

Valtakunnallinen liikenteen mallijärjestelmä

Selvitys mallijärjestelmän kehittämisen edellytyksistä ja vaihtoehtoista

Virpi Pastinen, Ilkka Salanne, Matti Keränen, Hannu Lehto,
Erkki Jaakkola, Marko Tikkanen

Julkaisun nimi Valtakunnallinen liikenteen mallijärjestelmä - Selvitys mallijärjestelmän kehittämisen edellytyksistä ja vaihtoehtoista			
Tekijät Virpi Pastinen, Ilkka Salanne, Matti Keränen, Hannu Lehto, Erkki Jaakkola, Marko Tikkanen			
Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom 3.10.2019			
Julkaisusarjan nimi ja numero Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 8/2020		ISSN(verkkajulkaisu) 2669-8781 ISBN(verkkajulkaisu) 978-952-311-485-2 URNhttp://urn.fi/URN:ISBN:978-952-311-485-2	
Asiasanat Liikennemalli, liikenne-ennuste, tavaraliikenne, henkilöliikenne, tietoaaineistot			
Tiivistelmä Tässä työssä on selvitetty liikenteen valtakunnallisen mallijärjestelmän kehittämisen edellytyksiä ja vaihtoehtoja. Mallijärjestelmä tulee muodostumaan sekä henkilö- että tavaraliikenteen malleista, joiden avulla voidaan tuottaa myös liikennemuotoikohtaiset ennusteet. Tuotettuja aineistoja hyödynnetään valtakunnalliseen liikennejärjestelmäsuunnitteluun sekä vaikutusten arviointiin liittyvissä tehtävissä. Selvitystyön aikana on kartoitettu laajasti mallijärjestelmään kohdistuvia erilaisia tarpeita ja myös sidosryhmien esittämät näkemykset on otettu huomioon. Työssä on lisäksi tehty vertailu pohjoismaiden vastaaviin liikenteen mallijärjestelmiin ja niiden käyttökohteisiin. Niissä on yleinen käytäntö, että mallijärjestelmä koostuu sekä alueellisista että valtakunnallisista osamalleista. Suomessa henkilöliikenteen mallintamisen keskeisenä haasteena on pitkien matkojen tietoa- aineistojen puute. Nykyisin tehtävä henkilöliikennetutkimus keskittyy päivittäisiin matkoihin, jotka ovat luonteeltaan pääsääntöisesti lyhyitä. Näin ollen tutkimuksessa saadaan pitkistä matkoista liian vähän havaintoja, jotta niitä voitaisiin luotettavasti mallijärjestelmän avulla mallintaa. Tavaraliikenteen mallintamisen keskeisenä haasteena ovat samoin tietoaaineistoihin liittyvät puutteet. Ne liittyvät erityisesti kotimaan tavaraliikenteeseen. Tieliikenteen tavarakuljetustilasto ei nykyisessä muodossa riitä luotettavan mallinnuksen tekemiseen. Rautatiekuljetuksista olisi myös välttämätöntä saada kattavat ja luotettavat tiedot. Ulkomaan tavaraliikenteen osalta tarvittavien tietoaaineistojen saatavuus on parempi. Valtakunnallisen mallijärjestelmän rakentaminen on laaja ja pitkäaikainen hanke. Se edellyttää järjestelmän kehittämisen lisäksi merkittäviä kehittämisen toimenpiteitä myös mallintamisen lähtökohtana olevien henkilö- ja tavaraliikenteen tietoaaineistojen osalta. Lisäksi valtakunnallisen mallijärjestelmän käyttö ja ylläpito edellyttävät merkittäviä resursseja.			
Yhteyshenkilö Hannu Kuikka		Raportin kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen
		Kokonaissivumäärä 127	
Jakaja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom		Kustantaja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom	

Publikation			
Riksomfattande modellsystem för trafik - Utredning om förutsättningar och alternativ för utvecklingen av modellsystemet			
Författare			
Virpi Pastinen, Ilkka Salanne, Matti Keränen, Hannu Lehto, Erkki Jaakkola, Marko Tikkanen			
Tillsatt av och datum			
Transport- och kommunikationsverket Traficom 3.10.2019			
Publikationsseriens namn och nummer		ISSN (webbpublikation) 2669-8781	
Traficoms forskningsrapporter och utredningar 8/2020		ISBN (webbpublikation) 978-952-311-485-2	
		URN http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-311-485-2	
Ämnesord			
Trafikmodell, trafikprognos, godstrafik, persontrafik, datamaterial			
Sammandrag			
I detta arbete har man utrett förutsättningar och alternativ för utvecklingen av ett riksomfattande modellsystem för trafik. Modellsystemet kommer att bestå av både person- och godstrafikmodeller med hjälp av vilka man kan också producera prognoser för olika transportslag. Producerade material utnyttjas i den riksomfattande transportsystemplaneringen och i konsekvensbedömning. Under utredningsarbetet har man kartlagt olika behov gällande modellsystemet på ett omfattande sätt och även beaktat de synpunkter som uttryckts av intressentgrupper. I detta arbete har man också gjort en jämförelse med motsvarande modellsystem för trafik i nordiska länderna och dess användningsändamål. Det är vedertagen praxis i dessa modellsystem att modellsystemet består av både regionala och riksomfattande delmodeller. I Finland en av de centrala utmaningarna i modelleringen av persontrafik är brist på datamaterial gällande långa resor. Persontrafikundersökningen som genomförs nuförtiden koncentrerar sig på dagliga resor som är på grund av sin karaktär huvudsakligen korta. I undersökningen är antalet observationer gällande långa resor följaktligen för litet för att kunna modelleras långa resor på ett pålitligt sätt med hjälp av modellsystemet. En av de centrala utmaningarna i modelleringen av godstrafik är likadant brist på datamaterial. Dessa brister hänför sig särskilt till inrikes godstrafik. Statistiken över varutransporter inom vägtrafiken är i sin nuvarande form inte en tillräcklig bas för en pålitlig modellering. Det skulle också vara nödvändigt att få omfattande och tillförlitlig information av järnvägstransporter. När det gäller utrikes godstrafik är tillgängligheten av datamaterial som behövs bättre. Byggandet av det riksomfattande modellsystemet är ett omfattande och långvarigt projekt. Utöver utvecklingen av systemet förutsätter det också betydande utvecklingsåtgärder gällande person- och godstrafikens datamaterial som är utgångspunkten för modelleringen. Därtill kräver användningen och underhållet av det riksomfattande modellsystemet betydande resurser.			
Kontaktperson		Språk	Sekretessgrad
Hannu Kuikka		finska	offentlig
Distribution		Sidoantal	
Transport- och kommunikationsverket Traficom		127	
Förlag			
Transport- och kommunikationsverket Traficom			

Title of publication National Model System for Transport — A Study of the Prerequisites and Options for Developing a Model System			
Author(s) Virpi Pastinen, Ilkka Salanne, Matti Keränen, Hannu Lehto, Erkki Jaakkola, Marko Tikkanen			
Commissioned by, date Finnish Transport and Communications Agency Traficom 3.10.2019			
Publication series and number Traficom Research Reports 8/2020		ISSN (online) 2669-8781 ISBN (online) 978-952-311-485-2 URN http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-311-485-2	
Keywords Transport model, traffic forecast, freight transport, passenger transport, data, datasets			
Abstract This study examined the prerequisites and options for the development of a national model system for transport. The model system will comprise models for both passenger and freight transport, on the basis of which specific projections can be generated for each transport mode. The produced materials will be utilised in the context of national transport system design and impact assessment. The study examined a wide range of relevant requirements, also accounting for the views presented by stakeholders. Furthermore, the study included a comparative component analysing equivalent model systems in the Nordic countries and their applications. Such models in the Nordics typically consist of both regional and national sub-models. In Finland, the unavailability of long-distance data constitutes a central challenge with regard to passenger transport modelling. Current research on passenger transport focuses on daily travel, which primarily entails travel over short distances. The paucity of data generated on long distances as a result does not allow reliable models to be produced. The same limitations related to the insufficient availability of data affect freight transport modelling, with domestic freight transport constituting a particular challenge. In their current form, the statistics on road haulage do not enable sufficiently reliable modelling. It is also necessary to produce comprehensive and reliable data on freight transport by rail. Meanwhile, there is more data available on freight transport outside Finland. Building national model systems is a wide-ranging project for which significant time is required. In addition to development work on the system, substantial development measures are needed with regard to the passenger and freight transport datasets on which the modelling is based. Furthermore, the use and maintenance of a national model system requires considerable resources.			
Contact person Hannu Kuikka	Language Finnish	Confidence status Public	Pages, total 127
Distributed by Finnish Transport and Communications Agency Traficom	Published by Finnish Transport and Communications Agency Traficom		

ALKUSANAT

Tämä selvitys on laadittu Traficomin toimesta ja sen tekijöinä olivat WSP Finland Oy (henkilöliikenne) ja Sitowise Oy (tavaraliikenne). Työtä ohjasi ohjausryhmä, jonka jäsenet olivat:

Hannu Kuikka (pj)	Traficom
Tuomo Suvanto	Traficom
Harri Lahelma	Väylä
Taneli Antikainen	Väylä
Jens West	HSL

Konsulteista työhön osallistuivat Virpi Pastinen (projektipäällikkö), Ilkka Salanne, Matti Keränen, Hannu Lehto, Erkki Jaakkola, Marko Tikkanen sekä avustavaa henkilökuntaa.

Helsingissä, 30. päivä huhtikuuta 2020

Hannu Kuikka
liikenne-ekonomisti

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	1
1.2	Tarpeet, käyttötilanteet ja rajaukset	5
1.2.1	Henkilö- ja tavaraliikenteen malleille yhteiset käyttötarpeet ja -tilanteet:.....	5
1.2.2	Henkilöliikennemallien erityiskysymykset	8
1.2.3	Tavaraliikennemallien erityiskysymykset	9
1.2.4	Liikennemallien käyttö ja ylläpito	10
1.3	Toteuttaminen pääpiirteittäin	12
2	Henkilöliikenteen ennustemallit	14
2.1	Henkilöliikenteen ennustemallit Suomessa	14
2.1.1	Valtakunnalliset ennusteet	16
2.1.2	Ennusteiden laadintaprosessi.....	17
2.1.3	Nykyisin käytössä oleva yksilömalli	18
2.1.4	Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli	20
2.2	Valtakunnallisten henkilöliikenteen mallien käytännöt muissa pohjoismaissa	22
2.2.1	Ruotsi.....	22
2.2.2	Norja	30
2.2.3	Tanska	32
2.3	Tilastot ja lähtöaineistot	36
2.3.1	Liikkumiskäyttäytymisen kuvaus	36
2.3.2	Väestö- ja aluerakenne, työllisyys ja työpaikat	41
2.3.3	Liikennejärjestelmän kuvaus	42
2.3.4	Nykytilanteen kuvaus tilastojen valossa	44
2.3.5	Kalibrointi- ja validointiaineistot.....	45
2.4	Henkilöliikenteen mallien kehittämistarpeet pitkällä aikavälillä.....	47
2.4.1	Pitkien matkojen ja alueellisten matkojen tarkastelu	47
2.4.2	Alueelliset mallit	52
2.4.3	Pitkien matkojen malli	54
2.5	Toteuttamisvaihtoehdot henkilöliikenteen mallijärjestelmäksi	62
2.5.1	Nykyisen valtakunnallisen liikenne-ennustemallin pienet parannustoimet	62
2.5.2	Pidemmän aikavälin kehittämistoimenpiteet	70
3	Tavaraliikenteen ennustemallit	82
3.1	Tavaraliikenteen ennustemallit Suomessa	82
3.1.1	Frisbee-tavaraliikennemalli.....	82
3.1.2	MERIMA – Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästölaskentamallit.....	83
3.1.3	TRAMA – Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset -mallit	85
3.1.4	Tavaraliikenteen sijoittelut	87
3.1.5	Tavaraliikenteen alueelliset ennustemenettelyt	87
3.2	Tavaraliikenteen ennustemallit muissa maissa	88
3.2.1	Ruotsi.....	88
3.2.2	Norja	90
3.2.3	Tanska	92
3.2.4	Eurooppa	94
3.3	Tavaraliikenteen ennustemalleissa käytettävät tilastot ja lähtöaineistot	96
3.3.1	Nykyiset tilastot ja lähtöaineistot	96
3.3.2	Nykyisten tilastojen ja lähtöaineistojen käytettävyyys	101
3.3.3	Tilastojen ja lähtöaineistojen kehittämistarpeet	102
3.3.4	Kansantalous.....	102

3.4	Tavaraliikenteen ennustemallin toteuttaminen ja ylläpito	103
3.4.1	Tavaraliikenteen ennustemallin toteuttamisvaihtoehdot	103
3.4.2	Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli	104
3.4.3	Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli.....	105
3.5	Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen toteuttamiskustannukset	105
3.5.1	Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli	106
3.5.2	Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli.....	106
3.6	Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen ylläpitokustannukset	107
3.6.1	Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli	107
3.6.2	Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli.....	108
4	Yhteenveto	109
4.1	Henkilöliikenteen ennustemallin kehittämisspolku.....	109
4.2	Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehdot	113
4.3	Ennustemallien yhteensopivuus	115
5	Lähdeluettelo.....	116
Liite 1	Valtakunnallisen henkilöliikenteen ennustejärjestelmän pitkän aikavälin ke- hittämiskustannukset ja aikataulu.....	121
Liite 2	Tarkemmat arviot tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen toteuttamis- kustannuksista ja henkilötyöresursseista.....	125

Taulukot

Taulukko 1	Havaintomäärät Ruotsin pitkien matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallien estimoinnissa vuonna 2011. (Schmidt et al. 2011). Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.	
Taulukko 2	Mallien kehittämisen, käytön ja ylläpidon organisointivaihtoehtojen vahvuudet ja heikkoudet. (Rich et al. 2018)	34
Taulukko 3	Pitkien matkojen kysyntätiedon tiedonkeruun rooleja ja ominaisuuksia..... Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.	
Taulukko 4	Yli 100 kilometriä pitkien kotimaanmatkojen havaintomäärät vuosien 2010 ja 2016 henkilöliikennetutkimusaineistoissa. Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.	
Taulukko 5	Alustava arvio nykyisen henkilöliikenteen liikennemallijärjestelmän pienten parannustoimenpiteiden kustannuksista.	70
Taulukko 6	Alustava hintahaarukka kehittämiskustannuksille.....	71
Taulukko 7	Pitkien matkojen otantatutkimuksen alustavat kustannukset.....	75
Taulukko 8.	Samgoods mallin toteutus- ja ylläpitokustannukset vuosina 2013 - 2017.....	90
Taulukko 9.	Arvio tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin toteuttamiskustannuksista.	106
Taulukko 10.	Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin toteuttamiskustannuksista.	107
Taulukko 11.	Arvio tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin ylläpitokustannuksista.	108
Taulukko 12.	Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin ylläpitokustannuksista.	108
Taulukko 13	Alustava arvio nykyisen henkilöliikenteen liikennemallijärjestelmän pienten parannustoimenpiteiden kustannuksista	110
Taulukko 14	Alustava hintahaarukka kehittämiskustannuksille.....	111

Taulukko 15. Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen kustannusvertailu.	113
Taulukko 16 Ennustemallivaihtoehtojen SWOT-analyysi.....	114

1 Johdanto

1.1 Tausta ja tavoitteet

Tausta

Traficom on käynnistänyt selvityksen, jonka tarkoituksena on tarkentaa liikenteen valtakunnallisen ennustemallijärjestelmän kehittämiseen ja toteuttamiseen liittyviä kysymyksiä. Liikennemallien ensisijainen käyttökohde on tuottaa valtakunnalliset pitkän aikavälin liikenne-ennusteet ja niiden säännölliset päivitykset. Ennustemallijärjestelmällä on keskeinen rooli valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa.

Liikenne-ennusteet ja skenaariot ovat ennakkoinnin työkaluja. Mallien tarpeet kohdistuvat ennakkointitiedon tulkintaan ja prosessointiin, toimintaympäristön muutosten analyysiin ja vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvien muodostamiseen. Nykytilaennusteet palvelevat puolestaan liikennejärjestelmän haavoittuvuus- ja riskitarkasteluja. Nykytilaennusteiden menetelmät poikkeavat osittain tulevaisuuteen tähtäävien liikenne-ennusteiden menetelmistä. Nykytilamalleissa tarve on tuottaa mahdollisimman tarkka kuva tämänhetkisestä tilanteesta, jolloin ennusteet voidaan laatia pohtimatta tarkemmin, ovatko mallin rakentamisessa käytetyt tiedot ennustettavissa tulevaisuudessa. Lisäksi odotukset nykytilaennusteissa odotukset tulosten täsmällisyydestä ovat tulevaisuusennusteita suuremmat. Liikenteen tulevaisuusennusteissa keskeisessä asemassa ovat lähtötietojen ennustettavuus ja niiden kysyntä- ja tarjontamekanismien kuvaus, joilla lähtötiedoista muodostuu liikenteen tulevaisuuskuva.

Ennusteita tarvitaan tilanteissa, jossa politiikkatoimenpiteiden sekä päätöksenteon ja suunnittelun pohjaksi tarvitaan objektiivinen näkemys tulevaisuudesta. Kattavia ennustemenetelmiä voidaan lisäksi hyödyntää tilanteissa, joissa suunnitelmien tai päätöksenteon vaihtoehtojen vaikutukset tulee voida arvioida. On tunnistettu, että taloudellisten vaikutusten arviointi edellyttää systemaattisten menetelmien ja työkalujen olemassaoloa.

Käyttötarpeet voivat liittyä esimerkiksi infrastruktuurin kehittämishankkeisiin ja säädösympäristön muutosten henkilö- ja tavaraliikennevaikutuksiin. Liikenne-ennusteet ovat yhteydessä väestö- ja aluekehitykseen, talouden ja toimialarakenteen muutoksiin, energia- ja ilmastostrategioihin sekä teknologiseen kehitykseen. Näitä tekijöitä kuvaavat muuttujat toimivat yleensä lähtöasetelmana verkollisten ennusteiden kokonaiskysynnälle.

Valtakunnallisia liikenne-ennusteita on käytetty muun muassa liikenneinvestointien tarveselvityksissä, hankearvioinnissa, kehittämistoimenpiteiden suunnittelussa sekä liikennejärjestelmäsuunnitelmissa. raportissa "Hankearvioinnin ennusteiden kehittäminen" (Väylä 2019b), on todettu tarve kehittää valtakunnallisia ennustemenetelmiä.

Nykyiset valtakunnalliset ennusteet on ositettu tie- ja rataosakohtaisesti, jolloin ennusteita on voitu hyödyntää hankearvioinnin nollavaihtoehdon lähtötietoina. Valtakunnallisia liikennemalleja voidaan pitää siinä mielessä strategisina malleina, että ne eivät tarkkuudeltaan sovellu esimerkiksi yksittäisten tiehankkeiden arviointiin. Sen sijaan valtakunnallisesti merkittävien hankkeiden arviointiin ennustejärjestelmästä toivotaan tukea. Samoin mahdollisuudet arvioida valtakunnallisilla liikenne-ennustemalleilla esimerkiksi kilpailutuksen vaikutuksia operaattorikohtaisesti ovat varsin rajalliset.

Valtakunnalliset liikenne-ennusteet ovat olleet lähtökohtina liikenteen päästöjen laskennassa, liikennepoliittisten toimenpiteiden ja liikenteen verotusmuutosten vaikutusten arvioinnissa sekä maakuntakaavoituksessa. Ennustemalleilla voidaan arvioida esimerkiksi kaupungistumisen vaikutusta liikenneverkon kysyntämuutoksiin. Tavaraliikenteessä tarpeellista voi myös olla tiedossa olevan uuden kuljetuskysynnän vaikutusten arviointi. Erilaiset sidosryhmät ovat käyttäneet ennusteita oman toimintansa suunnittelussa.

Ennustemenettelyä on viime vuosina kehitetty samanaikaistamalla liikennemuoto-kohtaisten ennusteiden laadintaa, jolloin ennusteet perustuvat samoihin lähtökohtiin. Lisäksi lähtökohdat on pyritty yhtenäistämään muiden valtiohallinnon sektorien laatimien ennusteiden kanssa. Ennustejärjestelmää on tarkennettu monien lähtötietojen, kuten esimerkiksi katu- ja yksityisten teiden suoritteiden ja henkilö- ja pakettiautojen osalta.

Nyt on nähty tarpeelliseksi itse liikennemallijärjestelmän kehittäminen. Tehtävä on osa Liikenne- ja viestintäministeriön liikennetalouden kehittämisohjelmaa. Tarkoituksena on laatia suunnitelma liikenne-ennustemallijärjestelmän toteuttamiselle.

Tavoite

Tämän selvityksen tavoitteena on tarkentaa liikenteen valtakunnallisen ennustemallijärjestelmän kehittämiseen ja toteuttamiseen liittyviä kysymyksiä. Pyrkimyksenä on rakentaa eri liikennemuodot kattava pitkän aikavälin verkollinen liikenteen ennustemallijärjestelmä. Lähtökohtana on aikaisemmin Liikennevirastossa kehitetyt valtakunnalliset liikennemallit, mutta niiden tarkoitus ei ole rajoittaa tulevia kehittämisen vaihtoehtoja. Pikemminkin aiempia kehitystyöstä saatuja kokemuksia voidaan soveltaa uutta mallijärjestelmää kehitettäessä.

Selvityksessä on tarkasteltu liikennemallien käyttötarpeita, otettu kantaa valtakunnallisten liikennemallien tarvitsemiin lähtötietoihin ja pohdittu alustavasti mallirakenteeseen liittyviä kysymyksiä sekä mallityön kehittämiseen, ylläpitoon ja käyttöön liittyviä vaihtoehtoja. Selvityksen lopputuloksena on muodostunut kuvaus toteuttamisvaihtoehdoista alustavine aikatauluineen ja budjetiteineen.

Strategisilla liikennemalleilla tarkoitetaan tässä yhteydessä malleja, joilla voidaan arvioida liikennekysynnän muutoksia seuraavan kaavion (kuva 1) mukaisissa analysointitilanteissa.

•Infrastruktuuri-investoinnit

- mallit tuottavat lähtötietoja taloudellisten vaikutusarviointien tueksi
- lähtötietona tarkemmille kapasiteettianalyysille

•Liikennepoliittikka

- hinnoittelu
- verotus
- liikenteen maksut*)
- laaja-alaiset nopeusrajoitusten muutokset (kuten talvinopeudet)

•Kuljeta- ja kuljetusmuoto-kohtainen suunnittelu

- hinnoittelu
- tarjonta-analysit

•Ulkoisten tekijöiden vaikutukset

- esimerkiksi muutokset polttoaineen hinnassa
- väestörakenteen kehitys
- aluerakenteen kehitys
- talouden ja toimialarakenteen kehitys

*) Esimerkiksi ruuhkamaksujen vaikutusarviointi voi kuitenkin soveltua paremmin arvioitaviksi seudullisilla liikennemalleilla niillä alueilla, joilla esiintyy merkittäviä ruuhkia.

Kuva 1.

Typilliset valtakunnallisten liikenne-ennustemallien kysyntävaikutusten analysointitilanteet.

Valtakunnallisten, alueellisten ja kaupunkialueiden mallien roolit

Valtakunnallisilla liikennemalleilla tarkoitetaan periaatteessa malleja, jotka kuvaavat koko liikennejärjestelmää, liikkumista ja kuljetuksia koko maassa ja tarvittavilta osin maan rajat ylittäviä matkoja ja kuljetuksia. Siten mallijärjestelmän on katettava sekä lyhytmatkainen että pitkämatkainen liikkuminen ja kuljetukset. Mallien strategisesta luonteesta johtuen niillä ei kuitenkaan ole tarpeen päästä samantyyppiseen yksityiskohtaisuuteen kuin kaupunkialueiden malleilla.

Vähimmäisvaatimuksena voidaan pitää, että valtakunnalliset ennustemallit voisivat tukea seudullisia liikennemalleja siten, että valtakunnallisilla ennustemalleilla tuotetaan kaupunkialueiden mallien ulkoinen liikenne. Muissa Pohjoismaissa käytäntö on toinen. Siellä valtakunnallinen liikenne-ennustejärjestelmä tuottaa sekä alueellisen liikenteen että pitkämatkaisen liikenteen ennusteet. Pidemmällä aikavälillä tuleekin harkittavaksi, kannattaako myös Suomessa siirtyä vastaavaan mallien kehittämisen, käytön ja ylläpidon käytäntöihin. Kun valtakunnallisiin malleihin sisällytetään myös alueellisten mallien ulottuvuus muiden Pohjoismaiden käytäntöä vastaavasti, voivat mallit palvella myös maakunnallista suunnittelua ja sellaisia seutuja, joilla ei ole omia liikenne-ennustemalleja.

Alueelliset liikenne-ennustemallit eivät muissakaan Pohjoismaissa sulje pois suurimpien kaupunkialueiden omien mallien tarvetta. Näissä aluejako ja liikenneverkokuvaus ovat alueellisia malleja tarkemmat ja tarkastelun taso yksityiskohtaisempi. Kaupunkialueiden malleilla pystytään arvioimaan alueellisia malleja tarkemmin muun muassa ruuhkavaikutuksia. Esimerkiksi Tukholman malli on tullut tunnetuksi tietullitarkasteluistaan. Kaupunkialueiden mallit kattavat yleensä keskukaupungin lisäksi lähialueen kunnat.

Liikenteen mallintamisen perinteistä

Muista Pohjoismaista poiketen Suomessa ei ole vuosikymmenien mittaista perinnettä valtakunnallisten liikennemallien kehittämisessä ja ylläpidossa. Valtakunnallisia malleja on laadittu varsin pienin resurssein. Mallintamistyöhön käytettävissä olevat resurssit ovat nykyisellään ohuet sekä tilaaja- että toteuttajaorganisaatioissa ja osaamispääoman kasvattaminen vie oman aikansa. Valtakunnallinen liikennejärjestelmä koostuu sekä alueellisesta että pitkämatkaisesta liikenteestä.

Toteuttamissuunnitelmassa onkin tarpeen ottaa huomioon myös resurssien kannalta realistiset vaihtoehdot liikennemallien kehittämiselle sekä lähivuosina että pitkällä aikavälillä. Suomessa seudullisten liikennemallien laadinta, ylläpito ja käyttö on ollut jatkuvaa lähinnä Helsingin seudulla, jossa tilaajaorganisaatiolla, Helsingin seudun liikenteellä, on mainituista tehtävistä omaa osaamista. Mallien ylläpidon resurssit ovat olleet muilla seuduilla yleensä vähäiset eikä seuduilla yleisesti ottaen ole omaa liikennemalliosaamista kattavasti. Liikennemallien laadinta ja käyttö ovat konsulttivetoisia. Mallintamisen organisoinnin tapa on osaltaan johtanut siihen, että kaupunkiseutujen mallijärjestelmiä on vuoroin purettu ja rakennettu alusta uudelleen.

Nykytilanteessa seudulliset mallit on laadittu epäyhtenäisin menetelmin. Kysyntä- ja tarjontamallien peruslogiikkaa voidaan pitää kuitenkin alueesta riippumattomina. Tämä tarkoittaa, että vaikka liikkumisen ja kuljetusten määrässä ja luonteessa on huomattavia alueellisia eroja ja liikennejärjestelmän kehittämisen tarpeet alueriippuvaisia, voidaan nämä erot ottaa huomioon pääsääntöisesti yhtenäisellä mallirakenteella. Olisikin toivottavaa, että mallintamisen käytäntöjä yhtenäistettäisiin myös alueellisella tasolla, jolloin samaa pyörää ei tarvitsisi keksiä aina uudelleen. Yhtenäiset käytännöt ja menetelmät parantavat mallien tulosten vertailtavuutta. Ne takaisivat myös, että mallien jatkuvan kehittämisen sijaan voitaisiin keskittyä niiden käyttöön. Jos alueelliset mallit tulevaisuudessa kattavat koko maan, voitaisiin niitä hyödyntää osana valtakunnallista liikennejärjestelmäsuunnittelua. Tällaisen alueellisen ulottuvuuden kattavan mallijärjestelmän kehittäminen

seudullisin resurssien varassa on kuitenkin vaikeasti organisoitavissa. Kyse on joka tapauksessa pitkän aikavälin prosessista, jonka aikataulu olisi kehittämisvaiheessa irrallinen liikennejärjestelmätyön aikataulusta.

Suomessa korkeakoulujen rooli liikenteen mallintamisessa on vaihdellut. Viimeisen vuosikymmenen aikana rooli on ohentunut. Poikkeuksena ovat eräät uudet menetelmäkokeilut ja liikennemalleihin liittyvät opinnäytetyöt. Yksittäisinä esimerkkeinä mainittakoon nykytilamallintamiseen liittyvä menetelmäkehitys. Lähtö-määräpaikkamatriisien nykytilamallintaminen on edistynyt tukiasemien solupaikannusdatan hyödyntämisen myötä. Tavaraliikenteessä on taas esimerkiksi kokeiltu Tilastokeskuksen tavaravirtojen otanta-aineiston rikastamista kunta-kuntamatriiseiksi.

Muissa Pohjoismaissa valtakunnallisten liikennemallien kehittämiseen, käyttöön ja ylläpitoon osallistuvat liikenteen hallinnonalan organisaatiot, konsultit, tutkimuslaitokset ja korkeakoulut. Vastuujaot ja resurssien allokointi näiden tahojen välillä vaihtelevat maittain, mutta kokonaisresurssitarve lienee 8-15 päätoimista liikennemallien parissa työskentelevää henkilöä ja 20-40 muuta henkilöä, jotka tuottavat lähtötietoja, käyttävät tai ylläpitävät malleja vuositasolla osan työajastaan. Arvioissa on mukana sekä henkilö- että tavaraliikenteen mallit ja yhteenlasketut resurssitarpeet tilaaja- ja toimittajaorganisaatioissa.

Olisi epärealistista olettaa, että Suomessa resurssitarpeet olisivat tätä pienemmät, jos liikennemalleissa pyritään pitkällä aikavälillä samanlaiseen monipuolisuuteen ja moniulotteisuuteen kuin muissa Pohjoismaissa. Suomessa liikennemallien kehittämiseen käytetyt resurssit ovat menneinä vuosina olleet suuruusluokaltaan kymmenyksen muista Pohjoismaista, vaikka liikennesuoritteet ja siten myös liikennejärjestelmää koskevat kehittämistarpeet vertautuvat väestöpohjaltaan suhteutettuina verrokkimaihin. Norja, Tanska ja Suomi ovat väestöltään jokseenkin saman kokoisia ja Ruotsi kaksinkertainen.

Edellytykset ja lähtökohdat henkilö- ja tavaraliikenteen mallintamiselle Suomessa poikkeavat jonkin verran toisistaan. Tämän vuoksi henkilö- ja tavaraliikenteen enustemalleja on tarkasteltu julkaisussa pääosin omina kokonaisuuksinaan.

Henkilöliikenteen mallintamisen käytännöt

Henkilöliikenteen kysynnän- ja tarjonnan mallintamiseen löytyy teoriatausta, menetelmiä ja työkaluja, joita sovelletaan muissa Pohjoismaissa ja laajemminkin kansainvälisesti. Käytetyt lähtötiedot noudattavat yhteisiä periaatteita. Henkilöliikenteen kysyntämallit pohjautuvat yleensä otanta-aineistoon, joka kuvaa väestön liikkumistarpeita. Henkilöliikenteen tarjontaa kuvataan tavallisesti jollakin yleisesti käytössä olevalla liikennesuunnitteluohjelmistolla laadituilla liikenneverkko- ja linjastokuvauksilla, jotka kuvaavat myös liikkumisen kustannuksia ja palvelutasoa. Kysyntä määräytyy liikkumistarpeen ja tarjonnan välisestä yhteydestä, joka on kuvattu matemaattisesti ja perustuu havaintoaineistoon. Tilastotietoja käytetään varsinaisesti vain mallien kalibrointiin ja validointiin. Alueellisissa malleissa tarkastellaan yleensä joukkoliikennettä, kävelyä, pyöräilyä ja henkilöautoliikennettä. Pitkämatkaisessa liikenteessä kulkutapavaihtoehtoina ovat linja-auto, juna, henkilöauto ja lentokone.

Tavaraliikenteen mallintamisen käytännöt

Muissa Pohjoismaissa tavaraliikenteen mallit perustuvat logiikkaan, jossa lähtökohtana ovat 1) nykyiset tuottaja-kuluttajamatriisit tavararyhmittäin tonneina, 2) lähtö-määräpaikkamatriisit tuottajien ja kuluttajien välillä kuljetusvälineittäin ja tuoteryhmittäin, 3) kuljetusketjumatriisit, jotka kuvaavat lähtö-määräpaikkayhdistelmien ketjuja tonneina ja ajoneuvoina. Kuljetusten kokonaiskysyntä on johdettavissa talousennusteista panos-tuotologiikkaan perustuen. Mallit optimoivat lähinnä tavaraerien kokoa ja kuljetusketjuja sekä ketjuissa syntyviä kustannuksia. Pohjoismainen menettely edellyttää otantana toteutettua tavaravirtatutkimusta

(commodity flow survey), jossa selvitetään tuottajilta tietyn ajanjakson aikana lähetetyt lähetykset, mitä tavaraa, kenelle ja millä kuljetusmuodolla on lähetetty sekä vastaavat tiedot raaka-aineista.

Suomessa tällainen tutkimus toteutettiin viimeksi 1990-luvulla. Lisäksi mallit tarvitsevat panos-tuotostaulut tonnimäärien arviointiin, työssäkäyntitilastot toimialoittain (käytetään tuotannon jakamiseen alueittain ja keskusvarastojen päätelyyn), ulkomaankauppatilastoja satamien kautta kulkevan liikenteen arviointiin sekä kuljetuskustannusten yksikköarvoja. Mallit kattavat yleensä pakettiauto-, kuorma-auto-, juna- ja laivaliikenteen. Suomen nykyistä maantieliikenteen tavaravirtatutkimusta vähän täydentämällä lähtö- ja määräpaikkaa koskevia kuljetustietoja olisi saatavissa mallin tekoon sopivampaa dataa. Tällaista on esimerkiksi Isossa-Britanniassa ehdotettu toteutetussa nykytilanteen kuljetusmatriisien mallinnusprojektissa (WSP 2011).

1.2 Tarpeet, käyttötilanteet ja rajoukset

Valtakunnallisten liikennemallien käyttötilanteita ja käyttötarpeita selvitettiin työssä haastatteluissa ja yhteisessä työpajassa. Työpaja toteutettiin IdeaWall -menetelmällä, joka sisälsi ennakotehtävän ja yhteisen keskustelutilaisuuden.

Haastatteluihin ja työpajatyöskentelyyn osallistui asiantuntijoita liikenne- ja viestintäministeriöstä, valtionvarainministeriöstä, Traficomista, Väylävirastosta, ELY-keskuksista, Huoltovarmuuskeskuksesta, Helsingin seuduilta, Kuntaliitosta ja Helsingin kaupungilta. Keskusteluissa nousi esille seuraavat yhteiset tarpeet ja käyttötilanteet henkilö- ja tavaraliikenteen malleille.

1.2.1 Henkilö- ja tavaraliikenteen malleille yhteiset käyttötarpeet ja -tilanteet:

- **Merkittävien liikenneinfrastruktuurin kehittämis- ja parantamishankkeiden vaikutukset:** Ennustemalleilla tulisi pystyä tarkastelemaan suunnitelmissa olevien valtakunnallisesti merkittävien infrastruktuurihankkeiden vaikutuksia henkilö- ja tavaraliikenteeseen liikenneverkoilla. Raideliikenteen nopeuttamisen ja parantamisen vaikutukset liikkumiseen ovat oleellisia. Tähän tarvitaan skenaariotarkasteluja. Ratahankkeiden yhteydessä tarvittaisiin tietoa siirtyvän liikenteen aiheuttamista muutoksista tieliikenteen suoritteissa. Joissakin tiehankkeissa olisi hyödyllistä pystyä tarkastelemaan vaihtoehtoisen yhteysvälin kehittämisen aiheuttamia mahdollisia siirtymiä. Lisäksi tavaraliikenteessä vaikutuksia on tarpeen arvioida sen vaikutuksia Suomen tuonti- ja vientikuljetuksiin. Henkilöliikenteessä rajanylittävän liikenteen arviointi on luonteeltaan pääsääntöisesti hankekohtaista.
- **Verkolliset tarkastelut** ovat liikennejärjestelmätyöhön liittyviä keskeisimpiä tarpeita. Liikenne-ennusteita on tarvittu verkkotason liikennejärjestelmäselvityksissä ja myös yhteysväliselvityksissä sekä tie- että rataliikenteen osalta niin henkilö- kuin tavaraliikenteessäkin. Mikäli valtakunnallisilla liikennemalleilla ei pystyttäisi arvioimaan valtakunnallisesti merkittävien hankkeiden vaikutuksia, vähentäisi tämä oleellisesti liikennemallien kehittämisen kiinnostavuutta Väyläviraston näkökulmasta. Ruotsissa Sampers -malleja on käytetty muun muassa valtakunnallisten raidehankkeiden arvioinnissa, mutta tämä on edellyttänyt mallien erillistä tarkentamista mainittuun käyttötarkoitukseen. Sen sijaan esimerkiksi IVAR-tasoihin hanketarkasteluihin ei valtakunnallisen liikennemallijärjestelmän tarvitse taipua.

- **Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnittelu:** Liikennejärjestelmäsuunnittelussa tarvitaan perusennusteita. Huomioon tulee ottaa muun muassa talouden kehittyminen ja väestöennusteet sekä valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman infrahankejoukko. Suoritemuutosten perusteella arvioidaan edelleen vaikutukset liikenteen päästöihin. Itse päästölaskentojen tulee perustua virallisiin ohjeisiin ja yhteisesti sovittuun menetelmään ja tätä kautta liikennemallit kytkeytyvät LIPASTO-laskentajärjestelmään.
- **Maakuntien liikennejärjestelmäsuunnitelmat:** Ennustemallin olisi kyettävä tuottamaan yleiset liikenne-ennusteet ja verkkotason ennusteet myös maakuntatasolla maakunnan liikennejärjestelmäsuunnittelua varten. Sen tulisi pystyä huomioimaan myös maakunnallisia kuljetuskysyntää lisäävien investointien vaikutuksia ja infrastruktuurin sekä liikenneyhteyksien parantamishankkeiden vaikutuksia. Valtakunnallisten liikenne-ennusteiden ja maakuntakaavoitukseen liittyvien ennusteiden lähtökohdat ovat kuitenkin osin erilaisia: Maakuntakaavoitus on usein tavoitteellista ja suunnitteet voivat kuvata varautumista näiden mahdollisuuksien toteutumiseen. Valtakunnalliset liikenne-ennusteet ovat tyypillisesti lähempänä eräänlaista perusuraa. Itse mallijärjestelmä voi kuitenkin palvella sekä valtakunnallisia ennusteita että maakunnallisia ennusteita. Ero syntyy lähinnä siitä, millä lähtötiedoin ja -oletuksin malleja käytetään.
- **Liikenneverkon kunnan vaikutukset ja mallintaminen:** Mallilla tulisi voida analysoida millaisia vaikutuksia muun muassa liikenneverkon kunnolla on matkoihin ja kuljetusreitteihin. Esimerkiksi tulisi voida arvioida, missä määrin alemmalta tieverkolta syntyy siirtymiä päätieverkolle tiestön huonon kunnan vuoksi. Samalla tulisi voida tarkastella tällaisten siirtymien päästövaikutuksia. Liikenneverkon kunnan arviointi edellyttää, että tarkasteltava liikenneverkko, kuten tässä esimerkissä alempi tieverkko, olisi kuvattu riittävällä tarkkuudella liikennemalliin. Liikenneverkkokuvausten hienojakoisuus on eräs myöhemmässä suunnitteluvaiheessa ratkaistava kysymys, jolla on oleellinen vaikutus mallirakenteeseen ja aluejakoon, mallien laadinnan ja ylläpidon kustannuksiin.¹
- **Uudet tai poistuvat yhteydet:** Malli, jolla ennakoidaan esimerkiksi valtakunnallisesti merkittävän uuden tie- tai ratayhteyden aiheuttamia muutoksia liikenteessä, kykenee ainakin periaatetasolla mallintamaan myös olemassa olevan tie- tai ratayhteyden käytöstä poistumisen tai kapasiteetin laskun vaikutuksia.
- **Siirtymät kulkutapojen ja kuljetusmuotojen välillä:** Hankkeiden vaikutus kulkutapaosuuksiin eri tyyppisillä matkoilla ja kuljetusten siirtymiin eri kuljetusmuotojen välillä: Tällä hetkellä ei ole juuri kovin luotettavia keinoja arvioida ratahankkeiden mahdollisesti aiheuttamia siirtymiä tieliikenteestä. Rajoitukset koskevat henkilöliikenteessä myös lentoliikennettä ja linja-autoliikennettä.
- **Ilmastopoliittiset toimenpiteet:** Henkilö- ja tavaraliikenteen mallien tulee soveltua ilmastopoliittisten toimenpiteiden vaikutusten arviointiin. Mitkä ovat esimerkiksi erilaisten infratoimenpiteiden vaikutukset päästöihin? Yksittäisten toimenpiteiden lisäksi ollaan kiinnostuneita toimenpidekokonaisuuksien vaikutuksista.
- **Henkilö- ja tavaraliikenteen mallien yhteensovitus:** Ennusteiden lähtötietoina on käytettävä virallisia valtakunnallisia ennusteita ja skenaarioita erityisesti talouden, työllisyyden ja väestön kehityksen osalta. Mallien loppu- tai välitulokset tulee olla saatettavissa samaan aluejakoon ja yhteisille liikenneverkoille. Henkilö- ja tavaraliikenteen mallien tulokset on sovittava yhteen. Jos esimerkiksi tavara-liikenne tietyllä valtavyylällä kasvaa, tulisi mallin pystyä huomioimaan, miten

¹ Yleisesti voidaan ajatella, että mikäli liikennemalleilla halutaan arvioida luotettavasti vaikkapa päätieverkon kysyntää, on liikenneverkkokuvaus toteutettava astetta tarkemmin, jotta yhteydet matkojen ja kuljetusten alkupisteestä päätieverkolle ja loppupisteeseen tulee kuvattua riittävän tarkasti. Lisäksi liikenneverkkokuvausten on katettava vaihtoehtoiset reitit, jotta päätieverkolle ei liikennemallien sijoittelussa ohjautu liikennettä, joka ei sinne kuulu. Hienojakoisen liikenneverkkokuvausten laadinta ja päivittäminen liikennesuunnitteluohjelmistoihin on resursseja vaativa tehtävä.

tämä vaikuttaa henkilöliikenteen sujuvuuteen. Työpajassa pohdittiin myös, onko malleissa mahdollista huomioida henkilö- ja tavarakuljetusten yhdistelyä.

- **Raideliikenteen kapasiteetti:** Raideliikenteen kapasiteettirajoitukset ovat merkittävä investointikysymys. Tavallisesti liikenteen pitkän aikavälin kysyntämallit soveltuvat huonosti kapasiteettirajoitusten yksityiskohtaiseen mallintamiseen. Pitkemminkin mallit osoittavat kysynnän, jos kapasiteettirajoituksia ei ole. Sen sijaan pitkän aikavälin liikennemallien kysyntäarviot voivat toimia lähtötietoina tarkemmille kapasiteettitarkasteluille, joilla kapasiteettirajoituksia tarkastellaan yksityiskohtaisemmin. Pitkän aikavälin liikenne-ennustemalleilla voidaan kuitenkin saada alustavia arvioita siitä, onko kapasiteetti karkeasti ottaen riittävä. Erillisten kapasiteetin hallintaohjelmistojen avulla arvioidaan ratakapasiteettia ja linjastojen koodauksessa huomioidaan ratakapasiteetti vuorovälin ja nopeuden muodossa. Ratakapasiteetin jako henkilö- ja tavaraliikenteen välillä on myös oleellinen kysymys.
- **Matkojen ja kuljetusten hinnoittelu, verotus ja maksut sekä taloudelliset kannustimet:** Matkakustannukset ja kuljetuskustannukset ovat liikennemallien lähtötietoja. Niiden ennakointi on kuitenkin haastavaa ja kaikilta osin tietoja ei ole saatavilla. Hinnoittelun vaihtelut voivat olla suuriakin ja operaattoreiden reaktiot kilpailutilanteeseen vaikeasti ennakoitavia. Liikennemalleilla voidaan kuitenkin tarkastella erilaisten hinnoitteluratkaisujen vaikutuksia liikennekysyntään. Työpajassa pohdittiin myös, millaisia mahdollisuuksia liikennemalleilla on arvioida eri operaattoreiden saamia kuljetus- ja matkustajavirtoja, kun kuljetustarjontaa ja hinta voivat vaihdella operaattorikohtaisesti. Malleilla on tarpeen testata erilaisia liikkumisen maksuja ja eri verojen vaikutuksia.
- **Nopeusrajoitusten muutokset:** Malleilla on tarpeen tarkastella myös nopeusrajoitusten muutosten vaikutuksia erityisesti silloin, kun kyse on laajamittaisesta toimenpiteestä (ei yksittäisestä väylästä tai sen osasta).
- **Maankäytön muutokset:** Maankäytön muutokset ovat periaatteessa maankäytön suunnittelukysymyksiä (maakuntakaavoitus, yleiskaavoitus, asemakaavoitus), siis erillisiä päätöksiä, mutta liikennehankkeet muuttavat saavutettavuutta ja alueiden asemaa yhdyskuntarakenteessa ja luovat paineita maankäytön muutoksille. Muutokset taas vaikuttavat liikenteeseen. Kaupungistumisen ja maaseudun autioitumisen vaikutuksia tulisi voida arvioida liikennemalleilla.
- **Ruuhkautuminen:** Ruuhkautumiseen liittyviä kysymyksiä on tarpeen voida arvioida monipuolisesti. Kysymys kytkeytyy alueellisiin ja seudullisiin liikennemalleihin. On tarpeen tarkastella kuljetusjärjestelmän tehostamisen mahdollisuuksia, kulkutapasiirtymiä ja kysynnän hallinnan keinoja.

Työpajassa tuotiin myös esille, että pitkän aikavälin ennusteita ei yleensä tehdä samalla mallijärjestelmällä kuin häiriösimulointia. Häiriösimuloinnilla voidaan tarkoitaa esimerkiksi tilannetta, jolloin väylä on tilapäisesti pois käytöstä tai sen kapasiteetti on alentunut. Tällaisen tilanteen mallintamiseen on luontevaa käyttää niin kutsuttua nykytilamallia, jossa liikennemuotokohtaiset liikennevirrat on mallinnettu mahdollisimman tarkasti nykytilassa.

Liikkumisen nykytilan kuvaaminen on oma erillinen kysymyksensä, jonka mallintamiseen käytetyt menetelmät poikkeavat yleensä tässä selvityksessä tarkoitetuista pitkän aikavälin strategisten liikenne-ennustemallien laadinnan menetelmistä. Pitkän aikavälin liikenne-ennusteissa nykytilaennuste ei yleensä ole näin tarkka, eivätkä mallit toista nykytilanteen toteutuneita liikenne-, ajoneuvo- matkustaja tai kuljetusmääriä. Pitkän aikavälin ennusteisiin tarkoitettut mallit painottavat ennemminkin vaihtoehtovertailuihin ja muutostekijöiden huomioon ottamiseen kysynnän arvioinnissa.

Nykytilamalli soveltuu esimerkiksi tarkentaviin reittimuutosten tarkasteluihin. Muun muassa linjastosuunnittelu hyötyy mahdollisimman hyvästä nykytilanteen joukkoliikennematkojen matriisista. Nykytilamallin ja ennustemallin oleellinen ero on, että nykytilamallissa alueiden väliset liikennevirrat pyritään saattamaan mahdollisimman lähelle havaittuja liikennemääriä. Ennustemalleissa oleellista on, että mallissa on kuvattu matemaattisesti vaikutusmekanismit, joilla erilaiset muutostekijät heijastuvat ajan kuluessa matka- ja kuljetusmääriin, niiden suuntautumiseen, kulkumuotoihin ja kuljetusmuotoihin sekä matka- ja kuljetusreitteihin. Toki ennustemalleiltakin toivotaan, että ne heijastelisivat edes kohtuullisesti myös nykytilaa.

Ratkaisevaa ennustemalleissa on kuitenkin, että lähtötiedot ovat sellaisia, että niitä voidaan ennustaa tai niistä voidaan muodostaa jonkinasteinen tulevaisuuskuva. Siten esimerkiksi liikennejärjestelmä kannattaa kuvata sellaisella menetelmällä ja tarkkuudella, joka voidaan muodostaa malleilla 10, 20 tai 30 vuoden päähän. Pitkää tarkastelujaksoa tarvitaan, sillä monet nyt tehdyt liikenneinvestoinnit ovat pystyssä vielä usean vuosikymmenen päästäkin.

Pitkän aikavälin ennusteiden liikennejärjestelmäkuvaus on yleispiirteisempi tulevaisuustarkasteluihin tarkoitetuissa liikenne-ennustemalleissa kuin nykytilamalleissa. On esimerkiksi täysin mahdotonta ennustaa, millaiset joukkoliikenteen linjat ja aikataulut ovat tietyllä alueella 10 vuoden päästä. Samoin taloutta, väestörakennetta ja toimialarakennetta on voitava hahmottaa pitkällä aikavälillä, vaikka esimerkiksi bruttokansantuotetta koskevat ennusteet rajoittuvat pääsääntöisesti muutamaan lähivuoteen. Pitkän aikavälin liikenne-ennusteita voisikin luonnehtia jäsennellyiksi näkymiksi tulevaisuuteen.

Menneitä liikenne-ennusteita tarkastellessa voi havaita, että ne ovat monesti 10 – 20 vuoden aikajänteellä poikenneet paljonkin toteutumasta. Näkymämme tulevaisuuden muutosvoimiin ja kykymme ymmärtää niitä vaikutusmekanismeja, joilla muutostekijät tulevaisuudessa heijastuvat liikkumiseen ja kuljetuksiin ovat väistämättä rajallisia. Liikennemallit tarjoavat kuitenkin systemaattisen lähestymistavan tulevaisuuden hahmottamiseen. Ne voivat auttaa ymmärtämään, mitkä muutokset voivat olla nopeita ja millaisten muutosten aikaansaamiseksi tarvitaan vuosikymmeniä. Liikennemalleilla laaditut ennusteet vaativat kuitenkin edellä mainituista lähtökohdista johtuen tulkintaa.

Lähtötietojen käsittelyssä tarvitaan ymmärrystä mallilogiikasta, sillä lähtötietoihin liittyvät vaikutusmekanismit voivat tulevaisuudessa olla erilaisia kuin malleja laadittaessa. Tällöin mallien käyttäjän olisi osattava sovittaa lähtötietojen ja mallien soveltamistapa käyttötilannetta vastaavaksi. Liikennemallien käyttö on muutakin kuin laskentatekninen suoritus, vaikka liikenteen kysynnän ja tarjonnan sekä ulkoisten tekijöiden kytkeytyminen toisiinsa olisi matemaattisesti taidokkaasti formuloitu. Toisaalta mallien käyttö edellyttää kohtuullisen syvällistä ymmärrystä liikenteen mallintamiseen liittyvistä logiikoista.

1.2.2 Henkilöliikennemallien erityiskysymykset

Erityisesti henkilöliikenteeseen kytkeytyvinä käyttötarpeina tuotiin esille vaikutusten kohdentuminen eri väestöryhmiin. Päätöksenteossa on kiinnostuttu tulovaikutuksista ja vaikutusten alueellisesta kohdentumisesta. Tulovaikutusten ja eri väestöryhmiin kohdistuvien vaikutusten arviointi saattaa tarkoittaa, että henkilöliikennemallit on tarpeen segmentoida ainakin osittain sosiodemografisten muuttujien suhteen. Segmentointia tarvitaan myös matkaryhmittäin, sillä eri matkaryhmien preferenssit ajan ja matkustusmukavuuden suhteen ovat erilaisia. Suuri määrä segmentointia tulisi kuitenkin johtamaan varsin mittavien otantatutkimuksien tarpeeseen ja melko kalliisiin malliratkaisuihin. Kustannuspaineet liittyvät yleisestikin mallien tarkkuustasoon niin segmentoinnin hienojakoisuuden kuin alueellisen kohdentuvuudenkin suhteen.

Kiinnostava kysymys on myös tulotason suhde matkatuotoksiin ja auton omistukseen. Etenkin pitkällä matkoilla tulotasolla on selvä yhteys matkatuotoksiin. Varakkaammat henkilöt tekevät enemmän pitkiä lentomatkkoja. Ruotsissa on huomattu, että tulotason kasvu ei enää heijastu autonomistukseen samalla tavalla kuin aikaisempina vuosikymmeninä.

Henkilöliikenteen malleista keskusteltaessa työpajassa pohdittiin myös, voidaanko malleilla arvioida liikkumisen arvostusten muutoksia ja esimerkiksi etätyön vaikutuksia.

Henkilöliikenteen kulkutavoista tulisi tarkastella tieliikennettä (henkilöauto ja linja-autot), raideliikennettä (seudullinen ja pitkämatkainen), lentoliikennettä sekä jalankulkua ja pyöräilyä. Myös uusien liikkumismuotojen käsittelyn toivottiin olevan mahdollista. Haasteelliseksi uusien kulkutapojen käsittelyn tekee se, ettei matkustajien preferenssejä esimerkiksi matkustusmukavuuden suhteen yleensä tunneta ennakkoon, jolloin pohdittavaksi tulee, millaisia kertoimia kyseisen uuden kulkutavan kohdalla tulisi käyttää uusien kulkutapojen kysyntää arvioitaessa. Tätä voitaisiin tutkia Stated Preference-kyselyillä.

Henkilöliikenteen mallien toivotaan tuottavan kulkutapojen markkinaosuudet yhteysväleittäin. Yhteysväleittäisiä hintoja ja linjojen ajovuoroja ei kuitenkaan yleensä kuvata pitkän aikavälin liikenne-ennustemalleissa sellaisella tarkkuudella, että malleilla ennustetut markkinaosuudet kuvaisivat hyvin nykyisiä toteutuneita markkinaosuuksia. Tämän kaltaiseen markkinaosuuksien nyky- ja lähitulevaisuuden arviointiin soveltuisi paremmin nykytilamalli, jossa liikennejärjestelmäkuvaus vastaa varsin tarkasti toteutumaa aikatauluineen ja liikennevirrat perustuvat lipunmyyntitilastoista muodostettaviin lähtö-määräpaikkamatriiseihin ja henkilöautoliikenteen osalta yksityiskohtaiseen aluejakoon perustuvaan mallintamiseen.

Henkilöliikenteen yhteydessä on tarpeen tarkastella myös ajoneuvoverotusta. Ajoneuvoveron euromääräinen taso ei yksistään vaikuta auton käyttöön, vaan myös miten veroa peritään. Veroa voidaan kerätä kilometriperusteisesti tai aikaperusteisesti. Myös sillä on vaikutusta, kuinka suurissa erissä veroa peritään kerrallaan. Pohdittava kysymys on esimerkiksi, voiko oman auton käyttötavoilla suoraan vaikuttaa maksettavan veron määrään?²

Liikenteen verotukseen liittyy myös kysymyksiä, jotka eivät suoraan kytkeydy liikennemalleihin. Esimerkiksi sähköautojen yleistyminen muuttaa henkilöautoliikennettä. Sähköistyminen vaikuttaa verotuloihin ja edellyttää liikenteen verotuspohjan muuttamista.

1.2.3 Tavaraliikennemallien erityiskysymykset

Suurimmat haasteet tavaraliikennemallin toteuttamisessa ovat lähtöaineistojen saatavuudessa: Ne koskevat riittävän luotettavien tie- ja rautatiekuljetusten tavararyhmittäisten lähtö-/määräpaikkatietojen saatavuutta.

Tavaraliikennemallin suunnittelussa pitäisikin huomioida alusta alkaen realismi: muun muassa, mitä lähtöaineistoja on käytännössä saatavissa ja mitkä ovat mallin keskeisimmät käyttötarkoitukset sekä käytettävissä oleva rahoitus kehittämiseen ja ylläpitoon. Kun saadaan tehtyä ensimmäinen perusmalli, sitä voidaan sitten laajentaa esimerkiksi lähtötietojen parantuessa.

Tavaraliikennemallissa korostuu kansainvälinen liikenne. Mallin on kyettävä optimoimaan Suomen tuonnin ja viennin tavaravirtoja lähtö- ja määräpaikkojen välillä

² Tavallisesti henkilöliikenteen kysyntämalleilla ymmärretään mallikokonaisuutta, joka tarkastelee matkojen määrää, niiden suuntautumista, kulkutavan valintaa ja reitinvalintaa. Auton käyttöön ja ajoneuvoveroon liittyvä problematiikka on tästä mallintamiskokonaisuudesta osittain erillinen kysymys ja tulisi vaatia todennäköisesti oman erillisen mallikokonaisuutensa ja myös erilaisen (otanta)tutkimuksensa.

ulkomaille/ulkomailta saakka. Ulkomaankuljetuksista, toisin kuin kotimaan kuljetuksista, on olemassa kattavat ja hyvät tilastoaineistot.

Tavaraliikennemallin tulisi optimoida kuljetuksia tavararyhmittäin, koska eri tavararyhmät reagoivat toimintaympäristön muutoksiin osittain eri tavoin. Samoin eri optimointitekijöiden painoarvot vaihtelevat tavararyhmittäin. Tavaraliikennemallin tulee optimoida kuljetusreittejä ja kuljetusmuotoja. Jossakin skenaariotilanteessa kuljetusmuodot ja reitit molemmat voivat muuttua. Optimointitekijöitä tulee olla muitakin kuin hinta: esimerkiksi luotettavuus, tavararvo, vaihto-omaisuus ja vahinkoriski.

Tavaraliikennemallissa korostuu myös huoltovarmuuden ylläpitämisen tarpeet. Sen täytyy pystyä pitkän aikavälin ennusteiden lisäksi tarkastelemaan erilaisia häiriötilanteita, jotka vaikuttavat huoltovarmuuteen. Samoin sen tulee kyetä tarkastelemaan satamissa tapahtuvien muutosten vaikutuksia tavaraliikenteeseen liikenneverkolla.

Tavaraliikennemallissa käytettävän tavararyhmäluokituksen tulisi perustua ulkomaankaupassa käytettyyn luokitukseen. Kotimaan ja ulkomaankuljetusten kesken olisi käytettävä samaa ryhmittelyä samoin eri kuljetusmuotojen kesken.

1.2.4 Liikennemallien käyttö ja ylläpito

Seuraavassa on koottu työpajassa esille tulleita ajatuksia ja tulkintoja liittyen liikennemallien käyttöön ja ylläpitoon.

- Työpajakeskusteluissa esitettiin, että tavoitteena tulisi olla liikenteen mallintamisen ja taloustieteen tutkimukseen perustuva mallijärjestelmä, jonka sisältö voi kehittyä tutkimuksen kanssa rintarinnan.
- Mallijärjestelmän tulisi olla **avoin käyttäjille**. Käytettävyyttä voidaan tukea koulutuksella ja dokumentaatiolla. Asia tulee pohdittavaksi myös mallijärjestelmän arkkitehtuuria mietittäessä sekä muun muassa ohjelmistovalintoja tehdessä. Tämä vaatii myös Traficomin vahvaa omistajuutta mallijärjestelmän käytön ja kehityksen suhteen sekä niihin osoitetut riittävät resurssit. Mallista tulee rakentaa sellainen, että kaikilla konsulteilla on tasavertaiset mallin käyttömahdollisuudet. Tämän takia omistuksen pitäisi olla viranomaisella, jonka kanssa tehdään käyttö-sopimukset. Tämä on tärkeää myös kustannusten pitämiseksi kurissa. Jos jokin yritys saa järjestelmän käyttöön tai ylläpitoon monopolin, on todennäköistä, että sekä järjestelmän ylläpidon että mallilaskelmien teettämisen kustannuksen moninkertaistuvat. Mallin tulisi olla kaikkien viranomaisten (kuten maakunnat ja ELY-keskukset) käytettävissä, joille se on relevantti työväline. Erilaisilla käyttäjäkohtaisilla räätälöinneillä on tässä merkitystä.
- Liikennemallien kehittäminen, käyttö ja ylläpito on **jatkuva prosessi**. Käyttökokemusten karttuessa tarpeet ja toiveet täsmentyvät ja voivat myös ajan kuluessa muuttua, jolloin liikennemalleja on aika päivittää. Lisäksi lähtötietoja, kuten väestö- ja talousennusteita sekä liikenneverkkokuvauksia päivitetään yleensä muutamana vuoden välein osana perusylläpitoa. Liikkumis- ja kuljetuskäyttäytymiseen liittyviä päivitystarpeita syntyy tyypillisesti vähintään 5- 10 vuoden välein. Yksittäisen ohjelmointikielen käyttöikä on puolestaan yleensä enintään 10 – 20 vuotta, mikä myös tuo oman päivitystarpeensa. Mallin lähdekoodin tulee olla avointa ja kaikkien mallintajien käytettävissä.
- Mallijärjestelmän kehittäminen, rakentaminen ja ylläpito edellyttävät merkittäviä henkilöresursseja. Vertailukohtana ovat esimerkiksi muut Pohjoismaat, joissa on panostettu vahvasti liikenteen mallintamiseen. Viranomaisella tulee olla riittävät resurssit ja osaaminen mallijärjestelmän ylläpitoon, jotta julkinen sektori ei tule liian riippuvaiseksi ulkopuolisista toimittajista - saati yhdestä toimittajasta. Asiantuntemusta ei voi täysin ulkoistaa. Jos mallijärjestelmän todennäköinen omistaja

ei ymmärrä, mitä tilaa, mitä ylläpitää ja mitä kehittää, ollaan heikoilla jäillä. Osa-puolilla tulee olla riittävä ja sopiva erikoiskoulutus, ja alan kehitys vaatii jatkuvaa täydennyskoulutusta. Tehtävä edellyttää myös verkostoitumista muun muassa yli-opistojen ja tutkimuslaitosten kanssa.

- Valtakunnallista liikennettä on mahdoton ennustaa ilman alueellista ulottuvuutta. Suomessa eri kaupunkiseutujen mallinnuskäytännöt vaihtelevat toisistaan ja malleja ei ole saatavilla koko maata kattavasti. Kokonaisuus on heikosti hallittavissa. Aivan lähivuosina näköpiirissä ei ole, että valtakunnallisen ennustejärjestelmän alueellinen osio korvaisi kaupunkiseutujen omat mallit. Eri kaupunkiseuduilla on hyvää kokemusta muun muassa siitä, miten erilaisina paikalliset ongelmat näyt-täytyvät kaupunkiseuduilla ja harvempaan asutuilla alueilla. Tavoitteena voisi olla, että ensimmäisessä vaiheessa pyrittäisiin esimerkiksi integroimaan Helsingin seu-dun malleilla laaditut ennusteet osaksi valtakunnallista ennustetta. Muiden kau-punkiseutujen ja muun Suomen osalta edellytykset tähän ovat nykyoloissa hei-kommat. Valtakunnallisia ennusteita ajatellen järkevä määrä alueellisia malleja lieenee suuruusluokaltaan 4-6. Näiden tulisi siis kattaa koko maa. Suurempi määrä on vaikeasti hallittavissa.
- **Käytön ja ylläpidon organisointi:** Pääjärjestelmän eli yhteisen ytimen ylläpito tulisi olla yksissä käsissä, mutta järjestelmän tulisi olla niin avoin, että kehitys-työtä voisi tapahtua myöhemmin useammallakin suunnalla yhtä aikaa. Synty-neistä uusista piloteista parhaat vietäisiin palautteena seuraavaan pääjärjestelmän versioon (avoin kehitysvuorovaikutus). Suomessa on toiminut suhteellisen pitkään julkisen sektorin mallintamisen asiantuntijoista koostunut työryhmä. Tälle verkos-tolle on edelleen tarvetta, jotta liikenteen mallintamisen ja vaikutusarviointien käytännöt voidaan vakiinnuttaa Suomessa.
- **Mallien käytettävyys:** Olisi toivottavaa, että mallijärjestelmän peruskäyttö ei edellyttäisi mallitieteen pitkää oppimäärää. Pitäisi olla selkeä kuva, mitä käyttäjät voivat tehdä itsekseen ja minkä tyyppisiin kysymyksiin kannattaa ottaa asiantun-tija-apua. Molemmissa on hankalat puolensa, mutta liian suljetun yhteisön ym-märtämä malli jää käyttämättömäksi mustaksi laatikoksi. Muissa Pohjoismaissa mallien käyttäjäkunta koostuu useamman tyyppisistä käyttäjistä: Osa konsulteista ja tutkijoista on niin kutsuttuja raskaan sarjan käyttäjiä, jotka tuntevat mallinta-misen ja vaikutusarviointien teorian. He käyttävät malleja itsenäisesti ja osaavat tarvittaessa tehdä myös muutoksia malleihin ja niiden tuottamiin tulostuksiin. Toi-nen käyttäjäryhmä koostuu niin kutsutuista tilaajakäyttäjistä, jotka tilaavat tiet-tyjä ajoja malleilla ja ovat pikemminkin kiinnostuneita mallien tuloksista kuin mal-lintamisen yksityiskohdista.
- **Käyttöliittymän päivitettävyys ja laajennettavuus:** Käyttöliittymän on oltava ymmärrettävä ja riittävän hyvin dokumentoitu. Tekniikka kehittyy, ohjelmistot ja laitteet muuttuvat väistämättä. Järjestelmästä olisi saatava helposti päivitettävä, jotta käyttöliittymä voidaan mukauttaa uusille laitteille sopiviksi. Myös käytettä-vyyttä parantavien päivitysten tekeminen jo tuotantokäytössä olevaan käyttöliitty-mään tulisi olla helppoa. Muissa Pohjoismaissa teknologiset muutokset ovat tar-koittaneet mallien käyttöliittymien päivitystarvetta. Myös Suomessa esimerkiksi Helsingin seudun liikenne on päivittänyt aika-ajoin mallien käyttöliittymiä nykyai-kaisemmille ohjelmointikielille. Vanha järjestelmä on korvattu uudella, kun uusi järjestelmä on saatu valmiiksi ja testattu huolellisesti. Hyvällä ennakkosuunnitte-lulla teknologinen kehitys ei tuo katkoksia liikennemallien käyttöön.
- **Lähtötietojen ajantasaisuus ja luotettavuus:** Mallien käyttö edellyttää, että lähtötiedot ovat ajantasaisia, virheettömiä ja vertailukelpoisia. Ylläpidon tehtävänä on varmistaa, että tiedot ovat käytettävissä myös pitkälle tulevaisuuteen.

- **Laskelmien vertailukelpoisuus:** Mallilla tehtyjen laskelmien vertailukelpoisuuden takaamiseksi olisi suotavaa, etteivät ohjelmistot tai mallien parametrit ole vapaasti viritettävissä. Ainakin räätälöinnin tulisi olla läpinäkyviä.
- **EMME-ohjelmisto** on laajasti käytössä liikenteen mallintamisessa Suomessa. Eri liikennesuunnitteluohjelmistojen yksityiskohtaiset ratkaisut poikkeavat hieman toisistaan, mutta ohjelmistojen perustehtävä on kuitenkin aina sama: kuvata liikenteen tarjontaa ja mahdollistaa liikennevirtojen sijoittelu reiteille.
- **Tietosuoja ja tietoturvakysymykset:** Malleista saatava tieto ei saa olla tarkemmin yksilöitävissä, esimerkiksi yritysten ja muiden toimijoiden tunnistaminen kuljetusmäärien perusteella.
- **Tietojen saatavuus:** VR Yhtymä Oy ei luovuta junakuljetusten lähtö-/määräpaikatietoja kokonaisuutena tai etenkin tavararyhmittäin. Markkinaehtoisen joukkoliikenteen osalta ei saada enää tietoja joukkoliikenteen käyttäjistä, saati ajetuista reiteistä.

1.3 Toteuttaminen pääpiirteittäin

Valtakunnallisten liikennemallien laadinnan, käytön ja ylläpidon päävaiheet voidaan esittää seuraavan kuvan 2 kaltaisena prosessina. Yleisellä tasolla prosessi on yhteinen sekä henkilö- että tavaraliikenteen malleille, vaikka liikennemallien laadinnalla (estimoinnilla) voidaan käytännössä tarkoittaa hyvin erilaisia menettelytapoja. Muiden Pohjoismaiden kokemusten perusteella valtakunnallisen mallijärjestelmän pystyttäminen kokonaisuudessaan voi ajallisesti olla yli viisi vuottakin kestävä prosessi, jossa mallin eri osat rakentuvat vaihteittain.

Tarpeiden ja käyttötilanteiden tunnistaminen

- tarpeet
- käyttötilanteet
- rajaukset

Liikennemallijärjestelmän esisuunnittelu

- nykytilanne
- kehittämisvaihtoehdot ja niihin liittyvät työvaiheet, aikataulu, budjetti ja organisointi

Henkilö- ja tavaraliikenteen mallien rakenteen suunnittelu

- aluejako
- ohjelmistoratkaisut
- yksityiskohtaiset määritelmät ja rajaukset
- mallien muuttujat pääpiirteittäin ja mallilogiikka
- apumallit
- segmentoinnit (matkaryhmät, väestöryhmät, tavaralajit, kulku- ja kuljetustavat, aikajaksot jne.)
- lähtöaineistojen tarkennukset
- käyttöliittymän ja tulostusten alustava suunnittelu

Mahdollisten täydentävien aineistojen tiedonkeruun suunnittelu

- esisuunnittelu
- tutkimussuunnitelma
- toteutus (valmistelu, tiedonkeruu ja analysointi)

Lähtöaineistojen kokoaminen mallien laadintaa varten

- lähtöaineistot sisällön mukaan:
 - lähtöaineistoja ovat esimerkiksi nykytilan liikenneverkkokuvaukset, linjastot, matka- ja kuljetuskustannukset, väestörakenne, toimialarakenne, talouden tunnusluvut, matkoja ja kuljetuksia koskevat otanta-aineistot, mallien kalibrointiin ja validointiin soveltuvat matkojen ja kuljetusten suuntautumistiedot, kulkutapa- ja kuljetusosuudet, pituusjakaumat sekä muut tilastoaineistot
- lähtöaineistot käyttötarkoituksen mukaan:
 - estimointiaineistot
 - kalibrointiaineistot
 - validointiaineistot
 - käyttötilanteita vastaavat testausaineistot

Mallien laadinta

- liikenneverkkokuvausten laadinta
- estimointiaineistojen kokoaminen ja yhdistely
- mallien estimointi
- malliajojen ohjelmointi, käyttöliittymä, tulostusten tarkempi suunnittelu ja ohjelmointi
- mallien kalibrointi
- validointi
- käyttötilanteita vastaava testaus
- mallijärjestelmän ja lähtötietojen muodostamisen dokumentointi
- raportointi
- käyttöohjeet

Liikennemallien käyttö ja ylläpito

- käyttökoulutukset
- ennustetilanteen lähtötietojen kokoaminen ja/tai mallinnus
- ennusteiden laadinta
- lähtöaineistojen päivitykset
- ohjelmistopäivitykset
- jatkokehitys
- dokumentaation, raporttien ja käyttöohjeiden päivitys
- uudet ja täsmentyvät käyttötarpeet ja tilanteet

Vaikutusarviointityökalujen laadinta ja yhdistäminen kysyntä- ja tarjontamallien tuloksiin

- arviointikehikon tarkentaminen tunnusluvuiksi
- liityntäpintojen rakentaminen (esimerkiksi menetelmät, joilla liikenne-ennustemallien tulokset sovitetaan ajoneuvosuoritteiden ennusteiksi muun muassa päästölaskentoja varten)
- tunnuslukujen matemaattinen johtaminen kysyntä- ja tarjontamallien tuloksista
- tunnuslukujen laskennan ohjelmointi
- työkalujen testaus
- dokumentointi, raportointi ja käyttöohjeet
- jatkokehitys

Kuva 2. Liikennemallien laadinnan, käytön ja ylläpidon päävaiheet sekä mallien kytkentä vaikutusarviointeihin.

2 Henkilöliikenteen ennustemallit

2.1 Henkilöliikenteen ennustemallit Suomessa

Taustaa

Suomessa liikenne-ennustemallien kehittämiseen käytetyt resurssit ovat vuosikymmeniä olleet huomattavan suppeat verrattuna muihin Pohjoismaihin.

1990 -luvun alkupuoliskolla liikenne- ja viestintäministeriö teetti valtakunnalliset henkilöliikennemallit (HELVI-mallit) eräällä konsultilla. Kehittämiseen käytettävissä olleet resurssit olivat rajatut. Muut konsultit moittivat laadittuja malleja dokumentoinnista huolimatta liian vaikeakäyttöisiksi³. Mallityössä ei oltu varauduttu mallin käyttöönoton ja koulutuksen kustannuksiin. Käyttöä ajatellen malleissa alueellinen ja pitkien matkojen käsittely oli jäsentymätön. Mallien hyödyntäminen jäi vähäiseksi.

1990-luvun loppupuoliskolla asetti liikenneministeriö liikennesektorin ennustetyön asiantuntija- ja johtoryhmät. Asiantuntijaryhmä on erittäin laaja, siihen kuuluu 16 eri liikennemuotojen ja hallinnonalojen edustajaa. Johtoryhmässä oli edustajat liikenneministeriöstä, Ratahallintokeskuksesta, Merenkululaitoksesta, Ilmailulaitoksesta ja Tielaitoksesta. Näiden ryhmien ohjauksessa VTT laati liikenneministeriön toimeksiannosta liikenne-ennusteita koskevan tutkimusohjelman vuosille 1997 - 2000. 1990-luvulla VTT:llä oli pyrkimyksenä koota alan konsultit yhden sateenvarjon alle ja tavoitteena oli, että VTT olisi johtanut sekä henkilö- että tavaraliikenteen mallinnustyötä. Konsulttien rooli olisi ollut toimia VTT:n alihankkijoina. Hanke kaatui kuitenkin tarjousvaiheessa. Koska liikenteen hallinnonalalla mallien käytön ja ylläpidon resurssit olivat ministeriössä, Ratahallintokeskuksessa ja Tiehallinnossa olivat ohuet, olisi sateenvarjohanke saattanut johtaa onnistuessaan liikenteen mallintamisen perinteen vakiintumiseen Suomessa.

Nytemmin liikenteen mallintamiseen liittyvää osaamista ei VTT:ltä enää samassa mittakaavassa löydy. Aihepiiristä jatkettiin esiselvityksillä. Selvityksessä "Valtakunnallisen ja kansainvälisen liikenteen ennusteiden esiselvityksessä" määriteltiin henkilö- että tavaraliikenteen osalta kansainvälisen, valtakunnallisen ja verkollisen liikenteen ennusteille asetettavat tavoitteet ja kuvattiin ennusteiden laadintaperiaatteet, alustavat lähtötiedot ja jatkotyövaiheet. 2000-luvun alkupuolella Tiehallinnon johdolla selvitettiin Sampers-mallin siirtomahdollisuuksia Suomeen. Selvitykset eivät edenneet henkilöliikenteen mallijärjestelmän rakentamiseen Suomessa.

Suomessa on jääty melkoisesti jälkeen muista Pohjoismaista liikennemallien kehittämisessä. Yhteisesti hyväksyttyä ja vakiintunutta perinnettä liikennemallien roolista osana valtakunnallisten hankkeiden vaikutusarviointia ja valtakunnallista liikennejärjestelmäsuunnittelua ei ole.

1990-luvulla ja 2000-luvun alussa Helsingin teknillisellä korkeakoululla oli muutama henkilöliikenteen mallintamisen teoriataustat hallitseva tutkija. Tuona aikana korkeakoululla teetettiin muun muassa YTV:n ja Turun seudun liikennemallit. Mallien teoreettiset ratkaisut olivat perusteltuja ja heijastuvat edelleen osittain myös Helsingin seudun nykyisiin liikennemalleihin. Liikenteen mallintamista on tehty 2000-luvulla myös Tampereen teknillisessä korkeakoulussa, mutta aihepiiriin liittyvä matemaattinen opetus painottui Helsinkiin.

³ Malleissa matkat generoitiin monistamalla havaintoaineistoa asuinkuntien väestöprofiilien mukaiseksi. Matkojen suuntautumisen mallintamisessa käytettiin Monte Carlo-simulointia. Menettely on pääperiaatteiltaan samankaltainen kuin nykyisissä valtakunnallisissa yksilömalleissa. Simuloinnin ongelmana suuntautumismalleissa on, että ennusteet vaihtelevat ajokertojen välillä.

2010-luvulla valtakunnallisia liikenne-ennustemalleja on kehitetty T&K-hankkeissa, joiden yhteisvolyymi on ollut noin 200 000 euroa. Summa lienee suuruusluokaltaan viitisen prosenttia Ruotsin henkilöliikennemallien kehittämistyöstä, jonka aikajännekin toki ulottuu 90-luvun loppupuolelle. Havaintoaineiston simulointiin perustuvia ratkaisuja on sovellettu myös eräillä seuduilla (esimerkiksi Jyväskylä ja Turku). Nykyinen henkilöliikenteen ennustemallijärjestelmä perustuu tähän kehitystyöhön.

Liikennemallien opetus jäi 2010-luvulla osittain korkeakoulu-uudistuksen jalkoihin ja ennestään ohut henkilöliikenteen kysyntämalleihin liittyvä kapeahko tutkija-osaaminen tyrehtyi. Toisaalta nyttemmin korkeakouluopiskelijoiden ohjelmointitaidot ja tietojärjestelmäosaaminen ovat kehittyneet huomattavasti menneistä vuosikymmenistä ja liikennemalleihin liittyvää opetusta on edelleen vapaaehtoisena tarjolla. Samalla edellytykset kansainväliseen korkeakouluvaihtoon ovat parantuneet. Liikenteen kysyntämallien laadinnassa vaadittava matematiikan ja talusteorioiden hallinta on edelleen yksittäisten henkilöiden varassa. Liikenteen hallinnonalalla ei ole ollut osoittaa pitkäjänteistä ja laajaa tutkimustyön rahoitusta alalle. Tarve akateemisen osaamisen laajentamiseen liittyy välittömästi tarpeeseen varmistaa liikenteen mallintamisen sopivien teoreettisten lähtökohtien käytökelpoisuus.

Mallien käytettävyys, ylläpidettävyys ja verkollisten ennusteiden laatu ovat jatkossa kehittämistehtävän ensisijaisia prioriteetteja.

Tällä hetkellä suurin haaste valtakunnallisen ennustejärjestelmän pystyttämisessä on se, ettei uutta pitkien matkojen aineistoa ole ja vuonna 2016 toteutetun aineiston koko on riittämätön. Tutkimuskysymyksetkään eivät tue parhaalla mahdollisella tavalla estimointia.

Käsitteistä

Sekä Suomessa että muissa Pohjoismaissa koko maan henkilöliikennettä koskevien mallien käsitteistö on jossain määrin sekava. Ruotsissa ja Norjassa kansallisilla liikennemalleilla tarkoitetaan mallijärjestelmää, johon kuuluvat alueelliset liikennemallit, erillinen pitkien matkojen liikennemalli ja rajan ylittävän liikenteen mallit. Ruotsissa alueellisilla liikennemalleilla laaditaan alle sata kilometriä pitkien matkojen ennusteet ja Norjassa alle 70 kilometriä pitkien matkojen ennusteet. Pitkien matkojen liikennemallilla laaditaan taas mainitun rajan ylittävän pituisten matkojen ennusteet. Pitkien matkojen mallista käytetään hieman harhaanjohtavasti sekä Ruotsissa että Norjassa nimitystä ”valtakunnallinen liikennemalli”, vaikka kyse on vain pitkistä matkoista. Norjassa ja Ruotsissa valtakunnalliset kotimaan matkojen liikenne-ennusteet muodostetaan yhdistämällä alueelliset liikenne-ennusteet ja pitkien matkojen ennusteet.

Tanskan henkilöliikenteen ennustejärjestelmä on hieman yksinkertaisempi, sillä maa on mittakaavaltaan pienempi, jolloin koko liikennejärjestelmä ja kaikki alueet on saatu mahdutettua samaan kotimaanmatkojen malliin ja koko maan ennuste on voitu ajaa yhdellä kertaa.

Suomessa koko maan henkilöliikenteen ennustamiseen käytetyn mallijärjestelmän käsitteistö poikkeaa edellisistä. Mallijärjestelmässä esiintyy käsite ”valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli”, jolla laaditaan alueiden väliset matkat matkaryhmittäin. Lisäksi käytössä on ”valtakunnallinen ennuste-malli”, jolla lasketaan alueiden välisten matkojen kulkumuoto-osuudet. Mukana ovat kuntien osa-alueiden väliset matkat, olivatpa ne lyhyitä tai pitkiä.

2.1.1 Valtakunnalliset ennusteet

Valtakunnallinen henkilöliikenne-ennuste kuvaa henkilöliikenteen kysynnän kehitystä koko valtakunnan tasolla yleispiirteisesti sekä kehityksen eroja eri alueiden tai väyläverkon osien välillä. Ennustemenettelyjä on yhtenäistetty siten, että liikennemuotokohtaisten ennusteiden lähtökohdat ovat yhteiset tavara- ja henkilöliikenteelle ja eri liikennemuodoille. Sen lisäksi, että eri liikennemuotojen ennusteet laadittiin yhdenmukaisista lähtökohdista, haluttiin lähtökohtien olevan yhteneviä myös muiden valtionhallinnon sektoreiden laatimien ennusteiden kanssa. (Lapp et al. 2018).

Suomessa laaditut henkilöliikenteen suorite-ennusteet ovat koskeneet lähinnä tie- ja rautatieliikennettä. Valtakunnalliset henkilöliikenteen kotimaan kokonaissuorite-ennusteet on laadittu trendityyppisinä ennusteina, jossa tärkeimpinä muutostekijöinä on väestömuutos ja bruttokansantuotteen kehittyminen. Mainitut muutostekijät on samalla nähty ennusteiden suurimmiksi epävarmuustekijöiksi. Henkilöliikenteen ennusteissa epävarmuustekijöinä on nähty lisäksi liikenteen hinnoitteluun liittyvät poliittiset toimenpiteet sekä uudet muutostekijät, kuten liikenteen automatisaatio ja palvelutuotteet. (Lapp et al. 2018).

Valtakunnallisten liikennesuorite-ennusteita käytetään ensisijaisesti lähtökohtana, perusennusteina, erilaisten liikenneinvestointien tarveselvityksissä, hankearvioinneissa, kehittämistoimenpiteiden mitoituksen ja ajoituksen suunnittelussa sekä liikennejärjestelmäsuunnitelmissa. Lisäksi valtakunnalliset suorite-ennusteet ovat lähtötietoina muun muassa liikenteen päästöjen laskennassa, liikennepoliittisten toimenpiteiden ja liikenteen verotusmuutosten vaikutusten arvioinnissa sekä maakuntakaavoituksessa. Ennusteissa ei ole huomioitu mahdollisia poliittisia ohjauskeinoja, investointeja tai muita toimenpiteitä, joista ei vielä ole tehty päätöksiä. (Lapp et al. 2018).

Henkilöliikenteen ennusteissa tärkeimpien lähtötietojen muutokset on kuvattu seuraavasti.

Väestön kokonaiskasvu perustuu vuoteen 2040 saakka Tilastokeskuksen kunnittaisiin ennusteisiin ja tästä eteenpäin maakuntatason ennusteisiin, jotka on jyvitetty teknisesti kuntatasolle. Väestörakenteen muutoksista on otettu huomioon väestökehitys ikäryhmittäin ja eläkeiän oletettu nousu. Kasvavia alueita Tilastokeskuksen ennusteissa olivat vain Uusimaa, Pirkanmaa, Pohjanmaa ja Pohjois-Pohjanmaa. (Lapp et al. 2018). Väestörakenteen ja väestömäärän muutokset heijastuvat suoraan liikenteen kokonaiskysyntään, jota on arvioitu yksilömallilla. Suurimpien kaupunkiseutujen, kuten Helsingin seudun, kasvuennusteet poikkeavat Tilastokeskuksen ennusteista.

Ennusteessa liikkumiskäyttäytymisen oletetaan noudattavan henkilöliikennetutkimuksen mukaista käyttäytymistä. Samanlaisella alueella asuvan samanlaiseen asutukseen kuuluvan ja samanlaisessa taloudellisessa asemassa olevan henkilön oletetaan siis ennusteessa tekevän samanlaisia liikkumisvalintoja kuin nykyisin. (Lapp et al. 2018). Liikennemalli ei sisällä oletuksia liikkumistarpeiden muutoksista määrätyn väestösegmentin sisällä. Esimerkiksi tulotason kasvun ei ole kuitenkaan voitu osoittaa lisäävän matkojen määrää tai autonomistusta, kuten väestösegmentteihin perustuvat arviot antavat olettaa.

Tavaraliikennemallissa käytettävän tavararyhmäluokituksen tulisi perustua ulkomaankaupassa käytettyyn luokitukseen. Kotimaan ja ulkomaankuljetusten kesken olisi käytettävä samaa ryhmittelyä samoin eri kuljetusmuotojen kesken.

Liikkumiseen käytettävissä olevien tulojen on ennusteessa oletettu kasvavan luvussa reaalisien asukasta kohti lasketun bruttokansantuotteen kehityksen mukaisesti. Liikkumisen hintojen on oletettu kasvavan hitaammin kuin liikkumiseen käytettävissä olevien tulojen, joten ennusteissa liikkumisen koettu hinta olisi alempi kuin nykyisin. Koetun hinnan lasku lisää valintamahdollisuuksia liikennemuotojen

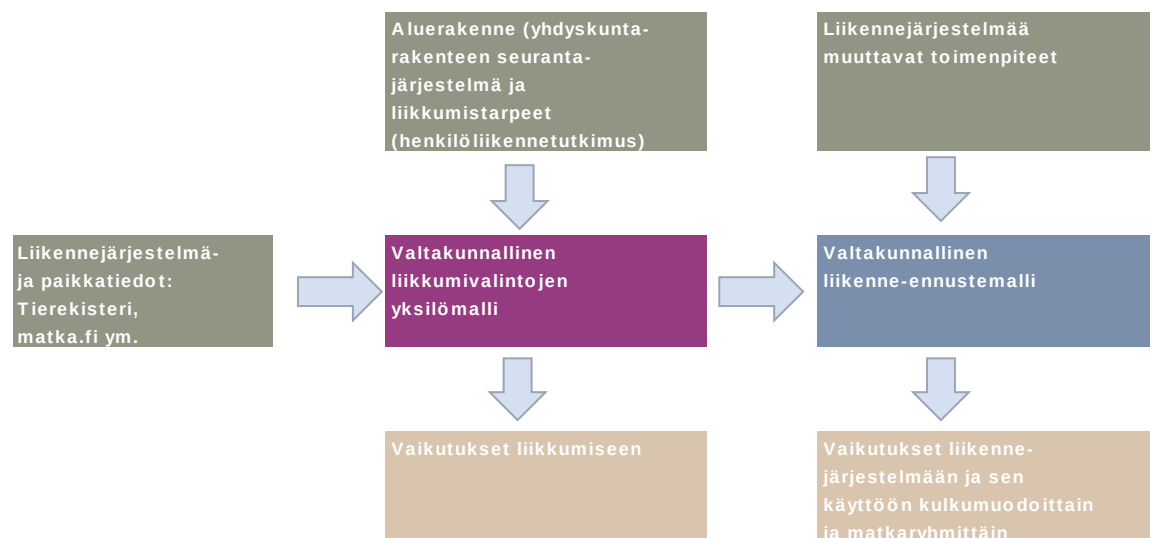
välillä (lisää kalliimpien liikennemuotojen käyttöä) ja kasvattaa matkanpituuksia liikennemuotojen sisällä. Tämä johtaa lopputulokseen, jossa liikennesuorite kasvaa, vaikka väki vanhenee ja keskittyy kaupunkiseuduille. Ennuste on siis varsin herkkä oletukselle siitä, mitkä ovat liikkumiseen käytettävissä olevat tulot. Esimerkki osoittaa, miten tärkeitä itse lähtötietoenusteet ovat liikenne-ennusteille ja miten logiikka, jolla eri tekijät vaikuttavat ennusteisiin ovat ratkaisevia. Esimerkiksi Ruotsissa koetun hinnan lasku ei ole johtanut lentoliikenteen kasvuun siinä määrin kuin liikennemallit ovat ennustaneet ja tämä on johtanut tarpeeseen arvioida mallintamisen logiikkaa uudelleen. Myös autonomistuksen yhteyttä tuloihin on vaikea mallintaa poikkileikkausaineistosta; vaikka suurituloiset matkustavat enemmän kuin pienituloiset, ei henkeä kohti lasketun matkojen määrän voitu osoittaa kasvavan henkilöliikennetutkimusten aikasarjoissa.

Ilmastotavoitteiden saavuttamiseen, ajoneuvoteknologian kehittymiseen ja liikennepalvelujen sisällön kehittymistä ei malleissa ole otettu huomioon, sillä kehityksen suuruudesta tai suunnasta ei ole vielä selvää käsitystä. Laadittu ennuste kuvaa ns. perusuraa, jota voidaan käyttää lähtökohtana ja vertailutilanteena esimerkiksi edellä esitettyjen ilmastomuutoksen torjuntaan tähtäävien toimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa. (Lapp et al. 2018). Valtakunnallisen ennusteen yhteydessä on kuitenkin pohdittu sanallisesti erilaisten muutosvoimien vaikutuksia yleisellä tasolla ja väyläverkolla.

2.1.2 Ennusteiden laadintaprosessi

Henkilöliikenteen ennusteet perustuvat pienimuotoisena kehitystyönä laadittuihin niin kutsuttuun Valtakunnalliseen liikkumisvalintojen yksilömalliin ja Valtakunnalliseen liikenne-ennustemalliin. Mallijärjestelmää on käytetty valtakunnallisten liikenne-ennusteiden laadinnassa, liikenteen maksujen arvioinnissa ja tietullitarkasteluissa.

Yksilömalli tuottaa lyhyt- ja pitkämatkaiset alueiden väliset liikennevirrat, joita käytetään lähtötietona valtakunnallisessa liikenne-ennustemallissa. Valtakunnallisella liikenne-ennustemallilla tuotetaan taas kulkutapavalintojen muutokset liikenteen tarjonnassa ja kustannuksissa tapahtuvien muutosten seurauksena. Ennustemalli ei ota huomioon liikennejärjestelmän muutoksen tai politiikkatoimenpiteiden vaikutuksia matkojen suuntautumiseen. Vastaavia mallitekniisiä ratkaisuja ei löydy muista Pohjoismaista.



Kuva 3. Suomessa käytössä oleva henkilöliikenteen ennusteprosessin mallitekniinen osa. (Moilanen et al. 2014)

2.1.3 Nykyisin käytössä oleva yksilömalli

Tässä luvussa on kuvattu valtakunnallisten ennusteiden kokonaiskysynnän arvioinnissa käytetyn yksilömalliin liittyviä kehittämistarpeita siltä osin, kuin ne oleellisesti liittyvät mallin käytettävyyteen. Malliin liittyviä innovatiivisia ratkaisuja on tarkemmin kuvattu Osmo Salomaan diplomityössä (Salomaa 2011) ja mallin käyttöä ennusteiden yhteydessä puolestaan Liikenneviraston julkaisussa 12/2014 Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli (Moilanen et al. 2014).

Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli on yksityiskohtainen liikennemallikuvaus koko Suomen henkilöliikenteestä sekä alue- että yhdyskuntarakenteesta. Malli kuvaa koko Suomen asuttua alue- ja yhdyskuntarakennetta neliökilometrin tarkkuudella (156 000 ruutua). (Lapp et al. 2018). Yksilömallien tehtävänä on nykyisessä valtakunnallisessa ennustejärjestelmässä tuottaa suuralueiden väliset liikennevirrat matkaryhmittäin. Suuralueita on noin 1000 ja ne koostuvat kuntien osa-alueista.

Mallin lähtökohdat ovat vuonna 2011 Helsingin työssäkäyntialueelle laaditussa diplomityössä, jossa kehitettiin aivan omantyyppinen muualla totutuista käytännöistä poikkeava liikennemalli, jonka arvioitiin soveltuvan erityisesti kävelyn ja pyöräilyn huomioimista vaativiin sovelluksiin (Salomaa 2011). Menettely poikkeaa merkittävästi muiden maiden käytännöistä.

Kuvaus kattaa periaatteessa kaikki kulkumuodot: kävelyn, pyöräilyn, henkilöauton, junan, bussin ja lentoliikenteen, mutta mallissa ei ole varsinaista kävelyverkkoa eikä pyöräliikenteen verkkoa, vaan nämä on korvattu ruudukolla, jonka avulla on laskettavissa etäisyydet lähtö- ja määräpaikkojen välille. Liikenneverkosta on kuvattu yleiset tiet. Joukkoliikenteen kuvauksen pohjana on matka.fi -aineisto.

Jotta estimoidut mallit toimisivat loogisesti sekä nyky- eli estimointitilanteessa ja ennustetilanteessa, on liikennejärjestelmää kuvaavat ominaisuudet, kuten matka-aika, kustannukset, odotusajat, vaihdot ynnä muut, kuvattava yhtenäisin periaattein sekä nykytilanteessa että ennustetilanteessa. Näistä liikennejärjestelmää kuvaavista ominaisuuksista käytetään usein nimitystä vastus. Matka.fi -aineiston käyttö joukkoliikenteen ovelta -ovelle vastusten arvioinnissa parantaa estimoinnin laatua, mutta on ongelmallinen, kun malleilla yritetään kuvata joukkoliikennejärjestelmää ennustetilanteessa. Matka.fi -aineistossa on käytännössä kaikki joukkoliikennevuorot, mutta vain nykytilanteesta.

Jotta malleja voitaisiin käyttää estimointitilanteen kanssa analogisesti, olisi voitava arvioida, millaiseksi joukkoliikenteen tarjonta muuttuu matka.fi -aineiston tarkkuudella ennustetilanteessa. Tämän arvioiminen on lähes mahdotonta ja 10–30 vuoden ennustejaksolla myös jokseenkin epärelevantti kysymys.

Matka.fi -aineisto on ollut kattavuutensa vuoksi erinomainen aineisto, kun liikenteen kysyntää arvioidaan nykytilanteessa⁴. Nykyisin ongelmana on, että matka.fi-aineistoa ei enää päivitetä, joten se ei ole kovin hyvin hyödynnettävissä Emme-joukkoliikennekuvauksen lähtöaineistona. Jatkossa on harkittava, onko matka.fi:n käyttö tässä muodossa järkevää, vai tulisiko joukkoliikennekuvauksessa siirtyä ennustenäkökulmasta johtuen liikennesuunnitteluohjelmistojen (kuten Emme) asetta karkeampaan linjastokuvauksiin⁵. Yksilömallien seudullisissa osamalleissa on jo nykyisin kuvattu joukkoliikenteen ennusteverkot Emmeen. Kuvaukset eivät kuitenkaan kata koko maata, vaan järjestelmäkuvaukset löytyvät tapauskohtaisesti. Näitä ja vastaavia muita seuduilta löytyviä verkkokuvauksia voidaan mahdollisesti osittain hyödyntää myös jatkossa.

⁴ matka.fi aineisto soveltuisikin paremmin ehkä nykytilamallin laadintaan kuin ennustemallien laadintaan.

⁵ Yksi teoreettinen vaihtoehto on myös yrittää keksiä, miten matka.fi tai periaatteiltaan vastaava aikataulupohjainen aineisto voidaan helposti konstruoida ennustetilanteeseen, niin että prosessi ei ylitä resursseiltaan tavanomaista joukkoliikennelinjastojen kuvauksen vaatimaa teknistä toteutusaikaa ja on esitettävissä visuaalisesti yhdessä joukkoliikenteen kuormituksen kanssa. Lisäksi olisi pystyttävä verifioimaan, että joukkoliikennekuvaus vastaa tarkoitettua vuoro-kohtaista tarkkuutta yleispiirteisempää kokonaisideaa uusine ja poistuvine yhteyksineen ennustetilanteessa.

Ruotsissa ollaan parhaillaan pohtimassa, miten riippuvuutta yksittäisistä liikennesuunnitteluohjelmistoista voitaisiin vähentää. Varsinaisia ratkaisuja tähän ei vielä ole valmiina, mutta kokemuksia tästä aihepiiristä kannattaa hyödyntää myös Suomessa. Käytäntöjen tulisi olla kohtalaisen yleisesti tunnettuja ja ratkaisuihin pitkäkestoisia, jotta valtakunnallisen ennustejärjestelmän käytettävyyttä säilyy ja ylläpito on mahdollinen.

Nykyisin käytössä oleva yksilömalli soveltaa lähestymistapaa, jossa suomalaisten liikkumista kuvataan erilaisten simuloivien osamallien avulla. Yksittäisten mallien tilastollinen luotettavuus on heikko, sillä malli perustuu satoihin pienmalleihin, jotka estimoidaan puoliautomaattisesti. Myös Monte Carlo -simulointi aiheuttaa epävakautta alueiden välisiin liikennevirtoihin. Simulointiin on päädytty muun muassa, koska kaikkien yksilöiden, matkaketjujen ja määräpaikkakombinaatioiden läpikäynti on nykyoloissa laskentatekninen mahdottomuus. Malli laajentaa asukkaiden liikkumistarpeita kuvaavan henkilöliikennetutkimuksen yksittäisten havaintojen tiedot koko Suomen väestön ikä- ja aluerakenteen mukaiseksi. (Lapp et al. 2018).

Menettelytapa on sama, joka oli käytössä muun muassa 1990-luvulla Suomessa kehitetyissä HELVI-liikennemalleissa, jossa matkaryhmäkohtaisissa määräpaikan valintamalleissa käytettiin Monte Carlo -simulointia monistamalla havaintoaineiston matkaketjut alueiden väestöprofiilia vastaavaksi. Tuolloin todettiin, että malli ei anna vakaita tuloksia kuntien väliseksi liikenne-ennusteeksi. Epävakaa tulos tarkoittaa, että esimerkiksi kulkutapaosuudet voivat vaihtua laskentakerrasta toiseen. Tietokoneiden laskentakapasiteetit ovat noista ajoista kehittyneet, mutta nykyisen yksilömallin 156 000 ruutua vaikuttaa suurelta määrältä. Tämä herättää kysymyksen, onko liikenne-ennusteista mahdollista saada vakaita järkevässä laskenta-ajassa⁶. Neliökilometrin ruutuihin perustuva ratkaisu on myös varsin poikkeuksellinen muihin Pohjoismaihin nähden. Esimerkiksi Ruotsissa mallialueita on alueellisissa malleissa suuruusluokaltaan vain 10 000, Norjassa 13 500 ja Tanskassa 3 500.

Muissa Pohjoismaissa mallit on laadittu siten, että ne tuottavat samoilla lähtötiedoilla saman ennusteen eli mallit ovat -deterministisiä. Suomen yksilömalleista löytyy kuitenkin logiikat muun muassa hinnoittelun ja väestön ei-alueelliseen käsittelyyn. Yksilömallin puutteet tarkoittavat sitä, että malli ei ole luotettava hanketason ennusteiden laatimiseen.

Ruututarkkuus on siinä mielessä ymmärrettävä, että liikennemallit on helpompi estimoida, kun aluejako on kohtuullisen tarkka ja alueet keskenään samankokoisia. Tarkkuuteen vaikuttaa myös se, onko liikennejärjestelmäkuvaus voitu tehdä ruutujakoa vastaavalla tarkkuudella. Näin ei valtakunnallisessa yksilömallissa luonnollisestikaan ole, vaan liikennejärjestelmäkuvaus on yleispiirteinen. Tietokoneiden laskentakapasiteetti ja ohjelmointikielten teho kasvavat koko ajan, mutta eivät toistaiseksi ole riittäviä stabiilien ennusteiden laatimiseen, kun väestöryhmiä, matkaketjukombinaatioita ja vaihtoehtoisia määräpaikkoja on suuri määrä. Havaintoaineiston simulointi ja tähän liittyvä määräpaikkojen arvonta ovat tässä mittakaavassa menettelynä edelleen edellä aikaansa⁷.

Tavoitteena voidaan pitää, että liikennemalli tuottaa pääyhteysväleittäin saman tuloksen eri ajokertoilla ja on tässä mielessä vakaa. Todellisuudessa liikennevirrat ja valitut kulkutavat vaihtelevat toki päivittäin, mutta silloin, kun mallilla pyritään ennustamaan tai kuvaamaan esimerkiksi koko vuoden KVL-liikennettä, on ongel-

⁶ Yksilömallin simuloinnin vakautta on testattu seudullisella tasolla ja tällöin on todettu, että pienissä hankkeissa tulokset vaihtelevat ajokertojen välillä. Tähän on ratkaisuna kokeiltu useiden ajokertojen keskiarvoistamista. Valtakunnallisesta näkökulmasta kiinnostavien pitkien matkojen ennusteiden vakauden testauksesta ei ole tietoa. Pitkiä matkoja tehdään vähän ja niitä on myös vuoden 2016 henkilöliikennetutkimuksen aineistossa niukasti, joten mallintamistehtävä on ollut haastava erityisesti matkojen suuntautumisen kannalta. Simulointitulosten vaihteluun liittyvää epävakautta on myös häivytetty ajamalla mallit vain yksillä satunnaisluvuilla.

⁷ Kvanttietietokoneiden aikakautena laskentakapasiteetti ei liene ongelma, mutta nykyoloissa rajoitetta ei voida unohtaa mallijärjestelmää suunniteltaessa.

mallista, jos tulos vaihtelee eri ajokertojen välillä. Mallitekhninen simuloinnin tuotama epätarkkuus on siis eri ilmiö kuin lähtötietojen epävarmuus, eri väestöryhmien liikkumiskäyttäytymiseen liittyvä vaihtelu tai päiväkohtainen vaihtelu liikkumisessa. Näiden huomioon ottaminen myös liikenne-ennusteiden luotettavuudessa esimerkiksi vaihteluvälinä on ajatuksena kannatettava. Laskentatekninen epävarmuus on puolestaan malleissa vältettävä ominaisuus.

Norjassa ja Ruotsissa, joiden maantieteellinen koko ja alueiden väliset etäisyydet muistuttavat karkeasti Suomen mittasuhteita, yksilömallin tehtävää hoitavat alueelliset liikennemallit. Pitkien matkojen matkatuotos, suuntautuminen ja kulkutavan valinta muodostavat oman mallikokonaisuutensa. Suomessa yksilömalleilla lasketaan sekä lyhyiden että pitkien matkojen suuntautuminen. Esimerkiksi Ruotsissa maa on jaettu muutamaan suuralueeseen ja alueellisilla liikennemalleilla ennustetaan suuralueiden sisäinen ja lähialueille ulottuva määrätyn kilometrirajan (esimerkiksi sata kilometriä) alittava liikenne. Näin aluejaosta ja liikenneverkkokuvauksista on saatu kohtuullisen tarkka lyhyempimatkaisten liikkumisen kuvauksen, vaikka mittakaava onkin Suomen ruutujaosta poikkeava.

2.1.4 Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli

Valtakunnallisella liikenne-ennustemallilla tarkoitetaan mallikokonaisuutta, johon on kuvattu liikennetarjontana tieverkko, rataverkko, vesiväylät, lentoliikenne ja joukkoliikennetarjonta. Liikenteen ennustemallilla kuvataan kulkutapaosuuksien muutoksia ennustetilanteessa. Kysyntämalli ei ota huomioon muutoksia matkojen suuntautumisessa, vaan matkaryhmäkohtaiset matriisit (1) työ- ja koulumatkat, 2) työasiamatkat, 3) ostos- ja vapaa-ajan matkat 4) matkailu) saadaan edellä kuvatussa yksilömallista. Matkoilla ei ole varsinaisesti mitään kilometrirajaa, vaan matriiseissa on mukana sekä lyhyet että pitkät matkat kuntien osa-alueiden välillä. Kaikkiaan osa-alueita on noin 1000.

Liikenneverkot on kuvattu Emme-liikennesuunnitteluohjelmistoon ottaen huomioon Emmen lisenssirajoitukset. Tieverkosta on kuvattu yleiset tiet. Kuvauksen ulkopuolelle on jätetty yhdystieverkon osat, joilla keskiarkivuorokausiliikenne jää alle sadan ajoneuvon. Joukkoliikennevuorot on kuvattu arkivuorokausiliikenteen. Lähtöaineistona on ollut matka.fi-tietokanta, josta on muodostettu yksinkertaistettu vuoroväli pohjainen joukkoliikenteen tarjonnan kuvaus. Joukkoliikennekuvaus kattaa vakiobussit, pikabussit, lentokoneen, IC-junat, HSL-alueen junat, Pendolino-junat ja taajamajunat. Linja-autoliikenteen kuvaus ei noudata todellisia reittejä, vaan pikemminkin yhteyksiä.

Linja-autolinjastoa on jouduttu yksinkertaistamaan paljon ja sitä muodostettaessa on poistettu kaupunkiseutujen sisäiset linjat sekä harvoin liikennöitävät linjat. Linjasto on jouduttu muokkaamaan ajoneuvoverkkoon sopivaksi. Rataverkko on erillään ajoneuvoverkosta, mutta verkkojen välillä on yhteys henkilöliikenneasemilla. Lentoliikenteen yhteydet on kuvattu yhteysväleinä. Liityntäjoukkoliikenteen kuvasta ei ollut.

Valtakunnallinen ennustemalli on luonteeltaan muutosmalli, jolla voidaan ennustaa kulkutapajakauman muutoksia liikennejärjestelmämuutosten perusteella. Lähtötietona valtakunnallinen ennustemalli tarvitsee valtakunnallisen yksilömallien tuottamat matriisit matkaryhmittäin. Matriisien laatua ei tämän selvityksen yhteydessä ole voitu varmistaa.

Mallin kulkutavat ovat henkilöauto, bussi, juna ja lentokone. Mallilla käsitellään henkilöliikennettä, tosin raskas ajoneuvoliikenne tuotetaan sijoitteluiden tarpeisiin. Mallilla ei käsitellä ulkomaille suuntautuvaa liikennettä.

Valtakunnallisen ennustemallin tarjonnan kuvaus on tehty pitkämatkaisen liikenteen tarkasteluun. Kaupunkiseutujen liikenne puuttuu. Ennustemalli on tarkoitettu

käytettäväksi yhdessä valtakunnallisen yksilömallin kanssa, joka tuottaa sijoiteltavat matriisit. Ilman yksilömallin ennustekapasiteettia valtakunnallisella kulkutavan muutosmallilla on rajoitetut käyttömahdollisuudet. Sillä voidaan tarkastella liikennehankkeiden kulkutapajakaumien muutoksia ja vertailla eri hankkeita keskenään.

Liikenne-ennustemallissa on noin 1000 aluetta, joissa kunnat on jaettu yhteen tai useampaan alueeseen. Linja-autoliikenteen kustannuksena on käytetty pituusriippuvaista hintafunktiota, jossa erotellaan toisistaan vakiovuorot ja pikavuorot. Junamatkojen kustannukset määräytyvät vastaavalla tavalla ja hinnat on eroteltu junatyypeittäin. Lentomatkoihin hinta on määritetty matka-ajan ja operaattoreiden määrän mukaan.

Kulkutapamallit on laadittu erikseen 1) työ-, koulu- ja opiskelumatkoille 2) työasiamatkoille 3) ostos- ja vapaa-ajan matkoille sekä 4) matkailumatkoille. Malli laskee kulkutapaosuudet matkaryhmittäin. Kulkutapamallin laadinnassa on hyödynnetty sekä henkilöliikennetutkimuksen lyhyitä että pitkiä matkoja. Poikkeuksena ovat matkailuun liittyvät matkat. Näiden kulkutapamallin estimoinnissa on käytetty vain yli sata kilometriä pitkiä matkoja⁸. Matka-ajan ja hinnan keskinäisten kertoimien estimoinnissa on ollut haasteita. Kertoimia ei ole siten voitu varsinaisesti estimoida, vaan ne perustuvat yhteiskuntataloudellisten laskelmien ajan arvoista johdettuihin suhteisiin. Syinä estimointivaikeuksiin voivat olla riittämätön havaintoaineisto, tarjonnan kuvauksen epätarkkuus ja vähäinen aineiston segmentointi⁹ (yöpymiset, tulotaso, seurueen koko puuttuvat).

Lentoliikenteen havainnot eivät ole riittäneet kulkutapamalliin, vaan malli on jouduttu estimoimaan ilman lentoliikennettä. Mallia kuitenkin sovelletaan siten, että juna- ja lentoliikenteen parametrit ovat yhteiset ja lentoliikenteen kulkutapaosuus on sovitettu henkilöliikennetutkimusaineistoon. Ongelmana on myös, että estimoinnissa samalla mallilla on jouduttu selittämään sekä lyhyitä että pitkiä matkoja, joiden motiivit, suuntautuminen ja kulkutavan valinta poikkeavat toisistaan. Esimerkiksi arjen vapaa-ajan matka Espoosta Helsinkiin on yleensä luonteeltaan varsin erilainen kuin viikonlopun tai loma-ajan vapaa-ajan matka Helsingistä Tampereelle. Nykyisessä kulkutapamallissa nämä ryhmitellään kuitenkin samaan kategoriaan. Epälineaarisia ajan ja hinnan muuttujia ei ole kokeiltu, koska kyse on ollut mallin päivityksestä, ei uudelleen rakentamisesta. Hierarkkisen kulkutapa- ja suuntautumismallin rakentamista ennustemallitarkoitukseen ei ole kokeiltu.

Kulkutavan valintamallin estimoinnissa haasteena on ollut, että havaintoaineistoa pitkistä matkoista on ollut hyvin vähän. Aineisto on riittämätön pitkien matkojen suuntautumisen arviointiin ja erityisesti julkisen liikenteen kulkutapaosuuksien mallintaminenkin tuottaa haasteita. Lentoliikenteen kertoimina on jouduttu käyttämään junaliikenteen kertoimia. Pitkämatkaisen liikenteen mallintamiseen tarvitaan jatkossa laaja otanta-aineisto, jossa myös lento- ja junamatkat ovat riittävästi edustettuina. Tarvetta voi olla sekä kaikki kulkutavat kattavalle pitkien matkojen väestöpohjaiselle otantatutkimukselle että matkatutkimukselle. Otantatutkimuksella voidaan selvittää kulkutapaosuudet ja se soveltuu suuntautumismallien laadintaan. Matkatutkimuksella voidaan puolestaan rikastaa aineistoa ja tarvittaessa selvittää liikkujien preferenssejä matka-ajan, hinnan ja palvelutasotekijöiden suhteen, sekä näiden merkitystä kulkutavan valintaan. Eri aineistojen roolia pitkien matkojen mallien laadinnassa, kalibroinnissa ja validoinnissa on tarkasteltu lähemmin luvussa 2.3.1.

Valtakunnallisen liikenne-ennustemallin perusratkaisut, kuten kuntien osa-alueista muodostuva aluejako, kulkutavat, liikenneverkkokuvauksen pääperiaatteet ja matkaryhmittelyn yleisperiaatteet ovat sellaisia, joita voidaan ajatella olevan mo-

⁸ Valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa (2016) alle 100 km pitkien matkan tarkoitukset määritellään matkakohteiden perusteella, jolloin tiedoista ei voi päätellä onko kyse matkailusta. Yli 100 kilometriä pitkien matkojen kohdalla taas on kysytty matkan tarkoitus, jolloin matkailu erotetaan omana matkaryhmänä. Tämän tyyppinen aineiston jäsentely sopii paremmin mallirakenteisiin, joita on toteutettu Ruotsissa ja Norjassa. Näissä pitkille matkoille laaditaan oma mallinsa.

⁹ mikä taas osittain johtuu myös havaintoaineiston niukkuudesta

nilta osin hyödynnettävissä myös tulevissa pitkämatkaisen henkilöliikenteen ennustamiseen tarkoitetuissa malleilla. Aluejakoa, verkko- ja linjastokuvauksia, liityntäliikenteen kuvausta, hintatietoja ja matkaryhmittelyjä tulisi lähtöaineistojen ja resurssien mukaan tarkentaa tulevina vuosina. Lisäksi malliin on tarpeen täydentää logiikka, jolla pitkien matkojen määrä ja suuntautuminen voidaan mallintaa omana kokonaisuutenaan niin, että muutokset liikennejärjestelmässä, taloudessa ja esimerkiksi matkailupalvelujen tarjonnassa heijastuvat myös pitkien matkojen määrään ja suuntautumiseen ennusteissa.

Pidemmällä aikavälillä valtakunnallisten yksilömallien ja pitkien matkojen mallien jäsentely tullee harkittavaksi uudelleen. Tällöin ajankohtaiseksi tulee Norjan ja Ruotsin alueellisten liikennemallien tapainen rakenne, joka tukee myös seudullisen ja maakuntien maankäytön ja liikennejärjestelmäsuunnittelun tarpeita. Kyse on nykyisten alueellisten mallien yhtenäistämisestä, laskentateknisiä ylläpidollisia vaikeuksia tuottavien ominaisuuksien karsimisesta ja muissa maissa hyviksi havaittujen käytäntöjen soveltamisesta. Yhtenäiset periaatteet alueellisissa malleissa tukevat vertailtavuutta.

2.2 Valtakunnallisten henkilöliikenteen mallien käytännöt muissa pohjoismaissa

Muissa Pohjoismaissa valtakunnalliset henkilöliikenteen ennustemallit koostuvat alueellisista malleista ja pitkämatkaisen liikenteen malleista. Poikkeuksen muodostaa Tanska, jossa maan pieni maantieteellinen koko on mahdollistanut, että koko maata on voitu tarkastella yhdessä mallissa. Mallit palvelevat koko maata ja lääni/maakuntatason strategista tason suunnittelua. Tekniset ratkaisut, matkaryhmittelyt ja väestöryhmien käsittely ovat jossain määrin poikkeavia, mutta kaikissa maissa lopputuloksena syntyvät alueiden väliset liikennevirrat ja verkkotason ennusteet. Koska kyse on strategisista malleista, ovat verkolliset tarkastelut yleispiirteisiä.

Mainittujen päämallien lisäksi kaikissa Pohjoismaissa on päätöksenteon tukena myös erilaisia nopeisiin tarkasteluihin tarkoitettuja joustomalleja päämallien tukena. Lisäksi suurimmilla kaupunkialueilla on omat liikennemallinsa, jossa pystytään ottamaan valtakunnalliseen mallijärjestelmään kuuluvia alueellisia malleja tarkemmin huomioon esimerkiksi kaupunkiliikenteen ruuhkautumisen ja kävelyn ja pyöräilyn ominaisuudet verkkotasolla. Kaupunkimalleilla ei ole suoraa yhteyttä valtakunnallisiin malleihin tai alueellisiin malleihin.

2.2.1 Ruotsi

Hallitus on antanut Liikennevirastolle (Trafikverket) tehtäväksi kehittää ja hallita liikennealan yhteiskuntataloudellisia menetelmiä ja malleja sekä tehdä ja ylläpitää liikenne-ennusteita. Trafikanalysin tehtävä on tukea Liikenneviraston tehtävää tässä kehittämistyössä. (Trafikverket 2018, s. 83).

Mallintamisessa kaksi käytetyintä työkalua ovat **Sampers** henkilö- ja joukkoliikenteen mallintamiseksi ja **Samgods**, joka on kehitetty tavarankuljetusten liikenne- ja suoritemuutosten laskemiseksi kysyntämuutosten perusteella. Kehittämässä tukena ovat oleellisesti ulkopuoliset konsultit ja tutkimuslaitokset, kuten VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut), KTH (Kungliga tekniska högskolan) ja siihen liittyvä CTS (Centrum för transportstudier). Ensimmäinen Sampers-versio kehitettiin vuosina 1998-2000. Malleja on päivitetty noin 4 vuoden välein. Mallien kehittämistyölle ja hyödyntämiselle on ollut leimallista laaja vuorovaikutusta ja yhteistyötä korostava toimintakulttuuri.

Sampers ja Samgods ovat kansallisen liikennemallijärjestelmän perusta, vaikka muitakin menetelmiä on käytössä ja käytetään erityistarkoituksiin.

Sampers on valtakunnallinen ja alueellinen henkilöliikenteen ennustemalli, joka laskee tulevaisuuden liikennemäärät erilaisille skenaarioille, joissa on mahdollista vaihdella muun muassa infrastruktuuria, talouden kehitystä, polttoaineiden hintoja, työllisyyttä, väestönkasvua. Skenaarioita voidaan verrata toisiinsa yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa.

Mallin pääasialliset käyttökohteet ovat:

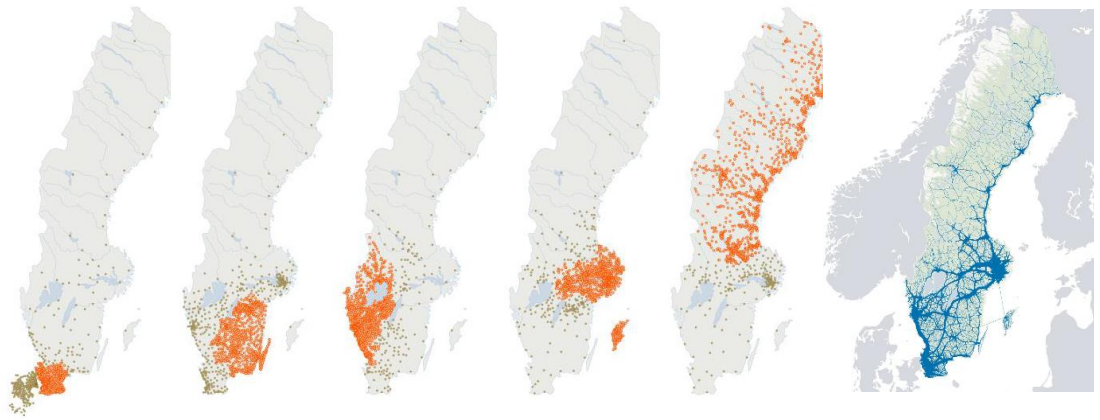
- ennusteet tulevaisuuden liikennevirroista
- vaikutusten arvioinnit ja investointilaskelmat pääasiassa laajavaikutteisille toimenpiteille ja hankkeille, joilla on vaikutusta matkojen määrään, suuntautumiseen tai kulkumuotojakaumiin.
- mahdollisten liikennepoliittisten toimenpiteiden vaikutusten arvioinnit
- saavutettavuusanalyysit ja maankäytön ja liikennejärjestelmän muutosten vaikutukset kunta- ja seututasolla

Sampers sisältää kaikki liikennemuodot, peittää alueellisesti koko maan ja sisältää sekä pitkät että suhteellisen lyhyet seudulliset henkilömatkat. Mallit ovat luonteeltaan strategisia ja pääosin logittimalleja. Malleissa on huomattavan paljon matkaryhmiä, jolloin mallin ovat hyvin dataintensiivisiä ja kalliita ylläpitää. Malleissa on paljon sosioekonomisia muuttujia kuten ikä, sukupuoli, tulot, lapsiperhe, kotitalouden koko ja asumismuoto. Mallien ajo kestää nykymuodossaan useita päiviä. Sen etuna on alueellinen henkilöliikenteen vertailtavuus ja kattavuus. Se ottaa valtakunnallisissa ennusteissa huomioon alueelliset muutokset liikennejärjestelmässä, taloudessa ja aluerakenteessa.

Suomea ajatellen matkaryhmien karsinta vähentäisi suuren otanta-aineiston tarvetta, helpottaisi mallin rakentamista ja ylläpitoa sekä lyhentäisi osaltaan ajoaikoja. Toki eri väestöryhmien liikkumiskäyttäytymistä tarkasteltaisiin tällöin jossain määrin yleisemmällä tasolla. Laskenta-aikaan vaikuttavat väestö- ja matkaryhmien lisäksi oleellisesti aluejaon ja liikenneverkko kuvausten tarkkuus ja kysyntä- ja tarjontamallien ohjelmistotekniset ratkaisut. Sampers käyttää kaupallista EMME-liikennesuunnitteluohjelmistoa, joka on maailmanlaajuisesti yksi markkinajohtajista. Kysyntämalli on koodattu omana kokonaisuutenaan. Sampers sisältää valtakunnallisen pitkien matkojen liikenteen ja alueelliset mallit. Pitkillä matkoilla tarkoitetaan yli sata kilometriä pitkiä matkoja.

Sampers -alueelliset mallit

Alueelliset mallit on jaettu viiteen osaan. Alueellisissa malleissa on yhteensä noin 10 000 lähtö- ja määräpaikkaa ja pitkämatkaisen liikenteen mallissa alle tuhat. Alueellisten mallien jako viiteen ydinalueeseen (Samm, Sydost, Skåne, Väst ja Palt) johtuu Emme- liikennesuunnitteluohjelmiston rajoituksista ja siitä, että ennusteiden laskentaan tarvittavaa ajoaikaa on saatu kohtuullistettua (Lars I Johansson 2016). Jokainen alueellinen malli on omassa Emme-pankissaan ja pankit on eroteltu henkilöauto- ja joukkoliikenteelle.



Kuva 4. *Sampers-mallin lähtö- ja määräpaikat alueellisissa malleissa ja esimerkki verkollisesta tarkastelusta. (Trafikverket 2015)*

Jokainen alueellinen malli koostuu ydinalueesta (kuvan oranssit pisteet), jossa on yksityiskohtainen luokittelu ennustealueille sekä tie- ja julkisen liikenteen koodaukselle. Lisäksi kuhunkin alueelliseen malliin on koodattu muu Ruotsi (kuvan oliivinvihreät pisteet), joka koostuu kunkin alueellisen mallin vieressä olevista seuduista ja etäällä sijaitsevista alueista. Ydinalueella aluejako ja verkkokuvaus ovat tarkimpia, viereisillä alueilla yleispiirteinen ja etäällä sijaitsevilla alueilla karkea. Koska kyse on strategisesta valtakunnallisesta mallista, alueellisissakaan malleissa liikenneverkkokuvaus ei kata esimerkiksi katuverkkoa tai vähäliikenteisiä teitä läheskään kattavasti.

Alueelliset mallit ovat oleellinen osa seudullista suunnittelua, johon valtionhallinto tarjoaa eräänlaisen teknisen tuen ja mallijärjestelmän kehittämisen ja ylläpitämisen rahoituksen. Mallintamisen menetelmät ovat kaikilla alueilla yhtenäiset, mikä säästää pitkällä aikavälillä seudullisten mallijärjestelmän laadinnan kustannuksia. Yhtenäiset menetelmät tukevat myös alueellisten tulosten vertailtavuutta. Suomessa tarve resurssien tehokkaaseen käyttöön olisi erityisen tervetullut, sillä seuduille liikennemallien kehittäminen ja ylläpito on suurehko ponnistus. Tämänkaltaisen toimintatapojen muutos vie kuitenkin oman aikansa, kuten aikanaan myös Ruotsissa ja Norjassa.

Sampersin nykyisen implementoidun version (3.4) alueellisten mallien tekninen ajoaika on peräkkäin ajettuna yli 50 tuntia, kun alueelliset mallit ajetaan peräkkäin, mikä on yleisin käytäntö, vaikka rinnakkain ajokin olisi joissain tilanteissa mahdollista. Kahden suurimman alueellisen mallin, joissa on noin 3000 aluetta, ajo kestää noin 20 tuntia ja pienempien alueellisten mallien ajo 3-6 tuntia. Sijoittelut lasketaan viidelle eri ajanarvon ryhmälle. Kaupunkialueiden sijoitteluiteraatioita on vain neljä. Eniten aikaa laskennoissa kuluu kysyntämallin ajoon. Syynä lie-
nee väestö- ja matkasegmenttien suurehko yhteiskombinaatioiden määrä ja vanhahtava ohjelmistorakenne, jossa uusinta edistyksellistä laiteympäristöä on hankala käyttää. Esimerkiksi Helsingin seudun mallin ajo kestää kokonaisuudessaan vain noin 5 tuntia ja suurin osa ajasta menee sijoitteluihin. Iteraatiokertoja on 10. Itse kysyntämallien ajo on nopea, koska segmenttien määrää (väestöryhmät ja matkaryhmät) on rajoitettu. Menettely vähentää jossain määrin myös otanta-aineiston tarvetta ja pienentää mallin laadinnan kustannuksia.

Sampersin uusimman vielä implementoimattoman version (4.0¹⁰) alueellisten mallien kulkutapa- ja suuntautumismallien matkaryhmät ovat (Kristoffersson, I. et al. 2018):

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. työmatkat | 8. vierailumatkat |
| 2. virkistysmatkat | 9. kotiperäiset työasiamatkat |
| 3. matkat päivittäistavara-ostospaikkoihin | 10. työperäiset työasiamatkat |
| 4. harvoin toistuvat ostosmatkat | 11. saattaminen ja kyyditseminen |
| 5. koulumatkat (peruskoulu) | 12. palvelut, päiväkotit, hoivapaikat |
| 6. lukiolaisten matkat | 13. muut matkat |
| 7. aikuiskoulutukseen liittyvät matkat | |

Matkatuotosmalleissa tarkastellaan puolestaan matkojen kokonaismäärää ja edellä mainituista matkaryhmistä muodostuvia kombinaatioita sekä liikkumista arkena, viikonloppuna ja lomakausina.

Sampers – pitkät matkat

Pitkien matkojen kysyntämalli kattaa matkatuotoksen, suuntautumisen ja kulkutavan valintamallit sekä reitinvalintamallit. Kulkutapavaihtoehtoja ovat juna, bussi, henkilöauto ja lentokone. Pitkien matkojen kysyntämalli tuottaa valtakunnallisiin liikenne-ennusteisiin kulkutavoittain liikennevirrat ja niistä johdetaan pitkämatkaisen liikenteen suoritteet. Koska malli tarkastelee matkoja matkaryhmittäin, voidaan sillä tarkastella erikseen muun muassa matkailua ja liikematkoja. Malleja on käytetty muun muassa nopeiden junien kannattavuuden arviointiin yhteysväillä Tukholma – Göteborg ja Tukholma – Malmö.

Pitkien matkojen kysyntämalleilla on ollut useampia kehitysvaiheita. Ensimmäiset mallit laadittiin vuosina 1998 -1999 ja ne perustuivat vuosien 1994 - 1997 henkilöliikennetutkimukseen. Viimeinen varsinainen estimointi on tehty 2011, jolloin pitkien matkojen mallin kehittämismahdollisuuksia tutkittiin edelleen hyödyntämällä Stated Choice -aineistoja, jotta mallit pystyisivät arvioimaan aiempaa paremmin nopeiden junien kysyntää. Lopputulema oli tuolloin, ettei Stated Choice -aineisto puoltanut eri tyyppisten junien (IC-junat ja X2000) tarkastelua omina kulkutapoinaan (Schmidt et.al. 2011).

Erilaisista rakennekokeiluista (Kuva 5) huolimatta nopeiden junien kaikkien vaikutusten huomioonottaminen on osoittautunut haastavaksi. Stated Choice -tutkimusta on haasteellista rakentaa niin, että valintatilanne vaikuttaa vastaajista realistiselle. Epäilyksenä oli, että kaikki vastaajat eivät ottaneet tutkimusta tosissaan (Berglund, 2020).¹¹ Stated Choice -aineistoista on sittemmin luovuttu. Ruotsissa pitkien matkojen otanta-aineistossa havaintoaineistoa on ollut käytettävissä taulukon 1 mukaisesti vuonna 2011. Havaintomäärät tarkoittavat matkoja menosuuntaan. Paluumatkoja ei lasketa kulkutapa- ja suuntautumismalleissa mukaan, sillä ne eivät tuo merkittävästi uutta informaatiota estimointiin.

Taulukossa 1 on esitetty vuosien 2005 – 2006 henkilöliikennetutkimusaineiston havaintomäärät. Uudempiakin aineistoja on kerätty, mutta näiden laatua ei ole pi-

¹⁰ Mallirakenne ja estimointitulokset on jo raportoitu vuonna 2018, mutta implementointi on vielä kesken. Uusimpien mallein estimoinnissa on käytetty vuosituuhannan alun henkilöliikennetutkimusten aineistoja.

¹¹ Pitkien matkojen mallissa matka-ajan ja hinnan välistä suhdetta on toisinaan vaikea määrittää yksinomaan havaittuun käyttäytymiseen perustuvilla otantatutkimuksilla. Tällöin Stated Choice -aineisto voi tarjota mahdollisuuden näiden muuttujien välisen suhteen arviointiin. Toisinaan menetelmää käytetään myös palvelutason merkityksen arvioinnissa. Menetelmä voi kuitenkin johtaa ylijoustavuuteen kulkutavan valintamallissa. Onnistumiseen vaikuttaa realististen, ymmärrettävien ja havainnollisten vaihtoehtoasetelmien tarjoaminen niin, että hypoteettiset asetelmat vertautuvat matkustajan todelliseen matkaan ja vaikuttavat realistisille vaihtoehtoilta. Tämä tekee tutkimuksesta erittäin kallian. Nopealla aikataululla ja puutteellisesti suunniteltuna tutkimuksen anti voi jäädä olemattomaksi. Tutkimukset toteutetaan yleensä liikennevälineissä ja asemilla, mutta esimerkiksi henkilöautoilijoita voidaan tavoitella väestörekisteriin perustuvana otantana. Koesuunnitelman ydin on matemaattisessa konstruktiossa, jolla hintaa, matka-aikaa ja mahdollisesti muita palvelutasotekijöitä (kuten täsmällisyydestä) varioidaan nykytilanteeseen nähden. Ruotsissa hinnan ja matka-ajan parametrien estimointi on onnistunut ilman Stated Choice- tutkimuksia. Siellä pitkien matkojen aineisto on laaja.

detty riittävänä mallien estimointiin. Tässäkin aineistossa kulkutapa- ja suuntautumismalliin käytettävissä olevat havaintomäärät vaikuttavat niukoille etenkin työmatkojen osalta. Työ- ja työasiamatkat koskevat vain työssäkäyviä, joten käytettävissä olevien havaintojen määrä on kokonaisaineistoa suppeampi.

	Menomatkojen havainnot kulkutapa- ja suuntautumismallissa					havainnot tuotomallissa
	matkan kesto vuorokausina					
	0 päivää	1-2 päivää	3-5 päivää	6 päivää	yhteensä	
yksityiset matkat	4320	3917	2392	1897	12526	27647
työmatkat	ei erottelua keston mukaan, havaintoja vähän				1673	13882
työasiamatkat					2966	13882

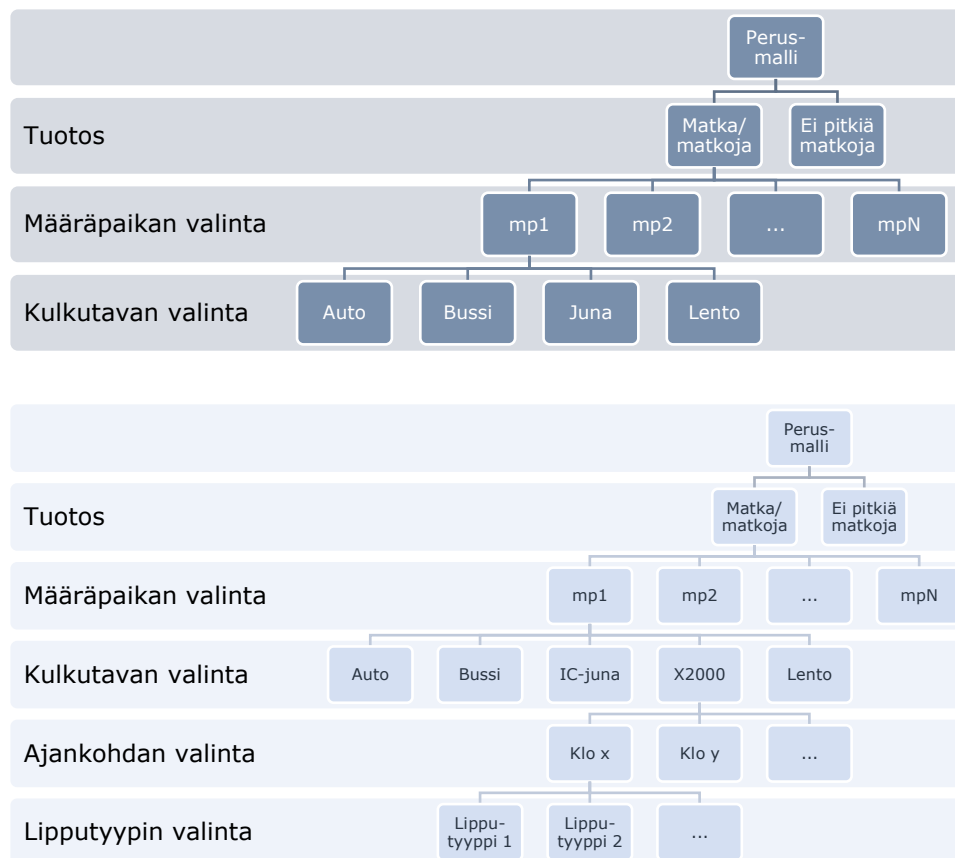
Taulukko 1. Havaintomäärät Ruotsin pitkien matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallien estimoinnissa vuonna 2011.(Schmidt et al. 2011).

Pitkien yksityismatkojen tuotosmallissa muuttujina ovat (WSP 2011) vuodenaika, ikäryhmät, tuloluokka ja yksittäinen aluedummy. Kyse on tuotoslukutyypisistä ratkaisusta, vaikka malli on teknisesti logittimalli. Saavutettavuudella ei voitu osoittaa olevan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä tuotokseen. Yksityismatkojen kulkutapa ja suuntautumismalleissa (hierarkkinen logittimalli¹²) muuttujina ovat matka-ajat kulkutavoittain, hinta, liityntäetäisyydet terminaaleihin, vuoroväli, tulot, seurueen koko, sukupuoli ja autonomistus. Lisäksi mallissa on aluekohtaisia vakioita, pituussovitusvakioita, tarkentavia vaihtoehtokohtaisia vakioita matkan tarkoitukselle ja kulkutavalle. Matkakohteiden attraktiomuuttujina on käytetty kulttuurin ja urheilun työpaikkoja ja vapaa-ajan asuntojen sijaintia (alue luokitellaan mökkeilyalueeksi). Lisäksi mallissa on vakioita, jotka kuvaavat talviurheilukohteita.

Työmatkojen havaintoaineisto jäi pieneksi, joten aineistoa ei ole voitu segmentoida matkan keston mukaan. Matkatuotokseen mallissa vaikuttaa muun muassa sukupuoli, tulot, työn luonne (rakennusala, kauppa, matkailu) sekä asuinmaakunta. Työmatkojen kulkutapa- ja suuntautumismallissa muuttujina ovat mukana ainakin matka-aika, vuoroväli, tarvittavien nousujen määrä, liityntämatka, tulot, autonomistus, sukupuoli, työpaikkojen määrä, suurkaupunkivakiot (Tukholma, Göteborg, Malmö).

Työasiamatkojen mallissa ei myöskään esiinny segmentointia matkan keston mukaan. Mallin rakenne muistuttaa työmatkoja, samoin yleisellä tasolla muuttujajalinnat. Tuotosmallin toimialaluokat, jotka generoivat työasiamatkoja, ovat kuitenkin työmatkoista poikkeavia. Ruotsalaisten mallin taustamuuttujien suurehko määrä johtaa tarpeeseen jollain tavalla syntetisoida väestö ennustetilanteessa. Pitkien matkojen malli käsittää vain noin 600 aluetta ja sen ajoaika on noin 30 minuuttia.

¹² Hierarkkisessa logittimallissa matkan helppous eri kulkutavoilla vaikuttaa, mille alueille matkoja tehdään. Tässä tapauksessa hierarkian alemmalla tasolla oli kulkutapa.



Kuva 5. Sampersin pitkien matkojen perusmalli (yllä) ja laajennettu malli (alla). (Johansen 2016)

Koko Sampersin ennustemallikokonaisuus käsittää kysyntä- ja tarjontamallit sekä erillisen laskentamoduulin tulostuksia ja yhteiskuntataloudellisia kannattavuusarvioita varten.

Malli laskee, kuinka monta henkilömatkaa tehdään lähtö- ja määräpaikkojen välillä (matkatuotos ja suuntautuminen). Mallin lähtö- ja määräpaikat edustavat alueita, joissa ihmiset asuvat, käyvät töissä, ovat esimerkiksi ostos- tai asiointipaikkoja tai matkailukohteita. Suuntautumisen yhteydessä määritetään kulkutapa sisäkkäisillä logit-malleilla. Reitinvalinnan määrittämisessä Sampers käyttää Emme-ohjelmistoa. Tariffit määritetään vyöhykkeittäin lähtö-määräpaikkamatriiseina kulkelin julkisen liikenteen kulkutavalle reitistä riippumatta.

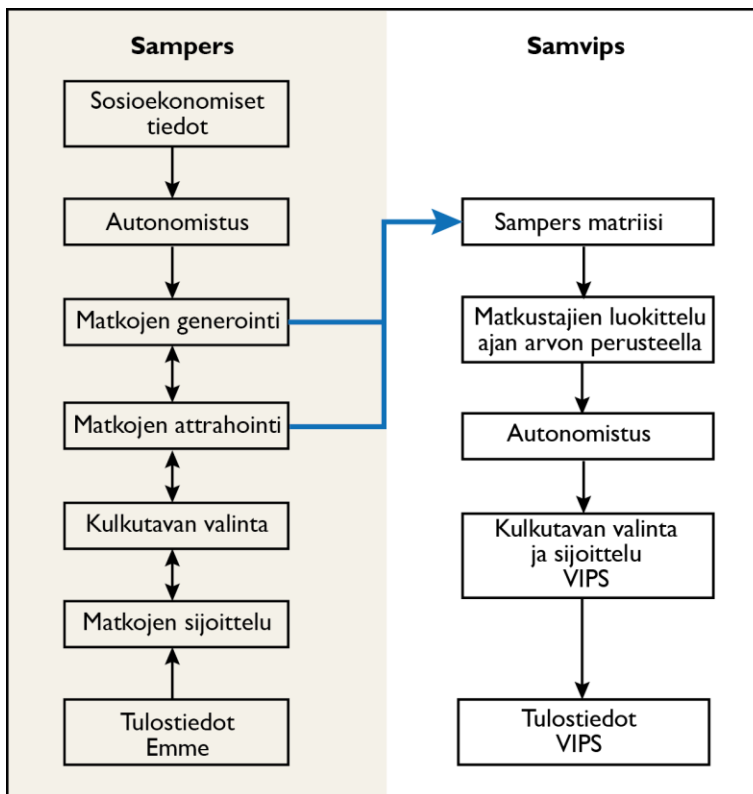
Yksi seuraus mallin rakenteesta on, että sillä ei ole mahdollista mallintaa matkoja, jotka suoritetaan useilla kuljetusvälineillä. Mallilla ei voi esimerkiksi mallintaa auton, linja-auton tai junan valintaa yhteytenä lentoon ja takaisin. Sen sijaan laskelmat tehdään yleensä tällaisista matkoista Sampersin ulkopuolella. Matkat lisätään ylimääräiseksi matkustustarpeeksi alueellisissa malleissa lentokentille ja lentokentältä reitinvalintaa laskettaessa.

Sampers -malli, kuten muutkin valtakunnalliset liikenteen ennustemallit ovat yleisen tasapainon malleja, jotka saattavat reagoida heikosti dynaamisiin lyhyen aikavälin muutoksiin liikennemarkkinoilla. Juna-, lentokone- ja linja-autojen markkinoilla toimijat voivat lyhyellä aikavälillä muuttaa hintoja ja reittejä enemmän kuin mitä reittitarjonnan kuvauksen avulla saadaan aikaan Sampersissa. Tällaisten muutosten vaikutukset kysyntään voivat olla merkittäviäkin. Mainitut muutokset voivat olla sekä vaikeasti ennakoitavissa että rajallisesti malleilla huomioitavissa. Näistä esimerkkinä mainittakoon Suomessa junakyytien ja linja-autokyytien hintakilpailu.

Sampers sopii tarkasteluihin, joissa arvioidaan väestön koostumuksen, koon ja sijainnin muutosten, taloudellisen kehityksen, tulojen ja autonomistuksen ja liikennejärjestelmän yleisen kehityksen pitkän aikavälin vaikutuksia liikenteen kysyntään. Näihin sisältyy yhteydet tarjonnan ja kysynnän maantieteellisen jakauman välillä.

Ruotsilla on ollut käytössään myös Samvips-malli, joka mahdollistaa julkisen liikenteen reittien yksityiskohtaisemman ja realistisemman mallinnuksen ja siten erilaisten joukkoliikennevälineiden kysynnän tarkastelun, mutta tämä malli ei sisällä laskentamenetelmiä matkojen kokonaiskysynnästä tai siitä, kuinka tarjonta vaikuttaa kokonaiskysyntään. Sampers taas on kysyntä- ja tarjontatekijöitä kuvaava ennustemalli. Sampersia on käytetty tuottamaan ennustetilanteen liikennevirrat Samvips-malliin. Vips viittaa vanhaan liikennesuunnitteluohjelmistoon, josta käytetään nykyisin nimitystä Visum. Samvips perustuu aikataulusijoitteluun. Samvipsin reitinvalinta pohjautuu vaihtoehtokohtaisiin yleistettyihin matkakustannuksiin, joissa aikakomponentit voidaan painottaa ASEK¹³-arvoilla. Samat ajan arvot ovat käytössä myös hyöty-kustannuslaskelmissa.

Samvips -mallin on väitetty soveltuvan Sampersia paremmin markkinaehtoista hinnoittelua koskeviin yksityiskohtaisempiin tarkasteluihin, joissa esimerkiksi nopeiden junien hinnat asettuvat eri tasolle kuin hitaampien junien hinnat (Johansen 2016). Näin se soveltuisi Sampersia paremmin esimerkiksi junaliikenteen kilpailun avaamisesta aiheutuvien vaikutusten arviointiin. Kumpikaan malli ei kuitenkaan ennusta tarjonnan kehitystä, vaan tarjonta kuvataan malleihin annettuna lähtötietona. Kummallakin on teknisesti mahdollista tuottaa junaliikenteen ennusteita, mutta mallit ovat antaneet varsin erilaisia tuloksia nopeiden junien kysynnälle. Niiden keskinäistä yhteyttä on kuvattu aikoinaan seuraavassa kaaviossa. (Johansen 2016). Usean eri liikennesuunnitteluohjelmiston ylläpitäminen samassa mallijärjestelmässä on haasteellista. Tähän on törmätty esimerkiksi Tampereen seudun liikennemalleissa.



Kuva 6. Sampersin ja Samvipsin välinen yhteys. (Nelldal et al. 2009)

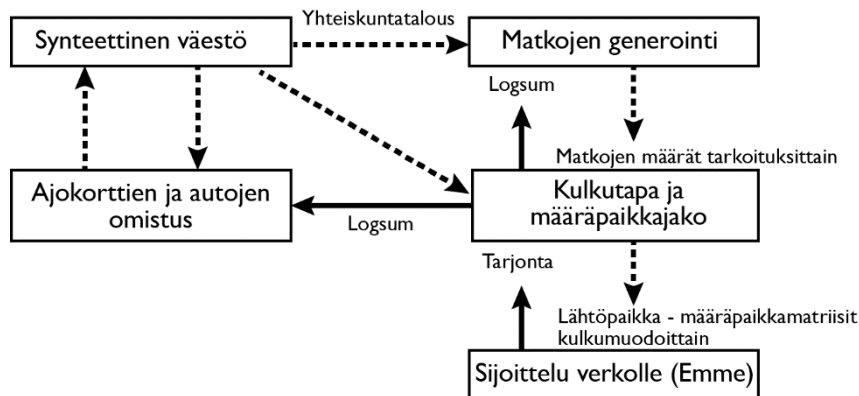
¹³ Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn.

Sampers ennustemallin kehittämisestä, käytöstä ja ylläpidosta vastaa viranomainen, joka teettää osan työstä konsulteilla, yliopistoilla ja tutkimuslaitoksilla. Viranomainen ohjaa mallien käyttöä ja vastaa mallien soveltamiseen liittyvästä laadunvalvonnasta. Mallintamiseen ja mallien käyttöön kiinteästi liittyvien yhteiskuntataloudellisten laskelmien kehitystyön, ylläpidon ja käytön vastuunjako on samankaltainen. (Sundbergh et al. 2015)

Mallijärjestelmää kehitetään jatkuvasti. Uusimmatkin mallit perustuvat tällä hetkellä kymmenen vuotta vanhaan henkilöliikennetutkimusaineistoon, sillä tätä uudempien henkilöliikennetutkimusten laadun ei ole katsottu palvelevan liikenteen mallintamista. Toiveissa on kuitenkin saada jatkossa luotettavampaa aineistoa. Tilaajapuolella on noin 5 henkilöä, jotka työskentelevät kokoaikaisesti Sampersin parissa, mallin käyttäjäkunta on edellä mainittua laajempi, arviolta 20-30 henkilöä. Kehittäjinä on lisäksi muutamia konsultteja ja korkeakouluja sekä tutkimuslaitoksia. Mallin kehittämisen ja uudistamisen kustannukset ovat miljoonia euroja ja uudistamiseen käytetään vuositasolla useampia satoja tuhansia euroja. Aihepiiristä on vuosia laadittu eritasoisia julkaisuja. Kyse on kehitysmuistioista, kokeiluista, teknisistä julkaisuista ja dokumentaatiosta sekä yleiskielisistä kuvauksista, joilla malleista on haluttu tehdä helpommin lähestyttäviä.

Malleja käytetään liikenne- ja matkustajamäärien ennustamiseen, erilaisissa vaikutusanalyysissä ja investointilaskelmissa sekä erilaisten projektien arvioinnissa. Niillä tuotetaan perusennusteet joka toinen vuosi.

Sampers kytkeytyy saumattomasti Samkalk-ohjelmistoon, jolla lasketaan toimenpiteiden sekä sisäiset että ulkoiset yhteiskuntataloudelliset hyödyt ja kustannukset. Lukuisat alan konsulttiyritykset ja liikenneviraston analyttikot käyttävät ohjelmistoja ja tulkitsevat tuloksia. Ruotsissa on myös alueilla sitouduttu yhteisiin vaikutusarvioiden laskentamenetelmiin ja yksikköarvoihin (ASEK).



Kuva 7. Mallirakenne Sampers 4:ssä. (Kristoffersson I. et al. 2018)

Liikennemallien käytöllä on pitkä perinne ja niiden tuloksiin osataan suhtautua myös kriittisesti. Käytön rajoitukset ja mahdollisuudet tunnistetaan aiempaa paremmin. Samalla malleja pyritään kehittämään, jotta ne vastaisivat yhä laajempaan joukkoon käyttäjien tarpeita. Ruotsin liikennevirasto on todennut, että eräitä analyysejä ei voida tehdä nykyisillä malleilla. Erityisesti tämä koskee suuria hankkeita, joilla on laajoja vaikutuksia tai uusia kulkuvälineitä tai -muotoja. (Trafikverket 2018, ss. 84-86)

Sampersilla ei ole käytössään toimivaa autonomistumallia ja liikenteen jakautumista vuorokauden eri jaksoille pidetään liian kiinteänä ja maankäytöstä riippumattomalle. Nyttemmin on havaittu, että bruttokansantuotteen yhteys tulotasoon ja liikkumiseen käytettävissä oleviin tuloihin ei heijastu samalla tavalla henkilöauton omistukseen ja käyttöön kuin menneinä vuosina. Pyörä-, joukkoliikenteen ai-

kataulutus- ja pysäköinti-investointien hyötyjen mallintamisvälineet ovat puuttuneet. Jalankulun ja pyöräilyn verkkojen kuvaus koko maan tasolla on nähty hyvin kalliiksi ja siksi pyöräilyn käsittely on yleispiirteistä. Näiden tarkastelu onnistuu paremmin kaupunkimallissa. Tukholman pyöräverkon kuvaaminen on ollut suuri töinen tehtävä eikä vastaavaa ole suunniteltu toteuttaa koko maan kattavassa Sampers-mallissa.

Pitkien ja lyhyempien seudullisten matkojen välillä ei ole keskinäisistä riippuvuutta. Lentomattojen ja rajan ylittävien matkojen, paitsi Skåne-malliin sisältyvien Tanskan matkojen, mallintamisessa on haasteita.

Mallien kuvauksessa, dokumentoinnissa ja implementoinnin kuvauksessa on puutteita, mikä vaikeuttaa kehitystyötä. Ohjelmakoodi (c#) ei hyödynnä rinnakkaisajon ominaisuuksia. Mallin ajoaika saattaisi puolittua uudella ohjelmoinnilla, vaikka itse ohjelmointikieltä ei sinänsä pidetä vanhentuneena (Berglund, 2019). Onkin luonnollista, että vuosikymmeniä käytössä ollut mallijärjestelmä on aika-ajoin päivitettävä myös yleisesti alalla käytettyjen ohjelmointikielien käytäntöjen muuttuessa.

Lähiaikana Ruotsin Liikenneviraston henkilöstö korjaa pienempiä puutteita ja parantaa käyttäjäystävällisyyttä. Tutkijoiden ja konsulttien kanssa yhteistyössä valmistellaan ja tehdään suurempia kehitystyöitä kuten datankeräystä, kysyntämallien kalibrointia, verkkojen kuvauksia, uusia funktioita ja algoritmeja reitinvalintaan tie- ja joukkoliikenneverkoissa.

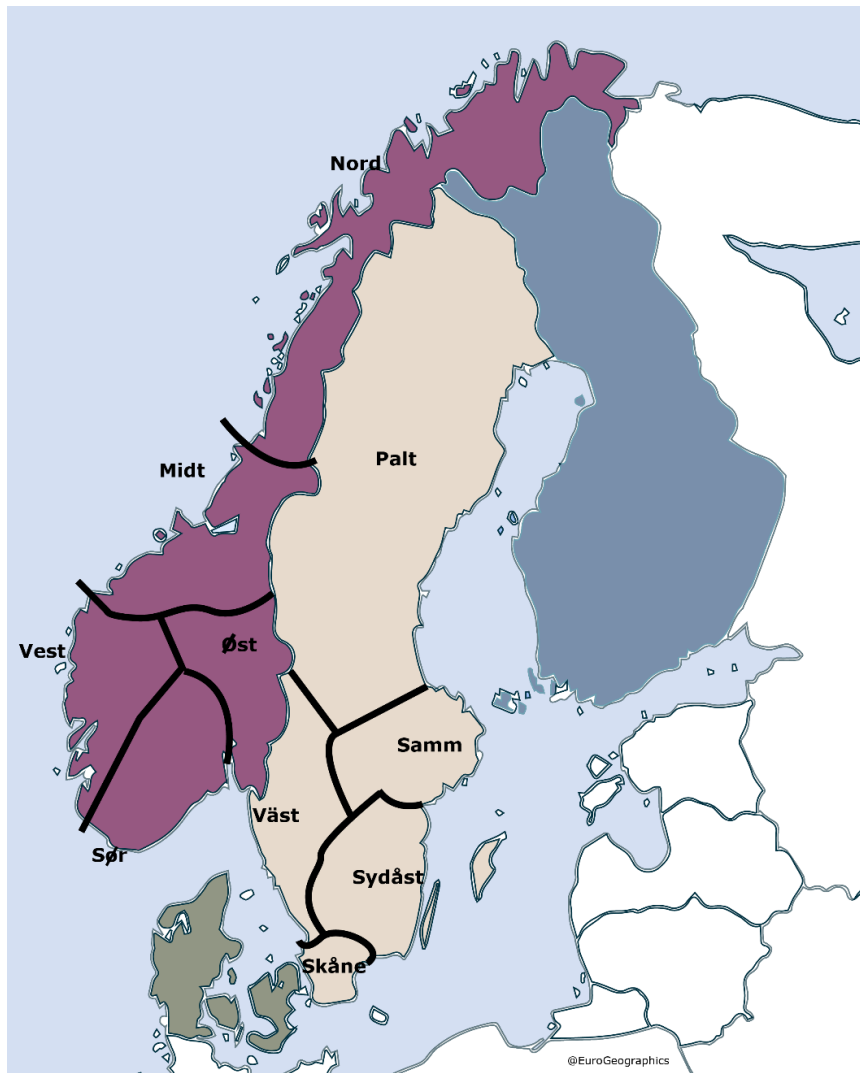
2.2.2 Norja

Norjan valtakunnainen liikennemalli koostuu yli 70 kilometriä pitkien matkojen liikennemallista (NTM6) ja viidestä alueellisista liikennemalleista (RTM). Alueellisten mallien perusrakenne on identtinen kaikilla alueilla, mutta mallien parametrit, eli ihmisten käyttäytyminen, on sovitettu aluekohtaisesti. Alueellisissa malleissa tarkastellaan matkoja, joiden pituus on alle 70 kilometriä. Norjan valtakunnallisissa liikenne-ennustemalleissa on yhteisiä piirteitä ruotsalaisiin käytäntöihin nähden ja mallit ovatkin saaneet vaikutteita toisistaan.

Alueellisissa malleissa maa on jaettu kaikkiaan noin 13 500 alueeseen. Suurimman alueellisen liikennemallin ajoaika kestää noin vuorokauden. Tässä Etelä-Norjan alueellisessa mallissa alueita on noin 6000. Pohjois-Norjan alueellisen mallin ajo kestää taas vajaan tunnin. Alueellisissa malleissa matkaryhmät ovat työmatkat, työasiamatkat, vapaa-ajan matkat, asiointimatkat ja noutamiseen/kyyditsemiseen liittyvät matkat. Liikenneverkkokuvaukset ovat melko tarkkoja, jolloin myös ruuhkautumisen vaikutuksia on mahdollista arvioida alueellisilla malleilla.

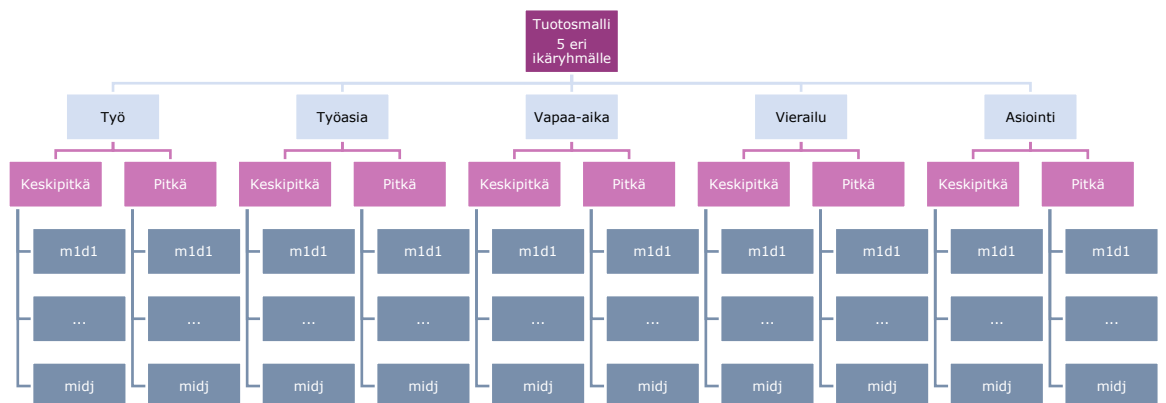
Valtakunnallisen pitkien matkojen mallin, NTM6:n, kehitystyö alkoi 2012. Se korvasi aiemman NTM5-mallin. NTM6 valmistui marraskuussa 2014. Pitkien matkojen mallintamistyötä johti virastojen välinen NTP-liikenneanalyysikoalitio (Tiehallinto, Rautatielaitos, Rannikkolaitos ja Avinor). Liikenneministeriö osallistui rahoitukseen. Tarkoituksena oli laatia tarkistettu kansallinen malli matkustajaliikenteessä (NTM6), jota voidaan käyttää valtakunnallisissa tarkasteluissa. Mallin laativat Møreforsking Molde AS, Transportøkonomisk institutt, Numerika og TransMod AS.

TØI on laatinut eri malleilla ennusteita uuteen kansalliseen liikennesuunnitelmaan (NTP 2018-2029). Tätä työtä tekevät Avinor AS, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier AS ja Vegdirektoratet.



Kuva 8. Norjan ja Ruotsin alueellisten mallien suuralueet. (Malmin et al. 2013)

Valtakunnallinen malli sisältää yli 70 kilometriä pitkät matkat ja vielä erikseen yli 200 kilometriä pitkät matkat. Jako keskipitkiin ja pitkiin matkoihin mahdollistaa muun muassa mallien kulkutapaosuusien sovituksen ja rakenne ottaa huomioon, että keskipitkät ja pitkät matkat poikkeavat luonteeltaan melko paljon toisistaan. Niiden ajan arvot ovat myös varsin erilaiset. Mukana on yli 12 vuotiaden matkat. Mallissa on 1600 aluetta. Matkat jaetaan matkan tarkoituksen, kulkutavan ja matkan pituuden mukaan. (Rekdal et al. 2014)



Kuva 9. Norjan kansallisen liikennemallin rakenne. (Rekdal et al. 2014). mi viittaa kulkutapavaihtoehtoihin ja dj määräpaikkavaihtoehtoihin.

Malli pohjautuu kansalliselle henkilöliikennetutkimukselle, jotka on tehty vuosina 2005 ja 2009. Kummassakin on noin 20 000 haastattelua. Vuoden 2005 aineistossa pitkiä matkoja oli 28754. Ulkomailta alkavia ja päättyviä oli 7723 ja paikan-tamattomia matkoja 1201, jolloin lopullinen pitkien kotimaanmatkojen määrä oli 19 829 havaintoa. Nämä ovat yhdensuuntaisia matkoja. Vuoden 2009 tutkimuk-sessa oli 23352 yhdensuuntaista matkahavaintoa. Määrät kuvastavat hyvin pitkien matkojen mallintamiseen tarvittavaa kyselytutkimuksen aineistotarvetta¹⁴. Uusi matkustuskäyttäytymistutkimus on tehty 2016-2019. Myös Norjassa on nopeiden junien tarkasteluja varten toteutettu erillisiä Stated Choice -tutkimuksia.

NTM6-mallissa on seuraavat matkaryhmät: työmatkat, työasiamatkat, vapaa-ajan matkat, vierailumatkat ja muut yksityismatkat. Suuntautumismallit ovat struktu-roituja logittimalleja, jossa kulkutavan valinta on ennen suuntautumista. Tuotos-, suuntautumis- ja kulkutavan valintamalleja yhdistää toisiinsa logsum-tekijä.

Keskipitkien ja pitkien matkojen välillä on ikäryhmittäinen 'jakomalli', joka jakaa matkat keskipitkiin ja pitkiin. Mallilla laskee ei-kesäajan ja kesäajan matriisit. (Rekdahl et al. 2014).

Norjan pitkien matkojen malli sisältää matkatuotokset, suuntautumisen, kulkuta-van valinnan ja reitinvalinnan. Sekä matkatuotosmalleissa että kulkutapa- ja suuntautumismalleissa on satoja matka- ja väestösegmenttejä, jotka muodostu-vat ikäryhmistä, autonkäyttömahdollisuudesta, työsuhdeauton hallinnasta, suku-puolesta ja sisälsikö matka yöpymisen vai ei.

Väestötiedot, työpaikat, hotellit, lomamökit, tulotiedot ja vastaavat saadaan tilas-toista, aluejako pohjautuu alueellisten mallien tilastoaluejakoon. Alueelliset mallit käyttävät pitkälti samoja tietoja, vain tarkemmalla aluejaolla.

Tieverkko on koottu seudullisista malleista. Bussiverkko on muodostettu reittitie-tokannasta. Mukaan on otettu linjat, jotka on luokiteltu pitkän matkan linjoiksi (yli 100 km). Kokonaisuudessaan Norjassa on bussilinjoja yli 3000, joista noin 20 % on luokiteltu pitkän matkan linjoiksi. (Rekdal J. 2009). Rata-, laiva- ja lentoverkot pohjautuvat aikaisempaan valtakunnalliseen malliin.

Liikenneverkot ovat sekä Cubessa että seuduilla toisinaan myös Emmessä. Sijoit-teluita tehdään kummallakin ohjelmassa, sijoittelut on ohjeistettu ja molemmissa ohjelmissa on työkalut niiden tekemiseen. Matriisit lasketaan sekä keskivuorokau-siliikenteenä että keskiarkivuorokausiliikenteenä ja erikseen ilman kesäkautta ja kesäkauden kanssa.

Suuresta väestöryhmäsegmenttien määrästä huolimatta malliajo kestää vain 20 minuuttia ja keskivuorokausiliikenteen muodostamiseksi tarvitaan kaksi ajoa.

Edellä esitettyjen päämallien lisäksi Norjassa on kehitetty yksinkertaisempi jousto-pohjainen malli (Stramod), jota käytetään erilaisissa pikatarkasteluissa silloin, kun alueellisten mallien laskenta-aika tuottaa haasteita. Myös Ruotsissa on käytössä vastaavan tyyppinen joustomalli.

2.2.3 Tanska

Tanskan valtakunnallisen liikennemallin LTM (Landstrafikmodellen, ja sen tueksi jatkuvana tehtävän henkilöliikennetutkimuksen NTS) kehittämisellä on parlamen-tin ja hallituksen tuki vuodelta 2009, jolloin kehittämiseen turvattiin noin 4,5 milj. euroa. Summan on arvioitu kasvavan noin 9 milj. euroon eräiden suurten hank-keiden tuomien lisärahoitusten ja käyttäjiltä perittyjen käyttökustannusten myötä vuoteen 2020 mennessä. Summat sisältävät sekä henkilö- että tavaraliikenteen

¹⁴ Suomessa vuoden 2016 valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen aineistossa oli yli 100 kilometriä pitkien kotimaanmatkojen aineistossa noin 5000 matkahavaintoa ja rajanylittävien matkojen aineisto koostui tuhannesta matkasta. Määrät ovat vähäiset pitkien matkojen mallintamista ajatel-len.

mallien rahoituksen. Mallien tekniset käyttökustannukset ovat vähäisiä, mutta käyttö edellyttää ammattitaidon ylläpitämistä.

Kehittämisestä on vastannut Tanskan teknillinen yliopisto, mutta se on ulkoistanut osan kehitystyöstä alihankkijoilla. Työn ohjaus- ja käyttäjäryhmään kuuluvat Tanskan liikenneministeriö, Tanskan tiehallinto ja Ratahallintokeskus, Liikennevirasto ja siltayhtiö Sund&Baelt. Pääkäyttäjiä ovat Tiehallinto, Ratahallintokeskus ja Liikennevirasto. Muita käyttäjiä ovat konsultit sekä käyttäjät, jotka eivät itse aja mallia. Mallien laadinta on ollut pitkälti yliopistovetoista muista Pohjoismaista poiketen. Mallin kehittämisestä, päivittämisestä ja käytöstä vastaa Tanskan teknillinen yliopisto (Technical University of Denmark, DTU). Mallin jatkokehittämistä ohjaavat yliopiston eri tutkijaryhmät yhteistyössä useiden ulkoisten tanskalaisten ja ulkomaisten kumppaneiden ja mainitun johtoryhmän kanssa.

Kuten muissakin maissa, mallin käyttämiseen, sen rajoitusten ymmärtämiseen ja mallin tulosten tulkintaan tarvitaan paljon ammattitaitoa ja kokemusta. Siksi mallin käyttäjien on osallistuttava sekä teoria- että käytännön kurssille mallin asianmukaisen käytön varmistamiseksi sekä tulosten väärinkäsitysten vähentämiseksi.

Mallia on kritisoitu siitä, että kehitystyö on ollut pitkälti korkeakouluvetoista eikä palvele riittävästi käyttäjiä. Yliopistovetoinen toimintamalli löytyy myös Torontosta. Toimintamallin etuja ja haittoja on verrattu viranomaisvetoiseen mallien kehitystyöhön, ylläpitoon ja käyttöön. Viimeksi mainittuja toimintatapoja löytyy muun muassa Ruotsista, Norjasta, Hollannista ja Saksasta (Rich et al. 2018). Haasteena on ollut, että Tanskan liikennejärjestelmäsuunnittelua ei ole kytketty mallien kehitystyöhön eikä tätä ole otettu huomioon mallien suunnittelussa ja päivitystyössä. Jotta mallit olisivat pitkällä aikavälillä ylläpidettävissä ja kehitystyö jatkuvaa, tulisi sopimusehtojen heijastella näitä käyttötarpeita.

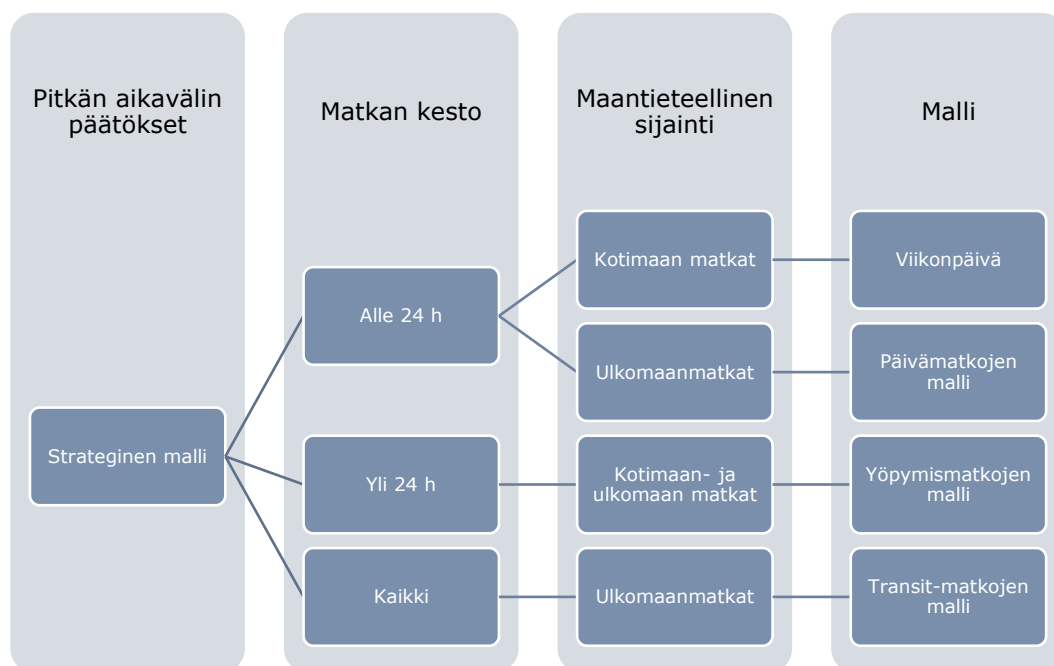
mallityötä johtaa julkinen organisaatio (kuten Norjassa, Ruotsissa, Hollannissa ja Saksassa)	yliopistojohtoinen mallintamistyö (kuten Tanskassa ja Torontossa)
mallien käytössä tarvitaan enemmän resursseja viranomaispuolelle	lähellä uusinta tietämystä
helpompi määritellä mallin tarkoitus ja vaatimukset	uusin kehitys nopeasti sovellettavissa
konsultteja voidaan käyttää mallin kehittämisessä	kytkeytyy koulutukseen
tarjouskilpailujen avulla mahdollista kilpailukykyisen hinnan ylläpitämiseen	toteutus ei kytkeydy riittävästi mallin käyttötarpeisiin
vaikea ylläpitää huipputasoa ja ammatillista tasoa	ei luonteva kehitysympäristö
vaatii merkittävässä määrin resurssien osoittamista	vaikea rekrytoida asiantuntijoita
riski, että konsulttipuolelle syntyy monopoliasema	tilaajalla ei malliasiantuntemusta
haaste, miten koulutetaan uusia asiantuntijoita	

Taulukko 2. Mallien kehittämisen, käytön ja ylläpidon organisointivaihtoehtojen vahvuudet ja heikkoudet. (Rich et al. 2018)

Suomessa liikennemalliosaaminen on ohutta niin viranomaispuolella, konsulteilla, yliopistoissa kuin tutkimuslaitoksissakin. Täällä uusien valtakunnallisten liikennemallien pystyttäminen tulee todennäköisesti vaatimaan kaikkien osapuolten yhteistyötä. Koska resurssit ovat Suomessa pienet, on jonkinasteisen monopoliaselman muodostuminen tai vähintäänkin osaamisen keskittyminen joillekin henkilöille vaikeasti vältettävissä.

Mallin kehittämisen ajankohta on osunut yhteen Ruotsin ja Norjan mallien kehittämisen kanssa ja tekijöillä on ollut hyvä mahdollisuus vaihtaa mielipiteitä ja kokemuksia työn aikana, vaikka Tanskan malli poikkeaa monessa suhteessa muista skandinaavisista. Tanska on tiheämmin asuttu ja pinta-alaltaan pienempi, lähes kokonaan meren ympäröimä, mutta Manner-Eurooppaan liittyvä. Nämä piirteet edellyttävät omia tarpeitaan kansalliselta mallilta, vaikka esimerkiksi kulkutapasuoritteet eivät paljon poikkea muista Pohjoismaista.

Oleellinen ero Ruotsin ja Norjan malleihin on, että Tanskan pienen maantieteellisen koon vuoksi maata ei ole tarvinnut jakaa alueellisiin malleihin, vaan koko maata on voitu tarkastella yhtenä kokonaisuutena. Kansallisessa mallissa alueita on noin 3600. Suomi on maantieteellisiltä mittasuhteiltaan lähempänä Ruotsia ja Norjaa kuin Tanskaa ja aluejakoon liittyvät haasteet ovatkin meillä samankaltaisia kuin Ruotsissa ja Norjassa. Tanskan vahva kytkeytyminen muuhun Manner-Eurooppaan on johtanut myös siihen, että maan rajat ylittävillä matkoilla on selvästi keskeisempi rooli henkilöliikenteen mallijärjestelmässä (vertaa seuraava kuva 10).



Kuva 10. Yleiskuva Tanskan henkilöliikenteen mallijärjestelmästä. (Rich J.)

Alun perin Tanskan liikennemalli on tarkoitettu lähinnä valtakunnallisten väylä-hankkeiden ja niiden aiheuttamien vaikutusten arviointiin (päätieverkon kehittäminen, ohitusteiden rakentaminen, suurten siltojen rakentaminen, erilaisten raide-hankkeiden karkeampi arviointi). Laajempien kokonaisuuksien liikennejärjestelmien ennusteet ovat johtaneet kokonaiseen valtakunnalliseen malliin ja nyt mallia on käytetty muun muassa myös ministeriötyöryhmälle Mobilitet for Fremtiden tulevaisuuden trendien liikennevaikutusten arviointiin, joita esimerkiksi kaupungistuminen aiheuttaa.

Version LTM 1.1 valmistumisvaiheessa alettiin tehdä välittömästi tästä kehitettyä versiota LTM 2.0, jonka määrittelyt valmistuivat 2016 ja nyt on noin vuoden ajan koulutettu loppukäyttäjiä ja tehty vertailuja edellisen version tulosten kanssa. Samalla tehdään jo suunnitelmia version LTM 3.0 tekemiseksi käyttäjäystävällisyyden ja vaihtoehtoisten tarkastelujen yksinkertaistamiseksi. LTM on yhteensopiva Tanskassa käytössä olevan yhteiskuntataloudellisen TERESA laskentatyökalun kanssa.

Henkilömatkojen kysynnän lähtötietona käytetään jo 15 vuotta jatkuvasti kerättyä Tanskan henkilöliikennetutkimusta TU (Transportvaneundersøgelsen), joka nykyisin sisältää tiedot noin 170 000 matkasta.

Tanskassa henkilöliikennemallin ja tavaraliikennemallin lähtötiedot (väestö, infrastruktuuri ja yritykset) ovat yhteiset. Vaikka mallit itsessään ovat erilliset, yhdistyvät henkilö- ja tavaraliikennemallien tuloksena syntyvät matriisit liikenteen sijoitteluvaiheessa yhteiselle liikenneverkolle. Matriisit on siis saatettu samaan aluejakoon. Malliin on lisätty myös rajan ylittävä liikenne ja transitoliikenne.

Tanskassa ei ole siirrytty pitkäaikaiseen 12 vuotiseen liikennejärjestelmäsuunnitelmaan kuten Ruotsissa ja Norjassa, mutta LTM koko maan kokonaismallia voidaan käyttää esimerkiksi strategisiin analyysihin. Alueellisia osamalleja voidaan tuottaa aluekooltaan pienemmistä ja lukumäärältään suuremmista alueista. Hankekohtaisia malleja on tehty erikseen ja myös LTM mallilla, esimerkiksi Ison-Beltin sillalle, Juutinrauman silta-tunnelille (Øresundsbron) ja Kööpenhaminan metrolle.

Henkilöliikenteen malli sisältää väestösynteesimallin, josta johdetaan ruokakuntasynteesimalli; 5,4 miljoonaa asukasta 2,4 miljoonaan ruokakuntaan. Lisäksi malliin kuuluu autonomistumsmalli, henkilöliikenteen kysyntämallit ja reitinvalintamalli. Kysyntämalli koostuu useista alueiden välisten matkojen liikennemuodoista (kävely, polkupyörä, henkilöauton kuljettaja, henkilöauton matkustaja, julkinen liikenne useammassa kategoriassa ja lentokone sekä henkilömatka tavara-ajoneuvolla). Matkat on jaettu kuuteen päivittäismatkojen tarkoitukseen (työmatka, koulutus, kyyditseminen, ostokset, vapaa-aika ja liikematkat) ja yöpymismatkoilla kahteen (työ- ja liikematkat ja muut matkat). Lisäksi muodostetaan liikennevirrat Tanskan ja ulkomaiden välisistä matkoista ja transitoliikenteestä (307 ulkomaan aluetta). Malli sisältää lukuisia osamalleja, arkipäiväliikenteen malli on keskeisin, versiossa 2.0 päivä on jaettu kymmeneen aikajaksoon.

2.3 Tilastot ja lähtöaineistot

2.3.1 Liikkumiskäyttämisen kuvaus

Henkilöliikennetutkimus

Liikenteen kysyntämallien estimoinneissa lähtötietoaineistoksi tarvitaan otanta-aineisto, jonka avulla voidaan mallintaa liikkujien preferenssejä. Suomessa tällaisena aineistona on käytetty valtakunnallista henkilöliikennetutkimusta, vaikka otantaa ja kysymyksenasettelua ei varsinaisesti ole aiemmin suunniteltu kysyntämalleja ajatellen. Otanta-aineisto on välttämätön liikenne-ennustemalleissa, sillä tällaisiin tutkimuksiin on mahdollista liittää kysymyksiä henkilön taustatiedoista (kuten ikä, sukupuoli, perhekooko, tulot, henkilöauton omistus ja käyttö). Lisäksi aineistosta selviävät sellaiset oleelliset tiedot kuten matkojen määrä, matkan tarkoitus, käytetty kulkutapa ja matkan lähtö- ja määräpaikka. Näitä kaikkia tietoja käytetään ennustemalleissa erottelemaan väestöryhmäkohtaisia eroja matkojen määrässä, suuntautumisessa ja kulkutavan valinnassa.

Taustatietoja tarvitaan, kun liikenne-ennustemalleissa otetaan huomioon, miten eri tekijät vaikuttavat liikkumisen muutoksiin. Taustatiedot selittävät sekä matkamäärien muutoksia, että eri väestöryhmien preferenssejä kulkutavan valinnan suhteen. Henkilöauton käyttömahdollisuus on yhteydessä esimerkiksi matkojen määrään, suuntautumiseen ja kulkutavan valintaan. Tulotaso vaikuttaa erityisesti pitkien matkojen määrään ja kulkutapapreferensseihin näillä matkoilla. Liikenteen kysynnän mallintamiseen on vaikea löytää muuta aineistoa, joka kykenisi huomioimaan liikkumisen syy-seuraussuhteita henkilöliikenteessä. Henkilöliikennetutkimuksen otanta-aineiston hyödyntämiseen malleja rakennettaessa perustuu myös se, miksi malleissa voidaan matemaattisesti formuloida, miten maankäytön, aluerakenteen, talouden kehityksen ja esimerkiksi tulotason vaikutukset näkyvät henkilöliikenteen kysynnän muutoksina.

Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus vastaa kohtuullisen hyvin päivittäistä lyhyempiä matkoista liikkumista koskeviin kysymyksiin ja malliratkaisuista riippuen esimerkiksi vuoden 2016 kokonaisotosta voidaan pitää kohtuullisen riittävänä. Itse otanta ei toki ole optimaalinen liikenteen kysynnän mallintamisen näkökulmasta, koska tutkimuksen tavoitteet menneinä vuosina ovat olleet matkasuoritteiden ja kulkutapaosuuksien arvioinnissa ja seutukohtaisissa otoksissa eri alueet ovat edustettuina vaihtelevasti. Henkilöliikennetutkimuksen taustatietokysymykset ja tutkimuspäivän matkoja koskevat kysymykset ovat joitakin yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta pääsääntöisesti riittäviä kysynnän arviointiin. Tarvittavaan otoskokoan puolestaan vaikuttaa ratkaisevasti muun muassa se, kuinka moniulotteisesti eri väestöryhmiä ja matkaryhmiä halutaan tarkastella. Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimusaineisto yhdessä kaupunkiseutujen lisäotosten kanssa on kohtuullisen riittävä lyhyempiä matkojen päivittäisen liikkumisen arviointiin ja mallintamiseen.

Vuoden 2016 tutkimukseen sisältyvä pitkämatkaisen liikkumisen aineisto on mallintamien näkökulmasta niukka ja jo kulkutapamallin estimointi on ollut ongelmallista. Valtakunnallista suuntautumismallia (kuntien tai 1000 alueen välillä) ei ole kokeiltu. Pitkät matkat ovat valtakunnallisessa liikennemallissa oleelliset, koska suuri osa matkasuoritteista tulee pitkistä matkoista. Vuosien 2021-2024 henkilöliikennetutkimuksessa pitkin matkojen tutkimusosuudesta on luovuttu, sillä nykyisin kysymysten on oltava sekä puhelinhaastatteluissa että älypuhelinvastaamisessa nopeaa ja kysymyksiä vähän, jotta ihmiset jaksavat keskittyä kyselyyn. Ratkaiseva muutos on tapahtunut aivan viime vuosina.

Valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa haasteena on nykyoloissa, että taustatietokysymyksiä on liikaa. Kokonaisuus, jossa on paljon taustatietokysymyksiä, tutkimuspäivän matkoja koskeva osio ja lopuksi vielä pitkien matkojen tutkimusosio muodostuu erityisesti paljon liikkuville vastaajalle kuormittavaksi. Tämä on tyypillistä juuri pitkiä matkoja tekeville. Lisäksi otanta-asetelma ei ollut optimaalinen pitkien matkojen selvittämiseen, sillä vastauksia kertyi vähän. Valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen yhteydessä toteutettuna pitkien matkojen tutkimusta ei ole pystytty räätälöimään parhaalla mahdollisella tavalla aihepiiriin sopivaksi, vaan päähuomio on ollut tutkimuspäivän matkoissa ja kysymyspatteristo siten kapea. Kumpaakaan tutkimusosiota ei ole aiemmin suunniteltu erityisesti liikenteen mallintamista ajatellen.

Muissa Pohjoismaissa otannat ovat olleet varsin suuria, johtuen varsin runsaasta väestöryhmien ja matkaryhmien käsittelystä. Otoskoolla on huomattava vaikutus sekä henkilöliikennetutkimuksen kokonaiskustannuksiin. Suuri matkaryhmien ja väestöryhmien määrä johtaa myös raskaisiin ennustejoihin ja lisää liikennemallijärjestelmän kustannuksia. Toisaalta hienojakoinen mallijärjestelmä tuo parhaimmillaan mukanaan myös lukuisia mahdollisuuksia tarkastella vaikutuksia eri väestö- ja matkaryhmiin. Eräs tärkeä jatkopohdinnan paikka onkin tasapainon löytäminen sopivan kustannustason, mallin monipuolisten ominaisuuksien ja teknisen käytettävyyden välille.

Liikennemallien yhteydessä herää usein kysymys siitä, voiko liikennemalleihin luottaa, jos havaintoaineisto on jo vaikkapa viisi vuotta vanhaa. Esimerkiksi Ruotsissa käytetään kuitenkin edelleen yli kymmenen vuotta vanhaa otanta-aineistoa uusimmissakin liikennemalleissa. Syynä tähän on, että tätä tuoreempien aineistojen luotettavuus on katsottu heikommaksi. Suomessakin vastausasteet ovat laskeneet ja esimerkiksi puhelinnumerorekisterien kattavuus ja yhdistettävyyset osotusaineistoihin on heikentynyt. Edessä voi jossain vaiheessa olla tilanne, jolloin vastaavat haasteet tulevat eteen myös meillä.

Lyhytmatkaisen liikkumistarpeen kuvaamiseksi vuoden 2016 ja tulevien vuosien 2021-2024 henkilöliikennetutkimuksen tiedonkeruu on riittävä. Mallintamisessa tarvittavat kysymykset tulee tarkistaa. Sen sijaan pitkien matkojen aineiston niukkuus on valtakunnallisen henkilöliikenne-ennusteiden kriittisin kohta. Seuraavassa on tarkasteltu lähemmin näitä tietotarpeita.

Lisäaineistoa tarvitaan pitkien matkojen tuotoksen, kulkutapaosuuksien (linja-auto, juna, henkilöauto, lentokone) suuntautumisen arviointiin sekä matka-ajan ja palvelukysymysten arvottamiseksi. Lisäksi niistä voidaan saada täydentävää tietoa matkakustannusaineistojen muodostamiseksi. Sijoitteluparametrien tueksi (ja siis myös palvelutasotekijöiden arvioimiseksi) voidaan pitkien matkojen tutkimuksessa kysyä odotus- ja siirtymäaikoja terminaaleissa. Lisäksi liityntämatkan kulkutapa ja matka-aika voivat auttaa tarjontamallien tarkentamisessa. Seuraavassa taulukossa on kuvattu erilaisten tiedonkeruumenetelmien rooleja ja ominaisuuksia.

Tutkimus	Ominaisuudet
Väestöpohjainen pitkien matkojen otantatutkimus Toteutetaan esimerkiksi Digi- ja väestötietoviraston (entinen VRK) ja Tilastokeskuksen yhdistettynä otantapoimintana (jolloin otantaa on mahdollista ennakoida yrittää kohdentaa pitkiä matkoja tekeviin henkilöihin, joiden työn luonne ja tulotaso ovat muusta väestöstä poikkeavat. Kaikki väestöryhmät ja alueet kuitenkin katetaan, jotta matkatuotokset voidaan tunnistaa väestöryhmittäin. Perusaineisto myös pitkien matkojen matkatuotoksen, suuntautumisen ja kulkutapavalintojen arviointiin sekä matkojen syiden selvittämiseen. Matkojen syyt on tarpeen selvittää muun muassa siksi että niiden hintajoukset ovat keskenään erilaiset. Hintajoukset ovat erilaiset myös eri väestöryhmille.	Riittävän laajana toteutettuna mallilla voidaan estimoida matkatuotokset, suuntautuminen ja kulkutavan valinta. Muissa Pohjoismaissa ei muihin täydentäviin tiedonkeruisiin ole tarvinnut turvautua, kun tämä perusotantatutkimus on ollut riittävän laaja. Jää usein suppeaksi julkisen liikenteen kulkutapojen osalta sekä kaikkein pisimpien henkilöautomatkojen osalta. Tärkeä aineisto suuntautumisen mallintamisessa ja kulkutapaosuusien selvittämisessä. Ei takaa, että ajan ja hinnan sekä palvelutasotekijöiden muuttujien kertoimet saadaan estimoitua.
Matkatutkimus (valintaperusteinen otos) Rikastetaan väestöpohjaisessa otannassa saatua aineistoa matkustajaterminäaaleissa / liikennevälineissä toteutettavalla otantatutkimuksella. Kysymysten tulee olla vähintään samat kuin mitä löytyvät väestöpohjaisesta pitkien matkojen otantatutkimuksesta siltä osin kuin muuttujia aiotaan käyttää estimoinnissa. Matkatutkimuksen ja väestöpohjaisen pitkien matkojen otantatutkimus yhdistetään estimointivaiheessa, siksi niiden mallintamisessa käytettävien tutkimuskysymysten tulisi olla yhteiset. Vuoden 2016 pitkien matkojen tutkimuksen kysymykset eivät ole optimaaliset pitkien matkojen mallintamista ajatellen.	Käytetään sellaisten matkaryhmien ja kulkutapojen rikastamiseen, jotka ovat heikosti edustettuina perusaineistossa. Tällaisia ovat julkisen liikenteen kulkutavat, erityisesti lentoliikenne, ja työasiamatkat. Auttaa yleensä kulkutapamallin estimoinnissa. Ei voida yksin päätellä kulkutapaosuuksia. Hyödyntämisestä suuntautumismallin yhteydessä ei ole kokemuksia, sopivalla otannalla ja aineiston skaalausmenettelyillä saattaisi onnistua. Ei takaa, että ajan ja hinnan sekä palvelutasotekijöiden muuttujien kertoimet saadaan estimoitua.
Stated Choice tutkimus Käytetään matka-ajan, hinnan ja toisinaan myös palvelutasotekijöiden kertoimien estimointiin, silloin mallin muuttujat korreloivat niin vahvasti, että estimointi ei muilla keinoin ole onnistunut. Tapa tutkia ajan arvoja (Ruotsi, Norja, UK)	Vaikea toteuttaa niin laadukkaasti, että valintatilanteet vastaavat riittävän hyvin aitoa valintatilannetta. Vaatii vastaajien ohjausta. Siksi kallis. ”Viimeinen keino”, jos edellä mainituista aineistoista ei ole onnistuttu mallintamaan kulkutavan valintaa. Joissakin maissa toteutettu yhdessä matkatutkimuksen kanssa.

Taulukko 3. Pitkien matkojen kysyntätiedon tiedonkeruun rooleja ja ominaisuuksia.

Väestöpohjainen pitkien matkojen otantatutkimus

Pitkien matkojen tutkimus vaatisi vuoden 2016 tutkimuksesta hieman poikkeavan tutkimusasetelman, jotta erityyppiset matkat ja kulkutavat tulee katettua riittävässä määrin. Oleellista olisi kohdentaa tutkimus juuri todennäköisemmin pitkiä matkoja todellisuudessa tekeviin ihmisiin, jolloin kulkutavan ja suuntautumismallien kannalta hukkahavaintoja tulee vähemmän. Valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen välivuositutkimuksissa 2022-2024 taustatietokysymyksiä on suunniteltu karsittavan, jolloin kyselyn kesto on pienempi. Tutkimusta on kuitenkin vaikea kohdentaa juuri pitkiä matkoja tekeviin (ikä, sukupuoli, tulotaso, työssäkäynti, asuinalue). Myöskään välivuositutkimuksen raja-alue syksyyn ei ole pitkien matkojen tutkimuksen kannalta optimaalinen, sillä hiihtolomien ja kesäajan pitkät matkat jäävät tutkimuksen ulkopuolelle. Kyseisten

matkojen luonne (ketkä matkustavat, miksi, kuka matkan maksaa, mitä matka maksaa jne.) poikkeavat monella tapaa syksyn liikkumisesta.

Pitkien matkojen tutkimus vaatisi myös eräiden kysymysten lisäämistä ja tarkentamista, jotta pitkien matkojen malli voitaisiin rakentaa muiden Pohjoismaiden tapaan. Täydentäviä tietotarpeita ovat muun muassa työ- ja työasiamatkoilla vastaajan työpaikan toimiala¹⁵. Tarjontamallin kuvausta varten erityisesti lentoliikenteessä hyödyllisiä voivat olla odottelu- ja vaihtoaikojen kysyminen (jos otos onnistutaan suunnittelemaan edustavaksi terminaalieittain), matkan hinta ja maksaja (hintamallin muodostamiseksi). Lisäksi tarvitaan lähtöpaikan ja matkakohteiden osoitteet¹⁶, kuntataso ei palvele aluejaon tihentämistarvetta (nyt jo valtakunnallisessa mallissa on 1000 aluetta ja jatkossa suurempikin määrä auttaisi liityntäetäisyyksien/-yhteyksien tarkastelussa.). Tässä esitetyt tarpeet eivät ole kattavat, vaan täydentyvät tutkimuksen suunnittelun yhteydessä.

Esimerkiksi vuoden 2016 pitkien matkojen aineistossa oli raportoitu alle 5 000 menosuunnan matkaa. Kun paluusuunnat ja toistuvat matkat otetaan huomioon, kasvaa aineiston koko alle 11 000 matkaan. Määrä on alle kolmasosa Ruotsien pitkien matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin havaintoaineistosta. Mallintamisessa riittävä variaatio aineistossa on toivottava ominaisuus ja toistuvat matkat eivät tuo tätä variaatiota kulkutavan valinnan ja suuntautumisten mallintamiseen, vaikka itse tieto matkan toistuvuudesta onkin oleellinen matkalukua mallinnettaessa. Tutkimusjakson pituuden tulee olla kulkutapakohtainen ja erityisesti harvoin käytettyjen kulkutapojen osalta huomattavasti pidempi kuin aiemmissa valtakunnallisissa tutkimuksissa. Eräs pohdittava mahdollisuus on täydentää kyselyä vielä pyytämällä vastaajaa ilmoittamaan viimeksi määrätyllä kulkutavalla tekemänsä matkan esimerkiksi 1-2 edeltävän vuoden aikana, jos yhtään pitkää matkaa ei osunut ennakoon rajatulle aikajaksolle.

Henkilöauto 2 viikon tutkimus, muut 4 viikkoa		Työ/koulutus	Työasia	Ostos, asiointi ja vapaa-aika	Matkailu
2010*	Henkilöauto	(694)	(996)	(5600)	(869)
	Juna	(528)	(410)	(1036)	(121)
	Linja-auto, tilausajo	(30)	(43)	(384)	(96)
	Linja-auto, reittiliikenne	(89)	(19)	(313)	(37)
	Lentokone	(7)	(191)	(84)	(39)
	Muu kulkutapa	(9)	(44)	(155)	(105)
3 viikon tutkimusjakso		Työ/koulutus	Työasia	Ostos, asiointi ja vapaa-aika	Matkailu
2016**	Henkilöauto	331(1612)	367(981)	2607(5173)	662(1051)
	Juna	74(309)	79(163)	211(342)	48(77)
	Linja-auto, tilausajo	17(33)	11(21)	76(144)	32(55)
	Linja-auto, reittiliikenne	19(91)	18(37)	169(302)	31(44)
	Lentokone	13(28)	24(43)	29(46)	18(35)
	Muu kulkutapa	7(12)	27(92)	47(94)	26(35)

Taulukko 4. Yli 100 kilometriä pitkien kotimaanmatkojen havaintomäärät vuosien 2010 ja 2016 henkilöliikennetutkimusaineistoissa.

*2010 tutkimusjakso 14 (henkilöauto) tai 28 (muut kulkutavat) päivää

**2016 tutkimusjakso 21 päivää kaikille kulkutavoille.

Vuoden 2016 aineistossa ensimmäinen luku kertoo erilaisten matkojen määrän ja suluissa oleva luku kertoo kokonaismatkojen määrän, kun edellisiin on lisätty myös tutkimusjakson aikaisten paluumatkojen ja samanlaisina toistuvien matkojen määrät. Viimeksi mainittujen arvo kulkutapa- ja suuntautumismallien parametrien estimoinnissa on informaatioarvoltaan vähäisempi.

¹⁵ Tarkempia tietoja esimerkiksi Ruotsin vuoden 2005-2006 pitkien matkojen tutkimuksesta.

¹⁶ Tiedot tarvitaan jatkossa kuntaa tarkemmin, sillä mallin aluejako on jo nyt kuntaa tarkempi. Vaikka kaikki vastaajat eivät tiedot matkakohteiden tarkkaa osoitetta, vaan voivat ilmoittaa esimerkiksi lomakohteen nimen, kannattaa lähtö- ja määräpaikat tarkentaa mahdollisimman yksityiskohtaisesti, jolloin mallin osa-aluejakoa voidaan jatkossa muuttaa joustavasti.

Pitkien matkojen tutkimuksen toteutuksen kesto riippuu siitä, tehdäänkö tutkimus ympärivuotisena vai jonain tiettyinä kautena. Ympärivuotinen tutkimus tuottaa luotettavampaa tietoa pitkien matkojen vaihtelusta eri ajankohtina.

Pitkien matkojen otantatutkimus tulisi toteuttaa siten, että yleisemmistä kulkutavoista (lentokone, juna, linja-auto, henkilöauto), yöpymisistä ja matkojen syistä saadaan riittävän suuri otos. Käytännössä tarve on kutakin kulkutapaa kohti vähintään satoja ja mielellään tuhansia matkoja käsittävästä aineistosta. Vähän käytettyjen kulkutapojen osalta tavoite on vaikeasti saavutettavissa.

Jos pitkien matkojen otantatutkimus jää joidenkin kulkutapojen osalta suppeaksi, niin että eri kulkutapojen tai matkaryhmien mallien estimointi ei onnistu, voidaan aineistoa täydentää matkatutkimuksella, josta käytetään myös nimitystä ”valintaperusteinen otos”. Matkatutkimus kohdennetaan silloin jotain tiettyä kulkutapaa koskevaksi. Esimerkiksi vuoden 2016 henkilöliikennetutkimusaineistossa pitkistä julkisen liikenteen matkoista oli liian vähän havaintoja, samoin työasiamatkoista sekä työmatkoista. Erityisesti lentoliikenne tuotti ongelmia, samoin kaikkein pisimmät kotimaanmatkat kaikilla kulkutavoilla.

Pitkien matkojen matkatutkimus

Matkatutkimus saattaa olla välttämätön ainakin lentoliikenteen ja junamatkojen riittävän havaintomäärän turvaamiseksi estimointitarpeita ajatellen. Lisäksi tulee varmistaa, että pitkämatkaisen linja-autoliikenteen muodot¹⁷ tulee katettua. Matkatutkimuksella voidaan saada lisähavaintoja mallintamista varten, mutta sen avulla ei yleensä voida päätellä matkojen kulkutapaosuuksia segmentteittäin, joita yleensä pitkien matkojen malleissa ovat matkan tarkoitus, ajankohta ja yöpymiset. Kulkutapaosuuksien tunnistaminen on tarpeen, jotta aineisto pystytään painottamaan oikein ja esimerkiksi lentoliikenteestä rikastettu aineisto ei ylikorostu. Korjaava painotus tehdään edellä kuvatun perustutkimuksen avulla. Samoin suuntautumisen mallintaminen matkatutkimuksella ei otanta-asetelmasta johtuen ole mahdollista. Siksi matkatutkimuksen rooli on yleensä edellä kuvattua perusaineistoa täydentävä.

Matkatutkimus on mahdollista toteuttaa liikennevälineissä ja asemilla, jolloin matkustajat vastaavat juuri käsillä olevaa matkaa koskeviin tietoihin. Matkatutkimusta käytetään mallintamisessa aineiston rikastamisessa siinä vaiheessa, kun malleilla estimoidaan osa parametreista. Menettely edellyttää kuitenkin kulkutapa- ja suuntautumisosuuksien korjaamista aineistopainotuksin ja/tai kalibroinnin yhteydessä, sillä valintaperusteisessa otoksessa kulkutapa- ja suuntautumisosuudet vinoutuvat. Matkatuotoksia on vaikea päätellä valintaperusteisilla otoksilla. Tähänkin käytetään väestöpohjaista pitkien matkojen otantatutkimusta.

Esimerkiksi Helsingin seudun liikenteellä on kokemusta matkatutkimuksien toteutuksesta. Liikennemallien estimoinnissa aineistoja ei kuitenkaan viime aikoina ole enää tarvinnut käyttää. Nähtävästi verkkokuvausten tarkennus ja suurehko otoskoko ovat olleet riittäviä toimenpiteitä.

Jotta väestöpohjainen pitkien matkojen tutkimus ja matkatutkimus voidaan yhdistää toisiinsa, tulee kysymysten olla samat kummassakin tutkimuksessa siltä osin kuin muuttuja käytetään liikennemalleissa ja yhteisestimoinneissa.

Stated Choice eli valintaperusteinen otos

On myös mahdollista, että vaikka **väestöpohjainen pitkien matkojen otantatutkimus ja/tai matkatutkimus** toteutetaankin huolellisesti, osoittautuu mallintamisen yhteydessä, että matkojen hinta, matka-aika ja palvelutasotekijät korreloivat niin vahvasti, että mainittujen muuttujien kertoimien estimointi ei teknisesti

¹⁷ Tilaus- ja reittiliikenteen tarkastelu vaatii tarkempaa suunnittelua: voidaanko malleilla ylipäänsä tarkastella tilausajaja, jotka ovat esimerkiksi pitkien vapaa-ajan matkojen kannalta kiinnostavia.

onnistu. Ongelma on havaittavissa nykyisissä valtakunnallisissa kulkutapamalleissa. Niissä on kuitenkin käytössä ajan arvon tutkimuksesta estimoidut yksikköarvot. Ensisijainen ratkaisu on kokeilla muuttujavariaatioita (esimerkiksi epälineaariset muuttujat) ja väestömuuttujien lisäys (esimerkiksi tulotaso). Jos tämäkään ei tuota tulosta, voidaan viimeisenä keinona käyttää hyöty-kustannuslaskelmien ajan arvoja.

Suomessa ajan arvon yksikköarvot on johdettu ruotsalaisista yksikköarvoista. Mikäli ongelma realisoituu jälleen pitkien matkojen mallintamisessa, tulee harkittavaksi, voiko suomalaisten pitkien matkojen kysyntäarviot pohjautua ruotsalaisten preferensseihin. Ajan arvon tutkimus (vertaa Pastinen et al. 2017) ei kuitenkaan ole erillisenä kysymyksenä välttämättä jonossa ensimmäisenä tiedonkeruutarpeena ja voi kysynnän mallintamisen kannalta osoittautua myös tarpeettomaksi, jos korrelaatio-ongelma ei suuressa mittakaavassa myöhemmin tulisikaan esiin.

Matkatutkimuksien yhteydessä on joissakin maissa toteutettu myös Stated Choice -tutkimus muun muassa ajan arvojen määrittämiseksi ja hinta- ja matka-ajan parametrien estimoimiseksi. Menettely voi olla tarpeen, jos muut keinot eivät ole tuottaneet tulosta. Uskottavan Stated Choice -tutkimuksen toteutus on kuitenkin vaativa ja kallis tehtävä. Vaarana on, että vastaajat eivät suhtaudu valintavaihtoehtoihin tosissaan ja vastauksista tulee ylimalkaisia.

Myös Stated Choice -tutkimuksen nykyistä matkaa ja taustatietoja koskevat kysymykset tulisi olla samat kuin väestöpohjaisessa pitkien matkojen tutkimuksessa ja matkatutkimuksessa malleissa käytettyjen muuttujien osalta, jotta aineistot ovat yhdistettävissä estimointivaiheessa.

2.3.2 Väestö- ja aluerakenne, työllisyys ja työpaikat

Tilastokeskuksen väestöennuste

Liikenne-ennusteiden yksi tärkeimmistä lähtötiedoista on väestöennuste, jonka Tilastokeskus tuottaa valtakunnallisella tasolla. Nykyisessä ennusteessa on otettu huomioon syntyvyyden laskusuuntaus ja ennusteita on tarkennettu ottaen huomioon maahanmuuton kehitys kuluneella vuosikymmenellä. Ennuste koskee koko maata ja on saatavilla noin kahdeksikymmeneksi vuodeksi eteenpäin kunnittain ja tästä eteenpäin koko maan tasolla. Sekä väestö- että työpaikkaennusteet voidaan teoriassa laatia myös liikenteen ja maankäytön vuorovaikutusmalleilla. Tässä selvityksessä ei kuitenkaan ole tarkasteltu lähemmin näiden vuorovaikutusmallien laadintaa.

Henkilöliikenne-ennusteissa tarvitaan yleensä tiedot koko maata ja kuntatasoakin tarkemmin. Mallijärjestelmän tulee kattaa menetelmät ja työkalut, joilla karkeamman aluetason ennusteet jaetaan liikennemallin aluejaolle. Käytännössä tämä tarkoittaa kuntatasoa tai tarkimmillaan yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän ruutujaosta koottua aluejakoa. Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän aluejakoon liittyvät nykytila-aineistot ovat Suomen ympäristökeskuksen vastuulla.

Väestöennusteet jaetaan liikennemallien aluejakoon usein jakolukumalleilla. Jakoluvuissa voidaan ottaa huomioon esimerkiksi kaupunki-maaseutu-luokituksen tai yhdyskuntarakenteen vyöhykkeiden luokituksen kaltaisia tarkentavia tekijöitä. Näiden luokitusten avulla voidaan kuvata kaupungistumisen kehitystä ja yhdyskuntarakenteen tiivistymisen nopeutta myös paikallisella tasolla.

Yhteys kansantalouden, aluetalouden ennusteisiin, kaupungistumiseen ja yhdyskuntarakenteen kehittämiseen

Liikenne-ennusteissa liikennekysynnän yhteys taloudellisiin ennusteisiin näkyy liikumiseen käytettävissä olevien tulojen kehityksenä. Liikenne-ennusteissa on

usein oletettu, että liikkumiseen käytettävissä olevat tulot suhteutuvat alueelliseen bruttokansantuotteeseen ja tarkempaa pitkän aikavälin analyysiä näiden kahden mahdollisesta eriytymisestä toisistaan ei ole tehty. Aluetalouden pitkän aikavälin kehitystä kuvataan ennusteilla tai skenaarioilla, jotka voidaan laatia las-kennallisen yleisen tasapainon mallilla (FINAGE) maakuntatasolla esimerkiksi pa-riksi kymmeneksi vuodeksi eteenpäin. Tietokanta on päivitettävissä vuosittain.

Aluetalouden mallit tarkastelevat myös toimialojen tuotantotekijöitä ja niillä on tuotettavissa työpaikkaennusteet maakuntatasolla. Henkilöliikenne-ennusteissa tarvitaan myös nämä tiedot maakunta-tasoa tarkemmin, joten mallijärjestelmän tulee kattaa menetelmät ja työkalut, joilla karkeamman aluetason ennusteet jae-taan liikennemallin aluejaolle. Tavanomainen käytäntö on hyödyntää jakolukumal-leja.

Kokonaistyöpaikkamäärien lisäksi liikenteen kysyntämallit voivat hyödyntää myös työpaikkatietoja toimialoittain. Esimerkiksi Helsingin seudun liikennemallien lähtö-tietoina ovat työpaikkojen kokonaismäärän lisäksi vähittäiskaupan ja palvelujen työpaikat. Joillakin seudulla työpaikkoja on kuvattu hyvinkin yksityiskohtaisilla toi-mialaluokituksilla. Tällaisten toimialakohtaisten tietojen ennustaminen 20–30 vuo-deksi eteenpäin on kuitenkin yleensä erittäin vaikeaa ja tuo siksi malliin lähinnä näennäistarkkuutta. Pitkämatkaisen liikenteen malleissa tarvitaan tietoja muun muassa vapaa-ajan asunnoista, majoituspaikoista, työpaikoista ja muista muuttu-jista, jotka vaikuttavat matkojen suuntautumiseen.

Tukiennusteet

Liikenteen kysyntämallit käyttävät toisinaan lähtötietoina erilaisia tukiennusteita, joiden sisältö riippuu kulloistenkin kysyntämallien rakenteesta ja toteutustavasta. Tyypillisiä tukimalleja voivat olla esimerkiksi matkojen ajankohtamallit tai -kertoimet, autokantaa, henkilöauton omistusta ja auton käyttömahdollisuutta koskevat ennusteet ja väestörakenteen automaattiseen generointiin liittyvät mallit. Tukien-nusteiksi voidaan luokitella sellaiset tietotarpeet, jotka ovat tarpeen liikenne-en-nusteiden tuottamisessa ja joita ei ole saatavilla valmiina lähtötietoina muiden ta-hojen tuottamana ennustevuosille.

Esimerkiksi autokantaennuste voidaan nähdä tällaisena liikennesektorin sisäisenä ennustetarpeena, joka esiintyy yleisesti sekä Suomessa että muissa maissa yh-tenä kysyntämallien lähtötietona. Tosin esimerkiksi Ruotsin uusimmassa Sampers-mallissa autokanta-ennusteen ja ajokortin hallintaa koskevien pitkän aikavälin en-nusteiden laatimisesta on tilapäisesti luovuttu, koska sen ennustamista on pidetty vaikeana. Tämä tarkoittaa, että mainitut muuttujat on vakioitu ajasta riippumatto-miksi pitkän aikavälin ennusteissa.

Tanskalaisiin henkilöliikenteen kysyntämalleihin liittyy keskeisenä osana väestöra-kenteen yksityiskohtainen automaattinen generointityökalu. Työkalu on tarpeen, koska malli sisältää niin suuren määrän yksilömuuttujia, että niiden ennustaminen väestöryhmittäin on mahdotonta. Generoitu väestö ei kuitenkaan välttämättä vas-taa tulevaisuuden ennustetilannetta siinä yksityiskohtaisuudessa, millä tiedot tek-nisesti tuotetaan.

Esimerkit kuvastavat, että tukiennusteiden käyttö ja tarve ovat mallikohtaisia ominaisuuksia ja ratkeavat osittain vasta mallien yksityiskohtaisen rakenteen suunnittelun yhteydessä.

2.3.3 Liikennejärjestelmän kuvaus

Nykyinen valtakunnallisen ennustemallin tarjonta sisältää ajoneuvo- ja rataver-kon, lentoliikenteen yhteydet ja joukkoliikennelinjastot. Ajoneuvoverkko on muo-dostettu tierekisteriin pohjalta. Verkko kattaa valtakunnalliset yhteydet, jota on tarkennettu suurimpien kaupunkiseutujen osalta. Rataverkon kuvaus pohjautuu

rata.fi-tietokantaan. Rataverkko on erillään ajoneuvoverkosta, mutta verkkojen välillä on kuvattu yhteys asemien yhteydessä.

Lentoliikenteen yhteydet on kuvattu yhteysväleinä. Bussilinjasto on muodostettu matka.fi-aineistosta ja kuvaamalla linjasto ajoneuvoverkon päälle. Matka.fi -aineistossa ei ole bussilinjojen todellisia reittejä, vaan ne on muodostettu sijoitteluohjelmistossa. Bussilinjastoa on jouduttu yksinkertaistamaan paljon ja siksi kaupunkiseutujen sisäiset linjat sekä harvoin liikennöivät linjat on poistettu. Linjasto on jouduttu muokkaamaan ajoneuvoverkkoon sopivaksi. Junalinjasto on muodostettu samoin matka.fi-aineistosta rataverkon päälle. Junalinjastoja ei ole tarvinnut karsia. Oleellinen tekijä on käytettävän sijoitteluohjelmiston kokorajoitukset.

Valtakunnallisen ennustemallin tarjonnan kuvaus on tehty pitkämatkaisen liikenteen tarkasteluun. Kaupunkiseutujen liikenne puuttuu. Ennustemalli on tarkoitettu käytettäväksi yhdessä valtakunnallisen yksilömallin kanssa, joka tuottaa sijoiteltavat matriisit ja ilman yksilömallin ennustekapasiteettia valtakunnallisella ennustemallilla on rajoitetut käyttömahdollisuudet. Sillä voidaan tarkastella liikennehankkeiden kulkutapajakaumien muutoksia ja vertailla eri hankkeita keskenään.

Valtakunnallisella ennustemallilla ei ole kytköksiä alueellisiin malleihin, ei myöskään valtakunnallisella yksilömallilla. Valtakunnallisella mallilla tarkastellaan vain pitkämatkaista liikennettä.

Nykyisen järjestelmäkuvausten haasteet

Valtakunnalliset yhteydet on kuvattu Emme - muotoisena. Tietosisältönä on ollut tierekisteri, Digiroad, rata.fi ja matka.fi. Alueita pitkien matkojen mallissa on noin 1000. Kulkutapoina ovat auto, bussi, juna ja lentokone. Verkkojen päivittäminen on ongelma, koska niitä muodostettaessa on jouduttu tekemään paljon yksinkertaistuksia.

Eräs haaste on, että markkinaehtoisesta bussiliikenteestä ei ole kattavia tietoja matka.fi:ssä eikä missään muussakaan tietokannassa. Tämä on ongelma etenkin pitkämatkaisessa bussiliikenteessä. Näiden osalta tiedot olisi poimittava liikennöitsijöiden omilta sivuilta linjakohtaisesti. Tilausajot ovat vielä oma lukunsa.

Liikkumisen kustannustietojen saaminen on haasteellista. Hinnoittelu on nykyisin suhteellisen dynaamista kaikilla kuljetusmuodoilla ja samoilla joukkoliikenteen linjoilla on hyvinkin erilaisia hintoja. Hinnoittelun muutokset voivat olla nopeita. Hintatietojakaumien saaminen liikennöitsijöiltä lienee mahdotonta. Pitkien matkojen tutkimuksessa yhtenä kysymyksenä voidaan kysyä matkan hintaa, jolloin saaduista hintatiedoista on konstruoitavissa liikennemuotojen hintafunktiot, jos otoskoko on riittävä. Menetelmä tuottaa todennäköisesti alaraja-arvion markkinahinnoista, koska toteutuneiden matkojen hinnat ovat yleisesti tarjottujen matkojen hintoja pienemmät.

Nykyhintojen lisäksi tarvitaan arviot liikennemuotojen hintakehityksestä. Ennusteissa nominaalihintojen sijaan tarvitaan kuvaus koetusta hintatasosta suhteessa mallien estimointiajankohtaan. Koettu hinta suhteutuu liikkumiseen käytävissä oleviin tuloihin ja vaatii inflaatiokorjauksen.

Valtakunnallisen ja alueellisten mallien integrointi edellyttää verkkojen osalta yksityiskohtaisia määrittelyitä solmujen numeroinnista, koodauksen periaatteista, pitkämatkaisten joukkoliikennelinjojen käsittelystä alueellisissa malleissa aluejaoista.

Kaikki liikennejärjestelmää kuvaavat lähtötiedot tarvitaan estimointeja varten ainakin periaatteessa samoilta ajankohdilta, joilta myös liikkumiskäyttäytymistä kuvaavat otanta-aineistot on kerätty. Yleensä tarvetta on vain yhden ajankohdan liikennejärjestelmätietojen muodostamiselle, kun liikkumiskäyttäytymistäkin on tutkittu vain ajallisesti rajattuna ajankohtana.

2.3.4 Nykytilanteen kuvaus tilastojen valossa

Julkisista tilastoista ei nyky muodossaan ole juuri hyötyä liikenteen mallintamisessa. Aineistot eivät riitä kulkutapaosuuksien eivätkä matkojen suuntautumisen kalibrointiin tai validointiin. Henkilöliikenteen mallintamisen näkökulmasta hyödyllisiä tietoja olisivat muun muassa matkojen pituusjakaumat junatyypeittäin ja linja-autojen pika- ja vakiovuoroista sekä lentoliikenteestä sekä matkojen suuntautumistiedot. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti julkisten tilastojen sisältöä nykytilanteessa.

Julkisen liikenteen suoritetilastoinnin tarkoituksena on tuottaa liikennepoliittista päätöksentekoa tukevaa tietoa sekä kotimaan henkilöliikenteen tarjonnan ja kysynnän volyymeista että julkisen vallan rahoituspanosten vaikutuksesta. Julkisen liikenteen markkinaosuustilasto sisältää Suomen sisäisen henkilöliikenteen markkinaosuudet.

Julkisen liikenteen suoritetilastoinnissa on mukana kotimaan henkilöliikenteestä raideliikenne, linja-autoliikenne, taksiliikenne ja lentoliikenne. Rahoituksen osalta tarkastelu on rajattu puhtaasti liikennöinnin rahoitukseen.

Julkisen liikenteen markkinaosuustilasto julkaistaan vuorovuosittain Julkisen liikenteen suoritetilasto -julkaisun kanssa. Nämä tilastot eivät sisällä kevyttä liikennettä.

Tilastossa on käytetty VR:ltä saatuja rautatieliikenteen tietoja, Finnavialta ja Finnairilta saatuja suoritettuja tietoja, liikennelaitosten vuosikertomuksia sekä Linja-autoliikenteen (LAL) vuositilastoja.

Julkisen liikenteen suoritetilastoihin on suhtauduttava osittain varauksella, sillä esimerkiksi joukkoliikenteen keskikuormitusta tarkistetaan harvoin.

Rautateiden henkilöliikenteen matkustajamäärät esitetään julkisissa tilastoissa rataosittain. Lisäksi henkilöliikenteen kokonaismäärät ovat saatavilla pitkänä aikasarjana. Asemien nousu- ja poistujamääriä ja yhteysvälikohtaisia matkustajamääriä ei ole saatavilla julkisesti.

Ajoneuvokannan tilastoissa tarkastellaan rekisterissä ja liikennekäytössä olevien ajoneuvojen määriä vuosineljänneksittäin. Tilasto perustuu Traficomien liikenneasioiden rekisteriin. Ajoneuvoja tilastoidaan muun muassa ajoneuvoluokan, käyttövoiman, ajoneuvon merkin ja mallin sekä omistajan tai haltijan alueellisen tiedon mukaan. Ajoneuvokanta sisältää kaikki liikenneasioiden rekisterissä olevat ajoneuvot. Liikennekäytössä olevat ajoneuvot sisältävät vain ajoneuvot, joita ei ollut merkitty liikennekäytöstä poistetuiksi tilaston poikkileikkausajankohtana.

Toimitettujen ajokorttien tilastoissa tarkastellaan kuukausittain toimitettujen ajokorttien lukumääriä ajokorttiluokan, alueellisen tiedon sekä kortinhaltijan iän ja sukupuolen mukaan. Tilanne on henkilöliikenteen ennusteiden kannalta kohtuullisen hyvä.

Tieliikenteen tilastot

Liikennemääräkartat: Väylävirasto teettää vuosittain koko maan kattavat sähköiset liikennemääräkartat valtion ylläpitämillä teillä. Liikennemäärää kuvataan vuoden keskimääräisellä vuorokausiliikenteellä (KVL) ja sen yksikkö on ajoneuvo/vuorokausi. Koko maata kuvaavilla kartoilla esitetään valta-, kanta- ja seututeiden liikennemäärät.

Rajaliikennetilastot: Väylävirasto kerää maarajojen rajanylityspaikoilta ajoneuvojen liikennemäärätietoja. Tietoja kerätään liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) avulla ja muutamilta rajanylityspaikoilta tiedot saadaan Tullin järjestelmistä. Tilastoissa on tieto myös kevyistä ajoneuvoista (henkilö- ja pakettiautot).

LAM-kirjat: Liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän laskentapisteidien (liikenteen automaattinen mittausasema) keräämistä liikennetiedoista tehdään vuosittain yhteenvetoraportti, LAM-kirja.

Tietilasto on vuosittain ilmestyvä perustilasto, joka kuvaa aikasarjoin ja alueittain tiestön ja liikenteen tilaa maanteiden verkolla. Tilasto kuvaa muun muassa liikennesuoritteita pitkinä aikasarjoina tieluokittain.

Tieliikenteen tilastot ovat kattavia ja sähköisesti saatavilla ja avointa dataa, joten niiden käytettävyys on hyvä. Yhteisvälikohtaisia tietoja ne eivät luonnollisestikaan sisällä.

Finavia julkaisee **lentoasemakohtaisia lentoliikennetilastoja** kuukausittain. Tilastot ilmoitetaan kotimaiselle ja kansainväliselle matkustajaliikenteelle. Tilastoista ei ole saatavilla yhteysvälitietoja.

2.3.5 Kalibrointi- ja validointiaineistot

Liikennemallien kalibroinnilla tarkoitetaan mallien viimeistelevää sovitusta havaittuihin markkinaosuuksiin. Liikennemallien kulkutapaosuuksien ja pituusjakaumien kalibroinneissa käytetään yleensä samaa otanta-aineistoa kuin, mikä on käytössä itse malleja laadittaessa¹⁸. Myös suuntautumismallin kalibroinnissa menettely voi olla sama. Suuntautumismallien kalibrointi voidaan tehdä sovittamalla aineisto aluekertoimilla, sovittamalla maankäyttömuuttujia tai liikennejärjestelmän saavutettavuusosiota.

Validoinneissa¹⁹ käytetään usein liikennelaskentoja ja nyttemmin validointiaineistoiksi voisivat kelvata myös Googlen Timeline-data ja matkapuhelinoperaattoreiden kaupalliset aineistot. Validoinnin kannalta hyödyllisiä aineistoja ovat lähtö- ja määräpaikkamatriisien kaltaiset aineistot, joita ainakin Telia ja Here tarjoavat nykyisin kaupallisina palveluina. Tällaisista tiedoista hyödyllisiä ovat muun muassa arjen, viikonlopun ja lomakausien kuntien väliset matkamatriisit ja siellä missä mahdollista, eroteltuna kulkutavoittain. Kulkutavan päättely onnistunee joillakin yhteysväleillä kohtuullisesti lentoliikenteen, junan ja tieliikenteen osalta.

Sellaisilla alueilla, joissa tie ja rata kulkevat lähekkäin, on tukiasemienpaikannusaineistoissa kulkutavan päättelyssä ollut ongelmia. Laatua on saatu parannettua kulkutapapäättelyssä, kun algoritmi hyödyntää junien omia tukiasemien yhteyspisteitä. Matkan määritelmät poikkeavat jossain määrin liikennemalleissa ja liikkumistutkimuksissa käytetyistä määritelmistä, joten aineistojen käyttö edellyttää määritelmien yhteensovittamista ja mahdollisesti käyttöalueiden rajauksia.

Telian tukiasemien paikannusdata soveltunee ainakin osittain liikenteen kysyntämallien suuntautumisen validointiin ja tarvittaessa esimerkiksi suuntautumisen korjaamiseen. Aineisto ei erottele henkilöautomatkustajia ja bussimatkustajia, mutta lentoliikenteen, junan ja tieliikenteen erottelu onnistuu parhaiten silloin, kun reitit eivät osu kartalla lähekkäin. Se, erotteleeko aineisto tavaraliikenteen henkilöliikenteestä, ei ole tiedossa. Aineisto on kalibrointi- ja validointiaineistona joka tapauksessa hyödyllinen, sillä toisin kuin otanta-aineistot, se näyttää alueiden väliset liikennevirrat. Matkapuhelimien tukiasemien paikannusaineistot eivät itsessään sisällä tietoa matkojen syistä, vaikka esimerkiksi työpaikan sijainti voidaan päätellä toistuvien käyntien perusteella suurella todennäköisyydellä. Yksittäisetkin käynnit voidaan kohdentaa tiettyyn maankäyttöön.

¹⁸ Kalibroinnilla tarkoitetaan tässä kulkutapaosuuksien tai kulkutapakohtaisten matkojen pituusjakaumien sovittamista havaittuihin kulkutapaosuuksiin. Kalibroinnilla tarkoitetaan myös matkojen suuntautumismallin soveltamista havaintoihin estimoinnin jälkeen. Joskus muissa yhteyksissä kalibroinnilla voidaan tarkoittaa myös lähtö-määräpaikkamatriisin sovittamista matriisitasolla liikennelaskentoihin.

¹⁹ Validoinnilla tarkoitetaan tässä mallien hyväksyttämismenettelyn osaa, jossa mallin antamia tuloksia vertaillaan muihin aineistoihin, kuten liikennelaskentoihin ja muilla tavoin kerättyihin lähtö-määräpaikkamatriisien tietoihin.

Matkapuhelimien tukiasemien paikannusaineistot eivät sisällä otanta-aineistojen kaltaisia laajoja tietoja liikkujan taustoista. Matkojen kokonaissuuntautumisen (ilman kulkutapa- ja matkaryhmäjohtelua) validointiin kannattanee käyttää kaupallisia kokonaismatriiseja. Samalla saadaan kokemusta aineiston laadusta. Matkapuhelimienpaikannusaineistot toimivat parhaiten pidempimatkaisten liikkumisen arvioinnissa. Kaikkein lyhyimmillä matkoilla aineistossa on vaikea erottaa matkoja häiriösignaaleista. (Jormakka, R. 2019).

Tukiasemien paikannusdatan tyyppisiä kokonaisaineistoja ei ole käytetty liikenne-ennustemallien laadinnassa, sillä niiden avulla on ollut vaikea muodostaa syy – seuraussuhteita liikkujien taustatietojen, tehtyjen tai tekemättä jätettyjen matkojen määrän ja luonteen, kulkutavan valinnan ja matkojen suuntautumisen välille. Juuri tämän mekanismin kuvaaminen on ennustemalleissa oleellista. Malleja käytetään tilanteissa, joissa muutokset taloudessa, matka-ajoissa, matkojen hinnoissa, asumisen, työpaikkojen ja palvelujen sijainnissa heijastetaan ihmisten valintoihin.

Tukiasemien paikannusmenetelmillä saadaan selville todennäköisesti melko hyvin matkojen suuntautuminen monilla yhteysväleillä. Samoin paikoittain voidaan erottaa lentoliikenne, junaliikenne ja tieliikenne²⁰, kun reitit eivät kulje liiaksi rinnakkain. Tällainen aineisto ei kuitenkaan kerro vielä matkan tarkoitusta²¹ ja matkustajan taustatietoja. Mainitut tiedot ovat tarpeen muun muassa kulkutapamallin hintajoustopien laskemiseksi.

Tukiasemien paikannusaineistoja lienee mahdollista hyödyntää myös painovoimamallin tapaisen liikenteen kysyntämallin estimoinnissa. Vähintäänkin sellaisen mallin estimoinnin voisi olettaa onnistuvan, jossa painovoimamalliin yhdistetään asukkaat, työpaikat, palvelut sekä jonkinlainen logit-malleistakin tuttu etäisyysmitta kuvaamaan yleistä liikennejärjestelmäsaavutettavuutta kaikilla kulkutavoilla yhteensä. Tällainen malli kuvaisi siis esimerkiksi kuntien välisiä liikennevirtoja. Malli voisi toimia tukiratkaisuna, jos pitkien matkojen suuntautumisen mallintaminen muilla keinoin ei onnistu. Mallin heikkoutena on kuitenkin ohuehkoksi jäävä logiikka sen suhteen, miten liikennejärjestelmä vaikuttaa pitkien matkojen suuntautumiseen. Heikkoutena on myös, että data-aineisto ei kykene matkaryhmien erotteluun eikä esimerkiksi hinnoittelun vaikutusta eri väestöryhmien valintoihin voitane mallintaa havaintoaineistoon pohjautuen. Mainitut ominaisuudet ovat toivottuja strategisissa liikenne-ennustemalleissa.

Myös kulkutapojen vaillinaisen tunnistaminen voi haitata menetelmän hyödynnettävyyttä. Painovoimamallit²² olivat suosittua 60- ja 70-luvuilla, mutta sittemmin niiden hyödyntäminen on valtakunnallisissa malleissa hiipunut. Tieteellisiä artikkeleita, joissa tukiasemien paikannusdataa olisi hyödynnetty matkustajavirtoja kuvaavan ennustamiskäyttöön tarkoitetun painovoimamallin estimointiin, ei tässä yhteydessä haettu.

Validoinnin kannalta hyödyllisiä tietoja ovat myös liikennelaskentatiedot ja käytävissä olevat lipunmyyntitilastot siltä osin kuin tietoja on käytettävissä. Lipunmyyntitilastot poikkeavat mallin tuottamista tuloksista, koska tilastot edustavat myytyä matkaa pysäkkien tai terminaalien välillä ja kysyntämallit tuottavat tiedot ovelta-ovelle.

²⁰ Ei ole tiedossa, miten henkilöautojen kuljettajien, henkilöauton matkustajien, pakettiautojen, taksien, kuorma-autojen jne. erottelu olisi mahdollista.

²¹ Maailmalla on kehitelty myös menetelmiä matkan tarkoituksen päättelyyn. Esimerkiksi pitkien matkojen kannalta tärkeä yöpymisten määrän selvittäminen voisi hyvinkin olla mahdollista. Myös matkakohteiden päättely voi onnistua ympäröivän maankäytön perusteella. Aukottomia tällaiset menettelyt eivät toki ole.

²² Jotkin Euroopan laajuiset yleispiirteiset mallit hyödyntävät edelleen painovoimamallin logiikkaa, kun mallintamisen tavoitteeksi on riittänyt maakuntien välisten liikennevirtojen tarkastelu. Näissä on kuitenkin hyödynnetty laajennettuja otanta-aineistoja.

2.4 Henkilöliikenteen mallien kehittämistarpeet pitkällä aikavälillä

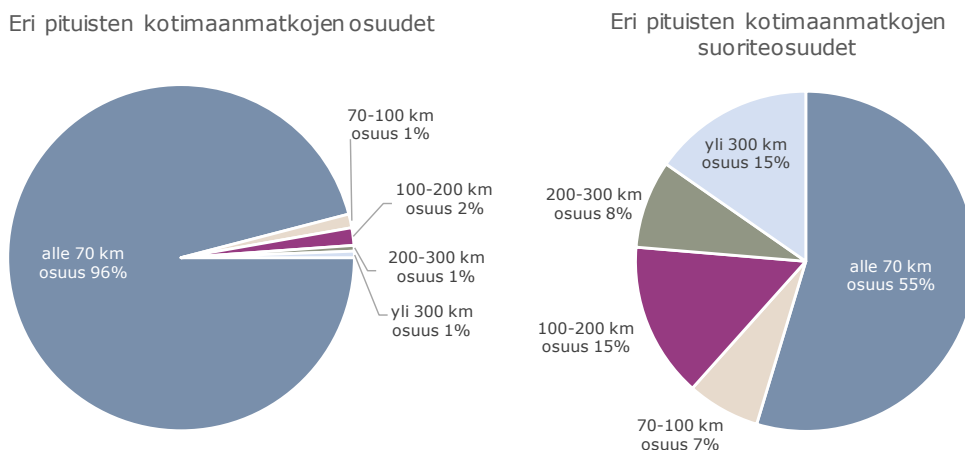
Tässä luvussa on esitetty joitakin henkilöliikenteen ennustemallien laadintaan, rakenteeseen, liityntäpintoihin ja ennusteprosessiin liittyviä näkökohtia.

Mallirakenteen yksityiskohtien suunnittelu on myöhempien vaiheiden tehtävä ja lopullinen rakenne viimeistellään vasta mallien estimoinnin yhteydessä. Tässä yhteydessä on kuitenkin haluttu nostaa pohdittavaksi sellaisia ratkaisuja, jotka voivat rajata mallien käyttökohteita tai joilla on oleellinen vaikutus toteuttamisen aikatauluun ja kustannuksiin. Kyse on pitkän aikavälin kehittämistarpeista, joista useimmat eivät palvele vielä vuonna 2023 käynnistyvää liikennejärjestelmäsuunnittelua. Seuraavaa liikennejärjestelmäsuunnitelmassa vaikutusten arviointi perustuu siksi pitkälti nykyiseen valtakunnalliseen ennustemallijärjestelmään. Luvussa 2.5.1 on tarkasteltu pienimuotoisia kehittämistoimenpiteitä, joilla nykyinen mallijärjestelmä olisi elvytettävissä astetta paremmin seuraavan liikennejärjestelmäsuunnittelun tarpeisiin.

2.4.1 Pitkien matkojen ja alueellisten matkojen tarkastelu

Ruotsissa ja Norjassa valtakunnallinen liikenne-ennustemallijärjestelmä koostuu alueellisista malleista ja pitkien matkojen mallista. Ratkaisu on nähtävästi välttämätön, jotta nykyiset tietokoneet ja liikennesuunnitteluohjelmistot selviäisivät järjestellisissä laskenta-ajoissa liikenne-ennusteiden laadinnasta. Tästä ratkaisusta huolimatta liikenne-ennusteajojen kesto on näissä maissa pikemminkin vuorokausia tai viikkoja kuin tunteja. Alueellisia malleja voidaan ajaa rinnakkain.

Reitinvalinnassa rinnakkaisajo vaatisi, että käytössä on yhtä monen käyttäjän lissenssi kuin on rinnakkain sekä suuntautuminen ajettavia alueellisia mallejakin. Tanskassa koko maan liikenne on voitu maantieteellisestä koosta johtuen mallintaa yhtenä alueena. Norjassa ja Ruotsissa on erillinen liikennemalli pitkille matkoille. Tässä mallissa aluejako on alueellisia malleja karkeampi ja siten myös liityntäyhteyksien kuvaus jää lähinnä etäisyystasoiseksi kuvaukseksi. Toisaalta kyseisissä malleissa on voitu ottaa huomioon, että pitkien matkojen kulkutavat ja matkojen syyt poikkeavat alueellisista matkoista. Oheiseen kuvaan on vertailun vuoksi piirretty myös jäljempänä esitelty Suomen aluejakoehdotus A.



Kuva 11.

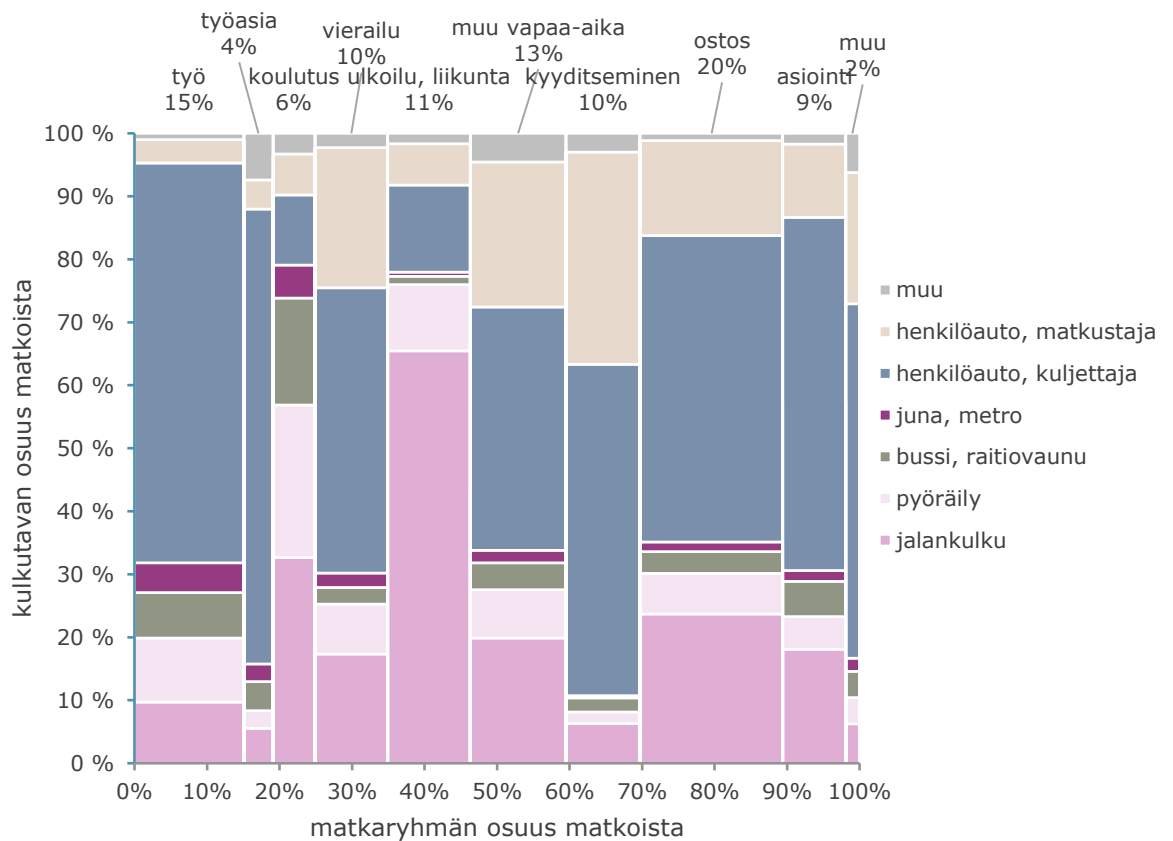
Suomalaisten kotimaamatkojen osuudet matkan pituuden mukaan (vasen kaavio) ja kotimaanmatkojen suositteosuudet matkan pituuden mukaan (oikea kaavio) valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen mukaan. Lähde: Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2016/ WSP, analyysi 23.2.2020.

Pitkien ja lyhyiden matkojen roolia suomalaisten liikkumisessa on tarkasteltu yllä olevassa kuvassa (kuva 11). Kuvassa on esitetty rinnakkain eri pituisten kotimaanmatkojen osuudet. Suomalaisten matkoista noin 97 prosenttia on alle sata kilometriä pitkiä. **Lyhyiden matkojen suuri rooli korostaa alueellisten liikenne-ennustemallien tärkeyttä**, sillä suuri osa suomalaisten liikkumisesta rajautuu kohtuullisen suppealle, tavanomaisen elinpiirin, alueelle. Monet liikennepoliittikan toimenpiteet kohdistuvat juuri arjen liikkumiseen. Onkin toivottavaa, että mallit pystyvät kuvaamaan näiden politiikkatoimenpiteiden vaikutuksia myös alueellisella tasalla, jotta toimenpiteiden vaikutuksista on mahdollista muodostaa kokonaiskuva valtakunnallisella tasolla.

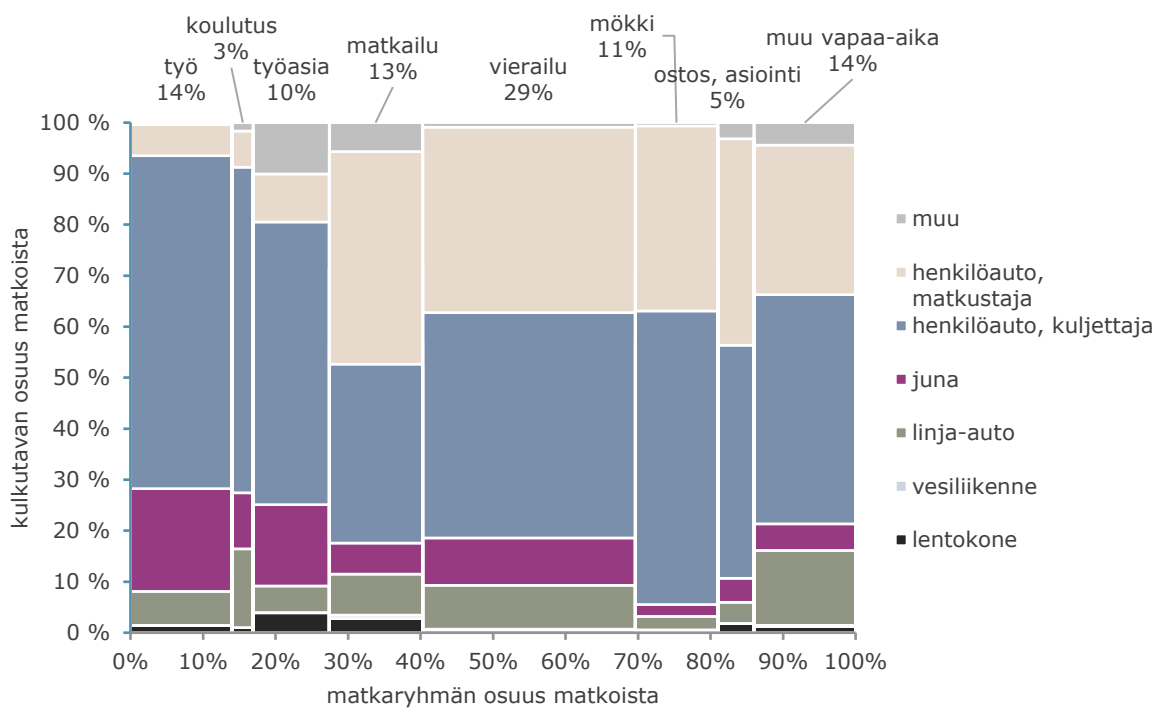
Seudullisten liikennejärjestelmäsuunnitelmien mittavampien toimenpiteiden ja hankkeiden vaikutusten arviointi on mahdollista alueellisissa malleissa vain, jos hankkeet ja toimenpiteet on kuvattu alueellisiin malleihin. Lyhyiden matkojen suuri rooli selittää osaltaan, miksi muissa Pohjoismaissa alueellisen liikenteen mallintamiseen on kiinnitetty erityistä huomiota, kun alueelliset mallit on rakennettu osaksi valtakunnallista ennustejärjestelmää.

Kuvan oikeanpuoleinen kaavio osoittaa eripituisten kotimaanmatkojen suoriteosuudet. Noin kaksi viidesosaa suomalaisten kotimaamatkojen suoritteesta tulee yli sata kilometriä pitkistä matkoista. Matkat liittyvät työhön, koulutukseen, liike-elämään ja sosiaaliseen kanssakäymiseen sekä muuhun asiointiin ja vapaa-aikaan. Ilmastopolitiikan näkökulmasta näillä matkoilla on erityisen paljon merkitystä. Pitkistä kotimaanmatkoista vajaa kolmasosa on sidoksissa työhön tai koulutukseen. Loput matkoista liittyvät matkailuun, vierailuun, mökkeilyyn ja muuhun vapaa-ajan viettoon.

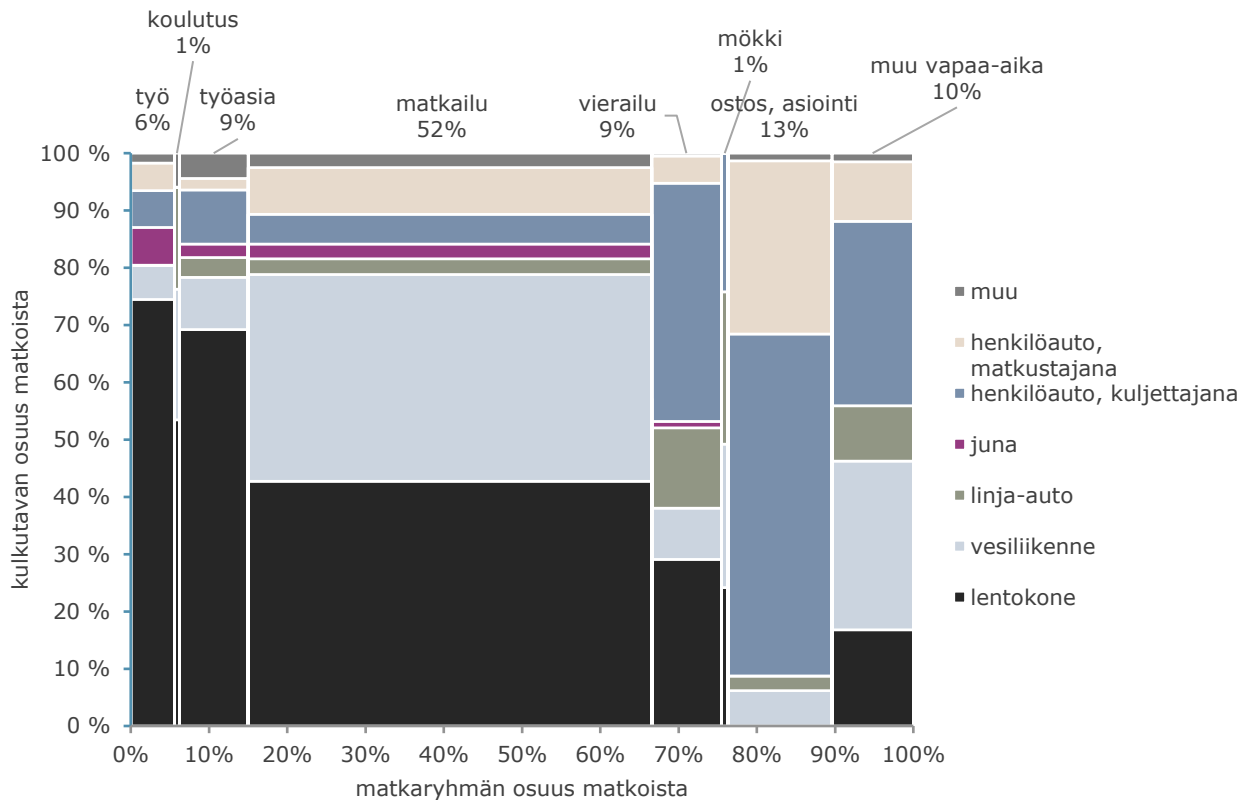
Seuraavissa kolmessa kuvassa on verrattu alle 100 kilometriä pitkien matkojen ja yli 100 kilometriä pitkien matkojen ja rajanylittävien matkojen syitä ja käytettyjä kulkutapoja toisiinsa. Kuvat auttavat hahmottamaan lyhyiden ja pitkien matkojen mallintamisen eroja. Tiedot perustuvat vuoden 2016 valtakunnalliseen henkilöliikennetutkimukseen. Yli sata kilometriä pitkien matkojen ja etenkin rajanylittävien matkojen aineisto ovat erittäin suppeita, eikä näitä aineistoja olekaan aikoinaan tarkoitettu liikenteen mallintamiseen. Siten tietojen luotettavuudessa on puutteita. Kaaviot auttavat kuitenkin matkaryhmäjaottelun ja kulkutapajaottelun jäsentämisessä sekä matkojen suuntautumista kuvaavien lähtötietomuuttujien tunnistamisessa. Muissa Pohjoismaissa pitkien matkojen malleissa otetaan yleensä huomioon segmentointiperusteina vähintään matkan tarkoitus, seurueen koko, tulot ja matkan kesto.



Kuva 12. Alle 100 kilometriä pitkien kotimaanmatkojen tarkoitus ja käytetyt kulkutavat. Lähde: Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2016/ analyysi 17.2.2020, WSP



Kuva 13. Yli 100 kilometriä pitkien kotimaanmatkojen tarkoitus ja käytetyt kulkutavat. Lähde: Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2016/ analyysi 17.2.2020, WSP



Kuva 14.

Suomalaisten lyhyiden ja pitkien rajanylitysmatkojen tarkoitus ja käytetyt kulkutavat.
Lähde: Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2016/ analyysi 17.2.2020, WSP

Valtakunnallisten liikenne-ennustemallien käyttötärpeissa esille nousi tarve verkollisten liikenne-ennusteiden laadinnalle. Uskottavien verkollisten ennusteiden laadinta ei ole mahdollista ilman riittävän hienojakoista liikenneverkkokuvausta ja riittävän suurta aluemäärää. Vaikka valtakunnallisissa liikenne-ennusteissa ollaan ensisijaisesti kiinnostettu valtakunnallisten pääyhteyksien tarkastelusta, kannattaa liikenneverkkokuvaus tehdä mahdollisimman realistiseksi, jotta liikenne saadaan sijoiteltua pääyhteyksien lisäksi rinnakkaisreiteille ja alemmalle tieverkolle. Siten tarvittava alueiden määrä koko maan tasolla tulee olemaan alueellisissa malleissa lähempänä kymmentä kuin kolmea tuhatta. Myös kulkutapamallien estimointi edellyttää kohtuullisen tarkkaa aluejakoa ja liikenneverkkojen ja linjastojen kuvausta. Tästä huolimatta mallia on luonnehdittava strategiseksi: se ei tule toistamaan nykytilanteen liikennemääriä verkon eri osilla tarkasti ja suurehko osa katuverkosta ja alempiasteisesta tieverkosta jää edelleen kuvaamatta.

Alueelliset mallit ja pitkien matkojen malli rajataan yleensä siten, että alueellisella mallilla ennustetaan tietyn rajan alittavien pituiset matkat ja pitkien matkojen mallilla tämän rajan ylittävät matkat. Pitkien matkojen matkat jaetaan esimerkiksi jakolukujen ja ulkosyöttöjen avulla alueellisen mallin alueille, jolloin myös pitkät matkat ovat mukana, kun alueellisilla malleilla tarkastellaan liikennekysyntää väyläverkolla.

Ideaalisessa tapauksessa tällaista jakoa alueellisiin malleihin ja pitkiin matkoihin ei tarvittaisi, vaan kaikki liikennekysyntä voitaisiin tarkastella samassa aluejaossa ja yhtenäisillä liikenneverkoilla. Käytännössä nykyisten liikennesuunnitteluohjelmistojen rajoitukset ja tietokoneiden laskentakapasiteettirajoitukset ovat johtaneet siihen, että pinta-alaltaan vastaavan kokoisissa maissa kuin Suomi, kuten esimerkiksi Yhdysvalloissa osavaltioissa, jako alueellisiin malleihin ja pitkien matkojen malliin on osoittautunut välttämättömäksi. Esimerkiksi Emme-liikennesuunnitteluohjelmistossa, joka on yleisesti käytetty Suomessa, järkevä määrä alueita yhtä alueellista mallia kohti on enimmillään noin 2000 - 3000. Tätä suurempi

määrä alueita johtaa kohtuuttoman pitkiin mallin ajoaikoihin etenkin ruuhkasijoittelussa. Alueiden määrää rajoittaa myös Emmen lisenssikoko, joka sallii nykyisin enimmillään 10 000 aluetta. 10 000 alueen malleja on yleensä vältetty, sillä liikenteen sijoitteluajojen kesto tulee pitkäksi.²³

Emmelle vaihtoehtoisia liikennesuunnitteluohjelmistoja ovat ainakin yhdysvaltalaiset TransCAD ja CUBE ja sekä saksalainen PTV Visum. Esimerkiksi TransCAD ohjelmistossa ei ole aluejakoon tai verkon kokoon liittyviä lisenssirajoituksia. Alueiden suuri määrä hidastaa kuitenkin joka tapauksessa laskentaa, vaikka varsinaisia lisenssirajoituksia ei olisi.

Siirtyminen Emmestä johonkin muuhun liikennesuunnitteluohjelmistoon tarkoittaisi, että valtakunnallisen liikennemallijärjestelmän pystyttämisen ja ylläpitokuluissa olisi otettava huomioon vaihtoehtoisen liikennesuunnitteluohjelmiston käytön opetteluun liittyvät kustannukset, jos ohjelmistolla ei ole muuta laajempaa käyttöä Suomessa. Kyse lienee käytännössä suuruusluokaltaan 1-2 viikon välittömästä henkilötyöajan lisäystarpeesta kutakin asiantuntijaa kohti. Työmäärä on käytännössä suurempi, koska kunkin ohjelmiston käyttöön sisältyy hiljaista tietoa, minkä oppii vasta ohjelmiston käytön yhteydessä. Erityisen painavia syitä, miksi tähän olisi ryhdyttävä, ei ole tiedossa.

Uskottava liikenteen ruuhkautumisen kuvaus on makrotasollakin joka tapauksessa laskentatekninen haaste ohjelmistosta riippumatta. Toisaalta pohdittavana on, missä määriin on riittävää, että ruuhkavaikutuksia tarkastellaan seutujen omilla liikennemalleilla ja missä määrin valtakunnallisten liikenne-ennustemallien on kyettävä vastaamaan esimerkiksi ruuhkahinnoitteluun liittyviin kysymyksiin. Liikennesuunnitteluohjelmistoa koskevat päätökset kannattaa tehdä yhdessä tavaraliikenteen mallintamista pohdittaessa, jotta tavaraliikenteen ajoneuvomatriisit saadaan kätevästi liitettyä osaksi henkilöliikenteen sijoittelua.

Itse sijoittelumenettely ei välttämättä vaadi yhteistä liikennesuunnitteluohjelmistoa henkilö- ja tavaraliikenteelle, mutta liikenneverkkojen ylläpito useissa liikennesuunnitteluohjelmistoissa voi olla työlästä. Tavaraliikenteen käsittely vaatii erilaisia ominaisuuksia liikennesuunnitteluohjelmistolta kuin ensisijaisesti henkilöliikenteen käsittelyyn tarkoitetut ohjelmistot. Esimerkiksi eräissä Yhdysvaltojen osavaltioissa tavaraliikenteen malleissa on huomattavan vähän osa-alueita henkilöliikennemalleihin verrattuna. Mallit on laadittu yleisesti käytetyllä ohjelmointikielellä (kuten R) ja lopputulokset yhdistetään ajoneuvosijoitteluissa henkilöliikenteen sijoitteluihin liikenneverkoille.

²³ Työn aikana ideoitiin mahdollisuutta sisällyttää sekä alueelliset liikennemallit yhteen verkkokuvaukseen, jossa alueellisia osamalleja ajettaisiin erillisinä niin, että yhdessä alueellisessa mallissa olisi enintään 2000 - 3000 aluetta. Alueiden muodostama kokonaisuus kattaisi enimmillään 10 000 aluetta koko maassa. Itse verkkokuvaus kattaa koko maan, mutta esimerkiksi linjastot ovat aluemallikohtaisia. Alueellisia malleja voidaan ajaa toisistaan erillisinä. Pitkien matkojen liityntäyhteyksien mallintamiseksi alueellisista malleista kuvataan yhteydet pitkien matkojen terminaaleihin ja tärkeimmille pitkien matkojen linja-autopysäkeille. Näin pitkien matkojen liityntäyhteydet saadaan kuvattua suhteellisen tarkasti, mikä on ollut ongelma esimerkiksi Ruotsin pitkien matkojen mallissa. Lisäksi mallijärjestelmään sisältyisi pitkien matkojen verkkomalli, jossa alueita on edellä kuvattua noin 10 000 aluetta, samat kuin alueellisissa malleissa. Tässä verkkomallissa on kuvattu pitkämatkaisen liikenteen yhteydet henkilöautolla, linja-autolla, junalla ja lentokoneella. Liityntäyhteydet lähtö- ja määräpaikoista saadaan alueellisista lähtöpaikka – terminaali ja terminaali – määräpaikka -matriiseina. Pitkämatkainen liikenne toteutettaisiin vuorokausisijoitteluna, jolloin sijoittelu on teknisesti nopeampi, vaikka aluemäärä onkin suuri. Emmen nykyinen lisenssipolitiikka voisi hyvinkin mahdollistaa menettelyn, mutta pitkämatkaisen liikenteen sijoittelu-aika voi nousta kohtuuttoman suureksi nykyisillä tietokoneilla. Idea lienee kuitenkin pohdinnan arvoinen, koska se ratkaisisi osittain pitkämatkaisen liikenteen ennusteisiin liittyviä laadullisia ongelmia. Rajoitukset tulee arvioida huolellisesti, ennen kuin valtakunnallisia liikenneverkkoja voidaan ajatella ryhtyä toteuttamaan kuvattua idean mukaisesti.

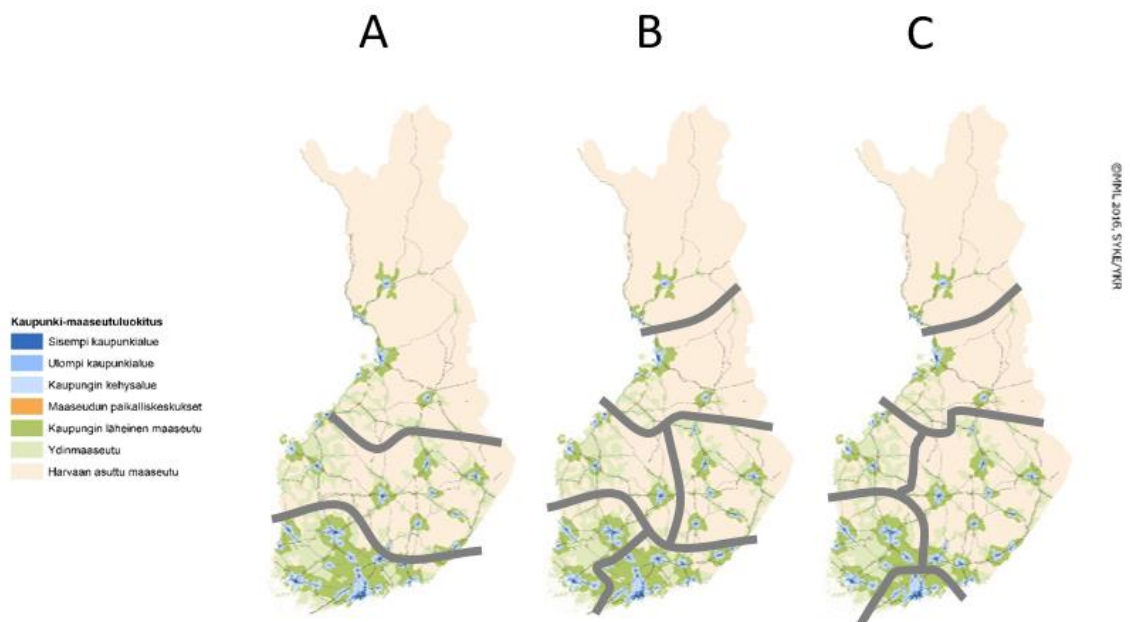
Toisena vaihtoehtona pohdittiin, että verkkokuvaus olisi edelleen yhtenäinen kaikille alueille, mutta myös pitkämatkaisen mallin aluemäärää rajoitettaisiin esimerkiksi 1000 alueeseen, kuten nykyisessä pitkien matkojen mallissa. Tällöin liityntäyhteydet aggregoidaan alueellisista malleista pitkien matkojen aluejakoon. Aggregoinnissa menetetään liityntäliikenteen kuvauksen tarkkuus, mutta yhteinen verkkokäsittely mahdollistaisi liikennevirtojen sijoittelun yhtenäisesti liikenneverkoille. Myös tämä vaihtoehto vaatii tarkemman arvioinnin.

2.4.2 Alueelliset mallit

Valtakunnallisia liikenne-ennusteita ei voida tarkastella ilman jonkinasteista paikallista ulottuvuutta. Jotta alueelliset ennusteet kytkeytyisivät luontevasti osaksi valtakunnallista ennustetta, on ennusteiden lähtötiedot, laatimisen tavat ja ennusteiden tuottamat tulokset oltava eri alueiden välillä yhtenäiset. Tällä hetkellä seudullisten liikennemallien ja valtakunnallisen ennustemallijärjestelmän välillä ei ole yhteyttä ja kaupunkiseudut ovat toteuttaneet mallijärjestelmät itsenäisesti. Seudulliset mallit eivät muodosta koko maan kattavaa yhtenäistä kokonaisuutta. Ne on laadittu seudullisia tarpeita ajatellen. Läheskään kaikilla kaupunkiseuduilla ei ole ajantasaisia liikennemalleja, mallien laadintakäytännöt ovat olleet kirjavia. Niiden tulokset eivät ole vertailukelpoisia.

Valtakunnallisten liikenne-ennusteiden teknisen hallittavuuden näkökulmasta realistinen määrä alueellisia liikennemalleja, joiden tulokset tulisi voida integroida osaksi kokonaisennustetta, liikkuu pikemminkin 4 - 6 kuin 10 - 20 välillä. Seuraavassa kuvassa on esitetty ideatasolla kolme vaihtoehtoista tapaa rajata alueelliset mallit, jos valtakunnallisten liikenne-ennustemallien rakenteessa ajateltaisiin noudatettavan Norja ja Ruotsin mallien kaltaista kokonaisuutta, jossa lyhyille ja pitkille malleille on oma verkkotasoinen käsittelynsä. Menettely poikkeaa Suomen nykyisistä yksilömalleista siten, että myös alueellisissa malleissa liikennejärjestelmäkuvaus vastaa ennustetilannetta. Nykyisissä yksilömalleissa liikennejärjestelmäkuvaus perustuu nykytilaan.

Kussakin rajaustavassa on omat etunsa. Karttapohjana on käytetty Suomen ympäristökeskuksen laatimaa kaupunki-maaseutuluokitusta, jonka avulla eri kaupunkiseudut erottuvat hyvin.



Kuva 15. Ideatason vaihtoehtoja alueellisten liikennemallien rajaamiseksi.

Vaihtoehto A: Vaihtoehdossa A Suomi on jaettu kolmeen alueelliseen malliin. Malli mahdollistaa esimerkiksi Helsingistä Turun, Tampereen ja itään suuntautuvien rai-deyhteyksien tarkastelun pitkälti yhdellä alueellisella mallilla, jolloin vain suurimmissa kaupungeissa pysähtyvien nopeiden junien ja väliasemilla pysähtyvien junien yhteistarkastelu on mahdollinen. Ongelmaksi saattavat kuitenkin muodostua tiestön ruuhkautumiseen liittyvät tarkastelut Etelä-Suomen alueella. Mallialue on varsin suuri, joten verkko- ja linjastokuvauksia sekä aluejakoa ei pystytäkään kuvaamaan kovin tarkasti, jotta kysyntämallin ajamiseen kuluva aika pysyisi kohtuullisena. Pohjois-Suomi muodostaa taas pinta-alaltaan niin suuren alueen, että matka-aikojen kuvaus jää väistämättä jossain määrin epätarkaksi. Tämä vaikeut-

taa mallien estimointia ja heikentää mallien käytettävyyttä muun muassa tieliikennettä koskevissa tarkasteluissa. Pohjois-Suomessa tarvitaan liikenteen fyysisten ominaisuuksien vuoksi suhteessa enemmän alueita suhteessa väestömäärään kuin Etelä-Suomessa, jotta matka-ajat saadaan kuvattua kohtuullisen realistisesti.

Ruotsissa on ollut ongelmia nopeiden junayhteyksien mallintamisessa. Tämä liittyy lyhyiden ja pitkien matkojen väliseen rajaukseen. Esimerkiksi Helsingin ja Tampereen välisissä matkoissa on sekä määritelmällisesti lyhyitä, jokapäiväisiä pendelöintimatkoja että pitkien matkojen määritelmän mukaisia satunnaisia vapaa-ajan matkoja.

Vaihtoehto B: Vaihtoehdossa B Suomi on jaettu kuuteen alueelliseen malliin. Mallia-alueiden pinta-alat ovat vaihtoehtoa A pienemmät, jolloin aluejaosta, liikenneverkkojen ja linjastojen kuvauksista saadaan vaihtoehtoa A tarkemmat. Tämä helpottaa jossain määrin ruuhkautumisvaikutusten tarkasteluja pääteillä, vaikka aluejakoa ei olekaan mahdollista tarkentaa samalle tasolle kuin kaupunkiseutujen malleissa. Mallien estimoinnissa onnistutaan todennäköisesti paremmin, koska kukin alueellinen malli voi sisältää 1000 – 3000 aluetta.

Vaihtoehdossa B itään suuntautuvien ratahankkeiden arviointi (nopeiden ja väli-asemilla pysähtyvien junien yhteistarkastelu) onnistuu kohtuullisen hyvin, mutta aluerajaus ei ole paras mahdollinen Tampereen ja Turun suuntien näkökulmasta. Ruotsin ja Norjan alueellisissa malleissa kuhunkin alueelliseen malliin sisältyy hie-man karkeampi kuvaus ympäröivistä alueista. Kuva 4 sivulla 3024 havainnollistaa ratkaisua. Tällä tavalla alueellisten mallien rajauksesta aiheutuvaa haittaa on voitu vähentää ja raideliikennetarkastelut muodostuvat realistisemmiksi. Sama ratkaisu hyödyttää kaikkia alueellisten mallien rajausvaihtoehtoja A, B ja C.

Vaihtoehto C: Vaihtoehdossa C eteläisen Suomen alueella on mahdollista hyödyntää Helsingin seudun liikennemallien tuloksia sellaisenaan kehyskunnissa. Ratkaisu saattaa säästää kustannuksissa, sillä Etelä-Suomen aluetta ei tällöin tarvitsisi mallintaa erikseen, vaan valtakunnallisissa liikennemalleissa voitaisiin hyödyntää Helsingin seudulla tehtyä työtä, vaikka kehyskuntien ulkopuolista puskurialuetta ehkä kannattaakin laajentaa ja tukea liikennemallikehitystöiden yhteensovittamista pilotityönä. Länsi- ja Itä-Uudenmaan alueiden sisäisen liikenteen malleja tulisi tarkentaa ja Kymenlaakson alue tulisi lisätä malleihin. Nämä vaatisivat Helmet-mallien kehittämistä. Tässä aluejaossa on kuitenkin nopeiden junien tarkastelua ajatellen sama haaste kuin vaihtoehdossa B. Suurin hyöty voisikin olla, että mallintamisen menetelmät saadaan yhtenäistettyä. Tällöin Helsingin seudulla tehty pitkäaikainen kehittämissuunnitelma voidaan hyödyntää myös muilla alueilla. Mikäli tulevaisuudessa eri alueiden liikennemallien rakenne on yhtenäinen ja ne kattavat yhdessä koko maan, voidaan ennusteet koota järkevästi alueellisista ennusteista. Nykyinen Helsingin seudun malli on liian epätarkka esimerkiksi Lahden seudun tarkasteluihin.

Helsingin seudun liikennemallijärjestelmän rakenne ja käyttöliittymä olisivat periaatteessa hyödynnettävissä jo lähitulevaisuudessa kaikissa alueellisten mallien rajausvaihtoehtoisissa, mutta yhteneväisiä liikenneverkkokuvauksia ei ole. Lisäksi alueelliset mallit on sovitettava alueen liikkumiskäyttäytymistä vastaavaksi. Työ on kuitenkin huomattavasti kevyempi, kun itse mallirakenne ja tekniset ratkaisut ovat jo pitkälle mietittyjä. Helsingin seudun liikenne-ennustemallien lähdekoodi on avoin kaikille.

Alueellisten mallien mallirakenne

Alueellisten mallien lähtökohtana voitaisiin ajatella käytettävän Helsingin seudun liikenteen käyttämää mallirakennetta sovitettuna kuitenkin kullekin alueelle erikseen. Menettelystä olisi se etu, että liikennemallit perustuvat avoimeen lähdekoodiin, mallijärjestelmä on testattu ja ratkaisut perustuvat vuosien kokemukseen alueellisten mallien rakentamisesta ja kokonaisuuteen liittyy myös valmiit laskentajärjestelmät yhteiskuntataloudellisten vaikutusten arvioimiseksi. Malli on myös

rakennettu siten, että laskenta-aika pysyy kohtuullisena. Mallilla kyetään tuottamaan verkkotason ennusteet ja laskemaan laajasti seudullisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa tarvittavia tunnuslukuja tulevaisuuden ennustetilanteissa. Toiminnot ovat pitkälti automatisoituja ja sovellettavissa muille seuduille.

Helsingin seudun liikenne-ennustemalleissa on kiinnitetty huomiota liikennemallien ylläpidettävyyteen. Tekninen ajoaika on kohtuullinen. Niissä on karsittu sellaisia yksityiskohtia, jotka vaikeuttavat mallien käyttöä tinkimättä kuitenkaan merkittävästi mallien toiminnallisuuksista verrattaessa niitä esimerkiksi Norjan ja Ruotsin alueellisiin liikenne-ennustemalleihin.

Itse matkustuskäyttäytyminen ja siihen liittyvät liikkumispreferenssit, väestörakenne, maankäyttö, aluejako, liikennejärjestelmäkuvaus kuvattaisiin luonnollisesti aluekohtaisesti, jolloin kävelyllä, pyöräilyllä, henkilöautolla, joukkoliikenteellä olisi kullekin alueelle ominaiset käyttösuutensa. Mallit heijastelevat väestörakenteen, liikkumistarpeen, liikennejärjestelmän ja aluerakenteen eroja liikkumisessa. Pääperiaatteet olisivat näin eri alueilla yhteiset, vaikka yksityiskohdat toki tulisi sovittaa alueellisesti. Esimerkiksi ruuhkasijoittelun tarve keskittyy suurimpiin kaupunkeihin. Matkaryhmiä on mahdollista tarvittaessa karsia, mallin parametrit voidaan estimoida erikseen eri alueille ja esimerkiksi ruuhkan joukkoliikennevaikutusten laskennassa voidaan harvempaan asutuilla alueilla oikaista.

Tavaraliikenteen ennusteet tulee laatia siten, että niiden tuottamat ajoneuvomatriisit ovat esimerkiksi jakolukujen avulla sijoiteltavissa samoille liikenneverkoille kuin henkilöliikennekin. Alueellisten tavaraliikenteen ennusteiden käytäntöjä on kuvattu lyhyesti luvun 3.1 kohdassa ”Tavaraliikenteen alueelliset ennustemenetelyt”.

2.4.3 Pitkien matkojen malli

Valtakunnallinen pitkien matkojen ennustemalli kattaa nykyoloissa kulkutavan valintojen muutosmallin. Mallin parametreja ei ole kaikilta osin onnistuttu estimoidaan (matka-aika, hinta).

Pitkien matkojen mallissa voidaan lähtökohtana ajatella käytettävän jopa nykyistä Valtakunnallisen liikenne-ennustemallin kuntatasolta tihennettyä ruutujen yhdistelmistä muodostuvaa aluejakoa, jossa on kaikkiaan noin 1000 aluetta. Tarvittaessa aluejakoa voidaan myös tihentää, jos yhdysteitä otetaan nykyistä laajemmin mukaan. Myös kulkutapajako (lentokone, juna, linja-auto, henkilöauto) on riittävä. Ruotsissa on kokeiltu jakoa myös nopeiden ja hitaiden junien välillä, menetelyssä on omat hyvät ja huonot puolensa.

Liityntäyhteyksien kuvaaminen onnistuisi nykyistä tarkemmin, jos aluejakoa tihennettäisiin, nykyoloissa maksimissaan kuitenkin noin 3000 alueeseen, liityntäyhteydet kuvataan joukkoliikennelinjastoina ja ajomatkoina asemille. Selvää näyttöä siitä, että aluejaon tihentäminen yksin ratkaisisi pitkien matkojen suuntautumisen ja kulkutavan mallintamisen ongelman, ei kuitenkaan ole. Aluejaon tihentäminen edelleen merkittävästi kolmesta tuhannesta olisi ajankohtainen vasta, jos alueellisista malleista on mahdollista kuvata joukkoliikenneyhteydet pitkien matkojen terminaaleihin ja tärkeimpiin liityntäpisteisiin, olettaen että liikennesuunnitteluohjelmiston ruuhkattomien sijoittelujen laskenta-aika pysyisi järkevissä mitoissa noin 10 000 alueen mittakaavassa.

Matkaryhmistä on tarpeen erotella nähtävästi ainakin 1) työhön ja omaan asiointiin 2) työasiointiin, 3) vierailuun, 4) matkailuun ja muuhun vapaa-aikaan liittyvät matkat matkojen erilaisen pituuden ja suuntautumisen käsittelemiseksi. Mahdollisesti ryhmittelyssä olisi muiden Pohjoismaiden tapaan hyödyllistä erotella matkat seurueen kokoonpanon ja matkan keston mukaan (päivämatka, viikonloppumatka, pidempikestoinen matka). (Berglund 2019). Segmentointeja käytetään,

koska matkan hinnan ja matka-ajan parametrit vaihtelevat merkittävästi eri segmenteissä. Tämä tarkoittaa, että ihmiset arvostavat erityyppisillä matkoilla (kuten loma/ työhön liittyvä) erilaisia liikenteen palvelutekijöitä. Siten esimerkiksi erityyppisten matkojen hintajoukset ovat erilaisia. Samoin ajan ja hinnan merkitys ja erityisesti maksuhalukkuus vaihtelevat matkustajan ominaisuuksien, kuten tulojen mukaan. Lopullinen matkaryhmittely riippuu otanta-aineiston saatavuudesta ja mallien estimointikokeilujen tuloksista. Malleihin on tarpeen lisätä myös matkatuotosta ja suuntautumista koskevat osiot, jotka puuttuvat nykymalleista kokonaan. Vuoden 2016 pitkien matkojen otanta-aineisto ei todennäköisesti riitä näin moneen segmentointiin.

Muissa Pohjoismaissa pitkien matkojen mallien rakenne on tyypillinen neliporrasmalli, joka kattaa matkatuotoksen, suuntautumisen, kulkutavan valinnan ja matkojen sijoittelun reiteille. Liityntäliikenteen käsittelyn mahdollisuudet riippuvat käytetystä aluejaosta. 1000 – 3000 alueen pitkämatkaisessa mallissa liityntäyhteyksien käsittely jää väistämättä melko yleispiirteiseksi.

Pitkien matkojen malleista olisi välittömästi rakennettavissa tarjontamallit, mutta kysyntämallien laadintaan (matkatuotos, suuntautuminen ja kulkutavan valinta) on käytettävissä välittömästi vain vuoden 2016 henkilöliikennetutkimuksen otanta-aineisto.

Muissa Pohjoismaissa pitkien matkojen liikenne-ennusteet ajetaan yleensä erikseen ainakin loma-ajoille ja loma-aikojen ulkopuoliselle liikenteelle. Pitkien matkojen malleilla saadut liikenne-ennusteet siirretään alueellisten mallien aluejakoon esimerkiksi jakolukujen ja ulkosyöttöjen avulla, jolloin ne näkyvät muun muassa liikenneverkkojen kuormituksena ja ruuhkautumisena.

Pitkien matkojen lähtöaineistot

Nykyisen valtakunnallisen liikenne-ennustemallin suurin haaste on, että pitkien matkojen havaintoaineisto on riittämätön. Ennen kuin estimointien pohjaksi saadaan uutta aineistoa, ei pitkien matkojen kysyntämalleihin voida odottaa merkittävää parannusta. Riittävän aineiston puuttuminen ei kuitenkaan ole ainut haaste. Pitkien matkojen tarjontamallin riittävän tarkassa kuvaamisessa on haasteensa, joita ei muissakaan Pohjoismaissa ole onnistuttu vielä täysin tyydyttävällä tavalla ratkaisemaan.

Nykytilamallintamisessa matka.fi-tyyppinen aineisto koko maan kattaessaan olisi estimointivaiheessa erinomainen aineisto, mutta koska malleja käytetään ennustetilanteessa, tulee myös estimoinneissa käytettävän nykytilan tarjonnan kuvauksen vastata ennustetilanteen tarjontakuvausta, jotta mallit saadaan sovitettua ennustemalleissa käytettävissä olevaan tarkkuustasoon. Sama koskee luonnollisesti tarkkuustasoa, jolla henkilöautoliikenteen verkko ja aluejako voidaan kuvata niin, että mallin laskenta-aika on vielä hallittavissa.

Oleellista pitkien matkojen tutkimukselle on, että matkat pystytään rajaamaan määritelmän täsmällisesti siten, että alueellisissa malleissa tarkasteltavien matkojen ja pitkien matkojen välille ei synny ali- tai ylipeittoa. Siksi matkan pituus voi olla hyvä rajaustapa, vaikka muuten kyseeseen voisi tulla myös matkan ajallista kestoa koskevat määreet. Alueellisten matkojen aineisto koostetaan valtakunnallisesta henkilöliikennetutkimusaineistosta ja seutujen lisäotoksista, jossa matkan pituus²⁴ lienee luontevin tapa rajata matka. Esimerkiksi Ruotsissa raja on tehty siten, että alueellisissa malleissa tarkastellaan alle 100 kilometriä pitkiä matkoja sekä kaikkia työmatkoja. Pitkien matkojen malli kattaa taas yli 100 kilometriä pitkät matkat lukuun ottamatta työmatkoja.

²⁴ Päättävä tuki on, tarkoitetaanko pituudella linnuntie-etäisyyttä, kuljettua (vastaajan itse ilmoittamaa) matkaa vai esimerkiksi tieverkkoa pitkin määräytyvää laskennallista pituutta.

Norjassa raja on asetettu 70-200 kilometriä pitkiin matkoihin ja toinen raja yli 200 kilometriä pitkiin matkoihin, jolloin mallien parametrit on saatu määritettyä tarkemmin erityyppisille matkoille. Tanskassa vastaavaa tiettyyn pituuteen rajautuvaa määrittelyä ei ole, vaan matkat on ryhmitelty keston mukaan (yli ja alle 24 tuntia). Menettelyä voidaan pitää loogisena ja kilometrirajaa paremmin matkan luonteen erottelevana. Tällainen rajausta vaatisi kuitenkin valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa huolellista esisuunnittelua, jotta päivämatojen ja yli vuorokauden mittaisten matkojen tutkimukset saataisiin sovitettua keskenään. Uusimman valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen valmistelu on jo käynnistetty ja tiedonkeruu alkaa vuonna 2021 ja jatkuu vuoteen 2024. Määritelmien muuttaminen ei ole tällä aikataululla mahdollista/järkevää ainakaan vuoden 2021 tutkimuksessa.

Pitkien matkojen lopullinen määrittely ja matkaryhmittely täsmentyvät käytettävissä olevan havaintoaineiston laajuuden ja estimointitulosten pohjalta.

Pitkien matkojen tutkimuksessa tulisi selvittää vastaajan taustatiedot ja matkatiedoista ainakin lähtö- ja määräpaikka, matkan tarkoitus, käytetty pääkulkutapa, matkan kesto, liityntäyhteydet matkan kummassakin päässä, lähtö- ja paluupäivät yöpymisten selvittämiseksi, matkaseurueen kokoonpano, mahdollisten alennuslippujen käyttömahdollisuus, majoitusmuoto, matkakohteen tyyppi. Myös matkan hinta ja matkan maksaja (itse/työnantaja/muu) ovat hyödyllisiä. Seurueen kokoonpanon määritelmän tulisi olla vuoden 2016 henkilöliikennetutkimusta täsmällisempi. Kysymys liittyy matkan hintaan.

Oleellista olisi erotella onko matkalla mukana muuta perhettä, lapsia ja aikuisia, vai onko kyse esimerkiksi matkanjärjestäjän tai urheiluseuran järjestämästä ryhmämatkasta ja mikä osa kustannuksista on tällöin tullut matkustajan tai tämän talouden maksettavaksi. Monesti ryhmämatkoissa majoitus- ja matkakulujen erottaminen toisistaan ei ole kaikissa tilanteissa mahdollista. Taustatiedoissa oleellisia tietoja ovat ainakin ikä, sukupuoli, perheko, pääasiallinen toiminta, henkilöauton määrä taloudessa, henkilöauton hallinta, työsuhteauton hallinta ja tulotaso (tuloilla on suuri merkitys pitkien matkojen matkatuotokseen ja ylimpien tuloluokkien hintajousto vaatii oman käsittelynsä kulkutapamalleissa) ja työpaikan toimiala. Ruotsissa on havaittu, että juuri kaikkein ylimmän tuloluokan matkat ovat lähes täysin hinnasta riippumattomia. Siten pitkien matkojen tutkimuksessa tuloluokkien riittävä määrä on tarpeen.

Vuoden 2016 tutkimuksessa luokitus lienee ollut kotitalouden tulojen osalta riittävä pitkiä matkoja ajatellen, vaikka asiaa ei ole testattu. Päivittäistä liikkumista ajatellen luokittelutarve on toki toinen. Vuoden 2016 tutkimuksessa henkilökohtaisia tuloja ei ollut kysytty. Kotitalouden tulot sopivat esimerkiksi autonomistuksen mallintamiseen, mutta henkilön omat tulot selittävät paremmin henkilön omaa liikkumista. Talouden tulotietoja tarvitaan mallissa, jotta talouden vaikutuksia voidaan heijastaa ihmisten liikkumiseen. Ruotsissa on havaittu, että tulojen yhteys esimerkiksi matkatuotokseen, kulkutavan valintaan ja autonomistukseen ei noudata enää samanlaisia logiikoita kuin aiemmin poikkileikkaustyyppisistä liikkumistutkimuksista on voitu päätellä. Esimerkiksi päivittäisten matkojen määrän kasvusta ei ole todisteita, vaikka tulotaso Ruotsissa onkin kasvanut. Tilanne voi toki olla toinen pitkien kotimaan ja ulkomaan matkojen suhteen. Myös henkilöauton omistuksessa on nähtävästi lähestytty vähitellen jonkinasteista kyllästymispistettä, jota havaintoaineisto ja mallit eivät ole onnistuneet täysin kuvaamaan. Vaikka tulojen yhteys autonomistukseen tai liikkumiseen aikasarjana ei ole selvä, on tietojen kysyminen tärkeää, jotta ilmiöitä voidaan ylipäänsä tutkia.

Koska pitkien matkojen luonne vaihtelee merkittävästi eri viikonpäivinä ja vuodenaikoina, tulisi aineiston olla ympärivuotinen ja kattaa kaikki viikonpäivät. Tällä tavalla liikennemallissa saadaan suhteutettua eri vuodenaikojen ja lomakausien vaihtelut.

Pitkillä matkoilla kulkutavan valintamallien estimoinnissa haasteeksi saattaa tulla matka-ajan ja matkakustannusten keskinäinen korrelaatio. Syynä voi olla, että valitut muuttujat korreloivat todellisuudessaakin vahvasti. Ruotsissa pitkien matkojen perusmallissa mainittujen muuttujien parametrit on kuitenkin onnistuttu estimoimaan toteutuneiden matkojen pohjalta. Siellä aineisto on ollut sen verran laaja, että matkoja on voitu segmentoida matkaryhmien lisäksi seurueen koon, tulojen ja yöpymisten määrän ja jopa työpaikan luonteen suhteen. Segmentointi on voinut helpottaa estimointia. Matka-ajan ja hinnan kertoimien estimoinnin vaikeus voi myös liittyä matkojen vastustietojen ylimalkaisuuteen. Mitä tarkemmin liikenneverkot ja linjastot on kuvattu ja mitä tarkempi aluejako on käytössä, sitä todennäköisemmin mallien kertoimet ovat estimoitavissa. Myös palvelutasoa kuvaavien tekijöiden saaminen mukaan malliin voi olla haasteellista, jos liikenneverkko- ja linjastokuvaus on jäänyt ylimalkaiseksi. Mikäli otanta-aineiston kokoaminen osoittautuu haasteelliseksi, voidaan avuksi ottaa matkatutkimukset, joilla aineistoa rikastetaan suppeaksi jäävien kulkutapojen osalta. Toisinaan matkatutkimuksiin on liitetty myös Stated Choice²⁵ -tutkimus ajan arvojen määrittämiseksi.

Liityntämatkat pitkillä matkoilla

Henkilöliikenteen mallien käyttötärpeista keskusteltaessa esille nousi vaatimus, että pitkien matkojen liityntäyhteydet on pystyttävä kuvaamaan ennustemalleissa. Tämä vaatimus edellyttäisi, että liikenneverkko- ja linjastokuvausta tarkennettaisiin selvästi nykyisestä. Tarjontamallin tarkentaminen edellyttää toki riittävää resurssointia. Lisäksi mallitekniikan kysymyksenä on ratkaistava, kuvataanko liityntäyhteydet osana painotettua kokonaismatka-aikaa vai laaditaanko pitkien matkojen liityntäyhteyksille oma mallinsa, jolloin liityntämatkan kulkutapavalinta muodostaa oman hierarkiatason malliin. Yksinkertainen esimerkki viimeksi mainitusta löytyy muun muassa artikkelista ”Intercity Travel Demand Analysis Model” (Ming Lu et al. 2014). Pitkien matkojen otantatutkimuksessa kannattaneen ottaa huomioon kumpikin vaihtoehto, jotta mallintamisen mahdollisuuksia ei rajata pois aiheettomasti.

Rajan ylittävät matkat ja ulkomaalaisten matkat Suomeen

Rajan ylittävän henkilöliikenteen malleista ei noussut yleisempää keskustelua liikennemallien käyttötarkoituksia selvittäessä. Seuraavassa on esitetty muutamia mahdollisuuksia saada tukea muista tutkimuksista:

TRANS-TOOLS (Berglund, S. 2016). Euroopan komissio on rahoittanut pitkään yhdistettyä henkilö- ja tavaraliikennemalliprojektia TRANS-TOOLS, jonka lähtökohtana on aiemmin tehtyjä EU-projekteja, kuten SCENES²⁶, ASTRA²⁷ ja ETIS²⁸. Komission 7. kehysohjelmassa valmistui versio 3, jonka perustietoja on lueteltu tarkemmin myöhemmin kuvassa 21 kappaleessa 3.2.4. Tekijäryhmä on selkeän pohjoismainen (Tanska/Ruotsi/Norja) ja lopputulos muistuttaa Tanskan ja /Ruotsin mallista skaalattua ja modifioitua laajennusta suurelle alueelle, jossa täytyy käyttää pääasiassa jo olemassa olevia tilastoituja lähtötietoja. Sen henkilöliikennemalli kattaa koko EU-28 alueen NUTS3 eli maakuntatarkkuudella.

Mallijärjestelmä on tarkoitettu skenaariotarkasteluihin, kuten ilmasto-, päästö- ja kulkutapatarkeastelut.

Lyhyiden matkojen malli sisältää karkeasti yhden päivän matkat ja pitkien matkojen malli useamman päivän matkat. Sisäkkäinen logit-malli rakentuu generoidun liikennemäärän määränpään valinnasta ja pääkulkumuodoille jakamisesta. ”Non-

²⁵ Menetelmää on kuvattu tarkemmin Liikenneviraston julkaisussa ”Esiselvitys henkilömatkojen aikasäästöarvojen tutkimuksesta” (Pastinen et al. 2017).

²⁶ SCENES Modelling and methodology for analysing the interrelationship between external developments and European transport

²⁷ ASTRA Assessment of Transport Strategies

²⁸ ETIS-BASE, ETIS-LINK, ETIS-AGENT EU:n dataprojekteja

trip-makers” eli nollamatkalaiset otetaan erikseen huomioon. Matkaryhminä ovat mukana työasiamatkat, yksityismatkat ja työmatkat.

Saavutettavuus (LoS) saatiin kuvaamalla datatasolla etäisyydet, ajoaika henkilöautolla vapaissa liikenneolosuhteissa, ajoaika henkilöautolla vapaissa liikenneolosuhteissa, matkustajalauttojen ajoaika, matkustajalauttojen odotusaika, kustannukset tullissa, polttoainekustannus ja kulutettava aika rajoilla. Junamatkoille käytettiin lisäksi muitakin joukkoliikenteelle ominaisia kustannustekijöitä.

Sosio-ekonomisia taustamuuttujia ovat esimerkiksi alueen väestö, työllisyys, tulot (GDP per capita) ja autonomistus. Lyhyiden matkojen mallinnus on niukka, mutta sen uskotaan riittävän karkean ennusteen tekemiseen. Ajan arvo kullekin alueelle perustuu tutkimukseen Value of Time meta study for Europe, (Wardman et al. 2013).

Tuloksena saadaan kysynnän mallinnus matkaryhmille ja eri kulkumuodoille. Skenaarioissa voidaan käyttää alueellisina muuttujina lyhyillä matkoilla muun muassa; alueiden kulkutapariippuvaisia sisäisiin matkoihin vaikuttavia sisäisiä säteitä; yleistettyyn matka-aikaan vaikuttavia komponentteja henkilöautolle ja raideliikenteelle; erityisiä etäisyystekijöitä kuten matkanpituus sellaisille kulkumuodoille, joilla ei ehkä ole selkeää palvelutasomäärittelyä (LoS); indikaattorimuuttujia kohdealueen sijainnista valtionrajan takana; kohdealuemuuttujia; lähtöalueen sosioekonomisia muuttujia.

Pitkien matkojen malli on estimoitu koko Euroopan kattaneella DATELINE tutkimuksen aineistoilla vuodelta 2001. Kulkumuotoja on neljä: lentoliikenne, henkilöauto, linja-autot ja raideliikenne. Matkaryhmiä ovat yksityismatkat ja työ- ja työasiamatkat. Kaikista kiertomatkoista (journeys) aineistossa oli 55 prosenttia lomamatkoja ja vapaa-ajanmatkoja, 35 prosenttia muita yksityismatkoja ja 10 prosenttia työ- ja työasiamatkoja.

Palvelutasomuuttujat olivat melkein samanlaiset kuin lyhyilläkin matkoilla. Pitkille matkoille käytettiin toisinaan Ison-Britannian ja Ruotsin hyvien kokemusten perusteella yleistettynä matkavastuksena hybridimallia, joka sisälsi sekä logaritmisia että lineaarisia termejä.

Tuloksena saadaan kysyntämalliparametrit ja joustoparametrit eri matkaryhmille segmentoituna erilaisille yöpymisten määriille kulkutavoittain.

Kokonaismalliin sisältyvät myös maakunnan kokoisten alueiden sisäiset matkat, joiden avulla syntyy siis kuva muun muassa valtioiden ja koko Euroopan Unionin kokonaissuoritteista, kun myös ulkorajaliikennettä on kuvattu päävirtoja myöten.

Mallit on toteutettu ohjauspistemalleina (Pivot-point procedure) eli ennuste tukeutuu perusvuoteen ja joustoihin (inkrementaalimalli). Ennustetaan siis ennemminkin suhteellista muutosta mallinnetusta liikenteen perustilanteesta vertailuvaihtoehtoon nähden, kuten esimerkiksi hyöty-kustannusanalyysin vaikutusarviota tehtäessä on totuttu menettelemään. Ongelmia voi syntyä tilanteissa, joissa maankäyttö muuttuu merkittävästi tai puuttuu aluksi kokonaan. Näin karkealla aluejalla tämä ei ole kuitenkaan yleistä.

Skenaarioparannuksia voidaan tehdä lyhyisiin matkoihin hyvin rajoitetusti ja malli-alueiden sisällä lähinnä vain raideliikenteelle ja henkilöautoille. Toisaalta taas bussimatkoista on ollut käytettävissä pitkillä matkoilla hyvin vähän aineistoa. Samoista syistä mallialueiden sisäisen liikenteen ruuhkautumista ei voida mallintaa. Mallien uskotaan toimivan infranstruktuuriparannuksilla huolellisesti käytettynä hyvin esimerkiksi Euroopan Unionin sisärajoja ylittävillä suurnopeusradoilla.

TRIMODE (AET and contributors 2017). Mallissa aluejako on paikoin NUTS3-tasoa tarkempi. Malli kattaa Euroopan Unionin ja naapurimaat. Malli on tarkoitettu Euroopan laajuisten päävirtojen tarkasteluun ja pullonkaulojen arviointiin Euroopan tasolla. Lisäksi sillä voidaan tarkastella energiaverotusta, ajoneuvoverotusta, käyttäjämaksuja ja ulkoisvaikutusten siirtämistä liikenteen sisäisiksi kustannuksiksi (vertaa ruuhkamaksut). Malli on siinä mielessä kiinnostava, että se kytkee toisiinsa henkilö- ja tavaraliikenteen mallit, taloudellisen vuorovaikutuksen mallit (kansallinen ja alueellinen ulottuvuus) ja energiamallin. Se kattaa pääpiirteittään samat elementit, jotka ovat oleellisia myös valtakunnallisissa liikenne-ennustemalleissa: liikenteen kysynnän ja tarjonnan tasapainomallista johdetaan lähtötiedot ajoneuvokannan malliin ja energiamalliin, jolloin saadaan muun muassa päästöarviot.

Liikennejärjestelmän saavutettavuusmuutokset heijastuvat edelleen alueiden houkuttelevuuteen, joka puolestaan syötetään taloudellisen toiminnan malliin, kuten myös liikennepalvelujen yksikkökustannukset, energialajien kulutus, liikennehankkeiden kustannukset, ajoneuvokanta ja liikennesuoritteet kulkutavoittain ja kuljetustavoittain. Näitä tietoja hyödyntäen malli laskee BKT-vaikutukset, tulovaikutukset, työllisyyden, tuotannon sektoreittain bilateraalisen kaupan sekä koko maan tasolla että alueittain. Kyse on vuositasolla iteroituvasta suljetun kierron mallista. Henkilöliikenteen mallissa suuntautuminen on mallinnettu painovoimamallina ja kulkutavan valinta logit-tyyppisenä.

Malliin sisältyy kulkutapakohtaiset reitinvalintamallit. Joukkoliikenteen sijoittelussa käytetään aikataulusijoittelua, koska sen on ajateltu kuvaavan paremmin pitkämatkaisen liikenteen todellisia vaihtoaikoja terminaalissa. Toisaalta aikataulupohjaisessa tarkastelussa on ongelmansa ennustetilanteessa. Pitkämatkaisen liikenteen vuorovälit ovat harvoja, mikä tekee vuorovälitulkinnasta ongelmallisen. Mutta tarkkuustaso on siinä määrin yleinen, että todellisia linjasto- ja aikataulu-muutoksia malliin ei ole voitu kuvata muutenkaan. Hankekohtaiset tarkastelut edellyttävät yleensä NUTS3-tasoa tarkempaa lähestymistä.

Tilastokeskuksen rajahaastattelututkimus on lakkautettu vuonna 2014, joten rajan ylittävistä matkoista ei ole saatavilla tietoja. Tilastokeskus on kuitenkin tutkinut mahdollisuutta selvittää osaa matkailututkimuksen ja rajahaastattelututkimuksen tiedoista matkapuhelinverkkoaineistoista. Näiden etuna on, että maahan saapuneiden ja maasta lähtevien suomalaisten ja ulkomaalaisten määristä ja matkan kestosta saadaan otanta-aineistoa enemmän tietoa, vaikka esimerkiksi matkojen syitä ei samalla tavalla tiedustellakaan.

Operaattoreiden aineistot kertovat myös matkailututkimuksen kannalta oleellisista yöpymisistä. Rajanylittävän liikenteen mallien toteutustapaa, kustannuksia ja rakennetta ei tässä yhteydessä ole pohdittu tarkemmin. Rajanylittävien matkojen mallissa suomalaisten matkojen suuntautuminen Venäjälle, Norjaan, Ruotsiin, Viroon, muualle Eurooppaan tai Euroopan ulkopuolelle noudattaa jossain määrin eri logiikoita puhumattakaan ulkomaalaisten matkoista Suomeen. Myös matkojen syyt ja kulkutapavaihtoehdot poikkeavat oleellisesti suunnittain, mikä tuo omat haasteensa rajan ylittävien matkojen mallintamiseen.

Aluejako

Sekä alueellisten että pitkien matkojen mallin lähtötietoina tarvitaan johonkin aluejakoon perustuvia lähtötietoja, joita tilastoviranomaiset ylläpitävät. Suomessa yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän aineisto tarjoaa suhteellisen monipuolisen lähtöaineiston väestö- ja maankäyttötiedoille. Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän aluejakona ovat tiheimmillään 250x250 metrin ruudut, jotka ovat yhdisteltävissä suuremmiksi alueiksi.

Henkilöliikenteen mallien yksi mahdollinen aluejako olisikin kuntakohtaisiin ruutujen yhdistelmiin perustuva aluejako, mikä on käytössä nykyisinkin. Yhdyskuntara-

kenteen seurantajärjestelmän aineiston käytön edellytyksenä on, että tiedot saadaan mallin käyttöön niin että aineistosta ei ole poistettu tietoja harvaan asutuilta alueilta. Toinen harkittava vaihtoehto on postinumeroaluejako ja tästä muodostetut yhdistelmät. Postinumeroalueet ovat yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän aineistoa laajemmat. Pitäytyminen valitussa aluejaossa vähentää mallin ylläpitokustannuksia (Berglund 2019). Aluejaon tulee olla sellainen, että tavaraliikenteen matriisit ovat saatettavissa henkilöliikenteen kanssa samaan aluejakoon.

Käyttökoulutus, dokumentointi ja käyttöohjeet

Liikennemallien käyttö edellyttää väistämättä koulutusta. Muissa maissa koulutus nähdään kiinteänä osana liikennemallien ylläpitotyötä. Myös Suomessa Helsingin seudun liikenne kouluttaa alan asiantuntijoita liikennemallien käyttöön. Koulutuksen lisäksi huolellinen dokumentaatio ja mallin käyttöohjeet ovat välttämättömiä.

Käyttöliittymä ja tulostukset

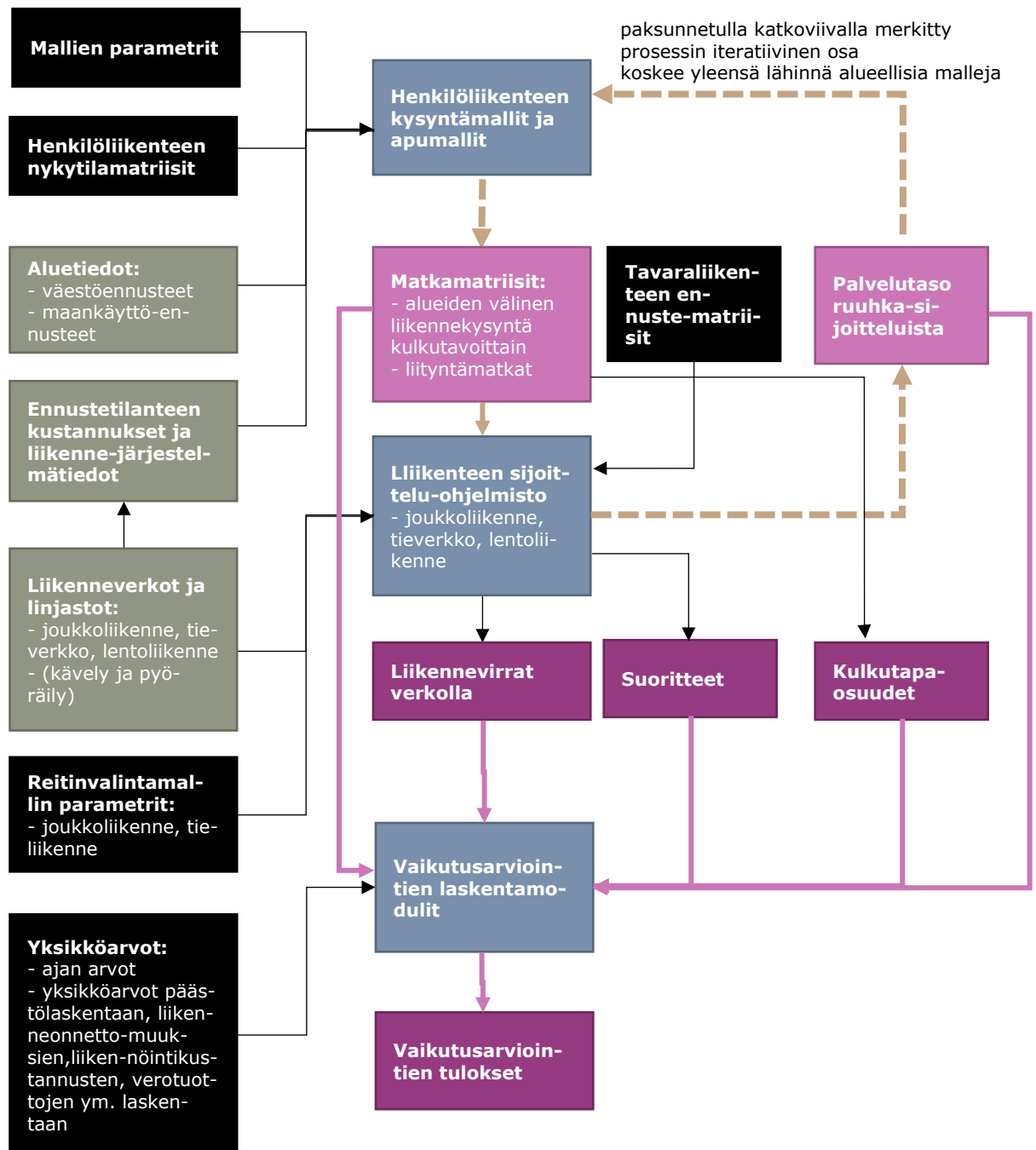
Liikennemallien käyttöliittymään kohdistuvat odotukset ovat kahtiajakoisia. Yleensä asiantuntijat, jotka eivät itse käytä liikennemalleja, toivovat helppokäyttöistä ja visuaalisesti helposti lähestyttävää käyttöliittymää ja mallien läpinäkyvyyttä. Sen sijaan liikennemallien parissa työkseen toimiville riittää varsin yksinkertainen lähes komentorivimäinen käyttöliittymä, josta selkeästi näkee malliajon käynnistymisen ja valmistumisen sekä mahdollisesti kohdan ja syyn, miksi ajo on katkennut. Tämä käyttäjäryhmä osaa yleensä itse viedä mallin tulokset kulloistakin tarvetta vastaavaan tilastograafiseen tai paikkatietoympäristöön. Yhteistä kaikille asiantuntijoille on kuitenkin, että mallien laskemat tulostusrutiinit olisivat monipuoliset. Malliammatillaiset toivovat lisäksi mahdollisuutta muokata tulostusrutiineja itselleen sopiviksi, sillä tarpeet yleensä kehittyvät ja muuttuvat ajan myötä.

Kysyntämallit, tulostukset ja vaikutusarviointeihin liittyvät laskelmat tarvitsevat jonkin ohjelmointikielen, joilla liikenteen kysyntä ja tulokset lasketaan. Ohjelmointikielen tulisi olla yleisesti tunnettu. Jos ohjelmointikieleksi valitaan liikennesuunnitteluohjelmistosta riippumaton kieli, voidaan liikennesuunnitteluohjelmistoa vaihtaa ja kysyntämallien koodi on edelleen käyttökelpoinen. Avoimen lähdekoodin periaate takaa sen, että julkisin varoin maksettu ohjelmointityö on jatkossa myös muiden tarvitsijoiden käytössä.

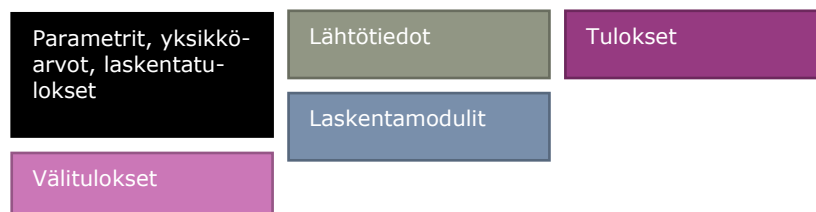
Ohjelmointikielen valinnassa tulisi ottaa huomioon tunnettuus liikenteen mallintajien parissa, laskentatehokkuus ja oletettavissa oleva käyttöikä. Yhden ohjelmointikielen käyttöä voidaan toivoa mielellään vähintään 10 – 20 vuotta, mutta teknologinen kehitys johtanee vääjäämättä siihen, ettei ikuista ohjelmointikieltä olekaan. Helsingin seudun liikenne on kehittäillään olevissa liikennemalleissaan valinnut ohjelmointikieleksi Pythonin, jota suhteellisen moni liikennealan mallintaja hallitsee. Koodi on vapaasti käytettävissä ja osa koodista voisi olla hyödynnettävissä myös osana valtakunnallista liikenne-ennustejärjestelmää.

Liikennemallien käyttöä ja ylläpitoa helpottaa avoin tietokantarakenne, joka ei ole kiinteästi sidoksissa johonkin tiettyyn ohjelmistoon. Ennustemallien, tulostusten ja vaikutusarviointien laskentamoduulit kannattaa rakentaa mahdollisimman modulaarisiksi, jotta tarvittaessa yksittäisiä osia voidaan korvata uusilla puuttumatta koko koodiin (Berglund 2019). Tässä voidaan myös hyödyntää liikennesuunnitteluohjelmistojen työkaluja.

Valtakunnallisen henkilöliikenteen ennustejärjestelmän lähtötietoja, laskentamoduuleja ja liityntäpintoja voidaan yleispiirteisesti kuvata seuraavan kaavion mukaisella rakenteella.



Selitteet:



Kuva 16. Henkilöliikenteen kysyntäennusteiden ja vaikutusarviointien laskentaprosessi.

Kaavio kuvaa pääpiirteittäin, miten lähtötiedoista, erilaisista yksikköarvoista ja matemaattisista malleista kootaan ensin henkilöliikenteen kysyntämallin laskenta-moduulissa lähtö- ja määräpaikkojen väliset matkamatriisit kulkutavoittain. Las-kentaprosessi on yleensä alueellisissa malleissa iteratiivinen, jotta ruuhkavaiku-

tukset saadaan otettua huomioon. Alueellisissa malleissa reittisijoittelun lähtötietoina käytetään sekä tavaraliikenteen ajoneuvomatriiseja että pitkämatkaisen liikenteen matriiseja. Riittävän monen iteraatiokierroksen jälkeen lopulliset matkamatriisit viedään liikenteen sijoitteluohjelmistoon viimeistä sijoittelua varten ja laskenta tuottaa liikennevirrat, matka- ja ajoneuvosuoritteet sekä kulkutapaosuudet. Pitkämatkaisessa liikenteessä iterointia ei käytetä.

Kysyntä- ja sijoittelumallin tulokset sekä laskelmissa tarvittavat yksikköarvot ovat vietävissä erillisiin vaikutusarviointien laskentatyökaluihin, jotka voivat olla osa mallijärjestelmän tulosten käsittelyä tai ulkoisia laskentajärjestelmiä kuten esimerkiksi LIPASTO. Esimerkiksi Helsingin seudun liikennemalleissa on valmiit laskentaproseduurit saavutettavuusanalyysien ja Yhtäli-laskelman laskentaerien tuottamiseen. Vastaavan kaltaiset toiminnot tai rajapintamäärittelyt ovat hyödyllisiä myös valtakunnallisessa ennustemallissa. Vaikutusarviointimoduulien tarkempi suunnittelu on osa jatkotyötä ja niiden tulosten tulisi heijastella mallin käyttötarkoituksia palvelevia toimintoja, kuten valtakunnallista liikennejärjestelmäsuunnittelua palvelevien tunnuslukujen tuottamista.

2.5 Toteuttamisvaihtoehdot henkilöliikenteen mallijärjestelmäksi

Tässä luvussa on kuvattu henkilöliikenteen nykyiseen ennustejärjestelmään liittyviä toimenpiteitä, jotka on mahdollista toteuttaa ennen vuotta 2023 käynnistyvää liikennejärjestelmäsuunnittelua ja jotka tukevat ennusteiden laadintaprosesseja. Luvussa 2.5.2 on tarkasteltu henkilöliikenteen liikenne-ennustemallien kehittämistä pidemmällä aikajänteellä. Jälkimmäisen luvun suunnitelmassa on kiinnitetty huomiota mallien käytettävyyteen, verkollisten ennusteiden laadun tarkentamiseen ja mallien ylläpidettävyyteen. Toimenpiteiden aikajänne ulottuu kuitenkin väistämättä niin pitkälle ajalle, ettei uusi mallijärjestelmä ehdi palvella seuraavaa liikennejärjestelmäsuunnitelmaa. Yleinen käytäntö sekä muissa Pohjoismaissa että esimerkiksi Helsingin seudulla onkin, että vanhaa mallijärjestelmää ylläpidetään niin kauan kunnes uusi tai päivitetty järjestelmä on saatu pystytettyä ja testattua.

2.5.1 Nykyisen valtakunnallisen liikenne-ennustemallin pienet parannustoimet

Nykyisten liikenne-ennustemallien tulee olla käytettävissä, kun valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnittelu käynnistyy vuonna 2023. Tähän liittyen jo nyt voidaan valmistella, tarkentaa ja muodostaa lähtötietoja (kuten liikenneverkko-vauksia, hintatietoja, maankäyttötietoja jne.). Voidaan laatia tarvittavia tulostusproseduureja vaikutusarviointeja varten, tehdä alustavia testejä ja tarkentaa mallien käyttötapaa sekä varmistaa, että ennusteiden laadinnan tekniset prosessit ovat mahdollisimman sujuvia.

Vuoden 2023 liikennejärjestelmäsuunnitelmassa käyttävän mallijärjestelmän ylläpito

Nykyisen henkilöliikenteen liikenne-ennustejärjestelmän ylläpitoa ei kannattane siirtää viranomaiselle, jos ei ole selvää, että mallijärjestelmää tultaisiin käyttämään yksilömallin osalta myös pitkällä aikavälillä. Kulkutapamallin Emme-makrot ovat saatavilla, joten näitä on helppo päivittää tarvittaessa. Mallijärjestelmään liittyvän dokumentaation läpikäynti voi olla hyödyllistä mallien jatkokehittämisen kannalta. Lähiaikojen välttämättömiin ylläpidon tehtäviin liittyvät mallin toiminnallisuuksien varmistaminen (käyttötестit) ja lähtöaineistojen muodostaminen liikennejärjestelmäsuunnittelua ennakoivasti. Parannustoimet kannattaa toteuttaa siten, että syntyvät aineistot ja menetelmät sekä näihin liittyvät kehittämistarpeet on riittävästi dokumentoitu ja viranomaisen käytettävissä jatkossa.

Käynnissä olevat päivitykset

Valtakunnallisen liikkumisvalintojen yksilömallin parametrit on jo päivitetty vuoden 2016 aineistoon. Samoin valtakunnallinen kulkutapamalli on päivitetty tähän aineistoon. Samassa yhteydessä on tehty pieniä parannuksia Emme-muotoiseen tarjontamalliin ja bussi- ja junaliikenteen hintatietoja on tarkennettu. Siten itse malli on teknisesti käyttövalmis seuraavaa liikennejärjestelmäsuunnittelua ajatellen. Vuosien 2021 - 2022 aikana voidaan keskittyä lähtöaineistojen hankintaan ja niiden sovittamiseen sellaiseen muotoon, että mallit tuottavat mahdollisimman järkeviä tuloksia.

Aikataulun salliessa yksilöllistä liikkumisvalintojen mallia on mahdollista päivittää vuoden 2023 keväällä vielä uusimmalla henkilöliikennetutkimusaineistolla, mutta toimenpiteeseen liittyy riski: päivityksen vaikutuksia mallin toimivuuteen tuskin ehditään testaamaan kunnolla, kun liikennejärjestelmäsuunnittelun pitäisi jo käynnistyä. Pitkien matkojen kulkutapamallille vastaavaa päivitystä ei edes voida tehdä, sillä vuoden 2021 aineistosta ei tule uutta pitkien matkojen aineistoa.

Kehittämisideoita

Seuraavassa on esitetty joitakin kehittämistoimia, joilla mallin toimivuutta voi olla mahdollista parantaa nykyisestä. Kyse on pikaparannustoimista, joilla yritetään tukea nykyisen ennustejärjestelmän käytettävyyttä. Koska mallijärjestelmä on jo teknisesti olemassa, ei toimenpiteitä voida pitää täysin välttämättöminä. Esityistä toimenpiteistä voidaan toteuttaa myös rajattu joukko. Osa tehtävistä tukee kuitenkin mallien kehittämiseen liittyvää tietopohjan laajentamista. Osittain kyse on siis menetelmäkehityksestä, jonka tuloksellisuudesta ei voida olla varmoja. Toisaalta muissa Pohjoismaissa liikennemallien kehittäminen on pitkän aikavälin prosessi, jossa erilaisia menetelmiä on ensin testattu ennen kuin niitä on viety tuotantokäyttöön tarkoitettuun mallijärjestelmään. Kyse on oppimisprosessista, joka liittyy oleellisenä osana mallintamistyöhön.

Toimenpide: Tekninen matriisisovitus tukiasemien paikannusaineistolla 10 000 – 40 000 € (ei sisällä arviota lähtöaineistojen hankinnasta)

Kehittämistarve, johon haetaan ratkaisua:

Yksilömallien tuottamaa tietoa nykytilan matkojen suuntautumisesta on tarpeen tarkentaa

Ennakoarvio:

Tukiasemien paikannusaineisto antaa todennäköisesti paremman kokonaiskuvan lähtö-määräpaikkavirroista kuin mikään muu aineisto. Siten aineisto voi hyödyttää suoraan nykyistä ennustemenettelyä, jossa matkat osa-alueiden välillä joudutaan päättelemään vain yksilömallin avulla. Kulkutavan ja etenkin lyhyiden matkojen päättelyssä on aukkoja.

Matkaryhmissä voidaan tarkastella tietyin edellytyksin yöpymisiä, mutta muuten matkaryhmien päättely ei noudata liikennemalleissa käytettyjä matkan määritelmiä. Yöpymisiin liittyvä tarkastelu ei juuri hyödytä nykyisiä ennustemalleja, sillä niissä matkoja ei tarkastella yöpymisten mukaan. Menetelmällä saadaan kuitenkin tuntumaa, miten tukiasemien paikannusaineistoista (esimerkiksi Telian aineisto) tuotettu matkojen suuntautumisaineisto vastaa yksilömallien antamaan suuntautumistietoon esimerkiksi kuntatasolla tai tätä karkeammalla jaotuksella.

Osa seuduista on hankkinut aineistoa käyttöönsä. Menetelmällä voidaan korjata yksilömallin antamia suuntautumisen kokonaismääriä. Matkaryhmittäiset ja kattavat kulkutavoittaiset korjaukset edellyttäisivät vähintäänkin menetelmäkehitystä,

sillä kummankaan päättely ei ole aukotonta tukiasemien paikannusmenetelmillä tuotetuissa aineistoissa.

Toimenpide palvelee myös myöhempää kehitystyötä, jossa aineisto toimii vähintään liikennemallien validointiaineistona ja mahdollisesti myös suuntautumismallien kalibrointiaineistona.

Toimenpide: Useampaan lähtöaineistoon perustuva matriisisovitus tukiasemien paikannusaineistolla 20 000 – 100 000 € (ei sisällä arviota lähtöaineistojen hankinnasta)

Kehittämistarve, johon haetaan ratkaisua:

Yksilömallien tuottamaa tietoa nykytilan matkojen suuntautumisesta on tarpeen tarkentaa. Tarve liittyy lähitulevaisuudessa matkaryhmittäisen ja kulkutapakoh- taisten matkojen suuntautumisen arviointiin.

Nykyisen yksilöllisen valintamallin matkaryhmäkohtaisten matkamatriisien sovitta- minen operaattorin/operaattorien tukiasemien paikannusdataan nykytilanteessa yhdessä muiden tietolähteiden kanssa.

Henkilöliikennetutkimusaineistosta hyödynnetään maakuntatason suuntautumis- tietoja, tarkempaa suuntautumista maankäyttövyöhykkeittäin, matkaryhmien pi- tuusjakaumia ja osuusjakaumia. Testataan heuristiikkoja, mallityyppejä (esimer- kiksi painovoimamalli) ja/tai tekoälyä, joilla tukiasemien paikannusten osittaisista häiriöistä ja kulkutapajaottelultaan puutteellista aineistoa voidaan jalostaa kulku- tapakohtaisten ja/tai matkatyypikohtaisten matriisien tuottamiseksi useita lähtö- aineistoja hyödyntäen.

Täydentävinä aineistoina voidaan testata esimerkiksi Emme-liikennejärjestelmä- tietoja, maankäyttötietoja, henkilöliikennetutkimuksen matkaryhmien ja kulkuta- pojen pituusjakaumia, osuusjakaumia, matkatuotoksia, liikennelaskentoja, lipun- myyntitilastoja ja mainittujen tietojen yhdistelmiä. Kyse on eri tietolähteiden yh- teensovittamisesta ja tähän liittyvästä menetelmäkokeilusta. Työtä voi edeltää kir- jallisuusselvitys, jossa tavoitteena on selvittää, miten muualla vastaavaa ongel- maa on lähestytty ja löytyykö ylipäänsä sopivaa lähestymistapaa. Hanke kannat- tanee jakaa osiin (kirjallisuusselvitys, menetelmäkuvaus, toteutus)

Ennakoarvio:

Tehtävä on T&K-tyyppinen kokeilu, johon liittyy huomattava hyöty onnistuessaan. Toisaalta on varsin todennäköistä, että yksi tutkimushanke ei ratkaise ongelmaa kattavasti. Menetelmäkehityksellä pyritään ensisijaisesti nykyisten liikennevirtojen kuvaamiseen. Se ei itsessään ratkaise, miten liikenteen suuntautuminen tulisi mallintaa ennustetilanteessa.

Toimenpide: Pitkien matkojen kulkutapa- ja suuntautumis-mallin raken- taminen (hierarkkinen logit-malli) 40 000 – 80 000 €

Kehittämistarve, johon haetaan ratkaisua:

Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli sisältää vain kulkutapamallin. Kulkutapa- mallien parametrien estimoinnissa on ollut haasteita. Tarvitaan lisää kokemuksia tiedonkeruun ja tietoaineistojen puutteiden tunnistamiseen.

Pitkien matkojen mallia voidaan myös kokeiluluonteisesti yrittää estimoida toi- siinsa kytkeytyvät kulkutapa- ja suuntautumismallit. Näin mallia laajennettaisiin kattamaan kulkutavan lisäksi matkatuotos ja matkojen suuntautuminen. Mallira- kenne vastaisi silloin pitkien matkojen osalta muiden Pohjoismaiden pitkien ma- kkojen kysyntämallia. Esimerkiksi Ruotsissa kulkutapa- ja suuntautumismalleissa on käytetty suurkaupunkivakioita, joilla on sovitettu kysyntämallit vastaamaan

havaittua käyttäytymistä. Malleissa on lisäksi otettu huomioon yöpymiset ja liikku-
jan taustatiedoista muun muassa tulotaso. Kulikutapa- ja suuntautumismallin ke-
vyemmässä rakentamisessa on kaksi vaihtoehtoa:

1. laaditaan uudet strukturoidut suuntautumis- ja kulikutapamallit
2. sovitetaan Sampersin pitkämatkainen malli Suomeen

Molemmat vaihtoehdot edellyttäisivät sekä havaintoaineiston sisällön että
otoskoon laajentamista vuoden 2016 pitkämatkaiseen henkilöliikennetutkimusai-
neistoon verrattuna.

Ennakkoarvio:

Estimoinnit perustuvat vuoden 2016 aineistoon. Pitkien matkojen aineistossa on
noin 5000 toisistaan poikkeavaa matkaa ja paluumatkoja tai muuten toistuvia
matkoja vajaa 6000. Jälkimmäisten informaatioarvo jää kulikutapa- ja suuntautu-
mismallien estimointia ajatellen heikoksi. Määrä on arveluttavan vähäinen sekä
kulikutavan valinnan että suuntautumisen mallintamiseen. Haasteita voivat aiheut-
taa myös tarjontamallin kuvauksen epätarkkuus. Kokeilu palvelisi kuitenkin myös
myöhempää pitkien matkojen mallin kehittämistyötä. Soveltuvista muuttujista ja
segmentoinneista saadaan alkutuntumaa. Lisäksi kokeilusta saadaan tietoa siitä,
miten pitkien matkojen liikkumistutkimus kannattaa toteuttaa ja tulevat mallit ra-
kentaa.

Mallien laatimisen kannalta olisi hyvä täydentää vuoden 2016 HLT-aineistoa v.
2010 HLT-tutkimusaineistolla pitkien matkojen osalta. Mahdollisuuksien rajoissa
voitaisiin tehdä erillinen matkatutkimus, joka kohdentuisi pitkiin matkoihin. Koo-
tun aineiston perusteella voitaisiin kokeilla uusien mallien estimoimista. Mallit teh-
täisiin erikseen pitkille ja lyhyille matkoille.

Lyhyiden matkojen kulikutapamallilla on kaksi vaihtoehtoa: nykyisen yksilömallin
mukainen menettely, jossa nykyisen yksilömallin avulla tuotetaan lyhyiden matko-
jen kulikutapakohtaiset matriisit. Toinen vaihtoehto on estimoida hierarkkiset
suuntautumis- ja kulikutapamallit perustuen laajennettuun havaintoaineistoon.

Pitkien matkojen mallissa on samoin kaksi vaihtoehtoa: estimoida hierarkkiset
suuntautumis- ja kulikutapamallit perustuen laajennettuun havaintoaineistoon.
Toinen vaihtoehto olisi sovittaa Sampersin pitkien matkojen suuntautumis- ja kul-
kutapamallit Suomeen. Jos laadittaisiin vain pitkien matkojen mallit, ne pitää yh-
distää yksilömallin tuottamiin matriiseihin. Käytännössä yksilömallin matriisien pit-
kien matkojen alkiot korvattaisiin pitkien matkojen mallin tuottamilla arvioilla. Pit-
kien matkojen mallin laatimisessa voidaan mahdollisesti hyödyntää Tilastokeskuk-
sen matkailututkimuksen aineistoa.

Jos mallit estimoitaisiin, niin ne pidettäisiin mahdollisimman yksinkertaisina. Kul-
kutapoina olisivat auto, bussi/juna ja lentokone. Matkaryhmiä olisi kolme: työ/työ-
asia/ostos- ja asiointimatkat sekä vapaa-ajan matkat mahdollisesti mökkimatkat
eriteltynä.

Mallien estimoinnin onnistuminen on epävarmaa, koska havaintoaineistoa pitkiltä
matkoilta on niin vähän. Asia vaatii tarkempaa selvittämistä jatkossa. Tähän vai-
kuttaa myös se, onko mahdollista toteuttaa matkatutkimus havaintoaineiston laa-
jentamiseksi.

Mallien estimoinnin yhteydessä mietitään aluejakoa uudelleen. Etenkin lyhyiden
matkojen malli edellyttäisi aluejaon tihentämistä nykyisestä noin 1 000 alueesta
noin 3 000 alueeseen.

Mahdollisuudet kytkeä pitkien matkojen tuotos, kulikutapa ja suuntautumismalli
nykyiseen valtakunnalliseen ennustemallijärjestelmään voi olla teknisesti haasta-
vaa ja jäädä hyödyntämättä nykyisessä mallijärjestelmässä. Nykyinen mallira-

kenne ei ole niin modulaarinen, että rakenne olisi helposti muutettavissa. Nykyisessä rakenteessa suuntautuminen lasketaan yksilömallilla ja kulkutapaosuudet ennustemallilla. Julkisen liikenteen havaintojen vähyys vaikeuttaa liikennemallien estimointia. Kyse olisikin enemmänkin osaamisen kehittämisestä kuin välittömästä mallin implementoinnista.

Pitkien matkojen kulkutavan ja suuntautumisen estimointi hierarkkisena logit-mallina (jolloin liikennejärjestelmämuutokset heijastuvat myös matkojen suuntautumiseen) vaatii suhteellisen suuren otanta-aineiston. Tällaisen aineiston tulisi olla käytettävissä vuoden 2022 alussa, jotta mallit voitaisiin laatia ja implementoida saman vuoden aikana. Koska tutkimus on suhteellisen kallis, se kannattaa suunnitella huolella.

Tutkimuksen toteutusta on kuvattu tarkemmin luvussa 2.5.2 pidemmän aikavälin kehittämistoimenpiteiden yhteydessä. Matkatutkimus (jolla voidaan ratkaista osa kulkutapamallin haasteista ja jota on kuvattu seuraavassa) ei samalla tavalla palvele suuntautumisen mallintamista. Annetun hintahaarukan alaraja 30 000 € viittää estimointikokeiluun, jolla pyritään hahmottamaan nykyisiin aineistoihin liittyviä puutteita. Yläraja 80 000 € taas koske tilannetta, jossa mallien pohjaksi olisi käytettävissä kokonaan uutta aineistoa, jolloin estimoinnin mahdollisuudet ovat laajemmat.

Toimenpide: Pitkien matkojen kulkutapamallin tiedonkeruun (matkatutkimus) täydennys ja kulkutapamallin muodostaminen 240 000 – 330 000 €

Kehittämistarve, johon haetaan ratkaisua:

Aiemmissa valtakunnallisissa liikennemalleissa pitkien matkojen kulkutapamallin matka-ajan ja hinnan kertoimien estimoinnissa on ollut vaikeuksia. Syynä voi olla liian pieni pitkien matkojen otanta-aineisto, liian epätarkka liikenneverkko- ja linjastokuvaus, liian epätarkka pitkien matkojen aluejako (erityisesti liityntäyhteyksien kuvaamisen näkökulmasta) tai matka-ajan ja hinnan välinen vahva korrelaatio lineaarisissa parametrisoituissa. Lisäksi erityisesti lentoliikenteen havainnot ovat olleet riittämättömät. Muissa Pohjoismaissa sopivalla mallistrukturilla matka-ajan ja hinnan kertoimien erottelu on onnistunut, kun otanta-aineisto on ollut riittävän suuri ja liikennejärjestelmäkuvaus ja muut lähtötiedot riittävän tarkkoja. Päivitys vuoden 2016 henkilöliikennetutkimusaineistoon on tuonut esille vastaavat ongelmat, joten ongelmalähteisiin tulisi puuttua. Näitä pidemmän aikavälin tarpeita on kuvattu edellä luvuissa 2.4.1- ja 2.4.3.

Vuoden 2023 liikennejärjestelmäsuunnittelun alkamisajankohta tulee niin pian, että pitkien matkojen väestöpohjaista otanta-aineistoa eri vuodenaikat kattavaksi ei nähtävästi ehditä keräämään niin, että aineistoa olisi hyödynnettävissä myös mallintamisessa. Kesän ja syksyn 2021 aikana on kuitenkin mahdollista toteuttaa matkatutkimus, valintaperusteinen otos, jossa havaintoaineistoa nykyistä henkilöliikennetutkimuksen pitkämatkaista aineistoa täydennettäisiin pidempien juna-, linja-auto- ja lentoliikenteen havaintojen osalta. Uskottavan Stated Choice -tutkimuksen toteutus veisi enemmän aikaa ja nostaa kustannuksia, joten tätä vaihtoehtoa ei esitetä.

Valintaperusteiden otos (choice based sample) toteutettaisiin matkustajaterminaleissa ja se edellyttää huolellista ennakosuunnittelua eri kulkutapojen, eri pituisien ja taustoiltaan erilaisten matkustajien tavoittamiseksi. Kyse on valintaperusteisen otoksen hyödyntämisestä kulkutavan valintamallissa. Tutkimuskysymykset tulisi sovittaa vuoden 2016 tutkimukseen siltä osin kuin vaaditaan aineiston laajentamiseen ja kulkutapamallien päivittämiseen. Kysymysasettelu ei ole täysin optimaalinen myöhempiä pitkien matkojen mallintamista ajatellen, mutta näin vähäisiä havaintomääriä saataisiin rikastettua. Toteutustapana voi olla verkko-/paperilomakekysely terminaleissa.

Tutkimuksesta voidaan saada lisätietoa matkojen hintatietojen tarkentamiseen, jos tutkimuksessa kysytään myös matkan hintaa, matkaseurueen kokonpanoa ja matkan maksajaa. Hintatietoja tarvitaan kulkutapamallien lähtötietona.

Suuntaa-antava kustannusarvio (alv 0%) on seuraava: tutkimuksen suunnittelu ja verkko- ja paperikyselyn toteutus 50 000 €, tiedonkeruu kenttätöinä 70 000 € - 150 000 €, aineiston käsittely ja kokoaminen yhdessä tarjontamallien ynnä muiden lähtötietojen kanssa estimointiaineistoksi 30 000 €, mallin estimointi 15 000 €, mallin implementointi ennustemallijärjestelmään 15 000 €, hintamallien tarkennus 5 000 € mallin kalibrointi, validointi ja testaus 25 000 €, yksityiskohtainen lähtöaineistojen ja mallityön raportointi ja dokumentointi 35 000 €.

Ennakkoarvio:

Valintaperusteista otosta on aikoinaan hyödynnetty muun muassa Helsingin seudulla joukkoliikennehavaintojen rikastamiseksi kehyskunnissa ja ympäryskunnissa. Joissakin estimointitilanteissa aineistosta on ollut hyötyä, mutta on myös tilanteita, jolloin aineistolla ei ole saavutettu toivottua etua, eli parametriestimaatteja matka-ajalle, hinnalle ja liityntämatkalle ei ole kuitenkaan onnistuttu estimoimaan toisistaan erillisinä.

Valintaperusteisen otoksen hyödyntäminen edellyttää estimoinnin jälkeen lopullisten mallien matkaryhmä- ja pituusjakaumakohtaista kalibrointia kulkutavoittain kaikki kulkutavat kattavaan kokonaisaineistoon, kuten vuoden 2016 pitkien matkojen henkilöliikennetutkimusaineisto. Tutkimusta ei aikataulusyistä olisi nähtävästi mahdollista toteuttaa ympärivuotisena, siten että aineistoa voitaisiin myös hyödyntää nykyisten kulkutapamallien tarkentamisessa ennen vuonna 2023 alkavaa liikennejärjestelmäsuunnittelua. Aineiston tulisi olla käytettävissä viimeistään alkukevästä vuonna 2022, jotta kulkutapamallit ehditään päivittämään saman vuoden aikana.

Toimenpide: Valtakunnallisen tarjontamallien tarkennus 40 000 -80 000 €

Kehittämistarve, johon haetaan ratkaisua:

Osasyy vaikeuksiin valtakunnallisten kulkutapamallien estimoinnissa voi olla havaintoaineiston niukkuuden vuoksi myös epätarkka liikennejärjestelmäkuvaus ja karkeahko aluejako. Ruotsissa pitkien matkojen mallissa alueita on 600 ja Norjassakin vain 1600. Meillä valtakunnallisella mallilla yritetään kuitenkin mallintaa myös lyhytmatkaista kulkutavan valintaa, kun Ruotsissa ja Norjassa karkean aluejaon mallit on tarkoitettu vain pitkien matkojen mallintamiseen (suuntautuminen ja kulkutavan valinta). Alueiden tarve on siksi erilainen.

Matka.fi -aineistoa ei enää nykyisin päivitetä. Tarjontamallikuvauksiin on kuitenkin tehty jo pieniä parannuksia uusimman päivityksen yhteydessä, jolloin malli estimointiin uudelleen valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen aineistolla.

Suosittelavin lähestymistapa verkko- ja linjastokuvausten laatimiseen on olemassa olevien kuvausten päivittäminen ja mahdollisesti täydentäminen. Tieverkon osalta päivitys lienee suhteellisen helppo tehdä lisäämällä malliin vuoden 2011 jälkeen tehdyt hankkeet, jos päivitystä ei vielä ole tehty. Juna- ja lentoliikenteen osalta tarkistetaan linjastomuutokset ja vuorovälit aikataulutietojen perusteella. Bussiliikenteen osalta tarkistetaan oleelliset bussivuorot suurimpien kaupunkien välillä. Oleellisia yhteysvälejä ovat ne, joissa bussi kilpailee junaliikenteen kanssa.

Aluejakoa olisi syytä tihentää mallien estimoinnin helpottamiseksi. On oleellista saada vastustiedot tiheällä aluejaolla. Siksi alueita tulisi olla Suomessa noin 3 000. Aluejakojen tihennys tehdään ohjelmallisesti, jolloin uusien alueiden syötölinkkien ominaisuudet voidaan vakioida haja-asutusalueilla, mikä parantane

mallien estimoitavuutta näiden alueiden osalta. Aluejaon tihennyksen tekninen toimivuus osana nykyistä mallijärjestelmää tulee varmistaa.

Ennakkoarvio:

Liikenneverkko- ja linjastokuvausten tarkentaminen voi parantaa mallien toimivuutta. Etenkin liityntäyhteyksien (yksinkertaisimmillaan etäisyys lähtöpaikasta varsinaiseen liikenneverkkoon) ja aluejaon tarkentaminen tukee usein estimointien onnistumista. Liikenneverkko- ja linjastokuvauksen tarkentaminen tuskin yksin ratkaisee nykyisten kulkutapamallien haasteita. Työ palvelee kuitenkin myös myöhempiä liikennemallien kehitystä.

Ongelmana aluejaon tihentämisessä on, että vuoden 2016 valtakunnallisen pitkämatkaisen henkilöliikennetutkimuksen lähtö- ja määräpaikat on selvitetty kunnan tarkkuudella, siten liityntäetäisyyksien mallintaminen ei onnistu 3 000 alueen tarkkuudella. Työ palvelisi siis lähinnä lyhyellä aikavälillä liikennevirtojen skemaattista esittämistä. Pidemmällä aikavälillä tämä tukee kuitenkin tarjontamallin tarkennusta, joka on tarpeen tulevien liikennemallien estimoinnissa.

Ensisijainen tehtävä onkin ennakoiden varmistaa, että sekä nykytilanteen että ennustetilanteen liikenneverkko- ja linjastokuvaukset ovat ajan tasalla.

Mikäli liikenneverkkoihin ja linjastoihin tehdään merkittäviä parannuksia, kannattaa kulkutapamallit samalla estimoida uusia valtakunnallisia liikenneverkko- ja linjastokuvauksia vastaaviksi.

Valtakunnallisen liikenneverkkokuvauksen tarkentamisen hyötyjä suhteessa nykyiseen ennustemallijärjestelmän kykyyn hyödyntää tietoja on vaikea arvioida.

Toimenpide: Helsingin seudun liikenne-ennustemallien tulosten hyödyntäminen valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa 30 000 - 50 000 €

Kehittämistarve, johon haetaan ratkaisua:

Valtakunnallisen liikenne-ennustemallin tulokset ovat epätarkempia kuin Helsingin seudun liikennemallilla lasketut ennusteet. Eri mallit voivat tuottaa erilaisia tuloksia samalle alueelle.

Helsingin seudun liikenteellä on käytettävissään tarkemmat seudulliset liikenne-ennusteet ja vaikutusarviointitarkastelut kuin mitä valtakunnallisella yksilövalintojen liikennemallilla on mahdollista tuottaa. Valtakunnalliset kokonaisennusteet voidaan toteuttaa siten, että Helsingin seutua koskevat liikenne-ennusteet lasketaan käytössä olevilla Helmet-liikennemalleilla ja valtakunnallista ennustejärjestelmää käytetään muun Suomen liikenne-ennusteiden laadinnassa. Helmet-mallit kattavat hieman Uttamaata laajemman maantieteellisen alueen.

Tarkimmat ennusteet saadaan kuitenkin Helsingin seudun ydinalueilta, jossa aluejako on tiheä. Muilla seuduilla valmiudet tuottaa liikenne-ennustemalleilla valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa tarvittavat tunnusluvut voivat olla vähäisemmät. Kustannusarvioon on sisällytetty liityntäpintojen varmistaminen, jotta valtakunnallisten ja Helsingin seudun liikenne-ennustemallien tulokset ovat sovitettavissa yhteen.

Ennakkoarvio:

Menettelyn avulla voidaan varmistaa, että Helsingin seudun tarkemmilla malleilla tuotetut ennusteet voidaan hyödyntää myös valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa ja yhdeltä alueelta saadaan vain yhdet tulokset. Eri mallien tuottamat erilaiset tulokset ovat vaikeasti tulkittavissa, vaikka mallien luonteeseen

kuuluukin, että ne tuottavat pikemminkin suuntaa-antavan mielikuvan muutoksesta kuin yhden totuuden. Toteutukseen voi liittyä teknisiä haasteita. Menettelyyn saattaa sisältyä myös haasteita, miten esimerkiksi tulotason oletetaan eri malleissa vaikuttavan matkatuotokseen ja henkilöauton omistukseen. Kyse on siis muustakin kuin tulosten teknisestä yhteensovittamisesta. Eroa voi olla myös siinä, miten määrättyt lähtötiedot kuvataan näihin malleihin johdonmukaisten tulosten varmistamiseksi. Tällaiset mekanismit on hyvä joka tapauksessa tarkistaa ennakkoivasti riippumatta siitä, tarkastellaanko Helsingin seutua seudun omalla mallilla vai ei.

Toimenpide: Kulkutapamallin tarkennettu estimointi ja kalibrointi havaittuihin kulkutapaosuuksiin 10 000 - 20 000 €

Valtakunnalliset ennustemallit on kalibroitu nykytilanteen havaittuihin kulkutapaosuuksiin. Koska mallilla pyritään ennustamaan kulkutapaosuuksia sekä varsin lyhyillä että pitkillä matkoilla, voisi kulkutapaosuuksien tarkistaminen matkaryhmittäin ja matkan pituuden mukaan olla tarpeen. Mikäli osuuksissa havaitaan suurta poikkeamaa henkilöliikennetutkimusaineistoon tai muihin käytettävissä oleviin aineistoihin, voisi kalibrointi pituusluokittain auttaa sovituksessa. Tämän selvityksen yhteydessä ei ole kuitenkaan ollut mahdollisuutta tarkastella miten hyvin malli tuottaa kulkutapaosuudet matkan tarkoituksen ja pituuden mukaan ryhmiteltynä. Mallia käytetään muutosmallina, mutta logit-mallin luonteesta johtuen myös vaihtoehtokohtaiset vakiot vaikuttavat muutososuuksiin.

Ennakkoarvio:

Vaikutuksia mallin toimintaan on vaikea arvioida. Ei ole itsestään selvää, että kalibrointi parantaa mallin toimivuutta. Se että mallia on jouduttu käyttämään muutosmallina, indikoi yleensä, että malli selittää heikosti nykytilaa.

Perusteellisempi mallin kehittäminen vaatisi mallirakenteen muuttamista siten, että pitkät matkat ja alueelliset matkat ovat selkeämmin jäsenneiltyjä. Tällöin mallissa olisi helpompi ottaa huomioon pitkien matkojen matkatuotoksen, suuntautumisen ja kulkutavan valinnan erityispiirteet suhteessa päivittäiseen liikkumiseen.

Toimenpide: Lähtötietopäivitykset ja tunnuslukujen laskentaprosessit 30 000 - 100 000 €

Kehittämistarve, johon haetaan ratkaisua:

Jotta liikennemallit voivat tukea tarkoitettulla tavalla liikennejärjestelmäsuunnittelua, on hyvä ennakoida lähtötietojen käsittelyyn ja tulosten havainnollistamiseen liittyvät prosessit.

Valtakunnallisen liikennejärjestelmätyön valmistelu edellyttää, että liikenneverkokuvaukset ja linjastokuvaukset on laadittu nykytilanteen lisäksi niin kutsutulle perusvaihtoehdolle ja ennustetilanteille. Lisäksi mallin käyttämät lähtötiedot, kuten väestötiedot, maankäyttömuuttujat ja hintatiedot tulisi saattaa liikenne-ennustemallien tarvitsemaan muotoon. Samoin päätöksentekoon tarvittavien tunnuslukujen laskennan ja visuaalisen esittelygrafiikan laskentaproseduurien valmistelu on mahdollista aloittaa jo hyvissä ajoin ennakkoivasti, vaikka osa tarpeista todennäköisesti jäsentyy vasta itse liikennejärjestelmäsuunnittelun aikana.

Ennusteiden laadintaa helpottaa, mikäli tekniset proseduurit näiden aineistojen käsittelylle ovat valmiina. Tällaiset valmistelutyöt kannattaa toteuttaa ennakkoivasti ennen varsinaisen liikennejärjestelmäsuunnittelun aloittamista vuosien 2021 - 2022 aikana. Päätöksentekoa tukevat visuaaliset kartta- ja muut graafiset esitykset on hyvä ennakoida ajoissa.

Seuraavaan taulukkoon on koottu yhteenveto pienten parannusten osatehtävien arvioiduista kustannuksista. Toteutettavat toimenpiteet ovat valikoitavissa toisistaan riippumattomasti aikajaksolla 2020 – 2022.

Toimenpide	Hintahaarukka (euroa)		
Tekninen matriisisovitus tukiasemien paikannusaineistolla, ei sisällä arviota lähtöaineistojen hankinnasta	10 000	-	40 000
useampaan lähtöaineistoon perustuva matriisisovitus tukiasemien paikannusaineistolla, ei sisällä arviota lähtöaineistojen hankinnasta	20 000	-	100 000
Pitkien matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin rakentaminen (hierarkkinen logit-malli)	30 000	-	80 000
Pitkien matkojen kulkutapamallin tiedonkeruun täydennys ja kulkutapamallin muodostaminen uudelleen (jaettavissa myös osaprojekteiksi)	240 000	-	330 000
Valtakunnallisen tarjontamallien tarkennus	40 000	-	80 000
Helsingin seudun liikenne-ennustemallien tulosten hyödyntäminen valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa	30 000	-	50 000
Kulkutapamallin tarkennettu kalibrointi havaittuihin kulkutapaosuuksiin	10 000	-	20 000
Lähtötietopäivitykset ja tunnuslukujen laskentaprosessit, visualisoinnit	30 000	-	100 000
yhteensä	410 000	-	800 000

Taulukko 3. Alustava arvio nykyisen henkilöliikenteen liikennemallijärjestelmän pienten parannustoimenpiteiden kustannuksista.

2.5.2 Pidemmän aikavälin kehittämistoimenpiteet

Henkilöliikenteen ennustemallien mallijärjestelmä tulee kotimaisten ja muiden maiden käytäntöjen valossa pohjautumaan alueellisiin ja pitkien matkojen mallijärjestelmään, jotka integroidaan toisiinsa. Toteuttaminen ei kuitenkaan onnistu kokonaisuudessaan ennen vuotta 2023, joka on seuraavan valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman alkamisajankohta.

Pitkän aikavälin toimintasuunnitelmaa laadittaessa on arvioitu, ettei nykyistä valtakunnallista yksilömallia kannattaisi sellaisenaan hyödyntää pidemmällä aikavälillä osana valtakunnallista liikenne-ennustejärjestelmää. Tavoitteena olisi pikemminkin mallien käytettävyyden oleellinen parantaminen. Mallin tekniset ratkaisut, käytettävyyteen liittyvät ongelmat ennusteiden laadinnassa, heikko dokumentaatio ja avoimen lähdekoodin puute eivät kuitenkaan pitkällä aikavälillä todennäköisesti johtaisi kustannustehokkaaseen kokonaisratkaisuun. Lisäksi pitkien matkojen lähtötietoihin ja pitkien matkojen mallikokonaisuuteen on haettava uutta ratkaisua.

Muiden Pohjoismaisten tapaan myös pitkien matkojen mallin tulisi kattaa kulkutapamallin lisäksi suuntautumis- ja matkatuotomallit. Aiemmin tehtyä työtä voidaan pitää kuitenkin arvokkaana oppimisprosessina. Esimerkiksi verkkojen ja linjastojen osalta tehty pohjatyö, kulkutapamäärittelyt ja matkaryhmäjaot ovat monelta osin käyviä lähtökohtia mallien jatkokehittämiselle. Lisäksi on otettava hu-

mioon, että uusien mallien kehittäminen tulee väistämättä viemään aikaa useamman vuoden. Tänä aikana Suomessa ei ole käytettävissä muuta kuin nykyinen järjestelmä henkilöliikenteen ennusteiden laadintaan.

Henkilöliikenteen ennustemallien toteuttamisen yksityiskohdat kytkeytyvät pikemminkin mallien yksityiskohtaisuuteen ja ylläpidon resurssointiin kuin itse lähtöaineistoihin tai mallintamisen tapaan. Seuraavassa taulukossa on esitetty alustava luonnos eri tehtäväkokonaisuuksien kustannuksista mallin kehittämisvaiheesta. Hintahaarukan alarajaa voidaan luonnehtia eräänlaiseksi valtakunnallisten liikennemallien kevytversioksi ja ylärajaa käyväksi toteutusratkaisuksi, jossa kuitenkin oletetaan voivan hyödyntää alueellisissa malleissa esimerkiksi Helsingin seudun liikennemallien lähdekoodia ja mallitekniisiä ratkaisuja. Tällä tavalla on mahdollista säästää alueellisten mallien kehittämiskustannuksissa. Kyse olisi teknisten ratkaisujen hyödyntämisestä aluetason malleissa.

Itse liikkumiskäyttäytyminen, aluejako ja liikennejärjestelmä perustuvat luonnollisesti alueelliseen tietoon. Alueelliset mallit voivat nojautua valtakunnalliseen henkilöliikennetutkimukseen ja sen seudullisiin otoksiin. Pitkien matkojen mallintamiseen tarvitaan täydentävä otanta-aineisto, joka kattaa vähintään henkilöautomatkat, pitkämatkaisen linja-autoliikenteen, pitkät junamatkat ja lentomatkat. Aineistossa tulee olla riittävä määrä havaintoja kaikista kulkutavoista ja tärkeimmistä matkaryhmistä. Kustannuksissa ei ole esitetty arviota pitkien matkojen mallin välttämättä tarvitsemasta otanta-aineistosta eikä muita lähtötietoihin tai ohjelmistolisensseihin liittyviä kustannuksia.

	vaihtoehto 1	vaihtoehto 2
Pitkien matkojen mallin ja alueellisten mallien mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu	50 000	90 000
Pitkien matkojen mallin laadinta	200 000	480 000
Alueellisten mallien tarkentava suunnitelma	70 000	130 000
Alueellisten mallien laadinta ^{*)}	970 000	1 690 000
Toistuvasti hankittavien lähtötietojen automatisoidut käsittelyproseduurit	30 000	80 000
Tulostustyökalut kysyntämalleihin vaikutusarviointityökalujen laadinta (osittain yhteinen alueellisille ja pitkille matkoille)	20 000	100 000
Erikseen nimeämättömät tehtävät (n. 20 %)	260 000	510 000
Yhteensä	1 600 000	3 080 000

^{*)} Mukana myös mahdolliset alueille syntyvät ulkoiset kustannukset.

Euroa, vuoden 2020 hintataso, kustannuksissa ei ole mukana lähtöaineistojen hankinnan kustannuksia eikä lisenssikustannuksia. Vaihtoehdot 1 ja 2 kuvaavat pikemminkin yksittäisten osaprojektien hintahaarukkaa kuin toisistaan täysin erillisiä vaihtoehtoja.

Taulukko 4. Alustava hintahaarukka kehittämiskustannuksille.

Esitetyistä kokonaisuuksista laajempikaan vaihtoehto ei tarkoita vielä yhtä hienojakoista tai yksityiskohtaista mallikokonaisuutta kuin mitä muissa Pohjoismaissa on käytössä. Kyse on mallijärjestelmästä, joka on rakennettavissa muita Pohjoismaita hieman kevyempi ja ylläpidettävissä astetta pienemmin resurssein ja jonka käytettävyys on nykyistä valtakunnallista ennustemallijärjestelmää parempi. Muissa Pohjoismaissa kehittämiskustannukset ovat olleet arviolta yli viisi miljoonaa euroa. Suomessa kehittämisen kustannukset olisivat pienemmät, kun voimme hyödyntää muissa Pohjoismaissa käytettyjä ratkaisuja ja yksinkertaistaa mallirakenteita. Ero johtuu myös siitä, että mainituissa kehittämiskustannuksissa ei ole mukana ylläpidon kustannuksia, kokeiluluontoisia hankkeita eikä osaamisen ylläpitoon ja kehittämiseen liittyviä tehtäviä.

Osaamisen kehittämisen ja ylläpidon tehtävät muuttuvat hankkeen edetessä. Ylläpidon osalta eniten resursseja tulee vaatimaan todennäköisesti liikenneverkkojen ja linjastojen ylläpito ja ennustetilanteiden liikennejärjestelmäkuvausten muodos-

taminen. Toinen suurempi menoerä on kysyntämallien päivitys uusimpia henkilöliikennetutkimusaineistoja vastaaviksi, mutta tämä toimenpide toistuu harvakseltaan. Lisäksi oma menoeränsä on perusennusteiden laadintaprosessi. Alkuvaiheessa osaamisen kehittämisen tavoitteena on varmistaa, että olemassa olevat parhaat kansainväliset käytännöt saadaan parhaiten hyödynnettyä Suomessa.

Uusien henkilöliikenteen mallien laadintavaiheessa osaamisen kehittäminen liittyy erityisesti suomalaisten asiantuntijoiden perehdyttämistarpeeseen. On varmistettava, että konsultit, viranomaiset ja tutkijat osaavat käyttää tulevaa mallijärjestelmää tarkoituksenmukaisella tavalla. Käyttäjät on muissa Pohjoismaissa nimetty yleensä kahteen ryhmään: asiantuntijoihin, jotka itse tekevät malliajoja ja asiantuntijoihin, jotka käyttävät malleilla ajettuja tuloksia.

Mallikonsultteja ja tutkijoita on mahdollista perehdyttää tehtävään siten, että he osallistuvat mallien kehittämistyöhön, mallien testaukseen tai mallien soveltamiseen. Lisäksi on järjestettävä erillisiä koulutustilaisuuksia. Koulutustilaisuudet voivat liittyä malliajojen tekoon tai joissakin tapauksessa mallinnuksessa hyödynnettyjen ohjelmistojen käyttöön. Pääkäyttäjien osalta ulkoiset perehdyttämiskustannukset lienevät suuruusluokaltaan 15 000 – 25 000 euroa / toimija. Loppuosa kustannuksista pystytään todennäköisesti liittämään suoraviivaisemmin osaksi itse kehittämis- ja ylläpitotyötä edistävään toimintaan.

Myöhemmässä vaiheessa osaamisen ylläpito kytkeytyy muun muassa uusien asiantuntijoiden perehdyttämiseen ja tutkimuksellisen osaamisen kehittämiseen yhteistyössä muun muassa korkeakoulujen kanssa. Kokeiluluonteisten kehittämishankkeiden vuosikustannukseksi voidaan arvioida 200 000 euroa, mutta tarve todennäköisesti vaihtelee sen mukaan, missä kehittämisen tai ylläpidon vaiheessa henkilöliikennemallijärjestelmätyö on menossa.

Vaihtoehto 1 ja vaihtoehto 2 kuvaavat mallien laadinnan kustannuksia hintahaarukkana.

Todellisuudessa eri työvaiheiden kustannukset voivat olla näiden kahden toteutustavan välimaastossa. Vaihtoehto 2:n malliakaan ei voida pitää varsinaisesti maksimihintana. Se on eräänlainen käypä malli, joka on yksinkertaistettu versio pohjoismaisista malliratkaisuista. Tästä on karsittu sellaisia ominaisuuksia, jotka eivät ole täysin välttämättömiä, jotta verkolliset liikenne-ennusteet saadaan muodostettua sekä aluetasolla että pitkien yhteyksien välille. Suomessa tavoitteena on mallien nykyistä laajempi käytettävyyttä ja laskentatekninen toimivuus, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi matkaryhmien ja väestösegmenttien huolellista rajausta alueellisissa malleissa ja havaintoaineiston simuloinnista luopumista.

Vaihtoehtojen 1 ja vaihtoehtojen 2 välisiä eroja voisi luonnehtia kuitenkin yleisesti seuraavasti:

- Vaihtoehtojen 1 matkaryhmiä, tarkasteltavia aikajaksoja ja erilaisia segmenttejä on minimaalisesti. Vaihtoehtojen 2 näitä on hieman runsaammin, ei kuitenkaan enemmän kuin mikä vertaantuu esimerkiksi aluetasolla Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikennemalleihin. Vaihtoehtojen 2 esimerkiksi arjen, viikonlopun ja loma-aikojen erottelu on mietitty niin matkojen suuntautumisen kuin kulkutavan valinnankin kannalta.
- Vaihtoehtojen 1 mallin parametreja ei välttämättä pystytä saamaan realistiselle tasolle johtuen heikkotasoisemmasta liikenneverkkojen koodaustarkkuudesta, vähäisemmästä matkaryhmien määrästä ja vähäisemmästä testausmäärästä kuin vaihtoehtojen 2. Vaihtoehtojen 1 pienemmät kustannukset tarkoittavat, että osa kehitystyöstä siirtyy myöhempiin vaiheisiin ja mallien käytön yhteyteen.

- Vaihtoehdossa 1 liikenneverkkojen ja linjastojen koodaus jää epätarkemmaksi kuin käyvässä mallissa ja virhetarkistukset ja korjaukset vähäiseksi. Korjaustyötä joudutaan todennäköisesti tekemään mallien käytön yhteydessä, mikä lisää riskiä siihen, että ennusteisiin tulee virheitä. Toisaalta mallityön luonteen kuuluu, että virheitä ei voida täysin välttää, vaan korjauksiin ja tarkistuksiin joudutaan joka tapauksessa varautumaan. Huolellinen ja monipuolinen testaus on tärkeä osa mallien luotettavuuden ja käytettävyyden varmistamisessa, josta nyt siis vaihtoehdossa 1 on tingitty.
- Vaihtoehdossa 1 toteutustapa on hyvin suoraviivainen ja perustuu siihen, että tekijäkunta on mahdollisimman suppea. Tämä lisää todennäköisesti käyttökoulutuksen tarvetta tai voi johtaa kustannuslisäyksiin siinä vaiheessa, kun mallien laadinnan ulkopuolelle jäävät tahot joutuvat opettelemaan mallin käyttöä.
- Vaihtoehdossa 1 ei ole varauduttu laajasti mallin tulostusten automatisointiin, vaan niitä rakennetaan vähitellen ja tapauskohtaisesti, mikä voi haastaa mallin ylläpidettävyyden.

Kustannuksissa ei ole otettu huomioon pitkien matkojen kysyntämallin tarvitseman otantatutkimuksen kustannuksia. Kustannusarviosta puuttuu myös erilaiset kehittämishankkeet, jotka tukevat itse liikennemallijärjestelmän suoraviivaista toteuttamista. Ruotsissa tällaisten kehittämishankkeiden rooli liittyy alan osaamisen päivittämiseen ja ylläpitoon konsultti- ja tutkijakentässä sekä parhaimpien mallintamiskäytäntöjen ideointia ja testausta, ennen kuin uusia ratkaisuja otetaan käyttöön. Tällaisten tehtävien kustannukset ovat itsessään merkittävät.

Liitteessä 1 on tarkasteltu tehtäväkokonaisuuksien mahdollista aikataulutusta ja kustannuksia tarkemmin. Kustannuserittely on yleispiirteinen, kustannukset ja työvaiheet täsmentyvät esisuunnittelun ja tutkimussuunnitelman laadinnan yhteydessä.

Kehittämisen kustannuksissa on otettu huomioon mallien suoraviivaiseen toteuttamiseen tarvittavat kustannukset, kun käytettävissä on paras mahdollinen ammatitaito. Sen sijaan kustannuksissa ei ole otettu huomioon liikennemallien ydinkäyttäjäkunnan osallistamiseen liittyviä tarpeita eikä tarpeita, jotka liittyvät alan osaamisen kasvattamiseen tai mallien laajamittaisen käytön varmistamiseen konsulttialalla, tutkijoiden keskuudessa, Traficomissa, elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksissa sekä maakunnissa ja seuduilla eri toimittajien yhteistyönä.

Kustannuksissa ei myöskään ole otettu huomioon työtä, joka vaaditaan mallin sisällön, toimintaperiaatteiden ja tulosten havainnollistamiseen. Tällainen työ tarkoittaa vuorovaikutusta sekä mallin kehittäjien, ydinkäyttäjien ja mallin tulosten hyödyntäjien kesken. Kyse on työstä, jota esimerkiksi Helsingin seudun liikenne ja tätä edeltävä YTV ovat tehneet laajamittaisemmin jo 80-luvulta alkaen. Toimintatavat eivät kuitenkaan ole levinneet muille seuduille ja valtakunnallisesti.

Verkkotasosten liikennemallien käytöstä ei tietävästi missään päin maailmaa ole onnistuttu tekemään niin helppokäyttöisiä, että kuka tahansa liikennealan asiantuntija voisi käyttää näytä aihepiiriin syvällisemmin perehtymättä. Tämä on osaltaan johtanut mielikuvaan, että liikennemallit ovat musta laatikko. Osallistavalla kehittämistyöllä tätä vaikutelmaa on mahdollista hälventää. Esimerkiksi konsulttikunnan osallistaminen tulevana liikennemallien käyttäjinä tarkoittaa arviolta vähintään kolmanneksen lisäkustannusta kehittämiskustannuksiin. Liikennemallien tuloksia tarvitsevien valtionhallinnon ja alueviranomaisten osallistaminen on myös oma mittava ponnistuksensa, joka vaatii sekä aikaa että resursseja.

Pitkien matkojen mallin ja alueellisten mallien mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu

Pitkien matkojen mallin ja alueellisten mallien mallirakenteen tarkempi suunnittelu kannattaa toteuttaa yhtenä kokonaisuutena, jotta mallien yhteen toimivuus voidaan varmistaa. Perusrakenteeksi ehdotetaan Ruotsin ja Norjan liikenne-ennustemalleja, joista pyritään kuitenkin karsimaan kehittämisen ja ylläpidon kannalta kalliita ominaisuuksia. Liikenneverkkojen ja linjastojen yksityiskohtaisuudesta tinkiminen heikentäisi kuitenkin verkollisten ennusteiden laatua. Mallikokonaisuus perustuu mahdollisimman pitkälle avoimeen lähdekoodiin. Lisäksi tarjontamallien kuvauksessa käytetään valmista liikennesuunnitteluohjelmistoa (Emme).

Tehtäväkokonaisuuteen sisältyy seuraava työvaiheet.

- alueellisten ja pitkien matkojen mallin rakenteen yhteissuunnittelu
- alueellisten ja pitkien matkojen mallin aluejaot
- arjen, viikonlopun ja loma-aikojen käsittely
- liikennesuunnitteluohjelmistoratkaisut ja lisenssitarpeet
- liikenneverkkokuvauksen täsmäntävä suunnittelu
- liityntäliikenteen mallintamisen ratkaisut
- yksityiskohtaiset määritelmät (esimerkiksi pitkät matkat 70 km/100 km / 24h), matkamalli, aktiviteettimalli
- henkilö- ja tavaraliikennemallien tulosten yhteensovittaminen sijoituksissa
- mallien muuttujakandidaatit ja niiden tietolähteet nykytilassa ja ennustetilanteessa, tarkentavat lähtötietomuuttujien määritelmät
- apumallien ja segmentointien määrittely
- estimointiaineistojen lähteet (otanta-aineistot, matkatutkimus)
- mallin laskenta-aikojen ja teknisen toteutettavuuden tarkempi arviointi
- kalibrointi- ja validointiaineistojen varmistaminen
- vaikutusmekanismien kuvaus
- dokumentaation periaatteet ja esisuunnittelu kehittämistyön eri vaiheissa
- lähdekoodin omistukseen liittyvät periaatteet liikennemallien kehitystyössä
- käyttöliittymäratkaisut
- käyttöohjeisiin liittyvät tarpeet
- suunnitelman auditointi

Vaikutusmekanismien kuvauksella tarkoitetaan yksityiskohtaista dokumentaatiota siitä, miten mallin käyttötarkoitukset toteutetaan malliteknisesti eli missä osassa mallikokonaisuuden rakennetta vaikutusmekanismit todennäköisesti kuvataan²⁹. Käyttökohteisiin sisältyy liikennejärjestelmäsuunnittelu, skenaariotarkastelut ja näiden osa-alueet, joita on lyhyesti luonnehdittu sivun 2 kaaviossa.

Liikennemallien rakenteen tarkentavan suunnittelun laajuus kytkeytyy siihen, miten mallien kehittämistyö, käyttö ja ylläpito tullaan organisoimaan. Jos kehittämistyöhön toivotaan osallistuvan useita toimittajia, on tarkoituksenmukaista, että jo suunnitteluvaihe on osallistava.

Pitkien matkojen väestö-otantatutkimus

Pitkien matkojen otantatutkimuksen kustannuksia on ilman huolellista esisuunnittelua vaikea arvioida. Siksi hintahaarukka on hyvin laaja. Pitkien matkojen tutkimuksen toteutuksen perusosan on nähtävästi oltava kyselymuotoinen otantatutkimus väestörekisteripöimintänä, jotta matkamäärät ja kulkutapaosuudet voidaan päätellä tästä kokonaisaineistosta. Tutkimus kannattaa kuitenkin kohdentaa siten,

²⁹ lopulliset muuttujajalinnat määrittyvät toki vasta estimointivaiheessa.

että vastaajajoukkoon osuisi mahdollisimman hyvin juuri pitkiä matkoja tekeviä ihmisiä. Tämä tarkoittaisi väestörekisterin ja Tilastokeskuksen aineistojen yhdistämistä otoksen poimintavaiheessa. Kaikki väestöryhmät ovat toki edustettuina, siksi että matkatuotos saadaan selvitettyä, mutta otantakehikon suunnittelussa painotetaan määrättyjä väestöryhmiä.

Otantakehikon suunnittelussa voi hyödyntää vuoden 2016 pitkien matkojen henkilöliikennetutkimusaineistoa. Ruotsissa ja Norjassa pitkämatkaisen liikenteen mallien ydin pohjautuu väestöpohjaiseen laajaan otantaan myös pitkien matkojen osalta. Näin erillisiä matkatutkimuksia ja Stated Choice- tutkimusta ei välttämättä ole tarvittu. Suomessa tilanne on nyt toinen, koska pitkin matkojen aineisto on suppea. Esiselvitysvaiheessa kannattanee tutkia kuitenkin selvittää kaikki tiedonkeruun vaihtoehdot.

Tehtävän aikataulu ja kustannukset riippuvat merkittävästi, mitä osioita tutkimuskokonaisuuteen lopulta sisältyy. Tilanne näkyy seuraavasta taulukosta 7. Toteutuksen suuri hintahaarukka (150 000 - 600 000) johtuu siitä, että kyse on kolmesta osittain erillisestä tutkimuskokonaisuudesta, joista vain osa voi tulla toteutettaviksi.

Pitkien matkojen mallin otanta-aineiston tiedonkeruu (230 000 - 800 000 €)	Toimittajan työ	Tilaajan käsittelyaika	Vaiheen kustannusarvio (euroa)
otantatutkimusten esisuunnittelu (kaikki kulkutavat kattava kokonaistutkimus ja täydentävä matkatutkimus sekä Stated Choice-tutkimus)	6 kk	2 + 2 kk	30 000 - 50 000 €
tutkimussuunnitelman laadinta (sekä kokonaistutkimus että matkatutkimukset + SP-tutkimus esiselvityksen rajauksen mukaisesti)	6 - 8 kk	2 kk	50 000 - 80 000 €
tutkimuksen/tutkimusten toteutus (kesto riippuu siitä, toteutetaanko ympärivuotisena vai tietyssä ajankohtana) valmistelu, tiedonkeruu ja analysointi. Yksittäisen tutkimuksen hinta voi olla 70 000 - 300 000. Tästä johtuu suuri hintahaarukka.	8 - 24 kk	2 + 2 kk	150 000 - 600 000 €

Taulukko 5. Pitkien matkojen otantatutkimuksen alustavat kustannukset.

Pitkien matkojen mallit

Pitkien matkojen malli käsittää tarkennetun liikennejärjestelmäkuvauksen eli tarjontamallin ja kysyntämallit, jotka sisältävät matkatuotoksen, suuntautumisen, kulkutavan ja reitin valinnan. Suuntautumismallit ja kulkutapamallit pyritään kytkeään toisiinsa kuten Norjassa ja Ruotsissa, jolloin muutokset valtakunnallisessa liikennejärjestelmässä heijastuvat myös matkojen suuntautumiseen kulkutapamuutosten lisäksi. Linjastokuvaukset ovat muissa Pohjoismaissa olleet vuoroväli-pohjaisia. Tuotosmalleissa tavoitteena on ottaa huomioon, miten väestörakenne, toimialarakenne, työllisyys, autonomistus ja tulotaso heijastuvan erityisesti pitkien matkojen tuotokseen. Mallit pyritään segmentoimaan matkojen tarkoituksen, tulostason ja yöpymisten määrän mukaan. Pitkien matkojen mallissa kehittämisen pullonkaulana on tällä hetkellä nykyisen otanta-aineiston niukkuus ja se miten uutta aineistoa saadaan jatkossa.

Pitkien matkojen mallin laadinta kostuu seuraavista osatehtävistä:

- liikenneverkkokuvaukset, linjastot sekä sijoittelufunktiot (myös dokumentointi ja ylläpidon suunnittelu), hinnoittelun ja maksujen käsittelytavan huomioiminen kuvauksissa
- estimoinnin lähtötiedot (vastukset, matkakustannukset, matka-ajat, liittymämatkat, väestörakenne, maankäyttö) ja yksityiskohtainen suunnitelma lähtötietojen muodostamiselle ennustetilanteessa (nykyolon tarkennus)
- estimointiaineistojen yhdistely
- mallien estimointi, myös apumallit
- mallijärjestelmän koodaus
- pitkämatkaisen tavaraliikenteen ajoneuvomatriisien kytkeminen (matriisikäsitteilyt ja jakoluvut) sijoitteluihin
- kalibrointi- ja validointiaineistojen hankinta ja aineistojen käytettävyyden testaus/varmistaminen
- kalibrointi, validointi ja alustava testaus
- virheenetsintä, korjaukset, täydentävät testaukset
- dokumentointi, raportointi, käyttöohjeet

Alueelliset mallit

Alueellisten liikennemallien on tarkoitus tulevaisuudessa tukea seudullista liikennejärjestelmäsuunnittelua kuten Ruotsissa, jolloin seutujen suppeat resurssit voidaan keskittää mallien käyttöön ja valtiollinen viranomainen vastaa vaadittavasta teknisestä tuesta. Samalla voidaan turvata yhteiset käytännöt esimerkiksi vaikutusarviointien laadinnassa.

Alueelliset mallit käsittävät pitkien matkojen mallien tapaan sekä tarjonta- että kysyntämallit. Mallien rakenne, muuttujat ja liikennejärjestelmäkuvauksen sekä aluejaon tarkkuus poikkeavat kuitenkin pitkistä matkoista. Malliratkaisujen ja ylläpitokäytäntöjen suunnittelussa otetaan oppia Helsingin seudun liikennemallien kehittämiseen, käyttöön ja ylläpitoon liittyvistä käytännöistä. Tehtäväkokonaisuuden työvaiheita ovat:

Alueellisten mallien tarkentava suunnitelma

- yhteistyökäytännöt alueellisten mallien laadinnassa ja ylläpidon vastuissa
- mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu
- aluejako, kulkutavat, liikenneverkko- ja linjastokuvaukset, verkkomallien tekninen suunnitelma (ennakkodokumentaatio)
- suunnitelman auditointi ja muutosehdotukset
- alueellisten mallien laadinta
- liikenneverkko- ja linjastokuvaukset alueellisiin malleihin
- estimoinnin lähtötiedot (myös apumallit), lähtötietoennusteiden suunnitelma
- estimointiaineistojen yhdistely
- estimoinnit
- mallijärjestelmän koodaus
- tavaraliikenteen ajoneuvomatriisien ja pitkien matkojen kytkentä sijoitteluihin alueellisista tavaraliikennemalleista
- satamien, lentoasemien ja muiden vastaavien erityiskäsittely
- kalibrointi- ja validointiaineistot, liikennelaskennat, lipunmyyntitilatot, mahdolliset matriisimuotoiset tiedot, yhteistyössä ELY-keskusten ja kaupunkiseutujen kanssa (kustannukset epäselvät, esimerkiksi ajankohtariippuvaisten kunta-kunta lähtö-määräpaikkamatriisien hinnan voinee tarkistaa Telialta), aineiston käytettävyyden testaus/varmistaminen
- kalibrointi, validointi ja testaus (yhteistyössä alueiden kanssa)
- dokumentointi, raportointi, käyttöohjeet
- alueellisten mallien päivitys uusimpaan henkilöliikennetutkimuksen aineistoon

Käsittelyprosessit ja liityntäpinnat

Liikenne-ennustemallien käyttöön tarvitaan erilaisia laskenta- ja tulostusproseduureja, joilla käsitellään lähtötietoja ja tuloksia. Toistuvasti hankittavien lähtötietojen automatisoituihin käsittelyproseduureihin kuuluvat muun muassa kytkennät taloudellisiin ennusteisiin, väestöennusteisiin ja maankäyttöennusteisiin. Lähtötietojen tuottamista ja muuttamista varten kannattaa laatia automatisointityökalut. Lisäksi tarvitaan vaikutusarviointityökaluja ja tulosten käsittelyn automatisointia.

Esimerkiksi eräät hyöty-kustannuslaskelmien erät voidaan laskea alueellisista ja valtakunnallisista liikenne-ennustemalleista. Myös esimerkiksi saavutettavuusanalyysijä varten kannattaa rakentaa omat proseduurinsa. Perustulosteita ovat aikakilometrisuoritteet ja muut päästölaskelmissa tarvittavat lähtötiedot, kulkutapaosuudet, matkustaja- ja ajoneuvomäärät, sekä lähtötiedot verotuottojen laskentaan, kustannusten ja maksujen arviointiin. Konsulteilla ja Helsingin seudun liikenteellä on erilaisia laskentaproceduureja jo valmiina, näitä tulisi voida hyödyntää uutta järjestelmää rakennettaessa.

Kehittämistyön organisointi ja resurssointi

Edellä kuvatussa suunnitelmassa ei ole otettu huomioon viranomaisten omaa työtä ja eri tehtävien valmisteluun kuluva aikaa. Kustannusarviot on ilmaistu olettaen, että työtä tekee kokenut alan konsultti tai tutkija, jolloin työ on tavallisesti suoraviivaisempaa ja tilaajan rooli on vähäinen itse työssä.

- Liikennemallien käytettävyyden ja ylläpidon sekä tiedonkulun kannalta voi kuitenkin olla järkevämpää, toteuttaa mallityö vastaavalla tavalla kuin Helsingin seudun liikennemallien uusimpia liikennemalleja on kehitetty. Tässä toimintamallissa:
- mallityön projektipäällikkönä toimii tilaajan edustaja. Projektipäällikkö osallistuu työn toteuttamiseen projektin aikana ja hänen työajastaan suuri osa menee tähän työhön.
- työhön osallistuu konsulttiyrityksistä asiantuntijoita, jotka osallistuvat työn toteutukseen oman erityisosaamisensa mukaan. Budjetti ja aikatauluvastuu on tilaajalla.
- projektin henkilöstö toimii tilaajan osoittamissa yhteisissä tiloissa, jolloin tiedonkulku on joustavaa. Menetelmä nopeuttaa projektin etenemistä aikataulullisesti ja tiedonkulkuun liittyvät virhemahdollisuudet minimoituvat.
- projektitoiminnassa noudatetaan hyvää it-alan tietojärjestelmähankkeista tuttuja projektihallinnan menetelmiä, versiohallinnan ja dokumentoinnin käytäntöjä. Liikennemallien laadinnan tulee perustua avoimeen lähdekoodiin.
- Menettely tarkoittaa kuitenkin, että viranomainen vastaa henkilöliikennemallien ylläpidosta ja käyttökoulutuksesta. Vaihtoehtona on, että jokin tutkimuslaitos tai yliopisto ottaisi tehtävästä kokonaisvastuun. Valmiita organisaatioita rakenteita tai henkilöresursseja ei näillä tahoilla kuitenkaan ole. Konsulttimaailmaan ylläpidon tehtävät saattavat toisinaan istua heikosti.

Aikataulu

Toteutusaikataulu on laadittu siten, että henkilöliikenteen mallintamistyössä päästäisiin mahdollisimman joustavasti liikkeelle ja toisaalta että tehtäviä ei kasautuisi liikaa samaan ajankohtaan, jolloin kokonaisuuden hallinta on työlästä. Aikataulu on esitetty nykyisen mallijärjestelmän pienistä parannustoimenpiteistä irrallisena. Alan konsultoinnin resurssit ovat kummallekin kehityslinjalle osin yhteiset. Koska liikennemallien laadinta on prosessina haastava, on mallityössä järkevää ensimmäisissä estimoinneissa lähteä liikkeelle siitä aineistosta, joka on saatavilla. Myös

liikenneverkkojen laadinta kannattaa aloittaa mahdollisimman nopeasti, sillä verkkojen toteutukseen liittyy yksityiskohtia, joiden pohtiminen mallijärjestelmää ensi kertaa pystytettäessä vie oman aikansa. Valmistuttuaan liikenneverkko- ja linjastokuvaukset päivitetään ajantasaisiksi tyypillisesti muutaman vuoden välein muissakin Pohjoismaissa, kun perusennusteet lasketaan uudelleen.

Päivityksen kustannukset eivät enää näy toimintasuunnitelmassa. Suunnitelman mukaan mallijärjestelmä on kokonaisuudessaan käyttövalmis ensi kertaa vuonna 2027. Tämä johtuu pitkien matkojen aineiston puuttumisesta. Alueelliset mallit voisivat olla käytettävissä jo vuonna 2025. Vaihtoehdon 1 toteutusaikataulu on nopeampi, mutta tätäkin hidastaa pitkien matkojen aineiston puuttuminen. Seuraavaan taulukkoon on alustavasti hahmoteltu tehtävien toteuttamisajankohtia.

Pitkien matkojen mallin ja alueellisten mallien mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu on mahdollista aloittaa välittömästi. Tämä tehtävä ratkaisee osaltaan, miten pitkien matkojen otantatutkimus/-tutkimukset kannattaa toteuttaa. Tästä työvaiheesta tuloksena syntyy kokonaissuunnitelma mallijärjestelmän toteuttamisesta.

Pitkien matkojen otantatutkimuksen esisuunnittelu ja tutkimussuunnitelman laadinta voidaan aloittaa, kun mallijärjestelmän suunnitelmassa on voitu ottaa kantaa tutkimuskysymyksiin ja tutkimuksen kannalta tarkoituksenmukaiseen tiedonkeruun tapaan. Sen sijaan pitkien matkojen mallien estimointi on jätettävä vaiheeseen, jolloin otanta-aineisto on käytettävissä.

Alueellisten liikennemallien toteutus on mahdollista kokonaisuudessaan aloittaa ilman aikatauluviiveitä. Estimoinneissa voidaan hyvin käyttää vuoden 2016 aineistoa ja päivittää mallit myöhemmin vuosien 2021-2024 aineistoihin. Parametrien päivistyö on työmääränä kevyt, kunhan estimoinnin lähtöaineiston muodostaminen on automatisoitu mallien laadinnan yhteydessä.

Toteutusajankohta	Tehtävä
2020	Pitkien matkojen mallin ja alueellisten mallien mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu
	Pitkien matkojen mallin otanta-aineiston tiedonkeruu (hinta-arvio täsmentyy esiselvitysvaiheessa)
2021	otantatutkimusten esisuunnittelu (kaikki kulkutavat kattava kokonaistutkimus ja täydentävä matkatutkimus)
2021	tutkimussuunnitelman laadinta (sekä kokonaistutkimus että matkatutkimukset + matkatutkimus ja mahdollisesti Stated Choice -tutkimus)
2022-2024	tutkimuksen/tutkimusten toteutus (kesto riippuu siitä, toteutetaanko ympärivuotisena vai tiettyinä ajankohtana) valmistelu, tiedonkeruu ja analysointi
	Pitkien matkojen mallin laadinta
2022	liikenneverkkokuvaukset, linjastot sekä sijoittelufunktiot (myös dokumentointi ja ylläpidon suunnittelu), hinnoittelun ja maksujen käsittelytavan huomioiminen kuvauksissa
2024	estimoinnin lähtötiedot (vastukset, matkakustannukset, matka-ajat, liityntämatkat, väestörakenne, maankäyttö) ja yksityiskohtainen suunnitelma lähtötietojen muodostamiselle ennustetilanteessa
2025	estimointiaineistojen yhdistely
2025	mallien estimointi, myös apumallit
2025-2026	mallijärjestelmän koodaus
2026	pitkämatkaisen tavaraliikenteen ajoneuvomatriisien kytkeminen (matriisikäsittelyt ja jakoluvut) henkilöliikenteen sijoitteluihin
2023-2024	validointiaineistojen hankinta (kustannukset epäselvät, esimerkiksi ajankohtariippuvaisten kunta-kunta lähtö-määräpaikkamatriisien hinnan voinee tarkistaa Telialta), aineiston käytettävyyden testaus/varmistaminen

2023-2024	kalibrointiaineistojen hankinta (julkisten lipunmyyntitilastojen anti heikko), liikennelaskennoista päätieverkolla enemmän hyötyä
2026-2027	kalibrointi, validointi ja alustava testaus
2027	virheenetsintä, korjaukset, täydentävät testaukset
2024-2027	dokumentointi, raportointi, käyttöohjeet
Alueellisten mallien tarkentava suunnitelma	
2021	Yhteistyökäytännöt alueellisten mallien laadinnassa ja ylläpidon vastuissa
2021	Mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu
2021	aluejako, kulkutavat, liikenneverkko- ja linjastokuvaukset, verkkomallien tekninen suunnitelma (ennakkodokumentaatio)
2021	suunnitelman arviointi- ja hyväksytysmenettelyt ja muutosehdotukset
Alueellisten mallien laadinta	
2022	liikenneverkko- ja linjastokuvaukset alueellisiin malleihin
2023	estimoinnin lähtötiedot (myös apumallit), lähtötietoennusteiden suunnitelma
2023	estimointiaineistojen yhdistely
2024	estimoinnit
2024	mallijärjestelmän koodaus
2024	tavaraliikenteen ajoneuvomatriisien ja pitkien matkojen kytkentä sijoitteluihin
2023	satamien, lentoasemien ja muiden erityiskäsittely
2023	kalibrointi- ja validointiaineistot, liikennelaskennat, lipunmyyntitilastot, mahdolliset matriisimuotoiset tiedot, yhteistyössä alueviranomaisten kanssa (kustannukset epäselvät, esimerkiksi ajankohtariippuvaisten kunta-kunta lähtö-määräpaikkamatriisien hinnan voinee tarkistaa Teli-alta), aineiston käytettävyyden testaus/varmistaminen
2024	kalibrointi, validointi ja testaus (yhteistyössä alueiden kanssa)
2024-2025	dokumentointi, raportointi, käyttöohjeet
2025	alueellisten mallien päivitys uusimpaan HLT-aineistoon
Toistuvasti hankittavien lähtötietojen automatisoidut käsittelyproseduurit	
2022-2024	Kytkennot muun muassa Finagemalliin, väestöennusteisiin ja maankäyttöennusteisiin
2022-2024	Erilaiset lähtötietojen tuottamisen ja muuttamisen automatisointityökalut
Tulostustyökalut kysyntämalleihin vaikutusarviointityökalujen laadinta (osittain yhteinen alueellisille ja pitkille matkoille)	
2024	tietty hyöty-kustannuslaskelmien erät
2024	aika- kilometrisuoritteet, kulkutapaosuudet, matkustaja- ja ajoneuvomäärät
2024	saavutettavuuslaskelmat
2024	LIPASTOn tarvitsemat lähtötiedot
2024	lähtötiedot verotuottojen laskentaan, kustannusten ja maksujen arviointiin
2024	karttaliittymät
Mallien käyttö (yhteinen alueellisille ja pitkille matkoille), esimerkki	
2027	väestö- ja maankäyttötiedot, hinnat, talousmuuttajat
2027	liikenneverkkojen ja linjastojen päivitys (perusennusteissa ja vertailuvaihtoehtoissa)
2027	ennusteiden ja vaikutusarvioiden laadinta ja raportointi

Henkilöliikenteen mallien käyttöön ja ylläpitoon liittyvät tehtävät pidemmällä aikavälillä

Pitkän aikavälin toteuttamissuunnitelmassa liikenne-ennustemallien hallinnoinnin on oletettu olevan viranomaisten vastuulla. Alueelliset mallit palvelisivat seutujen ja maankuntien suunnittelutarpeita kuten Ruotsissa. Siten alueellisissa malleissa paikallistuntemuksen kytkeminen mallien käyttöön olisi välttämätöntä ja edellyttää vuorovaikutusprosessien käynnistämistä. Nykytilanteessa haasteena on, että Helsingin seutua lukuun ottamatta liikennemalliosaaminen on varsin ohutta. Myös valtion viranomaismallien kehittäminen ja ylläpitotyöhön tarvitaan useampia henkilöitä. Esimerkiksi Ruotsissa mallin kehittämiseen ja ylläpitoon osallistuu täysipäiväisesti noin viisi henkilöä.

Mallien ylläpitoon ja käyttöön osallistuu lisäksi 20 – 30 muuta henkilöä. Tukitehtävät liittyvät muun muassa lähtötietojen tuottamiseen, taustaennusteiden laatimiseen, liikennemallien tulosten tulkintaan, visualisointiin ja havainnollistamiseen. Tehtäviä on mahdollista jakaa viranomaisten, konsulttien ja tutkijoiden kesken. Suomessa liikennemallien kehittäminen, käyttö ja ylläpito edellyttävät henkilöresurssien kasvattamista niin henkilö- kuin tavaraliikennepuolellakin. Periaatteessa liikennemallien ylläpito on mahdollista toteuttaa julkisen sektorin voimin tai ulkoistaa. Nämä kaksi toimintatapaa johtavat todennäköisesti pitkällä aikavälillä erilaisiin haasteisiin (vrt. taulukko 2).

Toteutuksen ja käytön ulkoistaminen vaatii pienempiä henkilöresursseja viranomaispuolelle, mutta käytäntö on osoittanut, että silloin tilaaja ei välttämättä saa liikennemalleja, jotka vastaavat juuri toivottuihin kysymyksiin (vertaa Tanskan malli). Ruotsissa mallien käyttö ja ylläpito ovat pitkälti viranomaistyötä, mutta sielläkin mallien kehittämistyö on tilattu konsulteilta ja tutkijoilta. Kehittämistyössä on tullut hukkainvestointejakin, mikä toisaalta on myös luonnollinen osa oppimisprosessia. Suomessa Helsingin seudun liikenne vastaa itse mallien kehittämisestä ja ylläpidosta sekä mallin käyttäjien koulutuksesta. Konsultit ja tutkijat ovat osallistuneet työhön, mutta päävastuu kokonaisuudesta on ollut Helsingin seudun liikenteellä.

Helsingin seudun liikenteellä mallityöhön tiiviisti kytkeytyvää henkilöstöä on noin viisi asiantuntijaa. Näihin kuuluu ainakin mallin kehittäjä ja pääkäyttäjä, useampia liikenneverkko- ja Emme-osaajia, dokumentaation ja versiohallinnan ammattilainen. Lisäksi työhön osallistuvat lähtötietojen tuottajina paikkatietoasiantuntijoita ja liikkumistutkimuksen asiantuntijat.

Liikennemallien dokumentointi on ollut perusteellista ja myös tällä on osaltaan voitu varmistaa, että myös konsultit osaavat käyttää mallia. Liikennemallien käytöstä ei peritä maksua. Mallien käyttäjiä ovat Helsingin seudun liikenteen omaa henkilökuntaa, muita viranomaisia, konsultteja ja tutkijoita. Malleista on myös laadittu tarkennuksia seudun kuntien tarpeisiin muun muassa kehyskunnissa, joissa perusmallin aluejako ei ole ollut riittävän tarkka kuntakohtaisiin tarkasteluihin.

Helsingin seudun liikenne lienee mainituista esimerkeistä ainoa, jolla liikennemallien kehittämistyössä ja mallien käytössä ei ole tullut juurikaan katkoksia, jotka olisivat haitanneet ratkaisevasti seudullista liikennejärjestelmätyötä ja muita tarkasteluja. Mallipäivityksiä on tehty tasaiseen tahtiin ja edellinen versio on ollut toiminnassa, kunnes uusi versio on ehditty testaamaan huolellisesti. Helsingin seudun liikenteen tapa organisoida mallityö ja mallit ovat laajasti eri konsulttien käytössä.

Seuraavassa on listattu joitakin ylläpitoon liittyviä tehtäviä. Liikennemallien eri osaamisalueiden hallinta tilaajapuolella tukee jatkuvuutta: liikennemallien tulisi olla käytettävissä ilman katkoksia tulevina vuosina ja vuosikymmeninäkin. Liikennemallien teoreettisten taustojen ymmärtäminen vaatii erityisosaamista ja myös

tässä suhteessa väärinkäsitysten välttämiseksi vahva tilaajaohjaus tukee onnistumista. Liikennemallityö edellyttää myös hyvää liikennesuunnittelun ja vaikutusarviointien aihepiirin erityisasiantuntemusta. Ylläpidon ja käytön tehtäviin sisältyy

- vuorovaikutus valtion viranomaisten, ELY-keskusten ja kaupunkiseutujen sekä maakuntien kanssa
- alueellisten mallien ylläpidon organisointi (ELY-keskusten, kaupunkiseutujen ja maakuntien yhteistyö)
- perusennusteiden lähtötietojen kokoaminen (nykytila ja ennusteet)
 - väestörakenne (sosiodemografiset tekijät)
 - talousennusteet
 - maankäyttöennusteet
 - liikenneverkkojen ja linjastojen päivitys, palvelutaso ja hinnat
- perusennusteiden laadinta tai päivitys
- ennusteiden ja vaikutusarviointien laadinta, tehtävä voi olla osa ylläpitoa ja käyttöä tai kyse voi olla erillisistä toimeksiannoista
- yhteydet vaikutusarviointien laadintaan
- dokumentaation ja käyttöohjeiden ylläpito ja päivitys
- lisenssien ja käyttöilupien hallinta
- käyttökoulutus
- yhteisten laskentamenetelmien varmistaminen (esimerkiksi yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa)
- osaamisen ylläpito (sekä tilaaja- että toteuttajaorganisaatioissa)
- ennusteiden seuranta
- käytön seuranta, kehittämistarpeiden tunnistaminen
- alan kehityksen seuranta
- T&K-tyyppiset kokeilut, joista parhaat käytännöt implementoidaan tuleviin liikennemalleihin

Mainitut tehtävät toteutetaan viranomaisten, konsulttien ja tutkijoiden yhteistyönä.

Ylläpidon organisoinnin yhteydessä on myös päätettävä, mikä on ennusteiden päivitysväli, joka vaikuttaa myös vuotuisiin ylläpidon kustannuksiin. Voidaan harkita, että verkko- ja linjastokuvaukset päivitetään esimerkiksi kahden vuoden välein. Joukkoliikenteen linjastojen osalta ongelmana tulee olemaan linjastotietojen hajanaisuus. Olisikin tärkeää, että liikennöitsijät toimittaisivat tiedot linjoista viranomaisille keskitettyyn järjestelmään. Kattavan pitkämatkaisen linja-autoliikenteen kuvaus on nykytilanteessa haaste.

Kaupunkien väliset nopeat yhteydet on hallittavissa kohtuullisen helposti, mutta hitaampien ja harvavuoroisten linja-autoyhteyksien sekä tilausliikenteen hallinta tulee olemaan haasteellista. Juna- ja lentoliikenteen tiedot ovat vielä saatavissa helposti. Matkojen hinnoittelu vaihtelee nykyisin ajallisesti paljonkin, joten yhteysvälikohtaisten keskihintojen määrittäminen matkaryhmittäin (matkan ajankohta, liikematkavapaa-ajan matka) on oma suhteellisen mittava tehtävänsä.

Varsinaisia ennusteita kannattaa päivittää tilastoilla neljän-viiden vuoden välein. Ennusteiden päivittäminen koostuu pitkälti lähtötietojen päivittämisestä. Aluejako suunniteltaessa on syytä pitäytyä yleisissä aluejaoissa, jolloin nykytilan maankäyttötiedot saadaan suoraan. Näitä aineistoja ovat Tilastokeskuksen aineistot sekä yhdyskuntarakenteen seurantarjestelmän ruutuaineisto. Seudullisessa maankäytön suunnittelussa käytetään Tilastokeskuksen väestöennusteita lähtötietoina.

Ylläpidon kustannuksia voidaan keventää suunnittelemalla mallirakenne perusratkaisuiltaan riittävän yksinkertaiseksi. Tämä tarkoittaa, että alueellisissa malleissa ei pyritä esimerkiksi Helsingin seudun malleja yksityiskohtaisempaan väestöseg-

menttien ja matkaryhmien käsittelyyn. Alueellisten liikenneverkkokuvausten päivitykset voidaan toteuttaa seudullisena yhteistyönä paikallisviranomaisten kanssa. Sekä valtakunnallisten että alueellisten mallien liikenneverkko- ja linjastokuvausten yksityiskohtaisuus vaikuttaa ylläpidon kustannuksiin. Toisaalta liian karkealla verkkokuvauksella ei päästä verkollisiin ennusteisiin.

Ruotsissa vuositason ylläpidon ulkoiset kustannukset ovat vuositason arviolta joitakin satoja tuhansia euroja. Kehittämisen ja ylläpitotyöhön osallistuu 5 henkilöä täysipäiväisesti ja muuta tukiverkostoa on arviolta 20-30 henkilöä.

3 Tavaraliikenteen ennustemallit

3.1 Tavaraliikenteen ennustemallit Suomessa

Suomessa ei ole käytössä kokonaisvaltaista valtakunnallista tavaraliikenteen ennustemallijärjestelmää. Suomessa on käytössä erillisiä liikennemuotokohtaisia malleja ja Frisbee-malli, joka koskee Suomen ulkomaankaupan tavarakuljetuksia.

Seuraavassa kuvassa (kuva 17) on esitetty yhteenveto valtakunnallisissa tarkasteluissa käytetyistä Suomessa käytössä olevista tavaraliikenteen ennustemalleista sekä kuvattu tavaraliikenteen kuljetusmääräaineistojen sijoittelua liikenneverkoille.

Malli	FRISBEE	MERIMA	TRAMA	Tavaraliikenteen sijoittelut
Mitä tekee	Sijoittelee Suomen tuonti- ja vientikuljetukset eri kuljetusreiteille ja kuljetustavoille määritellyissä skenaariotilanteissa (systeemi-optimi)	Monipuolinen malli, laskee Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöt, hyvin monipuoliset skenaariot koko meriliikenteen, satamaparien ja reittien tasolla ja aluskäyntikohtaisesti	Laskee Suomen transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset (myyntitulot, arvonnalisuus, kerrannaisvaikutukset, ulkoiset kustannukset, väyläkustannukset) ja päästöt, monipuoliset skenaariot mahdollisia (kokonais- ja reittimallit)	Sijoittelee tiekuljetukset tieverkolle ja rautatiekuljetukset rataverkolle (nopeimmalle tai lyhyimmälle reitille). Voidaan huomioida talous- ja väestöennusteet jne.
Mitä lähtöaineisto ja sisältää	- Kuljetusmäärät: Tullin tilastot - Rahtihinnat, palveluhinnat ja muut reitin valintaan vaikuttavat tekijät (häiriöherkkyyden, läpimeno jne.); kysytty yritysiltä - Liikenneverkot	- Kuljetusmäärät: Liikenneviraston meriliikennetilastot - Yksikköpäästöt: johdettu VTT:n LIPASTOsta - Kuljetusetaisyys: laskettu internetin etäisyyslaskureilla	- Kuljetusmäärät: Liikenneviraston Martina-tietokannan tiedot (nyk. liikennetilastot) - Hinnat: yritys kyselyistä - Myös muita lähteitä (tarkistukset)	Kuljetusmäärät: Tilastokeskuksen tieliikenteen tavarankuljetustilastot, kunnasta kuntaan, Liikenneviraston matriisi rautatiekuljetuksista
Puutteet ja huomiot	Käyttää STAN-ohjelmaa, jonka ylläpitoa tuki lopetettu	Merikuljetusten muuttuvat käyttövoimat huomioitava kaikissa päivityksissä	Kuorma-autoilla tapahtuvan kappale-tavaratransiton romahdettua mallia ei ole päivitetty uusilla tiedoilla, kokonaistransito tonneissa mitattuna kasvanut (junatransito länteen)	Kukin kuljetustapa sijoitellaan aina erikseen

Kuva 17. Yhteenveto Suomessa käytössä olevista tavaraliikenteen malleista ja ohjelmistoista.

3.1.1 Frisbee-tavaraliikennemalli

Frisbee-tavaraliikennemalli on liikenne- ja viestintäministeriön tilauksesta vuonna 2000 tehty Itämeren ja Barentsin alueen tavaraliikenteen tietojärjestelmä, FRISBEE. Frisbee-tavaraliikennemalli on STAN-ohjelman (Network optimization model, nonlinear multiproduct multimode assignment, minimizes the total generalized system cost) sovellus. STAN on systeemitason suunnitteluohjelmisto, jolla voidaan samanaikaisesti tarkastella useita tavararyhmiä ja kuljetustapoja ja myös reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä voi olla useita. STAN kehitettiin Montrealin yliopistossa Kanadassa 1980-luvulla. Ohjelman tekninen tuki ja kehitystyö olivat vuodesta 1988 lähtien INRO Consultants -yrityksen vastuulla, kunnes ohjelman kehitystyö lopetettiin 2000-luvun alussa. STAN toimii ainoastaan 32-bittisissä tietokoneissa.

Frisbeessä oleva tieto kerättiin ja määritettiin STAN-ohjelmaan sopivaksi vuonna 1996 käynnistyneessä STEMM-projektissa (Strategic European Multi-Modal Modelling).

Frisbee-malli sisältää kuljetusverkot Suomessa ja karkeasti muissa Euroopan maissa sekä merillä aina muihin maanosiin asti. Suomessa tieverkkona on päätieverkko ja rataverkkona koko rataverkko. Muissa maissa tie- ja rataverkot ovat karkeammalla tasolla. Laivakuljetusten verkkoina ovat ns. hakurahtiverkko, joka on kytketty kaikkiin mukana oleviin satamiin sekä yhteydet säännöllisen vuorovälin laivayhteyksille. Nämä säännöllisen vuorovälin laivayhteydet on esitetty yhtenä linkkinä lähtösataman ja määränpääsataman välillä. Mallissa ei ole lentoliikenteen yhteyksiä mukana.

Frisbeessä kysyntänä on Suomen ulkomaankaupan tuonnin ja viennin tonnimäärät vuonna 2018 maittain (lähde Tulli). Maakohtaiset kuljetusmäärätiedot on jaettu edelleen maiden sisällä osa-alueille tarkemmiksi lähtö- ja määräapaikkatiedoiksi. Tavararyhmiä mallissa on 13. Ryhmät perustuvat kansainväliseen SITC2-luokitukseen. Suomessa osa-aluejakona on seutukuntajako ja esimerkiksi Ruotsissa maakuntajako.

Mallissa kaikki reitin ja kuljetustavan valintaan vaikuttavat hinnat ovat keskimäärisiä tavararyhmä- ja kuljetusmuotokohtaisia ja ne on määritetty yritys-kyselyjen perusteella erikseen kuljetusvaiheille ja terminaalivaiheille (esimerkiksi satamat). Reitin ja kuljetustavan valintaan vaikuttavina tekijöinä mallissa ovat operointihinta (markkinahintana), kuljetusaika ja läpimenoaika terminaaleissa (satamat ja rajanylityspaikat), tavararvo, vaihto-omaisuuteen sitoutunut pääoma, vahingoittumisriski ja laivaliikenteen frekvenssi.

Frisbee-malli sijoittelee Suomen tuonti- ja vientikuljetukset kuljetusreiteille (verkoille) ja kuljetustavoille ottamalla huomioon kaikki reitin ja kuljetusmuodon valintaa vaikuttavien tekijät. Näitä tekijöitä voidaan sijoittelussa myös painottaa eri tavoilla. Aina kun malliin tehdään muutoksia, malli optimoi koko kuljetuskysynnän sijoittelemalla sen uudelleen kuljetusverkoille ja kuljetustavoille optimilla tavalla (systeemi-optimi).

Kysyntäennusteet voidaan laatia mallissa tavararyhmittäin esimerkiksi talouden ennusteisiin tai tuotantorakenteen muutosennusteisiin perustuen.

3.1.2 MERIMA – Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästölaskentamallit

MERIMA-mallit laskevat Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästöt, niiden ulkoiset kustannukset sekä polttoaineen kulutuksen ja polttoainekustannukset. Mallit on rakennettu asiantuntijoiden, erityisesti merenkulku- alan viranomaisten ja niiden sidosryhmien käyttöön. Mallien tilaajina ovat olleet Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi ja Liikennevirasto. Malleja on kehitetty vuosina 2009–2018 ja seuraava päivitys suunniteltu tehtäväksi vuonna 2020. (kuva 18Kuva)

Malleissa käytetään lähtöaineistoina Liikenneviraston / Traficomien ulkomaan meriliikenteen tilastoja, joissa kunkin Suomen sataman ja kunkin ulkomaan sataman välillä vuodessa kuljetetut tavaratonnit on tilastoitu alustyypeittäin ja tavaralajeittain. Muita lähtötietoja ovat Suomen ja ulkomaan satamien väliset meriväyläetäisyydet, yksikköpäästökertoimet, yksikköpäästökustannukset ja polttoaineiden hinnat. Alustyyppikohtaisten päästöjen ja polttoaineen kulutuksen laskennassa käytetyt yksikköpäästökertoimet on saatu VTT:n LIPASTO-tietokannasta. Yksikköpäästökertoimia tarkennettiin alustyyppikohtaisesti malleihin. Malleissa päästöjen laskenta on tehty tonnikilometrien ja lastitonkien sekä tyyppialusten yksikköpäästöjen avulla.

Kokonaispäästömalli laskee Suomen meriliikenteen kokonaispäästöt niiden ulkoiset kustannukset sekä polttoaineen kulutuksen ja polttoainekustannukset. Päästövertailumallilla voidaan tehdä vertailulaskelmia valitun satamaparin vuoden 2017 liikenteen perusteella tai aluskäyntikohtaisesti. (kuva 18Kuva)

Malleilla voidaan tehdä monipuolisia skenaarioita koko Suomen merikuljetusten, satamaparien ja reittien tasoilla muuttamalla muun muassa alusten keskimääräistä nopeutta, täyttöastetta eri alustyypeillä, alustyyppien osuuksia, tavaralajien osuuksia, eri käyttövoimien osuutta, kuljetusten lähtö- ja kohdealueita, aluskojoja jne. Teknisesti mallit on toteutettu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Mallien tuloksia on käytetty jatkuvasti muun muassa IMO:n ja EU:n tilaisuuksissa. Kokonaispäästömalli sisältää tietokannan Suomen ulkomaan merikuljetuksista satamittain, tavaralajeittain ja alustyypeittäin sekä tiedot kuljetusetaisyyksistä ulkomaan satamiin.

MERIMA

PÄÄSTÖLASKENTAMALLI SUOMEN KANSAINVÄLINEN MERILIIKENNE TAVARAKULJETUKSET

Kieli - Language
☒ suomi
☐ English

SISÄLTÖ

Valitse

Päästöt kaikilla merialueilla	
Päästöt Itämerellä	
Päästöt Pohjanmerellä ja Englannin kanaalissa	
Päästöt muilla merialueilla	
Päästöt Pohjois-Amerikan SECA-alueilla	
Päästökustannukset	
Aikasarjat, alustyyppit	
Aikasarjat, tavaralajit	
Aikasarjat, liikennealueet	
Skenaariot, alustyyppit	
Skenaariot, tavaralajit	
Skenaariot, liikennealueet	
Skenaariot, nesteytetty maakaasu alusten polttoaineena	
Tyypialukset	
Polttoaineiden hinnat ja rikki- ja pitoisuudet	
Mallin kuvaus	
Ohjausryhmä ja mallin tekijät	

Kieli - Language
☒ suomi
☐ English

MERIMA

SUOMEN KANSAINVÄLISEN MERILIIKENTEEN TAVARAKULJETUSTEN PÄÄSTÖVERTAILUMALLI VUOSI 2017

SISÄLTÖ

Valitse

Päästöjen vertailu reiteittäin	
Päästöjen vertailu aluskäyntikohtaisesti	
Tyypialukset	
Mallin kuvaus	
Ohjausryhmä ja mallin tekijät	

Kuva 18. MERIMA-mallien käyttöliittymät.

3.1.3 TRAMA – Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset -mallit

TRAMA-malleilla arvioidaan, seurataan ja analysoidaan transitoliikenteen tavarakuljetuksista Suomelle koituvia taloudellisia vaikutuksia (myyntitulot, arvonlisäys, kerrannaisvaikutukset, ulkoiset kustannukset ja työllisyysvaikutukset) sekä päästövaikutuksia.

Mallit toimivat apuna transitoliikenteestä Suomelle koituvien taloudellisten hyötyjen ja haittojen sekä työllisyysvaikutusten arvioinnissa, talousvaikutusten kehittämisen seurannassa, valtakunnallisten ja alueellisten strategioiden kehittämisessä, Suomen näkökantojen esittämisessä eri tahoilla sekä investointien ja infrastruktuurihankkeiden hyöty- ja kustannustarkasteluissa.

Mallien tilaajia olivat Liikennevirasto, Liikenne- ja viestintäministeriö, Keski-Pohjanmaan liitto, Kymenlaakson liitto, HaminaKotka Satama Oy, Helsingin satama, Liikelaitos Kokkolan satama, Suomen Huolintaliikkeiden Liitto ry ja Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry. Malleja on kehitetty vuosina 2006–2013.

TRAMA koostuu kahdesta mallista (kokonaisvaikutukset laskeva malli, kuva 19 ja reittivertailumalli), joilla voi tehdä monipuolisia skenaarioita muuttamalla tavaryhmien osuuksia, kuljetusmuotojen osuuksia, reittejä jne. ja vertailla taloudellisten vaikutusten ja päästöjen muutosta. Kokonaisvaikutukset laskevalla mallilla voidaan tuottaa myös aikasarjoja. Mallit on tarkoitettu viranomaisien ja ohjausryhmän jäsenten käyttöön.



TRAMA

TRANSITOLIIKENTEEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET TIETOKONEMALLI

SISÄLTÖ

TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	Valitse
Yhteenveto	☐
Julkinen yhteenveto	☐
Kokonaisliikenteen aikasarjat	☐
Lastityyppikohtaiset aikasarjat	☐
Reittikohtaiset aikasarjat	☐
Arvonlisäyksen ja työllisyyden aikasarjat	☐
Lastityyppi- ja satamakohtaiset skenaariot	☐
Kuljetusmuotojakaumakohtaiset skenaariot	☐
PÄÄSTÖT	
Yhteenvetotaulukko	☐
Aikasarjat	☐
Lastityyppi- ja satamakohtaiset skenaariot	☐
Kuljetusmuotojakaumakohtaiset skenaariot	☐
KARTTA TRANSITOLIIKENTEEN PÄÄREITEISTÄ	☐
KUVAUS JA LASKENTAPERUSTEET	☐
OHJAUSRYHMÄ JA TEKIJÄT	☐

Kuva 19.

TRAMA -kokonaisvaikutukset laskevan mallin käyttöliittymä.

Malleissa on käytetty transitoliikenteen lähtöaineistona Liikenneviraston Martintietokannan tietoja (nykyisin Tullin, Traficom ja Tilastokeskuksen tilastoja), yksikköhintoja muun muassa yrityshaastatteluista ja internetistä saatuja hintoja sekä alusliikenteen tilastoja, Tiehankkeiden arviointiohjetta ja Ratainvestointien arviointiohjetta.

Kokonaisvaikutukset laskeva malli laskee Suomen idän transitoliikenteen vuosittaiset Suomelle kohdistuvat kokonaistaloudelliset vaikutukset ja kokonaispäästömäärät vuosina 2005 - 2012. Malli laskee myös transitoliikenteen vaikutukset työllisyyteen ja transitoliikenteen tuoman arvonlisäyksen kansantaloudelle. Reittivertailumallilla voidaan vertailla eri kuljetusreittien ja -ketjujen taloudellisia ja

päästövaikutuksia. Teknisesti mallit on toteutettu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

Malleja ei ole päivitetty sen jälkeen, kun itään suuntautuva kappaletavaran kuorma-autotransito tyrehtyi, vaikka kokonaistransito on länteen päin suuntautuvan rautatietransiton ansiosta kasvanut.

3.1.4 Tavaraliikenteen sijoittelut

Tavaraliikenteen sijoitteluja liikenneverkoille voidaan tehdä liikenteen suunnittelu- ja mallinnusohjelmilla, joista seuraavassa on kuvattu Emme-ohjelma.

Emme on kanadalaisen INRO Consultants -yrityksen ylläpitämä ja tukema ohjelmisto liikenteen suunnitteluun. Emmeä voidaan käyttää liikenteen mallinnus- ja analyysityökaluna liikennejärjestelmätason tarkasteluihin. Sillä voidaan sijoitella ajoneuvot tai tonnimäärät kuljetusverkolle annettujen vastusfunktioiden perusteella (käyttäjäoptimi).

Emme-ohjelmistoa on käytetty tavaraliikenteessä lähinnä kuorma-autoliikenteen tonnimäärien sijoittamisessa tieverkolle. Lähtötietoina on käytetty Tilastokeskuksen kunnasta kuntaan tavaravirta-aineiston keskiarvoa usealta vuodelta. Viimeisin tavaravirta-aineiston keskiarvo on vuosilta 2016, 2017 ja 2018. Myös rautateiden tavaravirtoja on sijoiteltu rataverkolle. Lähtötietona on käytetty muun muassa Liikenneviraston teettämää ja kyselyyn perustuvaa kunnasta kuntaan tavaravirtamatriisia.

Emmessä tavaravirrat on yleensä sijoiteltu kaikki nopeimmalle -periaatteella eli kaikki virrat sijoittuvat aina nopeimmalle reitille. Matka-ajan perusteena alueparien välillä on raskaan liikenteen vapaa nopeus.

Kysyntäennusteet voidaan laatia Emmessä esimerkiksi talousennusteisiin tai esimerkiksi kulutustavaroiden osalta kuntakohtaisiin väestöennusteisiin perustuen. Sijoittelemalla ennustekysyntä tieverkolle ja vertaamalla tuloksia nykytilannematriiseilla tehtyihin sijoittelutuloksiin saadaan selville kuljetusmäärien muutokset tieosittain.

3.1.5 Tavaraliikenteen alueelliset ennustemenettelyt

Alueellisissa liikennemalleissa on tarve saada myös raskaan tieliikenteen määrät mukaan tarkasteluihin. Tavaraliikenteen ennusteita tarvitaan alueellisissa malleissa muun muassa tieliikenteen kokonaisvolyymien arviointiin ja tavaraliikenteen määrä vaikuttaa muun muassa henkilöliikenteen ruuhkautumiseen. Elinkeinoelämän ja siten kuljetustarpeet voivat vaihdella nopeastikin esimerkiksi silloin, kun yksittäisen suuren teollisuuslaitoksen, kaupan suuryksikön tai muun vastaavan yrityksen toiminta alueella käynnistyy tai lakkautetaan. Vaikka tavaraliikenteen mallintamisessa on muun muassa edellä mainittu haasteensa, on seudullisissa liikennemalleissa tarpeen tarkastella myös alueellista tavaraliikennettä.

Seudullisissa liikennemalleissa onkin haettu suoraviivaisia menetelmiä tavaraliikenteen mallintamiseksi. Eräs käytetty tapa on määrittää yksinkertaiset tuotos- ja attraktiokertoimet kuorma- ja pakettiautoille perustuen asukas- ja työpaikkamääriin ja karkeaan toimialakohtaiseen jaotteluun (teollisuus, palvelut, logistiikka, muut työpaikat). Kertoimien avulla saadaan määritettyä kuorma- ja pakettiautojen matkatuotokset alueilla sekä niiden suuntautuminen alueen sisällä. Helsingin seudun liikenteen tavaraliikennetutkimuksesta on saatavissa myös tuotoskertoimia. Matkatuotosoppaassa (Kalenoja et al. 2008) on listattu joidenkin toimialojen suuntaa-antavia tuotoskertoimia. Vastaavaa menettelyä voidaan soveltaa myös seudun ulkoisen tavaraliikenteen osalta. Jos lisäksi tiedetään kunnan kuljetusten

määrä, voidaan tietoa käyttää kuljetusmatriisien skaalaamiseen. Alueellisten kuljetusten kokonaismäärät on hyvä suhteuttaa nykytilanteessa Tilastokeskuksen tavarankuljetustilastosta jalostettuun kuntatarkasteluun ja ennustetilanteessa valtakunnallisiin tavaraliikenteen kuljetuksiin.

3.2 Tavaraliikenteen ennustemallit muissa maissa

3.2.1 Ruotsi

Ruotsissa on käytössä kansallinen Samgods-tavaravirtamalli, jota hallinnoi Ruotsin valtion tie-, rautatie-, merenkulku- ja ilmailuliikenteen viranomainen Trafikverket. Mallin viimeisin versio on 1.1.1, jossa mallin datan perusvuosi on 2012 ja tavoitevuosi ennusteiden laskemiseksi 2040.

Mallin toiminta ja lähtötiedot

Samgodsin malliosa koostuu kolmesta erillisestä osamallista, joita ovat logistiikkamalli, rautatiekapasiteettimalli ja liikenteen sijoittelumalli. Logistiikkamalli jakaa erityyppiset hyödykkeet kuljetusketjuiksi minimoiden logistiikkakustannuksia ja rautatiekapasiteettimalli mallintaa rautateiden kapasiteettirajoitteita.

Mallissa lähtökohtana on kuljetusmuodot ylittävä tarkastelu eli se sisältää kaikki tavaraliikenteessä käytettävät kuljetusmuodot. Malli kuvaa kuljetusvirrat lähtien tuotannosta ja päättyen käyttökohteisiin. Kuljetusvirrat on kuvattu malliin matriisirakenteella. Tavaravirtojen lähtö- ja määräpaikat on määritetty vyöhykkeittäin. Vyöhykkeitä (osa-alueita) on yhteensä 464. Ruotsissa näistä vyöhykkeistä on 290 ja ulkomailla 174 vyöhykettä painotuksen ollessa Ruotsin tärkeimmissä vientimaissa. Esimerkiksi Suomessa malliin on määritetty 18 vyöhykettä.

Tavaravirrat perustuvat työpaikkatietoihin jaettuna kolmeen eri kokoluokkaan työntekijämäärän mukaisesti. Liikevaihtoa ei ole huomioitu. Tavaravirrat on jaoteltu 35 tavaralajiryhmään. Tavaravirroille on määritetty 67 erilaista kuljetusketjua, jotka kattavat kaikki tarvittavat kuljetusketjut kaikilla kuljetusmuodoilla ja niiden kombinaatioilla. Näihin on määritetty tyyppikalusto, joita esimerkiksi tiekuljetuksissa on kuusi erilaista. Näitä käytetään mallissa tiekuljetusosuuksien operointiin. Tiekuljetuksissa tyyppikalustona on 6 erilaista, rautateillä 11 erilaista ja merikuljetuksissa 22 erilaista kuljetusvälinettä sekä lentoliikenteessä yksi kuljetusväline. Malliin on koodattu myös terminaaliverkosto ja erilaiset logistiset solmupisteet, joiden välille on koodattu pääkuljetusmuoto ja toissijainen kuljetusmuoto. Kuljetusten linkittyminen muihin kuljetusmuotoihin liittyy terminaalirakenteeseen ja logistiseen solmupisteverkostoon, joissa siirto kuljetusmuodosta toiseen tapahtuu.

Lähtömatrissidata on tavoitteena päivittää neljän vuoden välein Trafikverketin suunnitteluperiodien mukaisesti. Lisäksi mallia kehitetään jatkuvasti.

Mallin optimointilogiikka toimii tuoteryhmäkohtaisesti ja malli perustuu kokonaislogististen kustannusten minimointiin. Optimaalisen toimituserän laskennassa on käytetty logistiikan suunnittelun yhtä peruskaavaa, Wilsonin kaavaa, taloudellissimman toimituserän eli EOQ:n laskemiseksi. Alkuperäinen kaava ei sisällä kuljetuskustannuksia, joten se on lisätty Samgods-mallissa käytettyyn laskentaan mukaan.

Mallilla voidaan tehdä erilaisia hyöty- ja kustannuslaskelmia erilaisten toimenpiteiden vaikutustarkasteluissa. Malli perustuu määriteltyihin vyöhykkeisiin, mutta tulevaisuudessa on tarkoituksena mallintaa kuljetusvirtoja tarkemmin myös aluetasolla.

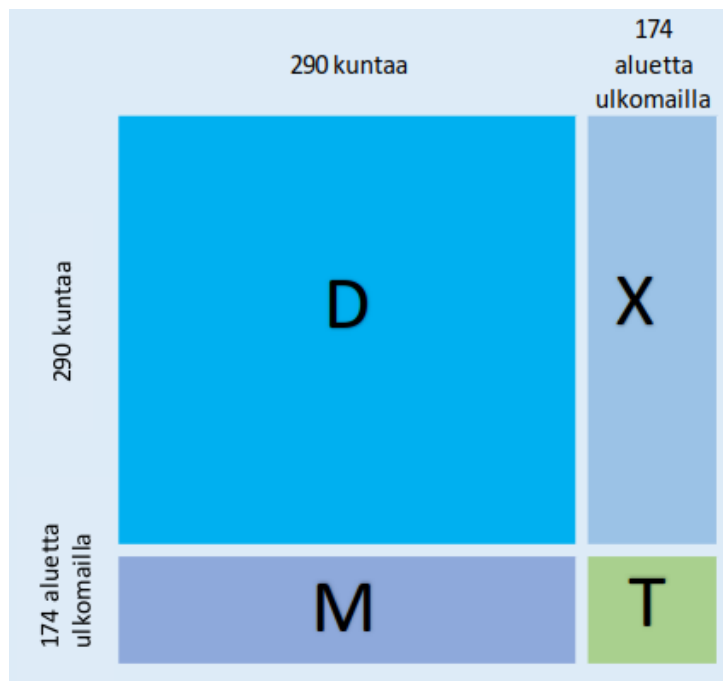
Teknisesti Samgods-malli toimii Cube Voyager -ohjelmistolla, joka on lisensoitu tuote. Muut tarvittavat tukiohjelmat eivät edellytä lisenssiä. Cube Voyager -ohjelmisto on Citilabs-yhtiön kehittämä liikenteen mallinnukseen käytettävä ohjelmisto. (Citilabs 2020)

Ruotsin rajoille on määritelty terminaalit, joiden kautta valitut kuljetusketjut kulkevat. Samoin tukkukaupan keskusvarastot toimivat niissä kunnissa, joissa niitä on. Mallissa ne toimivat tavallaan välikuluttajina. Rajaterminaalien kautta ohjataan myös transitokuljetukset, jotka on pääasiassa konvertoitu vanhasta STAN-mallilla tehdystä Samgods-versiosta. Kullakin 35 tavaralajiryhmällä on PWC-matriisinsa (semanttinen tuotanto-tukkukauppa-kulutus-matriisi). Kukin matriisin lähöpaikka-määräpaikka-elementti sisältää noin kaksikymmentä tietoa kuten:

- Onko lähetävä yksikkö varsinainen tuottaja vai tukkukauppa
- Kuljetusvirran jakautuminen erikokoisten yritysten välille kymmenenä vaihtoehtona (pieni/keskikoinen/suuri yritys ja yksi erityinen suuryritystyyppi)

PWC-jaottelu kuntiin tapahtuu lähinnä toimialoittaisen työssäkäyntitilaston (työvoimatilaston) perusteella.

Centre for Transport Studies on tehnyt mallista analyysin ja arvion sen sovellettavuudesta. Tässä analyysissä mallin ongelmakohtaksi tunnistettiin sen teoreettisuus tai laskennallisuus. Samgods-malli ei perustu todelliseen empiiriseen dataan, vaan laskennallisiin oletuksiin perustuviin valintoihin. Tosin Ruotsissa on toteutettu tavaravirtatutkimus Samgods-ryhmän tarpeisiin, vaikka viimeisimmän tutkimuksen tulokset (2016) eivät olekaan mukana uusimmassa 1.1.1. versiossa (perusvuosi 2012). Semanttinen "Tuotanto-Tukkukauppa-Kulutus" (PWC) -matriisi Ruotsin Samgods -mallissa:



Kuva 20. Semanttinen "Tuotanto-Tukkukauppa-Kulutus" (PWC) -matriisi Ruotsin Samgods -mallissa (Väylävirasto 2019).

Mallin kehittämis- ja käyttökustannukset

Samgods-mallin ylläpito-, kehittämis- ja tutkimuskustannukset on esitetty seuraavassa taulukossa (taulukko 8). Vuosina 2013-2017 kustannukset ovat olleet

550 000–860 000 euroa vuodessa (1 kruunu = 0,095 euroa). Esimerkiksi vuonna 2017 kustannukset olivat yhteensä noin 680 000 euroa, josta ylläpitokustannukset olivat noin 183 000 euroa, kehittämiskustannukset noin 245 000 euroa ja tutkimuskustannukset noin 253 000 euroa. Jotkut kehittämiseen ja tutkimukseen liittyvät kustannukset ovat mallin ajan tasalla pitämisen kannalta välttämättömiä, joten niitä voidaan pitää myös ylläpitokustannuksina. Trafikverketin henkilöstökustannusten osuus kaikista kustannuksista on vaihdellut vuosittain 14–26 %:n välillä ja malli on vaatinut Trafikverketiltä 1,2–2,1 henkilön työpanosta vuodessa.

Alla olevassa taulukossa olevat kustannukset eivät sisällä joka toinen vuosi toteutettavan laajan herkkyyssanalyysit sisältävän ennusteen kustannuksia, vaan ennusteelle on oma erillinen rahoitus.

Vuosi	Ylläpito	Kehittäminen	Tutkimus	Yhteensä	Trafikverketin henkilöstökustannusten osuus
	milj.euro	milj.euro	milj.euro	milj.euro	
2013	0.14	0.27	0.21	0.62	26 %
2014	0.14	0.51	0.17	0.82	16 %
2015	0.08	0.27	0.18	0.53	20 %
2016	0.28	0.33	0.23	0.83	17 %
2017	0.18	0.24	0.24	0.66	14 %

Taulukko 6. Samgoods mallin toteutus- ja ylläpitokustannukset vuosina 2013 - 2017.

Samgoods-mallin kehittäminen alkoi vuonna 2004. Ensimmäisinä vuosina sitä kehitettiin yhdessä norjalaisten kanssa. Kehittämiskustannukset jaettiin Norjan ja Ruotsin kesken. Organisaatiomuutosten vuoksi aikaisempien vuosien kustannuksia ei ole käytettävissä.

Mallissa lähteenä käytettävä tavaravirtatutkimus tehdään joka neljäs vuosi. Tavaravirtatutkimuksen kustannus on yhteensä noin 570 000 euroa (6 miljoonaa kruunua) ja se jakautuu puoliksi Trafikverketin ja Ruotsin valtion Trafikanalys -viraston kesken.

Mallin ohjelmistokustannukset koostuvat lähes pelkästään Cube-ohjelman lisenssikustannuksista. Cuben kustannus on noin 15 500 euroa (alv 0 %) vuodessa sisältäen kuusi käyttöoikeuslisenssiä. Lisälisensseistä on maksettava noin 9 500 euron aloitusmaksu. Ohjelmaan saa ostettua tuen ja ylläpidon 18 %:n lisämaksulla. Virtuaalista serveriä käytettäessä hintoihin lisätään 25 %. Muut ohjelmistokustannukset ovat erittäin alhaisia tai niitä ei ole lainkaan.

Ruotsissa Samgoods-mallia käyttää konsulttiyrityksissä ja muissa organisaatioissa säännöllisesti arviolta kymmenen henkilöä ja lisäksi väliaikaisesti muutamia henkilöitä esimerkiksi väitöstutkimuksissa ja muissa erityistehtävissä. (Trafikverket 2020 ja Citilabs 2020)

3.2.2 Norja

Norjassa on käytössä Nasjonal godstransportmodell -tavaraliikennemalli, jonka omistaa Norjan valtion liikenneviranomaiset (tie-, rautatie-, rannikkomeriväylä- ja ilmailuviranomaiset). Malli koostuu perusmatriiseista, kustannusfunktioista ja yksityiskohtaisesta kuljetusratkaisun valintaan käytettävästä logistiikkamallista. Perusmatriisit ja kustannusfunktiot ovat lähtötietoja logistiikkamalli-sovellukseen, jonka on kehittänyt ja ohjelmoinut hollantilainen Significance -tutkimusyhtiö. Mallia ajetaan Cube-mallinnusohjelmaan kehitetyn käyttöliittymän avulla. Cubeen mallin on vienyt Norjan kuljetustalousinstituutti TØI ja kustannusmallin on tehnyt norjalainen konsulttiyritys SITMA.

Mallin toiminta ja lähtötiedot

Norjan tavaraliikennemallissa on kysyntä- ja tarjontaosat. Kysyntä koostuu Norjan kuntien sekä Norjan ja ulkomaiden välisistä tavaravirtamatriiseista ja PINGO-mallista saadusta Norjan tavaraliikenteen kysyntäennusteesta. Tarjontaa edustaa tavaramalli, joka koostuu Cube Voyager -ohjelmalla toteutetusta liikenneverkkomallista ja logistiikkamallista. Optimaalinen kuljetusvaihtoehto saadaan minimoimalla logistiikkakustannukset liikenneverkkomallista haettuihin kuljetusetäisyyksiin ja kuljetusaikaan perustuen. Liikenneverkkomallia voidaan myös käyttää tavaravirtojen karttakuvien tekemiseen.

PINGO on yleinen tasapainomalli, jossa on maantieteellinen vyöhykejako. Malli edustaa koko Norjan taloutta ja sillä lasketaan vyöhykkeiden välisten ja vyöhykkeiden sisäisten tavaravirtojen suhteellisia muutoksia. PINGOssa on 89 vyöhykettä Norjassa ja seitsemän vyöhykettä ulkomailla. Norjan sisäinen vyöhykejako vastaa Norjan talousalueita ja ulkomaiden vyöhykejako Norjan tärkeimpiä kauppakumppaneita. Mallissa on yhteensä 35 toimialaa, joista 19 tuottaa tavaroita ja loput yksityisiä ja julkisia palveluita. PINGO-malli ei kuulu suoraan osana Nasjonal godstransportmodell -tavaraliikennemalliin.

Tavaramallin tärkeimmät osat ovat tavaravirtamatriisit, yritysten lukumäärät vyöhykkeissä, kustannukset, liikenneverkot ja optimointimenetelmät. Tavaravirtamatriiseissa on Norjan kuntien ja ulkomaiden väliset vuotuiset tavaramäärät 39:ssä tuoteryhmässä. Matriisit perustuvat PINGOn tavaraliikenteen ennusteisiin vuosille 2018, 2022, 2030, 2040 ja 2050. Kustannuksista mukana ovat tavaroiden kuljetamiseen liittyvät kustannukset, joita ovat kuljetusetäisyydestä riippuvat kustannukset, lastaus- ja purkukustannukset, uudelleenlastauskustannukset, kuljetettavien tavaroiden pääomakustannukset ja logistiikkakustannukset. Liikenneverkkoja ovat tie-, rautatie-, meri- ja lentoliikenteen verkot, joista saadaan kuljetusetäisyydet, kuljetusajat jne. kuljetuskustannusten laskentaa varten. Kuljetuskustannukset minimoidaan optimointimenetelmässä valitun kuljetuserän koon ja kuljetusketjun perusteella.

Vyöhykkeiden väliset tavaravirrat perustuvat yritysten välisiin toimialaluokittaisiin tavaravirtoihin. Tavaravirrat ennustetaan kullekin vuodelle liiketoiminnan talousmuutosten perusteella, mutta vyöhykkeiden yritysten määrät säilyvät samana ennustejaksolla. Verkkomallista saatuja kuljetusetäisyyksiä ja kuljetusaikoja käytetään perustana optimaalisen kuljetusvaihtoehdon kuljetuskustannusten laskemisessa. Kuljetuskustannusten laskenta sisältää tiedot tavaroiden kuljetuserän koosta ja kuljetustiheydestä. Kauttakulkuterminaalit, satamat ja rautatieterminaalit sekä suurimmat kuljetuksia synnyttävät kaupat koodataan mukaan verkkomalliin.

Cube Voyager -ohjelmistolla toteutetun verkkomallin avulla muodostetaan mallin eri vyöhykkeiden välillä matriiseja kuljetus-, etäisyys- ja puomi-/lauttakustannuksilla (ns. LoS-data). Tällaiset matriisit luodaan kaikille kuljetusmuodoille ja suuralle joukolle ajoneuvotyyppjä kullakin kuljetusmuodolla. Nämä matriisit kerrotaan kuljetusajan ja -etäisyyden yksikkökustannuksilla, ja yhdessä erityyppisten terminaalikustannustietojen kanssa saadaan kaikki kuljetuskustannukset kahden tietyn vyöhykkeen välillä. Yhdessä muiden logistiikkakustannusten, kuten varastoinnin, tilauskustannusten jne. kanssa, laskettuja kuljetuskustannuksia käytetään optimaalisen kuljetusratkaisun löytämiseen kaikille Norjaan tuleville ja Norjasta lähteville kuljetusvirroille.

Mallia ei päivitetä joka vuosi, mutta esimerkiksi perusmatriiseja ja kustannusfunktioita päivitetään ajoittain samoin kuin liikenneverkkoja yhdessä henkilöliikennemallin kanssa. Mallin käyttäjät haluavat ajoittain malliin uusia toiminnallisia ominaisuuksia, joiden toteuttaminen budjetoidaan mallia päivittäville TØI:lle, SITMA:lle ja Significancelle.

Mallin kehittämis- ja käyttökustannukset

Mallin kehittämis- ja käyttökustannuksia ovat mallin päivittämisestä, kehittämisestä, ohjelmistosta ja lähtöaineistoista koostuvat kustannukset. Ohjelmistokustannukset koostuvat Cube Voyager -ohjelman lisenssien hankkimisesta ja hinta riippuu lisenssien määrästä. Mallin muista kustannuksista ei ole tietoa, koska mal-
leja on kehitetty useiden vuosien aikana tai niistä ei ole muuten saatavissa kokonaisvaltaista tietoa. (TØI 2017a, TØI 2017b ja TØI 2020)

3.2.3 Tanska

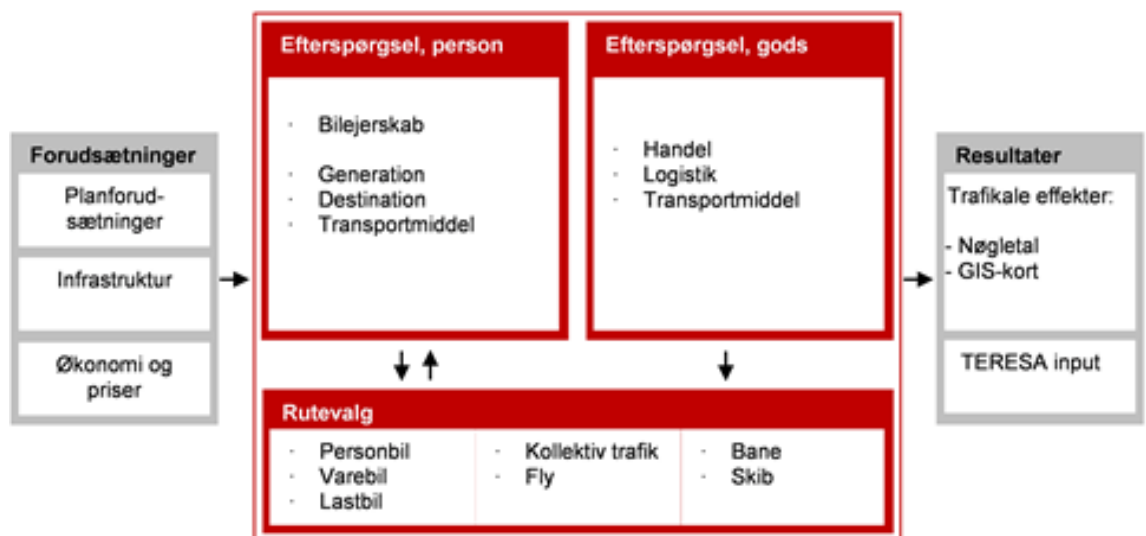
Tanskassa käytössä oleva Landstrafikmodellen (LTM) on kehitetty kuvaamaan Tanskan sisäisiä sekä Tanskan ja ulkomaiden välisiä kokonaisliikennevirtoja. Mallin nykyistä versiota ei ole tarkoitettu kuvaamaan paikallisen liikenteen vaikutuksia. Mallin tarkoitus on parantaa kuljetusjärjestelmän suunnittelun ja investointien päätöksentekoprosessia. Malli sisältää kuvauksen väestömäärän ja talouden kehityksen vaikutuksista kuljetusmääriin.

Mallin kehittämisestä, päivittämisestä ja käytöstä vastaa Tanskan teknillinen yliopisto (Technical University of Denmark, DTU). Mallin jatkokehittämistä ohjaavat yliopiston eri tutkijaryhmät yhteistyössä useiden tanskalaisten ja ulkomaisten kumppaneiden kanssa. Malliprojektia johtaa ohjausryhmä, johon kuuluvat Tanskan liikenne- ja rakentamisministeriön, Tanskan liikenne- ja rakentamisviraston, Tanskan rataverkon, siltayhtiö Sund & Bælt Holdingin ja Tanskan teknillinen yliopisto DTU:n kuljetusosaston edustajat.

Mallin toiminta ja lähtötiedot

Mallin käyttämiseen, sen rajoitusten ymmärtämiseen ja mallin tulosten tulkintaan tarvitaan paljon ammattitaitoa ja kokemusta. Siksi mallin käyttäjien on osallistuttava sekä teoria- että käytännön kurssille mallin asianmukaisen käytön varmistamiseksi sekä tulosten väärinkäytön ja väärinkäsityksen vähentämiseksi.

Malli koostuu laskentaoletuksista, useista matemaattisista riippuvuuksista ja tuloksista liikennemäärien suhteen. Malli voi siten laskea tulevan liikenteen käyttäjän valitsemien laskentaoletusten perusteella. Mallin rakenne on esitetty seuraavassa kuvassa (kuva 21).



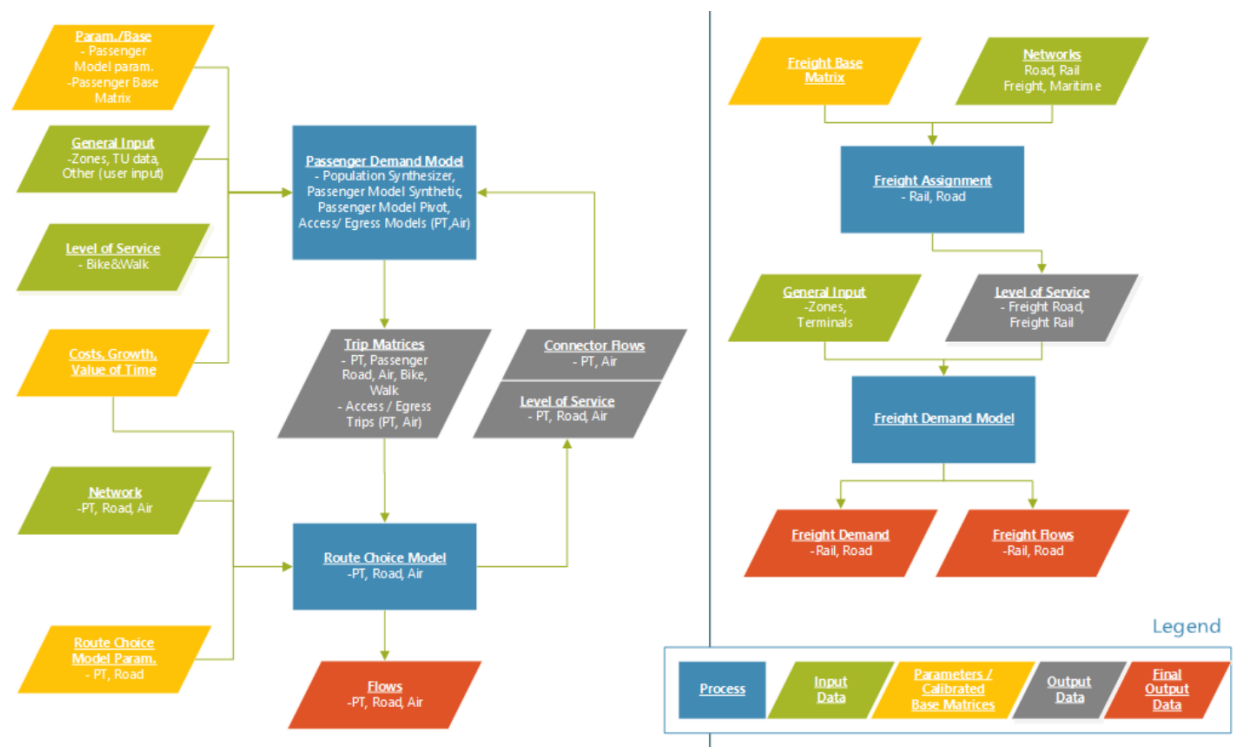
Kuva 21. Landstrafikmodell-mallin rakenne. (Landstrafikmodellen 2019b)

Laskentaoletuksia ovat suunnitelmat, infrastruktuuri sekä talous ja hinnat. Mallissa on vuosille 2020 ja 2030 perusennusteet, joiden perusteella käyttäjä voi tehdä skenaariolaskelmia muuttamalla lähtöoletuksia. Mallilla voi myös tehdä ennusteita muille vuosille muilla perusoletuksilla. Vuosien 2020 ja 2030 perusennusteiden lähtötietoja ovat valtiovarainministeriön määrittelemät bruttokansantuoteennusteet, tilastokeskuksen väestöennusteet ja väestön asuinpaikat, valtiovarainministeriön määrittelemät työllisyysennusteet sekä polttoaineiden hintoihin, veroihin ja ajoneuvojen energiatehokkuuksiin perustuva ajokustannusennuste.

Infrastruktuuri sisältää tieverkkokuvaukset, julkisen liikenteen aikataulut sekä lauttojen ja lentokoneiden aikataulut. Perusennusteissa on vuoden 2010 infrastruktuuri, jota täydennetään esimerkiksi liikenne- ja rakentamisministeriön hankkeilla, joista on tehty rahoitus ja toteuttamispäätökset. Tieverkkoa kuvaa suuri joukko tietoja esimerkiksi vapaasta nopeudesta, kapasiteetista ja nopeuden ja liikennevirran suhteesta.

Tavaramalli laskee maantieteellisten alueiden väliset tavaravirrat, jotka jakautuvat kuljetusketjujen ja kuljetusvälineiden kesken. Mallissa on 21 tuoteryhmää NST-2007 -kuljetustilastojen luokittelujärjestelmä perustuen. Tulevat tavaravirrat laskeetaan talouden muutosten sekä kuljetuskustannusten ja infrastruktuurin muutosten perusteella. Tavaramallilla kuvataan yksinkertaistetusti logistista käyttäytymistä kuljetettaessa tuotetta valmistajalta yritykselle, joka kuluttaa tuotteen tuotannossaan tai myy tuotteen asiakkaille. Malli laskee siirtokuormaukset esimerkiksi kuorma-autojen ja laivojen välillä tai erityyppisten kuorma-autojen välillä

Mallin tarkempi toimintaperiaate on esitetty seuraavassa kuvassa (kuva 22).



Kuva 22. Landstrafikmodell-mallin toimintaperiaate. (Landstrafikmodellen 2019b)

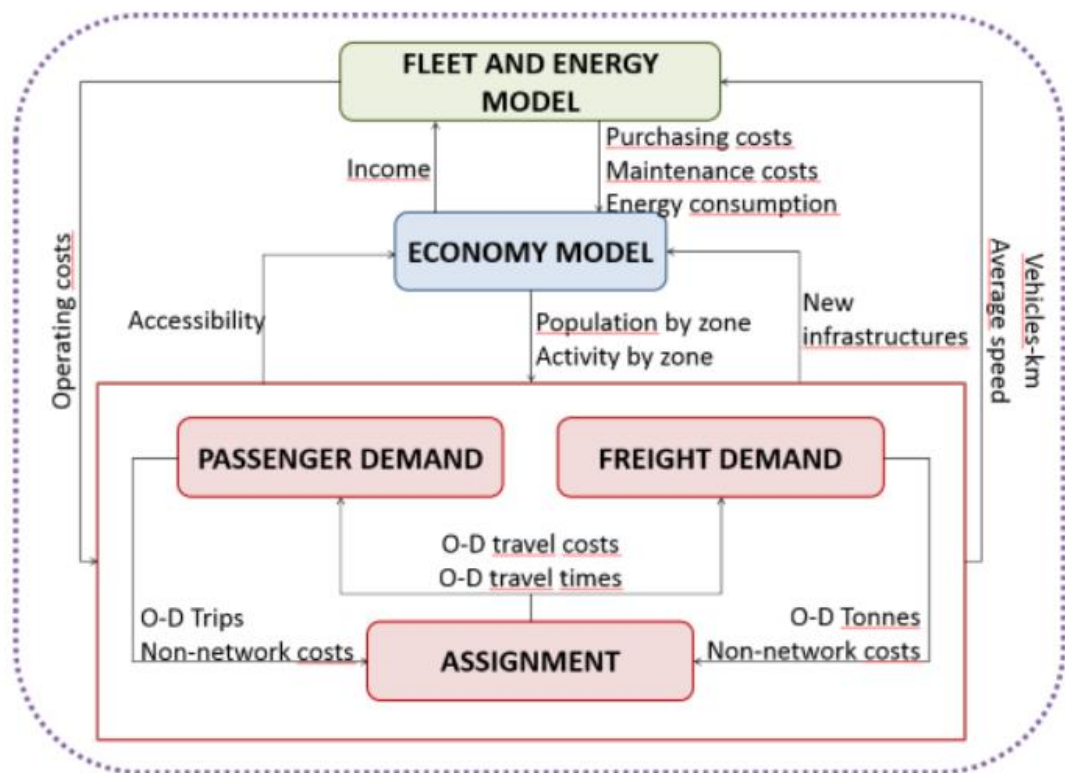
Mallin kehittämis- ja käyttökustannukset

Mallin voi saada käyttöönsä mikä tahansa organisaatio vuokraamalla Tanskan teknilliseltä yliopistolta palvelinympäristön. Itse mallin käyttö on maksutonta, mallista perittävä vuokra kattaa yliopiston kulut tietokoneista, ohjelmistolisensseistä, teknisistä toiminnoista ja tuesta. Vuokra on 6 500 Tanskan kruunua viikossa laskentatyökalusta ja 1 300 Tanskan kruunua viikossa editointityökalusta. (Landstrafikmodellen 2019b)

3.2.4 Eurooppa

TRIMODE

EU-komissiolle kehitetyllä TRIMODE-mallilla simuloidaan Euroopan kuljetus-, talous- ja energiajärjestelmiä suurten liikenneinfrastrukturiprojektien arviointia varten. Malli sisältää henkilö- ja tavaraliikenteen neliportaisen kysyntämallin, kaikkien kuljetusmuotojen ajoneuvojen dynaamisen energiamallin ja Euroopan maiden makrotalousmallin. Malli on yleinen tasapainomalli, joka toimii sekä alueellisella että kansallisella tasolla kattaen Euroopan Unionin ja sen naapurimaat. Mallissa on tarkka kuvaus kuljetusjärjestelmästä sisältäen NUTS III -tason multimodaalisen verkon yhdistettynä yksityiskohtaiseen kuljetuskysyntään. Malli sisältää kaikki energialähteet ja -teknologiat kaikille kuljetusmuodoille. Perustuen aikaisempiin Euroopan-tasoihin kansallisiin malleihin TRIMODE-malli on ensimmäinen esimerkki suuren mittakaavan integroidusta mallista, jossa jokaisen osamallin rakenne on kehitetty uudelleen alusta alkaen. (kuva 23)



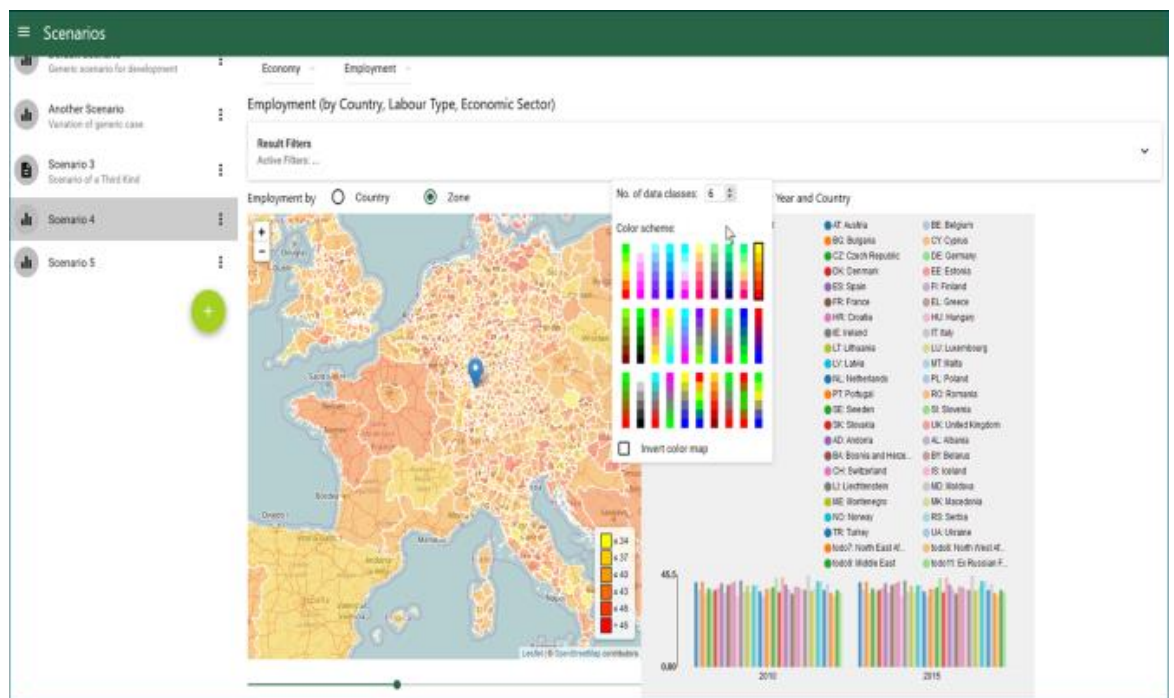
Kuva 23. TRIMODE-mallin rakenne. (TRT 2019)

TRIMODE-malli on suunniteltu arvioimaan laajoja vaikutuksia liittyen muun muassa seuraaviin muutostekijöihin: TEN-T-infrastruktuuri, energiaverotus, ajoneuvoverotus, tullit ja käyttömaksut, ulkoiset kustannukset, uusiutuvat energiat, tehokkuus ja kasvihuonekaasupäästöt sekä sähköinen liikenne ja latausverkot. Mallia voidaan käyttää myös taustalosuiteiden kuten esimerkiksi energian hintojen, tuotannon muutosten, väestön ikääntymisen ja väestömuutosten vaikutusten arviointiin.

Mallin rakenne on modulaarinen. Talousmalli arvioi alueellista väestörakennetta, taloudellisia tapahtumia ja kahdenvälisen kaupan muutoksia tietyinä vuotena kaikilla mallissa olevilla maantieteellisillä alueilla. Samalla energiamalli määrittelee käytettävät ajoneuvot ja tuottaa operointikustannukset, joita voidaan hyödyntää käyttökustannusten arvioinnissa. Käyttökustannukset ovat päälähtötieto henkilöliikenteen ja tavaraliikenteen kysyntämalleihin, joilla arvioidaan henkilö- ja tavaraliik-

kenteen määriä ja kohdentumista kulkumuotoihin ja ajoneuvotyyppeihin. Verkostomalli sijoittaa nämä liikennemäärät liikenneverkon reiteille ja linkeille. Kuljetuskysyntää ja sijoittelua iteroidaan, kunnes tasapaino saavutetaan ja saatu tulos syötetään takaisin energia- ja talousmalleille.

TRIMODE-mallin interaktiivinen ohjelmistoalusta perustuu PTV Visum -alustaan, GAMS-ohjelmistoon ja Python-skripteihin. TRIMODE-malli tarjoaa avoimen pääsyn kahdelle käyttäjäryhmälle: mallianalyytikoille ja mallien kehittäjille, jotka tulevat hyödyntämään mallin erilaisia käyttötapoja. (kuva 24)



Kuva 24. TRIMODE-mallin PTV Visum -alusta. (TRT 2019)

TRANS-TOOLS

TRANS-TOOLS (TOOLS for Transport Forecasting AND Scenario testing) on eurooppalainen kuljetusverkkomalli, joka on kehitetty Euroopan Komission IPTS:n ja DG TREN:n yhteistyöhankeissa.

TT3-projektissa kehitettiin kolmas parannettu versio "European transport demand and network model", TRANS-TOOLSista. Malli sisältää henkilö- ja tavaraliikenteen. Uusi versio korvasi edellisen TRANS-TOOLS-mallin, joka kattoi vuodet 2005-2010 perustuen ETISplus:aan ja muihin tietolähteisiin, kuten kuljetusverkkoihin, liikennelaskentoihin, liikennematriiseihin (matkustajat, ajoneuvot/linja-autot), rahtiin (volyyymi ja arvo) sekä aluedataan (sisältäen yhteiskuntataloudellisen datan).

Lisäksi malli laajennettiin kattamaan maantieteellisesti koko Euroopan (kattavuus Uralille ja Mustallemerelle saakka mukaan lukien Turkki). Mannertenväliset alamo-
duulit lisättiin kuvaamaan mannertenvälistä merirahdista ja lentomatkustamista.

TT3-projektissa kehitetään hyvin dokumentoitu käyttäjäystävällinen malli, joka tarjoaa päätöstentekijöille työkalun parempien kuljetuskäytäntöjen arviointiin ja kehittämiseen. TT3 tulee jatkamaan aikaisempien versioiden "työkalupakki"-lähestymistavalla varmistaen, että se vastaa erilaisten käyttäjien tarpeisiin, kuten EU:n laajuisiin kuljetuskäytäntöihin, TEN-projektien analyysiin ja kansainvälisiin sekä kansallisiin arviointeihin.

TRANS-TOOLS-mallin perustietoja on esitetty seuraavassa kuvassa (kuva 25).

Type	Value
Number of countries	42
Number of zones	1525 (+ 67 world zones)
Population	810,044,825 (+ 6,156,181,085)
Road network: KM network / Number of links	548,558 km / 52,846 links
Rail network: KM network / Number of links	278,724 km / 9,948 links
IWW network: KM network / Number of links	22,101 km / 1,109 links
Sea network: KM network / Number of links	144,776,696 km / 36,684 links
Aviation network: KM network / Number of links	16,002,118 km / 7,691 links
Number of passenger modes/ trip purposes	Business, Private, Commute
Number of freight modes	Sea wessels (8 different container ship sizes, 7 dry bulk ship sizes, 4 liquid bulk ship sizes), IWW wessels (6 CEMT classes), train, Vans, Trucks, Giga-liners (Trucks)
Main freight types	Dry bulk, liquid bulk, general cargo, container
Number of commodity groups	11
Number of freight chain-types	9
Number of airports	1,255
Number of train stations	8,597
Number of freight terminals	Total: 1,023; Rail: 631; IWW: 175; Sea: 452

Kuva 25. TRANS-TOOLS-mallin perustietoja. (TRANS-TOOLS 2017)

3.3 Tavaraliikenteen ennustemalleissa käytettävät tilastot ja lähtöaineistot

3.3.1 Nykyiset tilastot ja lähtöaineistot

Seuraavassa kuvassa 26 on esitetty tavaraliikenteen mallintamisessa mahdollisesti käytettäviä lähtöaineistoja.

TARKASTELUTASOT	LÄHTÖTIEDOT / NYKYTILA	
- Valtakunnallinen tavaraliikenne (ml. liikenne Suomen satamiin/satamista) - Maakunnan sisäinen, saapuva ja lähtevä tavaraliikenne - Kunnan sisäinen, saapuva ja lähtevä tavaraliikenne - Suomen ulkomaankaupan tavaraliikenne (ml. muiden maiden liikenneverkoilla)	TILASTOT JA TIETOKANNAT - Tavaraliikenteen tilastot (merikuljetukset, tiekuljetukset, junakuljetukset) - Tiekuljetusten lähtö- ja määräpaikkatiedot (Tilastokeskus) - Ei julkista lähtö- ja määräpaikkatietoa rautatiekuljetuksista, tiedot poikkileikkausliikenteestä rataosittain olemassa - Suomen ulkomaankaupan tilastot (Tulli) - Tiedot ja tilastot tavararyhmittäin (käytettävä tavararyhmäluokitus?) - Nykyisten tavaraliikennemallien lähtötietokannat (MERIMA, Frisbee, TRAMA, Emme)	LIIKENNEVERKOT - Liikenneverkot Suomessa, muissa maissa ja merillä (ulkomaankaupan satamaparit, Merimassa tarkat tiedot) - Muiden maiden verkot (Samgods/Frisbee)
	LÄHTÖTIEDOT / TULEVAISUUS - Talousennusteet/kuljetuskysyntä - Aluetalousmallit ja panos-tuotosmallit - Tuotantorakenteen muutosennusteet ja väestöennusteet (väestökehitys ja kaupungistuminen) - Käytettävien talousennusteiden valinta - Talousennusteiden liittäminen kuljetuskysyntään	

Kuva 26. Tavaraliikenteen mallintamisessa käytettäviä lähtöaineistoja.

Seuraavana on esitetty tärkeimmät lähtöaineistot ja arvioitu niiden kehittämistarpeita.

Tilastokeskuksen tieliikenteen tavarakuljetustilasto

Tieliikenteen tavarankuljetustilasto on Tilastokeskuksen muodostama aineisto, joka kuvaa Suomeen rekisteröityjen kuorma-autojen kuljetuksia. Ulkomaille rekisteröityjen kuorma-autojen kuljetukset eivät siis näy näissä tilastoissa. Tilasto muodostetaan neljännesvuosittain tehdyn kyselyn perusteella. Kysely lähetetään vuosittain 10 000 kuorma-auton haltijalle ajoneuvorekisteristä satunnaisotannan perusteella. Tietoja kerätään neljännesvuosittain kolmen tai neljän peräkkäisen tutkimuspäivän ajalta. Tilastollisin menetelmin aineisto korotetaan vastaamaan koko otoskehikkoa ja vuosineljännestä. Kyselyn vastausprosentti on ollut keskimäärin 63 %. Tavarankuljetustilasto sisältää kuljetukset tonneina kuntaparien välillä ja oteltuna 45:een eri tavaralajiin. Tavarat on luokiteltu kansallisen 45-luokkaisen tavaralajiluokituksen mukaisesti. Lisäksi kuljetuksia voidaan luokitella muun muassa kuorma-auton iän, akseliyhdistelmien, vaarallisten aineiden luokan, kuormatyyppin, matkatyyppin sekä lähtö- ja määräalueen mukaan. Myös kuntien sisäiset kuljetusmäärät sisältyvät tilastoon.

Kyselyllä ei saada tavoitettua kaikkia kuorma-autokuljetuksia ja tämän takia osa kuntapareista jää todennäköisesti pois verrattuna reaali maailman kuljetuksiin. Ongelmana on, jos otoksessa ei ole kuljetuksia kuntaparin välillä tai niitä on kyselyajanjaksolla poikkeuksellisen paljon normaalitilanteeseen verrattuna. Yhdistämällä useamman vuoden aineistoja laskemalla kuljetusmäärien keskiarvot saadaan hie- man kattavampi ja luotettavampi aineisto.

Useiden vuosien tieliikenteen tavarakuljetustilastoaineistot sisältävää matriisia voidaan rikastaa tekoälyyn perustuvalla optimointimenetelmällä. Rikastuksen jälkeen matriisi on täydentynyt ja siinä on alkuperäiseen tilastoon verrattuna kuljetuksia useamman kuntaparin välillä. (lähde Tieliikenteen tavaravirtojen mallinnus PPP-yhteistyönä, Väylävirasto 2019)

Ruotsissa tehdään vuosittain vastaava tieliikenteen tavarakuljetustilastointi kuin Suomessa. Se perustuu 12 000 kuorma-autojen haltijoille tehtyyn kyselyyn. Kyse- lyssä kerätään tiedot 3-4 peräkkäiseltä tutkimuspäivältä ja tulokset laajennetaan tilastollisin menetelmin vuositason. Ruotsissa tämä tavaraliikennekysely on erilli- nen Samgods-mallista, mutta jossain määrin aineistoa käytetään mallinnuksen lähdemateriaalina. Lisäksi lähtötietona Samgods-mallissa on käytetty Suomen osalta myös satamien takamaatutkimusta. Lisäksi Samgods-mallia varten toteute- taan laaja tavaravirtatutkimus VFU muutaman vuoden välein, viimeksi vuonna 2016. Sen toteuttaa Ruotsin tilastokeskus ja Trafikanalys yhdessä ja se koskee sekä kotimaan että ulkomaan tavaravirtoja (Väylä 2019).

Väyläviraston tilastot

Väyläviraston tieliikenteen liikennemäärätilastot

Väyläviraston www-sivuilta on saatavissa valmiit tieliikenteen liikennemääräkartat vuosilta 2012-2017 erikseen koko liikenteestä ja erikseen raskaasta liikenteestä (keskimääräinen vuorokausiliikenne). Sivuilla on myös muun muassa rajaliikenne- tilastot (kuorma-autojen määrät). Tieliikenteen määrät LAM-pisteissä on saata- vissa avoimena datana Väylän rajapintapalvelusta.

Rautateiden kuljetusvirtatiedot

Rautateiden kuljetusvirtoja voidaan tarkastella esimerkiksi käyttämällä rautatei- den tavaraliikennetilastoja (Väylä). Tilastoissa on esitetty kuvina rautateiden ko- konaistonnimäärät poikkileikkaustietona rataosittain.

Julkaisuun Valtakunnalliset liikenneverkkokuvaukset ja kysyntätiedot liikenne-ennustetarkasteluihin 2013 liittyy myös rautatieliikenteen ennustematriisin perusteella laadittu vuoden 2010 tasossa oleva nykytilannematriisi. Matriisi sisältää kuntien väliset vuositason kokonaistonnimäärät vuonna 2010. Myös rautateiden transitoliikenne sisältyy matriisiin. Vastaava kyselyyn pohjautuva matriisi on laadittu myös myöhemmin, mutta nämä tulokset eivät ole julkisia, eivätkä näin ollen ole käytettävissä.

Puukuljetusten ennusteissa voidaan hyödyntää Traficomin valtakunnallisia raakapuun ja energiapuun optimointimalleja. Raakapuukuljetuksista on olemassa erillinen Metsätehon raakapuukuljetusmatriisi vuodelta 2016. Matriisissa on mukana kaikki raakapuukuljetukset.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin tilastot

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomilla on useita tavaraliikenteeseen liittyviä tilastoja. Osa tilastoista on saatavilla tilastotietokannoista Tilastokeskuksen www-sivuilla ja osa julkaisuista Traficomin www-sivuilla.

Ulkomaan meriliikenteen tilastot

Ulkomaan meriliikenteen tilastot sisältävät tiedot meritse tapahtuvasta tavarajä matkustajaliikenteestä Suomen ja ulkomaiden välillä ja tiedot Suomen satamissa ulkomaanliikenteessä käyneiden alusten määrästä. Tilastoihin sisältyvät myös transitoliikenne ja Saimaan kanavan kansainvälinen liikenne. Ulkomaan meriliikenteen tilastoista Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannassa on ulkomaan merikuljetukset satamittain ja tavaralajeittain, kuljetusvälineiden kuljetukset, konttien kuljetukset, kauttakulkuliikenne Suomen kautta tavaralajeittain, kuljetussuorite, matkustajaliikenne ja satamien ulkomaan alusliikenne. Tilastotietokannassa tiedot ovat vuosilta 2000-2019 kuukausittain ja suunnittain. Tilastotietokantojen lisäksi Traficom koostaa ulkomaan meriliikenteestä kuukausi- ja vuositilastojulkaisuja ja aikasarjoja www-sivuilleen.

Tavaraliikennetilastossa käytetään 16-luokkaista tavaraluokitusta. Jako on johdettu NST 2007 -kuljetusluokituksesta (Standard Goods Classification for Transport Statistics) ulkomaan meriliikennetilaston tarpeita vastaavaksi. Tilaston kaikki perustiedot saadaan alusten varustamoilta tai alusten suomalaisilta edustajilta valtakunnallisen Portnet-järjestelmän kautta. Ulkomaanliikenteessä olevan sekä suomalaisen että ulkomaisen aluksen saavuttua suomalaiseen satamaan ja lähdettyä suomalaisesta satamasta aluksen varustamo tai useimmiten sen edustaja syöttää tiedot aluksesta ja sen lastista lastaus- ja purkaussatamittain Portnet-järjestelmään tai toimittaa vastaavat tiedot paperilomakkeella tullitoimipaikkaan, jossa tiedot tallennetaan Portnet-järjestelmään. Nämä tiedot tarkastetaan ja täydennetään satamaviranomaisten lähettämistä kuukausiraporteista.

Traficomista on lisäksi pyydettyä saatavilla tarkempiakin tilastoja ulkomaan meriliikenteestä.

Kotimaan vesiliikenteen tilastot

Kotimaan vesiliikennetilastot sisältävät tiedot rannikon ja sisävesien tavaroiden ja matkustajien kuljetuksista, joiden sekä lähtö- että määräpaikka ovat Suomessa. Lisäksi tilastoidaan erikseen raakapuun uitto. Kotimaan vesiliikenteen tilastoista Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannassa on vesiliikenteen tavaramäärä ja kuljetussuorite, satamiin saapuneet alukset, tavaraliikenne aluksilla lähtö- ja määräsatamittain sekä tavaraliikenne aluksilla satamittain ja tavararyhmittäin. Tilastotietokannassa tiedot ovat vuosilta 2000 - 2019 kuukausittain ja suunnittain. Tilastotietokantojen lisäksi Traficom koostaa kotimaan vesiliikenteestä vuositilastojulkaisuja www-sivuilleen.

Tavaraliikenne aluksilla on jaettu rannikko- ja sisävesiliikenteeseen. Rannikkoliikenteeseen luetaan rannikon satamien välisen kotimaan liikenteen ohella myös

Saimaan kanavan kautta tapahtuva rannikko- ja sisävesisataman välinen liikenne. Sisävesien aluskuljetuksiin lasketaan ainoastaan sisävesisatamien väliset kuljetukset, jotka eivät missään vaiheessa poikkea rannikon alueelle. Tavarantoimittajien ja tuontimäärät on esitetty myös satamittain tavararyhmittäin. Alusliikenteen pää-tavararyhmät ovat öljytuotteet, irtotavara ja kappaletavara. Irtotavara on lisäksi ja-ettu hiekkaan, soraan ja muuhun kiviainekseen, kemikaaleihin, raakapuuhun ja hakkeeseen, kivihiileen sekä muuhun tavarahan. Jako on johdettu NST 2007-kuljetustilastoluokitukselta. Tarvittaessa NST 2007-kuljetustilastoluokituksen mukainen tarkempi jako, joka on sama kuin Suomen ulkomaan meriliikennetilastossa, on myös saatavissa. Raakapuun uittomäärä ja -suorite on esitetty vesistöalueittain.

Rannikon tavaraliikenteen perustiedot saadaan laivanasiamiehiltä ja varustamoilta valtakunnallisen Portnet-järjestelmän kautta sähköisessä muodossa sekä lisäksi satamilta kuukausittain. Sisävesien tavaraliikenteen tiedot ovat peräisin rahtialusten Liikennevirastolle antamista liikenneilmoituksista. Raakapuun uittoa koskevat tiedot tulevat Järvi-Suomen uittoyhdistykseltä.

Kanavaliikenteen tilastot

Saimaan kanavan liikennetilastot sisältävät tiedot Saimaan kanavan kautta kulkevasta kotimaan ja ulkomaan tavarantoimittajien ja henkilöliikenteestä. Muiden valtion sulkukanavien osalta tilastoidaan sulutusten määrä, tavaraliikenne aluksilla sekä uitto. Suomessa on Saimaan kanavan lisäksi 31 valtion sulkukanavaa. Kotimaan vesiliikenteen tilastoista Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannassa Saimaan kanavan kuljetukset tavaralajeittain ja Saimaan kanavan alusliikennevuosilta 2000-2009. Tilastotietokantojen lisäksi Traficom koostaa kanavaliikenteestä kuukausi- ja vuositilastojulkaisuja www.sivuillen.

Saimaan kanavan osalta ulkomaan tavaraliikenteen vienti- ja tuontimäärät on esitetty maittain lähtö- ja määräsatamittain ja tavaralajeittain. Tilasto sisältää myös kauttakulkiikenteessä kuljetetut lastit. Lisäksi on tietoja ulkomaan tavaraliikenteen jakautumisesta eri maiden rahtialusten kesken. Kotimaan tavaraliikenteen määrä on esitetty satamittain tavaralajeittain. Erikseen on tietoja Vuoksen vesistön (Saimaan) satamien liikenteen kehityksestä Saimaan kanavan kautta. Alusliikenteen kehitystä on tarkasteltu aluslajeittain Saimaan kanavan Mätkien ja Pällin sululla. Matkustajaliikenteestä on tietoja matkustaja-alusten ja huviveneiden matkustajamäärän kehityksestä. Muiden sulkukanavien osalta on tietoja sulutus- ja tavaraliikennemäärästä sekä palvelusulku-kanavilta tarkempia alusliikenne- ja matkustajamäärätietoja.

Saimaan kanavan tavaraliikenteen tilastoinnissa käytetään NST 2007 -kuljetusluokitukselta johdettua tavaraluokitusta. Saimaan kanava ulkomaan liikenteen kaikki tiedot saadaan valtakunnallisesta Portnet-järjestelmästä sähköisessä muodossa Liikenneviraston meriliikennetilastotietojärjestelmän avulla. Saimaan kanavan tavaraliikenteen viennistä ja tuonnista on tiedot tavaralajeittain satamittain sekä ulkomaan tavaraliikenteestä lisäksi maittain.

Tullin tilastot

Tulli (ULJAS -tietokanta) julkaisee vuosittain tiedot Suomen tuonti- ja vientimäärästä. Tiedot on esitetty sekä tonneina että euroina tavararyhmittäin. Viennissä on esitetty kohdemaata ja tuonnissa tavarantoimittajaa sekä alkuperämaata. Tavararyhmät perustuvat kansainväliseen SITC-luokitukseen. Tietokannasta voidaan poimia Suomen tuonti- ja vientimäärät SITC1 (10 ryhmää), SITC2 (67 ryhmää) tai SITC3 (263 ryhmää) luokitusta vastaavissa ryhmissä. (Tulli 2018).

Frisbee tavaraliikennemalliin kysyntämatriisien päivitykset on tehty SITC2 luokituksen perusteella. Nämä matriisit käsittävät Suomen ja muiden maiden väliset kuljetusvirrat ryhmiteltynä 13 tavararyhmään. Frisbeessä matriisit on edelleen ha-jotettu käytetyille osa-aluejaoille.

LIPASTO – Liikenteen yksikköpäästöt³⁰

LIPASTO on Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n toteuttama ja ylläpitämä Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Laskentajärjestelmässä on mukana tie-, raide-, vesi- ja ilmaliienne sekä työkooneet. LIPASTO koostuu kahdesta osasta, liikennevälineiden yksikköpäästökertomista ja liikenteen päästöinventaarista. Yksikköpäästötietokanta sisältää liikennevälineiden ja työkooneiden päästökertoimet eli käytönaikaiset päästömäärät kuljetettua massa- tai henkilöyksikköä ja pituusyksikköä kohden (grammaa/tonnikilometri, grammaa/henkilökilometri) ja päästöinventaarissa lasketaan liikenne- muotokohtaisilla alamalleilla Suomen liikenteen vuotuiset kokonaispäästöt ja energiankulutus. Laskentamallit päivitetään vuosittain, ja tuloksia hyödynnetään kansallisissa ja kansainvälisissä päästöraportoinneissa.

LIPASTO sisältää tieliikenteen tavarakuljetuksissa käytettävien pakettiautojen, jakelukuorma-autojen, perävaunuyhdistelmien ja maansiirtokuorma-autojen yksikköpäästöt, yksikköpolttoaineen- ja energiakulutukset sekä suoriteosuudet maantiejossa ja katuajossa (jakelukuorma-autoilla myös jakeluajossa). Raideliikenteestä LIPASTO sisältää diesel- ja sähkökäyttöisten sekatavarajunien, raakapuujunien, malmijunien ja konttijunien yksikköpäästöt sekä yksikköpolttoaineen- ja energiakulutukset. Vesiliikenteestä LIPASTO sisältää tavaraliikenteessä käytettävien konttialusten, roro- ja ropax-alusten, autonkuljetusalusten, bulk-irtolastialusten, monikäyttöirtolastialusten, puskuproomujen, säiliöalusten ja kemikaalialusten yksikköpäästöt, yksikköpolttoaineenkulutukset ja -energiakulutukset ja ilmaliiikenteestä rahtikuljetusten yksikköpäästöt, yksikköpolttoaineenkulutukset ja -energiakulutukset kotimaan lennoilta, lyhyiltä ulkomaan lennoilta ja kaukolennoilta. Lisäksi LIPASTO sisältää työkooneiden kuten trukkien, traktoreiden ja työkooneiden yksikköpäästöt sekä yksikköpolttoaineenkulutukset ja -energiankulutukset.

LIPASTOn päästöinventaariosa sisältää LIPASTO-laskentamallin (kaikki liikenne- muodot) sekä LIISA- (tieliikenne), RAILI- (rautatieliikenne), MEERI- (vesiliikenne) ja TYKO- (työkooneet) -alamallit, jotka sisältävät koko Suomen päästöt ja energiankäytön myös tavaraliikenteestä. LIISA-alamalli sisältää lisäksi tieliikenteen vuotuiset suoritteet, biopolttoaineiden osuudet sekä kuntakohtaiset päästöt, polttoaineen ja energiankulutukset ja suoritteet henkilö-, paketti-, linja- ja kuorma- autoille kaduilla ja teillä. Päästöinventaariosa sisältää lisäksi ALIISA-autokantamallin, jossa on esitetty muun muassa tavaraliikenteessä käytettävien ajoneuvojen vuotuiset määrät ja suoritejakaumat.

LIPASTOn tiedot on päivitetty viimeksi heinäkuussa 2017 lukuun ottamatta ilmalii- kenteen tietoja, jotka on päivitetty viimeksi vuonna 2009.

Muut

Ruotsissa tavaravirtatutkimus VFU (Varuflödesundersökningen eli Commodity Flow Survey) on toteutettu amerikkalaisen mallin mukaan neljä kertaa, viimeksi vuosi- na 2009 ja 2016. Ruotsin Tilastokeskus ja Trafikanalys toteuttavat sen yhdessä. Tutkimus koskee sekä kotimaan että ulkomaan tavaravirtoja ja toteutetaan peri- aatteessa juuri Samgods ryhmää varten. Viimeisen tutkimuksen materiaali ei liene vielä Samgods version 1.1.1 käytössä. Suomessa satamien tavarankuljetustilasto lisättyä takamaaselvityksillä ja tieliikenteen tavarankuljetustilastolla kattaa pie- nen osan tästä kerätystä tietomäärästä.

Valtakunnallisen tason liikenne-ennusteissa tavaraliikenteen ja henkilöliikenteen ennustemalleissa käytetään soveltuvin osin samoja lähtötietoja kuten esimerkiksi sovittavaa ja ennustemalleissa käytettävää talousennustetta ja virallista valtakun- nallista väestöennustetta. Lisäksi tavaraliikennemallilla voidaan tuottaa skenaar- ioita muuttamalla tuotantorakennetta, näköpiirissä olevaa alueittaista kuljetuskys- syntää, liikenneinfrastruktuuria, säädösympäristöä jne. Alueellisen kuljetuskysyn-

³⁰ <http://lipasto.vtt.fi/index.htm> VTT 2019

nän tarkastelussa voidaan käyttää aluetalousmalleja ja panos-tuotosmalleja. Arviointaessa mallin tuottamia tavaraliikenne-ennusteita taustamateriaalina voidaan hyödyntää myös kansantalouden tilinpidon tilastoja ja lähtötietoja. Esimerkiksi keskimääräisten kuljetus-/käsittelyhintojen perusteella voidaan tehdä laskelmia.

3.3.2 Nykyisten tilastojen ja lähtöaineistojen käytettävyys

Tilastot

Tullin tilastoja voidaan hyödyntää ulkomaankuljetusten tavaravirtojen nykytilan kuvauksessa ja ennusteiden laadinnassa. Tiedot saadaan maittain ja ne tulee edelleen jakaa käytettävälle osa-aluejaolle Suomessa ja ulkomailla. Tässä voidaan hyödyntää muun muassa Frisbee-tavaraliikennemallissa olevaa alueiden jakopustetta.

Merikuljetusten osalta saadaan tarkka tieto Traficomien merikuljetustilastoista ja MERIMA-mallin tietokannoista. MERIMA-mallin lähtökohtana on käytetty Traficomien tilastoja, mutta siinä on lisäksi tietoa muun muassa kuljetusmatkoista Suomen satamista ulkomaan satamiin sekä laivojen päästöjen ja polttoaineen kulutuksen laskennassa tarvittavaa lähtötietoa tietoa ja laskentamenetelmiä.

Laajempaa tietoa eri kuljetusmuotojen yksikköpäästöistä saadaan VTT:n ylläpitämästä LIPASTO-tietokannasta ja merikuljetusten osalta MERIMA-mallista.

Valtakunnan tason liikenne-ennusteissa tavaraliikenteen ja henkilöliikenteen ennustemalleissa käytetään soveltuvin osin samoja lähtötietoja kuten esimerkiksi sovittavaa ja ennustemalleissa käytettävää talousennustetta ja virallista valtakunnallista väestöennustetta.

Samoin voitaisiin mahdollisesti hyödyntää kuljetustapojen ja -reittien valintaan vaikuttavia ja muita lähtötietoja. Ruotsin logistiikkajärjestelmät poikkeavat kuitenkin osittain Suomen logistiikkajärjestelmistä, joten esimerkiksi keskikuormat voivat olla erilaisia ja ne tulisi laskea Suomen tilastoista. Samoin kuljetusten ja logistiikkaoperaatioiden hinnat poikkeavat jonkin verran toisistaan. Hintatiedot tulisi kerätä suomalaisilta yrityksiltä kyselyillä ja tutkimalla hinnastoja. Yritykset tulisi sitouttaa vastaamaan kyselyyn.

Tavararyhmäluokitus

Tavararyhmäluokitus eri tilastoissa ja malleissa poikkeaa toisistaan. Tullin tilastoissa käytetään SITC 1-3 luokituksia Suomen tuonti- ja vientikuljetuksille. SITC 1-luokka sisältää 10 tavararyhmää, SITC 2 -luokka 67 tavararyhmää ja SITC 3 2-luokka 63 tavararyhmää. Tullin rajaliikennetilastot sisältävät kokonaismäärät liikennevälineittäin.

Tilastokeskuksen tieliikenteen tavarankuljetustilastossa on 45 tavararyhmää tiekuljetuksille. Liikenne- ja viestintäviraston (aiemmin Liikenneviraston) satamaliikennetilastoissa satamien kuljetukset on jaettu 16 tavararyhmään.

Rautatiekuljetuksista ei ole saatavissa lähtö- ja määräpaikkatietoja eikä tietoja kuljetetuista tavaralajeista.

Malleissa on eri tavararyhmäluokitukset, kuljetusverkkojen koordinaattijärjestelmät, osa-aluejaot/vyöhykkeet ja niissä on käytetty eri alustoja/ohjelmistoja

- Frisbee-mallissa on 13 tavararyhmää perustuen SITC2 luokitukseen
- Samgods-mallissa on 35 tavararyhmää, jotka perustuvat NST/R-luokitukseen
- Samgods-mallissa, Frisbee-mallissa ja Emme-ohjelmistossa liikenneverkot ovat eri koordinaattijärjestelmissä.

3.3.3 Tilastojen ja lähtöaineistojen kehittämistarpeet

Rautatiekuljetukset

Suomen tavaraliikenteen ennustemallin toteuttamisessa keskeisin haaste on rautatiekuljetusten lähtö- ja määräpaikka-aineiston saaminen mallin käyttöön. Valtion ja VR:n tulisi sopia rautatiekuljetusten lähtö- ja määräpaikka-aineiston käytöstä mallissa.

Tiekuljetukset

Tilastokeskus pitäisi ottaa mukaan mallien kehittämiseen. Valtio voisi pyytää Tilastokeskusta toteuttamaan tieliikenteen tavarankuljetuskyselyn suuremmalla otannalla tavaraliikennemallia varten. Käytettävä tavararyhmäluokitus pitäisi olla sovitettavissa Tullin käyttämään tavararyhmäluokitukseen. Samgods-mallissa käytettävä tavararyhmäluokitus on räätälöity palvelemaan Ruotsin kuljetuksia, eikä se sovellu sellaisenaan Suomessa käytettäväksi.

Rautatiekuljetusten ja tiekuljetusten lähtötietojen saamista mallin käyttöön voisi helpottaa integroimalla ne keskenään yhdeksi maakuljetusten tavararyhmittäiseksi lähtö-/määräpaikka-aineistoiksi.

Kuljetustavan ja -reitin valintaan vaikuttavien tekijöiden lähtötiedot

Kuljetustavan ja -reitin valintaan vaikuttavien tekijöiden lähtötiedot tarvitaan, jotta tavaraliikenteen erilaisia skenaarioita ja sijoitteluja liikenneverkoille voidaan tehdä. On sovittava ne tekijät, joiden perusteella malli optimoi kuljetustapoja ja -reittejä sekä sijoittelee kuljetuksia liikenneverkolle. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi operointihinta (markkinahintana), kuljetusaika ja läpimenoaika terminaaleissa (satamat ja rajanylityspaikat), tavarán arvo, vaihto-omaisuuteen sitoutunut pääoma, vahingoittumisriski ja laivaliikenteen frekvenssi. Tiedot voidaan kerätä kyselyllä ja selvittää desktop-työskentelyllä.

Kysely kuljetusketjujen toimijoille sisältäisi kysymyksiä yleisestä tai keskimääräisestä hintatasosta eri tavararyhmille (ei yhtiö- tai satamakohtaisia hintoja, koska niitä on vaikeampi saada yrityksiltä). Kyselyssä voidaan esittää muutama erityyppinen kuljetusketju huomioiden eri kuljetustavat, kuljetus- ja terminaalivaiheet ja keskeisimmät kuljetusreitit (kotimaan ja kansainvälisiä esimerkkejä). Yritykset esittäisivät kuljetusketjujen eri vaiheille keskimääräisiä hintoja. Yritykset tulisi sitouttaa vastaamaan kyselyyn vakuuttamalla, ettei yksittäisen yritysten tietoja voi päätellä vastauksista ja vastauksiksi tarvitaan esimerkiksi pelkkiä arvioita alan keskimääräisistä hinnoista.

Desktop-selvityksellä täydennetään kyselystä saatuja tietoja ja kootaan vertailuaineistoja eri toimijoiden (satamat, varustamot, huolintaliikkeet, ahtausliikkeet jne.) hinnastoista.

Lähtötietona voidaan käyttää, jos ne ovat käytettävissä, myös muiden mallien tiedot (esimerkiksi Samgods ja TRAMA).

3.3.4 Kansantalous

Perinteisesti tavaraliikenteen ennustemalleissa liikenne-ennuste on laadittu virallisten talousennusteiden perusteella ja yhteistyössä talousennusteiden laatijoiden kanssa. Ne kuvaavat kokonaistalouden kehittymistä ja ovat hyvä lähtökohta liikenne-ennusteille. Talousennusteiden vaikutuksia tavaraliikenteeseen kuvaavat kertoimet pitää määrittää tavararyhmittäin tutkimustyöhön perustuen ja päivittää määrääjain. Talousennusteet kattavat kokonaisuutena myös kansantalouden ilmiöitä.

Tavaraliikenteen ennusteissa voitaisiin mahdollisesti käyttää myös tarkempia kansantalouden osailmiöiden ennusteita ja pyrkiä monitahoisempaan ennustemalliin. Näiden osailmiöiden käyttämisestä ennustemalleissa tulisi ehkä toteuttaa erillinen selvitys, jossa voitaisiin huomioida syvällisemmin myös aluetalouden taso.

Toimiala kasvattaa kansantaloutta juuri arvonlisäyksensä verran. Arvonlisäyksessä on vähennetty ostot muilta toimijoilta (eli niiden jo tuoma arvonlisäys). Arvonlisäyksen ennusteiden käyttäminen tavaraliikenteen ennustemallin lähtötietona voisi olla yksi vaihtoehto. Nykyisin yhä suurempi osa tuotteen arvonlisäyksestä tapahtuu ulkomailla. Se, miten tämä vaikuttaa tavaraliikenteen määrään Suomessa, on vaikeasti arvioitavissa. Kuljetukset satamista ja kuljetussuoritteet voivat ehkä kasvaa. Mallissa voisi tietysti olla jonkinlainen laskentakaava tähän, mutta sen täytyy perustua syvälliseen tutkimukseen vaikutussuhteista.

Kuljetusalan kuten muidenkin toimialojen kysynnän lisääntyminen kasvattaa kysyntää myös muilla toimialoilla. Kansantalouden tilinpidon tilastojen mukaan tämä kerroinvaikutus kuljetusallalla on noin 1,5 eli sadan euron kysyntäsykäyksen aiheuttama kerroinvaikutus on noin 50 euroa. Tavaraliikenteen ennustemallissa yhtenä lähtötietona voisi olla tämä kerroinvaikutuksen ennuste, joka liittyy muutoksiin toimitusketjuissa (lisäarvon tuottamiseen) ja rakenteellisiin muutoksiin kuljetusallalla (palvelujen lisääntyminen). Kuljetusalan kerroinvaikutuksen muutokset tapahtuvat hitaasti. Kerroinvaikutus sisältyy myös talousennusteisiin. Sen vaikutusten arviointi tavaraliikenteen kehittymiseen erikseen voi olla haastavaa.

Kotimaisuusasteella on merkittävä vaikutus kansantalouteen. Mitä enemmän kuljetusketjuissa on mukana ulkomailla toimivia yrityksiä sitä vähemmän kuljetusketjut kasvattavat Suomen kansantaloutta. Toisaalta ulkomaisilla yhtiöillä on usein Suomeen rekisteröidyt tytäryhtiöt. Jos ennustetaan tavaraliikenteen määrän kehittymistä liikenneverkoilla, kuljetusten kotimaisuusasteella ei ole periaatteessa merkitystä. Kotimaisuusasteen arvioiminen kuulunee enemmän taloudellisten vaikutusten arviointiin, jossa yhtenä lähtötietona on liikenne-ennusteet.

Työllisyyden kehittyminen vaikuttaa muun muassa yksityisten ihmisten ostovoimaan ja kulutukseen ja sitä kautta myös tavaraliikenteeseen. Toisaalta se, kuinka paljon työvoimaa tarvitaan tuotannossa, vaihtelee hyvin paljon toimialoittain. Talouden ennuste kuvanee myös työllisyyden kehittymisen vaikutusta paremmin kuin pelkkä työllisyysennuste. Työllisyysennustetta lienee mahdollista käyttää rinnalla, mutta tämä pitäisi tarkemmin selvittää. Kansantalouden ilmiöiden ennusteiden huomioiminen tavaraliikenteen ennustemallissa voi lisätä sen toteuttamis- ja ylläpitokustannuksia.

3.4 Tavaraliikenteen ennustemallin toteuttaminen ja ylläpito

3.4.1 Tavaraliikenteen ennustemallin toteuttamisvaihtoehdot

Tässä luvussa on esitetty kaksi vaihtoehtoa Suomen tavaraliikenteen ennustemalliksi. Ennustemallivaihtoehdoista tilastoihin perustuva vaihtoehto 1 on yksinkertaisempi ja kustannuksiltaan edullisempi ja Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva vaihtoehto 2 laajempi ja myös kustannuksiltaan suurempi vaihtoehto. Seuraavissa luvuissa (3.5 ja 3.6) on esitetty arviot ennustemallivaihtoehtojen kustannuksista ja henkilöresurssitarpeista.

Luvussa 3 kuvatut MERIMA-mallit (Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästölaskentamallit) ja TRAMA-mallit (Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset -mallit) ovat tässä luvussa esitetyistä ennustemallivaihtoehdoista erillisiä laskenta- ja skenaariomalleja, joilla on omat spesifit käyttötarkoituksensa. MERIMA-mallien laskelmia käytetään esimerkiksi hankearviointien taustalaskelmissa (myös yksi TRAMA-mallien käyttötarkoitus) ja esiteltäessä Suomen laivakuljetusten päästöjä ja skenaarioita EU:ssa ja Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä.

3.4.2 Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

Tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 1) toimintaperiaatteeksi on valittu ns. systeemioptimi. Tällä toimintaperiaatteella pystytään mallintamaan monipuolisia skenaarioita kuten esimerkiksi siirtymiä kuljetusmuotojen välillä sekä infrastruktuurin ja säädösten muutosten vaikutuksia. Samanaikaisesti voidaan ottaa huomioon ja tarkastella useita tavararyhmiä ja kuljetusmuotoja. Lisäksi voidaan mallintaa myös useiden muutostekijöiden yhteisvaikutuksia. Tämä toimintaperiaate palvelee edellä kuvattuja eri sidosryhmien tarpeita ja käyttötilanteita, joita kartoitettiin virtuaalisessa ja fyysisessä työpajassa. Työpajan tulosten mukaan tämän kappaleen alussa kuvatut mallin ”kyvykkyydet” ovat välttämättömiä, jotta se olisi käyttökelpoinen.

Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli sijoittelee tavaraliikenteen lähtö-/määräpaikkamatriisit (vuotuiset kuljetusmäärät tonneina tavararyhmittäin) optimaalisille reiteille (systeemioptimi), kuljetusketjuille ja kuljetusmuodoille tavararyhmittäin kaikkien reitin- ja kuljetustavan valintaan vaikuttavien tekijöiden perusteella. Mallissa laskenta perustuu tavararyhmittäisiin ja kuljetusmuotokohtaisiin kustannuksiin tonnikielometriä ja/tai tonnia kohti. Kustannuksiin on yhteismitallistettu operoinnin (esimerkiksi rahti) lisäksi palvelutasotekijät kuten tavarantoimittajan arvo, vahingoittumisriski sekä kuljetus- ja käsittelyajat.

Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli perustuu saatavissa oleviin tilastoihin ja yrityksille suunnattuun kyselyyn kuljetusketjun eri palveluiden hinnoista ja reitin tai kuljetusmuodon valintaan vaikuttavista muista tekijöistä. Kotimaan tiekuljetusten lähtöaineistona ennustemallissa käytetään Tilastokeskuksen tieliikenteen tavarankuljetustilastoa ja ulkomaan kuljetusten lähtöaineistona Tullin tilastoja. Lisäksi lähtöaineistoina käytetään Väyläviraston tilastoja rautatiekuljetuksista ja Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien tilastoja satamien tavaraliikenteestä. Näiden lähtöaineistojen perusteella muodostetaan tavararyhmäkohtaisesti lähtöpaikka-määräpaikkamatriisit.

Tilastoihin perustuvassa tavaraliikenteen ennustemallissa haasteena on tässä raportissa aiemmin todetut ongelmat tiekuljetusten tavararyhmittäisen lähtö- ja määräpaikkatiedon kattavuudessa ja rautatiekuljetusten tavararyhmittäisen lähtö- ja määräpaikkatiedon saatavuudessa. Tiekuljetusten tilastotiedon kattavuusongelma voidaan osittain ratkaista suurentamalla Tilastokeskuksen toteuttaman kyselytutkimuksen otoskokoa. Aineistoa tekoälyn avulla rikastamalla voidaan mahdollisesti saada lisättyä puuttuvia kuntapareja aineistoon, jolloin aineiston kattavuus paranisi. Rautatiekuljetusten ja tiekuljetusten lähtötietojen saamista mallin käyttöön voisi helpottaa integroimalla ne keskenään yhdeksi maakuljetusten tavararyhmittäiseksi lähtö-/määräpaikka-aineistoiksi, jonka malli jakaa optimaalisille kuljetusmuodoille ja kuljetusreiteille eri skenaarioissa. Haasteena on myös se, että eri tilastoissa on käytetty erilaisia tavararyhmäluokituksia. Mallia varten tulee muodostaa lähtötilastoista yhtenäinen tavararyhmäluokitus tilaston tuottajien kanssa.

Tässä vaihtoehdossa hintatietoja ja muita reitin valintaan vaikuttavia tietoja kuten tavarantoimittajan vahingoittumisriski ja sitoutunut pääoma selvitetään kuljetusyrityksille kohdennetulla tavararyhmittäisellä kyselyllä. Lisäksi vertailuaineistona käytetään saatavissa olevia palveluhinnastoja ja muita selvityksiä. Hinnat selvitetään kuljetusmuodoittain erikseen kuljetukselle, terminaalioveroinnille, satamaoveroinnille jne. Tavarantoimittajan arvo arvioidaan Tullin tilastojen perusteella. Eri tavararyhmissä reitin ja kuljetusmuodon valintaan vaikuttavat tekijät painottuvat eri tavalla. Näitä painoarvoja täsmennetään myös kyselyssä. Lähtökohtana voidaan pitää muissa tavaraliikennemalleissa olevia painoarvoja.

Ennustetilanteen kysyntämatriisit saadaan muuttamalla nykytilanteen kysyntämatriiseja talousennusteeseen perustuvilla tavararyhmäkohtaisilla kertoimilla. Nämä tavararyhmäkohtaiset kertoimet muodostetaan yhteistyönä esimerkiksi

ETLA:n kanssa ja tarkistetaan tarvittaessa. Kertoimien muodostamiseen tarvitaan tutkimustyötä.

Mallissa käytettävät talousennusteet ja väestöennusteet ovat samat kuin henkilöliikenteen ennustemallissa. Samoin käytettävä koordinaatisto ja liikenneverkko on sama. Malli rakennetaan sopivalle ohjelmistopohjalle, joka voi olla esimerkiksi Emme-ohjelmisto.

3.4.3 Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvassa tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehdossa (vaihtoehto 2) Suomeen toteutettaisiin samankaltainen ennustemalli kuin Ruotsissa ja Norjassa on käytössä.

Ruotsin Samgods-mallia ja Norjan Nasjonal godstransportmodell -mallia on kuvattu edellä luvussa 3.2. Malli koostuu kolmesta erillisestä osamallista, joita ovat logistiikkamalli, rautatiekapasiteettimalli ja liikenteen sijoittelumalli. Logistiikkamalli jakaa erityyppiset hyödykkeet kuljetusketjuiksi minimoiden logistiikkakustannuksia ja rautatiekapasiteettimalli mallintaa rautateiden kapasiteettirajoitteita.

Ennustemallivaihtoehdossa lähtökohtana ovat kuljetusmuodot ylittävä tarkastelu eli se sisältää kaikki tavaraliikenteessä käytettävät kuljetusmuodot. Malli kuvaa kuljetusvirrat lähtien tuotannosta ja päätyen käyttökohteisiin. Kuljetusvirrat kuvataan malliin matriisirakenteella. Tavaravirtojen lähtö- ja määräpaikat määritetään vyöhykkeittäin, joita ovat Suomessa esimerkiksi kuntataso, tärkeimmissä vientimaissa enemmän vyöhykkeitä jne.

Tavaravirrat perustuvat työpaikkatietoihin jaettuna esimerkiksi kolmeen eri kokoluokkaan työntekijämäärän mukaisesti. Tavaravirrat jaotellaan esimerkiksi 35 tavararyhmään ja niille määritellään useita erilaisia kuljetusketjuja, jotka kattavat kaikki tarvittavat kuljetusketjut kaikilla kuljetusmuodoilla ja niiden kombinaatioilla. Näihin määritellään tyyppikalusto, joita esimerkiksi tiekuljetuksissa on kuusi erilaista. Malliin koodataan myös terminaaliverkosto ja erilaiset logistiset solmupisteet, joiden välille on koodattu pääkuljetusmuoto ja toissijainen kuljetusmuoto. Kuljetusten linkittyminen muihin kuljetusmuotoihin liittyy terminaalirakenteeseen ja logistiseen solmupisteverkostoon, joissa siirto kuljetusmuodosta toiseen tapahtuu.

Mallin optimointilogiikka toimii tuoteryhmäkohtaisesti ja malli perustuu kokonaislogististen kustannusten minimointiin. Teknisesti malli voisi toimia kuten Ruotsin Samgods-malli Cube Voyager -ohjelmistolla, joka on lisensoitu tuote. Muut tarvittavat tukiohjelmat eivät edellytä lisenssiä.

3.5 Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen toteuttamiskustannukset

Molemmissa ennustemallivaihtoehdoissa Traficom vastaa ennustemallin toteuttamisesta, omistaa mallin ja vastaa sen hallinnoinnista. Mallin ylläpitoon, kehittämiseen ja selvityksiin Traficom on ajateltu käyttävän ulkoisia palveluita.

Molempien ennustemallivaihtoehtojen toteuttamiskustannuksista ja henkilöresursseista on tässä luvussa esitetty arvio pelkästään konsultin kustannuksista ja henkilöresursseista. Tarkemmat arviot konsultin kustannuksista ja henkilöresursseista on esitetty liitteen 1 liitetaulukoissa 1-3.

3.5.1 Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehto (vaihtoehto 1) toteutettaisiin kahdessa vuodessa. Arvio ennustemallin toteuttamiskustannuksista on 450 000 euroa (taulukko 9) ja sen toteuttamiseen kuluu työaikaa arviolta 2,5 henkilötyövuotta.

Kustannusten ja henkilötyöajan on oletettu koostuvan pelkästään konsultin kustannuksista ja työajasta eikä niissä ole otettu huomioon Traficomien henkilöstö- ja ohjelmistokustannuksia eikä työaikaa. Arvioissa konsultin tuntiveloitushintana on käytetty 95:tä euroa ja kuukausituntimääränä 160:tä tuntia.

	Työvaihe	Kustannukset euroa
1. vuosi	Mallin tarkempi suunnittelu ja lähtötietojen analysointi	30 000
	Lähtötietotilastojen kokoaminen ja käsittely	60 000
	Kyselytutkimus yrityksille hinnoista sekä reitin ja kuljetusmuodon valintaan vaikuttavista tekijöistä	90 000
	Mallin tekninen toteuttaminen valitulle ohjelmistopohjalle ja mallin testaus	150 000
	Mallin toteuttaminen, ensimmäinen vuosi yhteensä	330 000
2. vuosi	Mallin tekninen toteuttaminen valitulle ohjelmistopohjalle ja mallin testaus	90 000
	Käyttäjien ja ylläpitäjien kouluttaminen	30 000
	Mallin toteuttaminen, toinen vuosi yhteensä	120 000
	Mallin toteuttaminen yhteensä	450 000

Taulukko 7. Arvio tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 1) toteuttamiskustannuksista.

3.5.2 Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

Myös Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehto (vaihtoehto 2) toteutettaisiin kahdessa vuodessa. Kustannukset on arvioitu Ruotsin mallin ylläpitokustannusten perusteella siten, että ne ovat ensimmäisenä perustamisvuotena kaksinkertaiset ja toisena puolitoistakertaiset verrattuna ylläpitokustannuksiin. Kustannuksia on lisäksi pienennetty 30 %, koska Suomen kansantalous on Ruotsia pienempi ja malli voidaan toteuttaa Suomessa rajatumpana ja sisällöltään pienempänä. Malli voidaan myös toteuttaa Suomessa tehokkaammin ja nopeammin, koska mallin toteuttamisessa voidaan ottaa huomioon Ruotsissa kerätyt kokemukset mallin toteuttamisesta.

Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin toteuttamiskustannukset ovat arviolta 1,4 miljoonaa euroa (taulukko 10) ja sen toteuttamiseen kuluu työaikaa arviolta 7,7 henkilötyövuotta.

Kustannusten ja henkilötyöajan on oletettu koostuvan pelkästään konsultin kustannuksista ja työajasta eikä niissä ole otettu huomioon Traficomien henkilöstö- ja ohjelmistokustannuksia eikä työaikaa. Arvioissa konsultin tuntiveloitushintana on käytetty 95:tä euroa ja kuukausituntimääränä 160:tä tuntia.

Työvaihe	Kustannukset euroa
Mallin toteuttaminen, ensimmäinen vuosi	810 000
Mallin toteuttaminen, toinen vuosi	600 000
Mallin toteuttaminen yhteensä	1 410 000

Taulukko 8. Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 2) toteuttamiskustannuksista.

3.6 Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen ylläpitokustannukset

Molemmissa ennustemallivaihtoehtoissa Traficom vastaa ennustemallin ylläpidosta. Mallin ylläpitoon Traficom on ajateltu käyttävän ulkoisia palveluita.

Molempien ennustemallivaihtoehtojen ylläpitokustannuksista ja henkilöresursseista on tässä luvussa esitetty arvio pelkästään konsultin kustannuksista ja henkilöresursseista. Tarkemmat arviot konsultin kustannuksista ja henkilöresursseista on esitetty liitteen 1 liitetaulukoissa 4-6.

3.6.1 Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtoon perusylläpito toteutetaan päivittämällä joka vuosi mallin sisältämät liikenneverkot ja muut tarvittavat tekniset asiat, tilastoaineistot ja käytetyt ennusteet. Lisäksi joka kolmas vuosi toteutetaan mahdollisimman samanmuotoinen kyselytutkimus yrityksille hinnoista sekä reitin ja kuljetusmuodon valintaan vaikuttavista tekijöistä. Kyselytutkimuksen päivittämisen kustannuksiksi on arvioitu noin puolet sen ensimmäisen toteutuksen kustannuksista.

Ennustemallin ylläpitokustannukset ovat arviolta 40 000 euroa vuodessa ja ylläpitoon kuluu arviolta 0,2 henkilötyövuotta vuodessa. Lisäksi joka kolmas vuosi yrityksille tehtävän kyselytutkimuksen kustannukset ovat arviolta 50 000 euroa ja henkilötyötä kyselytutkimuksen tekemiseen kuluu arviolta 0,3 henkilötyövuotta. Tällöin joka kolmas vuosi ennustemallin ylläpitokustannukset ovat arviolta yhteensä 90 000 euroa. (taulukko 11)

Edellä mainittujen kustannusten lisäksi mallin toiminnallisesta ja sisällöllisestä kehittämisestä syntynee kustannuksia arviolta 50 000–100 000 euroa vuodessa esimerkiksi joka kolmas vuosi. Kustannukset riippuvat toimintaympäristön muuttamisesta ja käyttäjien tai mallin omistajien tarpeista tai halusta kehittää malliin lisää ominaisuuksia ja sisältöjä. Tämän vuoksi näitä ylläpitoon liittyviä kustannuksia on vaikea arvioida.

Kustannusten ja henkilötyöajan on oletettu koostuvan pelkästään konsultin kustannuksista ja työajasta eikä niissä ole otettu huomioon Traficomien henkilöstö- ja ohjelmistokustannuksia eikä työaikaa. Arvioissa konsultin tuntiveloitushintana on käytetty 95:tä euroa ja kuukausituntimääränä 160:tä tuntia.

Työvaihe	Kustannukset euroa / vuosi
Mallin vuotuinen ylläpito (liikenneverkkojen, tilastojen, O-D-matriisien ja muiden perustietojen päivittäminen)	40 000
Kyselytutkimus yrityksille hinnoista sekä reitin ja kuljetusmuodon valintaan vaikuttavista tekijöistä (toteutetaan joka kolmas vuosi)	50 000
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä joka kolmas vuosi	90 000

Lisäksi mallin toiminnallisesta ja sisällöllisestä kehittämisestä sekä tavararyhmittäisten talouden muutosennustekertoimien päivittämisestä syntyy kustannuksia arviolta 50 000–100 000 euroa vuodessa esimerkiksi joka kolmas vuosi

Taulukko 9. Arvio tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 1) ylläpitokustannuksista.

3.6.2 Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehdon ylläpitokustannukset on arvioitu Ruotsin Samgods-mallin vuosina 2013–2017 toteutuneisiin ylläpitokustannusten keskiarvon perusteella. Myös ylläpitokustannuksia on pienennetty 30 % samoilla perusteilla kuin mallin toteuttamiskustannuksia. Lisäksi joka neljäs vuosi toteuttava tavaravirtatutkimus voi olla Suomessa rajatumpi.

Ennustemallin ylläpitokustannukset ovat arviolta 400 000 euroa vuodessa ja ylläpitoon kuluu arviolta 2,2 henkilötyövuotta vuodessa. Lisäksi joka neljäs vuosi yrityksille tehtävän kyselytutkimuksen kustannukset ovat arviolta 400 000 euroa ja henkilötyötä kyselytutkimuksen tekemiseen kuluu arviolta 2,2 henkilötyövuotta. Tällöin joka neljäs vuosi ennustemallin ylläpitokustannukset ovat arviolta yhteensä 800 000 euroa. (Taulukko 10. Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 2) ylläpitokustannuksista.)

Kustannusten ja henkilötyöajan on oletettu koostuvan pelkästään konsultin kustannuksista ja työajasta eikä niissä ole otettu huomioon Traficomien henkilöstö- ja ohjelmistokustannuksia eikä työaikaa. Arvioissa konsultin tuntiveloitushintana on käytetty 95:tä euroa ja kuukausituntimääränä 160:tä tuntia.

Työvaihe	Kustannukset euroa / vuosi
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä	400 000
Tavaravirtatutkimus (toteutetaan joka neljäs vuosi)	400 000
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä joka neljäs vuosi	800 000

Kustannuksissa on huomioitu myös ylläpidon yhteydessä tehtävän kehittämisen kustannukset

Taulukko 10. Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 2) ylläpitokustannuksista.

4 Yhteenveto

4.1 Henkilöliikenteen ennustemallin kehittämispolku

Muissa Pohjoismaissa on vakiintunut käytäntö, jossa liikennemalleja kehitetään ja ylläpidetään niin, että liikennejärjestelmäsunnitteluun on aina toimivat mallit. Uudet versiot otetaan käyttöön vasta kun ne ovat huolellisesti implementoitu ja testattu. Mallien ylläpitoon on varattu riittävästi resursseja. Näin kehittämis- ja ylläpitotyössä on voitu vähentää liikennejärjestelmäsunnittelun sykleihin liittyvää reaktiivista toimintaa, jolloin ratkaisut ovat kestävämmällä pohjalla.

Henkilöliikenteen ennustemallien laadinnassa, käytössä ja ylläpidossa voidaan nähdä eri ajankohtien tarpeita palvelevat kehityspolut. Välittömänä tarpeena on mallijärjestelmä, jolla voidaan tuottaa henkilöliikenteen valtakunnalliset ennusteet seuraavaa liikennejärjestelmäsunnitelmaa varten. Tässä tehtävässä nojaututaan pitkälti jo olemassa olevaan valtakunnalliseen liikenne-ennustemalliin, jota on parhaillaan päivitetty vuoden 2016 valtakunnallisella henkilöliikennetutkimusaineistolla.

Muissa Pohjoismaissa liikenteen mallintajat ovat hyödyntäneet mallien estimoinneissa suhteellisen vanhojakin aineistoja, kunhan niiden laatua on pidetty hyvänä. Suomessa ongelmana on kuitenkin, että aiemmat aineistot ovat pitkien matkojen mallin laadintaan suppeat ja uuden aineiston keruun suunnittelu ja toteutus vie aikansa. Vuonna 2021 käynnistytävään henkilöliikennetutkimukseen tiedonkeruuseen ei sisälly pitkien matkojen tutkimusta.

Nykyinen ennustemenettely pohjautuu yksilömalleista tuotettuihin liikennevirta-arvioihin. Mallin toimivuutta voidaan tukea tarkentamalla liikennevirtojen suuntautumisarvioita. Suuntautumisen tarkentamisessa hyödyllisiä aineistoja voivat olla matkapuhelinoperaattoreiden tukiasemien paikannusaineisto. Mallirakenteen muuttaminen ennen vuonna 2023 käynnistytävää liikennejärjestelmäsunnitelmaa on kuitenkin aikataulullisesti mahdotonta.

Välittömät toimenpiteet painottuvat siten tarvittavien lähtötietojen keräämiseen ja saattamiseen sellaiseen muotoon, että liikennejärjestelmätyö voi hyödyntää olemassa olevia liikennemalleja. Samoin voidaan ennakoida varmistaen, että liikennejärjestelmätyötä palvelevat liikennemallien tulostukset ja liityntäpinnat muun muassa ilmastovaikutusten ja taloudellisten vaikutusten arviointiin ovat jouhevat. Helsingin seudun liikennemallit tarkastelevat seudullista liikennettä tarkemmin kuin mitä nykyisillä valtakunnallisilla liikenne-ennustemalleilla on mahdollista. Valtakunnallisen ennusteiden laadinnassa voidaan hyödyntää Helsingin seudun tuloksia. Muuta maata koskevat tiedot perustuvat nykyiseen päivitettyyn valtakunnalliseen liikenne-ennustemalliin.

Seuraavassa taulukossa 13 on esitetty kootusti kehittämisideoita, joiden hyödyntämismahdollisuuksia nykyisessä mallijärjestelmässä ei voida kuitenkaan täydellä varmuudella ennakoita. Osassa ehdotuksista on kyse kehittämisluonteisista kokeiluista, joiden kaltaiset hankkeet ovat osa normaalia liikennemallien kehitystyötä myös muissa Pohjoismaissa. Liikennejärjestelmäsunnitelman kannalta täysin välttämättömiä ovat vain ennusteiden lähtötietoihin liittyvät päivitykset.

Toimenpide	Kustannusarvio (alv. 0%)	rooli
Tekninen liikennevirtojen lähtömääräpaikkamatriisisovitus tukiasemien paikannusaineistolla, ei sisällä arviota lähtöaineistojen hankinnasta	10 000 - 40 000	Voi parantaa nykyisen mallin luotettavuutta
Useampaan lähtöaineistoon perustuva liikennevirtojen lähtömääräpaikkamatriisisovitus tukiasemien paikannusaineistolla ei sisällä arviota lähtöaineistojen hankinnasta	20 000 - 100 000	T&K-tyyppinen hanke, onnistuminen epävarmaa, jatkoa edelliselle
Pitkien matkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin rakentaminen (hierarkkinen logit-malli, menetelmäkokeilu)	30 000 - 80 000	Osaamisen kehittäminen, tuottaa tietoa pitkien matkojen tiedonkeruun suunnittelua varten
Pitkien matkojen kulkutapamallin tiedonkeruun täydennys ja kulkutapamallin muodostaminen uudelleen (jaettava myös osaprojekteiksi)	240 000 - 330 000	Voi parantaa nykyisen valtakunnallisen kulkutavan ennustemallin laatua. Voidaan jakaa osaprojekteiksi.
Valtakunnallisen tarjontamallien tarkennus	40 000 - 80 000	Parantaa nykyisen mallin semanttista esitystapaa, palvelee myöhempiä liikennemallien tarkentamista
Helsingin seudun liikenne-ennustemallien tulosten hyödyntäminen valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa	30 000 - 50 000	Varmistetaan, että HSL:n tarkempien mallien tulokset tulevat hyödynnettyä myös valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnitelmassa
Kulkutapamallin tarkennettu kalibrointi havaittuihin kulkutapaosuuksiin	10 000 - 20 000	Voi nykyisen kulkutapamallin toimivuutta, jos kulkutapaosuudet eripituisilla matkoilla ovat epärealistiset
Ennustejankohdan lähtötietopäivitykset ja tunnuslukujen laskentaprosessit, tiettyjen muuttujien, kuten BKT:n ja tulotietojen käyttötavan tarkentaminen, visualisoinnit	10 000 - 100 000	Tukee ennusteiden laadinnan prosessia. Ennusteiden tarvitsemien lähtötietojen päivitys välttämätön, jotta liikennemallia voidaan käyttää valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman lähtötietona.
yhteensä	410 000 - 800 000	

Toteutettavat toimenpiteet ovat valikoitavissa toisistaan riippumattomasti aikajaksolla 2020 – 2022. Taulukossa on myös kuvattu toimenpiteiden roolia.

Taulukko 11. Alustava arvio nykyisen henkilöliikenteen liikennemallijärjestelmän pienten parannustointien kustannuksista.

Pidemmällä aikavälillä Suomessa tulisi siirtyä uuteen mallijärjestelmään, jossa alueellisen ja pitkämatkaisen liikenteen käsittely on nykyistä mallijärjestelmää jäsennellympi. Mallien tulisi olla kaikkien käytettävissä ja teknisiä yksityiskohtia, jotka eivät ole täysin välttämättömiä, voidaan karsia. Kiertomatkojen³¹ käsittelyä voidaan yksinkertaistaa ja varmistaa, että liikennemallit ovat tilastollisesti luotettavia. Myös havaintoaineiston monistaminen ja kiertomatkojen simulointi tulevat perusmallissa tarpeettomaksi. Arviolta 97 – 100 prosenttia suomalaisten kotimaanmatkojen suoritteesta voidaan selittää malleilla, joissa lyhyillä matkoilla kiertomatkatyyppinä on 4-6 ja pitkällä matkoilla enintään saman verran. Menettely rajaa jossain määrin myös havaintoaineiston tarvetta muihin Pohjoismaihin verrattuna. Jotta nykytilan ja ennustetilanteen liikennevirrat voidaan sijoitella liikenneverkolle, vaikuttaa ainakin toistaiseksi välttämättömälle, että reitinvalinnassa käytetään liikennesuunnitteluohjelmistoja, joista Suomessa Emme-ohjelmisto on yleisessä käytössä. Tämä tarkoittaa myös aluejaon karsimista ruutualuejaosta karkeammalle tasolle.

³¹ Kiertomatalla tarkoitetaan tässä matkojen yhdistelmää, jotka alkavat samasta pisteestä, esimerkiksi kotoa ja päättyvät samaan pisteeseen. Englannin kielessä kiertomatkoista käytetään nimitystä ”journey”. Tyypillinen kiertomatka on esimerkiksi koti → työ → koti. Valtakunnallisten yksilömallien yhteydessä kiertomatkoista on käytetty nimitystä matkaketju, mutta tällä voidaan tarkoittaa toisinaan lähtö- ja määräpaikan välistä ovelta-ovelle ketjua, jossa kulkutapa voi vaihtua kesken matkan ja paluumatkaa ei ole mukana. Matkaketju viittaa siis kulkutapojen käyttöön ovelta-ovelle matkan aikana. Esimerkki matkalla koti → työ matkaketju voisi olla kävely → bussi → juna → kävely. Kiertomatka voi käsitteenä sekoittua yleiskieliseen määrättyä matkailun muotoa tarkoittavaan ilmaisuun. Tässä kiertomatalla tarkoitetaan matkailua laajemmin mitä tahansa matkojen yhdistelmää, joka alkaa ja päättyy samaan pisteeseen.

Nykyisen aluekäsittelyn tilalle ehdotetaan perusratkaisuiltaan Norjan ja Ruotsin mallirakennetta, jossa mallijärjestelmä koostuu alueellisista malleista ja pitkien matkojen mallista. Pohjoismaisten mallien varsin runsaasta matkaryhmittelyistä ja tarpeettomasta segmentoinnista kuitenkin luovutaan alueellisissa malleissa. Näin tarvittava havaintoaineisto vastaa paremmin Suomen henkilöliikennetutkimuksen otoskokoja. Alueellisten ja valtakunnallisen tarjontamallien nykyistä suurempi tarkkuus palvelee mallien havainnollisuutta ja luotettavuutta. Vaikka aineistotarpeissa on puutteita, ovat monet mallirakenteen suunnitteluun ja toteuttamiseen liittyvät vaiheet käynnistettävissä jo nyt. Mallien kehittäminen on pitkän aikavälin tehtävä, johon muissa Pohjoismaissa on kulunut vuosia.

Koska suomalaisten matkoista noin 97 prosenttia on alle sata kilometriä pitkiä matkoja, ei alueellisten liikennemallien roolia voida ohittaa valtakunnallisessa liikennemallijärjestelmässä. Ruotsissa ja Norjassa alueelliset liikennemallit on toteutettu koko maassa yhtenevällä tavalla ja ne palvelevat seudullista ja maakunnallista liikennejärjestelmäsuunnittelua. Alueellisten mallien tulokset ovat lähtöteinä valtakunnallisille ennusteille. Valtion viranomainen tarjoaa näin eräänlaisen teknisen tuen liikennemallien käyttöön. Alueet ovat myös sitoutuneet yhteisten laskentamenetelmien ja yksikköarvojen käyttöön vaikutusarvioinneissa.

Vaikka pitkien matkojen määrä (noin kolme prosenttia kaikista kotimaanmatkoista) on vähäinen, on niiden merkitys liikennesuoritteina mitattuna suuri. Arviolta lähes kaksi viidesosaa kotimaanmatkojen suoritteesta muodostuu yli sata kilometriä pitkistä matkoista. Pitkien matkojen luonne poikkeaa merkittävästi päivittäisestä liikkumisesta. Siksi muissa maissa näille laaditaan oma mallinsa³². Pitkien matkojen tiedonkeruu kannattaa suunnitella ja järjestää niin, että Suomessa voidaan tulevaisuudessa laatia myös valtakunnallisten yhteyksien kannalta merkittävät pitkien matkojen kysyntämallit, jotka kattavat matkatuotoksen, suuntautumisen ja kulkutavan valinnan sekä sijoittelun liikenneverkolle.

Taulukossa 14 on arvioitu henkilöliikenteen mallien uudistamisen kehittämiskustannuksia. Kustannukset ajoittuvat 5-7 vuoden aikajaksolle. Syynä on muun muassa lähtöaineistotarpeet, joiden kerääminen tulee järjestää ja aikatauluttaa. Kustannuksissa ei ole esitetty arviota pitkien matkojen mallin välttämättä tarvitsemasta otanta-aineistosta.

	vaihtoehto 1	vaihtoehto 2
Pitkien matkojen mallin ja alueellisten mallien mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu	50 000	90 000
Pitkien matkojen mallin laadinta	200 000	480 000
Alueellisten mallien tarkentava suunnitelma	70 000	130 000
Alueellisten mallien laadinta ^{*)}	970 000	1 690 000
Toistuvasti hankittavien lähtötietojen automatisoidut käsittelyproseduurit	30 000	80 000
Tulostustyökalut kysyntämalleihin, vaikutusarviointityökalujen laadinta (osittain yhteinen alueellisille ja pitkille matkoille)	20 000	100 000
Erikseen nimeämättömät tehtävät (n. 20 %)	260 000	510 000
Yhteensä	1 600 000	3 080 000

^{*)} Mukana myös mahdolliset alueille syntyvät ulkoiset kustannukset.

Euroina, alv 0%, vuoden 2020 hintataso, kustannuksissa ei ole mukana lähtöaineistojen hankinnan kustannuksia eikä lisenssikustannuksia, eikä viranomaistyötä. Vaihtoehdot 1 ja 2 kuvaavat pikemminkin yksittäisten osaprojektien hintahaarukkaa kuin toisistaan erillisiä vaihtoehtoja. Kustannus voi koostua toimeksiannoista ja/tai viranomaisten henkilöresursseista.

Taulukko 12. Alustava hintahaarukka kehittämiskustannuksille.

³² Näin on myös nykyisissä yksilömalleissa, mutta logiikkaa ei ole viety pitkien matkojen ennustemallien puolelle.

Esitetyistä kokonaisuuksista laajempikaan vaihtoehto ei vielä tarkoita yhtä hienojakoista tai yksityiskohtaista mallikokonaisuutta kuin mitä muissa Pohjoismaissa on käytössä. Kyse on mallijärjestelmästä, joka on rakennettavissa muita Pohjoismaita kevyemmin ja ylläpidettävissä pienemmin resurssein. Muissa Pohjoismaissa kehittämiskustannukset ovat olleet useita miljoonia euroja. Suomessa kehittämisen kustannukset olisivat pienemmät, koska tarkoituksena on hyödyntää muissa Pohjoismaissa käytettyjä ratkaisuja ja yksinkertaistaa mallirakenteita. Ero johtuu myös siitä, että mainituissa kehittämiskustannuksissa ei ole mukana teknisen ylläpidon kustannuksia, kokeiluluontoisia hankkeita eikä osaamisen ylläpitoon liittyviä tehtäviä. Näiden tehtävien järjestämiseen kannattaa varautua ennen kuin mallijärjestelmän kehittämisessä voidaan edetä.

Ruotsissa henkilöliikennemallien ylläpidon viranomaistehtävät työllistävät kokoaikaisesti 5 henkilöä. Lisäksi työhön osallistuu osa-aikaisesti noin 20 – 30 muuta henkilöä ja heidän tehtävät liittyvät mm. mallijärjestelmän käytön vaatimiin tutkimus- ja tietoaaineistojen tuottamiseen.

Suomessa henkilöliikenteen mallien kehittämisen, käytön ja ylläpidon kokoaikainen resurssitarve viranomaistehtävissä on arviolta noin 3-5 htv. Tämä arvio perustuu vertailuun muissa pohjoismaissa käytössä oleviin vastaaviin malleihin. Lisäksi tarvitaan merkittävä määrä lisäresursseja mm. lähtötietoina käytettävien tutkimusten ja tietoaaineistojen tuotantoon liittyen.

Ylläpidossa eniten resursseja tulee vaatimaan todennäköisesti alueellisten mallien liikenneverkkojen ja linjastojen ylläpito ja ennustetilanteiden liikennejärjestelmäkuvausten muodostaminen. Toinen suurempi menoerä on kysyntämallien päivitys uusimpia henkilöliikennetutkimusaineistoja vastaaviksi, mutta tämä toimenpide toistuu harvakseltaan. Lisäksi oma menoeränsä on perusennusteiden laadintaprosessi.

Resurssitarve on alkuvaiheessa pienempi ja järjestelmän kehittyessä tarvitaan lisää henkilöitä. Lisäksi mallialueilla tehdään paljon työtä lähtötietojen ja liikenneverkkojen ylläpidon osalta. Alkuvaiheessa osaamisen kehittämisen tavoitteena on varmistaa, että olemassa olevista kansainvälisistä käytännöistä saadaan hyödynnettyä Suomen olosuhteisiin parhaiten soveltuvat.

Uusien henkilöliikenteenmallien laadintavaiheessa osaamisen kehittäminen liittyy erityisesti suomalaisten asiantuntijoiden perehdyttämistarpeeseen: on tarpeen varmistaa, että konsultit, viranomaiset ja tutkijat osaavat käyttää tulevaa mallijärjestelmää itselleen tarkoituksenmukaisella tavalla. Käyttäjät on muissa Pohjoismaissa nimetty yleensä kahteen ryhmään: asiantuntijoihin, jotka itse tekevät malliajoja ja asiantuntijoihin, jotka käyttävät malleilla ajettuja tuloksia. Mallikonsultteja ja tutkijoita on mahdollista perehdyttää tehtävään siten, että he osallistuvat mallien kehittämistyöhön, mallien testaukseen tai mallien soveltamiseen. Lisäksi on tarpeen järjestää erillisiä koulutustilaisuuksia, jotka liittyvät malliajojen tekoon tai joissakin tapauksessa mallinnuksessa hyödynnettyjen ohjelmistojen käyttöön. Pääkäyttäjien osalta ulkoiset perehdyttämiskustannukset lienevät suuruusluokaltaan 15 000 – 25 000 euroa / toimija. Loppuosa kustannuksista pystytään todennäköisesti liittämään suoraviivaisemmin osaksi itse kehittämis- ja ylläpitotyötä edistävään toimintaan.

Myöhemmässä vaiheessa osaamisen ylläpito kytkeytyy muun muassa uusien asiantuntijoiden perehdyttämiseen ja tutkimuksellisen osaamisen kehittämiseen yhteistyössä esimerkiksi korkeakoulujen kanssa. Kokeiluluonteisten kehittämishankkeiden vuosikustannukseksi voidaan arvioida 200 000 euroa, mutta tarve todennäköisesti vaihtelee sen mukaan, missä kehittäminen tai ylläpidon vaiheessa henkilöliikennemallijärjestelmätyö on menossa.

4.2 Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehdot

Mallien toteuttamis- ja ylläpitokustannukset

Ennustemallivaihtoehdoista tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli (vaihtoehto 1) on sekä toteuttamis- että ylläpitokustannuksiltaan selvästi Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemallia (vaihtoehtoa 2) edullisempi. Kustannusarviot muodostuvat pelkästään ulkoisista kustannuksista eikä niissä ole otettu huomioon Traficomien sisäisiä kustannuksia.

	Ennustemalli	Kustannukset	
Mallin toteuttaminen	Vaihtoehto 1	450 000	
	Vaihtoehto 2	1 410 000	
Mallin ylläpito	Vaihtoehto 1	40 000*	90 000 joka 3. vuosi
	Vaihtoehto 2	400 000	800 000 joka 4. vuosi

Vaihtoehto 1 = Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

Vaihtoehto 2 = Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli

* Lisäksi mallin toiminnallisesta ja sisällöllisestä kehittämisestä sekä tavararyhmittäisten talouden muutosennustekertoimien päivittämisestä syntyy kustannuksia arviolta 50 000–100 000 euroa vuodessa esimerkiksi joka kolmas vuosi.

Taulukko 13. Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen kustannusvertailu.

Mallien henkilötyöresurssit

Vertailtaessa ennustemallivaihtoehtojen vaatimia henkilötyöresursseja tilastoihin perustuva ennustemalli (vaihtoehto 1) vaatii selvästi vähemmän henkilötyöresursseja kuin Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli (vaihtoehto 2). Vaihtoehtojen 1 toteuttamisen kuluu arviolta 2,5 henkilötyövuotta ja vaihtoehtojen 2 toteuttamiseen arviolta 7,7 henkilötyövuotta.

Vaihtoehtojen 1 ylläpitoon kuluu arviolta 0,2 henkilötyövuotta vuodessa (joka kolmas vuosi lisäksi 0,3 henkilötyövuotta vuodessa) ja vaihtoehtojen 2 ylläpitoon arviolta 2,2 henkilötyövuotta vuodessa (joka neljäs vuosi lisäksi 2,2 henkilötyövuotta vuodessa).

Esitetyissä arvioissa henkilötyöaika koostuu konsultin työajasta. Viranomaisilla tulisi olla myös riittävät sisäiset resurssit. Suomessa tavaraliikenteen ennustemallien resurssitarve viranomaistehtävissä on arviolta noin 2-4 htv riippuen ulkoistamista koskevista linjauksista. Tarkemmat arviot henkilötyöresursseista on esitetty liitteen 1 liitetäulukossa 7.

Mallien SWOT-analyysi

Tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen etuina ovat alhaisemmat toteuttamis- ja ylläpitokustannukset kuin Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvassa ennustemallivaihtoehtojen ennustemallissa. Lisäksi, jos lähtötiedon saatavuuden haasteet saadaan ratkaistua, pystytään käyttämään todennäköistä nykytilannetta ennustemallien laskennan lähtökohtana. Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva ennustemalli on pitkälti laskennallisiin oletuksiin perustuva puhdas skenaariomalli eikä lähtökohtana ole todellinen nykytilanne. Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvassa ennustemallissa haasteena on myös korkeat toteuttamis- ja ylläpitokustannukset, koska mallin ylläpito vaatii jatkuvaa tutkimusta. Esimerkiksi tavaravirtatutkimus mallin taustalla on laaja hanke. Seuraavassa taulukossa on esitetty ennustemallivaihtoehtojen SWOT-analyysi.

	Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli Vaihtoehto 1	Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli Vaihtoehto 2
Vahvuudet	Laskennan lähtökohtana tilastoihin perustuva nykytilanne Selkeämpi ja helpommin kuvattava toimintaperiaate Kohtuulliset toteuttamis- ja ylläpito-kustannukset Kohtuulliset henkilöresurssitarpeet Ulkomaan kuljetuksista on olemassa hyvät ja kattavat tavararyhmäkohtaiset lähtö-/määräpaikkatilastot (Tullin tilastot)	Ottaa huomioon tavaroiden tuotantomäärät kotimaassa
Heikkoudet	Tavarankuljetustilastojen erilaiset tavararyhmäluokitukset	Monimutkainen toimintaperiaate Perustuu laskennallisiin ja teoreettisiin oletuksiin Erittäin korkeat toteuttamis- ja ylläpitokustannukset Vaatii paljon henkilöresursseja ja myös ylläpito vaatii jatkuvaa laajempaa tutkimusta
Mahdollisuudet	Tulosten hyvä luotettavuus suhteessa toteuttamis- ja ylläpitokustannuksiin Hyvä käytettävyys Useita käyttäjiä	Mallin toteuttaminen yksinkertaisempaan ja helpommin käytettävänä
Uhat	Tulosten luotettavuuden heikkeneminen, jos lähtötilastoissa on ongelmia (teliikenteen tavarankuljetustilaston kattavuus ja rautatiekuljetustilastojen saatavuus), pl. ulkomaankaupan kuljetukset	Tulosten epäluotettavuus (puhdas skenaariomalli, ei kerro todellista nykytilaa) Hankala käytettävyys Vain vähän käyttäjiä

Taulukko 14. Ennustemallivaihtoehtojen SWOT-analyysi.

Luvussa 3 kuvatut MERIMA-mallit (Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarankuljetusten päästölaskentamallit) ja TRAMA-mallit (Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset -mallit) ovat tässä luvussa esitetyistä ennustemallivaihtoehdoista erilisiä ja yksityiskohtaisia laskenta- ja skenaariomalleja, joilla on omat spesifit käyttötarkoituksensa.

Tavaraliikenteen ennustemallin osalta olisi tarkoituksenmukaista toteuttaa ensin kansainvälisten kuljetusten ennustemalli, johon on jo saatavissa hyvät lähtöaineistot ja rakentaa samalla mallipohja soveltuvaksi valtakunnallisen ennustemalliosan lisäämiselle tai yhdistämiselle seuraavassa kehitysvaiheessa.

4.3 Ennustemallien yhteensopivuus

Henkilö- ja tavaraliikenteen mallit muodostavat yhteisen mallijärjestelmän. Mallit ovat kuitenkin erityyppisiä, joten niiden kehitystyö tehdään erillisenä. Molemmat käyttävät kuitenkin mm. samoja talous- ja väestöennusteita. Tavaraliikenteen mallit tuottavat myös tietoa henkilöliikennemalleihin mm. tieliikennekuljetusten osalta.

Mallijärjestelmän ylläpito on tehtävä keskitetysti ja nykytilanteessa vastuullinen viranomainen on Traficom. Ylläpidon osalta voidaan määrittää tehtävät, jotka vaativat viranomaisresursseja:

- koko mallijärjestelmän kehittämis- ja ylläpitovastuu
- henkilöliikenteen kysyntämallien ylläpitovastuu
- tavaraliikenteen kysyntämallien ylläpitovastuu
- liikenneverkkojen ylläpitovastuu.
- lähtötietojen kokoamisen vastuu

Ennustemallien tulokset esitetään samoilla liikenneverkoilla ja koordinaatistoilla siten, että ne voidaan yhdistää. Yhdistelymahdollisuus koskee erityisesti tieliikennettä. Tavaraliikenteen alueelliset ja valtakunnalliset tiekuljetukset ovat lähtöaineistoja henkilöliikenteen alueellisille malleille.

Alueelliset mallit käyttävät lähtötietoina valtakunnallisen pitkämatkaisen henkilöliikenteen ja tavaraliikenteen ennusteita. Molemmissa ennustemalleissa pyritään siihen, että ne mahdollistavat toistensa hyödyntämisen skenaariotarkasteluissa. Kyse on laadittujen ennusteiden hyödyntämistävasta.

Mallijärjestelmää tullaan käyttämään mm. valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnittelun yhteydessä. Mallijärjestelmä toimii kokonaisuutena siten, että se tuottaa ennustetietoa henkilö- ja tavaraliikenteen osalta.

Mallijärjestelmä tuottaa tietoa myös muille malleille vaikutusten arviointia varten ja järjestelmän tuottamia tietoja voidaan hyödyntää myös esim. lähtökohtana ratapapasteittitarkasteluille.

Kehitettävä mallijärjestelmä vie Suomen mallinnusta lähemmäksi pohjoismaisia käytäntöjä. Kehitystyö vaatii pitkäjänteisyyttä, johon tarvitaan eri osapuolten sitoutuminen. Valtakunnallisten mallien kehitystyö edistää myös alueiden liikenne-mallinnusta ja yhtenäistää käytäntöjä eri puolilla Suomea.

5 Lähdeluettelo

AET and contributors (2017). Trimode Freight & Logistics Model of Europe. Saatavissa: <http://www.trt.it/wp/wp-content/uploads/2018/05/3-TRIMODE-Freight-Logistics-model.pdf>

Berg et al. (2016). STRATMOD, D2.1 Beskrivelse av storsonemodellen. Urbanet Analyser, Notat 96/2016.

Berglung, S. (2016). Transtools Version 3. WP8_D8.2_Final report on the passenger demand model_4.0. Saatavissa: http://www.transportmodel.eu/system/files/TT3%20WP8_D8%202_Final%20report%20on%20the%20passenger%20demand%20model_5.0.pdf

Berglund, S. (2019). Sketch of a future model for long-distance trips in Finland. Julkaisematon muistio 25.11.2019. WSP Sweden.

Burgess et al. (2008). Final Report TRANS-TOOLS (TOOLS for TRAnsport forecasting AND Scenario testing) Deliverable 6. Funded by 6th Framework RTD Programme. TNO Inro, Delft, Netherlands. Saatavissa: <https://www.re2.uni-kiel.de/de/archiv/forschung/trans-tools-final-report>

Citilabs (2020). Tor Vorrän sähköpostihaastattelu 9.1.2020 ja verkkosivu: <https://www.citilabs.com/software/cube/cube-voyager/>, viitattu 7.1.2020.

Denmark's Energy and Climate Outlook (2018). Baseline Scenario Projection Towards 2030 With Existing Measures (Frozen Policy).

Gaudry, M. (2018). External review of the Danish Landstrafikmodel LTM 3.0 project. Technical Report. Université de Montréal, Agora Jules Dupuit, Publication AJD-175.

Fiorello, D. (2017). The TRIMODE integrated model for Europe. Presented to the 5th European Transport Conference 2017 in Barcelona. ETC.

IWW (2000). ASTRA. Assessment of Transport Strategies. Project funded by the European Commission under the transport rtd programme of the 4th framework programme. Saatavissa: <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/astra.pdf>

Jin, Y., Williams, I. and Shahkarami, M. (2005) Integrated regional economic and freight logistics modelling: results from a model for the Trans-Pennine Corridor, UK, Proceedings of the 33rd European Transport Annual Meeting, PTRC, London. Saatavissa: <http://abstracts.aetransport.org/paper/index/id/2207/confid/11>

Johansen, K. W. (2016). Høyhastighetstog i Sverige – Beregningsverktøy og resultater. En vurdering av transport- og samfunnsøkonomiske analyser. Oslo.

Johansson, L. I. (2016). Definitioner och kodningsprinciper för Sampers 2016-04-01. Trafikverket.

Jormakka, R. (2019). Validation of mobile network data in producing Origin-Destination matrices. Thesis submitted for examination for the degree of Master of Science in Technology. Aalto University School of Engineering. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/41684/master_Jormakka_Reetu_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kalenoja, H. et al. (2008). Suomen ympäristö 27/2008. Ympäristöministeriö.

Kristoffersson, I. et al. (2018). Sampers4 – Skattning av regionala efterfrågemodeller. VTI, WSP, TPmod.

Landstrafikmodellen (2016). http://www.landstrafikmodellen.dk/Om_modellen/Generel_information/, viitattu 23.12.2019)

Landstrafikmodellen (2019a). LTM 2.0 – Data Flow (Level 2). DTU. Saatavissa: http://www.landstrafikmodellen.dk/-/media/Sites/Landstrafikmodellen/Dokumentation-2-1/Illustrationer/Diagram-over-modellen-Over-view_07062019.ashx?la=da&hash=DFF98888854099DFBB581F6342183509C774BDDA

Landstrafikmodellen (2019b). <http://www.landstrafikmodellen.dk/english>, http://www.landstrafikmodellen.dk/Om_modellen/Generel_information, http://www.landstrafikmodellen.dk/Om_modellen/Godsmodel, viitattu 23.12.2019)

Lapp, T. et al. (2018). Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. Liikennevirasto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2018. Verkkojulkaisu. www.liikennevirasto.fi.

Liikennevirasto (2018a). Henkilöliikennetutkimus 2016. Liikenneviraston tilastoja 1/2018. Verkkojulkaisu. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf

Liikennevirasto (2018b). Valtakunnallisen liikennejärjestelmän tilan ja kehityksen jatkuva seuranta. Liikenne- ja maankäyttöosasto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 65/2018. Verkkojulkaisu. www.liikennevirasto.fi

LVM (2019). Liikenteen kysynnän muutokset ja niiden ennakointi. Esiselvitys. Julkaisematon muistio. Liikenne- ja viestintäministeriö.

ME&P (2002). SCENES: Final Report. Partners: IWW, INRETS, TNO, LT Consultants, TRT, KIRT, NEA, ISIS, DLR, UPM, MECSA, CSST, University of Gdansk, ITS-Leeds, NOBE, NTUA, ÉPFL. Saatavissa: http://netze.iww.kit.edu/102_200.php

Madslie, A. et al. (2014). Grunnprognos for persontransport 2014-2015. TØI Rapport 1362/2014.

Malmin, K. M. et al. (2013). CUBE - Teknisk dokumentasjon av Regional persontransportmodell, Versjon 3.3. Sintef.

Martino, A. et al. (2018). TRIMODE: integrated transport model for Europe. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018. April 16-19, 2018. Vienna, Austria.

Ming Lu, et al. (2014). Intercity Travel Demand Analysis Model. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031. China.

Moilanen, P. et al. (2013). Valtakunnalliset liikenneverkkokuvaukset ja kysyntätiedot liikenne-ennustetarkasteluihin. Liikennevirasto.

Moilanen, P. et al. (2014a). Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki.

Moilanen, P. et al. (2014b). Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2014. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki.

NEA (2005). ETIS-BASE. Core Database Development for the European Transportpolicy Information System (ETIS). European (5th RTD Framework Programme). Saatavissa: https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20100120_125530_51920_ETIS%20BASE%20-%20Final%20Technical%20Report.pdf

Nelldal, B-L et al. (2009). Prognoser och samhällsekonomiska kalkyler med Samvips för Götalandsbanan. Kungliga Tekniska Högskolan (KTH). KTH Järnvägsgruppen.

Nielsen, J. et al. (2019a). Forudsætninger for LTM vers. 2.0. DTU Dok. nr.: 35426-002.

Nielsen, J. et al. (2019b). Prognoseresultater for Basis 2020 og 2030 udført med LTM 2.0. DTU Dok. nr.: 35425-019 rev A.

Nielsen, O. A. et al. (2016). Transtools Version 3. WP7_7.2_Freight and logistics model. Saatavissa: http://www.transportmodel.eu/system/files/TT3%20WP7%20_D7.2_freight%20and%20logistics%20model_3.0_Final.pdf

Nielsen, O. (2017). Transport DTU Technical University of Denmark. The National Transport Model. ESRI User Conference. 12.7.2017.

Pastinen, V. et al. (2017). Esiselvitys henkilömatkojen aikasäästöarvojen tutkimuksesta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 33/2017. Helsinki.

Rekdal, J. (2009). Evaluation of The Norwegian long distance transport model (NTM5). Statens vegvesen Report 0609. Møreforskingh Molde AS. Saatavissa: <https://www.moreforsk.com/publications/reports/transport-economics/evaluation-of-the-norwegian-long-distance-transport-model-ntm5/1197/375/>

Rekdal, J. et al. (2014). NTM6-Transportmodeller for reiser lengre enn 70 km. Rapports 1414. Møreforskingh Molde AS.

Rich, J. et al. (2016). The Danish National Passenger Model – model specification and results. European Journal of Transport Infrastructure Research 16(4):573–599. EJTIR. Saatavissa: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/127712778/2016_04_02.pdf

Rich, J. et. al. (2018). Nationale trafikmodeller og deres organisering: En international sammenligning. TRAFIK & VEJE, 2018 November.

Salomaa, O. (2011). Saavutettavuuspohjainen matkojen suuntautumisen ja kulutavan valinnan simulointimalli. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Espoo.

Sundbergh, P. et al. (2015). Organisering av samhällsekonomiskt modellarbete – En jämförelse mellan Sverige, Danmark och Nederländerna. Trafikanalys 2015:2. Stockholm.

Särkkä, T. et al. (2016). Tulevaisuuden liikennemallit ja -ennusteet. Kirjallisuusselvitys. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 11/2016. Helsinki.

Tattini, J. et al. (2018). Evaluation of the impacts of modal shift in the passenger transport sector on the whole Danish energy system. DTU Management Engineering.

Tilastokeskus (2019a). Merikuljetustilastot. Liikenne ja matkailu. Kotimaan vesiliikenne/kanavaliikenne/ulkomaan meriliikenne. Saatavissa: <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/>

Tilastokeskus (2019b). Tieliikenteen tavarankuljetukset. Liikenne ja matkailu. Saatavissa: <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/>

Torset, T. et al. (2008). Regional transportmodell for Delområder, Brukerveiledning til applikasjon. Sinter.

Torset, T. et al. (2015). Nettfordelingsmetoder i Regionala transportmodell for persontransport. Sintef.

Traficom (2019). Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin tilastot. Saatavissa: <https://www.traficom.fi>

Trafikverket (2015). Sampers och trafikprognoser-en kort introduktion. Trafikverket rapport. Saatavissa: https://www.trafikverket.se/contentassets/c700bc932efd44a4b104b2cbb2a0e79e/sampers_trafikprognoser_kort_introduktion.pdf

Trafikverket (2018). Utvecklingsplan för transportekonomi och kapacitetsanalys - Trafikslagsövergripande plan för utveckling av metoder, modeller och verktyg - för analys av samhällsekonomi, järnvägskapacitet, effektsamband och statistik, styrmedel och fördelning samt för trafik- och transportprognoser. Trafikverket 2018:205. Tukholma.

Trafiverket (2020). Petter Hillin sähköpostihaastattelut 9.1.2020 ja 29.1.2020.

TRANS-TOOLS (2017). Saatavissa: <http://www.transportmodel.eu/home.html>, viitattu 18.12.2019.

TRT (2019). TRIMODE. Transport Integrated Model for Europe. European Commission DG RTD. Saatavissa: http://www.trt.it/en/PROGETTI/trimode_project/, viitattu 18.12.2019)

Tulli (2018). Suomen ulkomaankaupan tuonnin ja viennin tonnimäärät vuonna 2018 maittain. Saatavissa: <https://tulli.fi/tilastot>

TØI (2017a). Framskrivinger for godstransport i Norge 2016-2050. TØI rapport 1555/2017. Transportøkonomisk institutt, Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning.

TØI (2017b). Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av mod. TØI rapport 1429/2015. Transportøkonomisk institutt.

TØI (2020). Norwegian Centre for Transport Research -laitoksen Chief Research Engineer Anne Madslienin sähköpostihaastattelu 7.1.2020.

WSP (2005). EUNET2.0 Freight and Logistics Model: Final report. For contract no. PPAD 9/134/24 for UK Department for Transport.

WSP (2011a). Base Year Freight Matrices: Final Report. For contract no. PPRO 04/03/14 for UK Department for Transport. Saatavissa: <http://data.dft.gov.uk/byfm/byfm-report.pdf>

WSP (2011b). Höghastighetståg-modellutveckling, forskningsrapport. WSP Sverige AB, Analy & Strategi.

VTT (2019). LIPASTO - Liikenteen yksikköpäästöt. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

Väylä (2019). Tieliikenteen tavaravirtojen mallinnus PPP-yhteistyönä. Julkaisematon raportti. WSP Finland Oy. Väylävirasto.

Väylä (2019b). Hankearvioinnin ennusteiden kehittäminen. Väyläviraston julkaisu 21/2019. Helsinki 2019. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-21_hankearvioinnin_ennusteiden_web.pdf

Liite 1 Valtakunnallisen henkilöliikenteen ennustejärjestelmän pitkän aikavälin kehittämiskustannukset ja aikataulu

Kustannus- ja aikatauluerittelyissä on oletettu, että työ on pääsääntöisesti konsulttien ja tutkimusorganisaatioiden toteuttamaa, mutta tehtäväjaottelu voi myös olla toinen. Erityisesti tilaajan käsittelyajalla tarkoitetaan vähimmäiskalenteriaikaa, joka yleensä tarvitaan toimittajan työn käynnistämiseen ja valmiin työn käsittelyyn ennen seuraavan vaiheen käynnistämistä. Taulukoihin ei ole eritelty Traficomien eikä alueellisten viranomaisten sisäistä virkatyötä.

Ruotsissa Sampers-mallin ylläpitoon osallistuu viranomaispuolella kokoaikaisesti 5 henkilöä ja lisäksi tukena on 20-30 muuta henkilöä, jotka osallistuvat työhön tarvittaessa muun työnsä ohella. Suomessa vastaavan tyyppisen mallin kokoaikainen resurssitarve on viranomaistehtävissä arviolta noin 3-5 htv.

Pitkien matkojen mallin laadinta (200 000 - 480 000 €)	Toimittajan työaika	Tilaajan työaika	Vaiheen kustannusarvio (alv 0%)
liikenneverkkokuvaukset, linjastot sekä sijoittelufunktiot (myös dokumentointi ja ylläpidon suunnittelu), hinnoittelun ja maksujen käsittelytavan huomioiminen kuvauksissa	6 - 12 kk	2 + 2 kk	40 000 - 100 000 €
estimoinnin lähtötiedot (vastukset, matkakustannukset, matka-ajat, liityntämatkat, väestörakenne, maankäyttö) ja yksityiskohtainen suunnitelma lähtötietojen muodostamiselle ennustetilanteessa	3 - 5 kk	2 + 2 kk	20 000 - 60 000 €
estimointiaineistojen yhdistely	3 - 6 kk		20 000 - 50 000 €
mallien estimointi, myös apumallit	3 - 7 kk		30 000 - 80 000 €
mallijärjestelmän koodaus (python tms.)	2- 4 kk		20 000 - 60 000 €
pitkämatkaisen tavaraliikenteen ajoneuvomatriisien kytkeminen (matriisikäsittelyt ja jakoluvut) henkilöliikenteen sijoitteluihin	1 kk		10 000 €
validointiaineistojen hankinta (kustannukset epäselvät, esimerkiksi ajankohtariippuvaisten kunta-kunta lähtö-määräpaikkamatriisien hinnan voinee tarkistaa palvelujen tarjoajilta), aineiston käytettävyyden testaus/varmistaminen	4 kk	2 + 2 kk	ei tiedossa
kalibrointiaineistojen hankinta (julkisten lipunmyyntitilastojen anti heikko), liikennelaskennoista päätieverkolla enemmän hyötyä	1 kk		ei tiedossa
kalibrointi, validointi ja alustava testaus	3 - 6 kk		20 000 - 40 000 €
virheenetsintä, korjaukset, täydentävät testaukset	4 kk		10 000 - 50 000 €
dokumentointi, raportointi, käyttöohjeet	3 - 6 kk		20 000 - 30 000 €

Alueellisten mallien tarkentava suunnitelma (70 000 - 130 000 €)	Toimittajan työ	Tilaajan käsittelyaika	Vaiheen kustannusarvio (alv 0%)
yhteistyökäytännöt alueellisten mallien laadinnassa ja ylläpidon vastuissa		6 - 12 kk	
mallirakenteen ja lähtötietojen tarkempi suunnittelu	3 - 6 kk	2 kk	40 000 - 60 000 €
aluejako, kulkutavat, liikenneverkko- ja linjastokuvaukset, verkkomallien tekninen suunnitelma (ennakkodokumentaatio)	4 kk		20 000 - 50 000 €
suunnitelman auditointi ja muutosehdotukset	1 kk	1 kk	10 000 - 20 000 €

Alueellisten mallien laadinta (970 000 – 1 690 000 €)	Toimittajan työ	Tilaajan käsittelyaika	Vaiheen kustannusarvio (alv 0%)
aluejaon toteutus, liikenneverkko- ja linjastokuvaukset alueellisiin malleihin, osatehtävän dokumentointi	12 - 24 kk	4 kk	600 000 € - 1 000 000 €
estimoinnin lähtötiedot (myös apumallit), lähtötietoennusteiden suunnitelma ³³	6 - 12 kk		40 000 € - 80 000 €
estimointiaineistojen yhdistely	3 - 6 kk		30 000 € - 60 000 €
estimoinnit	5 kk		60 000 € - 100 000 €
mallijärjestelmän koodaus (python tms.)	4 - 7 kk		30 000 € - 80 000 €
pakettiautoliikenteen arviointinnettely	3 - 6 kk		40 000 € - 60 000 €
tavaraliikenteen ajoneuvomatriisien ja pitkien matkojen kytkentä sijoitteluihin	3 kk		20 000 €
satamien, lentoasemien erityiskäsittely	2 kk		30 000 €
kalibrointi- ja validointiaineistot, liikennelaskennat, lipunmyyntitilastot, mahdolliset matriisimuotoiset tiedot, yhteistyössä ELY-keskusten ja kaupunkiseutujen kanssa (kustannukset epäselvät, esimerkiksi ajankohtariippuvaisen kunta-kunta lähtö-määräpaikkamatriisien hinnan voinee tarkistaa Telialta), aineiston käytettävyyden testaus/varmistaminen			ei tiedossa
kalibrointi, validointi ja testaus (mahdollisesti osittain yhteistyössä alueiden kanssa)	6 - 12 kk	2 kk	40 000 € - 120 000 €
dokumentointi, raportointi, käyttöohjeet	3 - 6 kk	2 kk	40 000 € - 80 000 €
alueellisten mallien päivitys uusimpaan HLT-aineistoon			40 000 € - 60 000 €

Edellä mainituista kustannuseristä suurin epävarmuus liittyy alueellisten mallien liikenneverkko- ja linjastokuvausten laadintaan. Tehtävä voidaan toteuttaa osin

³³ osittain yhteinen pitkien matkojen kanssa

rinnakkain eri alueilla ja hyödyntää seutujen jo olemassa olevia verkkoja ja linjastoja. Hinta-arviossa on huomioitu lähinnä yhteensovittamistyö ja liikenneverkkojen ja linjastojen tarkennus siltä osin kuin alueviranomaiset eivät rahoita työtä. Esimerkiksi Helsingin seudulla liikenneverkkokuvauksen laadinnan kertakustannukset olivat konsultin arvion mukaan noin 240 000 euroa.³⁴

Jos Helsingin seudun liikenneverkkojen ja linjastojen laadinnan kustannukset suhteutetaan koko maahan väkiluvun suhteessa, olisivat alueellisten mallien yhteiskustannukset suuruusluokaltaan noin 850 000 euroa. Mikäli liikenneverkko- ja linjastokuvaukset laaditaan keskittäen, yleispiirteisemmin tai osittain automatisoidusti ja olemassa olevia kuvauksia hyödyntäen, voi tästä syntyä kustannussäästöjä. Toisaalta mikäli viikonlopun ja kesäajan liikenteen linjastot kuvattaisiin erikseen, nousevat kustannukset tästä edelleen arviolta 30-50%. Tämä ei näy kustannusarviossa. Edellä mainittujen kustannusten lisäksi liikenneverkkojen ja linjastojen päivitys- ja ylläpitotyöhön tulisi varata resursseja vuositasolla ensimmäisen pystytysvaiheen jälkeen arviolta 0,5 – 1,0 henkilöä/ alueellinen malli, mikäli verkko- ja linjastokuvaukset halutaan pitää jatkuvasti ajan tasalla.

Liikenneverkkojen ja joukkoliikennelinjastojen laadinta ja päivitys voi olla myös osittain tai kokonaan alueviranomaisien rahoittamaa, mutta tässä on haluttu arvioida kertaluonteiset kokonaiskustannukset kokonaisuudessaan.

Toistuvasti hankittavien lähtötietojen automatisoidut käsittelyproseduurit (30 000 - 80 000 €)	Toimitajan työ	Tilaajan käsittelyaika	Vaiheen kustannusarvio (alv 0%)
Kytkennät muun muassa Finagemalliin, väestöennusteisiin ja maankäyttöennusteisiin	3 - 6 kk	2 + 2kk	10 000 – 20 000 €
Erilaiset lähtötietojen tuottamisen ja muuttamisen automatisointityökalut			20 000 – 60 000 €

Tulostustyökalut kysyntämalleihin vaikutusarviointityökalujen laadinta (osittain yhteinen alueellisille ja pitkille matkoille) (20 000 - 100 000 €)	Toimitajan työ	Tilaajan käsittelyaika	Vaiheen kustannusarvio (alv 0%)
eräät hyöty-kustannuslaskelmien erät	1 kk	1 kk	yhteensä toteutuksen laajuudesta riippuen 20 000 – 100 000 €
aika- ja kilometrisuoritteet, kulkutapaosuudet, matkustaja- ja ajoneuvomäärät	1 kk	1 kk	
saavutettavuuslaskelmat	1 kk	1 kk	
LIPASTOn tarvitsemat lähtötiedot	1 kk	1 kk	
lähtötiedot verotulojen laskentaan, kustannusten ja maksujen arviointiin	1 kk	1 kk	
karttaliittymät, visualisoinnit	1 kk	1 kk	

Kustannusarviossa ei ole otettu huomioon lähtötietojen hankinnan kustannuksia eikä ohjelmistolisenssien kustannuksia. Tiedossa olevista tiedonkeruun kustannuksista merkittävimmät liittyvät pitkien matkojen aineistohankintoihin. Lisenssikustannuksista liikennesuunnitteluohjelmiston kustannukset lienevät suurimmat.

Tyypiesimerkki mallin käyttökustannuksista

Itse mallien teknisen ajon kustannukset eivät hyvin automatisoituna prosessina ole suuria, mutta yleensä mallien käyttöön liittyy laajempi vaikutusarviointi ja perusteluviestintä. Seuraava esimerkki kuvaa tällaiseen käyttöön tyypillisesti liittyviä

³⁴ Tähän arvioon sisältyy verkkokuvauksen tekninen määrittelytyö, linjastojen määrittely nyky- ja ennustetilanteessa, verkkojen koodaus olemassa olevien pohjien avulla sekä linjastojen koodaus nykytilanteelle ja ennustetilanteille sekä dokumentointi. Kustannukset riippuvat verkon tarkkuudesta. Helsingin seudun liikennejärjestelmäkuvaus on tarkin pääkaupunkiseudulla, hieman yleispiirteisempi kehyskunnissa ja karkeampi ympärys-kunnissa. Muilla alueilla työtä voi hidastaa se, ettei joukkoliikennelinjoja ole välttämättä saatavilla kootusti. Toisaalta linjasto- ja verkkokuvaukset ovat muualla Suomessa Helsingin seutua harvemmat. Käytännössä joukkoliikennelinjastojen päivitys on Helsingin seudun liikenteellä jatkuvaa työtä, jota tekee yksi henkilö päätoimisesti.

kustannuksia. Vaikutusarviointilaskennan automatisointi pienentää myös kustannuksia.

Mallien käyttö (yhteinen alueellisille ja pitkille matkoille), esimerkki (50 000 - 130 000 €)	Toimittajan työ	Tilaaajan käsittely-aika	Vaiheen kustannusarvio (alv 0%)
väestö- ja maankäyttötiedot, hinnat, talousmuuttujat	1 - 2 kk	1 kk	10 000 - 30 000 €
liikenneverkkojen ja linjastojen päivitys (perusennusteissa ja vertailuvaihtoehdoissa)	2 - 4 kk	1 kk	20 000 - 50 000 €
ennusteiden ja vaikutusarvioiden laadinta, perusteluviestintä ja raportointi	3 - 6 kk	1 kk	20 000 - 50 000 €

Kustannukset riippuvat merkittävästi käyttötarkoituksesta ja siitä, miten mallit lopulta toteutetaan. Edellä mainittu on vain yksi esimerkki.

Liite 2 Tarkemmat arviot tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen toteuttamiskustannuksista ja henkilötyöresursseista

Tavaraliikenteen ennustemallien toteuttaminen

Seuraavassa on esitetty arvioita toteuttamisen kustannuksista. Ne sisältävät ainoastaan toteuttamisen ulkoiset kustannukset (palveluostot). Traficomien sisäiset kustannukset (virkatyö) riippuvat käytettävissä olevista resursseista sekä linjauksista koskien ulkoistamista. Arviot henkilötyöresurssien määrästä perustuvat samoin ulkoisten resurssien tarpeeseen. Traficomien sisäiset henkilötyöresurssit riippuvat linjauksista koskien ulkoistamista. Viranomaisilla tulisi kuitenkin olla riittävät sisäiset resurssit. Suomessa tavaraliikenteen ennustemallien resurssitarve viranomaistehtävissä on arviolta noin 2-4 htv.

Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli (vaihtoehto 1)

	Työvaihe	Henkilötyö- vuodet	Kustannukset euroa
1. vuosi	Mallin tarkempi suunnittelu ja lähtötietojen analysointi	0,2	30 000
	Lähtötietotilastojen kokoaminen ja käsittely	0,3	60 000
	Kyselytutkimus yrityksille hinnoista sekä reitin ja kuljetusmuodon valintaan vaikuttavista tekijöistä	0,5	90 000
	Mallin tekninen toteuttaminen valitulle ohjelmistopohjalle ja mallin testaus	0,8	150 000
	Mallin toteuttaminen, ensimmäinen vuosi yhteensä	1,8	330 000
2. vuosi	Mallin tekninen toteuttaminen valitulle ohjelmistopohjalle ja mallin testaus	0,5	90 000
	Käyttäjien ja ylläpitäjien kouluttaminen	0,2	30 000
	Mallin toteuttaminen, toinen vuosi yhteensä	0,7	120 000
	Mallin toteuttaminen yhteensä	2,5	450 000

Liitetaulukko 1. Arvio tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 1) toteuttamiskustannuksista ja toteuttamisen henkilötyöresursseista.

Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli (vaihtoehto 2)

Työvaihe	Kustannukset euroa
Mallin toteuttaminen, ensimmäinen vuosi yhteensä	810 000
Mallin toteuttaminen, toinen vuosi yhteensä	600 000
Mallin toteuttaminen yhteensä	1 410 000

Liitetaulukko 2. Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 2) toteuttamiskustannuksista.

Työvaihe	Henkilötyö- vuodet
Mallin toteuttaminen, ensimmäinen vuosi yhteensä	4,4
Mallin toteuttaminen, toinen vuosi yhteensä	3,3
Mallin toteuttaminen yhteensä	7,7

Liitetaulukko 3. Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 2) toteuttamisen henkilötyöresursseista.

Tavaraliikenteen ennustemallien ylläpito

Tilastoihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli (vaihtoehto 1)

Työvaihe	Henkilötyö- vuodet	Kustannukset (euroa)
Mallin perusylläpito (liikenneverkkotietojen päivittäminen)	<0,1	10 000
Tilastoaineistojen ja ennusteiden päivittäminen	0,2	30 000
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä	0,2	40 000
Kyselytutkimus yrityksille hinnoista sekä reitin ja kuljetusmuodon valintaan vaikuttavista tekijöistä (joka kolmas vuosi)	0,3	50 000
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä joka kolmas vuosi	0,5	90 000

Liitetaulukko 4. Arvio tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 1) ylläpitokustannuksista ja ylläpidon henkilötyöresursseista.

Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuva tavaraliikenteen ennustemalli (vaihtoehto 2)

Työvaihe	Kustannukset euroa
Mallin ylläpito, tutkimus ja kehitys	400 000
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä	400 000
Tavaravirtatutkimus (toteutetaan joka neljäs vuosi)	400 000
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä joka neljäs vuosi	800 000

Liitetaulukko 5. Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 2) ylläpitokustannuksista.

Työvaihe	Henkilötyö- vuodet
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä, mallin ylläpito, tutkimus ja kehitys	2,2
Tavaravirtatutkimus (toteutetaan joka neljäs vuosi)	2,2
Mallin vuotuinen ylläpito yhteensä joka neljäs vuosi	4,4

Liitetaulukko 6. Arvio Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemallin (vaihtoehto 2) ylläpidon henkilötyöresursseista.

Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen henkilötyöressurssien vertailu

	Ennustemallivaihtoehto	Henkilötyö- vuodet
Mallin toteut- taminen	Vaihtoehto 1	2,5
	Vaihtoehto 2	7,7
Mallin ylläpito	Vaihtoehto 1	0,2
	Vaihtoehto 1, joka kolmas vuosi	0,5
	Vaihtoehto 2	2,2
	Vaihtoehto 2, joka neljäs vuosi	4,4

Vaihtoehto 1 = Tilastoihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemalli

Vaihtoehto 2 = Pohjoismaisiin käytäntöihin perustuvan tavaraliikenteen ennustemalli

Traficomien henkilötyöressurssit ovat lisäksi arviolta mallin toteuttamisessa 1,5 htv (vaihtoehto 1) ja 3,5 htv (vaihtoehto 2) ja mallin ylläpidossa 0,5 htv (vaihtoehto 1) ja 1 htv (vaihtoehto 2).

Liitetaulukko 7. Tavaraliikenteen ennustemallivaihtoehtojen henkilötyöressurssien vertailu.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

PL 320, 00059 TRAFICOM
p. 029 534 5000

traficom.fi

ISBN 978-952-311-485-2
ISSN 2669-8781 (verkkojulkaisu)

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto