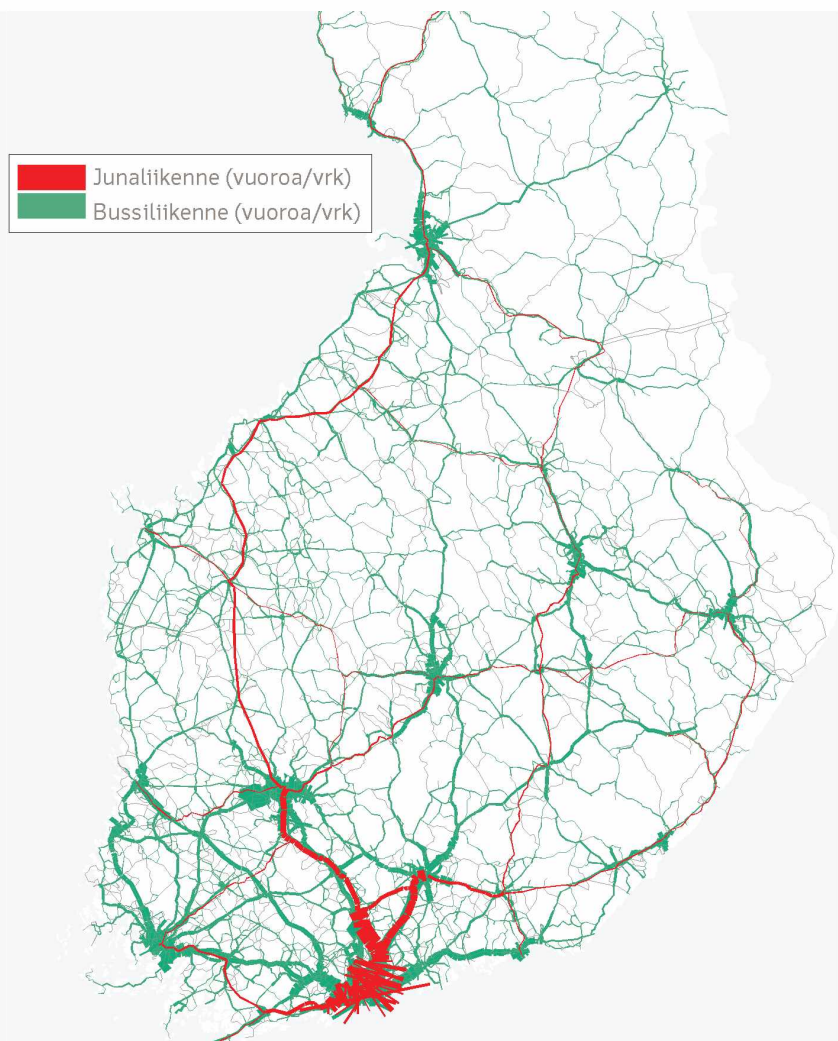


Valtakunnalliset liikenneverkkokuvaukset ja kysyntätiedot liikenne-ennustetarkasteluihin



Paavo Moilanen, Miikka Niinikoski,
Osmo Salomaa, Ville Koponen, Taina Haapamäki

Valtakunnalliset
liikenneverkkokuvaukset ja kysyntätiedot
liikenne-ennustetarkasteluihin

Kannen kuva: Bussi- ja junaliikenteen tarjonta

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISBN 978-952-255-284-6

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

Paavo Moilanen, Miikka Niinikoski, Osmo Salomaa, Ville Koponen, Taina Haapamäki. Valtakunnalliset liikenneverkkokuvaukset ja kysyntätiedot liikenne-ennustetarkasteluihin. Liikennevirasto, liikennesuunnitteluosasto, matkat ja kuljetukset. Helsinki 2013. 49 sivua ja 4 liitettä. ISBN 978-952-255-284-6.

Avainsanat: liikennejärjestelmä, liikenneverkko, strategiset liikennemallit, liikenne-ennusteet

Tiivistelmä

Verkollisia liikenne-ennusteita laaditaan liikenne-ennusteohjelmistoilla, joiden lähtötietoina tarvitaan liikennejärjestelmän kuvaus sekä liikenteen määrä matkojen lähtö- ja määräpaikkojen välillä. Tässä työssä on kehitetty valtakunnalliset verkkokuvaukset ja liikennevirtamatriisit liikenneviraston tarpeisiin. Työ perustuu vuonna 2011 valmistuneeseen esiselvitykseen *Liikenteen strategiset mallit Liikennevirastossa*.

Paikkatietomuotoisesta aineistosta tuotettiin sekä liikenneverkon ja että joukkoliikennetarjonnan kuvaukset Emme -liikennesijoitteluohjelmassa tehtävää mallinnusta varten. Verkkokuvaus sisältää teiden, rautateiden, vesiväylien ja lentoliikenteen valtakunnalliset yhteydet sekä näitä yhdistävät kytkennät. Tieverkon yksinkertaistamiseksi ja yhtenäistämiseksi verkosta on poistettu vähäliikenteiset tiet ja yksittäisiä osuuksia yhdistetty pidemmiksi kokonaisuuksiksi.

Verkkokuvaus on tehty vuoden 2011 kuntajaon tarkkuudessa. Kuntakeskukset (327 kpl) on kuvattu verkkoon liikenteen syöttöasteina. Ulkoisen liikenteen syöttöasteina on kuvattu tärkeimmät maaraja-asetat (29 kpl) sekä yksi syöttöaste Itämerelle.

Verkkokuvaukseen yhdistetty joukkoliikenteen yksinkertaistettu vuorovälipohjainen juna- ja bussiliikenteen kuvaus on muodostettu matka.fi tietokannasta poimituista syksyn 2011 aikataulutiedoista aikaväliltä 15.9.2011–30.12.2011. Verkkoon kuvatut lentoreitit kuvaavat tarjontaa puolestaan syksyn 2011 tilanteesta.

Henkilöliikenteen virtatiedot kuvaavat matkojen määrää kuntien (2011 kuntajako) välillä. Virrat on kuvattu pääkulkumuodoittain ja viidessä matkaryhmässä. Matriisien tuottamisessa käytettiin ns. bayesilaista matriisitasaotusta, jossa mallinnettua ja valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen (2010–2011) virtatietoa yhdistellään mahdollisimman luotettavan ja kattavan kuvauksen aikaansaamiseksi, sillä liikennetutkimuksen otoksessa ei ole riittävästi kuntien välisiä matkahavaintoja. Maakuntien väliset matkat vastaavat kuitenkin henkilöliikennetutkimusta. Tavaraliikenteen osalta on koottu saatavilla olevat kulkumuotokohtaiset kokonaisvirtatiedot. Virtatiedot on lopuksi sijoitettu verkoille ja tuloksia on verrattu muihin lähteisiin. Raportissa on myös hahmoteltu jatkokehitystarpeita.

Yksityiskohtaiset Emme-aineistot ja tämä tekninen dokumentointiraportti ovat yleisesti saatavilla ja ovat tarkoitettut erityisesti asiantuntijakäyttöön. Eri paikkatietoaineistoista yhdistelty verkkokuvaus on sellaisenaan käytettävissä liikenteen mallintamisen tarjontatietona myös muissa paikkatietopohjaisissa sovelluksissa. Nykytilanteen liikennevirtatietojen avulla liikenneverkkojen kuvausta voidaan käyttää erilaisissa valtakunnallisissa liikennejärjestelmätarkasteluissa.

Esipuhe

Verkollisissa liikennetarkasteluissa käytetään Suomessa yllensä Emme-liikenne-ennusteohjelmistoa, jonka keskeisinä lähtöaineistoina ovat eri liikennemuotojen liikenneverkko- ja linjastokuvaukset sekä liikennekysyntää kuvaavat liikennevirtamatriisit. Tässä selvityksessä on tuotettu eri käyttötarpeita palvelevia valtakunnallisia aineistoja valtakunnallisten liikennetarkastelujen pohjaksi. Työ kuuluu Liikennejärjestelmän asiantuntijapalvelujen puitesopimuksen osa-alueeseen 3 ”Liikennejärjestelmän toimivuus ja turvallisuus” ja sen alakohtaan ”Liikenteen mallintaminen ja toimivuustarkastelut”.

Kaikki liikennemuodot kattavat yhtenäiset tarjonta- ja kysyntäkuvaukset tukevat suunnittelun liikennejärjestelmänäkökulmaa.

Valtakunnallisten liikenneverkko- ja kysyntätietojen laatimiseen liittyy monia teknisiä yksityiskohtia. Tämä tekninen raportti on tarkoitettu lähinnä asiantuntijakäyttöön.

Selvityksen ohjausryhmään Liikennevirastosta ovat kuuluneet Harri Lahelma ja Reijo Prokkola.

Selvityksen on laatinut Strafica Oy, jossa työstä ovat vastanneet Paavo Moilanen, Miikka Niinikoski, Osmo Salomaa, Ville Koponen ja Taina Haapamäki.

Helsingissä huhtikuussa 2013

Liikennevirasto
Liikennesuunnitteluosasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	6
2	TARJONNAN KUVAUS	7
2.1	Lähtökohdat.....	7
2.2	Verkkojen muodostamisen periaatteet	8
2.2.1	Yleistä 8	
2.2.2	Maantieverkko.....	9
2.2.3	Rataverkko.....	13
2.2.4	Vesiväylät	15
2.2.5	Lentoliikenteen verkko	16
2.3	Verkkojen tietosisältö	17
2.4	Joukkoliikennelinjasto	20
2.4.1	Joukkoliikennelinjaston lähtökohdat	20
2.4.2	Juna- ja bussiliikenteen tarjonnan muodostaminen	21
2.4.3	Lentoliikenteen tarjonta.....	25
3	KYSYNTÄMATRIISIEN MUODOSTAMINEN.....	26
3.1	Tavoitteet.....	26
3.2	Lähtöaineistot ja menetelmät	27
3.2.1	Lähtöaineistot.....	27
3.2.2	Tuotosmallit ja synteettisten matriisien muodostaminen	27
3.2.3	Bayeslainen matriisitarkennus.....	28
3.3	Alueellinen esimerkki matriisin muodostamisesta.....	29
3.4	Matriisien matkamäärät	36
3.4.1	Henkilöliikenteen kysyntä	36
3.4.2	Tavaraliikenteen kysyntä.....	37
4	LIIKENTEEN SIOITTELU JA AINEISTOJEN VALIDOINTI	38
4.1	Verkkojen yhdistävyys.....	38
4.2	Autoliikennesijoittelu	38
4.3	Joukkoliikenne	40
4.4	Tavaraliikenteen sijoittelu	45
5	JATKOKEHITYSTARPEET	46
5.1	Aineiston hallinnointi	46
5.2	Aluejaon kehittäminen	46
5.3	Tietolähteiden täydennysmahdollisuuksien selvittäminen.....	46
5.4	Inspire-verkkojen kehitystyön huomioiminen	46
	LÄHDELUETTELO	49
	LIITTEET	
Liite 1	Tuntiliikenteen sijoittelun tiedot autoliikenteelle	
Liite 2	Lähtöaineistojen tietosisältö	
Liite 3	Bayesilainen matriisitarkennus	
Liite 4	Kysyntämatriisit	

1 Johdanto

Valtakunnallisten liikennemallien verkkokuvausten ja liikennevirtamatriisien laatimien lähtökohtana on vuonna 2011 valmistunut esiselvitys *Liikenteen strategiset mallit Liikennevirastossa*. Esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa ja analysoida Liikenneviraston käytössä olevat ja kiinnostavimmat ulkomailla käytössä olevat liikennemallit, tunnistaa malleilla tuotettavien tietojen käyttötarpeet Liikenneviraston toiminnassa sekä suunnitella tarkoituksenmukainen ja kustannustehokas ratkaisu liikennemallien kehittämiseksi.

Lopputuloksena oli suunnitelma malliprojektien rakenteesta ja arvio kehittämistyön aikataulusta, resurssitarpeesta ja sekä mallien käytön ja ylläpidon organisoinnista. Työn tuloksena esitettiin mallitarpeiden tyydyttämiseksi seuraavia osaprojekteja:

- **H1: Henkilö/tavaraliikenteen nykytilanteen tarjonta- ja henkilöliikenteen kysyntätiedon kokoaminen.**
- H2: Paikkatietopohjaiset liikkumistunnuslukujen vyöhykemenetelmät.
- H3: Henkilöliikennekysynnän ja liikennemuotojen pelkistetty ennustemalli.
- **T1: Tavaraliikenteen tarjonta: verkot ja palvelut.**
- **T2: Tavaraliikenteen nykytilan kysyntätietojen kokoaminen.**
- Y1: Mallitulospankki ja nettikäyttöliittymä.
- Y2: Kokonaisuuden hallinta ja kansainvälisten know-how:n kehittymisen seuranta.

Tämä työ kattaa osaprojektit H1, T1 ja T2 liikenneverkkokuvausten sekä henkilöliikenteen palveluiden osalta. Liikennevirtamatriisien tuottaminen käsittää sekä matkaryhmittäisten/kulkumuotokohtaisten henkilöliikenteen että tavaraliikenteen kulkumuotokohtaisten nykytilamatriisien tuottamisen.

Verkkokuvausten laatimistyön tavoitteena on ollut muodostaa päivitetty liikenteen tarjontamalli, joka teknisesti vastaa mahdollisimman hyvin Liikenneviraston eri käyttötarpeita ja tehtäviä liikennejärjestelmän kokonaisuuden kannalta. Työn tuloksena on yhtenäinen kuvaus eri liikennemuotojen verkoista ja niitä yhdistävistä kytkennöistä. Eri paikkatietoaineistoista yhdistelty aineisto on sellaisenaan käytettävissä liikenteen mallintamisen tarjontatietona monissa paikkatietopohjaisissa sovelluksissa. Paikkatietomuotoisesta aineistosta on tuotettu työn lopputuloksena liikenneverkon ja joukkoliikennetarjonnan kuvaukset Emme -ohjelmassa tehtävää mallinnusta varten.

Verkkokuvauksen laatimisen toisena tavoitteena oli muodostaa menetelmä, jonka avulla verkkokuvaukset voidaan jatkossa päivittää pienellä työmäärällä Liikenneviraston tietokannoista.

Liikenteen kysyntäkuvausten laatimisen tavoitteena on ollut muodostaa tehokkaasti olemassa olevista aineistoista strategisissa malleissa käyttökelpoinen valtakunnallisen liikenteen nykytilan kysyntäaineisto. Työn tuloksena tuotetaan kuntien välisen tavara- ja henkilöliikenteen eri liikennemuotojen valtakunnalliset virrat henkilö- ja tonnimatriiseina. Näitä vastaavat ajoneuvomatkat muodostetaan keskikuormitusta kuvaavilla kertoimilla. Lopputuloksena syntyvät matriisit ovat yhdessä liikenneverkkojen ja niiden dokumentoinnin kanssa käytettävissä nykytilanteen valtakunnallisiin liikennetarkasteluihin ja valtakunnallisten liikenne-ennusteiden lähtökohtana.

2 Tarjonnan kuvaus

2.1 Lähtökohdat

Verkkokuvausten laatimisen tavoitteena on ollut muodostaa kaikkien liikennemuotojen verkkojen ja henkilöliikenteen palveluiden kuvaus. Työn lopputuloksena on Emme-liikenneverkko-ohjelman lisenssikoon 6 laajuinen valtakunnallinen liikenneverkkoaineisto. Lisenssikoon 6 rajoittavat tekijät ovat seuraavat:

- 15 000 solmua (sentroidit mukaan lukien).
- 48 000 yksisuuntaista linkkiä.
- 6 000 joukkoliikennelinjaa.
- 240 000 linjasegmenttiä (linkkejä x niillä kulkevia joukkoliikennelinjoja).

Tuotettu kuvaus sisältää yksinkertaistetut liikennemuotokohtaiset verkot, näitä yhdistävät terminaalien kautta kulkevat yhteydet sekä mallin kuntajakoa vastaavat sentroidit¹ (kuntakeskukset) ja näiden kytkennät verkkoon. Verkkoon kuvataan lisäksi joukkoliikennepalvelut arkivuorokauden tasolla.

Liikenneverkkokuvausta muodostettaessa on käytetty hyväksi Emme-ohjelman ominaisuutta, jolla linkkeihin voidaan liittää muotopisteitä. Muotopisteiden käyttö parantaa verkon havainnollisuutta aiempiin valtakunnallisiin verkkokuvauxsiin verrattuna. Näin on kyetty vähentämään myös verkon solmujen ja linkkien määrää.

Mallin aluejako on otettu vuoden 2011 kuntajako, joka vastaa henkilöliikenteen kysyntämatriisien tuottamisen lähtökohtana olevan valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen aineistojen tilannetta. Jatkossa aineistoista voidaan tehdä myös tarkempia ja karkeampia aluejakohierarkioita liikenteen sijoittelua ja kysyntämalleja varten.

Väylien sijainti on kuvattu KKJ3-kaistan koordinaattijärjestelmässä, koska lähtöaineiston matka.fi -tietokannassa pysäkkien tiedot ovat tässä koordinaatistossa. Lopullinen tietokanta voidaan kääntää jatkossa ETRS-TM35FIN koordinaattijärjestelmään, johon Maanmittauslaitos on siirtynyt vuonna 2010.

Verkkokuvausten muodostamisessa on hyödynnetty seuraavia lähtöaineistoja:

- Tieverkko:
 - Tierekisteri (21.3.2012) väyläkohtaiseen geometriatietoon liitettynä, palvelutiedoston kuvaus on esitetty liitteessä 2.
 - Tierekisterin solmutiedot (eritasoliittymien sijainnit).
- Rataverkko:
 - Geometria paikkatietomuodossa (ratapurkki.shp).
 - TENtec -tietokanta (rataverkon ominaisuustietoja).
 - RHK:n rautatieliikenteen Emme-malli (asemien sijainnit).
 - Tavari liikenteen liikennepaikat (erillinen excel-tiedosto).

¹ Sentroidilla tarkoitetaan Emme-liikennesijoitteluohjelman osa-alueen keskuksen sijaintia, josta liikennevirran (eli osa-alueiden välisten matkojen) oletetaan lähtevän tai saapuvan.

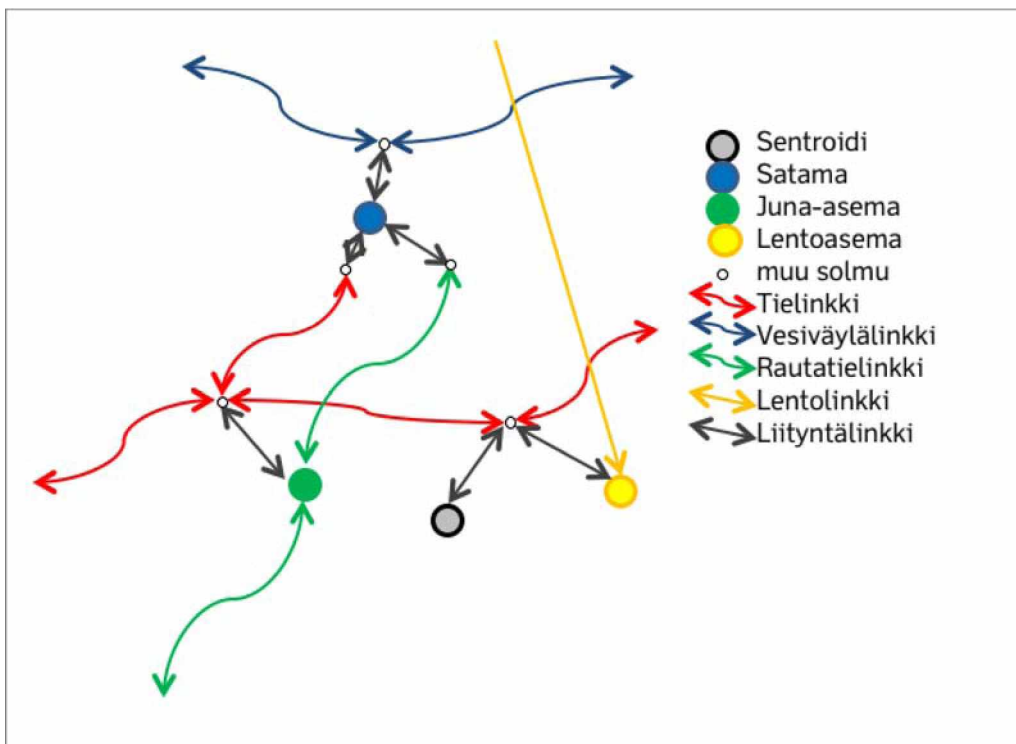
- Vesiväylät:
 - Navigointilinjat (navigline_l.shp).
- Lentoliikenne:
 - Lentoasemat (Finavian tilasto).
- Joukkoliikennetarjonta:
 - Matka.fi -koontikanta (tarjonta 15.09.2011–31.12.2011).
 - Kotimaan lentoliikenteen tarjonta lentoaikatauluista (syksy 2011).

2.2 Verkkojen muodostamisen periaatteet

2.2.1 Yleistä

Emme-ohjelman liikenneverkkokuvaus muodostuu solmuista ja linkeistä. Kukin linkki liittyy kahteen solmuun. Linkit ovat yksisuuntaisia ja kunkin solmuparin välillä voi olla enintään kaksi linkkiä (yksi kumpaankin ajosuuntaan). Vastakkaisuuntaisten linkkien tiedot voivat poiketa toistaan. Linkin ominaisuustiedot ovat koko linkillä samat, eli mallin kannalta olennaisen ominaisuustiedon muuttuessa solmu katkaisee linkin. Solmuun voi liittyä monta linkkiä. Solmu sisältää tiedon siihen liittyvien linkkien välisistä yhteyksistä (mukaan lukien mahdolliset kääntymiskiellot).

Muodostettu verkkokuvaus sisältää teitä, rautateitä, vesiväyliä ja lentoliikenteen yhteyksiä kuvaavat linkit sekä näitä yhdistävät liityntälinkit. Liityntälinkit yhdistävät eri liikennemuotojen verkkoja vain erikseen määrätyissä solmuissa: satamissa, juna-asemilla, rautateiden tavaraliikennepaikoilla sekä lentoasemilla. Liikennekysyntä syötetään verkolle mallin alueita vastaavien sentroidien kautta. Verkkoon kuvataan liikenteen mallintamisen kannalta olennaiset ominaisuustiedot. Verkkokuvauksen periaate on esitetty yksinkertaistettuna seuraavassa kuvassa.



Kuva 1. Verkkokuvauksen periaate.

Verkkojen alkuperäinen geometriatieto pyritään säilyttämään myös Emmeen vietävässä aineistossa. Geometriaa kuvaavat muotopisteet säilytetään erillisessä tiedostossa, joten aiemmissa ohjelmaversioissa väylien geometrian säilyttämiseksi tarvittuja linkkien katkaisuja ei tarvita.

Aineisto sisältää seuraavat erilliset pistemäiset sentroidit ja terminaalit:

- kuntakeskukset (327 kpl, vuoden 2011 kuntajako)
- raja-asemat (29 kpl)
- ulkoisen meriliikenteen syöttöpiste Itämerellä
- rautatieasemat ja tavaraliikennepaikat (349 kpl)
- satamat (81 kpl)
- lentoasemat (27 kpl).

Sentroidien ja terminaalisolmujen lisäksi lähtötietoaineisto sisältää eritasoliittymien sijainnit, jotka kuvataan tieverkon solmupisteinä.

Linkkien ja solmujen ominaisuustiedot on esitetty kohdassa 2.3. Verkkoon on valittu ominaisuustietoja, jotka ovat tarpeellisia liikenteen sijoittelun tekemiseksi sekä nykyisiä liikennemäärätietoja.

Osaa kuvaukseen suunnitelluista tiedoista ei ole ollut saatavilla kattavasti lähtöaineistoissa. Tietoja on täydennetty ja korjattu kuvaukseen osittain käsin. Jatkossa tiedot saadaan kattavasti suoraan Liikenneviraston ylläpitämistä tietokannoista ja näistä muodostettavasta Inspire-direktiivin mukaisesta koontitietokannasta (ks. luku 5).

2.2.2 Maantieverkko

Verkkokuvauksen tuottamisessa on hyödynnetty tierekisterin vuoden 2012 alun tilannetta. Lähtökohtana käytetyn palvelutiedoston (21.3.2012) kuvaus on esitetty raportin liitteessä 2. Tierekisterin tiedot on toimitettu väyläkohtaiseen geometriatietoon liitettyinä. Aineisto sisältää 19 544 kaksisuuntaista tielinkkiä. Tielinkkien määrä mahtuisi sellaisenaan Emmen lisenssikokoon 6 ja muiden liikennemuotojen verkkojen kuvaukselle jäisi vielä riittävästi tilaa. Rajoittavaksi tekijäksi tulisi kuitenkin joukkoliikenne-segmenttien määrä, minkä vuoksi tieverkon kuvausta on jouduttu yksinkertaistamaan.

Tieverkon lähtökohtana olleet tiedot vastaavat aiemmissa verkkokuvauksissa käytettyjä tietoja. Aineisto sisälsi puutteita, jotka ainakin osin johtuvat tierekisterin päivitykseen liittyneistä ongelmista. Helposti havaittavia puutteita olivat useiden kilometrien pituisten päätiejaksojen puuttuminen aineistosta. Lisäksi aineistosta puuttui lyhyempiä, muutamien satojen metrien pituisia osuuksia, joiden havaitseminen ennen liikenteen sijoittelua verkolle on vaikeaa. Tyypillisesti lyhyet katkokset sijaitsivat yksiajorataisten teiden liittymien kohdalla olevilla kaksiajorataisilla jaksoilla. Puutteet saattavat osin liittyä palvelutiedoston irrotukseen tai tietojen liittämiseen väylä-geometriaan. Tieverkon lähtötietojen havaittuja virheitä on korjattu näin ollen jonkin verran käsin lähtöaineistoon ja lopulliseen Emme-verkkoon.

Tierekisterin linkkitietojen lisäksi työssä on hyödynnetty tierekisterin solmutietoja, joiden perusteella on verkkoon kuvattu eritasoliittymien sijainnit. Eritasoliittymät on säilytetty solmupisteinä verkossa, vaikka niihin liittyvät tiet karsiutuisivat.

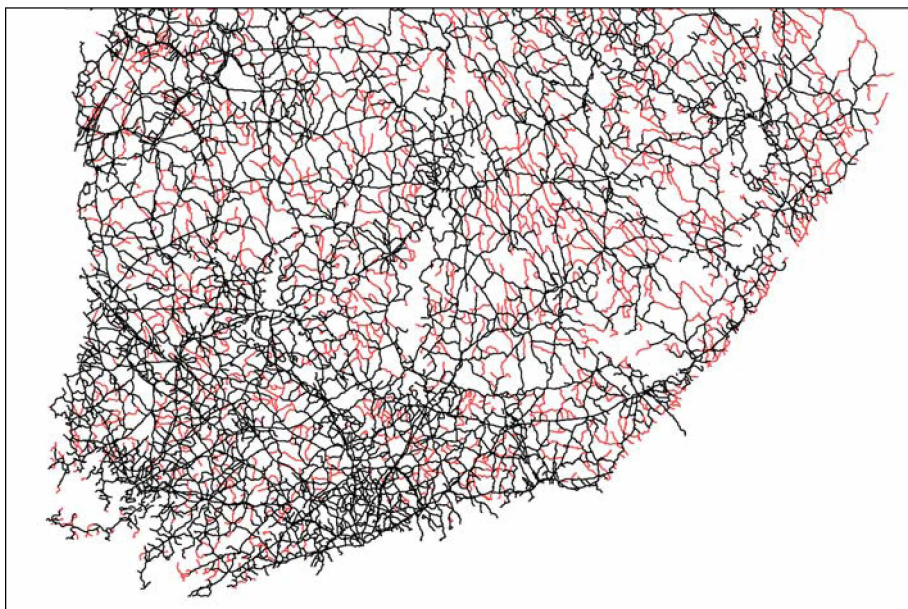
Liittymiin ei ole kuvattu mahdollisia puuttuvia tai kiellettyjä kääntymissuuntia. Kääntymisrajoitusten pois jättämisellä on pyritty varmistamaan verkon yhdistävyys, koska verkko ei sisällä kattavasti eritasoliittymistä mahdollisesti puuttuvia kääntymissuuntia täydentävää alemmaa tieverkkoa ja katuverkkoa.

Tieverkon yksinkertaistamiseksi on verkosta poistettu ensimmäisessä vaiheessa vähäliikenteiset tieosat. Tämän jälkeen tieverkkoon on liitetty sentroidit ja terminaalisolmut. Jäljellä olevat linkit on yhdistelty siten, että vain olennaisten ominaisuuksien muutoskohdat tai liittymät katkaisevat linkin. Tässä vaiheessa valtakunnan verkossa vain tienumeron, väylätyypin tai kaistamäärän muutoksen on määritelty katkaisevan linkin. Muut ominaisuustiedot keskimääräistetään yhdistetyille linkille. Mikäli verkko tuotetaan vain rajatulle alueelle tai Emmen suurempaan lisenssikokoon, voidaan linkejä jakaa verkon tuottamismenetelmän ansiosta jatkossa myös muiden ominaisuuksien perusteella.

Linkkien karsimisen ja yhdistelyn jälkeen verkosta on poistettu turhat tieverkon osat-linkit, jotka eivät johda mihinkään (päätyvät linkit, joiden päässä ei ole sentroidia tai terminaalia) tai jotka ovat hitaampia yhteyksiä toisen tieverkon linkin päätepisteiden välillä. Tarkemmin maantieverkon yksinkertaistaminen on kuvattu seuraavassa.

Karsinta liikennemäärän perusteella

Tieverkosta on poistettu ne yhdystieverkon linkit, joiden keskimääräinen arkivuorokausiliikenne (KAVL) on pienempi kuin 100, mutta suurempi kuin 0. Osalla verkosta KAVL on 0 vaikka ne ovat olennaisia osia verkkoa (esim. katulinkeä). Valta-, kanta- ja seututiet sisältyvät verkkoon kokonaisuudessaan. Liikennemääräkriteerin perusteella karsittava tieverkko on esitetty Etelä-Suomen osalta alla olevassa kuvassa.



Kuva 2. Liikennemääräkriteerin (KAVL<100) perusteella karsittu tieverkko (punaisella), Etelä-Suomi.

Sentroidien ja terminaalien liittäminen verkkoon

Kaikista sentroidi- ja terminaalisolmuista on yhteys tieverkolle. Kuntasentroidit, raja-asetat, lentoasetat, juna-asetat ja satamat on liitetty automaattisesti lähimpään tieverkon solmuun erillisellä liityntälinkillä.

Sentroidien ja terminaalien paikat on lähtöaineistossa pyritty kuvaamaan siten, että automaattinen yhdistely tuottaisi mahdollisimman hyvin todellisia yhteyksiä kuvaavan tilanteen. Osaa kytkennöistä on kuitenkin jouduttu korjaamaan vielä verkkojen testauksen yhteydessä.

Tielinkkien yhdistely

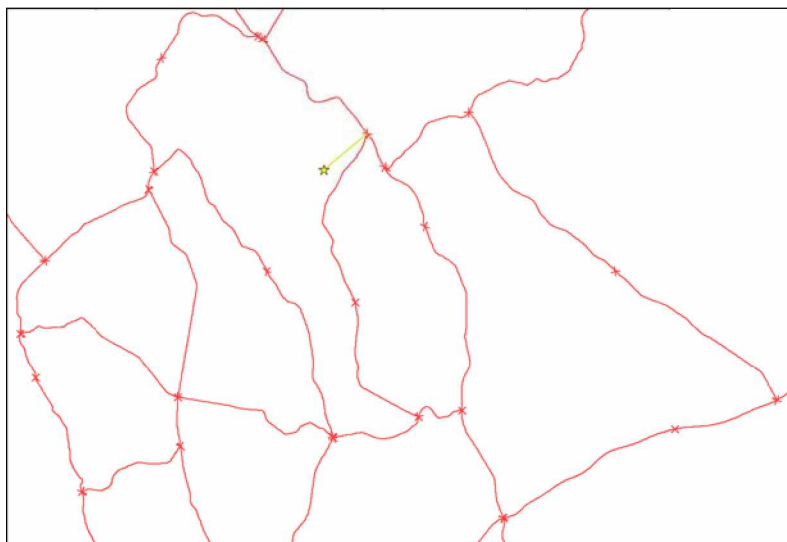
Peräkkäiset tieverkon linkit on yhdistetty toisiinsa siten, että jokaista tielinkin päätepistettä on verrattu muiden tielinkkien ja liityntälinkkien päätepisteisiin ja viereisiin linkkeihin. Linkit on yhdistetty, jos

- päätepisteen lähellä on vain yhden toisen tielinkin päätepiste ja päätepisteen lähellä ei ole liityntälinkin päätepistettä (eli kyseessä ei ole liittymä),
- päätepiste ei ole erikseen määritellyn eritasoliittymäsolmun lähellä (vaikka verkossa ei olisi kuvattuna eritasoliittymään johtavaa muuta linkkiä) ja
- linkin tienumero, kaistamäärä tai väylätyyppi ei muutu.

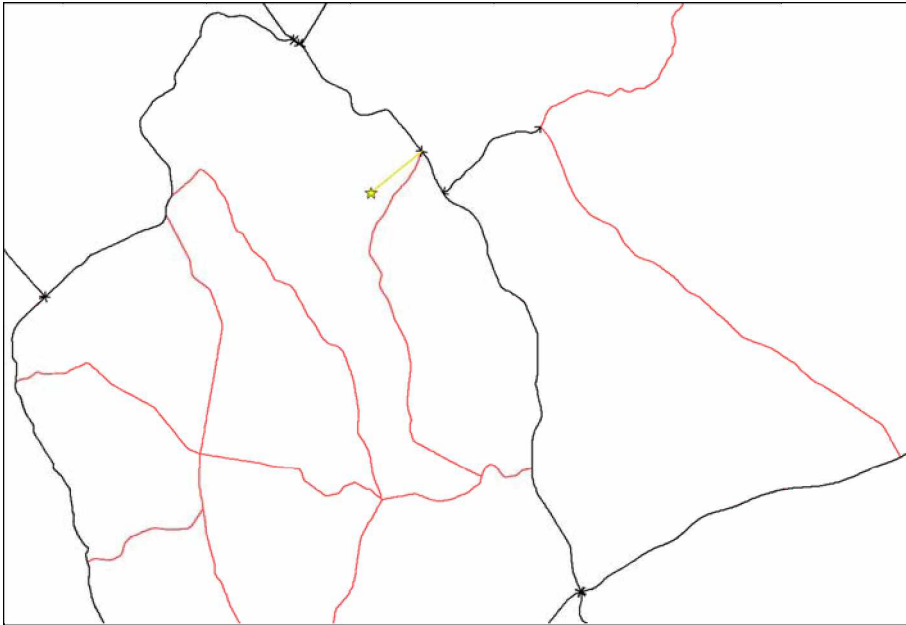
Lähtötietoverkko ei kaikissa liittymissä ole yhtenäinen. Linkkien yhdistävyyden määrittelemiseksi ei ole voitu tästä syystä käyttää tarkkoja koordinaattitietoja, vaan kunkin linkin päätepistettä on tästä syystä verrattu 50 metrin etäisyydellä sijaitseviin muiden linkkien päätepisteisiin. Raja-arvona käytetty etäisyys on haettu kokeilemalla.

Lähtöaineistossa yksi eritasoliittymä saattaa sisältää useampia liittymäsolmuja. Lähellä toisiaan (< 150 m) sijaitsevat erilliset eritasoliittymäsolmut on verkkomallissa yhdistetty yhdeksi solmuksi.

Jäljelle jääviin linkkien päätepisteisiin, joissa ei sijaitse valmista sentroidi-, terminaali-, tai eritasoliittymäsolmua, on muodostettu uusi tieverkon solmupiste. Linkkijako ennen linkkien karsintaa ja yhdistelyä ja sen jälkeen on esitetty kuvissa 3 ja 4.



Kuva 3. Verkko ja linkkijako ennen linkkien karsintaa ja yhdistelyä (sentroidin kytkentä keltaisella).



Kuva 4. Yhdistetty (musta) ja karsittu (punainen) tieverkko.

Turhien tielinkkien poistaminen

Tieverkon muodostamisen viimeisenä vaiheena on poistaa turhat tielinkit. Turhiksi linkeiksi on katsottu sellaiset tielinkit, joille ei sijoittelussa voi hakeutua liikennettä. Tällaisia ovat linkit, joiden toisesta päätepisteestä ei löydy joko toista tietä tai liittytälinkkiä esimerkiksi sentroidiin. Turhan linkin poistamisen jälkeen on vielä tarkistettu, voidaanko linkit yhdistää poistuvan liittymän kohdalla.

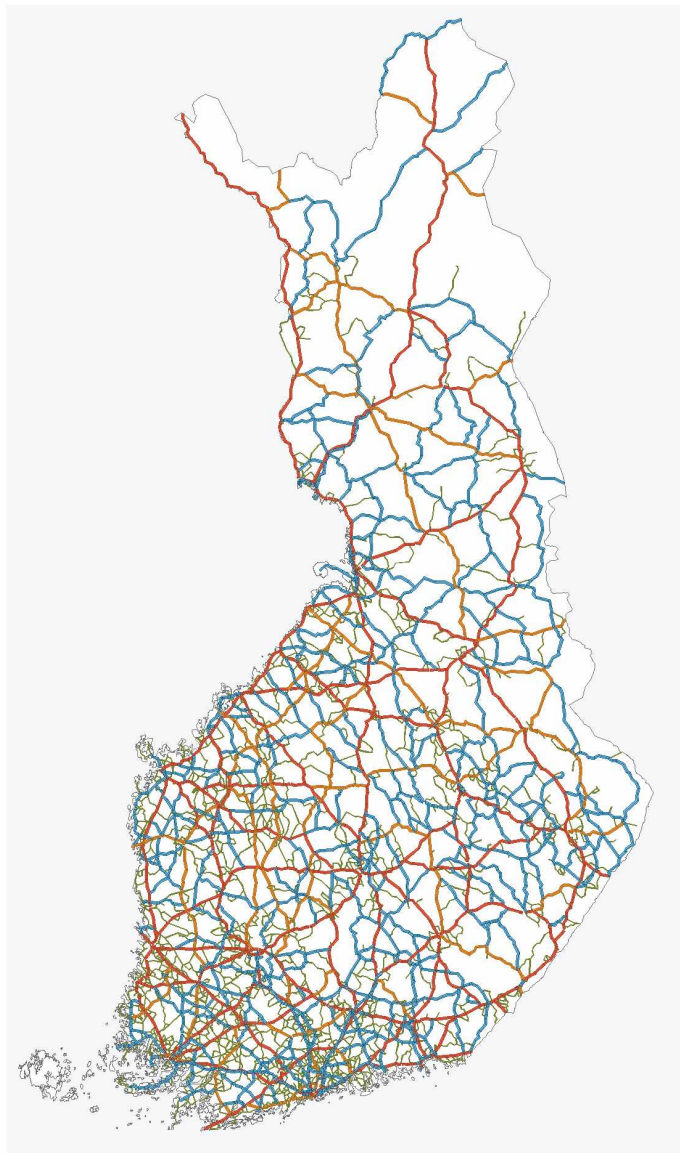
Päätyvien tielinkkien lisäksi on poistettu tielinkit, joiden

- molemmat päätepisteet ovat samat kuin jollain toisella linkillä ja
- matka-aika on pidempi kuin toisella samojen päätepisteiden välisellä linkillä.

Nämä linkit on poistettava, koska kahden solmupisteen välillä ei voi olla kahta samansuuntaista linkkiä.

Tieliikenteen karsitun verkkokuvauksen laajuus on esitetty kuvassa 5. Lopullinen tieverkko sisältää (yksisuuntaisina linkeinä)

- 4302 linkkiä valtateitä (17 544 km),
- 1818 linkkiä kantateitä (9 519 km),
- 4620 linkkiä seututeitä (27 581 km),
- 9608 linkkiä yhdysteitä (44 160 km).



Kuva 5. Tieverkko.

2.2.3 Rataverkko

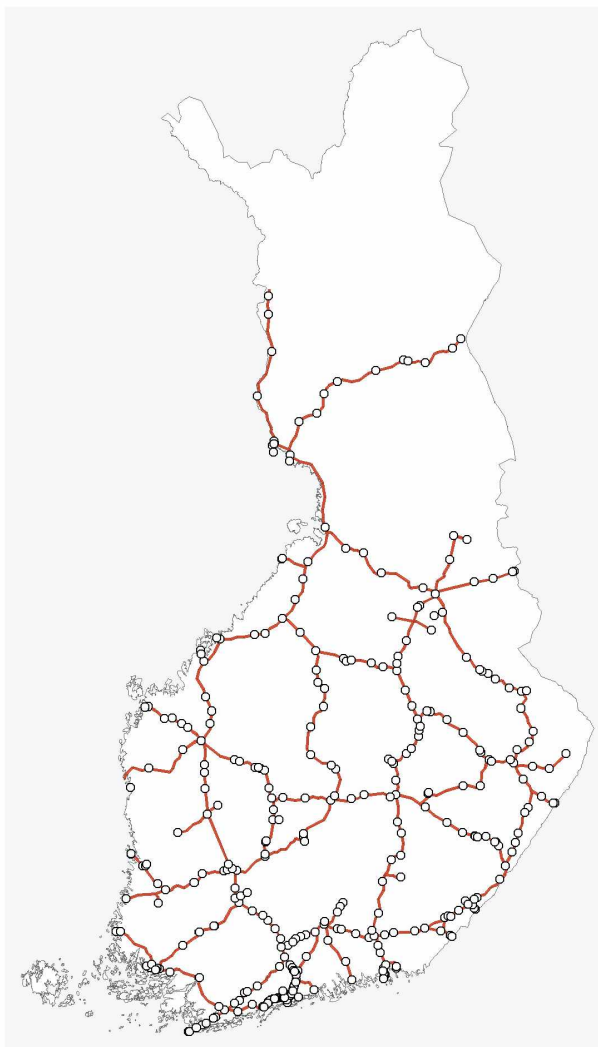
Rataverkon geometriatieto perustuu Liikenneviraston ratapurkkiaineistoon, joka kattaa koko Liikenneviraston hallinnoiman rataverkon. Rataverkkoaineistoon on täydennetty alkuperäisestä aineistosta puuttunut Vuosaaren satamarata. Vastaavasti on aineistosta poistettu puretut Kalasataman ja Länsisataman ratayhteydet sekä Pori–Haapamäki rata. Yksityisistä radoista on verkkoon täydennetty Talvivaaran rata.

Rataverkon geometria koostuu noin kilometrin pituisista rataosista, eikä siihen ole liitetty liikennemallin kannalta tärkeitä ominaisuustietoja. Rataverkon ominaisuustietoja ei tästä syystä ole yhdistetty lähtöaineistona käytettävään paikkatietoon, vaan tarvittavat ominaisuustiedot on liitetty vasta yksinkertaistettuihin Emmeverkkoihin.

Verkkoon on kuvattu vain ne rautatieasemat, joilla on säännöllistä henkilöjunaliikennettä ja tavaraliikennepaikat, jotka sijaitsevat valtion rataverkolla ja ovat olleet viime vuosina käytössä. Esim. yksityisiä teollisuusraiteita ja niiden päissä sijaitsevien teollisuuslaitosten ratapihoja ei ole kuvattu terminaaleina.

Rautatieasemat ja tavaraliikennepaikat on kuvattu verkkoon solmuina, jotka yhdistyvät vähintään yhteen kaksisuuntaiseen ratalinkkiin ja yhteen liityntälinkkiin, joka puolestaan johtaa tieverkkolle. Lisäksi rataverkon liikennepaikkasolmusta voi olla yhteys satamasolmuun.

Liityntälinkit asemilta tieverkkoon on luotu automaattisesti. Varsinkin kaupunkiseutujen lähiliikenteen asemilla kytkentöjen kuvaus ei vastaa tarkasti todellisuutta, koska rautatieasemille johtavat katuyhteydet puuttuvat lähtötietoverkosta. Valtakunnallisella tasolla tehtävissä tarkasteluissa ei karkeasta kuvauksesta kuitenkaan synny tavallisesti ongelmia.



Rautatieverkon yksinkertaistaminen on tehty samalla periaatteella kuin tieverkonkin.

Käytännössä rautatieverkon linkit katkeavat vain asemien, tavaraliikenteen liikennepaikkojen ja rataverkon haarautumiskohtien kohdalla.

Yhdistelty rataverkko-aineisto muodostuu 854 yksisuuntaisesta linkistä, joiden yhteispituus on 11 566 km. Rataverkon laajuus on näin ollen puolet tästä (n. 5 800 kilometriä) ja vastaa siten melko tarkalleen rataverkon tilastoitua pituutta.

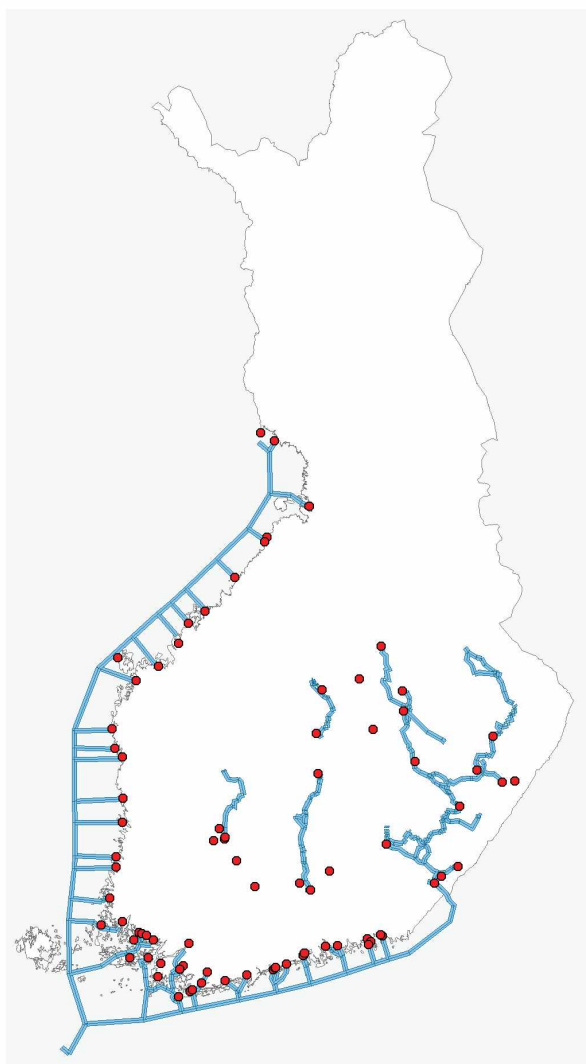
Kuva 6. Rataverkko ja rataverkon liikennepaikat.

2.2.4 Vesiväylät

Vesiväyläverkon lähtökohtana on käytetty navigointilinjoja. Aineisto sisältää väyläluokkien I-III keskilinjat rannikolla ja sisävesillä.

Lähtötietona ollut vesiväyläverkko on rannikolla hyvin tiheä. Valtakunnallisen liikennemallin tarkkuustasossa ei nähty tarpeelliseksi kuvata verkkoon useita vaihtoehtoisia reittejä, vaan verkkoon valittiin vain tärkeimmät satamayhteydet. Mikäli vastaavaa aineistoa käytetään jatkossa nyt muodostetun aineiston päivitykseen, on syytä rajata lähtöaineisto tarkemmin vain niihin väyliin, joilla on merkitystä kauppamerenkulun kannalta.

Vesiväylien kytkennät muiden liikennemuotojen verkkoihin on tehty vain satamien kautta. Jos verkkoa käytetään pohjana uiton mallintamiseen, on verkkoa täydennettävä vesiväylien ja tieverkon välisillä kytkennöillä myös uiton veteenlaskupaikolla.



Verkon alustava karsinta tehtiin käsin, minkä jälkeen jäljelle jääneitä väylälinkejä yhdisteltiin vastaavalla menettelyllä kuin tieverkkoa ja rataverkkoakin. Vesiväyläverkkoa on täydennetty Suomenlahdella ja Pohjanlahdella eri satamista tulevilla väylät yhdistävillä linkeillä.

Verkkoon on kuvattu aiempien tieverkkokuvausten mukaiset satamat. Satamien sijainnit on kuitenkin tarkistettu siten, että ne voidaan mahdollisimman hyvin kytkeä automaattisesti vesiväyliin sekä tie- ja rataverkkoon. Vesiväyliltä on muodostettu liityntälinkit lähimpiin satamasolmuihin ja satamasolmuista edelleen lähimpään tieverkon solmuihin. Rataverkosta liityntälinkki on luotu satamaan, jos rata sijaitsee alle 1 km etäisyydellä satamasta.

Vesiväyliä on verkossa yhteensä 11 644 km (998 linkkiä).

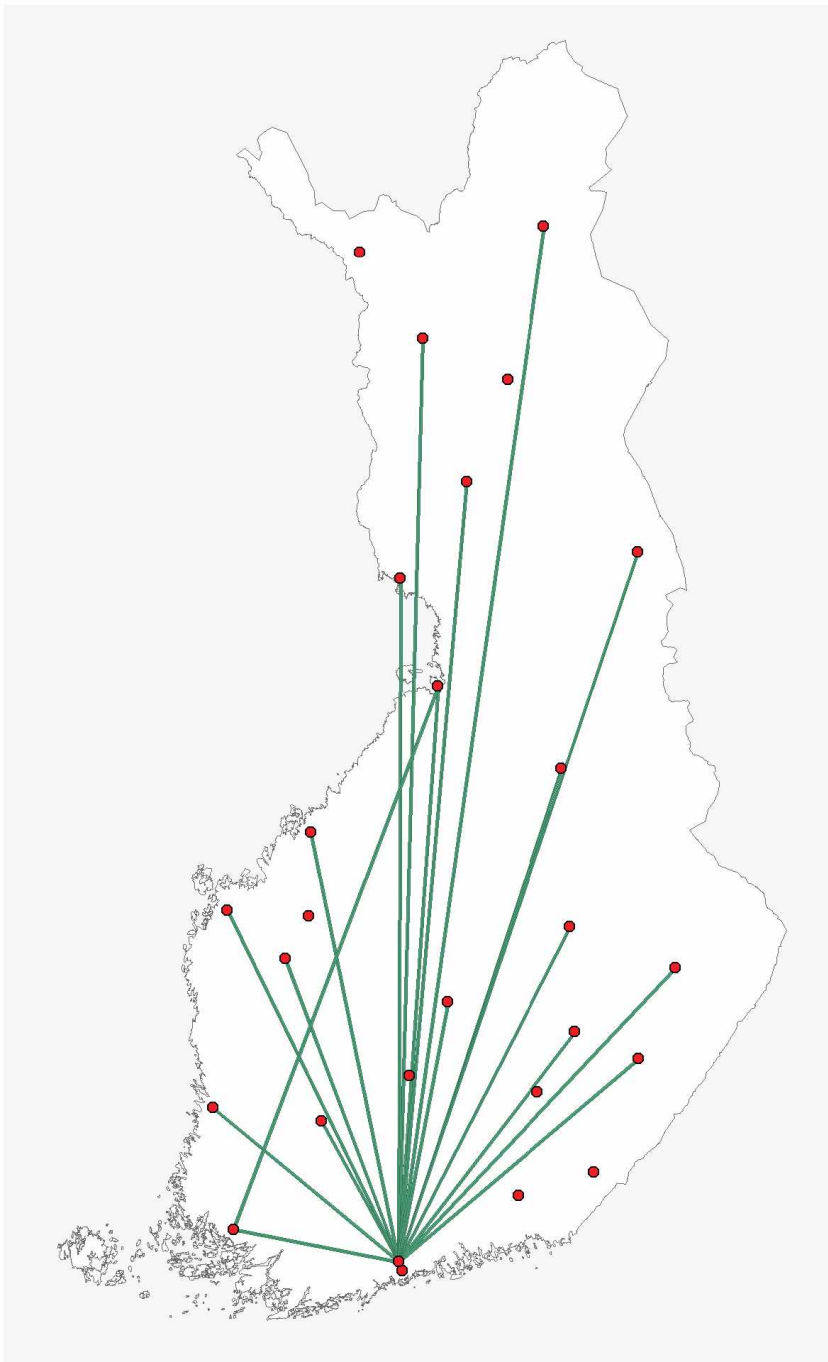
Kuva 7. Vesiväylät ja satamat.

2.2.5 Lentoliikenteen verkko

Lentoliikenteen osalta on verkkoon kuvattu kuvassa 9 esitetyt lentoasemat. Mukana on myös lentokenttiä, joilla ei tällä hetkellä ole säännöllistä matkustajaliikennettä, sekä sotilaskenttiä.

Lentoasemien välille on muodostettu yhteydet vain niille reiteille, joilla on säännöllistä lentoliikennettä. Lentoasemilta on muodostettu liityntälinkit lähimpiin tieverkon solmuihin sekä rataverkon asemasolmuihin, jos ne sijaitsevat alle 1 km etäisyydellä lentoasemasta.

Verkkoon kuvatut lentoasemat ja lentoreitit on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Lentoreitit ja lentoasemat.

2.3 Verkkojen tietosisältö

Muodostettu liikenneverkkokuvaus sisältää yhteensä 356 sentroidia, 8205 solmua (ml. terminaalisolmut) ja 24032 yksisuuntaista linkkiä. Seuraavassa on kuvattu taulukkomuodossa liikenneverkkokuvauksen solmuihin ja linkeille liitetyt ominaisuustiedot.

Linkkien tietoihin on pyritty kokoamaan liikenteen mallintamisen kannalta olennaisia tietoja sekä liikenteen sijoittelutulosten arvioinnissa vertailukohtana käytettäviä nykylähteen liikennemäärätietoja. Alla olevissa taulukoissa on kuvattu myös mistä lähdeaineistosta tieto on saatu ja kuinka linkkien yhdistelyn yhteydessä tehty tietojen keskimääräistäminen on tehty.

Linkeille ei ole valmiiksi laskettu niiden sijainnista kertovia kunta- tai maakuntanumeroita. Sijaintitiedot on kuvattu vain solmuille, joilta ne voidaan tarvittaessa siirtää linkeille.

Taulukko 1. Solmujen tiedot.

kenttä	kuvaus	Selite
i	solmunumero	1 – 999: kuntasentroidit 1000 – 1999: muut sentroidit (esim. raja-asetat) 2000 – 2999: rautateiden liikennepaikat 3000 – 3999: satamat 4000 – 4999: lentoasemat 5000 – 9999: eritasoliittymät 10000 – : muut solmut
xi	x-koordinaatti	Projektio kkj3
yi	y-koordinaatti (kkj3)	Projektio kkj3
ui1	maakuntakoodi	Vuoden 2011 tilanne
ui2	kuntakoodi	Vuoden 2011 tilanne
ui3		

Taulukko 2. Linkkien tiedot.

kenttä	kuvaus	
i	linkin alkusolmu	
j	linkin loppusolmu	
type	linkkityyppi	10: luokittelematon tieverkko 11: 2-kaistainen maantie 12: moottoriliikennetie 13: moottoritie 15: katu 16: lossi/lautta 20: rautatie 30: vesiväylä 40: lentoreitti 50: luokittelematon liityntälinkki 51: sentroidin liityntälinkki
length	linkin pituus (km)	
modes	linkillä sallitut kulutavat	kts. kulutavat
lanes	kaistamäärä	tieverkolla tierekisterin mukainen, muulla verkolla 1
vdf	viivytysfunktio	kts. liikenteen sijoittelu (luku 4)
ul1	viivytysfunktioissa	kts. liikenteen sijoittelu (luku 4)
ul2	käytettävät linkkikohtaiset	
ul3	parametrit	

Taulukko 3. Linkkien ekstra-attribuuttitiedot.

kenttä	kuvaus	tiedon lähtöaineisto	linkkitietojen yhdistely
@cve	liityntäverkon tunniste	liityntälinkeillä 1, muilla linkeillä 0	-
@tieve	tieverkon tunniste	1/0	-
@tieno	tienumero	Tierekisterin kenttä: Tie	muutoskohta katkaisee linkin
@taosa	alkuosan numero	Tierekisterin kenttä: Aosa	minimi yhdistetyistä linkeistä
@taet	alkuosan etäisyys (m)	Tierekisterin kenttä: Aet	minimi yhdistetyistä linkeistä
@tlosa	loppuosan	Tierekisterin kenttä: Losa	maksimi yhdistetyistä linkeistä
@tlet	loppuosan etäisyys (m)	Tierekisterin kenttä: Let	maksimi yhdistetyistä linkeistä
@tpit	tierekisterin mukainen pituus (m)	Tierekisterin kenttä: Pituus	summa yhdistetyistä linkeistä
@tkais	kaistamäärä (/ajosuunta)	Tierekisterin kenttä: Kaistoja	muutoskohta katkaisee linkin
@tkvl	keskimääräinen vuorokausiliikenne	Tierekisterin kenttä: Kvl	pituudella painotettu keskiarvo
@tkavl	keskimääräinen arkivuorokausiliikenne	Tierekisterin kenttä: Kavl	pituudella painotettu keskiarvo
@tkkvl	kesän keskimääräinen vuorokausiliikenne	Tierekisterin kenttä: Kkvl	pituudella painotettu keskiarvo
@tkvra	raskaiden ajoneuvojen keskimääräinen vuorokausiliikenne	Tierekisterin kenttä: Kvlras	pituudella painotettu keskiarvo
@tkara	raskaiden ajoneuvojen keskimääräinen arkivuorokausiliikenne	Tierekisterin kenttä: Kavlras	pituudella painotettu keskiarvo
@tkvly	yhdistelmäajoneuvojen keskimääräinen vuorokausiliikenne	Tierekisterin kenttä: Kvlyhd	pituudella painotettu keskiarvo
@tkavy	yhdistelmäajoneuvojen keskimääräinen arkivuorokausiliikenne	Tierekisterin kenttä: Kavlyhd	pituudella painotettu keskiarvo
@tvayl	väylätyyppi	Tierekisterin kenttä: Vayla	muutoskohta katkaisee linkin
@tpnop	pääasiallinen nopeusrajoitus	Tierekisterin kenttä: Nopeus	nopeusrajoitus, jota suurin pituus yhdistetyissä linkeissä
@tknop	keskimääräinen nopeusrajoitus	Tierekisterin kenttä: Nopeus	rajoituksen mukaisista matka-ajoista laskettu keskimääräinen nopeusrajoitus
@tvnop	vapaa nopeus	Kts. Liite 1: Tuntiliikenteen sijoittelun tiedot autoliikenteelle	vapaiden nopeuksien mukaisista matka-ajoista laskettu keskimääräinen nopeusrajoitus
@trvno	raskaiden ajoneuvojen vapaa nopeus	Kts. Liite 1: Tuntiliikenteen sijoittelun tiedot autoliikenteelle	vapaiden nopeuksien mukaisista matka-ajoista laskettu keskimääräinen nopeusrajoitus
@tkkap	kaistakapasiteetti (h)	Kts. Liite 1: Tuntiliikenteen sijoittelun tiedot autoliikenteelle	pituudella painotettu keskiarvo
@tkkav	kaistakapasiteetti (vrk)		pituudella painotettu keskiarvo
@tbus	bussiliikenteen tarjonta	lasketaan linjastokuvauksesta	- (linjaston muutoskohdat katkaisevat linkin)
@tvhin	vakiovuoroliikenteen kilometrihinta		
@tphin	pikavuoroliikenteen kilometrihinta		

Linkkien tiedot (jatkuu).

kenttä	kuvaus	tiedon lähtöaineisto	linkkitietojen yhdistely
@ratav	rataverkon tunniste	1/0	-
@raide	raiteen tunniste	rataverkkoaineiston kentästä: Raide_num	muutoskohta katkaisee linkin
@ralku	alkupisteen etäisyystieto (m)	rataverkkoaineiston kentästä: Alku_m	minimi yhdistetyistä linkeistä
@rlopp	loppupisteen etäisyystieto (m)	rataverkkoaineiston kentästä: Loppu_m	maksimi yhdistetyistä linkeistä
@rpit	rekisterin mukainen pituus (m)	kentästä: Length	summa
@rlkm	raiteiden lukumäärä		
@rsah	rataosan sähköistys		
@rmxn	rataosan maksiminopeus		
@rapm	rataosan maksimiakselipaino		
@rhen	henkilöliikenteen rataosa	1/0	-
@rhnop	henkilöliikenteen nopeus		
@rhjun	henkilöliikenteen junatarjonta/vrk	lasketaan linjastosta	
@rhhin	raideliikenteen kilometrihintaa		
@rmatk	matkustajamäärä/vrk		
@rtav	tavaraliikenteen rataosa	1/0	
@rtnop	tavaraliikenteen nopeus		
@rtjun	tavaraliikenteen junien määrä /vrk		
@rtton	kuljetettu tonnimäärä/v		
@vesiv	vesitieverkon tunniste	1/0	
@vsyv	väyläsyvyys	kentästä NAVLNEDEP	minimi
@vpit	rekisterin mukainen pituus (km)	kentästä: PITUUS	summa
@lverk	lentoliikenneverkon tunniste	1/0	
@lpit	lennontiepituus (km)		
@ltarj	lentoliikenteen tarjonta/vrk	lasketaan linjastosta	
@lhin	lentoliikenteen kilometrihintaa		
@lmatk	lentoliikenteen matkustajamäärä /vrk	-	

Taulukko 4. Kuljutavat.

mode	kuvaus	tyyppi	kuljutavalle sallitut linkit
a	liityntä	aux.transit	kaikki liityntälinkit autoliikenteen linkit pl. moottoritiet ja moottoriliikennetiet (väylätyypit 2 ja 3)
b	vakiovuoro	transit	autoliikenteen linkit
c	auto	auto	autoliikenteen linkit ja liityntälinkit
e	pikavuoro	transit	autoliikenteen linkit
f	meriliikenne (tavara)	aux.auto	vesiliikenteen linkit ja liityntälinkit
h	hsl-junaliikenne	transit	ratalinkit
i	intercity	transit	ratalinkit
k	tieliikenteen tavaraliikenne	aux.auto	autoliikenteen linkit ja liityntälinkit
l	lento	transit	lentoliikenteen linkit
s	pendolino	transit	ratalinkit
t	taajamajuna	transit	ratalinkit
x	rata (tavara)	aux.auto	ratalinkit ja liityntälinkit

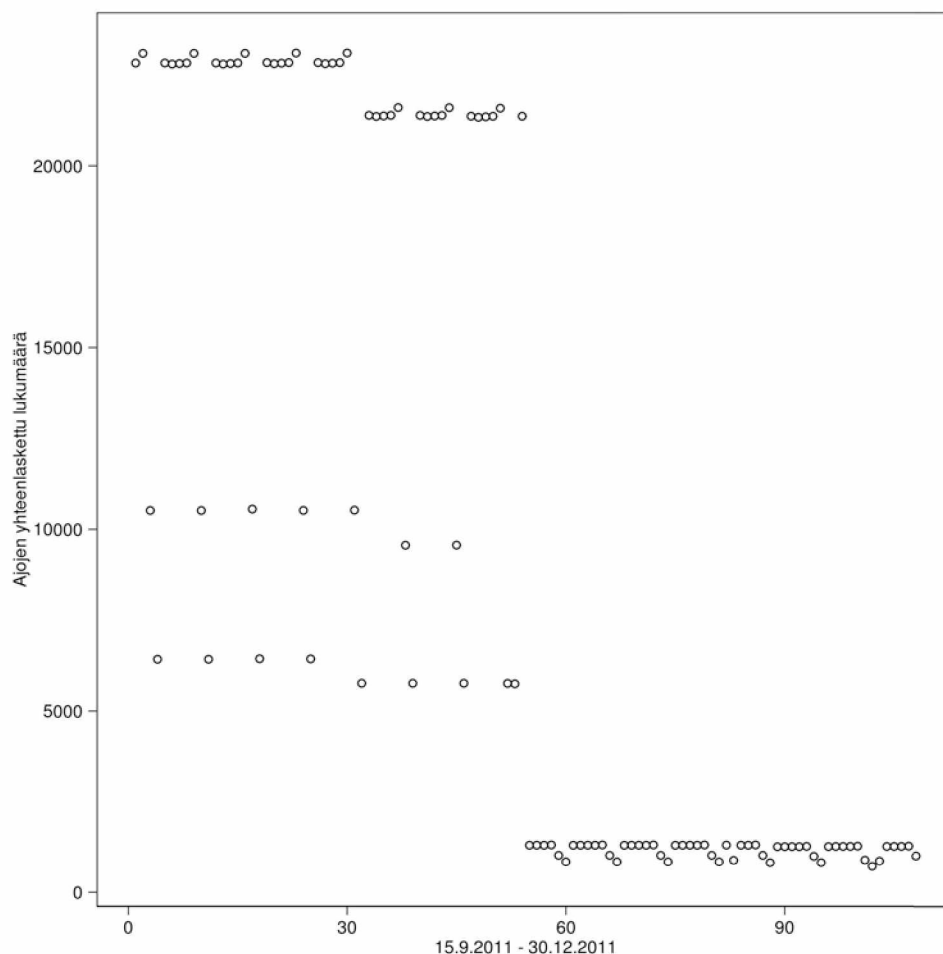
2.4 Joukkoliikennelinjasto

2.4.1 Joukkoliikennelinjaston lähtökohdat

Verkkokuvaukseen yhdistettävän joukkoliikenteen linjastokuvauksen juna- ja bussi-liikenne on muodostettu matka.fi tietokannasta poimituista syksyn 2011 aikataulu-tiedoista. Tavoitteena on ollut muodostaa yksinkertaistettu vuorovälipohjainen linjastokuvauks, joka palvelee valtakunnallista strategisen tason liikenteen mallintamista. Linjasto kuvaa arkivuorokauden tilannetta, johon vuorotarjonta ja matka-ajat on keskimääräistetty.

Linjastokuvauksen lähtöaineistona käytetty matka.fi tietokannan ote sisältää joukkoliikenteen aikatauluja aikaväliltä 15.9.2011–30.12.2011. Kaikista reiteistä ei ole tietoja koko aikaväliltä. Aineiston kattavuus riippuu eri aineistotuottajien päivityskäytännöistä.

Lähtöjen määrä päivittäin tarjontakuvauksen lähtökohdaksi saadussa syksyn 2011 aineistossa on esitetty kuvassa 11. Analyysistä on poistettu paikallisliikenteen tarjonta, joka on jätetty valtakunnallisten liikennemallien verkkokuvauksesta pois. Aineisto ei sisällä koko syksyn tarjontaa. Linjastokuvaus tehtiin aikavälin 15.9.2011–8.10.2011 aineistosta, joka sisältää joukkoliikennetarjonnan kattavimmin.



Kuva 11. Matka.fi tietokannan yhteenlaskettujen ajojen määrä päivittäin (päivillä juokseva numerointi vaaka-akselilla).

Lentoliikenteen linjasto on kerätty erikseen aikataulutiedoista. Linjastoon on kuvattu keskimääräiset vuorovälit ja matka-ajat kuten muillakin joukkoliikennelinjoilla. Tiedot perustuvat syksyn 2011 tarjontaan.

Joukkoliikennetarjonta on ryhmitelty seuraavassa taulukossa esitettyihin kulku tapoihin ja niitä vastaaviin ajoneuvoihin, joille sallitut osaverkot on kuvattu tie- ja rataverkolle sekä lentoliikenteen linkeille.

Taulukko 5. Joukkoliikenteen kulutavat ja ajoneuvot.

kulku tapakoodi	kuvaus	ajoneuvo
b	vakiobussi	1
e	pikabussi	2
l	lentokone	9
i	IC-juna	10
h	HSL-juna	13
s	pendolino	15
t	taajamajuna	20

Varsinaisten joukkoliikenteen kulku tapojen lisäksi verkkoon on kuvattu liityntäliikenteen kulku tapa kaikille tieverkon linkeille ja liityntälinkeille.

2.4.2 Juna- ja bussiliikenteen tarjonnan muodostaminen

Tarjonnan lähtökohtana ollut Matka.fi tietokannan otos (15.9.2011–8.10.2011) sisältää kaiken kaikkiaan 272 007 riviä eli yksittäistä linjastotietoa. Kukin joukkoliikennelinja voi aineistossa sisältää useamman eri rivin, jos linjan vuoroväli tai ajo aika on eri lähdöllä erilainen. Emmen lisenssikokoon 6 voidaan kuvata maksimissaan 6 000 joukkoliikennelinjaa ja 240 000 linjasegmenttiä. Emmen rajoitteiden vuoksi on joukkoliikenteen tarjonnan kuvausta on jouduttu yksinkertaistamaan huomattavasti.

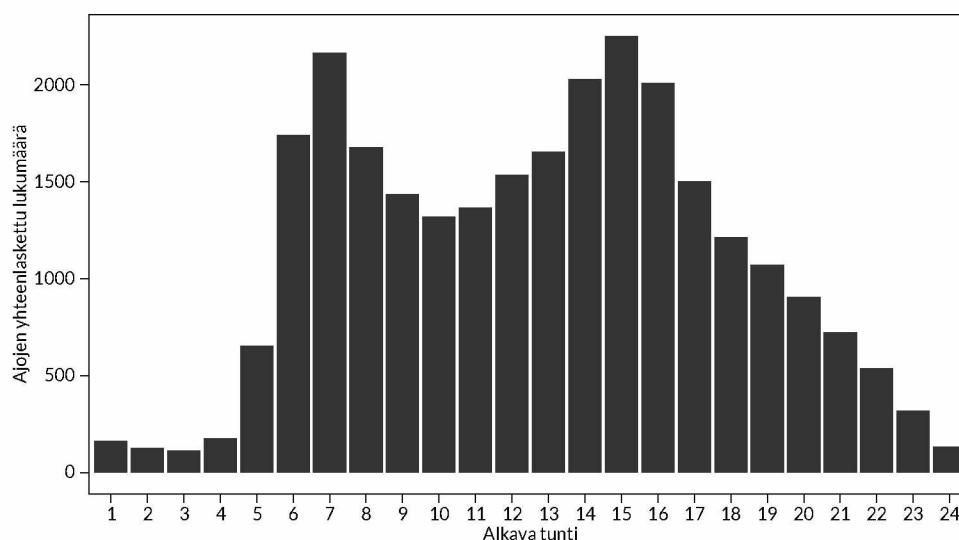
Ensimmäisessä vaiheessa linjastosta karsittiin kaupunkiseutujen sisäisen bussiliikenteen linjat. Sisäisen liikenteen karsiminen on perusteltua, koska paikallisliikenteen käyttämä alempiasteinen tieverkko ja katuverkko puuttuvat pääosin verkkokuvauksesta. Lisäksi valtakunnantason tarkasteluissa voidaan olettaa liityntä kuntasentroiden valtakunnallisiin joukkoliikennenyhteyksiin tulevan oikeassa tarkkuudessa kuvattua liityntäkulkumuodolla. Kaupunkiseutujen sisäisen liikenteen karsinnan jälkeen aineistoon jäi jäljelle 39 342 riviä.

Toisessa vaiheessa linjastosta yhdistettiin kunkin linjan yksittäiset eri päivinä ja aikoina tapahtuvat lähdöt. Bussiliikenteessä linja määritellään yhtiön, linjan numeron, aineistossa määritellyn moodin sekä alku- ja loppupisteiden perusteella. Junaliikenteessä on linja määritellään moodin ja asemien perusteella (esim. erinumeroiset samaa väliä ajavat ja samoilla asemilla pysähtyvät pikajunat on yhdistetty yhdeksi linjaksi). Yhdistelyn jälkeen jäljellä on 8 240 erilaista linjaa, joilla on yhteensä keskimäärin 22 885 lähtöä päivässä.

Jotta linjasto saatiin vastaamaan Emmen lisenssirajoja, bussien vakiovuoroista lisäksi karsittiin ne linjat, joita ajetaan keskimäärin korkeintaan kerran vuorokaudessa. Näiden linjojen poistamisen jälkeen jäljelle jää 4101 linjaa, joilla on yhteensä keskimäärin 19 265 lähtöä päivässä.

Yhdistelyn jälkeen kullekin joukkoliikennelinjalle laskettiin lähtöjen määrä ja keskimääräinen ajoaika. Ajoaikaan on laskettu mukaan kaikki alle 20 minuutin pysähdykset. Yli 20 minuutin pysähdykset on kuvattu linjoille solmukohtaisina seisonta-aikoina. Näin muodostettujen linjojen ajoajat vastaavat todellisia ajoaikoja suurempien keskusten välillä.

Emmeen on viety linjaa kuvaavina tietoina ajoaika, seisonta-ajat ja vuoroväli. Vuoroväli on laskettu jakamalla keskimääräisen vuorokauden lähtöjen määrä 14 tunnille. Tähän on päädytty tarkastelemalla lähtöaineistossa ajossa olevien linjojen jakautumista eri vuorokaudenajoille. Ajojen tuntijakauma on esitetty alla olevassa kuvassa. Ajot painottuvat klo 6:00–20:00 väliselle 14 tunnille, joille koko vuorokautta kuvaava tarjonta on siis jaettu.



Kuva 12. Matka.fi tietokannan ajojen jakautuminen vuorokauden tunneille.

Emmen linjastokuvauksessa joukkoliikennelinja määritellään nimeämällä ne liikenneverkon solmut, joiden kautta linja kulkee. Lähtöaineistossa tarkasti määritellyjä asema- ja pysäkkitietoja ei sellaisenaan voida hyödyntää linjastossa, koska ne voivat sijaita keskellä linkkejä. Solmujen määrää ei myöskään voida lisätä Emmen lisenssikoon rajoitteiden vuoksi. Verkkokuvauksen pitämiseksi yksinkertaisena ja lisenssikoon rajoissa on pysäkkejä ja asemia kuvaavat koordinaatit muutettiin vastaamaan olemassa olevia tie- ja rautatieverkon solmuja.

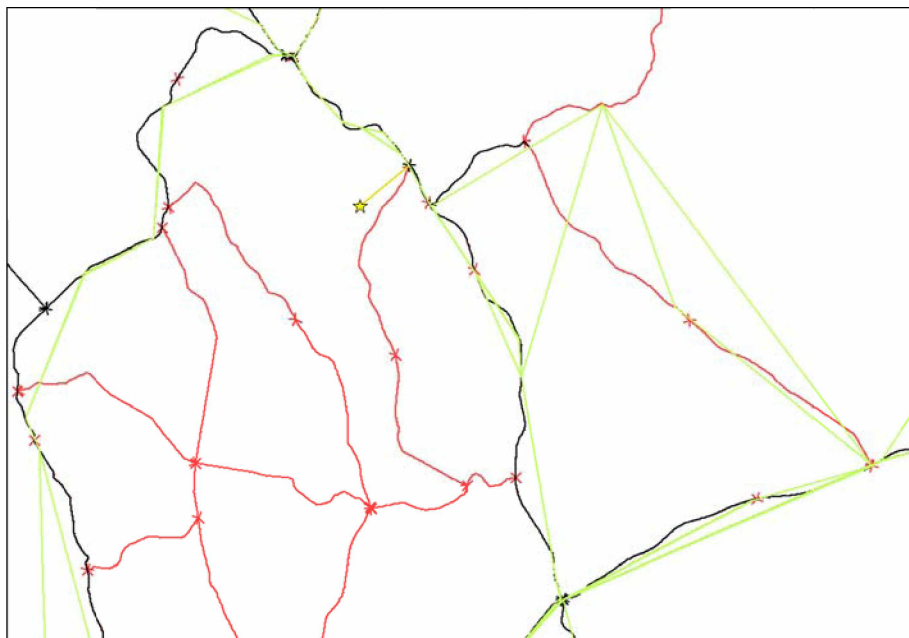
Rataverkossa kukin asema on kuvattu terminaalisolmuna, jonka kautta junalinjat kulkevat. Junat pysähtyvät vain asemasolmuissa, joista on liityntälinkki tieverkkoon.

Pikavuorobussit käyttävät yleensä pääteitä ja pysähtyvät vain keskeisissä solmukohdissa. Nämä pysäkit saadaan siirrettyä tieverkolle jääviin solmupisteisiin pääosin hyvin. Nimettyjen solmujen välillä joukkoliikennelinjat hakeutuvat verkolle nopeimmalle reitille. Emmessä perusoletuksena joukkoliikennereitit hakeutuvat lyhimmälle reitille nimettyjen solmujen välillä. Ennen linjaston yhdistämistä on tieverkolla linkin pituudet korvattiin linkin ajoajoilla, jolloin linjasto on saatu hakeutumaan nopeimmille reiteille. Yhdistämisen jälkeen linkkien pituudet palautettiin todellisiksi.

Joissain tapauksissa pikavuorojen reitit eivät silti hakeudu todellisille reiteille vaan esimerkiksi moottoritiele todellisuudessa käytetyn hitaamman rinnakkaistien sijasta.

Sijoitteluun vääriä reittejä kulkevat linjat eivät kuitenkaan vaikuta, koska linjojen ajoajat muodostetaan aikataulutietojen perusteella eikä pikavuorolinjoihin pääse liittymään tai niistä poistumaan muissa kuin nimetyissä pysäkkisolmuissa.

Bussien vakiovuoroliikenteessä osa pysäkeistä sijaitsee etäällä karsitun tieverkon solmuista. Lähellä (alle 1 km) olemassa olevia tielinkkejä sijaitsevat pysäkit siirrettiin kyseisen tien lähimpään olemassa olevaan solmuun. Kauempana olemassa olevista teistä olevat pysäkit poistettiin. Näin voi käydä, jos kyseinen tie on poistettu liikennemääräkriteerillä tehdyssä karsinnassa tai linja poikkeaa katuverkolla. Pysäkkien siirtämisen seurauksena linja saattaa siirtyä todellista reittiä selvästi suuremmalle reitille tai tehdä yhtä linkkiä edestakaisin käyttäviä pistoja päätieltä sivuun. Reittimuutokset eivät vaikuta kuitenkaan bussien ajoaikoihin, jotka muodostetaan aikataulutiedoista, eikä muutoksista ole haittaa valtakunnantasolla tehtävissä tarkasteluissa. Vakiovuorobussien on oletettu pysähtyvän kaikissa solmuissa, joiden kautta linja kulkee.



Kuva 13. Esimerkki joukkoliikenteen linjastokuvaksesta (vihreällä) esitettyinä tieverkon päällä ennen pysäkkien siirtämistä tieverkon solmuihin.

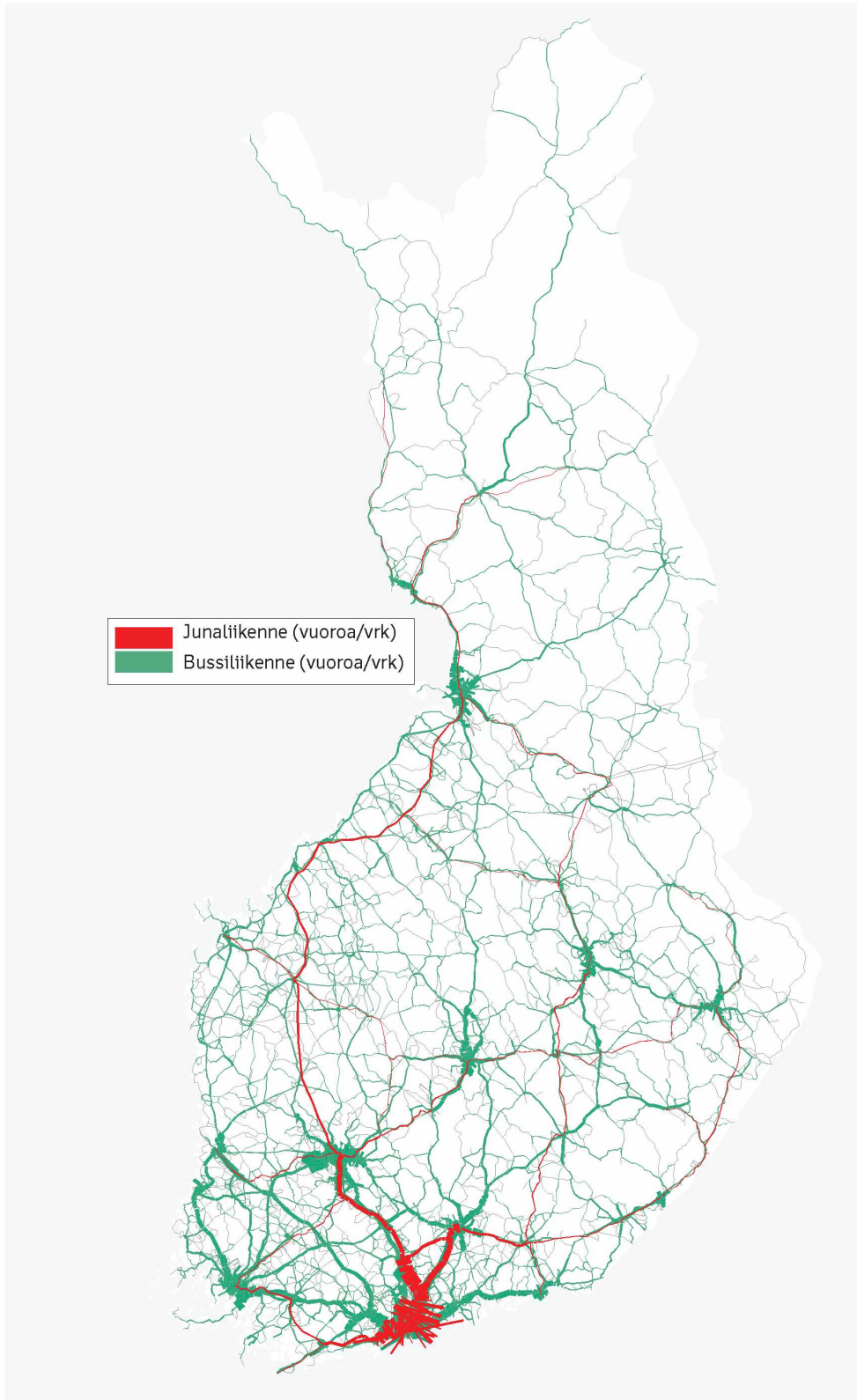
Joukkoliikenteen linjojen karsinnan ja tieverkon kuvaukseen liittämisen jälkeen on linjastolle määritetty segmenttikohtaiset matka-ajat (nopeudet). Matka-aikojen määrittäminen on kuvattu luvussa 4. Linjastoon kuvattavat linjakohtaiset ja segmenttikohtaiset tiedot on kuvattu taulukoissa 6 ja 7. Bussi ja junaliikenteen tarjonta on esitetty kartalla kuvassa 14. Joukkoliikenteen kuvaus sisältää yhteensä 5120 joukkoliikennelinjaa ja 131 518 linjasegmenttiä.

Taulukko 6. Linjaston tiedot.

parametri	kuvaus
ut1	Ajoaika ilman pitkiä pysähdysaikoja
ut2	Pitkien (yli 20 min) pysähdysaikojen kokonaisaika
ut3	Ajoaika Emmestä käyttäen henkilöautojen nopeuksia linkeillä (sisältäen pitkät pysähdysajat)

Taulukko 7. Segmenttitiedot.

parametri	kuvaus
us1	Junan matka-aika linjasegmentillä
us2	-
us3	-



Kuva 14. Bussi- ja junaliikenteen tarjonta.

2.4.3 Lentoliikenteen tarjonta

Verkkoon on kuvattu vuoden 2011 syksyn lentoliikenteen tarjonta. Tarjonta on kerätty lentoyhtiöiden aikataulutiedoista. Osaa vuonna 2011 liikennöidyistä yhteyksistä ei ole liikennöity enää vuonna 2012. Lentoliikenteen tarjonnan kuvaus tulisi aineistoa käytettäessä tarkistaa vastaamaan tarkasteluhetken tarjontaa.

Lentoreitit ja niiden tarjonta syksyn 2011 tilanteessa on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 8. Lentoliikenteen tarjonta.

Lähtöasema	Määräasema	vuoromäärä/vrk	matka-aika (min)
Helsinki	Turku	4	35
Turku	Helsinki	4	35
Helsinki	Maarianhamina	6	55
Maarianhamina	Helsinki	6	55
Helsinki	Pori	8	40
Pori	Helsinki	8	40
Helsinki	Tampere	4	40
Tampere	Helsinki	4	40
Helsinki	Jyväskylä	6	50
Jyväskylä	Helsinki	6	45
Helsinki	Seinäjoki	4	50
Seinäjoki	Helsinki	4	50
Helsinki	Vaasa	12	50
Vaasa	Helsinki	12	50
Helsinki	Kokkola	10	65
Kokkola	Helsinki	10	65
Helsinki	Oulu	22	65
Oulu	Helsinki	21	65
Helsinki	Kemi-Tornio	10	90
Kemi-Tornio	Helsinki	10	90
Helsinki	Rovaniemi	5	75
Rovaniemi	Helsinki	5	80
Helsinki	Kittilä	2	85
Kittilä	Helsinki	2	85
Helsinki	Ivalo	1	155
Ivalo	Helsinki	1	155
Helsinki	Kuusamo	1	75
Kuusamo	Helsinki	1	75
Helsinki	Kajaani	3	75
Kajaani	Helsinki	3	75
Helsinki	Kuopio	12	65
Kuopio	Helsinki	12	65
Helsinki	Joensuu	6	55
Joensuu	Helsinki	6	55
Helsinki	Varkaus	1	50
Varkaus	Helsinki	1	50
Helsinki	Savonlinna	4	85
Savonlinna	Helsinki	4	85
Turku	Oulu	1	75
Oulu	Turku	1	75

3 Kysyntämatriisien muodostaminen

3.1 Tavoitteet

Liikennevirtamatriisit kuvaavat matkojen määrää kuntien (2011 kuntajako) välillä. Kuntajakoa on käytetty, koska lähtötietoina käytetyt henkilöliikennetutkimuksen aineistot ja analyysit on tuotettu tässä aluejaossa. Nykytilanteen liikennevirtamatriisit kuvaavat vuoden 2010 liikenteen kysynnän määrää, ja sijoittelemalla ne luvussa 2 kuvatuille liikenneverkoille voidaan arvioida liikenteen määriä väyläosittain.

Kaikki kulkumuodot kattava yhtenäinen tarjontakuvaus tukee jo sellaisenaan suunnittelun liikennejärjestelmänäkökulmaa ja palvelee strategisen tason hankeanalyysiä. Kysynnän kuvaus mahdollistaa verkkojen palvelutaso- ja kapasiteettianalyysit mikä palvelee erityisesti tilanseurainta, koska aineistosta saadaan esimerkiksi kattavia verkollisia analyysejä ja tunnuslukuja. Lopullisena tavoitteena on tuottaa kysyntä- ja tarjontatiedon pohjalta ennustejärjestelmä, jonka avulla voidaan arvioida erilaisten tulevaisuuden toimenpiteiden vaikutuksia koko liikennejärjestelmän toimivuuteen.

Kysyntätietoa on koottu sekä henkilöliikenteestä että tavaraliikenteestä. Henkilöliikenteen matriisit on tuotettu pääkulkumuodoittain ja matkaryhmittäin. Kulkumuodot ovat

- henkilö- ja pakettiautoliikenne (ml. taksi)
- raideliikenne
- linja-autoliikenne
- lentoliikenne.

Jalankulku- ja pyöräilymatriisit jäävät tässä aluejaossa kuntien sisäisiksi matkoiksi.

Henkilöliikenteelle on aluejaon tavoin tuotettu HLT:n luokittelua vastaavat matkat seuraavissa matkaryhmissä:

- Työmatka (ml opiskelu)
- Työasiamatka
- Ostos- ja asiointimatka
- Vierailu- ja muu vapaa-aika (pl. mökkimatkat ja matkailu).
- Mökkimatkat ja matkailu.

Tavaraliikenteestä on koottu seuraavat matriisit:

- Rekat ja kuorma-autot
- Raideliikenne
- Vesiliikenne
- Lentoliikenne

Tavaraliikenteelle ei tuotettu tässä vaiheessa tavararyhmäkohtaisia matriiseja, sillä ryhmittelyt vaihtelevat kulkumuotoikohtaisissa aineistoissa ja tutkimuksissa. Aineistot ovat myös osin liikesalaisuuksien takia vaikeasti saatavissa tai puutteellisia esimerkiksi ulkomaisen liikenteen osalta. Luokittelut ovat myös vaihdelleet viime vuosi- na tuottaen aineistoihin epäjatkovuuksia. Tavararyhmäkohtaisten aineistojen tuottamiseen vaadittaisiin tästä syystä perusteellisempaa analyysiä kuin mihin nyt on ollut mahdollisuuksia.

3.2 Lähtöaineistot ja menetelmät

3.2.1 Lähtöaineistot

Matriisien lähtötietoina on käytetty olemassa olevia tietokantoja, ensisijaisesti juuri valmistunutta henkilöliikenteen tutkimusta 2010–2011 (HLT). Muita matriisien muodostamisessa käytettyjä lähtöaineistoja olivat:

- Yhdyskuntarakenteen seuranta-aineisto (YKR)
- Tieliikenteen tavarankuljetustilasto (<http://tilastokeskus.fi/til/kttav/index.html>)
- Rataverkon tavaraliikenne-ennusteen 2030 tiedot (LiVi 37/2010)
- Kotimaan vesiliikennetilasto 2010 (Liikenneviraston tilastoja 3/2011)
- Lentoliikennetilastot (<http://www.finavia.fi/tietoafinaviasta/liikennetilastot/>).

Tavaraliikenteen matriiseihin koottiin vuoden 2010 (lentoliikenteestä 2011) tilastoista saadut tonnimääräiset kuntien väliset matkat sellaisenaan. Tieliikenteen tavarankuljetusten kokonaistonnimatriisista tuotettiin lisäksi pituuspohjaisella keskikuormitusfunktioilla ajoneuvomatriisi liikennesijoitteluita varten. Muut kulkumuodot on esitetty vain tonnimääräisinä virtoina.

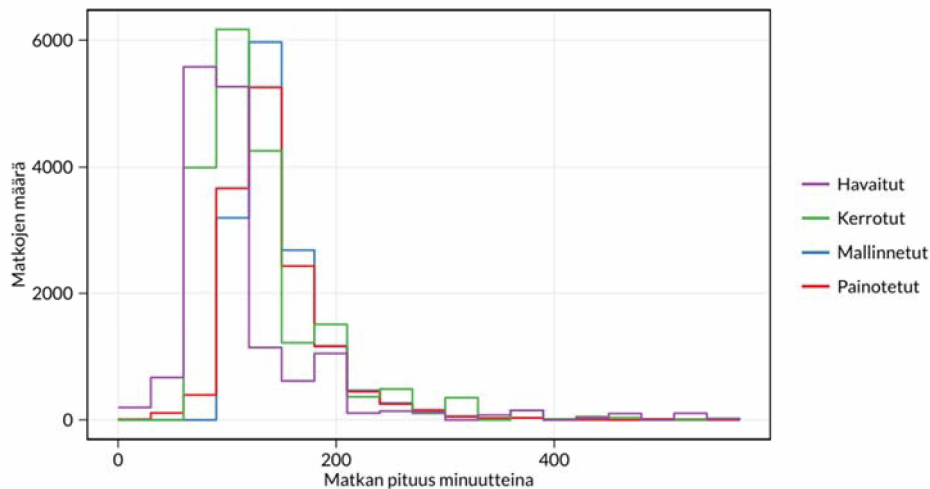
Tavaraliikenteen matriisien osalta on huomattava, että yhden vuoden kattavat yritysten haastattelut ja muut tiedonkeruumenetelmät eivät todennäköisesti anna oikeaa yksityiskohtaista kuvaa matkojen lähtö- ja määräpaikoista. Tarkoituksena oli tässä vaiheessa pyrkiä liikenneverkkojen kuormituksen karkeaan kuvaukseen.

Vesiliikenteen matriisit tuotettiin satamien välisistä virroista siten, että kukin virta päättyy siihen kuntaan, jossa satama sijaitsee, koska lähtöaineistona käytetty tilasto ei sisältänyt tietoa tarkemmista kuljetusketjun lähtö- ja määräpaista. Rautatieliikenteessä jouduttiin tyytymään ennustetutkimuksen ”taaksepäin ennustamiseen”, koska VR:n kuljetustiedot eivät olleet käytettävissä.

3.2.2 Tuotosmallit ja synteettisten matriisien muodostaminen

Maakuntien välisten matkojen jakautuminen kuntatasolla on mallinnettu tuotosmalleilla. Tuotosmallit on sovitettu HLT:n aineistoon maankäytön perusteella. Malleilla on estimoitu jokaisen kunnan saapuvien ja lähtevien matkojen määrä. Nämä matkat on jaettu kuntaparien välisiksi matkoiksi käyttäen hyväksi etäisyysfunktioita, jotka kuvaavat matkavastusta kahden kunnan välillä. Etäisyysfunktiot ovat kulkutapa- ja matkaryhmäkohtaisia, sillä esimerkiksi vapaa-ajan matkoilla matkustetaan tyypillisesti pidemmälle kuin ostosmatkoilla. Kuntien väliset matkat sijoittuvat sellaisten kuntiin, jotka ovat sekä helposti saavutettavissa ja että niihin on maankäytön perusteella estimoitu paljon matkoja. Henkilöautomatkoissa saavutettavuuksissa on otettu huomioon autonomistuksen vaikutukset kertomalla matkat kuntakohtaisella keskimääräisellä autonomistusasteella.

Synteettisten matriisien muodostamisessa maakuntien väliset matkamäärät on pidetty henkilöliikennetutkimuksen (HLT) mukaisina. Maakuntatasolla HLT:n tuloksia suuntautumisen jakautumisesta voidaan suurelta osin pitää riittävän suuntaantavana. Erittäin lyhyiden ja pitkien matkojen matkamäärien suhdetta on myös vaikea saavuttaa synteettisesti.



Kuva 15. Esimerkkejä havaituista ja mallinnetuista etäisyysfunktioista.

3.2.3 Bayeslainen matriisitarkennus

HLT:n otoskoko ei sellaisenaan riitä tarkan kuntatason matriisin muodostamiseen, sillä yksittäinen havaittu matka aineistossa voi olla laajennettu vastaamaan useaa sataa oikeaa matkaa. Alueilla, joissa tehdään vähemmän matkoja yksittäinen havaittu matka saattaa siten kuvata myös lähialueen kuntien matkoja. Matkojen lähtökuntia pyritään siksi jakamaan tuotosmallien avulla. Toisaalta alueilla, joilla tehdään paljon, voidaan HLT:n tutkimustuloksia pitää tarkkoina.

Matriisien tuottamisessa on siksi käytetty bayesilaista matriisitarkennusta, jonka periaatteet ovat seuraavat:

- Mallinnetut matriisit muodostetaan HLT-aineiston etäisyysjakauman pohjalta (ks edellä).
- Menetelmän avulla yhdistellään mallinnettua ja havaittua nykytila-aineistoa.
- Kun havaintoja on paljon, painotetaan havainnoista laajennettua aineistoa, muussa tapauksessa mallinnettua.
- Erityisenä piirteenä bayesilaisella menetelmällä on se, että kullekin matriisialkiolle saadaan virhemarginaali, jonka avulla eri alkioiden estimaattien suhteellista tarkkuutta voidaan arvioida.
- Tässä käytettyä HLT-aineistoa voidaan jatkossa helposti täydentää paikallisten liikennetutkimusten avulla, jolloin kyseisten alkioiden estimaattien tarkkuutta saadaan parannettua merkittävästi.

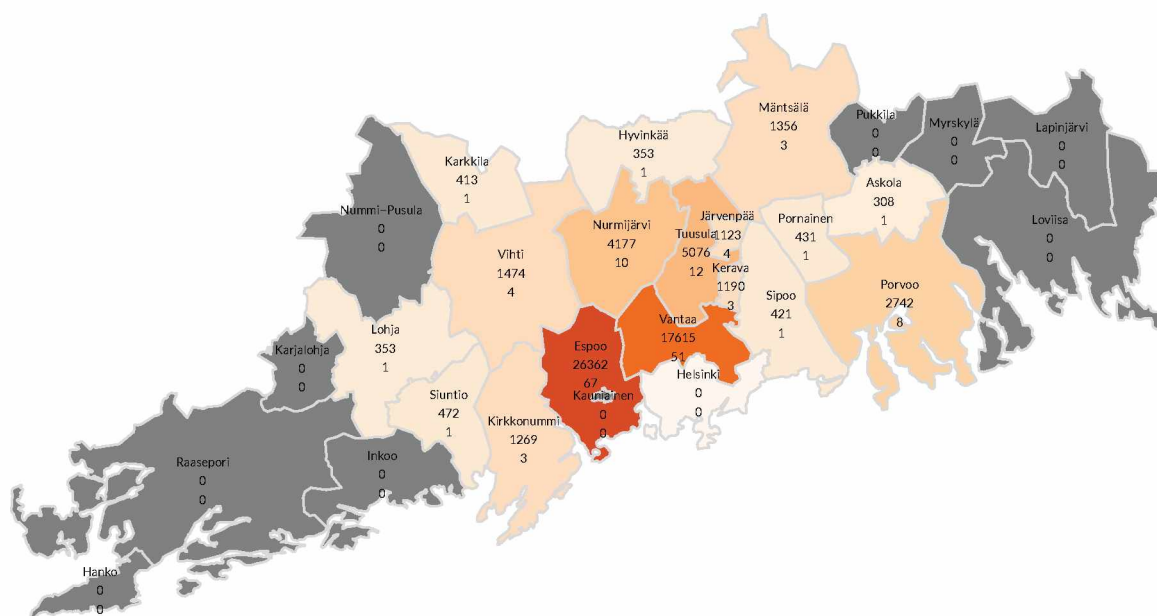
Bayesilaisella tarkastelulla pyritään huomioimaan tihennetyt matkat alueilla, joista on vain vähän havaintoja, ja havaitut matkat alueilla, joista on paljon matkoja. Bayesilaisessa lähestymistavassa ajatellaan, että hlt-tutkimuksen otoksen havainnot ja mallinnettujen matkojen suuntautuminen noudattavat todennäköisyysjakaumia. Mallinnettujen ja havaittujen matkojen jakaumaa painotetaan niiden tarkkuuksien mukaan käyttämällä Bayesin kaavaa. Tarkkuus perustuu havaintojen määrään. Syntyvä uusi jakauma kertoo, millä todennäköisyydellä mikäkin osuus kunnasta lähtevistä matkoista suuntautuu johonkin tiettyyn kuntaan.

Koska lopputuloksena syntyvillä yhdistetyillä suuntautumisosuuksillakin on todennäköisyysjakauma, on sille myös hajonta. Tätä hajontaa ei voida kuitenkaan käyttää varsinaisena virheen tilastollisena estimaattina koska mallinnetut matkatkin laske-

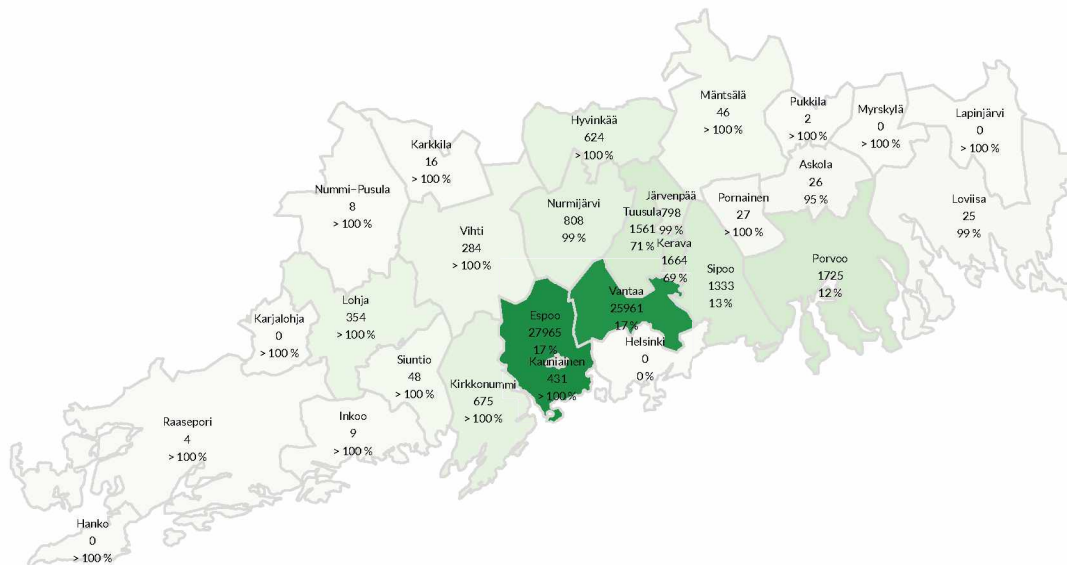
taan saman hlt-aineiston perusteella ja ne ovat siten riippuvaisia toisistaan. Hajontaa voidaan kuitenkin käyttää virhemarginaalina, mitä voidaan hyödyntää matkamatriisien alkioiden keskinäisessä vertailussa. Menetelmän matemaattiset yksityiskohdat on kuvattu liitteessä 3.

3.3 Alueellinen esimerkki matriisin muodostamisesta

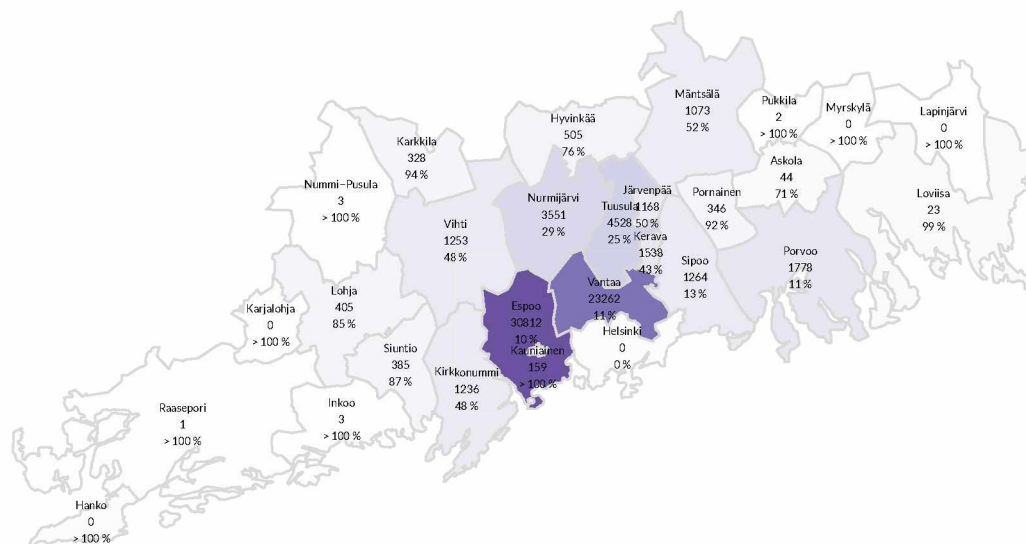
Bayesilainen menetelmä syntetisoi edellä kuvatulla tavalla henkilöliikennetutkimuksen tiedoista kustakin kunnasta lähtevien matkojen määrän ja niiden määräävät maankäytön suhteessa sekä tarkentaa lopuksi synteettistä matriisia havaituilla määrillä siellä, missä havaintomäärät ovat merkitseviä. Seuraavissa kuvissa on Helsingistä lähtevien työmatkojen HLT:ssä havaitut (kuva 16), synteettiset (kuva 17 ja tarkennetut (kuva 18) matkojen määrät.



Kuva 16. Henkilöliikennetutkimuksessa 2010–2011 havaitut Helsingistä muulle Uudellemaalle autolla päivän aikana tehdyt (alle 100 km) työ-, koulu- ja opiskelumatkat, yllä koko väestöä vastaamaan laajennetut ja alla varsinaiset havaintomäärät.

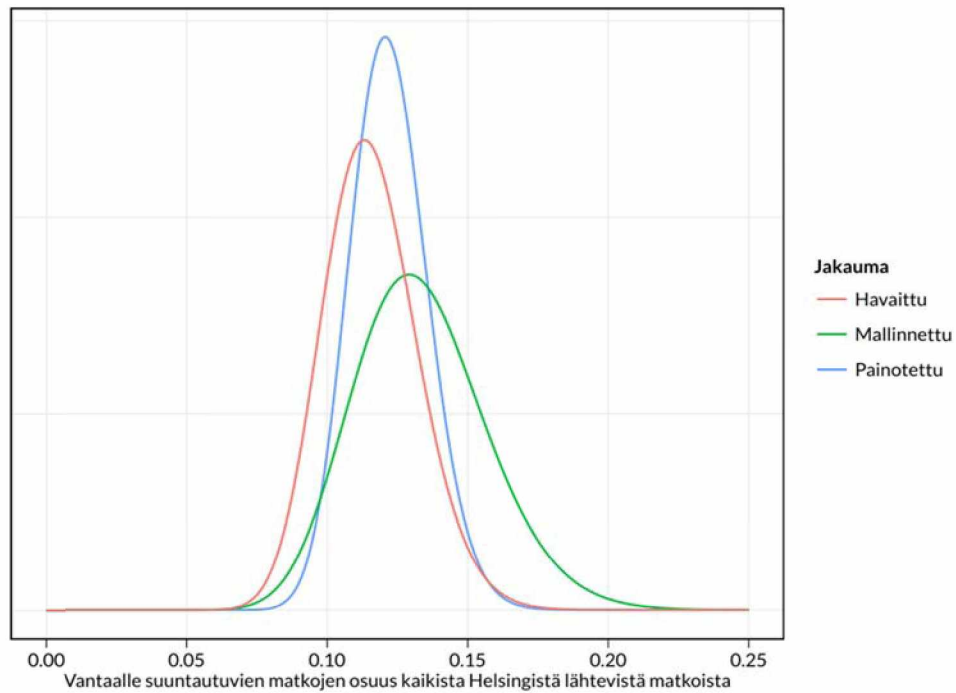


Kuva 17. *YKR:n perusteella arvioitujen maankäytön ja liikennejärjestelmän saavutettavuuden perusteella mallinnetut synteettiset Helsingistä muulle Uudellemaalle autolla päivän aikana tehdyt (alle 100 km) työ-, koulu- ja opiskelumatkojen määrät.*



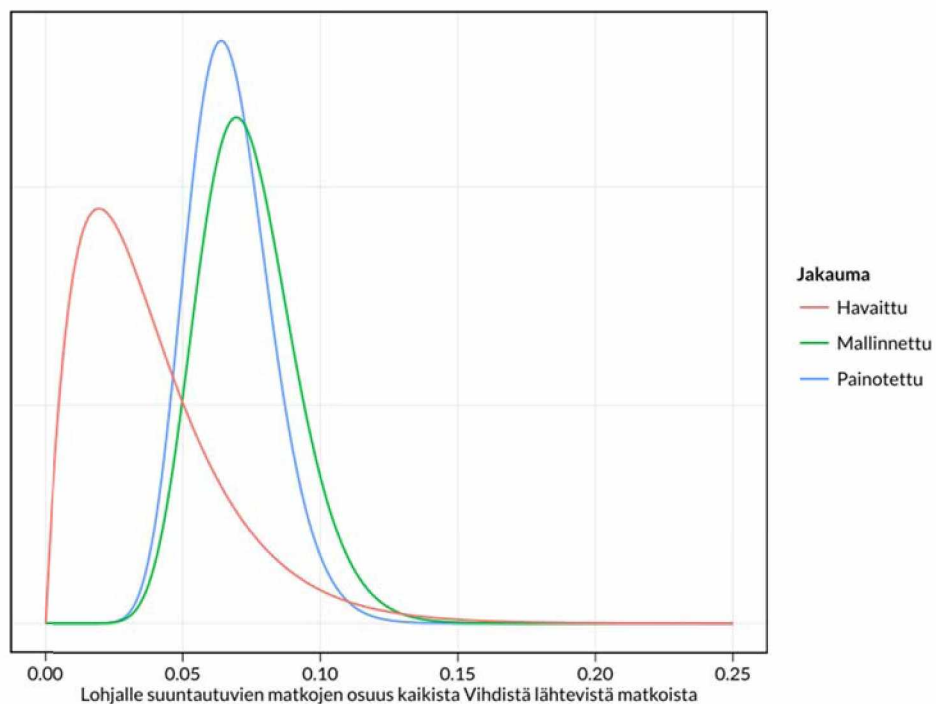
Kuva 18. *Bayesilaisella matriisitasoitusmenetelmällä tarkennetut Helsingistä muulle Uudellemaalle autolla päivän aikana tehdyt (alle 100 km) työ-, koulu- ja opiskelumatkojen määrät ja menetelmän virhemarginaaliarviot.*

Tarkentaminen riippuu havaittujen ja mallinnettujen matkamäärien jakaumista ja niiden tarkkuudesta. Kuvassa 19 on esitetty Helsingistä Vantaalle suuntautuvien henkilöautoilla ajettujen työmatkojen osuus kaikista Helsingistä lähtevistä matkoista (matkojen määrä saadaan kertomalla kaikki Helsingistä lähtevät matkat Vantaalle lähtevien matkojen suhteella). Punainen viiva kertoo havaituista matkoista muodostetun jakauman paikan ja tarkkuuden (leveys), vihreä mallinnetuista ja sininen näistä painotetun jakauman. Koska Helsingistä on havaittu paljon matkoja (425 kpl) ja koska myös mallinnetun matriisin painoarvo on melko suuri (Uudenmaan maakunnasta lähtee yhteensä 1187 matkaa skaalauskerroimella 0.2, eli $0.2 \cdot 1187 = 237$ kpl), sijoittuu yhdistetty jakauma havaittujen ja mallinnettujen jakaumien väliin, kuitenkin lähemmäksi havaittua jakaumaa. Huomattavaa on myös että uusi painotettu jakauma on tarkempi (kapeampi) kuin muut jakaumat, koska siinä on molempien jakaumien tiedot yhteensä.



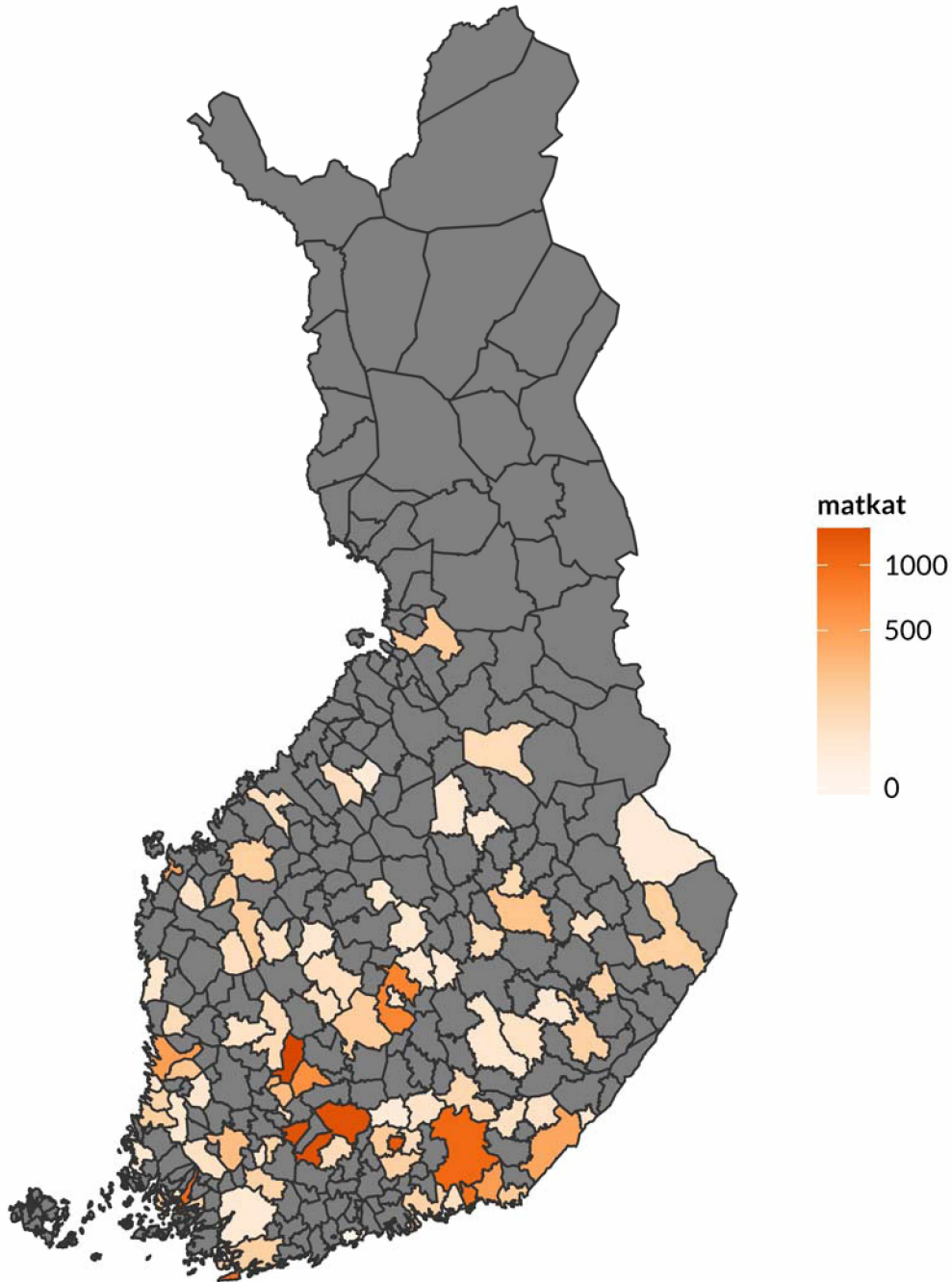
Kuva 19. Bayeslainen tarkastelun todennäköisyysjakaumat Helsinki-Vantaa välillä.

Kuvassa 20 näkyvät matkojen jakaumat samalla tavalla Vihti-Lohja välillä. Tällä välillä on havaittu vain yksi matka, joten syntetisoitua matriisia painotetaan suhteessa huomattavasti enemmän. Menetelmä painottaa mallinnettuja matkoja havaittuja enemmän jos havaittuja matkoja kunnasta on vain vähän ja toisaalta havaittujen matkojen paino on suurempi silloin kun havaittujen matkojen määrä kunnasta on suuri.

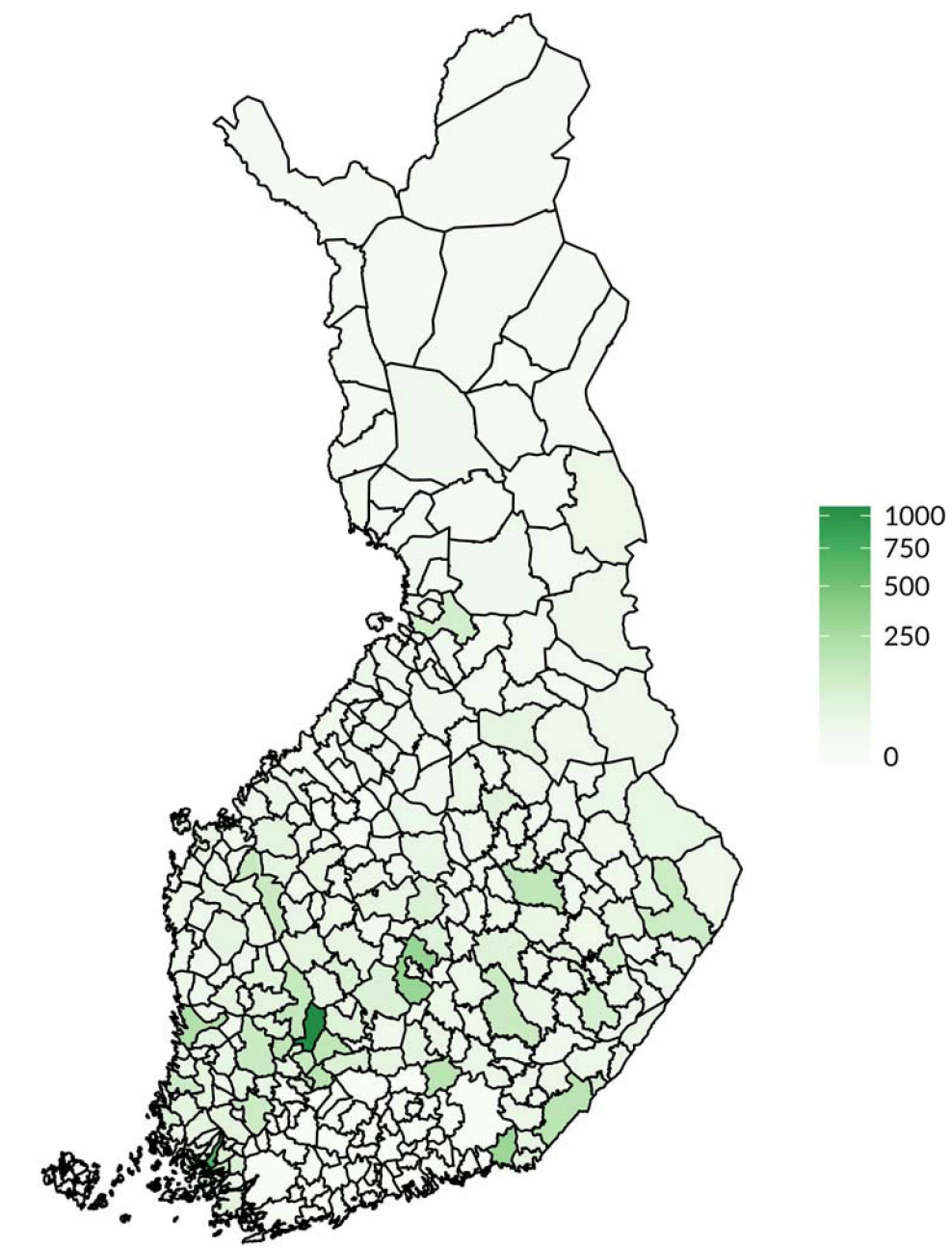


Kuva 20. Bayeslainen tarkastelun todennäköisyysjakaumat Vihti-Lohja välillä.

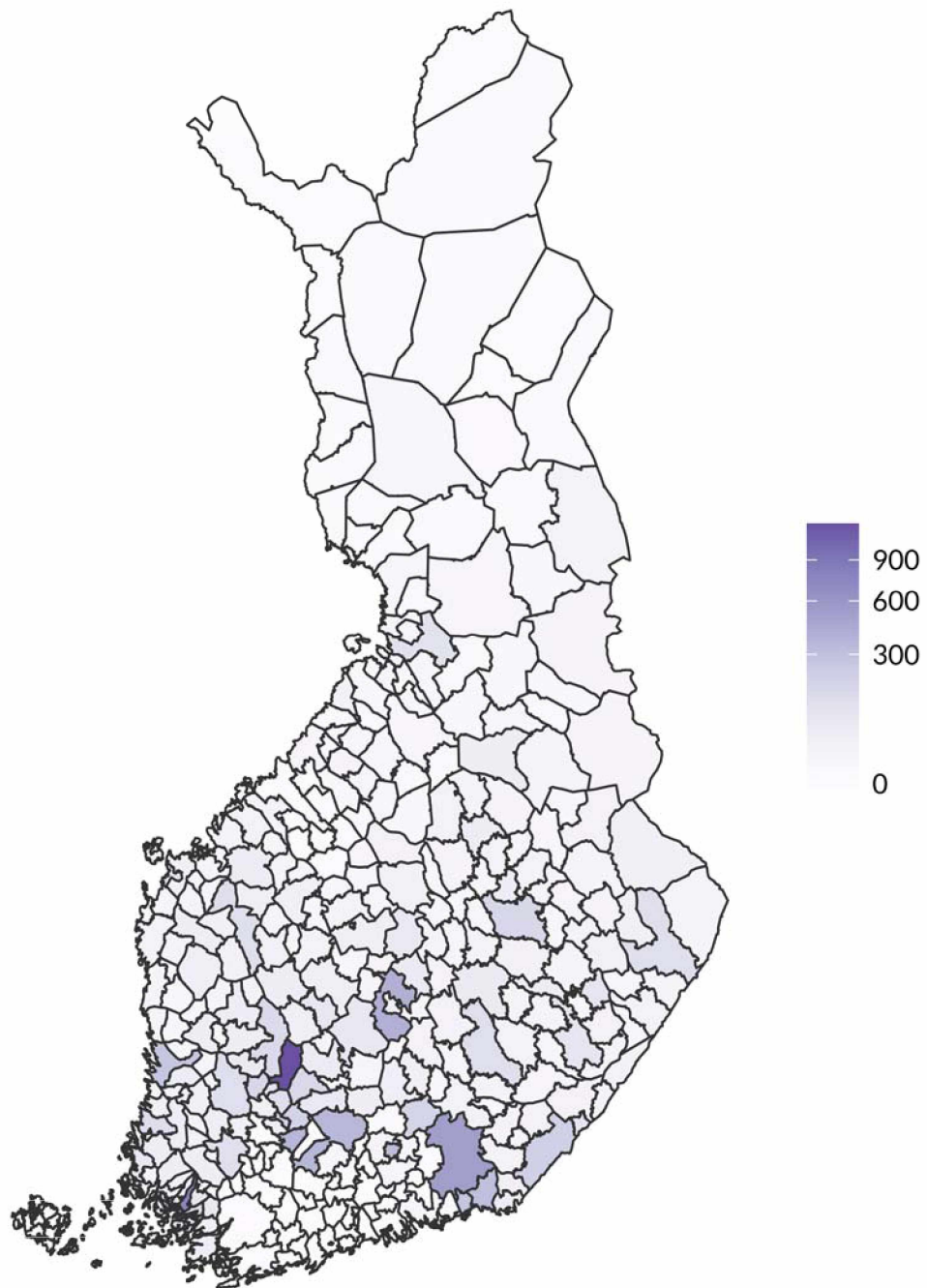
Matriisit tehdään erikseen pitkien (yli 100 km) matkojen osalta, joita on erikseen kysytty henkilöliikennetutkimuksessa niiden vähäisen osuuden takia. Kuvissa 21–23 nähdään Helsinkiin suuntautuvien pitkien matkojen havaitut, mallinnetut ja tasoitetut määrät.



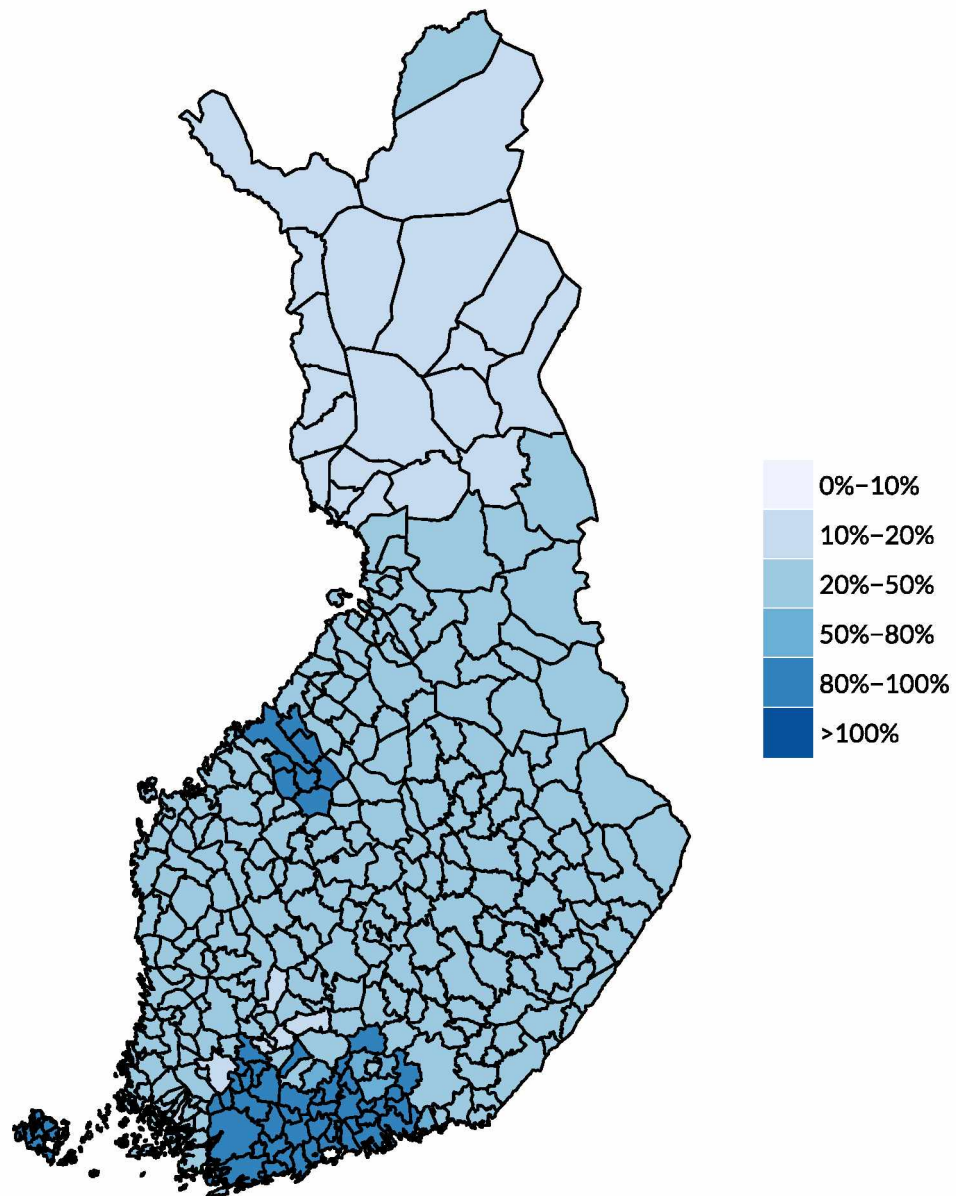
Kuva 21. Esimerkki HLT-aineiston havaituista matriisialkioista (yli 100km automatkat laajennettuna, kaikki matkat määrää Helsinki). Nolla-alkiot merkitty harmaalla.



Kuva 22. Esimerkki synteettisesti muodostetuista (mallinnetuista) matriisialkioista (yli 100km matkat, määräpää Helsinki).



Kuva 23. Esimerkki synteettisten ja havaittujen pitkien, yli matkojen (kaikki matkaryhmät) bayesilaisesta yhdistelystä (yli 100km matkat, määrääpää Helsinki). Nolla-alkiot merkitty valkoisella.



Kuva 24. Esimerkki synteettisten ja havaittujen pitkien, yli matkojen (kaikki matkaryhmät) virhemarginaaleista (yli 100 km matkat, määrääpää Helsinki).

3.4 Matriisien matkamäärät

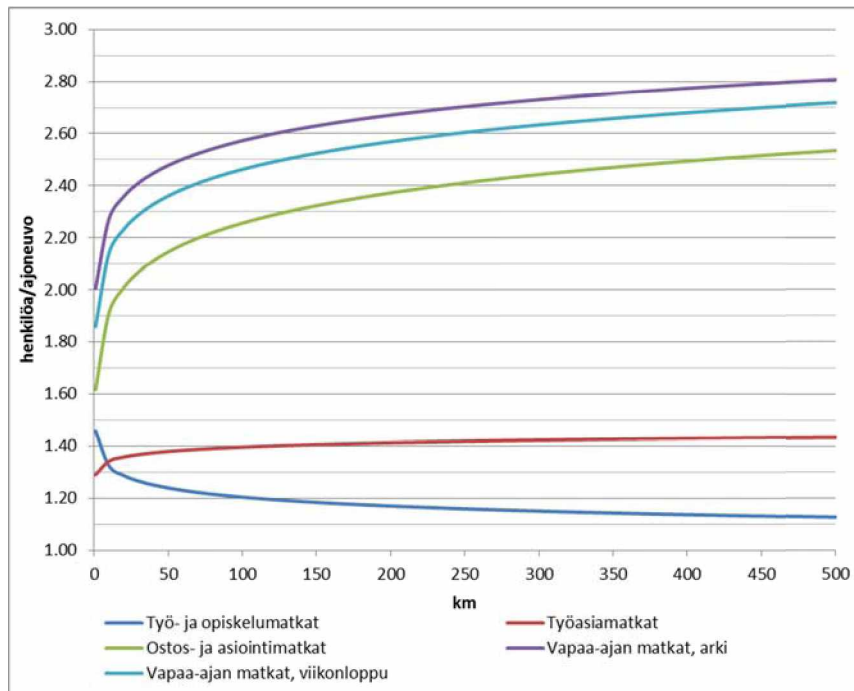
3.4.1 Henkilöliikenteen kysyntä

HLT-aineistosta muodostettujen kuntien välisten matkamatriisien nurkkasummat matkaryhmittäin ja kulkutavoittain on esitetty taulukossa 9. Menetelmä perustuu maakuntien välisten matkamäärien havaittujen matkamäärien säilyttämiseen, joten matriisien nurkkasummatkin vastaavat HLT-aineistoa. Havaintomäärien vähydestä johtuen matkojen suuntautumisestimaateissa on kuitenkin suuria virhemarginaaleja jopa maakuntatasolla muilla kuin automatkoilla.

Taulukko 9. Matriisien matkamäärät (matkaa/vrk)

	auto	bussi	juna	lento	yhteensä
Työmatkat	1 900 523	311 022	121 653	102	2 333 300
Työasiamatkat	380 907	11 174	17 766	2 188	412 035
Asiointimatkat	3 411 758	126 743	59 896	50	3 598 446
Vierailu ja muut vapaa-ajan matkat	2 677 402	190 693	82 632	923	2 951 650
Mökkimatkat	200 190	3 319	2 518	603	206 630
Yhteensä	8 570 780	642 950	284 465	3 867	9 502 061

Autoliikenteen matkat on muunnettu autoliikenteen sijoittelua varten henkilöautoiksi. Muunnos on tehty matkaryhmittäin estimoiduilla keskiuormitusmalleilla, joissa ajoneuvon kuormitus riippuu matkan pituudesta. Mallinnetut keskiuormitukset matkaryhmittäin on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Mallinnetut keskiuormitukset matkaryhmittäin.

Matkaryhmittäisistä ajoneuvomatriiseista yhdistetty henkilöautoliikenteen sijoittelumatriisi sisältää 5 669 476 matkaa vuorokaudessa.

Työssä tuotetun Emme-pankin henkilöliikenteen kysyntämatriisit on listattu liitteessä 4.

3.4.2 Tavaraliikenteen kysyntä

Kuten luvussa 3.2 on kuvattu, tavaraliikenteen matriiseihin koottiin vuoden 2010 (lentoliikenteestä 2011) tilastoista saadut tonnimääräiset kuntien väliset matkat josta-kuinkin sellaisenaan. Matriiseissa on seuraavat kuntien (pois lukien Ahvenanmaa) väliset tonnimäärät:

- Tieliikenne: 353 miljoonaa tonnia
- Raideliikenne: 36 miljoonaa tonnia (netto)
- Vesiliikenne: 6 miljoonaa tonnia
- Lentoliikenne: 2 600 tonnia

Kuntien välinen tieliikenteen otostutkimuksen aineisto ei kata kaikkea vuonna 2010 raportoituja kuljetuksia (393 miljoonaa tonnia). Vesiliikenteessä Venäjän ja Saksan välisen kaasuputken rakentamiseen liittyviä kuljetuksia (yhteensä 2,25 miljoonaa tonnia) ei ole matriisissa. Rautatieliikenteen matriisi on vain suuntaa-antava, sillä se ei perustu tilastolähteeseen vaan ennustematriisiin (45 miljoonaa tonnia), joka on skaalattu yllä mainittuun tonnimäärään. Tieliikenteen tavarakuljetukset on muutettu raskaiksi ajoneuvoiksi keskikuormitusmallilla. Sijoittelumatriisi sisältää 169 718 kuljetusta vuorokaudessa.

Työssä tuotetun Emme-pankin tavaraliikenteen kysyntämatriisit on listattu liitteessä 4

4 Liikenteen sijoittelu ja aineistojen validointi

4.1 Verkkojen yhdistävyys

Verkkojen toimivuus on tarkistettu henkilöautoliikenteen, bussiliikenteen ja junaliikenteen osalta matka-aikojen vertailulla. Autoliikenteen matka-aikojen vertailussa on arvioitu keksimääräisten matka-aikojen todenmukaisuutta maakuntakeskusten välillä. Bussi- ja junaliikenteen osalta vertailua on tehty aikataulujen mukaisesti matka-aikoihin. Autoliikenteen osalta tarkistetut matka-ajat vastaavat hyvin todellisia. Bussi- ja junaliikenteen osalta matka-ajat ovat päivittäisten matka-aikojen vaihtelun sisällä. Lentoliikenteen osalta matka-ajat on kuvattu suoraan yksittäisistä linkeistä muodostuville lentoyhteyksille suoraan aikataulun mukaisista matka-ajoista.

Ratojen tavaraliikenteen ja vesiliikenteen verkot on tarkistettu vain verkkojen yhdistävyyden osalta. Vesiliikenteessä on varmistettu merkittävimpien satamien yhdistävyys. Vesiliikenteen verkon mahdollisen hyödyntämisen yhteydessä on syytä varmistaa tarvittavien satamien yhteydet tapauskohtaisesti.

Työssä muodostetut kysyntämatriisit on sijoitettu kulkumuotokohtaisesti lopullisille verkoille. Seuraavassa on esitetty kysyntämatriisien sijoittelun periaatteet ja sijoittelun tuloksena saadut verkon liikennemäärät.

4.2 Autoliikennesijoittelu

Henkilöautoliikenteen ja tavaraliikenteen sijoitteluihin käytetään Emmen autoliikennesijoittelua. Verkot on tuotettu valtakunnan tason strategisien liikennemallien tarpeisiin. Verkot on tätä silmälläpitäen suunniteltu lähinnä vuorokausiliikenteen sijoittelua varten.

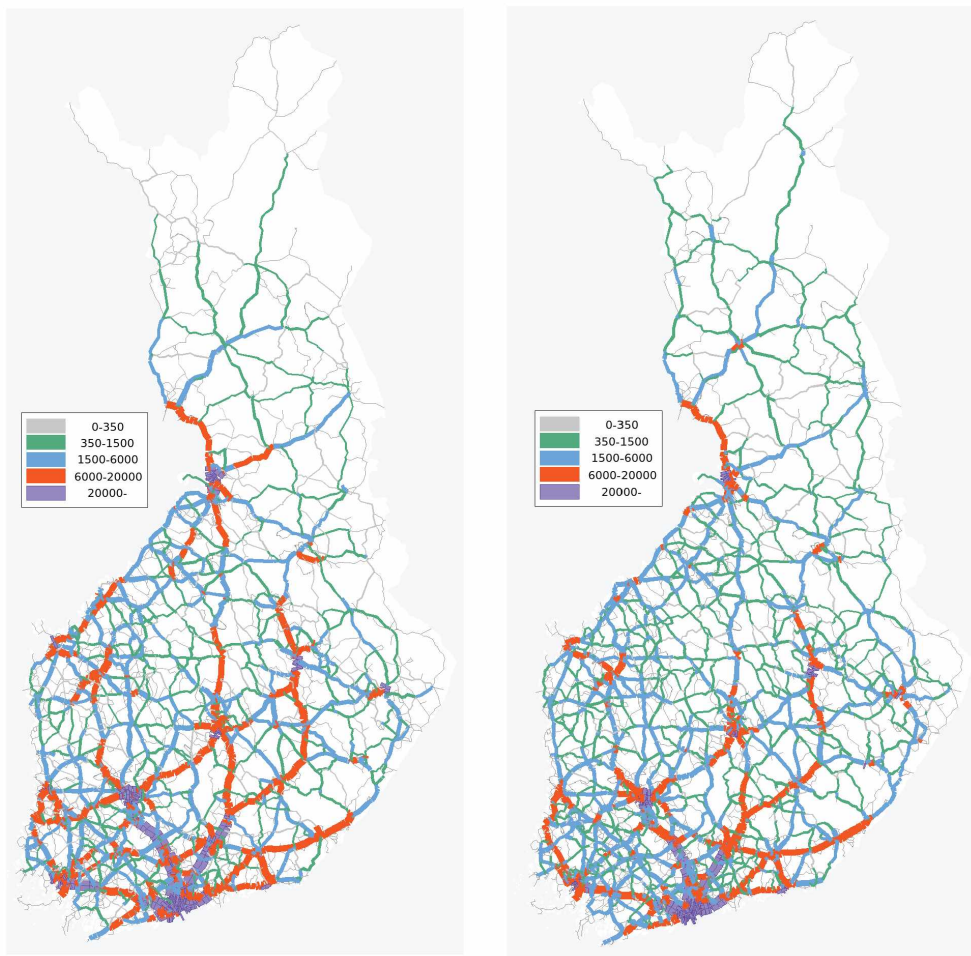
Auto- ja tavaraliikenteen sijoitteluja varten on kuvattu verkkoon ajonopeudet vapaisissa olosuhteissa. Vapaat nopeudet on määritetty samoilla periaatteilla kuin Tiehallinnon aiemmissa verkkokuvauksissa. Vapaan nopeuden määrittely on kuvattu raportin liitteessä 1.

Vuorokausiliikenteen sijoittelu on tehty matka-ajan perusteella. Sijoittelussa kokeiltiin myös erilaisia matkan pituuden painoja matka-ajan lisäksi. Sijoitettu liikenne vastasi kuitenkin parhaiten havaittuja liikennemääriä käytettäessä sijoittelussa vain matka-aikaa. Sijoittelu on tehty vakionopeuksilla.

Liikenteen ruuhkautumista ei nähty tarpeelliseksi ottaa huomioon valtakunnan tason vuorokausiliikenteen sijoitteluissa. Mahdollisia tuntiliikenteellä tehtäviä tarkempia kapasiteettitarkasteluja varten on verkolle laskettu kuitenkin tuntiliikenteen kapasiteetit ja määritelty tietyppikohtaiset viivytysfunktioit. Tieverkon kapasiteettien ja viivytysfunktioiden määrittely on kuvattu liitteessä 2.

Autoliikenteen vuorokausikysyntä (henkilöautot + raskaat ajoneuvot) verkolle sijoiteltuna on esitetty kuvassa 26. Vasemmanpuoleisessa kartassa on esitetty sijoiteltu liikenne ja oikeanpuoleisessa tierekisterin mukainen KVL -tieto.

Sijoittelun tuloksena saadut liikennemäärät ovat pääteillä hieman tierekisterin mukaisia liikennemääriä suurempia ja alemmalla tieverkolla selvästi pienempiä. Tärkein syy erolle on verkkokuvauksessa käytetyn aluejaon karkeus. Tehtäessä sijoittelu tarkemmalla aluejaolla saadaan liikennettä hakeutumaan myös alemmalle tieverkolle. Kunta-aluejaossa tehtävän sijoittelun tuloksia voidaan käyttää lähinnä suurempien keskusten välisten päätieyhteyksien liikenteen koostumuksen ja suuntautumisen tarkasteluun.



Kuva 26. Sijoiteltu (vas.) ja tierekisterin mukainen (oik.) autoliikenne (KVL, ajon/vrk).

Taulukossa 10 on esitetty sijoitellun liikenteen suorite sekä ja tierekisterin mukainen suorite verkolla. Tierekisterin mukainen suorite on esitetty koko malliin kuvatun verkon osalta ja vain niiden linkkien osalta, joille autoliikenteen sijoittelussa hakeutuu kysyntää.

Taulukko 10. Autoliikenteen suoritteet (ajonkm/vrk)

	Kevyet	Raskaat	Yhteensä	rask. osuus
Sijoitellun liikenteen suorite	87 565 376	4 830 734	92 396 110	5.5 %
Tierekisterin suorite malliin kuvatulla verkolla	91 430 064	8 197 678	99 627 742	9.0 %
Tierekisterin suorite sijoittelussa käytetyillä linkeillä	74 401 376	6 636 259	81 037 635	8.9 %
Sijoiteltu/ koko verkon suorite	0.96	0.59	0.93	
Sijoiteltu/ sijoittelussa käytetyn verkon suorite	1.18	0.73	1.14	

Kevyiden ajoneuvojen osalta liikennesuorite vastaa likimain tierekisterin mukaista suoritetta. Sijoittelussa käytetyllä verkolla suorite on n. 18 % suurempi kuin näiden linkkien tierekisterin mukainen suorite. Tämä johtuu mallin karkeasta aluejaosta, minkä seurauksena liikenne painottuu pääväylille.

Raskaan liikenteen suorite jää yli 40 % tierekisterin mukaista suoritetta pienemmäksi koko verkon osalta ja 27 % pienemmäksi sijoittelussa käytetyllä verkolla. Raskaan liikenteen kysyntämatriisi sisältää vain Tieliikenteen tavarankuljetustilaston sisältämän kysynnän. Kysyntämatriisista puuttuvat tierekisterissä raskaaseen liikenteeseen laskettavat linja-autot ja ulkomaisella kalustolla ajettu tavaraliikenteen suorite.

4.3 Joukkoliikenne

Joukkoliikenteen sijoittelussa käytetään Emmen joukkoliikennesijoittelua. Sijoittelussa käytetyt funktiot ovat seuraavat:

$$\begin{aligned}
 ft1 &= length / (ul1 / 60) \\
 ft2 &= (ut1 + ut2) / ut3 * (length / (ul1 / 60)) \\
 ft3 &= (ut1 + ut2) / ut3 * (length / (ul1 / 60)) \\
 ft4 &= us1
 \end{aligned}$$

Funktiota $ft1$ on käytetty vain linjamuuttujan $ut3$ määrittämiseen, jotta saadaan selville bussilinjan ajoaika autoliikenteen nopeuksilla. Funktio 1 palauttaa segmentille henkilöautojen nopeuden mukaisen matka-ajan (henkilöautoliikenteen nopeus $ul1$ -kentässä). Tämän jälkeen segmenttikohtaiset ajoajat on painotettu funktioilla 2 ja 3 todellisen matka-ajan ($ut1+ut2$) ja sijoittelusta saadun ajoajan ($ut3$) suhteella. Näin linjojen todelliset ajoajat on sovitettu segmenttikohtaisesti vastaamaan eri tieosien erilaisia ajonopeuksia.

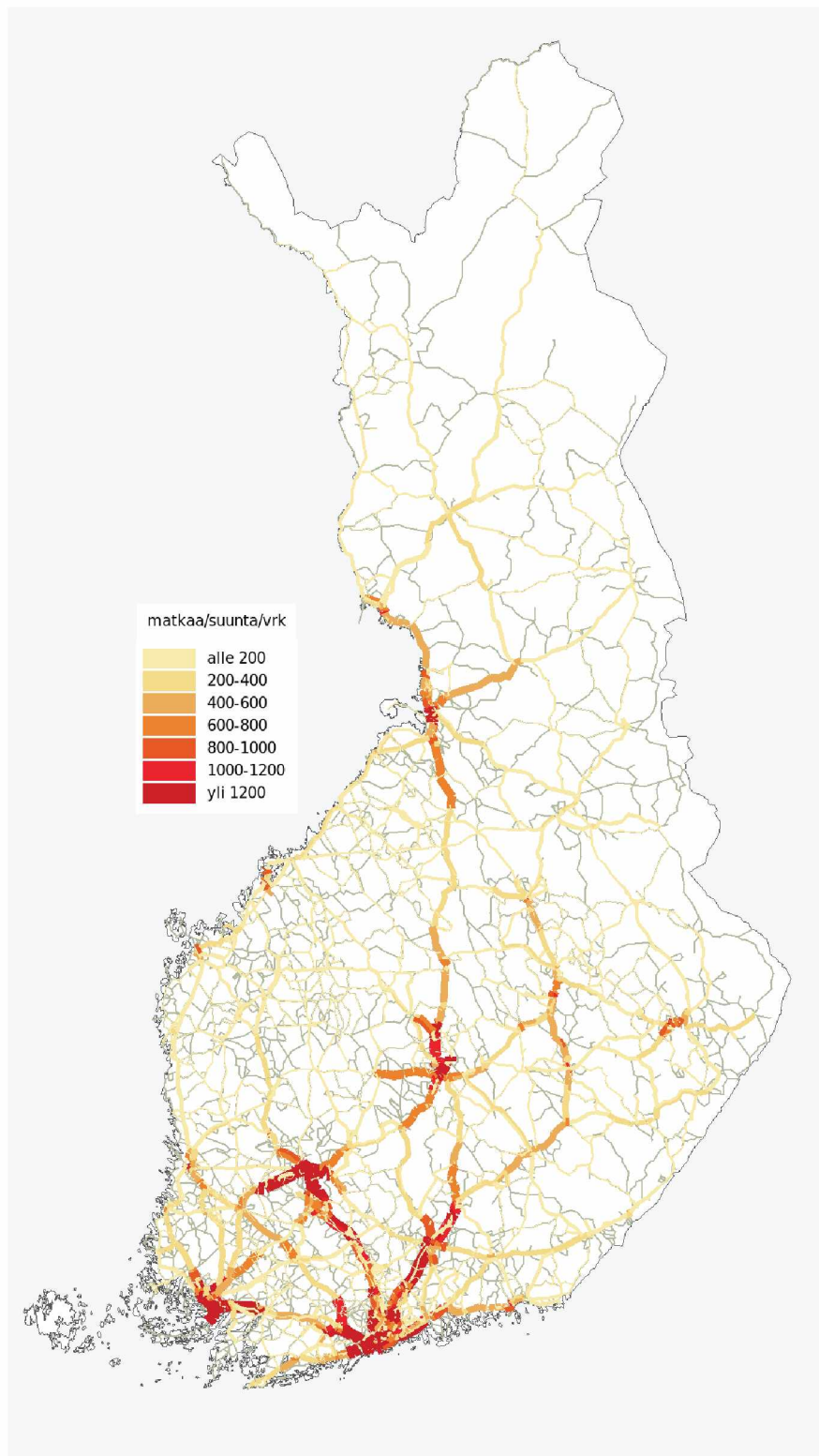
Funktiota 2 käytetään varsinaisessa bussiliikenteen kysynnän sijoittelussa pika-
vuoroille ja funktiota 3 vakiovuoroille.

Funktiota $ft4$ käytetään junaliikenteen ja lentoliikenteen sijoitteluissa. Junilla matka-
aika linjasegmentillä on talletettu segmenttimuuttujaan $us1$, jonka arvo on määritetty
kaavalla

$$length / @len * ut1, \text{ missä}$$

$length$ on segmenttiä vastaavan linkin pituus, $@len$ on linjan kokonaispituus ja $ut1$ on linjan ajoaika ilman pitkiä pysähdyksiä. Lentoliikenteen reiteillä muuttuja $us1$ vastaa aikataulun mukaista lentoaikaa.

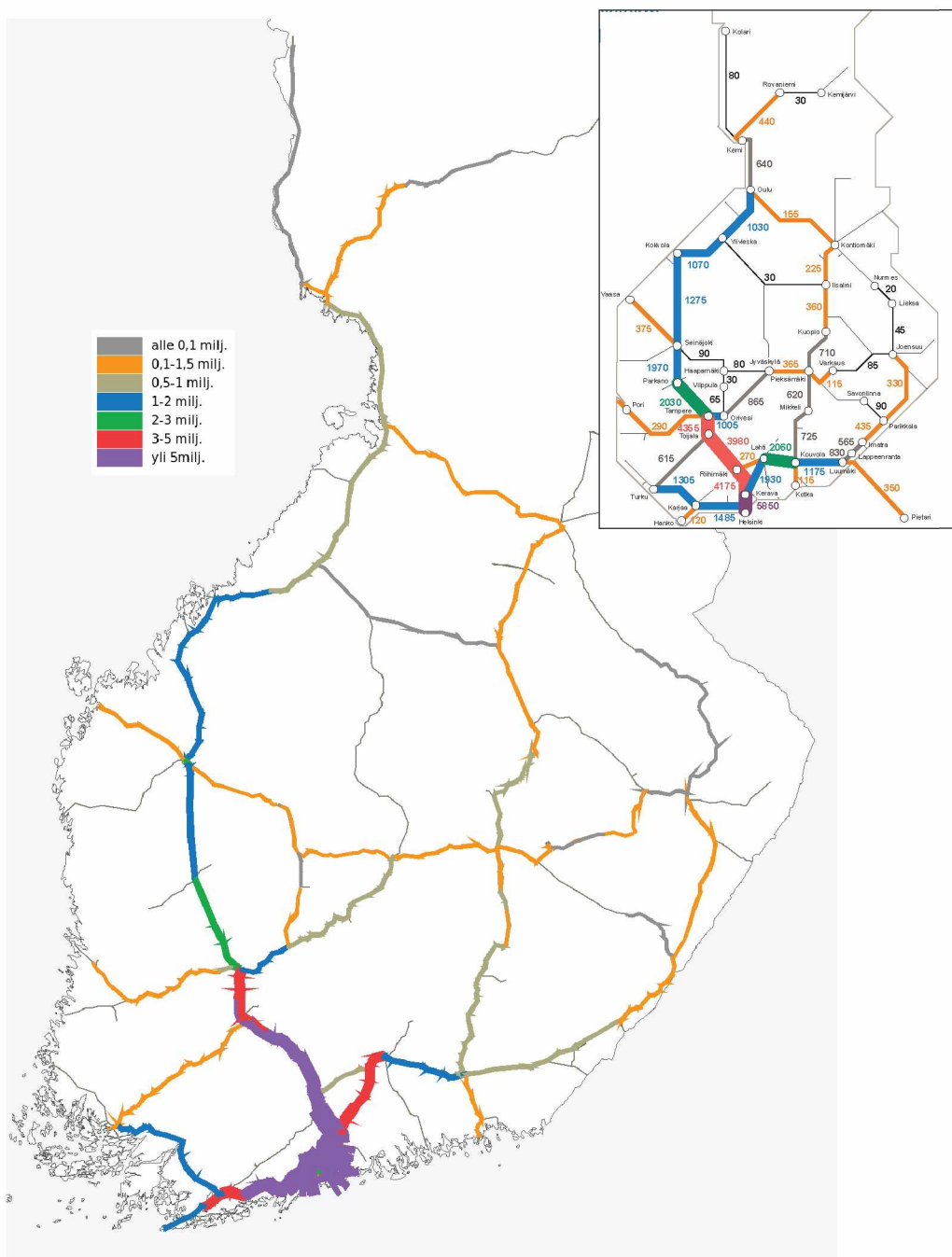
Bussiliikenteen vuorokausikysyntä sijoiteltuna bussitarjonnalle on esitetty kuvassa 27. Bussiliikenteen käyttäjämääristä ei ole vertailutietoa, joihin sijoiteltuja matkustajavirtoja voisi verrata. Sijoitellun bussiliikenteen kokonaissuorite on miljoonaa 11,9 henkilökilometriä vuorokaudessa. Tämä on n. 75 % henkilöliikennetutkimuksen mukaisesta suoritteesta (15,9 milj.henkilökilometriä/vrk). Joukkoliikenteen tarjontaan ei ole kuvattu kuntien sisäistä liikennettä eikä kaupunkiseutujen seutuliiikennettä, mikä selittää eroa sijoitellun ja havaitun liikennesuoritteiden välillä.



Kuva 27. Bussiliikenteen määrät verkoilla.

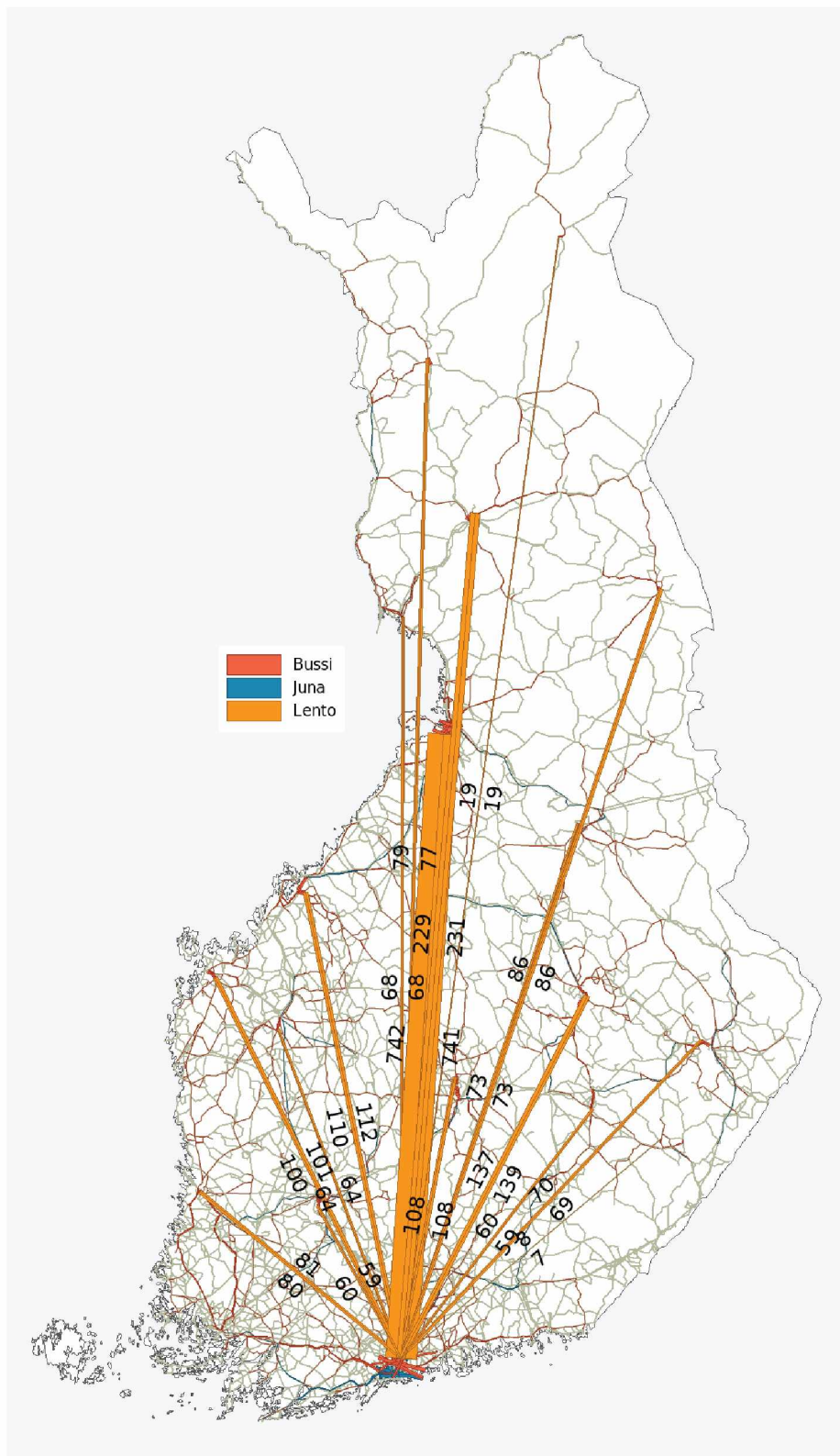
Junaliikenteen kysyntä sijoiteltuna verkolle on esitetty kuvassa 28. Vertailukohtana on esitetty rautateiden henkilöliikenteen määrät vuonna 2011. Suurimmat erot sijoiteltujen matkustajavirtojen ja havaittujen määrien välillä on pääkaupunkiseudun ympäristössä sekä Lahden ja Luumäen välillä. Pääkaupunkiseudun ympäristössä sijoiteltu liikenne sisältää myös pääkaupunkiseudun lähiliikenteen, joka puuttuu vertailukuvasta. Sijoiteltu liikenne ei puolestaan sisällä kansainväistä liikennettä, joka näkyy vertailukuvassa Helsingin ja Pietarin välillä.

Sijoitellun junaliikenteen kokonaissuorite on 13,3 miljoonaa henkilökilometriä vuorokaudessa. Sijoiteltu liikennemäärä on n. 91 % henkilöliikennetutkimuksen mukaisesta matkustajasuoritteesta (14,6 milj. henkilökm/v).

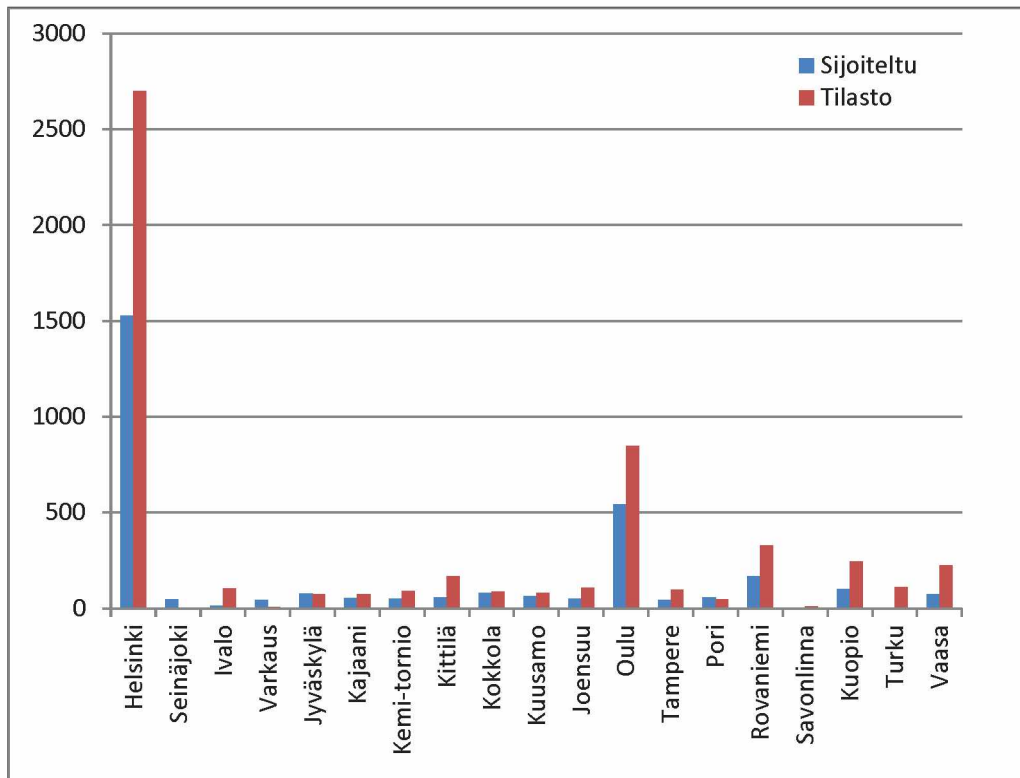


Kuva 28. Rautatiematkat.

Kuvassa 29 on esitetty lentoliikenteen sijoitellut matkustajamäärät. Matkustajamäärät sisältävät vain kotimaanliikenteen. Sijoittelussa ei näy ulkomaanlennoilla jatkavien tai ulkomailat saapuvien lentomatkustajien matkat kotimaan sisäisillä lennoilla. Matkustajamäärät poikkeavat tästä syystä selvästi lentoasemien tilastoiduista matkustajamääristä.



Kuva 29. Lentoliikenteen matkustajamäärät (matkaa/vrk).



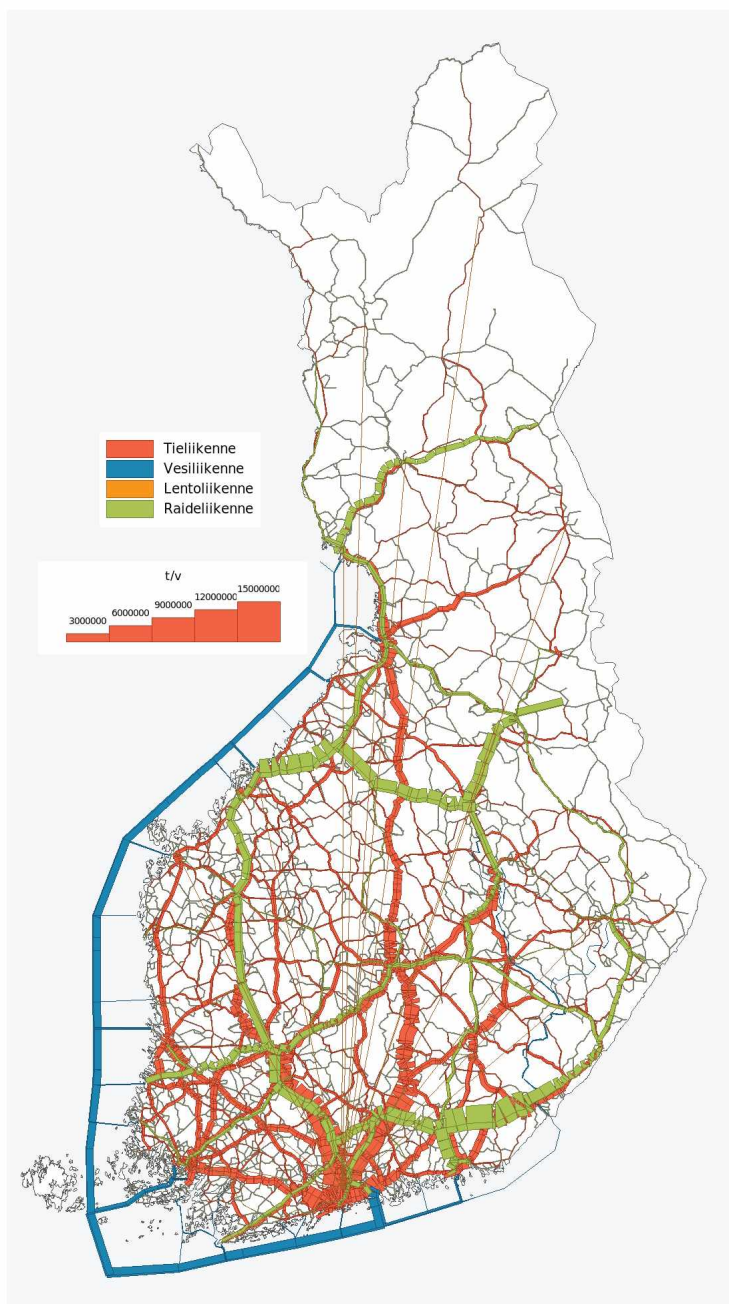
Kuva 30. Lentoliikenteen matkustajamäärät (1000 matkustajaa/v).

4.4 Tavaraliikenteen sijoittelu

Tavaraliikenteen sijoitellut virrat näkyvät alla. Sijoittelusta seuraavat suoritteet ovat:

- Tieliikenne: 20 miljardia tonnikilometriä
- Raideliikenne: 9,3 miljardia tonnikilometriä
- Vesiliikenne: 3,6 miljardia tonnikilometriä
- Lentoliikenne: 1,3 miljoonaa tonnikilometriä

Luvut ovat pienempiä kuin tilastoissa (tieliikenne 26 mrd tnkm, raideliikenne 9,8 mrd tnkm, vesiliikenne 3,7 mrd tnkm), mikä johtuu osin kuntien sisäisten matkojen puuttumisesta ja osin lähtötietojen puuttuvista tavarakuljetusmääristä.



Kuva 31. Tavaraliikenteen virrat 2010 (tonneissa).

5 Jatkokehitystarpeet

5.1 Aineiston hallinnointi

Aineisto tulee kaikkien asiantuntijoiden käyttöön. Jakelu ja hallinnointi tapahtuu Liikenneviraston toimesta myöhemmin päätettävällä tavalla.

5.2 Aluejaon kehittäminen

Verkot ja matriisit on tässä työssä tehty vuoden 2011 kuntajaolla, jotta analyysit ovat yhteensopivia henkilöliikennetutkimuksen ja muiden hallinnollisten tilastojen kanssa. Jatkossa on tarpeen pohtia erilaisten aluejakohierarkioiden tarvetta liikenteen sijoittelua ja kysyntämalleja varten. Aluejaon tihentäminen edellyttää myös verkkojen tarkentamista vastaamaan uutta aluejakoa. Työssä kehitetty verkkojen tuottamismenettelmä mahdollistaa tämän.

5.3 Tietolähteiden täydennysmahdollisuuksien selvittäminen

Joihinkin tiedossa oleviin tietolähteisiin, kuten Tieliikenteen tavarankuljetustilaston pohja-aineistoon sekä VR:n lipunmyynti- ja tavaraliikenteen kuljetustilastoihin liittyy tietosuoja- ja erityssalaisuuksia, jotka estävät joko niiden käytön kokonaan tai osittain. Tämän hetken lähteissä on myös useita puutteita mm. ulkomaisen liikenteen osalta tai kattavuuden suhteen. Työn aikana näitä seikkoja selvitettiin aikataulun ja resurssien puitteissa, mutta jatkossa tähän tulee kiinnittää lisää huomiota aineistojen laadun parantamiseksi, jotta voitaisiin välttää tilanteet, joissa tiedetään että päätöksentekoa tukeva analyysi vääristyy, koska se perustuu vajavaisempaan tietoon kuin yrityksillä itsellään on.

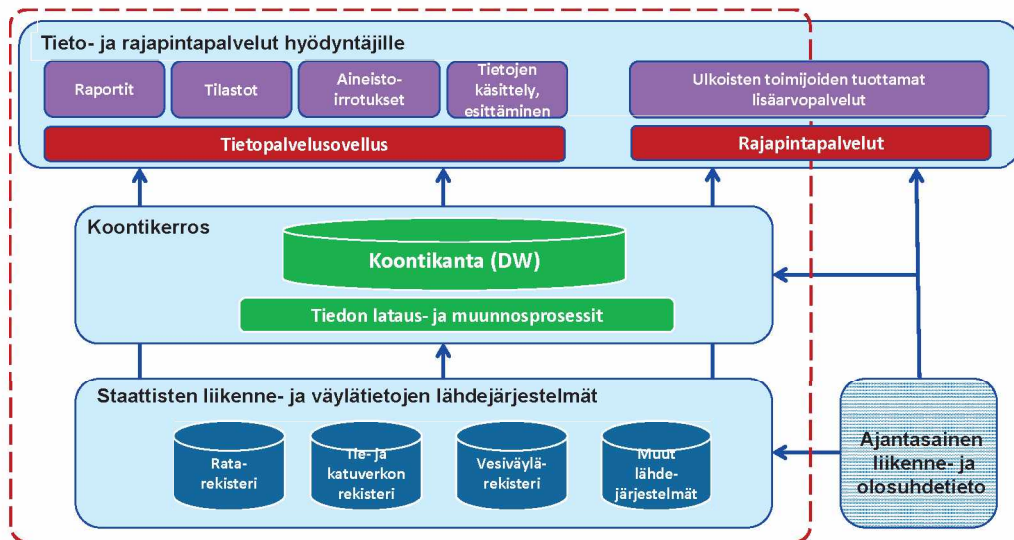
Kysynnän ja tarjonnan kuvausmenetelmät on pyritty rakentamaan tässä työssä siten, että aineistoja voidaan tarkentaa sitä mukaa kuin lähtötietoihin liittyviä ongelmia ratkaistaan ja aineistot täydentyvät. Esimerkiksi alueellisilla liikennetutkimuksilla voidaan tarkentaa valtakunnan matriiseja ko. alueen osalta.

5.4 Inspire-verkkojen kehitystyön huomioiminen

Verkkokuvausten laatimistyön tavoitteena on ollut muodostaa päivitetty liikenteen tarjontamalli, joka teknisesti vastaa mahdollisimman hyvin eri käyttötarpeita ja Liikenneviraston tehtäviä liikennejärjestelmän kokonaisuuden kannalta. Toisena tavoitteena oli muodostaa menetelmä, verkkokuvaukset voidaan jatkossa päivittää pienellä työmäärällä Liikenneviraston tietokannoista. Nykyisellään hyvin erilaisissa tarkkuus-tasoissa olevat ja erilaista tietoa sisältävät tietokannat ovat haasteellisia yhtenäisen

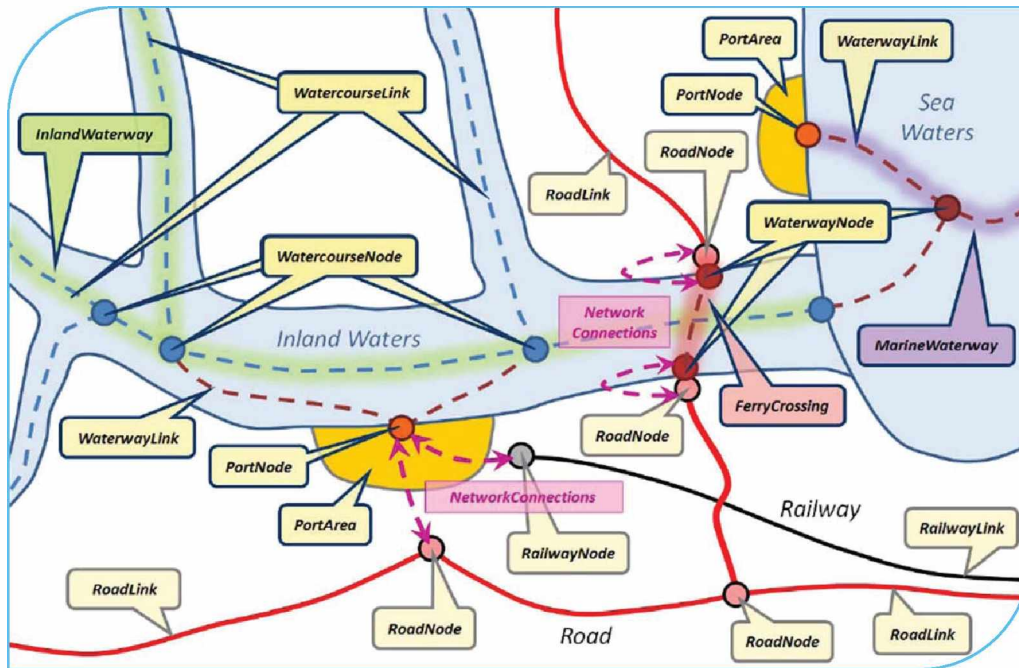
liikenneverkkokuvauksen automaattisen muodostamisen kannalta ja eri aineistojen yhdistely on edellyttänyt käsityönä tehtäviä korjauksia ja täydennyksiä.

Jatkossa Liikenneviraston staattiset liikenne- ja väylätiedot kootaan lähdejärjestelmistä yhtenäiseen koontikantaan, josta eri liikennemuotojen verkkojen tiedot voidaan helposti irrottaa eri tarkkuustasoissa liikennemallien verkkokuvausten lähtökohdaksi. Liikenneviraston tie- ja liikennetietojen tuleva järjestelmäarkkitehtuuri on kuvattu pääpiirteissään seuraavassa kuvassa.



Kuva 32. Liikenneviraston tie- ja liikennetietojen järjestelmäarkkitehtuuri.

Yhtenäinen koontikanta mahdollistaa mm. INSPIRE -direktiivin mukaisen tietotuotteen, joka kokoaa eri liikennemuotojen verkot yhtenäisen verkkokuvausten. Tietotuote pitää sisällään eri liikennemuotojen verkot ominaisuuksineen sekä verkkojen väliset kytkennät, joten se on sellaisenaan hyvä lähtökohta liikennemallien verkkokuvausille jatkossa. INSPIRE-direktiivin mukaisen tietotuotteen verkkokuvaus on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 33. INSPIRE-tietomallin mukainen liikenneverkkokuvaus.

Tavaraliikenteen matriisit ovat vain suuntaa-antavia arvioita. Tavaraliikenteen kokonaistonnimatriisit perustuvat julkisista lähteistä saatavilla oleviin tietoihin ja kuvaavat vain karkealla valtakunnallisella tasolla kulkumuodoittain kuljetettujen kokonaistonnien sijoittumisen liikenneverkoille. Tavararyhmäkohtaisia matriiseja ei voitu muodostaa, sillä ryhmittelyt vaihtelevat eri kulkumuotokohtaisissa aineistoissa ja tutkimuksissa. Aineistot ovat myös osin liikesalaisuuksien takia vaikeasti saatavissa tai puutteellisia esimerkiksi ulkomaisen liikenteen osalta. Luokittelut ovat myös vaihdelleet viime vuosina tuottaen aineistoihin epäjatkovuuksia. Tavararyhmäkohtaisten aineistojen tuottamiseen vaadittaisiin tästä syystä perusteellisempää analyysiä kuin mihin nyt on ollut mahdollisuuksia.

Lähdeluettelo

Henkilöliikennetutkimus 2010–2011. www.hlt.fi.

Selvitys Liikenneviraston nykyisen paikkatiedon ja INSPIREn edellyttämän tietomallin yhdenmukaisuudesta, Liikennevirasto 15.3.2011.

Tiehallinnon Emme/2-verkot ja -bussilinjat 2004, Tiehallinto 2004.

Kotimaan vesiliikennetilasto 2010. Liikenneviraston tilastoja 3/2011.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2011-03_kotimaan_vesiliikennetilasto_web.pdf.

Lentoliikenteen tilastot. <http://www.finavia.fi/tietoafinaviasta/liikennetilastot>.

XML-rajapintakuvaus, LVM Koontitietokanta, Novo group oyj 2003
(<http://www.kalkati.net/content/ltk/liikennetietokirjasto.html>).

Tietilasto 2010 Liikenneviraston tilastoja 6/2011.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2011-06_tietilasto_2010_web.pdf.

Tieliikenteen tavarakuuljetukset 2010. <http://www.stat.fi/til/kttav/index.html>.

Suomen rautatietilasto 2011. Liikenneviraston tilastoja, 5/2011.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2011-05_suomen_rautatietilasto_web.pdf.

Pekka Iikkanen, Mikko Mukula (2030): Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2030. Liikennevirasto, liikennejärjestelmäosasto. Helsinki 2010. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2010. 60 sivua ja 1 liite. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-255-576-2, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-255-577-9 (pdf).

Tuntiliikenteen sijoittelun tiedot autoliikenteelle

Tuntiliikenteen viivytysfunktiot

2-kaistainen maantie ilman valo-ohjausta

$$a_{fd11} = \text{length} * ((\text{volau} / 20000) + (60 / \text{ul1}) * (1 + (\text{volau} / (\text{lanes} * \text{ul3})) ^ 17))$$

moottoriliikennetie (2-kaistainen):

$$a_{fd12} = \text{length} * ((\text{volau} / 20000) + (60 / \text{ul1}) * (1 + (\text{volau} / (\text{lanes} * \text{ul3})) ^ 17))$$

mottoritie (/4-kaistainen moottoriliikennetie)

$$a_{fd13} = \text{length} * ((\text{volau} / 65000) + (60 / \text{ul1}) * (1 + (\text{volau} / (\text{lanes} * \text{ul3})) ^ 40))$$

katu / maantie valo-ohjauksella:

$$a_{fd15} = \text{length} * ((\text{volau} / 12000) + (60 / \text{ul1}) * (1 + (\text{volau} / (\text{lanes} * \text{ul3})) ^ 6))$$

lossi / lautta:

$$a_{fd16} = \text{length} / (10 / 60) + 10$$

Vapaa nopeus

Lähtötietojen oletusarvot tietojen puuttuessa (kentässä arvo -1)

Kaistoja

- 2 moottoriteillä ja 4-kaistaisilla sekaliikenneteillä (Vayla =3 tai Vayla =4)
- 1 muilla teillä

Huom! Kaikkien muiden liikennemuotojen verkoilla kaistamäärä kaikilla linkeillä 1

Na460

- 31.57 2-kaistaisilla teillä (Vayla = 1)
- 71.48 2-kaistaisilla moottoriliikenneteillä (Vayla = 2 ja Kaistoja = 1)
- 68.42 moottoriteillä ja 4-kaistaisilla moottoriliikenneteillä
(Vayla = 3 tai Vayla = 2 ja Kaistoja = 2)
- 49.22 4-kaistaisilla sekaliikenneteillä (Vayla = 4)
- 23.18 kaduilla (Vayla = 5)

Kevyiden ajoneuvojen vapaa nopeus

Valta-, kanta- ja seututeillä (Tie < 1000)

$$@\text{tvnop} = 21.22 + 2.922 * \text{Kaistoja} + 0.03358 * \text{Na460} + 0.6702 * \text{Nopeus}$$

yhdysteillä (Tie > 999)

$$\text{@tvnop} = \text{Nopeus} , \text{ kun Nopeus} < 60 \text{ tai Nopeus} = 70 \text{ tai Nopeus} > 80$$

$$\text{@tvnop} = 67 , \text{ kun Nopeus} = 60$$

$$\text{@tvnop} = 72 , \text{ kun Nopeus} = 80$$

LIITE 1 / 2 (3)

kaduilla (Vayla = 5)
@tvnop = 50

Vapaa nopeus

Lähtötietojen oletusarvot tietojen puuttuessa (kentässä arvo -1)

Kaistoja

2 moottoriteillä ja 4-kaistaisilla sekaliikenneteillä (Vayla =3 tai Vayla =4)
1 muilla teillä
Huom! Kaikkien muiden liikennemuotojen verkoilla kaistamäärä kaikilla linkeillä 1

Na460

31.57 2-kaistaisilla teillä (Vayla = 1)
71.48 2-kaistaisilla moottoriliikenneteillä (Vayla = 2 ja Kaistoja = 1)
68.42 moottoriteillä ja 4-kaistaisilla moottoriliikenneteillä
(Vayla = 3 tai Vayla = 2 ja Kaistoja = 2)
49.22 4-kaistaisilla sekaliikenneteillä (Vayla = 4)
23.18 kaduilla (Vayla = 5)

Kevyiden ajoneuvojen vapaa nopeus

Valta-, kanta- ja seututeillä (Tie < 1000)

@tvnop = $21.22 + 2.922 * \text{Kaistoja} + 0.03358 * \text{Na460} + 0.6702 * \text{Nopeus}$

yhdysteillä (Tie > 999)

@tvnop = Nopeus , kun Nopeus <60 tai Nopeus=70 tai Nopeus >80

@tvnop = 67 , kun Nopeus = 60

@tvnop = 72 , kun Nopeus = 80

kaduilla (Vayla = 5)

@tvnop = 50

Raskaiden ajoneuvojen vapaa nopeus

Valta-, kanta- ja seututeillä (Tie < 1000)

@trvnop = $12.23 + 1.542 * \text{Kaistoja} + 0.7966 * (\text{Nopeus.max.90})$

yhdysteillä ja kaduilla sama kuin kevyiden vapaa nopeus (max 80 km/h)

@tvnop = @tvnop.max.80

Kaistakapasiteetti

Lähtötietojen oletusarvot tietojen puuttuessa (kentässä arvo -1)

Päällysteen leveys (dm)

75 sekaliikenneteillä ja kaduilla (Vayla=1 tai Vayla=4 tai Vayla=5)

120 Moottoriväylillä (Vayla = 2 tai Vayla = 3)

Raskaan liikenteen osuus (Kv_{lras}/K_{vl})

0.1 K_{vl}- tai Kv_{lras} tiedon puuttuessa

Kaistakapasiteettien laskenta

2-kaistaisilla seka- ja moottoriliikenneteillä (Vayla = 1 tai Vayla = 2 ja Kaistoja = 1)

$$@tkkap = 1400 * 1.25 * (Paallev/100)^{0.67} * (100/(100-1.5*(Kv_{lras}/K_{vl})))$$

moottoriteillä ja 4-kaistaisilla moottoriliikenneteillä (Vayla = 3 tai Vayla = 2 ja Kaistoja = 2)

$$@tkkap = 2200 * (100/(100-1.5*(Kv_{lras}/K_{vl})))$$

4-kaistaisilla sekaliikenneteillä kun nopeusrajoitus > 70 km (ei valo-ohjausta)

(Vayla = 4 ja Nopeus > 70)

$$@tkkap = 2000 * (100/(100-1.5*(Kv_{lras}/K_{vl})))$$

4-kaistaisilla sekaliikenneteillä kun nopeusrajoitus < 80 km (pääsuuntaa suosiva valo-ohjaus)

(Vayla = 4 ja Nopeus < 80)

$$@tkkap = 1600$$

Kaduilla (Vayla = 5)

$$@tkkap = 1400$$

Lähtöaineistojen tietosisältö

Tierekisteriaineiston kuvaus

LYHENNE	POS	PIT	SELITE	YKSIKKÖ	TYYPPI	YHDISTELY
tilannepvm	1	8	tietokanta		D	
piiri	9	2	piiri		K	
tie	11	5	tienumero		J	
ajr	16	1	ajoratanumero		J	
kaista	17	2	kaistanumero		J	
aosa	19	3	alkupisteen tieosanumero		J	
aet	22	5	alkuetäisyys, m tieosan alusta	m	J	
ej	27	1	ennen/jälkeen liittymän		M	
losa	28	3	loppupisteen tieosanumero		J	
let	31	5	loppuetäisyys, m tieosan alust	m	J	
pituus	36	6	tieosan pituus	m	J	
pit100m	42	5	'100m:n tarkkuus'	m	J	SU
solmuty	47	2	solmutyyppi		K	PI
pakoord	49	7	alkupisteen p-koordinaatti		J	EN
iakoord	56	7	alkupisteen i-koordinaatti		J	EN
plkoord	63	7	loppupisteen p-koordinaatti		J	VI
ilkoord	70	7	loppupisteen i-koordinaatti		J	VI
kunta	77	3	kuntakoodi		K	VA
maakunta	80	2	maakunta		K	VA
toiml	82	1	nykyinen tieluokka		K	VA
kplk	83	1	talvihoitoluokka		K	VA
paalluok	84	2	päällysteluokka		K	VA
tienas	86	1	tien verkollinen asema		K	MA
kaistoja	87	1	'kaistojen lukumäärä'	"	J	VA
paallev	88	3	päällysteen leveys	dm	J	VA
tielev	91	3	'Tieleveys'	"	J	VA
kvl	94	5	vuoden keskim. vrk.liikenne	kpl	J	KA
kavl	99	5	keskim. arkivrk.liikenne	kpl	J	KA
kkvl	104	5	kesän keskim. vrk.liikenne	kpl	J	KA
kvlras	109	4	raskaiden ajon. KVL	kpl	J	KA
kavlras	113	4	raskaiden ajon. KAVL	kpl	J	KA
kvlyhd	117	4	yhdistelmä ajon. KVL	kpl	J	KA
kavlyhd	121	4	yhdistelmäajon. KAVL	kpl	J	KA
hutu50	125	5	50. huipputunnin arvo	kpl	J	KA
hutu100	130	5	100. huipputunnin arvo	kpl	J	KA
hutu300	135	5	300. huipputunnin arvo	kpl	J	KA
heva	140	2	henkilövahinkoluokitus		K	SU
hevakl	142	3	'kevyen liikenteen heva'	"	J	SU
pitkalt	145	4	pituuskaltevuus	promill	J	SU
na460	149	3	460 m näkemien osuus	pros	J	KA
vayla	152	1	'vaylatyyppi'	"	J	VA
nopeus	153	3	'Nopeusrajoitus'	"	K	VA
kulkuta	156	1	'Kulkutapa'	"	M	VI

Rataverkkoaineiston kentät

Objectid Decimal(10, 0)
Raide_text Char(16)
Alku_m Float
Loppu_m Float
Start_m Char(16)
End_m Char(16)
Length Float
Len_calib Float
Km_tunnus Char(24)
Raide_num Decimal(10, 0)
Omaisuus Decimal(10, 0)
Start_km Char(16)
Raide Char(10)
Shape_len Float

Vesiväylien (navgointilinjat) kentät

BEARING Decimal(12, 2)
NAVLNEDEP Decimal(11, 2)
FWYCLSREF Char(32)
ATAENTRY Char(64)
CDATE Date
ODATE Date
DIAENTRY Char(64)
HISOID Char(17)
INFORM_EN Char(254)
INFORM_FI Char(254)
INFORM_SE Char(254)
LOCKJOB Decimal(10, 0)
NTMENTRY Char(64)
RECOOPER Char(16)
TTYPE Decimal(4, 0)
TEND Date
TSTR Date
VALIDATOR Char(16)
VINFO Char(254)
VSTATUS Decimal(4, 0)
GDO_GID Decimal(10, 0)
SCALEREF Decimal(10, 0)
PITUUS Float

Bayesilainen matriisitarkennus

Valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen 2010–2011 otoskoko on noin 36000 päivämatkaa ja 14000 pitkää matkaa. Matkustuskäyttäytymistä kuvaavia harvoja havainnot laajennetaan niin, että kokonaismäärät vastaavat havaittua. Tällöin yksi satunnainen tutkimusmatka nostaa alkion arvoa sadoilla matkoilla. Näiden yksittäisten matkojen perusteella aineistosta suoraan kuntatasolle laajennettuun suuntautumismatriisiin jää paljon nolla-alkioita, jotka voidaan ”täyttää” suuntautumismalleilla jakamalla havaitut matkoja eri alkioihin niiden maankäytön määrän suhteessa ja liikenneverkon saavutettavuuden mukaan. Tällöin suuntautumistiedosta tulee helposti liian karkeaa, sillä suuntautuminen ei selity pelkästään liikenneverkon ominaisuuksilla ja käytävissä olevalla maankäyttötiedolla. Täten tulisi käyttää suoraan aineistosta laskettua tietoa siellä, missä sitä havaintomäärän perusteella voidaan pitää luotettavana.

Tähän tasoitettun ja tasoittamattoman aineiston yhdistämiseen voidaan käyttää Baeyslaista tilastollista päättelyä. Bayeslaisessa lähestymistavassa ajatellaan, että tutkimuksen otoksen havainnot noudattavat jotain todennäköisyysjakaumaa. Ennakokäsitystä tämän jakauman ominaisuuksista kuvataan priorijakaumalla. Priorijakauma on ns. subjektiivinen todennäköisyysjakauma, joka kuvastaa tutkimuksen tekijän uskomuksia jakaumaparametrin käyttäytymisestä. Tutkimuksen tekijän on pystyttävä formuloimaan priorijakaumansa etukäteen. Otoksen poimimisen jälkeen parametrin priorijakauma päivitetään ns. posteriorijakaumaksi käyttämällä Bayesin kaavaa. Posteriorijakauma yhdistää tällöin parametria koskevan prioritiedon ja otostiedon toisiinsa.

Todennäköisyydet tulkitaan Bayeslaisesti uskomukseksi asioiden todellisesta tilasta, niin että uskomus voi alun perin pohjautua pelkkään arvaukseen ja että se päivittyy aina uuden todistusaineiston myötä. Täten matkamatriisin kutakin alkioita käsitellään jakaumana, jonka odotusarvo on matkamäärä ja jonka varianssi kuvaa kulloisessakin vaiheessa tämän matkamäärätiedon luotettavuutta. Synteettisesti mallinnettuja matkoja tarkennetaan käyttämällä hyväksi HLT:n aineistoa, varsinkin niiltä osin, joissa matkojen määrä on suuri.

Tässä oletetaan, että kuntien välisten matkojen lukumäärää kuvaa Poisson-jakauma. Kunnasta yhteensä lähtevien matkojen määränä käytetään tuotosmalleilla mallinnettuja matkoja. Näiden matkojen jakautumista muihin kuntiin käsitellään suhdeparametrilla, joka kertoo ensimmäisestä kunnasta toiseen suuntautuvien matkojen osuuden kaikista ensimmäisestä kunnasta lähtevistä matkoista.

Alkuperäisenä priori-jakaumana käytetään mallinnettujen matkojen suhdetta ja sitä päivitetään havaittujen matkojen suhteella. Syntyvä uusi painotettu jakauma kertoo, millä todennäköisyydellä mikäkin osuus kunnasta lähtevistä matkoista suuntautuu johonkin tiettyyn kuntaan. Uutta jakaumaa muodostettaessa, priori-jakaumaa ja havaintoja painotetaan niiden tarkkuuksien mukaan. Tarkkuus perustuu havaintojen määrään. Priorin eli mallinnettujen matkojen jakauman paino on skaalattu kaikkien maakunnasta lähtevien matkojen perusteella ja havaittujen matkojen paino tulee kunnasta lähtevien matkojen lukumäärästä.

Koska lopputuloksena on todennäköisyysjakauma, on sille myös hajonta. Tätä hajontaa ei voida käyttää varsinaisena virheenä koska mallinnetut havainnot saadaan ha-

vaituista ja ne ovat siten riippuvaisia toisistaan. Hajontaa voidaan kuitenkin käyttää virhemarginaalina, mitä voidaan hyödyntää matkamatriisien alkioiden keskinäisessä vertailussa.

Valtakunnallista kuntatason matkamatriisia muodostettaessa on luontevaa tasoittaa maakuntatason matriisi kuntatasolle ja päivittää näin saatua matriisia kuntatason havainnoilla. Tällöin kutsumme tasoitetun matriisin yhden alkion jakaumaa priorijakaumaksi, kuntatason havaintoja uudeksi todistusaineistoksi ja näiden yhdistämisen tuloksena syntyvää jakaumaa posteriorijakaumaksi. Tavallisesta Bayeslaisesta teoriasta poiketen tässä tapauksessa ei siis ole varsinaisesti uutta todistusaineistoa, vaan samaa aineistoa käytetään uudelleen eri vaiheissa eri tavalla. Tämä aiheuttaa haittaa vain hajonnan suuruusluokalle, joka riippuu kuitenkin merkittävässä määrin subjektiivisista arvioista.

Maakuntatason matriisin tihentäminen kuntatasolle

Maakuntatason matriisi voidaan tihentää kuntatasolle jakamalla matkoja matkatuotoslukujen suhteessa joko koko matriisia relaxoimalla, jolloin matriisin rivi- ja sarakesummat eli kustakin kunnasta lähtevien matkojen ja kuhunkin kuntaan saapuvien matkojen määrän pidetään tuotoslukua vastaavana tai aluejakoa tihentämällä, jolloin yhtä maakuntaparia vastaavan osamatriisi pidetään matkamäärän maakuntatason matriisia vastaavana. Molemmat menetelmät perustuvat matkatuotoslukujen ja etäisyysfunktioiden käyttöön ja soveltuvat yhtä lailla Bayeslaisen päivityksen priorijakaumaksi. Näistä menetelmistä hahmotellaan tässä jälkimmäinen.

Olkoon maakunnasta p maakuntaan q suuntautuvien matkojen määrä Y_{pq} . Koostukoon maakunta p n :stä kunnasta, joiden lähtevien matkojen tuotos (matkaa aikayksikössä) on (r_{1*}, \dots, r_{n*}) ja vastaavasti koostukoon maakunta q m :stä kunnasta, joiden saapuvien matkojen tuotos on (r_{*1}, \dots, r_{*m}) .

Saavutettavuus kunnasta i kuntaan j määritellään seuraavalla kaavalla:

$$a_{ij} = f(t_{ij}) \times r_{*j}$$

missä f on matkavastusargumenttinsa t_{ij} suhteen laskeva etäisyysfunktio. Esimerkiksi kotoa lähtevien ostosmatkojen tapauksessa i vastaa kotia, j ostospaikkaa ja r_{*j} on ostospaikkaan saapuvien matkojen tuotos. Vastaavasti, ostospaikasta lähtevien ostosmatkojen tapauksessa i vastaa ostospaikkaa, j kotia ja r_{*j} on kotiin päättyvien ostosmatkojen tuotos. Symmetrisen matriisin tapauksessa kotoa lähtevien ja kotiin saapuvien ostosmatkojen tuotos on sama, kuten myös ostospaikasta lähtevien ja ostospaikkaan saapuvien ostosmatkojen tuotos. Tällöin maakunnassa p sijaitsevasta kunnasta i maakunnassa q sijaitsevaan kuntaan j suuntautuvien matkojen määräksi saadaan

$$y_{ij} = \frac{r_{i*} a_{ij}}{\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m r_{k*} a_{kl}} \times Y_{pq},$$

missä kokonaismatkamäärä Y_{pq} jaetaan kuntapareittain tuotoslukujen ja saavutettavuuksien määrittämien potentiaalien suhteessa.

Kuntatason matriisin päivittäminen

Oletetaan, että kunnasta i kuntaan j suuntautuvien matkojen määrä on Poisson-jakautunut. Matkojen määrä siis vaihtelee päivittäin ja tutkimuksen matkamäärä on yhdistelmä otoksia tästä jakaumasta tutkimuspäiville realisoituneista matkamääristä. Tämä voidaan parametrisoida muotoon²

$$y_{ij} \sim \text{Poisson}(y_{i*}\theta_{ij}),$$

missä y_{ij} on kunnasta i kuntaan j suuntautuvien matkojen määrä, y_{i*} kunnasta i lähtevien matkojen määrä ja θ_{ij} tuntematon parametri, joka kuvaa kuntaan j suuntautuvien matkojen osuutta kunnasta i lähtevistä matkoista. Tällöin ollaan kiinnostuneita selvittämään tutkimusaineiston avulla parametrin θ_{ij} jakauman.

Valitsemalla θ_{ij} :n priorijakaumaksi konjugaattinen Gamma-jakauma

$$\theta_{ij} \sim \text{Gamma}(\alpha_{ij}, \beta_{ij})$$

saadaan posteriorijakaumaksi

$$\theta_{ij}|y', \lambda' \sim \text{Gamma}(\alpha_{ij} + y'_{ij}/\bar{\lambda}'_{i*}, \beta_{ij} + y'_{i*}/\bar{\lambda}'_{i*}),$$

missä α_{ij} ja β_{ij} ovat Gamma-jakauman *shape* ja *inverse scale* -parametrit, y' , λ' on uusi todistusaineisto ja $\bar{\lambda}'_{i*}$ on kunnasta i lähtevien matkojen keskimääräinen laajennuskerroin. θ_{ij} :n posterioriodotusarvoksi ja -varianssiksi saadaan

$$E(\theta_{ij}|y') = \frac{\alpha_{ij} + y'_{ij}/\bar{\lambda}'_{i*}}{\beta_{ij} + y'_{i*}/\bar{\lambda}'_{i*}}$$

$$\text{Var}(\theta_{ij}|y') = \frac{\alpha_{ij} + y'_{ij}/\bar{\lambda}'_{i*}}{(\beta_{ij} + y'_{i*}/\bar{\lambda}'_{i*})^2}$$

Varsinaisesti hajontaa lienee mielekästä tarkastella varianssin ja odotusarvon suhteena. Käytännössä on siis ensin määrättävä priorijakauman parametrit maakuntatasolta tihennetyin matriisin alkion y_{ij} ja rivisumman y_{i*} pohjalta, niin että

$$E(\theta_{ij}) = \frac{\alpha_{ij}}{\beta_{ij}} = \frac{y_{ij}}{y_{i*}}.$$

Valitsemalla näille parametreille suuret arvot osoitetaan suurta luottamusta priorijakaumaa kohtaan ja vastaavasti päinvastoin. Lienee mielekästä valita kotoa lähteville matkoille

$$\beta_{ij} = \delta X_{p**}, \quad 0 < \delta \leq 1$$

² Andrew Gelman, John B. Carlin, Hal S. Stern and Donald B. Rubin. *Bayesian Data Analysis*. Second Edition. Chapman & Hall/CRC, 2003.

ja kotiin päättyville matkoille

$$\beta_{ij} = \delta X_{*q}, \quad 0 < \delta \leq 1$$

missä X_{p*} on maakuntatason laajentamattoman- eli havaintomäärämatriisin maakunnasta p lähtevien matkojen kokonaismäärä ja X_{*q} vastaavasti maakuntaan q päättyvien matkojen kokonaismäärä. Näin siksi, että tutkimuksessa on kysytty asukkaiden matkoja, jolloin maakuntaparin matkamäärän luotettavuuden määrää asuinpään havaintomäärä.

Tämän jälkeen priorijakauma päivitetään yhdistämällä se suoraan tutkimusaineistosta laskettuun kuntatason matriisiin. Mikäli kunnasta lähtevien matkojen määrä on vähäinen, on lopputuloksen odotusarvo ja varianssi lähellä priorijakaumaa, mikäli taas lähtevien matkojen määrä on suuri, päivittyy lopputuloksen odotusarvo lähemmäs suoraa tutkimustietoa ja varianssi pienenee.

Menetelmän soveltaminen

Lopulliset matkamatriisin alkiot ovat vain luotettavuudella tai havaintomäärällä painotettuja keskiarvoja eri tasoilla lasketuista matkamääristä. Tästä yksinkertaisuudesta huolimatta Bayeslaisen teorian mukainen käsittely jakaumatarkasteluineen on hyödyllistä, sillä matriisin alkioilla on arvon lisäksi luotettavuus joka vaihtelee ja jonka luotettavuutta voidaan uuden todistusaineiston myötä parantaa. Vaikka jakaumien hajonta perustuu osittain subjektiivisiin priorijakauman parametreihin ja saman aineiston uudelleenkäyttöön, on se kuitenkin sisäisesti looginen ja antaa oikean kuvan eri alueiden, matkaryhmien ja kulkutapojen hajonnan keskinäisistä eroista.

Edellä käsiteltiin matriisin muodostamista yhdistämällä maakuntatasolta tihennetty matriisin kuntatason matriisiin. Samaa periaatetta noudattaen voidaan päivityksiä kuitenkin ketjuttaa mielivaltaisen määrän. Tarkoituksenmukaista voi olla kolmekin aluetihennystä: maakunta-, seutukunta- ja kuntataso sekä myös kaupunkiseutujen omien, riittävän tuoreiden henkilöliikennetutkimusten käyttö viimeisenä päivitysvaiheena.

Kysyntämatriisit

Lopullinen aineisto (Emmepankki) sisältää seuraavat Suomen sisäisten kuntien välisen liikenteen kysyntämatriisit.

Henkilöliikenne

Autoliikenne

mf11:	auto1	Työmatkat, auto
mf12:	auto2	Työasiamatkat, auto
mf13:	auto3	Asiointimatkat, auto
mf14:	auto4	Vapaa-ajan matkat, arki, auto
mf15:	auto5	Vapaa-ajan matkat, vkl, auto
mf16:	auto	Automatkat yht. 2010 (matkaa/vrk)
<i>mf17:</i>	<i>KVL10k</i>	<i>KVL kevyet 2010 (ajon/vrk)</i>

Bussiliikenne

mf21:	buss1	Työmatkat, bussi
mf22:	buss2	Työasiamatkat, bussi
mf23:	buss3	Asiointimatkat, bussi
mf24:	buss4	Vapaa-ajan matkat, arki, bussi
mf25:	buss5	Vapaa-ajan matkat, vkl, bussi
mf26:	bussi	Bussimatkat yht. 2010 (matkaa/vrk)

Junaliikenne

mf31:	juna1	Työmatkat, juna
mf32:	juna2	Työasiamatkat, juna
mf33:	juna3	Asiointimatkat, juna
mf34:	juna4	Vapaa-ajan matkat, arki, juna
mf35:	juna5	Vapaa-ajan matkat, vkl, juna
mf36:	juna	Junamatkat yht.2010(matkaa/vrk)

Lentoliikenne

mf41:	lent1	Työmatkat, lento
mf42:	lent2	Työasiamatkat, lento
mf43:	lent3	Asiointimatkat, lento
mf44:	lent4	Vapaa-ajan matkat, arki, lento
mf45:	lent5	Vapaa-ajan matkat, vkl, lento
mf46:	lento	Lentomatkat yht. 2010 (matkaa/vrk)

Tavaralliikenne

mf51:	auto_t	Tieliikenteen tonnit 2010
mf52:	vesi_t	Vesiliikenteen tonnit 2010
mf53:	lent_t	Lentorahti tonnit 2010
mf54:	rata_t	Rautatieliikenteen tonnit 2010
<i>mf18:</i>	<i>KVL10r</i>	<i>KVL raskaat 2010 (ajon/vrk)</i>

