysäköintikustannukset on määritelty parille kymmenelle Helsingin alueelle sekä lentoasemalle. Muilla alueilla pysäköintikustannus on nolla euroa. Tapiolalle on aiemmin vuosina 2000 ja 2008 määritetty pysäköintikustannus, mutta nyt siitä luovuttiin, koska muillakaan vastaavilla Helsingin ulkopuolisilla ennustealueilla, joilla on pienellä alueella maksullinen pysäköinti ja sen ulkopuolella pääosin maksutonta pysäköintiä, ei mallissa ole pysäköintimaksua. Ennustetilanteessa pysäköintimaksu voidaan luonnollisesti asettaa myös sellaisille alueilla, joilla sitä ei nykytilanteessa ole.

Pysäköintikustannus voidaan edelleen määritellä erikseen kotiperäisille työmatkoille ja muille matkoille. Kuitenkin ainoa alue, jolla vuodelle 2012 määritelty pysäköintimaksu työmatkoilla eroaa muista matkoista, on lentoasema, jolla työmatkapysäköinti oletetaan maksuttomaksi. Erottelun taustalla on ajatus siitä, että työmatkojen pysäköinti poikkeaa kestoaltaan, kustannuksiltaan ja pysäköintipaikan saatavuudeltaan muista matkoista. Pysäköinti kotiperäisellä työmatkalla kestää pääsääntöisesti kauemmin kuin muilla matkoilla. Lisäksi työnantaja saattaa osallistua työmatkojen kustannuksiin mutta ei muiden matkojen kustannuksiin. Näin ollen malliin on jätetty mahdollisuus kuvata eroa ennustetilanteessa.

Pysäköintikustannukset kotona on oletettu nolllaksi, koska kiinteät kustannukset eivät vaikuta yksittäiseen matkapäätökseen. Laskentateknisesti kaikilla matkoilla pysäköintikustannuksista puolet kohdistetaan menomatkalle ja puolet paluumatkalle.

Estimointia varten on myös vuodelle 2007/2008 määritetty pysäköintikustannukset vastaavalla tavalla. Vyöhykkeittäinen pysäköintikustannus on määritetty karkeasti vuosien 2005 ja 2010 keskiarvona (3,5 €/h, 1,8 €/h tai 0,9 €/h). Sitten pysäköintikustannus on korotettu vuoden 2012 tasoon kuluttajahintaindeksillä.

Jos katsotaan, että ennustevuonna on toisenlaisia pysäköintimaksuja kuin edellä, ne voidaan antaa mallin syöttötiedoissa. On kuitenkin otettava huomioon, että ennustevuoden pysäköintimaksut (ku-

ten muutkin kustannukset) on muutettava vuoden 2012 hintatasoon. Esimerkiksi Helsingin parhailaan rakentuville alueille (mm. Jätkäsaari) voi olla perusteltua lisää pysäköintikustannus tulevaisuudessa. Mallissa ei ole kuvattu pysäköintipaikkatarjontaa millään tavalla, joten se ei reagoi tarjonnan muutoksiin.

*Taulukko 28. Pysäköintikustannukset matkaa kohden kotiperäisillä työmatkoilla ja muilla kuin kotiperäisillä työmatkoilla 2012 ja 2008 (vuoden 2012 tasossa).*

Nro	Alue	Vyöhyke	2012	2008	2012	2008	HUOM: poikkeus yleisestä vyöhykemaksusta
			Kotiperäiset työmatkat, €		Muut kuin kotiperäiset työmatkat, €		
101	Kluuvi	1	4,00	3,77	4,00	3,77	1) 2) 3)  4)  

1) Pääosin ilmainen pitkäaikainen pysäköinti

2) Pääosin ilmainen lyhytaikainen pysäköinti

3) Osittain ilmainen lyhytaikainen pysäköinti, osittain kertamaksu enintään 4 h

4) Ilmainen pysäköinti

5) Lyhytaikainen pysäköinti vastaa vyöhykkeen 1 tasoa, ja työmatkoilla oletetaan ilmaiseksi

### Liite 3. Yleistetty matkavastus ja ajan arvon määrittäminen

HELMET 1.0 -malleissa (vuoden 2008 hintataso) käytettiin yleisen matkavastuksen laskemiseen kerrointa 0,1203 (euroa/minuutti). Se vastasi henkilöauton matka-aikasäästöä 7,22 euroa/h työ-, asiointi, vapaa-ajan ja loma-ajan matkoilla (Tiehallinto: Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005).

HELMET 2.0 -malliin (vuoden 2012 hintataso) ajan arvo on määritetty tarkemmin kuin 1.0:ssa. HELMET 2.1:ssä taas käytetään samaa ajan arvoa kuin 2.0:ssa. Tätä 2.0:ssa ja 2.1:ssä käytettyä tapaa on kuvattu seuraavassa.

Ajan arvo määritettiin matkaryhmittäin. Lisäksi autonomistumallia varten määritettiin ajan arvo näiden yhdistelmänä. Lähtötietona käytettiin ohjetta Tervonen & Ristikartano 2010. Matka-aikasäästöjen määrittämistapa on siinä hieman muuttunut vuodesta 2005. Koska lähtötietona olevat ajan arvot ovat vuodelta 2010, ajan arvo muutettiin kuluttajahintaindeksillä vuoteen 2012. Lisäksi käytettiin HSL:n Helsingin seudun liikkumistutkimuksen 2012 aineistoa (HEHA2012).

Taulukko 29. Kevyen ajoneuvon matka-aikasäästöt 2010.

Kevyen ajoneuvon matka-aikasäästön arvot 2010	lyhenne	eur/h
työajan matkat	ta	21,7
työssäkäyntimatkat	tm	9,78
asiointi- ja vapaa-ajan matkat	va	6,22

Taulukko 30. Ajan arvon määrittäminen matkaryhmittäin.

matkaryhmä	määrittäysperuste			eur/h 2010	eur/min 2010	eur/min 2012
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	käytettiin työssäkäyntimatkan ajan arvoa			9,78	0,163	0,173
kotiperäiset koulumatkat	ajan arvoa ei määritetty			-	-	-
ostos- ja asiointimatkat	käytettiin asiointi- ja vapaa-ajan matkojen ajan arvoa			6,22	0,104	0,110
kotiperäiset muut matkat	käytettiin asiointi- ja vapaa-ajan matkojen ajan arvoa			6,22	0,104	0,110
	<b>osuudet suoritteesta HEHA2012- aineistossa</b>					
	työajan matkat	työssäkäyn- timatkat	asiointi- ja va- paa-ajan matkat			
työperäiset matkat	34,33 %	63,92 %	1,74 %	13,81	0,230	0,245
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	3,72 %	25,69 %	70,59 %	7,71	0,129	0,137

Matkaryhmittäiset ajan arvot määritettiin edellä olevan taulukon 30 mukaisesti. Matkaryhmissä 5 ja 6 (työperäiset matkat ja muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat) määritettiin eri matkan tarkoitusten osuudet suoritteesta HEHA2012-aineistossa. Ajan arvo laskettiin näillä osuuksilla painotettuna keskiarvona. Matkan tarkoitus määritettiin matkan lähtö- ja määräpaikan tyyppien perusteella taulukon 31 mukaisesti. Käytetyt koodit ovat taulukossa 32. Estimoinnissa käytettiin sekä HEHA2012:n että HEHA2007-2008:n yhteydessä vuoden 2012 lukuja. Näitä käytetään myös laadittaessa malleilla ennusteita, olipa niiden ajankohta kuinka kaukana tulevaisuudessa tahansa, ellei liikkujien ajan arvostuksen oleteta syystä tai toisesta muuttuvan.

*Taulukko 31. Matkan tarkoituksen määrittäminen lähtö- ja määräpaikan tyyppien perusteella ajan arvon laskemista varten.*

		lähtöpaikka																						
	mp / lp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
määräpaikka	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	3	-	tm	tm	tm	tm	tm	tm	ta	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	va	tm	tm	tm
	4	-	tm	tm	tm	tm	tm	tm	ta	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	va	tm	tm	tm
	5	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	6	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	7	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	8	-	tm	ta	ta	tm	tm	tm	ta	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	va	tm	tm	tm
	9	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	10	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	11	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	12	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	13	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	14	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	15	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	16	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	17	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	18	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	19	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	20	-	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	21	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	22	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	23	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va

ta = työasia (työajan matka)

tm = työmatka (työssäkäyntimatka)

va = vapaa-ajan matkat (asiointi- ja vapaa-ajan matkat)

mustalla olevat yhdistelmät esiintyivät datassa, harmaalla olevat eivät

värien selitykset ”dominoivuusjärjestyksessä” (ks. myös seuraava taulukko):

- punaisella pohjalla olevat matkat, joiden lähtö- tai määränpaikka on mökki, on aina tulkittu vapaa-ajan matkoiksi (va)
- vihreällä pohjalla olevat matkat, joiden lähtö- tai määränpaikka on työasiointipaikka, on tulkittu työasiointimatkoiksi (ta), jos toinen pää on työpaikka tai toinen työasiointipaikka, ja muutoin työmatkoiksi (tm)
- sinisellä pohjalla olevat matkat, joiden lähtö- tai määränpaikka on oma työpaikka, on aina tulkittu työmatkoiksi (tm)
- valkoisella pohjalla olevat matkat, eli kaikki loput, on tulkittu vapaa-ajan matkoiksi (va)

*Taulukko 32. Lähtö- ja määräpaikkojen tyyppikoodit HEHA2012-aineistossa.*

**lähtö- ja määräpaikan tyyppi 2012**

1	oma koti
2	muu asuinpaikka
3	oma työpaikka
4	toinen oma työpaikka
5	oma koulu
6	oma opiskelupaikka
7	kansanopisto, avoin yliopisto/AMK
8	työasiointi
9	nouto/jätto
10	päivähoito/esikoulu
11	päivittäisostos
12	kauppakeskus
13	muu ostospaikka
14	asiointipaikka
15	ravintola
16	liikuntapaikka
17	kulttuuripaikka
18	vierailupaikka
19	muu vapaa-aika
20	mökki
21	hotelli tms.
22	muu kohde
23	ei osaa sanoa

Autonomistumallia varten laskettiin vielä yksi kaikille matkaryhmille yhteinen ajan arvo. Sitä varten määritettiin kunkin matkaryhmän (koulumatkoja lukuun ottamatta) osuus suoritteesta HEHA2012-aineistossa (ao. taulukko 33). Ajan arvo laskettiin matkaryhmien ajan arvon keskiarvona suoriteosuudella painotettuna alla olevan taulukon mukaisesti. Tulokseksi saatiin 0,152 euroa/minuutti vuodelle 2012.

*Taulukko 33. Matkaryhmien ajan arvo ja osuus suoritteesta.*

	ajan arvo	
	eur/min 2012	osuus suoritteesta %
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	0,173	45,46 %
kotiperäiset koulumatkat	-	-
ostos- ja asiointimatkat	0,110	16,14 %
kotiperäiset muut matkat	0,110	23,36 %
työperäiset matkat	0,245	8,87 %
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	0,137	6,17 %
<b>painotettu keskiarvo</b>	<b>0,152</b>	<b>100,00 %</b>

#### ***Liite 4. Helsingin seudun sisäisten matkojen määrän regressioanalyysi***

(Tämä liite on tehty HELMET 1.0-mallien laadinnan yhteydessä, eikä sitä ole päivitetty HELMET 2.0- ja 2.1-mallien yhteydessä.)

Matkatuotosten regressiomallikokeilut osoittivat, että aiemmista pääkaupunkiseudun malleista poiketen matkatuotoslukuja ei ole tarpeen laatia erikseen eri alueille, vaan väestörakenteelliset erot selittävät pääosan matkatuotosten alueellisista vaihteluista.

Useimmissa matkaryhmissä yhdeksi tärkeimmistä käyttäytymistä selittäväksi demograafiseksi muuttujaksi estimointikokeiluissa nousi ikä. Iän merkitys vaihtelee kuitenkin matkaryhmittäin, joten kaikille matkaryhmille yhtenäinen ikäryhmittely ei olisi sopivin.

Työmatkatuotosta parhaiten selittävä muuttuja olisi luonnollisesti itse työssäkäynti. Jos tätä itsessään selvää mutta vaikeasti ennustettavaa muuttujaa ei oteta huomioon, nousevat muiksi tärkeiksi muuttujiksi ikä, sukupuoli, alle 7-vuotiaat lapset perheessä sekä henkilöauton käyttö.

Kotiperäisten koulumatkojen selittäjäksi riitti pelkkä henkilön ikä.

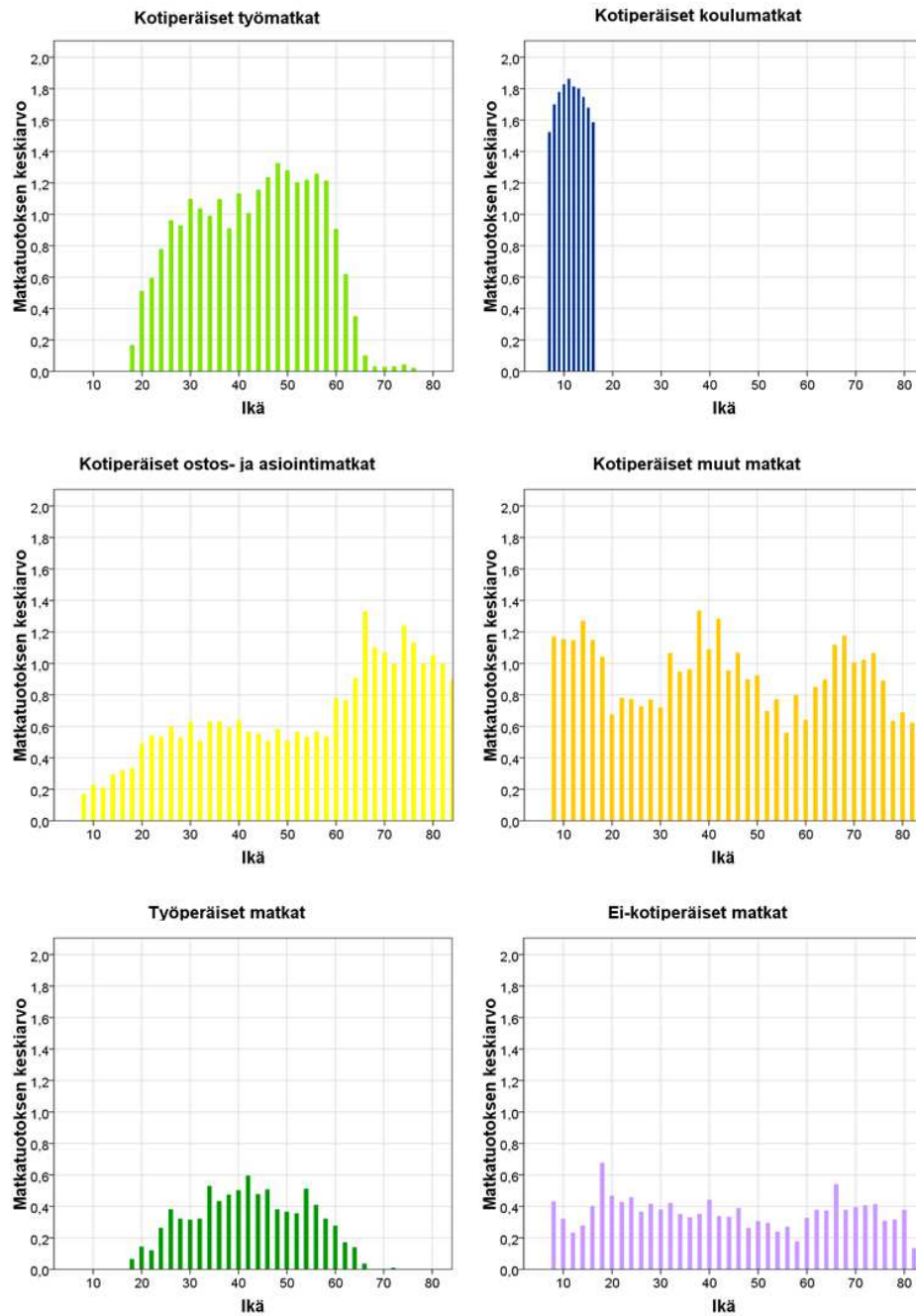
Kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla merkitseviä selittäjiä olivat sukupuoli, hyvä palvelujen saatavuus kevytliikenteellä ja työssäkäynti. Mikäli työskentelyä kuvaavia muuttujia ei käytetä, päädyttään selitysteeltään hieman heikompaan malliin, joka perustuu ikä- ja sukupuoliluokitteluihin.

Kotiperäisiä muita matkoja selittivät niin ikään parhaiten työssäkäynti ja henkilöauton käyttö. Mikäli työssäkäyntiä ei haluta käyttää muuttujana, tulisi tämä korvata sukupuoli- ja ikäluokkamuuttujilla.

Työperäisten matkojen määrää selittivät parhaiten ikä, sukupuoli ja henkilöauton käyttö.

Jäljelle jäävä matkaryhmä eli muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat oli poikkeuksellinen. Tässä matkaryhmässä tärkeimpiä selittäviä muuttujia olivat sukupuoli ja ikä sekä joukko paikkaa kuvaavia muuttujia. Merkityksellisimmäksi nousi Helsingin niemi.





Kuva 13. Matkantuotoksen keskiarvo eri-ikäisille henkilöille vuoden 2007 liikkumistutkimusaineistossa arkivuorokautena (ma-to).

### Muuttuvien tarpeiden huomioiminen matkantuotosmallissa

Liikennemalleilla pyritään arvioimaan liikenteen tulevaa kehitystä vuosikymmeniksi eteenpäin ja malleja käytetään yleensä pitkiäkin aikoja ennen mallijärjestelmän perusteellista uusimista. Olisi siis kyettävä ennakoimaan yhteiskunnan kehitystä ja poliittisen kiinnostuksen kohteita.

Henkilöliikennettä koskien on nostettu esille mm. asumis- ja liikkumiskustannusten nousu, herännyt ympäristötietoisuus sekä yksilöllisen joukkoliikenteen kehittäminen. Muita asioita ovat virtuaalikousten, verkkokaupan, muun sähköisen asiointin ja vähittäiskaupan kuljetuspalvelujen yleistymisen sekä väestön ikääntyminen. Tämäntapaiset suuntauksat tulevat jatkossa voimistumaan ja näkyvät – jos eivät matkojen vähenemisenä – niin ainakin niiden luonteen muuttumisena.

Muutokset olisikin hyvä ottaa huomioon matkatuotosmalleissa. Eräs tapa huomioda näitä on luoda erilaisia skenaarioita matkatuotoksista. Näissä skenaarioissa matkatuotosluvut olisivat nykyisestä poikkeavia. Se, miten tällaiset skenaariot luodaan, on tietenkin oma tutkimuskysymyksensä.

Seuraavaksi herää kysymys, miten asenteiden muutokset ym. voitaisiin ottaa huomioon mallijärjestelmän muissa osissa (mm. kulkutavanvalinnassa), kun estimointi joka tapauksessa perustuu nykyiseen käyttäytymiseen.

**Liite 5. Matkatuotokset Helsingin seudulla aamuruuhkan, iltaruuhkan sekä päivä-, ilta- ja yöliikenteen aikaan, 7 vuotta täyttäneet <sup>36</sup>.**

	kotiperäiset työ- ja opis- kelumatkat		kotiperäiset koulumatkat		kotiperäiset ostos- ja asiointimat- kat		kotiperäiset muut matkat		työperäiset matkat		muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	
vuosi	2008	2012	2008	2012	2008	2012	2008	2012	2008	2012	2008	2012
aamuruuhka	7–17	0,008 0,020	0,763 0,733		0,001 0,013		0,012 0,007		0,001		0,016 0,005	
	18–29 HAP	0,466 0,412			0,042 0,030		0,047 0,027		0,032 0,026		0,013 0,014	
	18–29 EHAP	0,428 0,372			0,027 0,052		0,040 0,016		0,018 0,006		0,018 0,014	
	30–49 HAP	0,485 0,462			0,109 0,135		0,094 0,120		0,079 0,057		0,024 0,038	
	30–49 EHAP	0,445 0,494			0,071 0,098		0,059 0,072		0,045 0,058		0,008 0,011	
	50–64 HAP	0,424 0,448			0,061 0,064		0,074 0,120		0,040 0,034		0,009 0,011	
	50–64 EHAP	0,400 0,391			0,029 0,061		0,053 0,064		0,011 0,006		0,002 0,010	
	65 v. HAP	0,016 0,013			0,091 0,066		0,092 0,070		0,002 0,004		0,010 0,004	
	65 v. EHAP	0,008 0,002			0,040 0,042		0,058 0,076		0,000		0,002 0,008	
iltaruuhka	7–17	0,015 0,041	0,228 0,220		0,111 0,103		0,431 0,413		0,001		0,085 0,082	
	18–29 HAP	0,369 0,346			0,212 0,172		0,163 0,171		0,116 0,102		0,075 0,069	
	18–29 EHAP	0,324 0,291			0,164 0,162		0,132 0,175		0,085 0,054		0,121 0,177	
	30–49 HAP	0,394 0,396			0,288 0,367		0,177 0,216		0,140 0,118		0,110 0,098	
	30–49 EHAP	0,328 0,376			0,237 0,192		0,150 0,181		0,136 0,135		0,088 0,093	
	50–64 HAP	0,309 0,337			0,230 0,251		0,159 0,182		0,115 0,127		0,073 0,047	
	50–64 EHAP	0,257 0,245			0,229 0,198		0,141 0,144		0,105 0,069		0,049 0,057	
	65 v. HAP	0,020 0,019			0,238 0,227		0,196 0,222		0,007 0,005		0,068 0,091	
	65 v. EHAP	0,004 0,009			0,172 0,210		0,168 0,179		0,005 0,002		0,046 0,034	
päivä-, ilta- ja yöaika	7–17	0,082 0,100	0,653 0,648		0,160 0,114		0,597 0,585		0,003		0,164 0,147	
	18–29 HAP	0,428 0,501			0,409 0,410		0,519 0,606		0,115 0,114		0,222 0,178	
	18–29 EHAP	0,491 0,417			0,354 0,410		0,486 0,576		0,127 0,069		0,241 0,292	
	30–49 HAP	0,284 0,247			0,495 0,620		0,452 0,584		0,226 0,216		0,183 0,129	
	30–49 EHAP	0,325 0,375			0,400 0,407		0,426 0,455		0,184 0,225		0,173 0,151	
	50–64 HAP	0,259 0,210			0,480 0,498		0,436 0,449		0,193 0,245		0,148 0,150	
	50–64 EHAP	0,244 0,282			0,483 0,485		0,367 0,399		0,088 0,109		0,127 0,100	
	65 v. HAP	0,025 0,031			0,905 0,975		0,695 0,705		0,013 0,017		0,244 0,265	
	65 v. EHAP	0,009 0,002			0,891 0,915		0,498 0,478		0,003		0,188 0,231	

<sup>36</sup> Tässä liitteessä esitettyjen matkatuotosten käyttö edellyttää, että seitsemän vuotta täyttäneiden väestömäärä pääkaupunkiseudulla ja kehyskunnissa nykytilanteessa vastaa 1,25 miljoonaa. YKR -aineistossa väestömäärät voivat poiketa tästä.

**Liite 6. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien Helsingin seudulla.**

Liite on päivitetty HELMET-mallin versioiden 2.0 ja 2.1 mukaiseksi.

*Taulukko 34. Pääkaupunkiseudun asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden.*

pääkaupunkiseudun asukkaat		matkaa/asukas			koko vrk
		aamuruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö	
HAP	kantakaupunki	0,0143	0,0576	0,1371	0,2090
	muu Helsinki	0,0096	0,0283	0,0492	0,0870
	Espoo ja Kauniainen	0,0101	0,0415	0,0756	0,1272
	Vantaa	0,0062	0,0298	0,0599	0,0959
	kehyskunnat		0,0070	0,0193	0,0263
EHAP	kantakaupunki	0,0122	0,1385	0,2052	0,3558
	muu Helsinki	0,0015	0,0180	0,0665	0,0860
	Espoo ja Kauniainen	0,0011	0,0254	0,0496	0,0761
	Vantaa	0,0013	0,0262	0,0439	0,0715
	kehyskunnat	0,0021	0,0028	0,0009	0,0057

pääkaupunkiseudun asukkaat		matkaa/työpaikka			koko vrk
		aamuruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö	
HAP	kantakaupunki	0,0107	0,0430	0,1023	0,1560
	muu Helsinki	0,0272	0,0806	0,1402	0,2481
	Espoo ja Kauniainen	0,0214	0,0884	0,1612	0,2711
	Vantaa	0,0119	0,0574	0,1153	0,1846
	kehyskunnat		0,0216	0,0591	0,0808
EHAP	kantakaupunki	0,0091	0,1033	0,1531	0,2655
	muu Helsinki	0,0044	0,0512	0,1896	0,2452
	Espoo ja Kauniainen	0,0023	0,0541	0,1058	0,1621
	Vantaa	0,0025	0,0505	0,0845	0,1375
	kehyskunnat	0,0063	0,0084	0,0027	0,0174

*Taulukko 35. Kehyskuntien asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden.*

kehyskuntien asukkaat		matkaa/asukas			
		aamuruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö	koko vrk
HAP	kantakaupunki		0,0055	0,0122	0,0177
	muu Helsinki		0,0008	0,0053	0,0061
	Espoo ja Kauniainen	0,0004	0,0021	0,0031	0,0056
	Vantaa	0,0007	0,0039	0,0061	0,0107
	kehyskunnat	0,0099	0,0224	0,0590	0,0913
EHAP	kantakaupunki	0,0006	0,0057	0,0041	0,0103
	muu Helsinki	0,0000	0,0006	0,0008	0,0014
	Espoo ja Kauniainen	0,0011	0,0004	0,0008	0,0023
	Vantaa	0,0000	0,0008	0,0002	0,0009
	kehyskunnat	0,0019	0,0148	0,0335	0,0503

kehyskuntien asukkaat		matkaa/työpaikka			
		aamuruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö	koko vrk
HAP	kantakaupunki		0,0041	0,0091	0,0132
	muu Helsinki		0,0022	0,0151	0,0173
	Espoo ja Kauniainen	0,0008	0,0044	0,0067	0,0119
	Vantaa	0,0014	0,0076	0,0117	0,0207
	kehyskunnat	0,0303	0,0687	0,1811	0,2802
EHAP	kantakaupunki	0,0004	0,0042	0,0030	0,0077
	muu Helsinki		0,0017	0,0022	0,0039
	Espoo ja Kauniainen	0,0023	0,0009	0,0017	0,0049
	Vantaa	0,0000	0,0015	0,0003	0,0018
	kehyskunnat	0,0058	0,0456	0,1029	0,1543

**Liite 7. Generaatio–attraktio-suunnattujen matkojen kääntötarve eri ajankohtina Helsingin seudulla.**

Taulukoita on päivitetty HELMET 2.0 ja 2.1 -mallien mukaisiksi. Käytännössä ne eivät ole muuttuneet, sillä myös HELMET 2.0/2.1:ssä luvut on laskettu HEHA2007–2008-aineiston perusteella, sillä HEHA2012-aineistossa ei ollut riittävästi havaintoja. Laskentaperustetta on kuitenkin hieman tarkennettu, ja luvut voivat siten olla hieman erilaisia kuin HELMET 1.0:ssa.

*Taulukko 36. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla.*

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	muu Helsinki	1 %	1 %	0 %	1 %	5 %
	Espoo ja Kauniainen	0 %	0 %	1 %	3 %	5 %
	Vantaa	0 %	1 %	0 %	1 %	5 %
	kehyskunnat	2 %	1 %	1 %	3 %	1 %
iltaruuhka	kantakaupunki	90 %	89 %	98 %	97 %	100 %
	muu Helsinki	98 %	97 %	95 %	95 %	100 %
	Espoo ja Kauniainen	95 %	99 %	95 %	95 %	100 %
	Vantaa	95 %	96 %	96 %	93 %	95 %
	kehyskunnat	98 %	100 %	99 %	98 %	94 %
päivä-, ilta- ja yöaika	kantakaupunki	52 %	60 %	33 %	46 %	61 %
	muu Helsinki	57 %	57 %	55 %	54 %	54 %
	Espoo ja Kauniainen	61 %	59 %	56 %	57 %	55 %
	Vantaa	55 %	61 %	64 %	56 %	61 %
	kehyskunnat	54 %	56 %	60 %	52 %	57 %

Taulukko 37. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä koulumatkoilla.

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	0 %	0 %			
	muu Helsinki	0 %	0 %		0 %	0 %
	Espoo ja Kauniainen	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Vantaa	0 %	0 %		0 %	
	kehyskunnat	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
iltaruuhka	kantakaupunki	100 %	100 %			
	muu Helsinki	100 %	98 %		100 %	
	Espoo ja Kauniainen	85 %	100 %	94 %		100 %
	Vantaa	68 %	100 %		96 %	100 %
	kehyskunnat	100 %	100 %	100 %	100 %	94 %
päivä-, iltä- ja yöaika	kantakaupunki	72 %	100 %			
	muu Helsinki	90 %	87 %		100 %	100 %
	Espoo ja Kauniainen	100 %	100 %	77 %	67 %	
	Vantaa	100 %	55 %		77 %	0 %
	kehyskunnat	85 %	75 %	0 %	76 %	83 %

Taulukko 38. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla.

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	26 %	30 %		50 %	
	muu Helsinki	16 %	24 %	21 %	33 %	
	Espoo ja Kauniainen	0 %	0 %	18 %	30 %	
	Vantaa	18 %	9 %	0 %	18 %	
	kehyskunnat	10 %	0 %	21 %	23 %	28 %
iltaruuhka	kantakaupunki	64 %	62 %	57 %	57 %	
	muu Helsinki	74 %	60 %	59 %	63 %	
	Espoo ja Kauniainen	73 %	67 %	53 %	59 %	60 %
	Vantaa	76 %	58 %	100 %	54 %	45 %
	kehyskunnat	88 %	86 %	58 %	54 %	54 %
päivä-, iltä- ja yöaika	kantakaupunki	54 %	54 %	55 %	73 %	
	muu Helsinki	54 %	54 %	52 %	53 %	38 %
	Espoo ja Kauniainen	55 %	48 %	57 %	42 %	48 %
	Vantaa	53 %	58 %	37 %	55 %	50 %
	kehyskunnat	53 %	46 %	58 %	61 %	55 %

Taulukko 39. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina kotiperäisillä muilla matkoilla.

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	8 %	28 %	0 %	0 %	14 %
	muu Helsinki	4 %	10 %	100 %	0 %	47 %
	Espoo ja Kauniainen	0 %	0 %	16 %	0 %	0 %
	Vantaa	0 %	30 %	0 %	4 %	14 %
	kehyskunnat	0 %	10 %	0 %	11 %	15 %
iltaruuhka	kantakaupunki	47 %	44 %	52 %	52 %	69 %
	muu Helsinki	43 %	41 %	54 %	47 %	50 %
	Espoo ja Kauniainen	47 %	69 %	41 %	70 %	33 %
	Vantaa	49 %	49 %	30 %	39 %	28 %
	kehyskunnat	61 %	43 %	50 %	60 %	36 %
päivä-, ilt- ja yöaika	kantakaupunki	62 %	59 %	68 %	86 %	49 %
	muu Helsinki	64 %	62 %	54 %	61 %	55 %
	Espoo ja Kauniainen	65 %	52 %	60 %	52 %	64 %
	Vantaa	62 %	64 %	72 %	63 %	65 %
	kehyskunnat	70 %	73 %	66 %	62 %	62 %

Taulukko 40. Työpaikalta pois päin käännettävien matkojen osuus eri ajankohtina työperäisillä matkoilla.

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka työpaikka				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	78 %	93 %	95 %	97 %	95 %
	muu Helsinki	66 %	75 %	91 %	77 %	100 %
	Espoo ja Kauniainen	58 %	88 %	86 %	100 %	100 %
	Vantaa	49 %	100 %	78 %	84 %	96 %
	kehyskunnat	85 %	100 %	63 %	100 %	94 %
iltaruuhka	kantakaupunki	12 %	11 %	6 %	0 %	6 %
	muu Helsinki	13 %	10 %	6 %	5 %	15 %
	Espoo ja Kauniainen	9 %	13 %	14 %	0 %	8 %
	Vantaa	6 %	5 %	20 %	8 %	0 %
	kehyskunnat	18 %	23 %	0 %	0 %	12 %
päivä-, ilt- ja yöaika	kantakaupunki	46 %	37 %	32 %	33 %	33 %
	muu Helsinki	40 %	38 %	41 %	44 %	25 %
	Espoo ja Kauniainen	47 %	42 %	37 %	58 %	50 %
	Vantaa	49 %	34 %	52 %	36 %	5 %
	kehyskunnat	26 %	28 %	33 %	33 %	41 %



## Liite 8. Estimoinneissa käytetyt väestö- ja työpaikkamäärät.

### Liite 8.1 Helsingin seudun mallit

Muuttujat on päivitetty mallin päivityksen yhteydessä (samat versioissa 2.0 ja 2.1).

muuttuja	selitys, lähde
Ennuste-alueen numero	Ennustealuejako 2013, jossa Sipoossa on uusi alue 1113 ja muutenkin rajat hieman erilaiset kuin HEHA2007-2008-aineiston yhteydessä käytetyt.
Väestö (yhteensä)	PKS: SeutuCD: Rakennustasoinen väestö 8/2012 Muu alue: RHR 8/2012 Rakennuksiin sijoittumaton väestö (erityisesti laitospväestö) jätetty tarkastelun ulkopuolelle.
Työpaikat yhteensä	PKS: SeutuCD: YrTP ja JulkTP 2010 Muu: YKR 12/2010. Korjattu työssäkäyntitilaston (Tilastokeskus 31.12.2010) kohdistumattomilla (tuntemattomat jaettu alueille tunnettujen suhteessa).
Palvelutyöpaikat	Työssäkäyntitilasto, Tilastokeskus 31.12.2010. Luvut summattu yhteen seuraavista TOL 2008 luokista: I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S (vastavat TOL 2002 -luokat: H, I, J, K, L, M, N, O <sup>37</sup> ). Kunnan kohdistumattomat tiedot jaettu sijoittelualueille tunnettujen määrien suhteessa.
Myymälöiden kerrosala	PKS: SeutuCD: rakennukset 9/2012. Summattu yhteen käyttötarkoitussarakkeen (KATAKER) luokista: 111 myymälähallit, 112 liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset, 119 myymälärakennukset. Siten luvuissa ei ole esimerkiksi asuinkerrostalojen kivijalkamyymälöitä. Muu Uusimaa: YKR 12/2011. Jos ruudussa on vain yksi rakennus, kerrosalatietoja ei ole saatavissa.
Oppilaspaikat	Oppilaspaikat lukio + ammattikoulu + AMK + yliopisto. Tilastokeskuksen Oppilaitosrekisteri 2009.
Autoja / asuntokunta	Autoa asuntokuntaa kohti (yksityis- ja yrityskäytössä olevat autot ilman väliaikaisesti poistettuja). Tilastokeskus: Ajoneuvokanta 31.12.2011. Väestötietojärjestelmä 8/2012 (HSY). YKR 12/2010. Rekisterissä olevat henkilöautot ajoneuvon 1. haltijan/1. omistajan laadun mukaan. Luvut korjattu kuntien kohdistumattomilla tiedoilla. Jos alueella on alle 10 asuntokuntaa, tietoja ei ole annettu.

<sup>37</sup> TOL 2002 luokituksessa: Majoitus- ja ravitsemistoiminta (TOL H); Kuljetus, varastointi ja tietoliikenne (TOL I); Rahoitustoiminta (TOL J); Kiinteistö-, vuokraus- ja tutkimuspalvelut; liike-elämän palvelut (TOL K); Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus (TOL L); Koulutus (TOL M); Terveystieteiden ja sosiaalipalvelut (TOL N); Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut (TOL O)

Muuttujien arvot:

Ennustealueen numero	väestö	työpaikat yhteensä	palvelun työpaikat	myymälä- kerrosala	oppilas- paikat	autoja / asuntokunta
101	475	26986	19001	167846	35258	0,56
102	11151	29151	24413	147268	15209	0,49
103	8790	6480	6335	0	778	0,47
104	991	9839	8849	4944	284	0,91
105	7049	7082	7278	1631	523	0,63
106	4441	5829	4161	5964	0	0,74
107	12069	5068	4491	80	2075	0,80
108	1181	1223	498	0	0	0,74
109	2389	1207	365	21015	76	0,53
110	3085	15949	10577	45591	61	0,45
111	13927	7805	5334	0	9047	0,63
112	14848	10604	10402	0	2128	0,53
113	8770	17856	15947	0	2312	0,47
114	7082	7386	5450	0	636	0,49
115	4909	12640	11449	666	64	0,44
116	0	3131	722	0	0	0,00
117	3890	8444	7815	0	12176	0,32
118	5306	5476	5291	37979	0	0,44
119	16698	8962	6438	276	2236	0,27
120	5	8194	3709	4200	0	0,00
121	4316	5945	5344	5156	690	0,26
122	11880	2948	2550	3969	3646	0,27
123	8096	17934	14800	414	8353	0,29
124	5230	3682	1923	1037	0	0,43
125	11814	7003	4671	18658	5324	0,48
126	11086	4330	3606	3164	879	0,47
127	14204	6945	4165	7807	0	0,73
128	6837	1165	737	13	349	0,77
129	10167	4294	2667	5502	447	0,79
130	7219	2990	2431	8456	152	0,62
131	13162	3023	2522	2584	1495	0,51
132	13567	7517	5091	3929	591	0,49
133	11167	22485	12273	34017	3861	0,58
134	5688	4480	1418	26276	0	0,71
135	8597	1659	1216	1554	1988	0,55
136	12883	3204	2465	53940	0	0,49
137	5337	1080	458	3127	121	1,24
138	8778	4220	2191	6283	375	0,53
139	13694	7327	3353	22551	383	0,69
140	6557	1370	902	8406	0	1,33
141	8558	723	518	4201	0	1,42
142	3683	1151	563	2818	0	1,32
143	8232	1564	1021	4516	0	0,54

Ennustealueen numero	väestö	työpaikat yhteensä	palvelun työpaikat	myymälä- kerrosala	oppilas- paikat	autoja / asuntokunta
144	11877	4279	3769	18584	248	0,64
145	11906	1395	769	8047	258	0,51
146	11199	8925	6422	51622	3358	0,47
147	3384	1977	300	3447	0	0,93
148	6140	909	603	4577	0	0,75
149	7915	556	408	4268	0	1,11
150	11094	2517	891	9275	0	0,90
151	10889	1828	975	24765	818	0,80
152	7308	1489	408	4994	0	1,09
153	429	1480	167	2833	0	0,74
154	5557	559	395	3695	0	0,53
155	3783	1009	972	3100	644	0,88
156	468	859	941	0	0	0,92
157	7354	578	428	1446	64	0,62
158	9014	986	713	8464	250	1,12
159	9517	1142	1050	4503	1904	0,60
160	9426	8642	3110	79725	0	0,56
161	8172	1396	1342	6717	298	0,42
162	11366	1748	1650	4565	0	0,57
163	4158	9164	3151	203448	618	0,66
164	9036	1453	1204	1223	0	0,46
165	22104	3384	1828	24024	0	0,54
166	6113	532	415	798	294	0,60
167	5975	807	446	4529	0	1,05
168	8505	1004	728	8844	0	0,61
169	17637	2242	1709	30461	509	0,65
170	18438	1877	1655	3912	0	0,59
171	0	1706	158	1882	0	0,00
172	816	430	449	838	0	0,49
173	469	172	72	288	0	1,54
174	1669	227	186	299	0	2,19
201	2	9865	5839	280	0	1,07
202	3480	11655	7528	3244	14384	0,25
203	9198	7346	6314	62796	2715	0,66
204	6015	3138	2243	3939	428	1,06
205	3802	6921	2840	16174	0	0,88
206	7956	3850	1629	22963	0	1,55
207	8853	1404	1099	4220	376	1,20
208	19108	3560	2096	60452	519	0,74
209	1857	219	226	111	408	0,68
210	15006	7085	4082	65735	0	0,93
211	5919	1938	516	30086	0	1,13
212	8407	707	613	8349	0	0,91
213	15730	2591	2243	38284	572	0,77

Ennustealueen numero	väestö	työpaikat yhteensä	palvelun työpaikat	myymälä- kerrosala	oppilas- paikat	autoja / asuntokunta
214	7288	438	351	4260	0	1,27
215	7969	2280	1000	78866	0	1,34
216	6080	1026	292	9015	0	1,17
217	3583	1504	910	64	0	0,68
218	13381	3775	2829	9168	446	0,86
219	10261	9227	4915	113686	0	0,62
220	3586	1016	824	1799	0	0,89
221	7530	7495	4598	3310	0	0,87
222	2849	7864	413	4015	282	0,73
223	5523	477	398	4692	0	0,70
224	10204	729	546	8755	0	1,39
225	9175	1404	1100	8220	380	0,97
226	20456	3122	2653	47632	0	0,81
227	8046	5998	3829	28301	6725	0,86
228	3185	3174	2713	29671	0	1,15
229	4268	1061	676	1529	0	1,14
230	1102	390	198	807	50	1,46
231	943	160	109	527	708	1,26
232	2971	1297	281	0	0	1,38
233	3750	368	251	4191	321	0,82
234	577	83	59	0	0	1,40
235	6383	3482	581	15769	0	1,35
236	666	566	132	5459	0	1,40
237	1344	1010	803	1032	0	1,17
238	2594	359	228	1919	0	1,19
301	8455	2225	1775	10141	2092	1,20
401	9414	2561	1328	9921	0	1,00
402	6391	3587	951	31910	0	1,03
403	19480	10857	5185	78684	983	0,67
404	11753	5210	2891	26303	1117	0,74
405	2672	1353	227	2572	0	1,18
406	2035	2437	297	22242	0	1,29
407	285	43	45	0	0	1,39
408	863	1456	110	5026	0	0,86
409	1116	83	32	370	0	1,51
410	7	46	0	0	0	1,24
411	3095	353	235	1406	0	1,53
412	176	121	44	0	0	1,45
413	644	281	36	0	0	1,47
414	1978	555	588	989	0	1,24
415	87	4543	999	6387	0	0,82
416	4694	2742	744	1358	0	1,53
417	12192	7617	2289	318450	0	0,94
418	518	10466	2785	35979	33	0,64

Ennustealueen numero	väestö	työpaikat yhteensä	palvelun työpaikat	myymälä- kerrosala	oppilas- paikat	autoja / asuntokunta
419	7	11015	2108	205	0	0,00
420	2045	4305	1043	28820	116	1,19
421	10807	8814	7225	49047	7621	0,69
422	4260	295	183	600	0	1,31
423	11974	1359	1167	5495	0	0,78
424	4978	2403	2435	394	5644	0,61
425	2782	2671	258	83644	0	1,14
426	1395	3449	217	7590	0	1,00
427	4086	272	167	845	0	1,42
428	7918	973	922	10822	0	0,54
429	2876	401	228	1837	566	1,24
430	6828	2421	2295	18314	0	0,74
431	4243	603	182	490	0	1,35
432	10537	1661	1223	19429	0	0,93
433	14187	1833	1020	8883	71	0,92
434	4760	426	209	1327	0	1,51
435	5335	2193	592	1438	0	1,27
436	14117	3828	1472	17265	551	0,78
437	9521	723	563	4836	0	0,86
Pääkaupunki- seutu yhteensä	<b>1 037 084</b>	<b>606 388</b>	<b>384 751</b>	<b>2 703 350</b>	<b>167 888</b>	<b>0,73</b>
501	5180	1047	527	5540	174	1,40
502	2481	432	214	658	194	1,42
503	2298	449	188	826	0	1,51
504	6234	1376	808	4024	146	1,18
505	14093	3988	2814	50589	670	0,97
506	2511	1849	310	365	0	1,46
507	2396	712	155	1808	0	1,44
508	1567	1118	959	319	0	1,25
601	1607	257	72	835	0	1,60
602	970	196	63	184	0	1,86
603	1113	199	69	0	0	1,21
604	1711	381	250	0	0	1,76
605	3728	1089	760	9730	0	1,20
606	1742	320	155	3390	0	1,51
607	978	234	152	70	0	1,28
608	12786	4744	2253	70766	1191	1,09
609	120	25	8	0	0	1,49
610	757	180	79	0	0	1,04
611	1542	366	160	0	0	1,47
612	1062	212	34	925	0	1,51
701	2242	366	130	2040	0	1,45
702	3706	566	195	318	0	1,66
703	1935	340	133	1000	359	1,51

Ennustealueen numero	väestö	työpaikat yhteensä	palvelun työpaikat	myymälä- kerrosala	oppilas- paikat	autoja / asuntokunta
704	13753	3377	1561	43675	503	1,32
705	935	217	105	0	0	1,46
706	1005	389	12	0	0	1,51
707	5364	1870	741	10124	1542	1,22
708	271	22	8	0	0	1,75
709	7177	3008	2222	18465	202	1,16
710	1769	240	81	324	0	1,46
712	1670	1077	181	1931	0	1,44
801	2360	354	98	801	0	1,37
802	6006	863	454	9165	173	1,09
803	1499	2347	196	2104	0	1,11
804	1376	194	64	455	0	1,34
805	20261	8035	3795	99122	1149	1,23
806	1289	127	29	0	0	1,33
807	646	165	73	0	0	1,27
808	3868	1585	1177	3771	109	1,21
901	8116	1220	722	26493	2084	0,99
902	11858	2834	1304	3213	0	0,94
903	4422	2800	2001	58719	509	0,58
904	5423	3967	1095	34513	0	0,87
905	3875	1057	187	2383	0	1,13
1001	2060	296	197	814	0	1,30
1002	8856	3296	669	10463	2266	1,04
1003	12993	6055	4674	71978	1498	0,74
1004	1174	543	551	169	2062	1,30
1005	13431	2009	540	36935	0	1,30
1101	1686	194	63	0	0	1,09
1103	2164	589	221	115	0	1,54
1105	745	97	26	180	0	1,56
1106	278	37	20	83	0	1,40
1107	4209	1796	1424	13957	326	1,04
1108	1742	293	141	1313	0	1,55
1109	1081	111	35	0	0	1,30
1110	1288	367	152	2116	0	1,55
1111	2998	1277	439	6082	0	1,38
1112	1822	254	81	0	0	1,42
1113	915	32	24	0	0	1,56
1201	2691	344	175	596	0	1,58
1202	673	109	31	0	0	1,56
1203	1582	341	43	554	0	1,35
1204	1635	352	85	774	0	1,48
1205	11076	4023	2281	54441	312	1,12
1206	1029	184	64	299	0	1,40
1207	1352	344	161	480	679	1,46

Ennustealueen numero	väestö	työpaikat yhteensä	palvelun työpaikat	myymälä- kerrosala	oppilas- paikat	autoja / asuntokunta
1301	825	298	79	266	0	1,39
1302	942	368	62	214	0	1,35
1303	40597	17286	8949	183143	5432	0,92
1304	667	146	38	0	0	1,34
1305	1389	406	144	556	0	1,25
1401	1592	273	98	641	0	0,90
1402	2519	537	304	5697	0	1,10
1403	957	174	55	454	0	3,34
<b>Kehyskunnat yhteensä</b>	<b>302 670</b>	<b>98 625</b>	<b>48 420</b>	<b>860 965</b>	<b>21 580</b>	<b>1,13</b>

*Liite 8.2 Ympäryskuntien mallit*

Taulukkoa ei ole päivitetty, vaan se on sama kuin HELMET 1.0:ssa

Ennuste-alueen nro	väestö	autoja / asuntokunta
1501	9746	0,88
1601	300	1,32
1602	14142	1,02
1701	4856	1,02
1801	6779	0,95
1802	2093	1,33
1901	1452	1,14
2001	915	1,39
2002	2551	1,11
2003	1779	1,42
2101	2187	1,32
2102	10399	0,98
2103	4668	1,15
2104	11834	0,87
2105	5691	1,14
2106	1458	1,44
2201	1273	1,24
2301	5939	1,24
2401	2294	1,42
2402	2235	1,20
2403	842	1,30
2501	8719	1,01
2601	7884	1,22
2701	823	1,39
2702	25992	0,86
2801	8234	1,17
2901	2021	1,24
3002	4508	1,29
3101	1824	1,32
3102	1600	1,31
3103	11822	1,02
3104	4126	1,36
3105	22200	0,82
3106	4578	1,32
3107	279	1,21
3108	19	0,78
3201	2019	1,18
3301	3898	1,19
3401	1465	1,22
3501	2914	1,12
3601	2890	1,16
3701	7334	0,83



### Liite 9. Autonomistusmallin muuttujat ennustealueittain.

Muuttujat on päivitetty mallin päivityksen yhteydessä. Taulukossa ovat versiossa 2.1 käytetyt muuttujat.<sup>38</sup>

lyhenne	alkuperäinen muuttujanimi
wsp_enn	Ennustealueen numero Helsingin seudulla
kuntanimi	KUNTANIMI
OSUUS_0	AUTOTTOMIA ASUNTOKUNTIA (%) Lähde: YKR 12/2010 Jos ruudussa (250m*250m) asuu vain yksi asuntokunta, autonomistustietoja ei ole saatavissa. Prosenttiosuudet on laskettu niistä asuntokunnista, joiden autonomistus on tiedossa.
OSUUS_1	1 AUTON ASUNTOKUNTIA (%) Kuten edellinen.
OSUUS_2PLUS	USEAMMAN AUTON ASUNTOKUNTIA (%) Kuten edellinen.
APERAK	Autoa asuntokuntaa kohti (yksityis- ja yrityskäytössä olevat autot ilman väliaikaisesti poistettuja). Tilastokeskus: Ajoneuvokanta 31.12.2011. Väestötietojärjestelmä 8/2012 (HSY). YKR 12/2010. Rekisterissä olevat henkilöautot ajoneuvon 1. haltijan/1. omistajan laadun mukaan. Luvut korjattu kuntien kohdistumattomilla tiedoilla. Jos alueella on alle 10 asuntokuntaa, tietoja ei ole annettu.
med_tulo	mediaanitulo (ruututietoihin pohjautuva, ks. luku 6.2.5)
astih_as	ASUKASTIHEYS ASUTUISSA RUUDUISSA (väestö / asuttujen ruutujen pinta-ala (km <sup>2</sup> )) SeutuCD:n rakennustasoinen väestö 8/2012 (Pääkaupunkiseutu), RHR 8/2012 (Muu Helsingin seutu), RHR:n (8/2012) asuttujen ruutujen pinta-ala
askert_ala_os	KERROSTALOJEN OSUUS (%) Pääkaupunkiseutu: SeutuCD: rakennukset 9/2012. Kerrosala laskettu sarakkeesta KERALA, puuttuvat tiedot jätetty huomioimatta. Muu Uusimaa: RHR 8/2012
erpien_ala_os	ERILLISPIENTALOJEN OSUUS (%) Pääkaupunkiseutu: SeutuCD: rakennukset 9/2012. Kerrosala laskettu sarakkeesta KERALA, puuttuvat tiedot jätetty huomioimatta. Muu Uusimaa: RHR 8/2012
ylsuh	joukkoliikenteen ja henkilöauton yleistetyn matkavastuksen suhde AHT painotettuna HA+JL matkamäärillä
pysk_muu	pysäköintikustannus muilla kuin työperäisillä matkoilla (ks. liite 2)

<sup>38</sup> Versiossa 2.0 käytettiin samoja muuttujia kuin tässä kahta poikkeusta lukuun ottamatta: 1) mediaanitulo laskettiin 2.0:ssa ja 2.1:ssa eri tavalla ja 2) pysäköintikustannus lisättiin versioon 2.1.

wsp_enn	kuntanimi	OSUUS_0	OSUUS_1	OSUUS_2P I I I S	APERAK	med_tulo	astih_as	as- kert_ala_os	er- pien_ala_o	ak_koko	ylsuh	pysk_muu
101	Helsinki	59,3	32,9	7,8	0,5634	4155	1273	98,2	0,3	1,67	2,7728	4
102	Helsinki	63,7	30,3	6,1	0,4860	3385	10549	99,3	0,1	1,62	3,0598	4
103	Helsinki	64,0	30,2	5,8	0,4702	3128	20195	99,8	0,1	1,60	3,3693	2
104	Helsinki	47,7	36,6	15,7	0,9060	4774	2277	100,0	0,0	1,90	3,5740	4
105	Helsinki	54,7	37,3	8,0	0,6290	3887	14171	99,9	0,1	1,83	3,1924	2
106	Helsinki	49,7	40,8	9,4	0,7423	4152	7936	99,8	0,2	1,95	3,0812	2
107	Helsinki	52,2	37,2	10,6	0,8011	4051	10216	99,0	1,0	1,80	3,2752	1
108	Helsinki	57,6	33,7	8,7	0,7395	3139	6331	100,0	0,0	1,59	3,2708	0
109	Helsinki	58,3	36,1	5,6	0,5284	3730	7684	100,0	0,0	1,99	3,4974	0
110	Helsinki	64,8	30,1	5,2	0,4505	3192	7088	99,8	0,2	2,09	2,7975	1
111	Helsinki	56,5	35,8	7,7	0,6332	3742	15999	100,0	0,0	1,76	3,3796	2
112	Helsinki	60,1	33,3	6,6	0,5318	3285	13266	99,5	0,5	1,63	3,1053	1
113	Helsinki	63,9	30,7	5,4	0,4700	2940	4864	96,2	2,4	1,68	2,9176	1
114	Helsinki	59,0	35,3	5,7	0,4888	3126	6700	97,7	1,6	1,82	3,0847	0
115	Helsinki	59,4	34,6	6,0	0,4437	3059	5639	99,4	0,6	1,86	3,0382	2
116	Helsinki	0,0	0,0	0,0	0,3193	2820	0	0,0	0,0	0,00	3,7109	0
117	Helsinki	69,0	26,8	4,2	0,3193	2318	6951	100,0	0,0	1,81	2,9990	2
118	Helsinki	65,1	30,6	4,3	0,4413	2894	14222	99,9	0,1	1,58	3,3099	2
119	Helsinki	74,0	22,6	3,3	0,2673	2398	19182	99,7	0,3	1,39	3,2848	1
120	Helsinki	59,1	35,0	5,9	0,4800	3510	13	100,0	0,0	1,25	2,5755	1
121	Helsinki	73,2	23,3	3,5	0,2619	2421	17353	99,9	0,1	1,54	2,8524	1
122	Helsinki	74,3	21,6	4,1	0,2670	2207	17369	99,5	0,1	1,36	3,2063	1
123	Helsinki	71,7	24,0	4,3	0,2944	2424	6853	99,7	0,1	1,52	3,0278	0,5
124	Helsinki	65,3	30,5	4,2	0,4335	2794	7009	99,1	0,4	1,72	3,1602	0,5
125	Helsinki	58,8	35,3	6,0	0,4847	3014	4750	91,5	7,3	1,98	2,7328	0
126	Helsinki	58,4	34,0	7,6	0,4656	2894	4819	84,7	15,0	1,87	2,8771	0
127	Helsinki	50,5	40,8	8,7	0,7325	3770	7615	97,0	0,3	1,76	2,5899	0
128	Helsinki	47,0	41,9	11,2	0,7657	3897	4998	85,3	5,9	1,84	2,7126	0
129	Helsinki	47,6	39,7	12,8	0,7857	4386	4088	78,8	10,4	1,88	2,8768	0
130	Helsinki	53,9	38,6	7,5	0,6206	3127	5529	94,1	0,6	1,79	3,1233	0
131	Helsinki	60,0	33,9	6,1	0,5089	2826	5880	94,4	0,8	1,61	2,8655	0
132	Helsinki	58,0	35,8	6,2	0,4918	2627	6061	97,7	0,1	1,74	2,6200	0
133	Helsinki	51,7	40,0	8,3	0,5846	3236	3592	87,3	9,5	1,88	2,6403	0
134	Helsinki	43,0	44,4	12,5	0,7089	3422	3155	62,5	24,4	1,89	2,7375	0
135	Helsinki	53,8	37,6	8,6	0,5534	2834	4938	88,4	2,9	2,10	2,5345	0
136	Helsinki	56,9	35,2	7,9	0,4947	2584	7400	87,9	4,4	1,81	2,5676	0
137	Helsinki	22,1	53,3	24,6	1,2434	5435	1590	10,5	82,3	2,58	2,7960	0

wsp_enn	kuntanimi	OSUUS_0	OSUUS_1	OSUUS_2P IIS	APERAK	med_tulo	astih_as	as- kert_ala_os	er- pien_ala_o	ak_koko	ylsuh	pysk_muu
138	Helsinki	54,8	36,0	9,3	0,5318	2705	3715	73,6	17,0	1,86	2,6327	0
139	Helsinki	46,2	42,9	10,9	0,6882	3529	3864	65,2	16,8	1,94	2,5965	0
140	Helsinki	22,8	53,4	23,8	1,3299	5880	3013	5,0	55,3	2,49	2,6679	0
141	Helsinki	20,5	55,8	23,7	1,4160	6282	2458	4,4	63,3	2,71	2,8578	0
142	Helsinki	22,1	53,1	24,8	1,3233	5597	1742	6,2	54,9	2,65	2,8298	0
143	Helsinki	52,0	39,3	8,7	0,5429	2835	4565	85,1	6,1	1,84	2,6029	0
144	Helsinki	48,2	43,2	8,6	0,6401	3551	4064	83,5	4,2	2,17	2,4469	0
145	Helsinki	54,0	38,1	7,9	0,5106	2630	5632	92,6	1,0	1,85	2,5904	0
146	Helsinki	56,1	35,8	8,2	0,4703	2608	4868	87,8	9,8	1,85	2,4591	0
147	Helsinki	39,6	45,4	15,1	0,9338	3869	1601	53,6	33,4	2,36	2,7506	0
148	Helsinki	43,5	44,7	11,8	0,7469	3631	4114	61,1	31,2	2,09	2,6339	0
149	Helsinki	26,5	53,9	19,6	1,1110	4828	3350	15,1	57,2	2,35	2,8153	0
150	Helsinki	33,7	48,9	17,4	0,9033	3839	2832	40,0	37,6	2,33	2,8099	0
151	Helsinki	42,3	43,4	14,3	0,7991	3581	3434	42,6	42,2	2,21	2,3908	0
152	Helsinki	23,9	54,1	22,0	1,0945	4883	2671	11,6	54,9	2,58	2,6771	0
153	Helsinki	37,6	42,7	19,7	0,7374	3407	690	87,9	12,1	2,17	2,9182	0
154	Helsinki	52,7	36,5	10,9	0,5264	2190	3886	93,2	3,1	1,94	2,4740	0
155	Helsinki	44,9	39,2	15,9	0,8832	4461	2765	53,9	30,9	1,98	2,6217	0
156	Helsinki	24,2	61,6	14,2	0,9162	4596	1075	84,2	6,9	2,45	2,7041	0
157	Helsinki	49,6	38,6	11,8	0,6153	3189	3942	74,3	11,3	1,96	2,4253	0
158	Helsinki	33,0	49,3	17,7	1,1155	4908	2164	35,4	40,8	2,26	2,4462	0
159	Helsinki	53,0	37,5	9,5	0,6040	3142	4373	73,6	10,2	1,87	2,7144	0
160	Helsinki	54,1	38,8	7,0	0,5572	3499	5830	96,6	1,1	1,97	2,8544	0
161	Helsinki	62,1	31,4	6,6	0,4204	2598	4381	88,6	7,0	1,66	2,6200	0
162	Helsinki	53,9	36,5	9,6	0,5654	3109	4570	72,7	21,4	1,93	2,7863	0
163	Helsinki	56,9	36,3	6,8	0,6634	2533	2229	89,2	6,0	1,72	2,7314	0
164	Helsinki	52,2	38,0	9,8	0,4599	2704	4274	80,0	14,8	1,92	2,5323	0
165	Helsinki	53,4	37,0	9,6	0,5413	2515	6129	86,0	5,9	2,02	2,3765	0
166	Helsinki	47,4	39,5	13,1	0,6036	2997	3277	61,9	29,3	2,06	2,6513	0
167	Helsinki	33,0	47,5	19,5	1,0462	4385	2464	20,7	65,3	2,32	2,8651	0
168	Helsinki	49,4	40,0	10,6	0,6146	2853	4145	83,4	9,5	1,88	2,3571	0
169	Helsinki	49,8	40,4	9,8	0,6455	3070	4650	71,0	9,6	1,99	2,4102	0
170	Helsinki	50,1	40,9	9,0	0,5875	3121	6177	92,5	4,8	2,04	2,3060	0
171	Helsinki	0,0	0,0	0,0	0,4911	3862	0	0,0	100,0	0,00	3,7997	0
172	Helsinki	51,6	38,1	10,3	0,4911	4287	820	80,9	14,2	2,41	4,2306	0
173	Helsinki	15,2	38,2	46,7	1,5419	5878	142	0,8	96,9	2,62	3,0393	0
174	Helsinki	6,8	40,2	53,0	2,1884	8037	309	0,0	99,8	3,57	2,8792	0

wsp_enn	kuntanimi	OSUUS_0	OSUUS_1	OSUUS_2P IIS	APERAK	med_tulo	astih_as	as- kert_ala_os	er- pien_ala_o	ak_koko	ylsuh	pysk_muu
201	Espoo	22,9	51,4	25,7	0,0000	5677	11	0,0	0,0	2,00	2,9429	0
202	Espoo	69,4	25,2	5,5	0,2470	1715	2544	96,4	3,6	1,69	2,9348	0
203	Espoo	49,0	42,0	8,9	0,6591	3659	3216	77,7	7,8	1,75	3,0822	0
204	Espoo	30,8	49,5	19,7	1,0632	5554	3225	34,2	40,7	2,29	3,3092	0
205	Espoo	35,5	49,8	14,8	0,8759	4728	2446	57,2	16,8	2,01	3,1684	0
206	Espoo	17,2	54,3	28,5	1,5535	7081	2031	2,4	79,8	2,79	3,1269	0
207	Espoo	28,0	48,3	23,8	1,2027	6176	2413	33,9	31,2	2,27	3,1553	0
208	Espoo	44,5	43,0	12,5	0,7437	3842	4329	68,9	18,0	1,99	2,7857	0
209	Espoo	26,2	49,3	24,5	0,6771	5697	786	65,9	33,6	2,01	3,3219	0
210	Espoo	33,8	49,8	16,4	0,9269	4763	3399	51,9	25,2	2,12	2,8411	0
211	Espoo	25,5	52,2	22,3	1,1271	5114	1511	19,9	52,3	2,50	2,5478	0
212	Espoo	37,0	46,5	16,5	0,9118	4416	1197	55,2	30,8	2,19	2,3798	0
213	Espoo	41,0	46,6	12,5	0,7670	3704	5500	71,4	16,0	2,00	2,4118	0
214	Espoo	17,3	58,4	24,3	1,2744	5745	2131	2,7	70,5	2,73	2,4948	0
215	Espoo	20,8	48,1	31,1	1,3428	6173	1858	9,1	77,0	2,86	2,7390	0
216	Espoo	24,3	49,4	26,4	1,1689	5494	1417	32,8	64,2	2,45	2,7174	0
217	Espoo	44,7	43,8	11,5	0,6830	3608	2744	72,9	15,7	1,89	3,0237	0
218	Espoo	37,4	46,2	16,4	0,8565	4239	2474	56,7	36,0	2,22	2,8653	0
219	Espoo	48,4	43,1	8,5	0,6184	3418	4584	88,2	9,0	1,97	2,9414	0
220	Espoo	24,6	50,7	24,6	0,8877	5913	1407	19,2	55,6	2,62	3,0027	0
221	Espoo	33,7	49,5	16,8	0,8749	4444	2329	45,9	41,4	2,30	2,9510	0
222	Espoo	38,5	45,0	16,5	0,7305	4406	1833	51,7	41,7	2,36	2,7104	0
223	Espoo	39,0	46,6	14,4	0,7012	3452	3172	73,9	11,0	2,07	2,8590	0
224	Espoo	18,2	50,1	31,8	1,3946	6340	1886	10,2	79,5	2,67	2,7958	0
225	Espoo	32,2	48,6	19,2	0,9717	4283	2419	40,6	37,7	2,22	2,7023	0
226	Espoo	37,6	46,3	16,1	0,8112	3967	2964	51,8	29,1	2,26	2,4711	0
227	Espoo	35,1	47,3	17,6	0,8565	3822	1991	52,5	34,7	2,25	2,6419	0
228	Espoo	17,5	51,9	30,6	1,1473	5090	528	16,9	55,4	2,62	2,8862	0
229	Espoo	22,9	50,5	26,6	1,1433	5108	1056	13,7	64,7	2,42	2,5940	0
230	Espoo	12,3	42,3	45,4	1,4619	5651	142	0,0	99,4	2,80	2,5734	0
231	Espoo	13,3	41,0	45,7	1,2614	4975	167	0,0	98,1	2,68	2,6693	0
232	Espoo	18,6	51,8	29,5	1,3846	5489	583	13,2	80,7	2,93	2,6848	0
233	Espoo	37,5	46,4	16,1	0,8228	3631	2011	40,8	29,3	2,31	2,3402	0
234	Espoo	14,6	42,2	43,2	1,3972	4850	124	0,0	100,0	2,70	3,1698	0
235	Espoo	19,2	48,0	32,8	1,3462	5173	698	11,0	71,3	2,86	2,7196	0
236	Espoo	8,2	40,7	51,0	1,3974	5473	119	0,0	100,0	2,91	3,0821	0
237	Espoo	22,6	39,6	37,8	1,1698	4931	164	19,7	80,3	2,54	2,3968	0

wsp_enn	kuntanimi	OSUUS_0	OSUUS_1	OSUUS_2P IIS	APERAK	med_tulo	astih_as	as- kert_ala_os	er- pien_ala_o	ak_koko	ylsuh	pysk_muu
238	Espoo	20,5	47,4	32,0	1,1867	4619	605	7,9	76,2	2,58	2,3173	0
301	Kauniainen	25,4	49,4	25,3	1,2019	5752	1721	27,8	54,0	2,49	2,5819	0
401	Vantaa	31,0	51,4	17,5	0,9962	4024	2227	49,3	30,9	2,10	2,6799	0
402	Vantaa	28,9	50,4	20,7	1,0280	4191	2056	29,8	48,7	2,18	3,0082	0
403	Vantaa	43,4	46,3	10,2	0,6686	3011	4676	94,4	2,8	1,81	2,6795	0
404	Vantaa	39,1	48,4	12,5	0,7367	3324	3938	79,3	8,6	1,98	2,6973	0
405	Vantaa	17,5	58,7	23,8	1,1814	5043	1482	13,5	48,3	2,34	2,8696	0
406	Vantaa	17,5	48,2	34,4	1,2868	5060	779	3,2	81,8	2,65	2,7417	0
407	Vantaa	12,4	39,2	48,5	1,3905	5174	306	0,0	81,6	2,71	3,0702	0
408	Vantaa	27,3	53,7	19,0	0,8637	3058	631	73,5	19,5	1,90	2,7427	0
409	Vantaa	11,4	41,4	47,1	1,5132	5548	417	0,0	100,0	2,95	2,7293	0
410	Vantaa	6,7	66,7	26,7	0,0000	6094	28	0,0	0,0	1,75	2,4947	0
411	Vantaa	10,6	47,8	41,6	1,5263	5873	922	2,8	92,4	2,90	2,6468	0
412	Vantaa	6,9	39,7	53,4	1,4545	5729	101	0,0	100,0	2,67	3,0608	0
413	Vantaa	9,5	35,8	54,7	1,4696	5220	157	0,0	100,0	2,80	2,7317	0
414	Vantaa	12,8	43,2	44,0	1,2357	4770	187	4,2	92,9	2,51	2,6201	0
415	Vantaa	16,3	46,5	37,2	0,8222	4706	78	0,0	76,1	1,93	3,0729	0
416	Vantaa	14,5	52,5	33,0	1,5327	6323	1218	2,1	92,1	3,01	2,7851	0
417	Vantaa	30,4	55,8	13,8	0,9369	4068	3700	73,3	8,9	2,16	2,8970	0
418	Vantaa	29,8	48,8	21,4	0,6395	3560	833	91,0	3,5	1,76	3,3589	0
419	Vantaa	0,0	0,0	0,0	0,6395	4537	0	0,0	100,0	0,28	3,3112	4
420	Vantaa	18,6	53,4	28,0	1,1928	4374	685	15,5	76,4	2,54	3,2300	0
421	Vantaa	42,2	46,0	11,7	0,6882	3327	4239	69,5	10,3	1,83	2,8772	0
422	Vantaa	16,8	53,2	30,0	1,3125	5085	2076	10,9	77,8	2,51	2,9831	0
423	Vantaa	37,8	47,5	14,7	0,7806	3372	3851	60,9	25,5	1,98	2,9444	0
424	Vantaa	48,9	40,4	10,7	0,6095	2769	3336	81,2	11,4	1,87	2,7861	0
425	Vantaa	26,8	46,2	26,9	1,1358	4748	1243	12,3	70,6	2,50	3,2048	0
426	Vantaa	25,2	55,8	18,9	1,0016	4335	1402	30,8	16,5	2,27	3,0231	0
427	Vantaa	16,8	47,6	35,5	1,4235	5088	1460	6,8	84,1	2,87	2,7800	0
428	Vantaa	50,8	39,0	10,1	0,5422	2415	5788	90,0	1,8	1,78	2,5174	0
429	Vantaa	23,8	50,0	26,1	1,2367	4484	1850	6,7	91,5	2,73	2,6293	0
430	Vantaa	41,1	43,1	15,8	0,7444	3232	2440	59,4	28,5	2,08	2,6414	0
431	Vantaa	19,1	46,6	34,3	1,3531	4958	1706	8,2	78,5	2,80	2,9171	0
432	Vantaa	32,5	45,7	21,8	0,9327	3632	1729	37,9	54,3	2,22	2,5858	0
433	Vantaa	31,3	49,0	19,7	0,9214	3606	2653	43,9	45,6	2,21	2,5755	0
434	Vantaa	10,3	46,6	43,1	1,5102	5893	1094	0,3	94,4	3,13	2,8355	0
435	Vantaa	15,0	52,2	32,8	1,2653	5253	626	1,7	82,0	2,54	2,8162	0

wsp_enn	kuntanimi	OSUUS_0	OSUUS_1	OSUUS_2P I I I S	APERAK	med_tulo	astih_as	as- kert_ala_os	er- pien_ala_o	ak_koko	ylsuh	pysk_muu
436	Vantaa	39,0	46,3	14,8	0,7842	3147	2911	63,6	14,6	2,13	2,5428	0
437	Vantaa	35,7	48,0	16,3	0,8583	3443	3125	48,3	20,8	2,15	2,5917	0
501	Kirkkonummi	12,5	51,1	36,4	1,4020	5650	527	1,7	75,9	2,80	2,5970	0
502	Kirkkonummi	9,7	37,2	53,2	1,4199	5015	109	0,3	98,1	2,59	3,1962	0
503	Kirkkonummi	8,2	39,0	52,8	1,5070	5275	100	0,5	99,1	2,79	2,7588	0
504	Kirkkonummi	21,3	50,8	28,0	1,1833	4923	615	14,1	48,9	2,66	2,3496	0
505	Kirkkonummi	29,1	49,4	21,5	0,9732	3945	1079	34,7	41,3	2,25	2,3840	0
506	Kirkkonummi	10,4	45,6	43,9	1,4592	5996	153	1,5	92,5	2,75	2,8284	0
507	Kirkkonummi	16,1	51,1	32,8	1,4419	5337	521	19,1	67,7	2,49	2,3650	0
508	Kirkkonummi	12,2	49,3	38,5	1,2529	4631	94	20,9	78,6	2,40	2,8350	0
601	Vihti	7,2	32,9	59,9	1,5969	4603	76	0,3	99,4	2,79	3,5469	0
602	Vihti	10,0	33,5	56,5	1,8584	4565	71	0,5	99,1	2,75	3,1579	0
603	Vihti	5,4	33,6	61,0	1,2060	4629	75	0,7	97,5	2,70	4,6133	0
604	Vihti	9,1	34,8	56,1	1,7594	4918	94	0,4	97,7	2,90	3,6491	0
605	Vihti	20,6	45,1	34,2	1,1955	3550	504	13,2	64,5	2,30	3,7137	0
606	Vihti	9,3	43,9	46,7	1,5129	5176	246	1,1	90,0	2,74	3,9519	0
607	Vihti	8,3	42,1	49,7	1,2800	5280	91	0,2	98,7	2,57	4,0011	0
608	Vihti	25,5	49,0	25,5	1,0865	3667	1156	27,5	39,3	2,16	3,5744	0
609	Vihti	6,9	48,3	44,8	1,4906	4835	67	0,0	100,0	2,66	3,6945	0
610	Vihti	11,7	44,0	44,4	1,0449	4748	99	1,4	98,6	2,55	3,6277	0
611	Vihti	8,8	40,3	50,9	1,4674	4834	129	0,2	99,5	2,78	3,5782	0
612	Vihti	8,4	31,1	60,5	1,5138	4726	80	1,3	98,7	2,65	3,0195	0
701	Nurmijärvi	10,5	39,9	49,6	1,4547	4508	211	2,9	91,3	2,70	3,2325	0
702	Nurmijärvi	7,9	36,6	55,5	1,6596	5393	167	0,0	99,9	2,92	3,4072	0
703	Nurmijärvi	9,8	34,5	55,7	1,5143	4997	100	1,1	98,9	2,88	3,3377	0
704	Nurmijärvi	17,6	48,1	34,4	1,3246	4670	983	16,6	59,2	2,50	2,8940	0
705	Nurmijärvi	11,2	42,0	46,8	1,4605	4723	95	1,1	96,7	2,58	4,2723	0
706	Nurmijärvi	8,3	36,7	55,0	1,5083	4972	284	0,0	93,6	2,76	3,6304	0
707	Nurmijärvi	18,5	45,5	36,0	1,2223	4045	777	16,9	71,7	2,46	3,5014	0
708	Nurmijärvi	7,7	28,8	63,5	1,7468	5852	87	0,0	100,0	3,25	3,6351	0
709	Nurmijärvi	22,6	47,0	30,4	1,1614	3848	663	29,8	55,2	2,28	3,2034	0
710	Nurmijärvi	9,7	34,2	56,1	1,4598	5307	109	0,1	99,9	2,90	3,3150	0
712	Nurmijärvi	9,4	39,8	50,8	1,4403	4682	86	0,3	99,7	2,73	3,9721	0
801	Tuusula	9,3	37,9	52,7	1,3677	5446	136	0,7	94,8	2,58	3,7697	0
802	Tuusula	21,0	46,5	32,5	1,0938	4130	737	18,3	75,4	2,49	2,5268	0
803	Tuusula	12,5	41,5	46,0	1,1149	4942	161	0,0	100,0	2,28	3,4379	0
804	Tuusula	9,9	39,0	51,1	1,3392	4825	90	0,3	99,1	2,71	4,3216	0

wsp_enn	kuntanimi	OSUUS_0	OSUUS_1	OSUUS_2P IIS	APERAK	med_tulo	astih_as	as- kert_ala_os	er- pien_ala_o	ak_koko	ylsuh	pysk_muu
805	Tuusula	18,9	49,0	32,1	1,2333	4520	905	24,3	60,7	2,36	3,2539	0
806	Tuusula	7,9	39,7	52,3	1,3340	4577	99	0,7	98,5	2,72	4,1408	0
807	Tuusula	9,9	45,0	45,0	1,2748	5521	170	1,9	97,3	2,55	3,5897	0
808	Tuusula	19,6	43,6	36,8	1,2080	3945	576	16,2	73,4	2,40	3,5054	0
901	Kerava	28,8	50,5	20,7	0,9909	3835	2175	37,4	49,3	2,27	2,7876	0
902	Kerava	30,3	50,5	19,2	0,9424	3885	2354	38,5	42,4	2,14	2,9635	0
903	Kerava	46,3	43,5	10,1	0,5805	2710	3951	92,8	4,6	1,82	2,6759	0
904	Kerava	33,1	47,7	19,2	0,8709	3504	1264	51,2	30,8	1,87	3,0112	0
905	Kerava	25,9	48,1	26,0	1,1271	3812	1093	41,8	46,3	2,49	3,1909	0
1001	Järvenpää	13,8	52,9	33,3	1,2999	5344	895	0,8	88,2	2,68	3,7115	0
1002	Järvenpää	26,9	46,6	26,6	1,0367	3566	1468	30,4	49,6	2,26	3,2738	0
1003	Järvenpää	41,1	46,2	12,7	0,7373	2896	3483	71,6	15,7	1,76	3,1081	0
1004	Järvenpää	13,9	50,9	35,2	1,3003	5158	510	27,3	67,9	2,69	3,2702	0
1005	Järvenpää	14,9	53,2	31,9	1,2973	4916	1161	3,4	64,4	2,54	3,3641	0
1101	Sipoo	11,3	40,4	48,3	1,0882	5190	134	0,0	100,0	2,22	3,0874	0
1103	Sipoo	9,4	39,6	51,1	1,5375	4973	139	0,0	99,0	2,52	3,6518	0
1105	Sipoo	7,1	39,0	53,8	1,5596	5008	94	0,0	100,0	2,60	4,1126	0
1106	Sipoo	11,5	29,5	59,0	1,4038	4603	80	0,0	100,0	2,66	2,9078	0
1107	Sipoo	27,3	46,9	25,8	1,0397	3637	769	38,0	49,9	2,19	2,7928	0
1108	Sipoo	7,2	34,7	58,1	1,5492	5079	101	0,0	99,2	2,77	2,9067	0
1109	Sipoo	9,2	37,0	53,8	1,3031	5116	99	0,0	100,0	2,75	3,4174	0
1110	Sipoo	13,1	40,3	46,6	1,5529	5070	157	19,9	79,0	2,48	2,5702	0
1111	Sipoo	22,6	42,2	35,2	1,3810	4654	335	20,6	66,4	2,44	2,5158	0
1112	Sipoo	11,5	35,2	53,3	1,4197	4733	96	0,6	98,7	2,57	2,8597	0
1113	Sipoo	7,4	38,7	53,9	1,5575	6576	204	0,0	95,7	2,96	2,9229	0
1201	Mäntsälä	8,0	38,6	53,4	1,5794	4742	170	0,9	96,7	2,89	3,5958	0
1202	Mäntsälä	7,6	33,9	58,5	1,5636	4539	64	0,0	100,0	2,91	5,9651	0
1203	Mäntsälä	10,6	33,0	56,3	1,3533	3832	61	0,6	98,6	2,47	3,7021	0
1204	Mäntsälä	8,2	31,2	60,6	1,4784	4670	82	0,0	98,6	2,71	3,6127	0
1205	Mäntsälä	23,5	46,1	30,4	1,1187	3583	660	17,9	66,0	2,28	3,2497	0
1206	Mäntsälä	7,3	34,5	58,2	1,4005	4317	73	0,0	100,0	2,72	5,1063	0
1207	Mäntsälä	11,8	33,2	55,0	1,4613	4141	65	1,6	96,8	2,52	4,3712	0
1301	Hyvinkää	15,2	37,3	47,5	1,3856	4376	60	5,4	93,6	2,42	4,6679	0
1302	Hyvinkää	10,0	37,9	52,0	1,3465	4742	128	1,1	96,8	2,84	4,1876	0
1303	Hyvinkää	30,8	48,4	20,8	0,9152	3289	1809	41,8	43,4	2,07	3,6941	0
1304	Hyvinkää	7,8	43,9	48,3	1,3360	4665	132	0,0	100,0	2,62	4,2271	0
1305	Hyvinkää	11,7	40,0	48,3	1,2517	4209	82	3,8	89,3	2,44	3,6574	0

wsp_enn	kuntanimi	OSUUS_0	OSUUS_1	OSUUS_2P IIS	APERAK	med_tulo	astih_as	as- kert_ala_os	er- pien_ala_o	ak_koko	ylsuh	pysk_muu
1401	Pornainen	8,7	32,5	58,7	0,8989	4697	98	0,4	99,6	2,98	3,0802	0
1402	Pornainen	15,6	37,5	46,9	1,1011	4431	198	3,2	87,7	2,84	3,0840	0
1403	Pornainen	11,5	39,1	49,4	3,3382	4718	81	3,6	96,4	2,62	2,8860	0



### **Liite 10. Vastusten laskenta.**

*Tämä liite pohjautuu osin muistioon Keränen 2009 ja osin versioiden 2.0 ja 2.1 yhteydessä tehtyihin muutoksiin.*

Vastusten laskenta tehtiin joukkoliikenteen osalta täydelliselle linjastolle, jossa Emme-sijoittelun mukaiset vastukset tallennettiin sellaisenaan.

#### **Joukkoliikennesijoittelun painokertoimet perussijoittelussa olivat**

- linjakohtaiset nousuvastukset (Boarding Times)
  - busseille laskettiin kaavalla  $\min \{10; 1,5 \cdot \text{length}^{0,5} + 1\}$  (leikattu maksimissaan 10 minuuttiin)
  - metrolle ja lähijunille käytettiin arvoa 1,0
  - raitiovaunuille käytettiin arvoa 1,0
- odotusajan kerroin 0,3 (Wait time factor)
- odotusajan painokerroin 1,5 (Wait time weight)
- liityntäkävelyajan painokerroin 1,5 (Auxiliary transit time weight)
- nousun painokerroin 1,0 (Boarding time weight).

#### **Ajoneuvo- ja kevyen liikenteen vastukset**

Ajoneuvojen (henkilöautojen) osalta vastukset laskettiin aamu-, päivä- ja iltatilanteisiin. Sijoittelu tehtiin yleistetyn matkavastuksen mukaisena, jossa Emme-ohjelmassa reitinvalintaan vaikutti viivytysfunktioiden perusteella lasketun matka-ajan lisäksi myös matkan pituus.<sup>39</sup>

Matkan pituuden painona käytettiin arvoa 0,2 kaikkina ajankohtina.<sup>40</sup>

Kevyen liikenteen vastukset laskettiin yhteen tilanteeseen. Laskenta tehtiin joukkoliikennesijoittelulla, koska joukkoliikenneverkossa on enemmän kävelylinkkejä aluesyötöille. Verkossa jalankulku on sallittu myös moottoriteillä (koska yleensä sen vieressä kulkee erillinen jalankulku- ja pyöräilyväylä), yksisuuntaisilla ajoneuvoväylillä vastasuuntaan sekä raitiovaunuverkolla. Erillistä pyöräilyverkon kuvausta ei tehty.

Tarkempia tietoja on liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016).

---

<sup>39</sup> HELMET 1.0 -malleissa käytettiin reitinvalinnan perusteena yleistettyä matkavastusta, ja HELMET 2.1:ssä palattiin tähän. HELMET 2.0:ssa taas sijoittelu tehtiin pelkästään matka-ajan perusteella. 2.1 eroaa kuitenkin 1.0:sta siten, että nyt matka-aikamatriisiin poimittiin puhdas matka-aika eikä sijoitteluperusteena olevaa yleistettyä matkavastusta kuten 1.0:ssa.

<sup>40</sup> Versiossa 1.0 käytettiin ruuhkatilanteissa arvoa 0,2 ja päiväliikenteessä arvoa 0,5.

### Liite 11. Suuntautumiskorjauskertoimet.

Suuntautumiskorjauskertoimet on laskettu HEHA2007-2008 ja HEHA2012-aineistojen pohjalta. Jos suuntautumiskorjauskertoimeksi on tullut 0, koska HEHA-aineistossa ei ollut havaintoja, on kerroin korjattu nolasta poikkeavaksi käyttämällä hyväksi vastaavia virtoja, tai muita aikajaksoja.

Seuraavissa taulukoissa ovat HELMET 2.1 –versiota vastaavat kertoimet. Ne poikkeavat hieman HELMET 2.0:n suuntautumiskorjauskertoimista.

Taulukko 41. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla.

lähtöalue	määräalue	Pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			Kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punki	Helsingin kantakau- punki	0,748	0,733	1,176	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	1,088	0,997	0,926	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,993	1,102	0,899	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,110	1,029	1,309	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	1,784	2,222	0,354	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punki	1,061	0,963	1,040	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,950	0,841	0,877	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,804	0,723	0,831	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,739	0,656	0,730	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	0,996	0,820	1,002	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punki	1,006	0,877	0,718	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,823	0,686	0,629	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,078	0,966	1,184	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,760	0,725	0,773	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	1,105	0,729	0,754	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau- punki	1,034	0,947	0,879	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,889	0,855	0,591	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,860	0,846	0,720	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,055	1,004	1,438	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	0,881	0,775	0,663	1,000	1,000	1,000
Kehyskunnat	Helsingin kantakau- punki	1,000	1,000	1,000	1,750	1,636	1,265
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	0,882	0,845	0,399
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,775	0,690	0,531
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,717	0,710	0,670
	Kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	0,861	0,824	1,053

Taulukko 42. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä koulumatkoilla.

lähtöalue	määräalue	Pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			Kehyskuntien asukkaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau-punki	Helsingin kantakau-punki	1,132	1,179	1,002	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,972	0,984	0,346	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,367	1,200	0,579	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,367	1,200	0,579	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	3,619	3,619	3,619	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau-punki	1,495	1,488	1,113	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	1,054	0,948	0,953	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,367	1,200	0,579	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,367	1,200	0,579	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	3,488	3,619	3,769	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau-punki	2,089	8,188	0,363	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	2,474	2,193	1,039	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,048	1,172	0,944	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,427	0,443	0,461	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	1,834	6,077	2,812	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau-punki	4,189	5,953	2,019	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,353	0,631	0,309	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,443	0,443	0,443	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,011	0,897	1,119	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	1,194	2,404	0,784	1,000	1,000	1,000
Kehyskunnat	Helsingin kantakau-punki	1,000	1,000	1,000	4,868	8,336	2,381
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	0,722	1,505	0,421
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,875	1,773	0,713
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,524	0,574	0,475
	Kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	1,153	1,165	1,145

Taulukko 43. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla.

lähtöalue	määräalue	Pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			Kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,468	0,891	0,864	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,434	0,482	0,577	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,620	0,437	0,448	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,528	0,766	0,967	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	0,608	0,608	0,608	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	1,034	0,758	0,958	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,711	0,952	0,881	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,732	0,259	0,363	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,291	0,637	0,534	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	0,608	1,446	0,292	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	0,635	0,951	1,181	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,264	0,321	0,097	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,776	0,994	0,933	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,480	0,556	0,407	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	1,015	1,665	0,726	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	1,367	1,064	1,198	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,259	0,329	0,269	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,314	0,172	0,279	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,832	1,059	0,947	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	0,398	0,507	0,348	1,000	1,000	1,000
Kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	1,000	1,000	1,000	3,979	1,901	1,601
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	0,546	0,289	0,255
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,328	0,357	0,317
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,519	0,348	0,310
	Kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	0,922	0,941	0,902

Taulukko 44. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä muilla matkoilla.

lähtöalue	määräalue	Pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			Kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,692	0,708	0,794	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,699	1,110	1,156	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,584	0,878	1,173	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	2,691	1,844	1,010	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	50,782	20,593	11,863	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	0,900	1,033	1,081	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,814	0,816	0,788	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,285	0,745	0,839	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,367	0,324	0,412	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	5,357	2,497	3,254	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	2,345	2,230	2,099	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,430	0,503	0,565	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,737	0,744	0,756	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,831	0,320	0,439	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	1,670	1,786	3,124	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	1,911	1,774	1,279	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,227	0,475	0,408	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,417	0,526	0,502	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,691	0,792	0,745	1,000	1,000	1,000
	Kehyskunnat	0,696	0,610	0,710	1,000	1,000	1,000
Kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	1,000	1,000	1,000	4,827	2,876	1,987
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	0,901	0,480	0,401
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,392	0,468	0,375
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,475	0,397	0,366
	Kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	0,710	0,868	0,805

Taulukko 45. Suuntautumiskorjauskertoimet työperäisillä matkoilla.

lähtöalue	määräalue	Pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			Kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,752	1,109	1,361	1,060	1,712	1,922
	muu Helsinki	1,807	1,513	0,742	0,880	0,432	0,488
	Espoo + Kauniainen	1,986	1,590	0,676	0,849	0,539	0,512
	Vantaa	2,388	1,667	0,758	0,264	0,478	0,341
	Kehyskunnat	1,737	1,900	0,724	27,732	21,798	3,109
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	1,051	1,431	1,053	1,086	1,049	0,386
	muu Helsinki	1,231	1,040	0,982	0,230	0,402	0,497
	Espoo + Kauniainen	2,937	1,144	0,554	0,409	0,324	0,457
	Vantaa	2,336	1,404	0,481	0,173	0,480	0,406
	Kehyskunnat	1,004	2,434	1,376	15,384	6,925	2,107
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	0,915	1,022	0,807	0,883	0,412	0,695
	muu Helsinki	1,111	0,907	0,456	0,238	0,289	0,376
	Espoo + Kauniainen	1,294	1,072	1,127	0,464	0,535	0,824
	Vantaa	2,583	0,837	0,671	0,264	0,309	0,170
	Kehyskunnat	3,200	0,408	0,774	16,842	9,088	1,418
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	0,542	1,423	0,592	0,552	0,418	0,626
	muu Helsinki	0,647	0,446	0,402	0,170	0,314	0,091
	Espoo + Kauniainen	3,245	1,478	0,356	0,168	0,207	0,147
	Vantaa	1,100	1,039	0,947	0,496	0,350	0,422
	Kehyskunnat	1,179	0,713	0,361	8,822	3,720	0,966
Kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	4,585	2,174	0,300	0,281	0,237	0,391
	muu Helsinki	2,363	2,643	0,617	0,117	0,152	0,174
	Espoo + Kauniainen	5,185	2,428	1,063	0,133	0,054	0,081
	Vantaa	2,274	1,194	0,322	0,269	0,081	0,083
	Kehyskunnat	0,253	0,294	0,586	1,429	1,143	0,892

Taulukko 46. Suuntautumiskorjauskertoimet muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla.

lähtöalue	määräalue	Pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			Kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,502	0,837	1,246	1,725	1,182	1,586
	muu Helsinki	0,308	0,776	0,693	0,377	0,320	0,409
	Espoo + Kauniainen	0,487	0,714	1,004	0,432	0,340	0,482
	Vantaa	0,402	0,784	1,043	0,329	0,340	0,323
	Kehyskunnat	3,915	2,975	4,360	31,757	30,568	32,276
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	0,992	1,040	0,670	1,000	1,898	0,679
	muu Helsinki	0,753	1,214	1,000	1,000	0,499	0,906
	Espoo + Kauniainen	0,662	0,760	0,628	1,000	0,425	0,682
	Vantaa	0,993	1,117	0,418	1,000	0,252	0,606
	Kehyskunnat	2,350	3,185	2,086	1,000	13,603	7,077
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	1,519	1,210	1,216	4,016	0,545	1,838
	muu Helsinki	1,608	0,759	0,488	0,608	0,554	0,645
	Espoo + Kauniainen	0,895	0,879	1,049	0,323	0,851	1,705
	Vantaa	0,631	0,504	0,693	0,734	0,655	0,784
	Kehyskunnat	0,722	0,422	0,871	17,219	18,071	16,674
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	3,393	2,055	1,374	3,645	0,674	0,946
	muu Helsinki	0,991	0,737	0,408	1,241	0,171	0,524
	Espoo + Kauniainen	0,853	0,820	0,869	0,685	0,825	0,573
	Vantaa	1,369	0,857	1,261	0,908	0,625	1,163
	Kehyskunnat	1,513	0,700	0,745	2,189	4,940	7,023
Kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	38,738	8,311	9,437	6,255	0,909	0,559
	muu Helsinki	3,957	2,789	1,697	0,293	0,211	0,096
	Espoo + Kauniainen	1,717	2,626	1,275	0,201	0,232	0,149
	Vantaa	2,434	3,223	2,051	0,704	0,114	0,137
	Kehyskunnat	0,541	0,480	0,753	0,769	0,999	1,032





Lentoaseman ja matkustajasatamien  
henkilöliikenne (HELMET 2.1)



## Sisällysluettelo

Taulukkoluettelo .....	2
1 Tausta ja lähtökohdat .....	3
2 Helsinki-Vantaan lentoasema.....	4
3 Matkustajasatamat .....	7
4 Mallin kehittämistarpeita .....	9
Lähdeluettelo .....	9

## Taulukkoluettelo

Taulukko 1. Helsinki-Vantaan lentoaseman lentomatkustajakysyntä (suunnat yhteensä) ja matkojen suuntautuminen. ....	4
Taulukko 2. Matkustajasatamien arvioitu henkilöliikennekysyntä (suunnat yhteensä). ....	7
Taulukko 3. Aikajaksojen osuudet arkivuorokauden liikenteestä satamanosittain, suunnat eriteltynä. ....	8

## 1 Tausta ja lähtökohdat

Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmä (HSL 2011) ei aiemmin ole sisältänyt lentoaseman ja matkustajasatamien henkilökysynnän kuvausta. Helsinki-Vantaan lentoaseman maaliikenteen ennustemenettely oli sisällytetty Helsingin seudun työssäkäyntialueen mallia edeltäneeseen YTV:n mallijärjestelmään (Rinta-Piirto 2003), joka käsitteli ainoastaan pääkaupunki-seudun neljän kunnan aluetta. Ennustemenettely toimi omana erillismallinaan, joka suuntasi lento-matkustajien ja lentoliikennettä palvelevien työntekijöiden matkat ja mallinsi niiden kulkutavat perustuen Helsinki-Vantaan lentoasemalla tehtyihin tutkimuksiin vuodelta 2001<sup>1</sup>. Tätä mallia ei kuitenkaan ole integroitu nykyiseen malliin.

Matkustajasatamien maaliikenteestä ei ole tehty aiemmin malleja, joita olisi voitu hyödyntää HELMET-ennustejärjestelmässä.

Lentoaseman ja matkustajasatamien matkustajaliikennekysynnän osalta ei ole tehty varsinaista kysyntämallia, vaan muodostettu lentoaseman ja matkustajasatamien uusimpien tilastoaineistojen perusteella kiinteät kulkutapakohdaiset kysyntämatriisit sekä nykytilanteelle että vuosien 2025 ja 2040 ennustetilanteille. Kyseessä on yksinkertainen korjausmenettely, jossa nykytilanteen ja ennustetilanteen osamatriisien riveillä ja sarakkeilla otetaan huomioon matkustajaterminaalinen lisäkysyntä. Tämä lisäkysyntä vaikuttaa verkon kuormituksiin ja sitä kautta matkavastuksiin. Kysyntämatriisit luetaan mallijärjestelmään lähtötietoina.

Helsinki-Vantaan lentoaseman lisäksi tässä työssä on tarkasteltu Katajanokan, Eteläsataman, Län-sisataman ja Vuosaaren matkustajasatamia.

---

<sup>1</sup> Mallin taustalla olevaa tutkimusaineistoa on kuvattu muistiossa Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimus 2001.

## 2 Helsinki-Vantaan lentoasema

Uusin Helsinki-Vantaan lentoasemaa käsittelevä liikennetutkimus on vuodelta 2006. Aineisto on ikääntynyt, mutta käyttäytymisen pääpiirteet lienevät säilyneet ennallaan. Etenkin lentomatkustajien matkojen lähtöpaikoista ja kulkutavoista tarjooa kyseinen Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimus yleisiä liikennetutkimusaineistoja tarkempaa tietoa.

Helsinki-Vantaan lentoaseman osalta HELMET 2.1 -järjestelmässä on tarkennettu ainoastaan lentomatkustajien matkojen käsittelyä. Muutoksia ei ole lentoasema-alueen työmatkojen käsittelyssä, sillä ne on nyt mallinnettu koko työssäkäyntialueen tasolla uusimman tutkimustiedon mukaisesti. Lentoaseman osalta tässä on täsmennetty lentomatkustajien tuotoksia aikaryhmittäin sekä lentomatkustajien matkojen suuntautumista ja kulkutapoja.

Lentoaseman matkustajakysynät on laadittu arkivuorokaudelle (maanantai–torstai) vuosille 2012 ja 2025. Käsitellyt kulkutavat ovat henkilöauto, taksi ja joukkoliikenne, sillä kävelyn ja pyöräilyn osuus on hyvin pieni. Yhteenveto matriiseista on esitetty taulukossa 1, jossa on esitetty matkojen suuntautuminen nelialuejaolla. Mallissa suuntautuminen perustuu lentoaseman liikennetutkimuksessa tehtyihin havaintoihin, jotka on ensin niputettu suuraluejakoon (pääkaupunkiseudulla 19 suuraluetta) ja sitten jaettu jakoluvuilla sijoittelualuejakoon. Sijoitteluvaiheessa taksien määrä on lisätty henkilöautojen määrään, koska mallijärjestelmässä taksit eivät ole omana kulkutapanaan.

*Taulukko 1. Helsinki-Vantaan lentoaseman lentomatkustajakysyntä (suunnat yhteensä) ja matkojen suuntautuminen.*

Henkilömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)					Kulkutapaosuudet		
v 2012	auto	taksi	joukkol.	yht.	auto	taksi	joukkol.
Kantakaupunki	1 206	2 990	2 411	6 606	18 %	45 %	36 %
Muu PKS	6 221	6 052	2 098	14 370	43 %	42 %	15 %
Muu HELMET-alue	4 292	1 278	579	6 148	70 %	21 %	9 %
Muu Suomi	6 365	603	3 568	10 537	60 %	6 %	34 %
yhteensä	18 083	10 922	8 656	37 662	48 %	29 %	23 %

Henkilömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)					Kulkutapaosuudet		
v 2025	auto	taksi	joukkol.	yht.	auto	taksi	joukkol.
Kantakaupunki	2 557	6 147	4 234	12 938	20 %	48 %	33 %
Muu PKS	8 958	9 794	5 811	24 563	36 %	40 %	24 %
Muu HELMET-alue	3 440	1 831	771	6 042	57 %	30 %	13 %
Muu Suomi	5 102	864	4 752	10 718	48 %	8 %	44 %
yhteensä	20 057	18 635	15 568	54 261	37 %	34 %	29 %

kysynnän kasvu				
	auto	taksi	joukkol.	yht.
Kantakaupunki	2,1	2,1	1,8	2,0
Muu PKS	1,4	1,6	2,8	1,7
Muu HELMET-alue	0,8	1,4	1,3	1,0
Muu Suomi	0,8	1,4	1,3	1,0
yhteensä	1,1	1,7	1,8	1,4

## Vuosi 2012

Vuoden 2012 matkustajakysyntä on muodostettu lentomatkojen maaliikenteen suuntautumisen ja kulkutapojen osalta vuoden 2006 Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimuksen perusteella. Suuntautumista ja kulkutapoja on tarkasteltu lentoasemalle ja -asemalta suuntautuville matkoille pääkaupunkiseudulla 19-aluejaossa, kehyskuntien osalta kuntajaossa ja muuten maakuntajaossa, jossa matkat on niputettu Turun, Tampereen ja Lahden suuntiin kulkeviksi kysynnöiksi. Suuntautumisen kannalta merkityksellistä on Helsingin kantakaupungin suuri osuus, ja kulkutapojen kannalta taksin hyvin suuri osuus, joka ei koko työssäkäyntialueen mallissa ole omana kulkutapanaan. Ajo-neuvoliikenteen virtojen osalta on olennaista huomioida tyhjien taksien määrä (noin puolet kaikista takseista) sekä saattoliikenteen suuri määrä (noin 45 % matkustajista tulee saattoliikenteellä).

Matkatuotokset aikaryhmittäin on saatu Finavian tilastoista. Arkivuorokauden matkatuotos lokakuun 2012 tilastoista ei-transfer -matkoille, jotka synnyttävät maaliikenteen liityntämatkan, on noin 38 000 matkaa (suunnat yhteensä). Saapuvien ja lähtevien matkojen tuntijakauma on saatu tilastoista olettaen, että lentomatkustajien maaliikenteen liityntämatkat näkyvät liikenneverkolla seuraavasti:

- koko seudun aamuhuipputunti klo 7.30–8.30:
  - saapuneet lennot klo 7–8 (osuus arkivuorokaudesta 5,5 %)
  - lähtevät lennot klo 9–10 (osuus arkivuorokaudesta 7,5 %)
- koko seudun iltahuipputunti klo 15.30–16.30:
  - saapuneet lennot klo 15–16 (osuus arkivuorokaudesta 10,5 %)
  - lähtevät lennot klo 17–18 (osuus arkivuorokaudesta 9,9 %)
- koko seudun päiväliikenteen tunti klo 9–15 jaettuna 6:lla:
  - saapuneet lennot klo 9–15 jaettuna 6:lla (osuus arkivuorokaudesta 3,7 %)
  - lähtevät lennot klo 11–17 jaettuna 6:lla (osuus arkivuorokaudesta 4,8 %).

Lentomatkustuksen kannalta vilkkain saapuvien lentojen ajankohta on klo 22–23 (osuus arkivuorokaudesta 10,6 %) ja lähtevien lentojen ajankohta klo 7–8 (osuus arkivuorokaudesta 12,0 %). Vilkkaimmat matkustusajankohdat sijoittuvat siis koko seudun liikenteen huipputuntien ulkopuolelle.

## Vuosi 2025

Vuodelle 2025 tehdyssä ennusteessa lentomatkustajien maaliikenteen matkamäärät kasvavat lentoliikenteen ja transfer-matkustajien määrän muutosten mukaan, mutta aikaryhmittäisen jakauman on oletettu säilyvän ennallaan. Vuoden 2025 matkatuotos perustuu arvioon, että Helsinki-Vantaan lentoaseman matkustajamäärä olisi noin 21,2 miljoonan matkustajaa vuodessa.

Matkojen suuntautumisen ja kulkutapojen muutosten arvioinnissa vuodelle 2025 on hyödynnetty aikaisemman, YTV:n toimeksiannosta laaditun lentoaseman maaliikenteen ennustemenettely -työn tuloksia. Kyseisellä mallilla on laadittu ennuste vuodelle 2025, jossa on huomioitu Kehäradan käyttöönotto sekä YTV:n aikainen arvio maankäytön (työpaikat ja väestö) muutoksista. Kyseinen lentoaseman ennustemenettely perustui vuonna 2001 Helsinki-Vantaan lentoasemalla tehdyn liikennetutkimuksen tuloksiin. Työasia- ja vapaa-ajan lentomatkoiille muodostettiin omat suuntautumis- ja kulkutapamallinsa, joissa lentomatkojen maaliikenteen suuntautumisen selittäjinä oli 18–64 -vuotiaiden sekä ravitsemus-, hotelli- ja palvelutyöpaikkojen määrä, ja vastaavasti kulkutavan valinnan selittäjänä matka-aika, matkakustannukset sekä osa-alueen autoistumisaste.

Ennusteen mukaan joukkoliikenteen osuus lentomatkustajien kulkutavoista kasvaa. Erityisen suurta kasvu on kantakaupungin ulkopuolisen pääkaupunkiseudun osalta, sillä näiden alueiden osalta Kehäradan junayhteys tarjoaa nykyistä huomattavasti paremman joukkoliikenneyhteyden lentoasemalle. Kantakaupungin osalta jo nykyiset joukkoliikenneyhteydet ovat varsin hyviä, joten Kehäradan vaikutus kantakaupungin ja lentoaseman välisiin matkoihin on muuta pääkaupunkiseutua vähäisempi.

#### Vuosi 2040

Vuodelle 2040 on laadittu vastaava kysyntämatriisi kuin vuodelle 2025. Tämä on tehty kertomalla vuoden 2025 lentomatkustuksen tuotosta 1,4:llä, mutta pitämällä kulkutapajakauma ja suuntautuminen entisellään. Tämä perustuu arvioon siitä, että Helsinki-Vantaan vuosittainen matkustajamäärä olisi vuonna 2040 noin 30 miljoonaa matkustajaa.

#### Muuta huomioitavaa

Sellaisia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa lentoaseman maaliikenteeseen, mutta joita ei tässä ole voitu ottaa huomioon, ovat mm. pysäköinnin hinta lentoasemalla ja Kehäradan asemilla, sekä taksien hintakehitys, mikäli taksitoimiala vapautuu kilpailulle. Lisäksi lentoaseman ympäristön taksiliikenteen määrä voi muuttua tulevaisuudessa tyhjien taksien määrän vähentyessä, mikäli Vantaan taksien etuoikeudet lentoasemalla poistuvat.

### 3 Matkustajasatamat

Matkustajasatamien kautta ulkomaille kulkevien matkojen osalta HELMET 2.1 -järjestelmässä on hyödynnetty Helsingin satamaosittaisia tilastoja matkustaja- ja henkilöautomääristä. Olennaisinta on ollut kuvata matkustajaterminaaleista lähiverkolle kohdistuva kuormitus.

Matkustajasatamien matkustajakysynät on laadittu arkivuorokaudelle (maanantai–torstai) 2012 ja 2025. Käsitellyt kulkutavat ovat henkilöauto ja joukkoliikenne, sillä kävelyn ja pyöräilyn osuuden on oletettu olevan niin pieni, että sitä ei tässä ole tarkoituksenmukaista ottaa huomioon. Yhteenvedo matriiseista on esitetty taulukossa 2.

*Taulukko 2. Matkustajasatamien arvioitu henkilöliikennekysyntä (suunnat yhteensä).*

Hlömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)				Kulkutapaosuudet	
v 2012	auto	joukkol.	yht.	auto	joukkol.
Katajanokka	3 898	3 898	7 797	50 %	50 %
Eteläsatama	2 785	2 785	5 569	50 %	50 %
Länsisatama	8 688	5 792	14 480	60 %	40 %
Vuosaari	835	0	835	100 %	0 %
yhteensä	16 206	12 475	28 681	57 %	43 %

Hlömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)				Kulkutapaosuudet	
v 2025	auto	joukkol.	yht.	auto	joukkol.
Katajanokka	4 571	4 571	9 141	50 %	50 %
Eteläsatama	3 133	3 133	6 265	50 %	50 %
Länsisatama	11 057	7 371	18 429	60 %	40 %
Vuosaari	1 392	0	1 392	100 %	0 %
yhteensä	20 153	15 075	35 227	57 %	43 %

kysynnän kasvu	auto	joukkol.	yht.
Katajanokka	1,2	1,2	1,2
Eteläsatama	1,1	1,1	1,1
Länsisatama	1,3	1,3	1,3
Vuosaari	1,7		1,7
yhteensä	1,2	1,2	1,2

#### Vuosi 2012

Vuoden 2012 matkustajakysyntä on muodostettu Helsingin Sataman satamanosakohtaisten tilastojen perusteella, joista saadaan myös henkilöautojen määrät. Tarkemman tiedon puuttuessa matkustajasatamien matkat on suunnattu HELMET-mallialueelle sijoittelualuejaossa matkatuotosten perusteella. Tällä tavalla matkustajaliikenteen suuntautuminen on saatu kuvattua riittäväällä tarkkuudella satamien ympäristössä, jossa matkustajaliikenteen aiheuttama verkon kuormitus on suurin. Kauempana satamista matkustajaliikenteen osuus muusta liikenteestä on pienempi, eikä suuntautumisen ennustamisen tarvitse olla kovin tarkkaa.

Arkivuorokauden matkatuotos lokakuun 2012 tilastoista on noin 31 000 matkaa, kun otetaan kaikki matkustajasatamat huomioon. Näistä Länsisataman osuus on suurin, noin 50 % ja Vuosaaren sataman osuus pienin, noin 3 %.

Saapuvien ja lähtevien matkojen tuntijakauma aamuhuipputunnille, iltahuipputunnille ja päiväliikenteen tunnille on arvioitu laivojen aikataulujen mukaan. Länsisatamassa on varsin tasainen kuormitus koko päivän, muissa terminaaleissa on vain muutamia tapahtumia päivässä. Aikajaksojen osuudet on esitetty taulussa 3. Eri aikajaksoista iltahuipputunnin liikenne satamien suuntaan on kaikkein vilkkain.

*Taulukko 3. Aikajaksojen osuudet arkivuorokauden liikenteestä satamanosittain, suunnat eriteltynä.*

	AHT sata- maan	AHT sata- masta	IHT sata- maan	IHT sata- masta	PT sata- maan	PT sata- masta
Katajanokka	0	0	50 %	0	4,2 %	12,5 %
Eteläsatama	0	0	75 %	0	0	12,5 %
Länsisatama	20 %	0	20 %	30 %	5 %	5 %
Vuosaari	0	100 %	100 %	0	0	0

Kulkevat on arvioitu karkeasti mm. tilastoista saatavien henkilöautojen määrien perusteella. Henkilöautomatkoihin on arvioitu mukaan myös taksit ja saattokyydit. Ajoneuvomatriiseissa keskikuormitukseksi on arvioitu 2 henkilöä.

#### Vuosi 2025

Matkustajasatamien osalta vuoden 2025 matkustajaliikenteen kysyntäennusteet on saatu Helsingin satamanosien kehittämisohjelmasta vuodelle 2022 (Helsingin Sataman julkaisu 2012:10, 13.11.2012). Nykyhetkelle arvioituja henkilöauto- ja joukkoliikennematkojen määriä on nostettu kehittämisohjelmassa ennustettujen matkustajamäärien ja henkilöautomäärien kasvun mukaan. Matkojen suuntautumisen ja aikajakaumien on oletettu säilyvän muuttumattomana.

#### Vuosi 2040

Vuodelle 2040 on laadittu vastaava kysyntämatriisi kuin vuodelle 2025. Tämä on tehty kertomalla vuoden 2025 ennustetta Länsisataman osalta (Tallinnan liikenne) 1,1:llä, mutta pitämällä kulkutapajakauma ja suuntautuminen entisellään. Muiden kohteiden, kuten Tukholman, liikenteen kasvun ennustetaan olevan vain pientä vuoden 2025 jälkeen. Esimerkiksi Tukholman liikenteen kysyntä on ollut samaa suuruusluokkaan vuosikausia. Käytännössä muiden kuin Länsisataman liikennekysyntä on vuonna 2040 sama kuin vuonna 2025 (kerroin 1,0).

#### Muuta huomioitavaa

Oleellinen tekijä, joka voi vaikuttaa matkustajasatamien henkilöliikennekysyntään tulevaisuudessa, on Tallinnan laivojen Helsingin pääterminaalin sijainti: ohjataanko tai ohjautuuko liikennettä jatkossa aiempaa enemmän Vuosaaren Länsisataman sijaan. Myös verotus-, hinta- ja elintasoerot Suomen ja Viron välillä vaikuttavat Helsingin ja Tallinnan väliseen ostosmatkailuliikenteeseen.



#### 4 Mallin kehittämistarpeita

Lentoaseman ja matkustajasatamien henkilöliikenteen korjausmenettely on laadittu sijoittelualueetalla. Seuraavassa liikennemallin osa-aluejakoon liittyvässä päivityksessä tulisi sekä lentoasemalle että matkustajasatamiin luoda omat ulkoisen liikenteen syötöt, jolloin matkat saadaan kuvattua liikenneverkolle niiden todellisiin päätepisteisiin osa-aluekeskuksen sijaan.

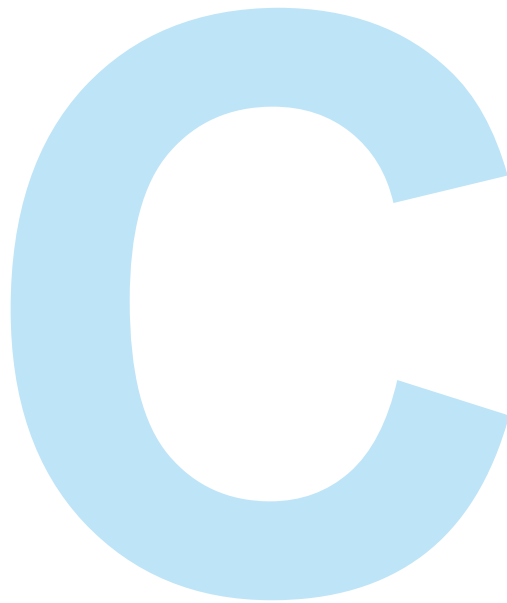
#### Lähdeluettelo

HSL (2011). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010*. HSL:n julkaisuja 33/2011.

Rinta-Piirto, Jyrki (2003). *Lentoaseman maaliikenteen ennustemenettely*. Osa B julkaisussa *Pääkaupunkiseudun liikenne-ennustemallit 2000*. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:9. YTV pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, Helsinki.



Tavaraliikenne (HELMET 2.1)



## Sisällysluettelo

Taulukkoluetelo .....	2
1 Tausta ja lähtökohdat .....	3
2 Nykytilanteen liikennekysyntämatriisit .....	4
3 Raskaan liikenteen sijoittelu .....	5
4 Tavaraliikenteen ennustemenettely .....	5
Lähdeluettelo .....	6

## Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Tavaraliikenteen tuotosmallien kertoimet nyky- ja ennustetilanteessa (samat kertoimet lähteville ja saapuville matkoille) .....	5
---	---

## 1 Tausta ja lähtökohdat

Tavaraliikenne kuvattiin aiemmassa Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän versiossa 1.0 (Niinikoski 2011) matriiseina, jotka lisätään henkilöautoliikenteen ajoneuvomatriisiin ennen liikenteen sijoittelua. Nykytilamatriisit tuotettiin yhdistelemällä aiempia YTV:n liikennemallin matriiseja ja Uudenmaan tiepiirin tavaraliikenteen matriiseja, minkä jälkeen matriiseja kalibroitiin vastaamaan havaittuja liikennemääriä. Ennustetilanteissa nykytilamatriiseja kasvatettiin kertomalla koko matriisi yhdellä kasvukertoimella. Alun perin laskettiin myös kunta-kunta-tason kasvukerromatriisit, mutta lopulta niitä ei otettu käyttöön.

Mallin päivityksen yhteydessä nähtiin tarpeelliseksi parantaa etenkin raskaan liikenteen ennustemenettelyä siten, että ennuste reagoisi seudulla tapahtuviin maankäyttömuutoksiin. Lisäksi nyt tehdyn päivityksen yhteydessä mallin tavaraliikenteen käsittelyyn on tehty muutoksia, jotka mahdollistavat jatkokehittämisen mm. liikenteen sijoittelun ja ennusteiden osalta.

Raskaan liikenteen nykytilamatriisien ja ennustemenettelyn tuottamisessa hyödynnettiin HSL:n tavaraliikenteen tutkimusaineistoja. Aineistojen viimeistely ja raportointi olivat mallia laadittaessa vielä kesken, mutta varsinkin satamien ja logistiikka-alueiden liikennelaskentatietoja kyettiin hyödyntämään nykytilanteen liikennetuotosten ja tuotosmallien muodostamisessa. Lisäksi nykytilamatriiseja muodostettaessa hyödynnettiin vertailukohtana liikennetutkimuksen raskaan liikenteen suuntautumis- ja pituusjakaumatietoja.

Rakas liikenne jaettiin mallissa aikaisemmasta poiketen perävaunullisiin ja perävaunuttomiin ajoneuvoihin, jotta niitä voidaan jatkossa sijoitella erikseen omina kulkutapoinaan ja niiden vaikutukset liikenneverkon kuormitukseen voidaan vastuksia laskettaessa paremmin ottaa huomioon. Tavaraliikenteen matriisien päätarkoitus on edelleen tuottaa liikenneverkolle raskaan liikenteen kuormitus ja sen aiheuttama lisäviivytys henkilöliikenteen mallin vastuksia varten. Kyse ei siis ole varsinaisesta tavaraliikenteen mallista. Esimerkiksi tavaraliikenteen suuntautumismallien tuottamiseen ei tässä vaiheessa katsottu olevan edellytyksiä.

Myös pakettiautoilla tehtävän jakeluliikenteen huomioon ottamisesta tavaraliikenteen ennusteessa keskusteltiin. Pakettiautojen suoritteesta on kuitenkin vain vähän tietoa eikä ollut täysin selvää, missä määrin pakettiautoliikennettä sisältyy henkilöautoliikenteen mallin tuottamiin matriiseihin ja miltä osin liikenteen pitäisi sisältyä tavaraliikenteen kysyntämatriiseihin. Tässä vaiheessa pakettiautojen kysyntää ei selvitetty tarkemmin, mutta sille muodostettiin mallin jatkokehittämistä varten matriisi, joka vastaa 5 % osuutta raskaan liikenteen kokonaismäärästä. Jatkossa eri ajoneuvoluokkien osuuksia ja erityisesti pakettiautoliikenteen määrää on syytä selvittää tarkemmin.

Koska mallin tavaraliikenteeseen tehtiin muutoksia samanaikaisesti henkilöliikenteen mallien uudeleestimoinnin kanssa, haluttiin nykytilanteen tavaraliikenteen kysyntään ja sijoitteluun tehtävät muutokset pitää mahdollisimman pieninä. Jatkossa tavaraliikenteen käsittelyä voisi olla tarpeen kehittää erillään henkilöliikenteen mallista.

## 2 Nykytilanteen liikennekysyntämatriisit

Nykytilanteen kysyntämatriisien lähtökohdaksi otettiin aiemman malliversion nykytilanteen huippu-tuntien ja päivätunnin raskaan liikenteen kysyntämatriisit. Nykytilamatriiseja tarkasteltaessa todettiin seuraavia ongelmia

- eri aikajaksojen raskaan liikenteen pituusjakaumat poikkesivat selvästi toisistaan
- raskas liikenne ei suuntautunut aina niille sijoittelualueille, joilla raskasta liikennettä synnyttävät toiminnot todellisuudessa ovat
- raskaan liikenteen päivätunnin liikenteen määrä oli selvästi pienempi kuin havaittu raskaan liikenteen päiväliikenteen määrä seudun LAM-pisteiden tuntijakaumien perusteella.

Uusien nykytilanteen matriisien tuottamiseksi yhdistettiin aluksi aiempien matriisien aikajaksoittaisista matriiseista yksi arkivuorokauden kysyntämatriisi, joka symmetroidiin. Kysyntämatriisi niputettiin ennustealueisiin ja jaettiin uudelleen sijoittelualueisiin kohdassa 4 kuvattuja tuotosmalleja käyttäen.

Matriisit jaettiin sitten ajoneuvoluokittaisiksi osamatriiseiksi tasaisesti alla olevien prosenttiosuuk-sien suhteissa. Matriisin jakamisen jälkeen tarkistettiin ulkoisen liikenteen syöttöpisteiden tuotokset vastaamaan tierekisterin mukaisia liikennemääriä. Satamien liikennemäärät tarkistettiin vastaa-maan HSL:n tavaraliikennetutkimuksessa laskettuja liikennemääriä ja liikenteen suuntautumista.

Eri ajoneuvoluokkien osuudet tavaraliikenteen kysynnästä ovat:

- perävaunulliset kuorma-autot 48 %
- perävaunuttomat kuorma-autot 47 %
- pakettiautot 5 % (ei vastaa todellista määrää, ks. kohta 1).

Raskaan liikenteen ajoneuvoluokittaiset matriisit jaettiin vielä aikajaksoittaisiksi kysyntämatriiseiksi LAM-pisteiden tuntijakaumatietojen perusteella soveltamalla samaa prosenttilukua aina tasaisesti koko matriisiin. Aikajaksojen osuuksien oletettiin olevan kaikilla ajoneuvoluokilla samat:

- AHT: 6,59 %
- PT: 7,02 %
- IHT: 6,62 %

Aiemmin käytetyissä raskaan liikenteen matriiseissa päivätunnin matriisi vastasi 5 % osuutta raskaan liikenteen vuorokausikysynnästä. Tehtäessä liikennemäärien ja suoritteiden laajennuksia tuntiliiken-teistä vuorokausitasolle on jatkossa otettava huomioon raskaan liikenteen korjattu ja henkilöautolii-kenteestä poikkeava tuntijakauma.

### 3 Raskaan liikenteen sijoittelu

Raskaan liikenteen käsittelyä muutettiin mallissa siten, että tavaraliikenne sijoitellaan malliajon alussa pohjakysynnäksi, jota ei muuteta malliajon aikana. Niillä linkeillä, joilla ei ole bussikaistaa, saatuihin kuormituksiin lisätään myös bussiliikenteen määrä ajoneuvoina. Menettelyä on kuvattu tarkemmin raportissa Elolähde ym. 2016.

### 4 Tavaraliikenteen ennustemenettely

Tavaraliikenteen ennustemenettely toimii mallin sijoittelualuejaossa. Tavaraliikenteen ennuste tuotetaan ennen henkilöliikenteen ennustetta ja tavaraliikenteen kysyntä sijoitellaan malliajon alussa lisävastukseksi verkoille raportissa Elolähde ym. 2016 esitetyllä tavalla.

Tavaraliikenteen ennuste muodostettiin kohdassa 2 kuvatuista nykytilamatriiseista Emmen matriisi-balansointimenettelyllä, josta kerrotaan tarkemmin Emme-manuaalin (INRO 1998) luvussa 4.3. Balansointimenettelyä varten tuotettiin perävaunullisille ja perävaunuttomille kuorma-autoille vuorokausiliikenteen tuotosmallit. Mallien kertoimien lähtökohtana käytettiin ympäristöministeriön julkaisun Liikennetuotosten arviointi maankäytön suunnittelussa tietoja sekä HSL:n tavaraliikennetutkimuksesta saatuja tietoja.

Tuotosmallit pyrittiin pitämään niin yksinkertaisina, että mallien käyttämät lähtötiedot on mahdollista määrittää myös ennustetilanteessa sijoittelualuejaon tarkkuudessa. Tavaraliikenteen tuotosmallien käyttämiä osa-aluekohtaisia maankäyttötietoja ovat:

- logistiikka- ja teollisuustyöpaikat
- palvelutyöpaikat
- muut työpaikat
- asukkaat.

Mallin kertoimet on sovitettu siten, että ne tuottavat nykytilanteessa mallien estimoinnissa käytetyillä maankäyttötiedoilla estimoinnissa käytettyjä raskaan liikenteen matriiseja vastaavan kuormituksen. Perävaunullisten ja perävaunuttomien kuorma-autojen tuotosmallien kertoimet eri maankäyttötyypeille on esitetty taulukossa 1. Pakettiautojen tuotos on laskettu perävaunuttomien kuorma-autojen tuotoksesta olettaen, että ajoneuvoluokkien suhteet pysyvät samana kuin nykytilanteessa.

*Taulukko 1. Tavaraliikenteen tuotosmallien kertoimet nyky- ja ennustetilanteessa (samat kertoimet lähteille ja saapuville matkoille).*

	Perävaunulliset kuorma-autot	Perävaunuttomat kuorma-autot
Asukkaat yhteensä (ajon/as/vrk)	-	0,0044
Työpaikat yhteensä (ajon/tp/vrk)	0,0213	0,0222
Teollisuuden ja logistiikan työpaikat (ajon/tp/vrk)	0,1944	0,1385
Liikekerrosala (ajon/100k-m2/vrk)	0,095	0,134

Tuotuskertoimilla kerrotaan kunkin alueen vastaavat asukas- ja työpaikkamäärät sekä kerrosalat. Saadut luvut lasketaan yhteen. Kunkin alueen jokainen asukas siis tuottaa 0,0044 ja jokainen työpaikka 0,0222 matkaa perävaunuttomalla kuorma-autolla. Työpaikkojen perustuotoksen lisätään teollisuuden ja logistiikan työpaikkamääristä sekä liikekerrosaloista riippuvat tuotokset.

Ulkoisen tavaraliikenteen kasvu on määritetty tieluokittain ja maakunnittain liikenneviraston tieliikenne-ennusteen kasvukertoimien perusteella (Ristikartano ym. 2014). Satamaliikenteen kasvukertoimena on käytetty liikenneviraston tieliikenne-ennusteessa erikseen Helsingin seudulle määritettyä kasvukerrointa.

Balansointia varten ennustemenettely tuottaa taulukossa 1 kuvatuilla tuotuskertoimilla kunkin aikajakson ajoneuvoluokittaiset liikennetuotokset. Aikajaksojen osuuksien vuorokausiliikenteestä oletetaan pysyvän nykytilannetta vastaavina.

Ennustematriisien tuottamisessa käytetty balansointimenettely voi aiheuttaa ongelmia alueilla, joiden tuotos muuttuu merkittävästi. Tästä syystä merkittävästi muuttuville (tuotos muuttuu yli viisinkertaiseksi) alueille tuotetaan balansoitavaan matriisiin liikennetuotos, joka suunnataan ennustealueen keskimääräisen nykyisen suuntautumisen mukaisesti. Alueen sisäiseksi liikenteeksi jätetään 5 % tuotoksesta, mikä vastaa keskimääräistä sisäisen liikenteen osuutta nykytilamatriiseissa.

Balansointimenettelyllä tuotettavan tavaraliikenteen kysynnän lisäksi ennustemenettely tuottaa pääkaupunkiseudun jätekuljetukset. Jätekuljetusten tuotokset on laskettu seuraavilla oletuksilla:

- 250 kg jätettä/asukas/vuosi
- 50 kg jätettä/työpaikka/vuosi.
- Pakkaavan jäteauton keskipaino 8 tonnia.

Tavaraliikenteen ennustemenettelyn lähtötiedoissa annetaan jätekuljetusten suuntaamista varten erikseen Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen ja Vantaan jätevoimalan osuudet jätteiden määräpaikkoina. Jatkossa voidaan tarvittaessa lisätä myös muita määräpaikkoja. Jätekuljetukset lisätään ennen sijoittelua perävaunuttomien kuorma-autojen matriiseihin. Jätekuljetusten tuntiliikenneosuuksien on oletettu vastaavan muun raskaan liikenteen tuntiliikenneosuuksia.

## Lähdeluettelo

Elolähde, Timo; Supponen, Atte; Holm, Markus & Niinikoski, Miikka (2016). *Liikennejärjestelmämallit 2012*. Osa D julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2014*. HSL:n julkaisuja 22/2016, Helsinki.

INRO Consultants Inc. (1998). *EMME/2 User's Manual, Software Release 9*. Montreal 1998.

Niinikoski, Miikka (2011). *Tavaraliikenteen kysyntämatriisit*. Osa B julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010*. HSL:n julkaisuja 33/2011, Helsinki.

Ristikartano, Jukka; Ikkonen, Pekka; Tervonen, Juha & Lapp, Tuomo (2014). *Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2014.





HSL:n julkaisuja 21/2016

ISSN 1798-6184 (pdf)

ISBN 978-952-253-296-1 (pdf)



HSL Helsingin seudun liikenne  
Opastinsilta 6A, Helsinki  
PL 100, 00077 HSL  
puh. (09) 4766 4444  
etunimi.sukunimi@hsl.fi



HRT Helsingforsregionens trafik  
Semaforbron 6 A, Helsingfors  
PB 100 • 00077 HRT  
tfn (09) 4766 4444  
fornamn.efternamn@hsl.fi