



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

SUVI-TUULI MANSIKKAMÄKI  
RYHMÄKULJETUSTEN OPTIMOINTI

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jorma  
Mäntynen  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Talouden ja rakentamisen  
tiedekuntaneuvoston kokouksessa  
8. lokakuuta 2014

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

**MANSIKKAMÄKI, SUVI-TUULI:** Ryhmäkuljetusten optimointi

Diplomityö, 86 sivua

Syyskuu 2014

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: erilliskuljetukset, ryhmäkuljetukset, optimointi, koulukuljetukset, kuljetussuunnittelu

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, millaisilla periaatteilla ryhmäkuljetuksia, eli tässä tapauksessa koulukuljetuksia, kehitysvammaisten työkyttejä ja vanhusten päiväkeskuskuljetuksia, tulisi suunnitella, jotta pysytään kohtuullisissa kustannuksissa sekä taataan kuljetettaville sopiva palvelutaso. Alussa suurimmiksi kysymyksiksi nousivat kuljetusten yhdistely ja kalustovalinta, ja työssä pyrittiin pitämään nämä kaksi asiaa esillä koko projektin ajan. Kiinnitettiin myös huomiota siihen, että suunnitteluperiaatteet eroavat Suomessa tiiviimmin asutuissa kaupungeissa verrattuna haja-asutusalueisiin.

Haastattelut suoritettiin laadullisena tutkimuksena. Ensin tutustuttiin useiden eri-kokoisten kuntien henkilöliikenteen kilpailuttamisprosesseihin sekä niiden eroavaisuuksiin muihin kuntiin verrattuna. Sen jälkeen etsittiin sopivat liikennesuunnittelupuolen edustajat ja esitettiin heille lisäkysymyksiä. Näin saatiin kattavampi kuva koko suunnittelu- ja kilpailutusprosesseista. Haastattelun perusteella ilmeni, että yleisesti ryhmäkuljetuksissa pyritään käyttämään henkilötaksia isompaa kalustoa ja tätä tietoa hyödynnettiin seuraavassa vaiheessa, kun tehtiin reittianalyysija ArcGIS Network Analyystillä. Tutkimuskohteeksi valittiin eräs tyypillinen tiistaiamupäivä Tampereen ryhmäkuljetuksista keväältä 2014 ja yhdistettiin kaikki 656 erilliskuljetettavaa koululaista, kehitysvammaista ja vanhusta yhdeksi kokonaisuudeksi. Sitten luotiin erilaisia kalustokokonaisuuksia, joilla kuljetukset pyrittiin optimoimaan sekä ajan että rahan suhteen.

Jo alun teoriaosuudessa selvisi, että ryhmäkuljetusten jatkuvasti nousevia kustannuksia pitäisi hillitä ja ainoat keinot tähän löytyvät kuljetusten yhdistelystä ja reittioptimoinnista. Network Analyystillä saadut tulokset tukevat tätä, ja vaikuttaa siltä, että käyttämällä molempia menetelmiä olisi kunnilla vielä mahdollisuus jopa useiden kymmenien prosenttien kustannussäästöihin. Ennen kuin muutoksiin lähdetään, pitäisi kuitenkin suunnitteluun ja mahdollisten ohjelmien opetteluun sekä asiakastiedotukseen varata runsaasti aikaa, sillä kuljetuskokonaisuudet ovat usein hyvin mutkikkaita ja muutosten teko joustamattomaan kokonaisuuteen voi myöhemmässä vaiheessa jopa nostaa kustannuksia.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

**MANSIKKAMÄKI, SUVI-TUULI:** Optimizing Group Transportation

Master of Science Thesis, 86 pages

September 2014

Major: Transportation Systems

Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: paratransit, transportation of special needs students, school transportation, optimization, trip combining, transport planning

The goal of this thesis was to research the different methods of planning group transportation which in this case refers to the transportation of three groups of people with special needs; school transportation, transporting the disabled to their work activity and the elderly to their day care, while aiming for reasonable cost and maintaining an appropriate level of service. At first the most important factors to consider were the option of trip combining as well as choosing the right fleet size, and these remained as the focus throughout the process. Also under focus was the fact that the planning methods differ when it comes to densely populated cities as opposed to sparsely populated areas.

The interviews were conducted as a qualitative research. In different municipalities in Finland the bidding competition for the transport services is done slightly differently, but always following the legal guidelines. These differences were inspected and then the appropriate transport planners were selected for the interviews. The interview questions were formulated separately for each case to get the most comprehensive picture of the bidding and planning process in the respective municipalities. In the interviews it turned out that most municipalities aim to use larger vehicles than the typical small cabs. This information was then put to use in the next part where routing analyses were run on ArcGIS Network Analyst. The subject for the analyses was a typical Tuesday afternoon in Tampere in the spring of 2014. All 656 special needs students, disabled and elderly people were combined in one large group. After this several different fleet sizes were used with varying vehicle sizes to find the optimal routing solution when it came to both time and money.

In the early stages of this research it became clear that the rising transportation costs in Finland today would have to be controlled in some way as soon as possible. The only solutions for this are to be found in routing optimization and trip combining. The results that ArcGIS Network Analyst gave support this conclusion and it seems that by focusing on the two aspects, Finnish municipalities might still be able to save several tenths in transportation costs. However, before any of these changes are taken in effect, a lot of time should be given to proper planning, learning the program, in case one is to be used, and informing the customers. The transportation of all these special needs groups is a complex process, and when done poorly, could result in even higher expenses when the early errors eventually have to be corrected.

## ALKUSANAT

Tämän diplomityön aihe on saatu Tampereen Logistiikalta ja se toivottavasti antaa vinkkejä ryhmäkuljetusten suunnitteluun myös muualla Suomessa.

Aivan ensiksi haluan kiittää professori Jorma Mäntystä asiantuntevasta ohjauksesta ja kannustuksesta työn aikana. Sain paljon hyviä lisäideoita ja varmuutta työn kirjoittamiseen. Lisäksi kiitokset Tampereen Logistiikan toimitusjohtaja Reko Martille mahdollisuudesta tehdä tämä työ, logistiikkapäällikkö Erkki Harjulle uusista näkökulmista ja ideoinnista sekä henkilöliikenneinsinööri Antti Koljoselle työn aktiivisesta ohjauksesta. Kiitos myös muulle Tampereen Logistiikan upealle henkilöstölle vastauksista käytännön kysymyksiini. Työtä oli ilo tehdä teidän parissanne. Sain myös useilta talon ulkopuolisilta henkilöiltä arvokasta tietoa haastattelujen muodossa ja siitä heillekin kuuluu suuri kiitos.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni siitä, että olette tuoneet vastapainoa tälle yliopistourakalle. Tästä on hieno jatkaa eteenpäin!

Tampereella 12.9.2014

Suvi-Tuuli Mansikkamäki

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1.	Tutkimusongelma ja sen rajaus .....	2
1.2.	Tutkimuksen tavoitteet.....	3
1.3.	Tutkimuksen rakenne.....	3
2.	JOUKKOLIIKENTEEN TILANNE SUOMESSA.....	4
2.1.	Joukkoliikenteen järjestämisvastuu .....	4
2.2.	Avoin joukkoliikenne ja erilliskuljetukset .....	8
2.3.	Kunta joukkoliikenteen tilaajana .....	9
2.4.	Julkisen liikenteen rahoitus ja kustannukset .....	11
2.5.	Ryhmäkuljetusten nykyiset haasteet kunnissa .....	14
3.	RYHMÄKULJETUSTEN SUUNNITTELU .....	18
3.1.	Suunnitteluparametrit.....	18
3.2.	Optimointi .....	24
3.3.	Ihminen vs. tietokone.....	26
3.4.	Hinnoittelumallit.....	28
3.5.	Ryhmäkuljetusten suunnittelu Tampereen Logistiikassa.....	31
4.	CASE: ESIMERKKEJÄ RYHMÄKULJETUSTEN JÄRJESTÄMISESTÄ SUOMESSA JA ULKOMAILLA .....	36
4.1.	Esimerkkejä ryhmäkuljetusten järjestämisestä Suomessa .....	36
4.1.1.	Turku: kokopäiväautoja ja käsin suunnittelua.....	36
4.1.2.	Nurmijärvi: kuljetusten yhdistelyä .....	37
4.1.3.	Hämeenlinna: kuljetusten yhdistelyä ja suunnittelua alueittain .....	38
4.1.4.	Saarijärvi: optimointiohjelman kokeilua.....	39
4.1.5.	Helsinki: kuljetusyritys suunnittelee.....	40
4.1.6.	Keski-Savo: kuntien keskitetty kilpailutus ja kuljetussuunnittelu .....	41
4.1.7.	Vaasa: oman kaluston käyttö.....	43
4.2.	Esimerkkejä ryhmäkuljetusten järjestämisestä ulkomailta .....	43
4.2.1.	Lindenwold, New Jersey.....	43
4.2.2.	Charlotte-Mecklenburg .....	45
4.2.3.	Tulsa.....	45
4.2.4.	Lontoo .....	47
4.3.	Päätelmät .....	48
5.	TAMPEREEN LOGISTIIKAN RYHMÄKULJETUSTEN OPTIMOINTI .....	50
5.1.	Tehtävänanto .....	50
5.2.	ArcGIS Network analyst .....	50
5.3.	Optimoinnin toteutus .....	54
5.3.1.	Nykytilan mallinnus.....	54
5.3.2.	Optimointi .....	57
5.4.	Palvelukonseptit.....	67
5.4.1.	Konsepti 1: Medium .....	68
5.4.2.	Konsepti 2: Ikibussit .....	70

5.4.3.	Konsepti 3: Näpsäkkä .....	73
5.4.4.	Konseptien vertailu .....	75
5.5.	Haasteet ja mahdollisuudet.....	76
6.	YHTEENVETO .....	78
6.1.	Johtopäätökset .....	78
6.2.	Työn arviointi .....	79
LÄHTEET	.....	81

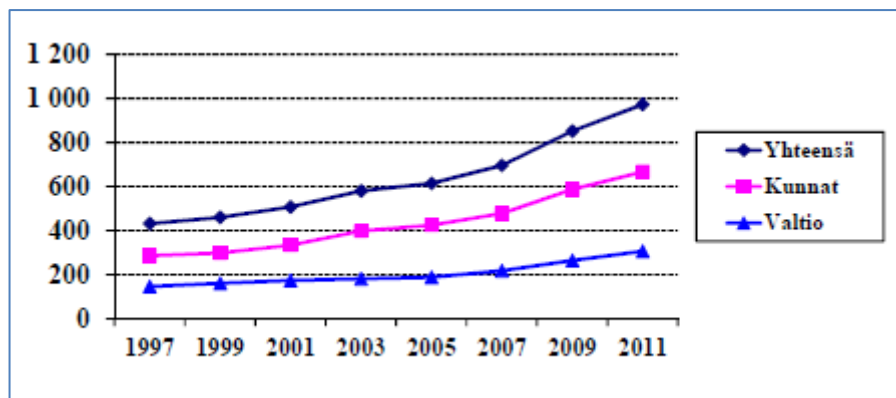
## LYHENTEET JA MERKINNÄT

CVRP	Capacitated Vehicle Routing Problem
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
KETY	Kehitysvammaisten työkydyt
OSM	Open Source Map
PALI	Palveluliikenne
PSA	EU:n palvelusopimusasetus
PÄKE	Vanhusten päiväkeskuskuljetukset
SHL	Sosiaalihuoltolaki
SR	Shortest Route
SVL	Sairausvakuutuslaki
TSP	Traveling Salesman Problem
VPL	Vammaispalvelulaki
VRP	Vehicle Routing Problem

# 1. JOHDANTO

Suomen kunnat on laissa velvoitettu järjestämään joko veloituksetta tai kohtuullisin hinnoin kuljetuksia tietyille erityisryhmille, jotta heidän päivittäistä työtä, opiskelua, yhteiskunnallista vaikuttamista ja yleistä hyvinvointiaan tukeva liikkuminen voidaan taata. Tavoitteena on tasa-arvoisempien mahdollisuuksien luominen myös sellaisille yhteiskunnan jäsenille, joille liikkuminen olisi muuten kohtuuttoman hankalaa tai jopa vaarallista. Yleisen oppivelvollisuuden piirissä oleville oppilaille taataan kuljetus opetuspaikkaan myös sellaisissa tapauksissa, joissa julkisen joukkoliikenteen käyttö ei ole mahdollista sijainnin, vamman tai sairauden vuoksi. Kehitysvammaisille, joilla ei ole mahdollisuutta opiskella tai tehdä töitä, tulee järjestää mielekästä päivätoimintaa sekä kuljetus toimintakeskuksiin muutamana päivänä viikossa. Vanhusten itsenäisyyttä ja omatoimisuutta tuetaan kohtuullisen hintaisella päiväkeskustoiminnalla, johon osallistuminen mahdollistetaan kuljetuksin pääasiassa yhtenä päivänä viikossa.

Monien pienten kuntien joukkoliikenteen lakkauttaminen, koulujen lopettaminen sekä hallituksen tavoittelemat 100 miljoonan euron säästöt yhteiskunnan tukemista kuljetuksista vuoteen 2017 mennessä luovat haastavan suunnittelukokonaisuuden, jota tulee tarkastella monelta kannalta, jotta kustannukset eivät karkaisi käsistä lähivuosina (Verkkouutiset 2013). Kuvasta 1 ilmenee, että valtion rahoitus nousee paljon loivemmin kuin kokonaisrahoitus. Kustannukset ovat olleet jatkuvassa nousussa, joten niiden saaminen laskuun vaatii tehokkaita toimenpiteitä.



Kuva 1. Julkisen liikenteen kokonaisrahoitus milj. € vuosina 1997-2011. (LV 2013)

Jotta aiemmin mainittujen palvelujen tarjoaminen voidaan taata laadukkaana myös kiristyneessä taloustilanteessa, tulee kehittää uusia ratkaisuja kuljetusten tehostamiseen. Reittisuunnittelu ja ajoneuvon valinta ovat tässä oleellisessa asemassa ja tälläkin hetkellä useissa kunnissa ryhmäkuljetuksia yhdistellään kustannussäästöjen saavuttamiseksi ottamalla reitin varrelta lisää asiakkaita, mikäli se on aikataulujen puitteissa mahdollista. Tehostamisen varaa kuitenkin vielä on, ja yksi ratkaisu olisi optimointiohjelmistojen hyödyntäminen reittioptimoinnissa. Monimutkaisissa



optimointiongelmassa tietokone pystyy toimimaan ihmistä tehokkaammin, mutta samalla julkisen sektorin optimointiongelmat eroavat kaupallisen puolen vastaavista niin paljon, että sopivan optimointiohjelman löytäminen on haastavaa.

## 1.1. Tutkimusongelma ja sen rajaus

Tampereen Logistiikka on aiemmin teettänyt diplomityön optimointiohjelmistojen hyödyntämisestä kuntasektorilla ja siinä vertailtiin kolmea eri ohjelmaa käytettävyydeltään: ArcLogistics, R<sup>2</sup> Optimointi ja SPIDER. Mitään näistä ei kuitenkaan lopulta otettu käyttöön, joten tällä kertaa päädyttiin kokeilemaan ArcGIS-paikkatietojärjestelmän Network Analyst –lisäosaa. Sitä oli jo hyödynnetty Vaasan ammattikorkeakoulun teettämässä koulumatkojen mittaamista koskevassa insinööriyössä aiemmin vuonna 2014 ja oli todettu, että saadut reitit olivat optimaalisia.

Ryhmäkuljetuksista koulukuljetuksia on tutkittu laajalti. Sen sijaan erityislasten kuljetuksiin ei juuri ole perehdytty. Kehitysvammaisten ja vanhusten osalta pohjoismainen ryhmäkuljetusmalli on varsin ainutlaatuinen, sillä esimerkiksi Yhdysvalloissa käytössä oleva Paratransit-malli vastaa ennemminkin Suomessa käytettäviä vammaispalvelulain mukaisia kuljetuksia. Suomessa on kuitenkin sen verran harva väestö että ryhmäkuljetuksia tarvitaan, jotta nämä kooltaan suhteellisen pienet ryhmät saataisiin erilliskuljetuksina ajallaan kohteisiinsa. Kysymykseksi muodostuu: miten tällaiset kuljetukset voitaisiin suunnitella kustannustehokkaasti, kun käytävissä oleva rahoitus on varsin rajallinen ja kaupunkiseudut edelleen jatkavat kasvuaan siinä missä joukkoliikenteen reittejä poistetaan harvaan asutuilta seuduilta? Tilanne on uusi ja myös hyvin ajankohtainen Suomen kunnissa, jotka kaikki omalla tavallaan pyrkivät suoriutumaan tehokkaasti ja samalla alentamaan kustannuksia uusien ohjenuorien perusteella. Varsinaisia yhteisiä toimintamalleja ei vielä ole kehitetty, minkä vuoksi tässä työssä pyritään keräämään kuntien hyviksi kokemia käytäntöjä yhteen ja tutustumaan niihin sekä testaamaan vastaavanlaisia käytäntöjä optimointiohjelmaa käyttäen.

Tutkimus rajataan koskemaan koulukuljetuksia, kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintakuljetuksia sekä vanhusten päiväkeskuskuljetuksia. Nämä kolme ryhmää koostuvat hyvin eri-ikäisistä ihmisistä, joilla on kaikilla ainakin yksi erityistarve. Tämä luo kuljetusten suunnitteluun useita erityispiirteitä. Käytävissä olevan kaluston pitää joissain tapauksissa olla esteetöntä ja apuvälineiden tulee mahtua mukaan. Kyydissä voi olla keskittymishäiriöisiä lapsia, jotka eivät kestä pitkiä matkoja tai eivät voi matkustaa jonkun toisen henkilön kanssa. Jotkut matkustajat taas saattavat tarvita apua kotiovelta lähtien. Samalla tulee kuitenkin noudattaa aikatauluja ja etenkin kouluilla voi olla vain 15 minuutin aikaikkuna, jolloin lapsi voi sinne saapua, jotta hänellä olisi avustaja valmiina vastassa ja jotta hän myös ehtisi oppitunnille. Koulut ja päiväkeskukset sekä työtoiminta alkavat eri aikoihin, mikä vaikuttaa omalta osaltaan hyvin paljon kuljetusten suunnitteluun. Erityistarpeiden huomioon ottaminen muutenkin mutkikkaassa

suunnitteluprosessissa tuo oman lisähaasteensa. Aikataulut eivät voi olla liian tiukkoja ja yllättäviin muutoksiin pitää pystyä reagoimaan. Tutkimusongelmaksi muodostuu siten oleellisten suunnitteluparametrien löytäminen. Millaisilla käytännöillä voidaan ryhmäkuljetuksia suunnitella tehokkaasti?

## 1.2. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on löytää hyväksi havaitut käytännöt sekä suunnittelun kannalta merkittävät parametrit ja hyödyntää niitä reittioptimoinnissa siltä osin kuin se on mahdollista. Käytössä olevalla optimointiohjelmalla on mahdollista luoda tällä hetkellä käytössä olevat reitit sekä optimoida niitä. Kun optimoituja reittejä vertaillaan alkuperäisiin reitteihin, on mahdollista nähdä miten eri käytännöt vaikuttavat saatuihin tuloksiin. Näiden havaintojen perusteella voi luoda ohjenuoraa tehokkaaseen ryhmäkuljetusten suunnitteluun. Suunnittelulla on myös suuri merkitys kilpailutuksen kannalta. Mitä selkeämmin kuljetukset on suunniteltu, sitä vähemmän liikennöitsijä joutuu sisällyttämään riskejä tarjoukseensa, ja näin tilaaja saa edullisempia tarjouksia. Oikeanlaisella suunnittelulla voidaan siis vaikuttaa myös siihen, miten hyvin kunta pystyy suoriutumaan kuljetusten kustannuspaineista, jotka tulevat vain lisääntymään lähivuosina. Tutkimuksen tavoitteena on luoda muuten vaikeasti saatavilla olevaa pohjatietoa erityisryhmien kuljetusten suunnitteluun, jotta jo paljon kokemusta omaavat kunnat voisivat löytää uusia ideoita toiminnan tehostamiseen sekä vasta optimointia harkitsevat kunnat voisivat löytää helpommin oikeat lähtökohdat suunnittelun aloittamiseen. Koska kuljetuskustannukset kasvavat vauhdilla, tulevat viimeisimmätkin kunnat tämän ongelman eteen lähivuosina.

## 1.3. Tutkimuksen rakenne

Tutkielma jakautuu lukujen 2-3 teoriaosuuteen, luvun 4 case-tutkimukseen ja luvussa 5 Network Analyystillä tehtyihin analyyseihin. Viimeisessä kappaleessa tarkastellaan saatuja tuloksia ja arvioidaan tutkimuksen onnistumista.

Luvussa 2 tutustutaan joukkoliikenteen tilanteeseen tämän päivän Suomessa. Siinä kerrotaan muutoksista, jotka vaikuttavat joukkoliikenteen järjestelyyn ja suunnitteluun, ja joihin tämä työ pyrkii mukautumaan. Luvussa 3 käsitellään ryhmäkuljetusten suunnitteluun ja optimointiin liittyviä käsitteitä, jotka tulevat myöhemmin esille tutkimusosiossa. Luku 4 perehtyy joihinkin suomalaisiin ja ulkomaisiin esimerkkeihin joukkoliikenteen saralla. Nämä esimerkit pyritään valitsemaan siten, että niitä voidaan soveltaa työssä tutkittaviin ryhmäkuljetuksiin. Luvussa 5 esitellään käytetty optimointiohjelma sekä otetaan aiemmista esimerkeistä ohjenuoria, kun yritetään optimoida Tampereen Logistiikan järjestämät ryhmäkuljetukset. Viimeisessä luvussa tehdään tuloksista yhteenveto ja arvioidaan työn prosessia kokonaisuudessaan.

## 2. JOUKKOLIIKENTEN TILANNE SUOMESSA

### 2.1. Joukkoliikenteen järjestämisvastuu

Vuonna 2009 tuli voimaan uusi joukkoliikennelaki, jossa eriytetään markkinaehtoinen liikenne palvelusopimusasetuksen mukaisesta liikenteestä, sillä 3.12.2009 voimaan tulleen Euroopan parlamentin ja neuvoston asettaman joukkoliikenteen palvelusopimusasetuksen 1370/2007 mukaan julkisen vallan ei tule puuttua markkinoiden toimintaan ellei se ole välttämätöntä joukkoliikennepalvelujen määrän ja laadun varmistamiseksi. Palveluasetuksessa määritetään, miten varmistetaan sellaiset joukkoliikenteen palvelut, jotka olisivat pelkästään markkinaehdoin syntyviä palveluja tasokkaammat ja edullisemmat. Mikäli palveluihin käytetään julkisia varoja, tulee ne järjestää PSA-asetuksen määräysten mukaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Suomessa yleisesti sovellettua linjaliikennelupaa ei voida enää sellaisenaan soveltaa.

Ensimmäinen siirtymäaika päättyi kesällä 2014 ja muutokset tulivat voimaan 1.7.2014 alkaen. Joukkoliikennelaissa on määritelty linja-autoliikenteen palvelutasosta päättäväksi viranomaisiksi ELY-keskusten lisäksi 26 kaupunkia ja seutua. Nämä viranomaiset voivat ostaa liikennepalveluja hankintalain mukaisesti kilpailutettuina ja määrittellä matkalippujen hinnan. Näihin lippuihin ei kuitenkaan enää voi suunnata mitään yhteiskunnan tukea. Muutoksen seurauksena on myös se, että reitti- ja kutsuliikennelupa markkinaehtoiseen liikenteeseen myönnetään kaikille lupaehdot täyttävälle hakijoille. Hallitusohjelmaan on myös kirjattu tavoite valtakunnallisesta yhteiskäyttöisestä lippujärjestelmästä, lipputuotteita yhdistävästä Waltti-matkakortista, kilpailutettuun liikenteeseen. Kortti olisi tarkoitus ottaa käyttöön syksyllä 2014. (LVM 2014)

Joukkoliikennelakia sovelletaan joukkoliikenteenä harjoitettavaan ammattimaiseen, eli toimeentulon hankkimista korvausta vastaan, henkilöiden kuljettamiseen tiellä linja-autolla. Liikennöinti voi olla markkinaehtoista tai palvelusopimusasetuksen mukaista ja siihen lukeutuvat myös tilausliikenne, reittiliikenne ja kutsujoukkoliikenne. Tilausliikenne on tilaajan määrittämällä tavalla tilauksesta harjoitettavaa markkinaehtoista liikennettä. Reittiliikenne on säännöllistä ja yleisesti käytettävissä olevaa markkinaehtoista liikennettä, jonka tärkeimmät pysäkit ja aikataulut vahvistaa luvan myöntävä viranomainen. Kutsujoukkoliikenne on markkinaehtoista liikennettä, jonka aikataulu määräytyy ennakkotilausten perusteella ja reitti näiden tilausten yhdistelyn avulla (Siltala, S. 2012, s. 18-19).

Lain tavoitteena on taata väestön jokapäiväisiä liikkumistarpeita vastaavat joukkoliikenteen palvelut koko maassa sekä pitää niiden palvelutaso niin korkeana, että joukkoliikenteen käyttäjien osuus kasvaa. Liikenteenharjoittajat vastaavat markkinaehtoisen liikenteen suunnittelusta kun taas palvelusopimusasetuksen

mukaisesti harjoitetussa liikenteessä siitä vastaavat toimivaltaiset viranomaiset. He voivat vastata myös reittien suunnittelusta liikenteenharjoittajien kanssa tai itse. Liikennetuotannon suunnittelusta vastaavat liikenteenharjoittajat. Liikenteenharjoittamisessa velvollisuus muodostuu siten, että liikenneluvan harjoittajan tulee harjoittaa liikennettä luvan mukaisesti kun taas palvelusopimusasetuksen mukaista liikennettä tulee harjoittaa toimivaltaisen viranomaisen ja liikenteenharjoittajan välisen sopimuksen mukaisesti. (L 13.11.2009/869)

### **Koululaiset**

Koulukuljetusten järjestämisestä esi- ja perusopetuksessa säädetään perusopetuslain (L 21.8.1998/628) 4 §:n 1 momentissa. Yhteensä koulukuljetusten piirissä Suomessa on 124 000 peruskoululaista päivittäin, mikä vastaa 22 prosenttia kaikista perusopetuksen piirissä olevista oppilaista. Eniten kuljetettavia on Itä-Suomen läänissä ja vähiten Etelä-Suomen läänissä (Kuntaliitto 2014c). Perusopetusta tai lisäopetusta saavalla oppilaalla on oikeus maksuttomaan koulukuljetukseen, mikäli matkan pituus ylittää viisi kilometriä. Tämä oikeus koskee myös esiopetusta saavan lapsen matkaa joko kotoa tai päivähoitolain mukaisesta päivähoidosta esiopetukseen ja esiopetuksesta takaisin kotiin tai päivähoitoon. Lisäksi oikeus maksuttomaan kuljetukseen yltää sellaiseen tilanteeseen, jossa perusopetusta, lisäopetusta tai esiopetusta saavan lapsen matka on iän tai muiden olosuhteiden vuoksi liian vaikea, rasittava tai vaarallinen. Päivittäinen koulumatka saa kestää korkeintaan kaksi ja puoli tuntia, tai mikäli oppilas on lukuvuoden alussa täyttänyt 13 vuotta, saa matka kestää enintään kolme tuntia.

Maksuttomat kuljetukset koskevat ainoastaan kuljetuksia perusopetuslain 6 §:n 2 momentissa määriteltyyn lähikouluun. Joissakin kunnissa oikeuksia on porrastettu siten, että esimerkiksi 1. ja 2. vuosiluokan oppilaille on oikeus maksuttomaan kuljetukseen, mikäli koulumatka on yli kolme kilometriä. Alkolukon käyttö on ollut pakollista tilausajoina suoritettavissa koulu- ja päivähoitokuljetuksissa 1.8.2011 alkaen. (Siltala 2012, s. 8-11)

### **Kehitysvammaiset**

Sosiaalihuoltolain alla olevan vammaispalvelulain (L 3.4.1987/380) 8§:n 2 momentissa säädetään kuntien osalta kuljetuksista sellaisille henkilöille, joiden tarpeita sosiaalihuollon yleislainsäädäntö ei riitä kattamaan. Mikäli henkilö ei vammansa tai sairautensa vuoksi voi käyttää yleistä joukkoliikennettä ilman kohtuuttomia vaikeuksia, tulee kuntien järjestää kohtuulliset kuljetuspalvelut niihin liittyvine saattajapalveluineen. Näihin kuuluvat kaikki tarpeelliset jokapäiväiseen elämään liittyvät kuljetukset ja ne voivat liittyä esimerkiksi työssä käymiseen, opiskeluun, asioimiseen, yhteiskunnalliseen osallistumiseen sekä virkistykseen. Pakollisten työ- ja opiskelukuljetusten lisäksi kunta on velvoitettu järjestämään vähintään 18 yhdensuuntaista jokapäiväiseen elämään liittyvää matkaa kuukaudessa, joista saa periä korkeintaan paikkakunnalla käytävissä olevan julkisen liikenteen maksua vastaavan

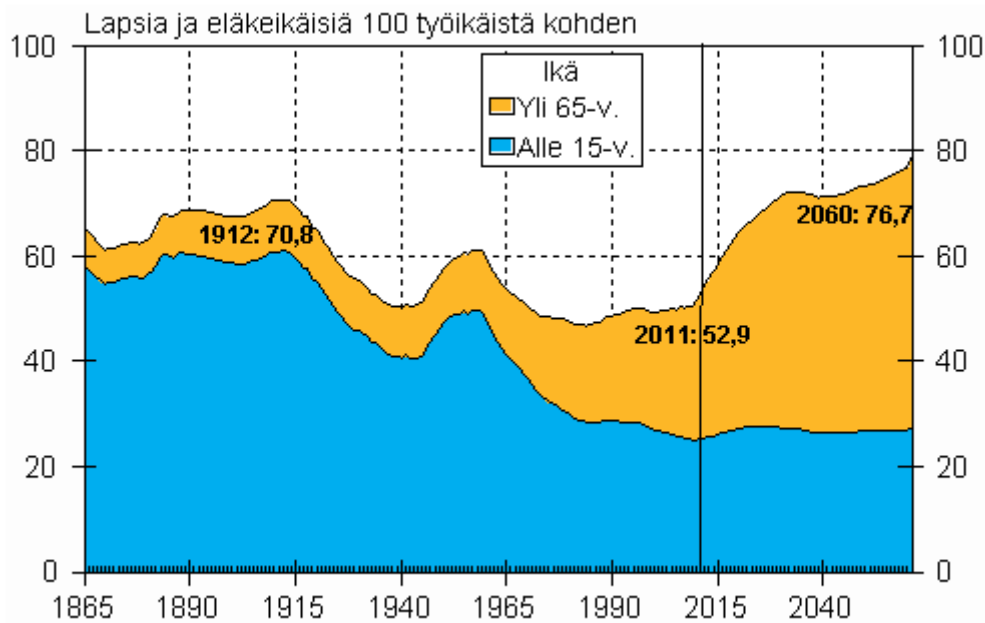
maksun. Matkat on rajattu kohtuullisella etäisyydellä oleviin lähikuntiin, jotka kunta määrittelee asiakasohjeistuksessa sekä myöntää tarvittaessa tapauskohtaisia erikoisoikeuksia.

Kehitysvammalain mukaan kuntien tulee myös järjestää työkyvyttömälle vaikeavammaiselle henkilölle päivätoimintaa. (L 23.6.1977/519). Päivätoiminnan tarkoituksena on parantaa elämän laatua edistämällä sosiaalista vuorovaikutusta ja vahvistamalla arkipäivän selviytymiseen tarvittavia taitoja. Näitä voivat olla esimerkiksi ruuanlaitto, liikunta, retkeily tai luova toiminta. Laki sosiaali- ja terveydenhuollon asiakasmaksuista määrittää vammaispalvelulain mukaisen päivätoiminnan maksuttomaksi vammaispalveluksi (L 3.8.1992/734). Poikkeuksena ovat mahdolliset kuljetukset ja ruokailu, joista voidaan periä maksu vaikeavammaiselta henkilöltä.

### **Vanhukset**

Vuonna 2013 Suomessa on ikääntynyttä väestöä, eli vanhuseläkkeeseen oikeuttavassa iässä olevia yli 63-vuotiaita, reilu miljoona. Suurin osa heistä elää itsenäisesti mutta 140 000 käyttää yhteiskunnan palveluja säännöllisesti ja heistä kotiin annettavia palveluita käyttää 90 000. Yksityiskodin ulkopuolella, esimerkiksi tehostetussa palveluasumisessa, vanhainkodissa tai terveyskeskussairaaloiden pitkäaikaishoidossa, palveluita käyttää noin 50 000 ikääntynyttä (STM 2013, s. 13). Iäkkään väestön osuus kasvaa jatkuvasti samalla kun työikäisen väestön osuus laskee.

Kuvasta 2 nähdään väestöllisen huoltosuhteen kehitys Suomessa. Pystyviiva vuoden 2011 kohdalla ja sitä seuraava katkoviiva vuoden 2015 kohdalla osoittavat, että Suomessa ollaan suurten ikäluokkien jyrkän kasvun alkupuoliskolla. Huippu saavutetaan vasta vuonna 2030, minkä jälkeen on hieman loivaa laskua. Kuitenkin myös tällöin yli 65-vuotiaiden osuus väestöstä on 10 yksikköä nykyistä korkeammalla tasolla. Vuoden 2040 jälkeen alkaa huoltosuhte kasvaa jälleen ja lähes ainoastaan eläkeläisten osalta. Vuonna 2060 huoltosuhte on ennusteen mukaan jo lähes 77 yksikköä, mikä on enemmän kuin koskaan aikaisemmin ja muuttaa selvästi Suomen väestön ikärakennetta nykyisestä. (SVT 2012)



**Kuva 2. Väestöllinen huoltosuhde vuosina 1865-2060.** (SVT 2012)

Yhteiskunnan etu on pitää väestö mahdollisimman pitkään itsenäisesti toimintakykyisenä ja siksi vanhuspalvelulain (28.12.2012/980) 5§:än on määritelty kuntien velvollisuuksia ikääntyneen väestön tukemiseksi. Kuntien on laadittava suunnitelma, jossa kerrotaan, mitä toimenpiteitä aiotaan tehdä vanhusten hyvinvoinnin, terveyden, toimintakyvyn ja itsenäisen suoriutumisen tueksi. Suunnittelussa on tarkoitus korostaa kotona asumista sekä kuntoutumiseen tähtäviä toimenpiteitä.

Sosiaali- ja terveysministeriö sekä Suomen Kuntaliitto ovat lisäksi antaneet yhteisen laatusuosituksen, joka koskee iäkkäiden ihmisten palvelujen kehittämistä ottamalla huomioon toimintaympäristössä tapahtuneet muutokset (STM 2013). Ensimmäinen laatusuositus, jossa annettiin konkreettisia tavoitteita laadun kehittämiseksi, laadittiin vuonna 2001 ja seuraava suositus strategisin linjauksin vuonna 2008. Vuonna 2013 annettu uudistettu laatusuositus tukee vanhuspalvelulaissa annettua ohjeistusta sekä valvoo sen toimeenpanoa. Tavoitteena on taata mahdollisimman laadukkaat palvelut niitä tarvitsevalle ikääntyneelle väestölle korostamalla yksilön asemaa yhteiskunnassa, mahdollisuutta osallistumiseen, terveeseen ja toimintakykyiseen ikääntymiseen, palvelujen oikea-aikaisuuteen ja sopivaan rakenteeseen, huolenpitoon sekä näiden palvelujen laadukkaaseen johtamiseen.

Tutkimusten mukaan yksi ikääntyneen väestön hyvää arkea vaikeuttava tekijä on liikkumisen hankaluus ja tässä kohtaa nousevat kunnan tarjoamat liikkumispalvelut tärkeään asemaan. Helpottaessaan ja tukiessaan iäkkäiden ihmisten itsenäistä elämistä mahdollisimman pitkään hillitsee yhteiskunta samalla sosiaali- ja terveyspalvelujen kustannusten kasvua (STM, s. 5). Tätä osaltaan tulee päiväkeskustoiminta, jota kunnat

voivat tarjota iäkkäälle väestölle kohtuulliseen hintaan, ja jotta palvelu olisi toimiva, tulee niihin myös järjestää esteettömät kuljetukset.

## 2.2. Avoin joukkoliikenne ja erilliskuljetukset

Julkisen liikenteen voidaan katsoa jakautuvan kahteen osa-alueeseen: avoimeen joukkoliikenteeseen ja erilliskuljetuksiin. Avoin joukkoliikenne on kaikille avointa, yleensä aikataulujen varassa toimivaa linjaliikennettä. Myös kutsuohjatun palveluliikenteen voi katsoa sisältyvän tähän, sillä vaikka kyseessä olevat palvelut on kohdistettu erityisryhmille, ovat ne silti kaikille avoimia. Kutsuohjatulla palveluliikenteellä voidaan tarjota liikkumispalveluja taajamien ulkopuolella, missä kysyntä on vähäisempää, sekä taajamissa, missä säännöllisen joukkoliikenteen käyttö on henkilölle terveydellisistä syistä hankalaa.

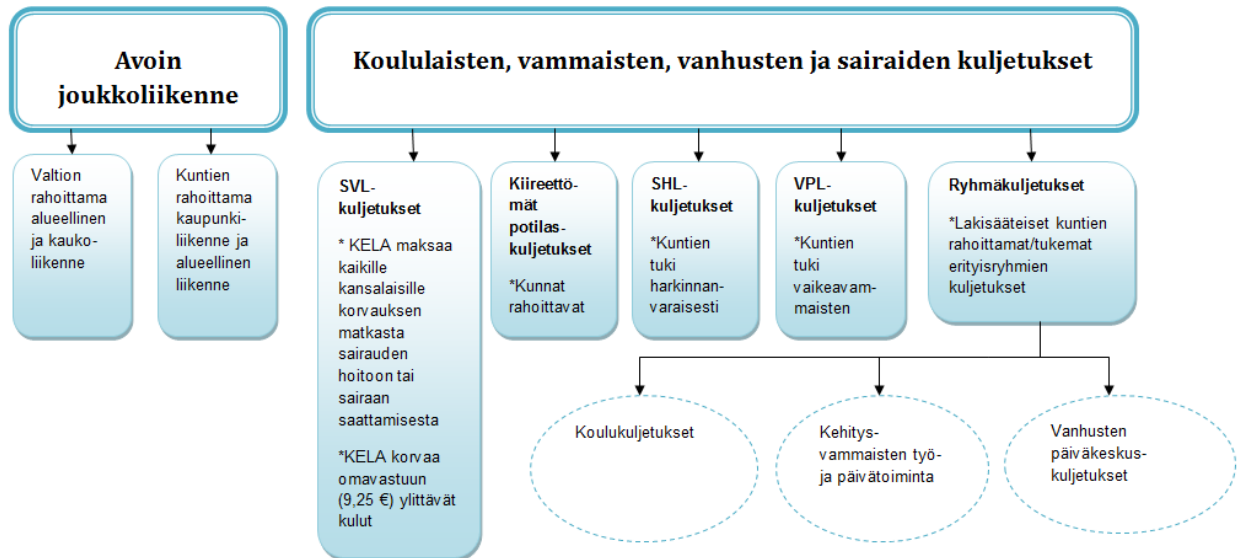
Joukkoliikenteen rahoittajana on pääasiassa kunta mutta noin viidennes kustannuksista on valtion rahoittamaa alueellista sekä kaukoliikennettä. Erilliskuljetukset ovat erityisluvalla myönnettyjä kuljetuksia erityisryhmille ja ne ovat joko osittain tai kokonaan julkisista varoista rahoitettuja. Sosiaalihuoltolain perusteella myönnetään SHL-kuljetuksia takseilla tai pikkubusseilla normaalin joukkoliikennehinnaston mukaisesti pääasiassa kahdeksan matkaa kuukaudessa (17.9.1982/710).

Mikäli vaikeavammaisuuden vaatimukset täyttyvät, sosiaalihuoltolain sijaan sovelletaan vammaispalvelulakia, joka antaa oikeuden vähintään 18 yhdensuuntaiseen matkaan kuukaudessa kuntakohtaisesti määritellyn omavastuun hinnalla (L 3.4.1987/380). Vammaispalvelulaki on toissijainen sosiaalihuoltolakiin verrattuna eikä molempia voida soveltaa yhtäaikaaisesti. SHL- ja VPL-kuljetukset ovat kuntien rahoittamia ja niitä pyritään yhdistelemään mahdollisuuksien mukaan kustannusten alentamiseksi. Lisäksi

Kela korvaa sairauden hoitoon, raskauteen ja synnytykseen liittyvien matkojen kustannuksia halvimman matkustustavan mukaan siten, että asiakas maksaa yhdensuuntaisesta matkasta vuonna 2014 omavastuuta 14,25 euroa siihen asti kunnes vuotuisten matkakustannusten omavastuuosuus 242,25 euroa ylittyy (Kela 2013). Nämä ovat SVL-kuljetuksia ja ne tilataan erillisestä Kelan matkakeskuksesta.

Erilliskuljetukset kustantavat yhteiskunnalle suhteessa paljon verrattuna avoimeen joukkoliikenteeseen. Esimerkiksi Tampereella verovaroilla maksettu joukkoliikenne kustantaa yli 10 miljoonaa euroa vuodessa kun muu kunnan korvaava henkilöliikenne tekee noin 9 miljoonaa. Silti Tampereen avoimessa joukkoliikenteessä tehdään noin 30 miljoonaa matkaa vuodessa, mikä on yli 40-kertainen määrä erilliskuljetuksiin verrattuna (Henkilöliikenne Tampereella 2012). Julkisin varoin rahoitettavasta liikenteestä suurimman kustannusosuuden vievät SHL-, VPL- ja SVL-kuljetukset mutta erilliskuljetuksissa on vielä pieni alaryhmä: ryhmäkuljetukset. Tähän kuuluvat kuntien kustantamat koulukuljetukset, kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintakuljetukset sekä

vanhusten päiväkeskuskuljetukset. Kuvassa 3 nähdään miten julkisesti rahoitetut henkilökuljetukset jakaantuvat eri alaryhmiin.



**Kuva 3. Julkisesti rahoitetut henkilökuljetukset.** (Muokattu lähteestä Kuntaliitto 2013)

Ryhmäkuljetuksille yhteistä on se, että kuljetettavat ja heidän kohteensa tiedetään yleensä etukäteen. Näin reitit voidaan myös suunnitella ja aikatauluttaa etukäteen. Koska nämä ryhmät ovat olleet Suomessa varsin pieniä, on niiden kuljetuksia tähän asti suunniteltu hyvin usein käsityönä. Koska kuntien kuljetuskustannukset nousevat jatkuvasti, tulisi myös ryhmäkuljetusten suunnittelu sisällyttää kokonaisvaltaisempaan suunnitteluun. Kunnilla onkin yhä enenevässä määrin kiinnostusta suunnittelutyökalujen käyttöön, jotta kustannukset saadaan pidettyä alhaisina ja virheitä välttyttäisiin. Tällaisia suoraan kuntien suunnittelutarpeisiin vastaavia ohjelmia ei kuitenkaan ole markkinoilla joten on jouduttu soveltamaan saatavilla olevia reitioptimointiohjelmistoja siitä huolimatta, että ne eivät pysty ottamaan kaikkia kuljetuksiin vaikuttavia osatekijöitä huomioon. Mikäli erilaisia ryhmiä pyritään vielä yhdistelemään, tulee sopivan ohjelmiston käyttö entistä oleellisemmaksi, sillä muuttuvien tekijöiden määrä kasvaa huomattavasti kun yhdistellään eri-ikäisiä ja -tasoisia liikkujia samoille reiteille ja samoihin kulkuneuvoihin. (Esri 2008a)

### 2.3. Kunta joukkoliikenteen tilaajana

Suomen kunnilla on perustuslaissa turvattu itsehallinto ja asukkaiden valitsema valtuusto, joka käyttää päätösvaltaa. Niiden tehtävänä on edistää asukkaiden hyvinvointia ja kestävä kehitystä alueellaan. Kuntien tehtävistä säädetään kuntalaissa eikä kunnille saa antaa uusia tehtäviä tai ottaa vanhoja pois ilman lakimuutoksia. Sen sijaan kunta voi itse sopimuksien nojalla ottaa hoitaakseen uusia tehtäviä. Se hoitaa tehtävät itse tai yhteistoiminnassa muiden kuntien kanssa sekä mahdollisesti ostaa palveluja muilta palvelujen tuottajilta. Mikäli kunta ei lain mukaan voi itse hoitaa



tehtävää kilpailutilanteessa markkinoilla, voi se perustaa kunnallisen liikelaitoksen kyseistä liiketoimintaa tai taloudellisten periaatteiden mukaan hoidettavaa tehtävää varten. Kunnan perustamassa liikelaitoksessa tulee olla sana liikelaitos ja sen tehtävistä määrätään johtosäännössä. Kunta voi myöntää liikelaitokselle tukea määrätyn tehtävän suorittamista varten, mutta avustus ei saa olla suurempi kuin tehtävästä liikelaitokselle aiheutuvat kustannukset. (L 17.3.1995/365)

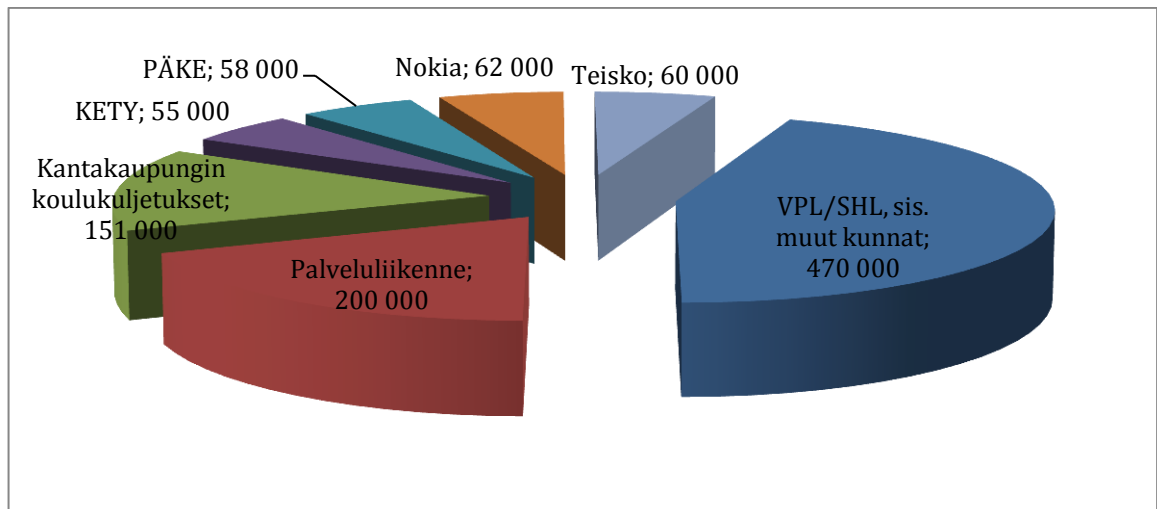
Yksi tapa järjestää kunnan palveluita on tilaaja-tuottaja-toimintatapa. Siinä eriytetään palvelun järjestämisvastuu ja tuottaminen toisistaan, ja toimijoiden välistä toimintaa ohjataan sopimuksilla. Tätä voidaan käyttää palvelujen kilpailuttamisessa. Tilaaja-tuottaja-toimintatavan ideana on parantaa palvelujen tehokkuutta ja asiakaslähtöisyyttä. Tilaajana voi olla jokin julkinen taho, kuten kunta, ja tuottajana kunnan oma tai ulkopuolinen organisaatio. On tärkeää, että tuottajalla on mahdollisuus tehdä oma osuutensa ilman tiukkaa valvontaa tilaajan taholta. Tällainen itsenäisyys on toimintatavan onnistumisen edellytys. Myös tilaajan oma osaaminen on oleellista, sillä toimintamalli itsessään ei ole ratkaisu julkisen tahon palvelujen organisoinnin onnistumiseen. Se vaatii tilaajalta osaamista ja tietoa siitä, mitä se tilaa, millä tavalla ja keneltä. Palvelujen osto ei ole itseisarvo vaan palveluilla saavutettava vaikuttavuus kuntalaisille on lopullinen tavoite.

Tilaajan tärkeimmät tehtävät ovatkin ratkaista, mitä tarvittavia palvelukokonaisuuksia ostetaan, jotta loppukäyttäjät saavat tarvitsemansa palvelun, suorittaa laadunvarmistus sekä hoitaa kilpailutus, rahoitus, sopimusasiat ja valvonta. Tuottaja taas hankkii palvelun tuotannon tekijät, vastaa niiden toiminnasta, laatii tarjouksia, seuraa toiminnan tehokkuutta, laatii talousarvion, toimittaa palvelut ja tiedottaa tilaajaa toimintakyvystään. Myös kuntalaisella on rooli tilaaja-tuottaja-toimintatavassa. Tilaajan tulee ottaa käyttäjän toiveet ja mielipiteet huomioon poliittisessa päätöksenteossa sekä ottaa heidät mukaan palvelujen suunnittelu- ja arviointiprosessiin, jotta kuntalaisille saataisiin tuotettua heille oikein kohdistetut ja mitoitettut palvelut. (Kuntaliitto 2014a)

Tampereen Logistiikka on vuonna 2007 perustettu Tampereen kaupungin liikelaitos, jonka tehtävänä on vastata kaupungin yhteishankinnoista sekä sen yksiköiden tavara- ja palveluhankintojen kilpailuttamisesta. Laki julkisista hankinnoista määrittää, että yli 30 000 euron arvoiset julkiset hankinnat tulee aina kilpailuttaa (L 30.3.2007/348). Koska kilpailuttaminen on aikaa vievä prosessi, on tämä isoissa kunnissa edullisempaa hoitaa keskitetysti. Tampereen Logistiikassa kilpailutuksia tehdään vuodessa noin 200.

SHL- ja VPL-kuljetusten sekä palveluliikenteen lisäksi Tampereen Logistiikka on suunnitellut erityislasten koulukuljetukset vuodesta 2010 alkaen. Vuodesta 2011 se on järjestänyt myös kehitysvammaisten nuorten ja aikuisten päivätoiminta- ja työkydyt. Vanhusten päiväkeskuskuljetuksissa suunnittelun hoitaa kuljetusyritys yhteistyössä sen palveleman päiväkeskuksen kanssa kun taas kahdessa aiemmin mainitussa prosessissa voi reitillä olla useita matkakohteita. Näiden kolmen ryhmän matkoja tehdään kuvan 4 mukaan noin 260 000 vuodessa ja ne kustantavat kaupungille noin 2,5 miljoonaa euroa.

Koko Tampereen Logistiikan liikevaihto on 20 miljoonaa euroa, josta henkilöliikenteen osuus on noin 15 miljoonaa.



Kuva 4. Tampereen Logistiikka, Henkilöliikenneyksikön volyymit.

Tampereen Logistiikka tähtää toiminnassaan laatuun eli keskinäiseen luottamukseen ja toiminnan jatkuvaan kehittämiseen yhteiskunnassa tapahtuvat muutokset huomioon ottaen. Tämä myös osaltaan vastaa Sosiaali- ja terveysministeriön antamaa laatusuositusta hyvän ikääntymisen turvaamiseksi (STM 2013).

## 2.4. Julkisen liikenteen rahoitus ja kustannukset

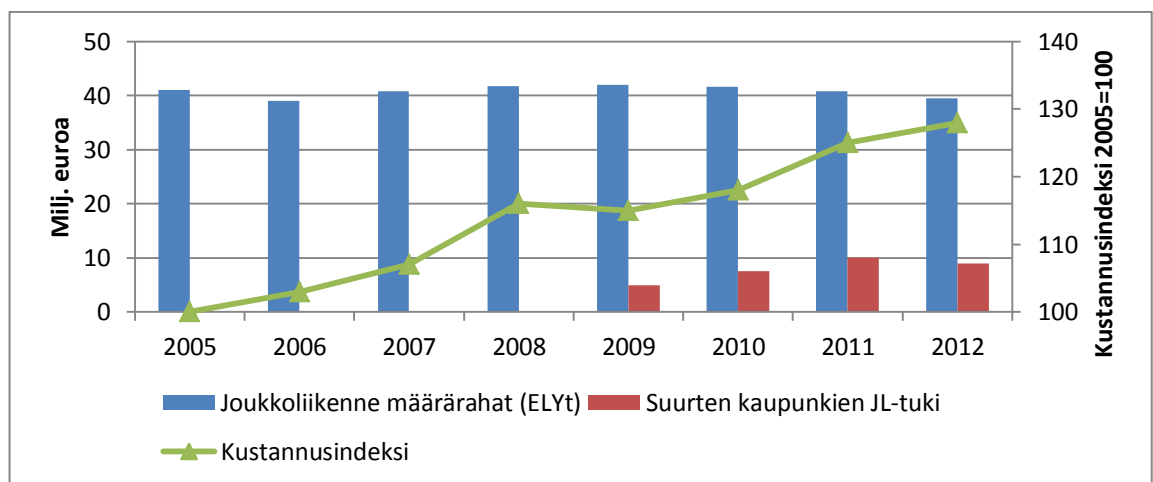
Julkisen liikenteen rahoitus tulee useilta eri viranomaisilta. Näitä ovat liikenne- ja viestintäministeriö, ELY-keskukset, kunnat ja Kansaneläkelaitos. Ne ostavat liikennepalveluja, rahoittavat taksa-alennuksia sekä korvaavat matkoja. Koko julkisen liikenteen rahoitus jakautuu kahteen osaan: suoraan rahoitukseen, joka koostuu valtion ja kuntien liikennepalvelujen ostoista, sopimusliikenteen alijäämien korvauksista ja hintavelvoitteiden korvaamisesta, sekä matkakustannuksen korvauksista, johon lukeutuvat koulumatkat, sosiaalihuollon matkat ja sairaanhoitoon sekä kuntoutukseen liittyvät matkat. Valtion ainoa liikenteen järjestämisvelvollisuus koskee laissa määriteltujen erityisryhmien kuljetusten turvaamista. Valtion tulee lisäksi turvata alueellinen ja kaukoliikenteen palvelutaso sekä sovittaa yhteen eri henkilöliikennemuotojen palveluita ja matkaketjuja.

Kunnat taas vastaavat omien sisäisten joukkoliikennesyhteisönsä turvaamisesta. Harvaan asutuilla seuduilla ELY-keskukset ostavat taajamien runkoliikennettä lipputuloihin perustuvan liikenteen täydentämiseksi ja tukevat seutulipun hinnanalentamista yhteistyössä kuntien kanssa. Rahoitus alueellisen ja paikallisen liikenteen palveluihin tulee liikenne- ja viestintäministeriön sekä kuntien määrärahoista. Valtion osuus liikenteen ostoista ja lippukorvauksista on enintään yhtä suuri kuin kunnan. Suurin osuus valtion tuesta, 60 prosenttia, vuonna 2011 meni kokonaan

maksettaviin runkoliikenteen ostoihin. Sen vuoksi valtion osuus joukkoliikenteen suorasta rahoituksesta onkin suurin alle 15 000 asukkaan kunnissa, joissa liikennetarjontaa on vähän ja matkat koostuvat lähinnä runkoliikenteestä. Näissä valtion osuus suorasta rahoituksesta on 75 prosenttia kun taas suurilla kaupunkiseuduilla valtion tuen osuus oli keskimäärin 7 prosenttia. Asukasta kohden rahoitus on kuitenkin moninkertainen pieniin paikkakuntiin verrattuna. Kuntien suurin menoerä matkakustannusten korvauksista on koulukuljetukset. Vuonna 2011 kunnat maksoivat koululaislipuista ja erilliskuljetuksista 160 miljoonaa euroa, mikä vastaa noin 16 prosenttia koko julkisen liikenteen rahoituksesta.

Julkisen liikenteen rahoitustarpeeseen vaikuttavat tavoiteltu palvelutaso, hinnanalennukset, tuottamiskustannukset, katevaatimukset ja lipputulot. Tuottamiskustannukset ovat jatkuvassa kasvussa, mikä myös kasvattaa rahoituspaineita. Kasvu on ollut keskimäärin 5 prosenttia vuodessa, mikä johtaa vuosittain 15 miljoonan euron nostopaineisiin ja siten joko katteen pienenemiseen tai julkisen rahoituksen kasvuun. Käytännössä on yleensä karsittu palvelutasosta. Kustannuskehityksen lisäksi rahoitustarvetta voivat lisätä verojen nosto kuten dieselöljyn valmistevero tai henkilöliikennepalvelujen arvonlisävero.

Vuonna 2011 kotimaan henkilökuljetussuorite Suomessa oli 78 698 miljoonaa henkilökilometriä, josta joukkoliikenteen osuus oli 13 208 eli noin 16,8 prosenttia (Tilastokeskus 2013). Tästä julkisten varojen käyttöä on laskettu 11 717,8 miljoonalle henkilökilometrille eli 88,7 prosentille kaiken joukkoliikenteen henkilökilometreistä, mikä on noin 15 prosenttia koko Suomen henkilökuljetussuoritteesta. Kokonaisrahoitus oli 8,3 senttiä henkilökilometriä kohti eli noin 970 miljoonaa euroa (LV 2013, s. 24). Vuosien 1997 ja 2011 välillä kokonaisrahoitus on kaksinkertaistunut matkustajamäärien kasvun mukana (LV 2013, liite 2). Kuvasta 5 nähdään, että joukkoliikenteen määrärahat ovat silti pysyneet suunnilleen ennallaan kustannustason jyrkästä noususta huolimatta.



**Kuva 5. Valtion joukkoliikenteen määrärahat ja linja-autoliikenteen kustannukset.** (Muokattu Kuntaliitto 2013, s. 16)

Vuonna 2011 valtion ja kuntien toimialat sekä Kela käyttivät taulukon 2 mukaisesti vajaa miljardi euroa julkista rahoitusta henkilökuljetuksiin (LVM 2013a). Tästä summasta puolet rahoitetaan kuntaverolla ja puolet valtion aluetason tuilla, kuntien valtionosuuksilla ja Kelan rahoituksella (LVM 2013c, s. 8). Nämä kustannukset nousevat edelleen koko ajan ja siksi Valtioneuvosto velvoitti liikenne- ja viestintäministeriön asettamaan ohjausryhmän vastaamaan julkisesti rahoitettujen henkilökuljetusten uudistamisesta toimikaudelle 18.9.2013-30.4.2015 (LVM 2013b). Tavoitteena oli uudistaa henkilökuljetuksia siten, että tehostetaan palvelujen tuottamista ja parannetaan laatutasoa. Tämä on myös liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan vaikuttavuus- ja tuloksellisuusohjelman kärkihanke (P. 2013). Mikäli kustannuksiin ei puututa, on seurauksena palvelutason lasku, omavastuiden hinnan nousu ja lopuksi liikkumisen estyminen, mikä on vastoin sosiaalihuoltolain asettamia tavoitteita kunnille.

**Taulukko 1. Joukkoliikenteen julkinen rahoitus.** (LVM 2013c, s. 9-10)

	Milj. €	
Valtion rahoitus	<b>Vuosi 2010</b>	<b>Vuosi 2011</b>
Alueellisen ja paikallisen tason liikenteen ostot	41,6	40,8
Suurten kaupunkien joukkoliikennetuki	7,7	10,0
Junien lähiliikenteen palvelujen ostot	10,9	10,2
<i>Yhteensä</i>	60,2	61,0
Kuntien rahoitus	<b>Vuosi 2010</b>	<b>Vuosi 2011</b>
Joukkoliikenteen tuki	270,0	282,0
Opetustoimen kuljetukset	137,0	140,0
Vammaispalvelulain (VPL:n) mukaiset	122,0	125,0
Sosiaalihuoltolain (SHL:n) mukaiset	23,0	25,0
Terveydenhuollon kuljetukset	19,0	20,0
<i>Yhteensä</i>	571,0	592,0
Kelan rahoitus	<b>Vuosi 2010</b>	<b>Vuosi 2011</b>
Sairausvakuutuslain mukaiset	251,0	274,0
Toisen asteen koulumatkatuki	39,0	42,0
<i>Yhteensä</i>	290,0	316,0
<b>Kaikki julkiset tuet yhteensä</b>	<b>921,2</b>	<b>969,0</b>

Tulevaisuudessa haasteita aiheuttaa joukkoliikenteen palvelutason riittävä säilyttäminen myös harvaanasutun Suomen alueella. Kun pieniltä paikkakunnilta karsitaan päivittäisen liikkumisen kannalta tärkeitä avoimia joukkoliikenneyhteyksiä, matkustajat joutuvat käyttämään kalliimpia vaihtoehtoja, mikä vuorostaan johtaa yhteiskunnan tukeman henkilöliikenteen kuljetuskustannusten kasvuun. Lisäksi sellaiset henkilöt, joilla on iän tai terveyden vuoksi vaikeuksia liikkua, mutta jotka eivät ole oikeutettuja yhteiskunnan avustukseen, joutuvat turvautumaan omaisten apuun tai maksamaan täyden hinnan kalliimpien liikennepalvelujen käytöstä. Ikärakenteen muuttumisella ei ole läheskään yhtä suurta vaikutusta liikennepalvelujen kustannusten kasvuun kuin palvelujen karsimisella. Valtion rahoitus matkustajamääriä kohti on silti pysynyt viime vuodet samalla tasolla liikennöintikustannusten noususta huolimatta.

Vuosina 2009-2011 ELY-keskukset joutuivat karsimaan ostojaan noin 6,5 miljoonalla kilometrillä säilyttääkseen entisen palvelutason. VPL-matkojen kustannusten on arvioitu jopa kaksinkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä, mikä tarkoittaisi kunnille kustannusten nousua nykyisestä 125 miljoonasta eurosta 250 miljoonaan (LVM 2013c, s. 12). Lisäksi hallituksen rakennepaketissa on leikattu kuntien menoja 1,2 miljardilla eurolla vuoden 2017 tasossa. Tähän sisältyy joukkoliikenteen ja henkilöliikenteen tehostamisella eli käytännössä erityiskuljetusten yhdistelemisellä tavoiteltu 100 miljoonan euron säästö (Verkkouutiset 2013). Hallituksen kehyspäätöksessä 27.3.2013 on todettu, että palveluiden tuottamista pystytään tehostamaan laatutasoa parantaen joten tulevaisuuden trendi on yhtäaikainen palvelutason parantaminen kuin myös kustannusten alentaminen.

## **2.5. Ryhmäkuljetusten nykyiset haasteet kunnissa**

Kuljetusoppilaiden tasaisesti kasvava määrä, yleisen kustannustason kasvu ja paineet kuljetuskustannusten laskuun valtion taholta korostuvat Kuntaliiton teettämän koulukuljetuskyselyn vastauksissa. Näiden asioiden voisi laajentaa koskettamaan kaikkia ryhmäkuljetuksia, joskin koulukuljetukset ovat määrällisesti suurempi kokonaisuus. Toinen erottava tekijä on se, että koululaiset voisivat useissa tapauksissa hyödyntää avoimia joukkoliikennepalveluja, mikäli sellaisia on tarjolla. Kuntaliiton aiemmista kyselyistä ilmenee, että joukkoliikenteen käyttö koulukuljetuksissa on vähentynyt vuosien 2008-2010 välillä. Vuonna 2008 vastanneissa 45 prosenttia ilmoitti joukkoliikenteen yleisimmäksi kuljetusmuodoksi kun vuonna 2010 osuus oli enää 31 prosenttia. Tämä johtunee pienten paikkakuntien joukkoliikenteen supistamisesta tai lakkauttamisesta. Tällä ei kuitenkaan välttämättä ole merkitystä vanhusten ja kehitysvammaisten kuljetusten suhteen, sillä heistä on suuremmalla osalla liikkumisessa hankaluuksia kuin koululaisilla joten monet heistä joutuvat joka tapauksessa turvautumaan erilliskuljetuksiin. Haasteiksi siis jäävät kustannustason nousu ja etäisyyksien piteneminen, mikäli palveluita karsitaan edelleen pienemmiltä paikkakunnilta.

Koulukuljetuskysely toteutettiin tammikuussa 2014, kaksi vuotta edellisen kyselyn jälkeen, ja se oli lähetetty 297 kunnan opetustoimesta vastaavalle viranhaltijalle, joista 190 vastasi kyselyyn. Vastausprosentiksi muodostui 64. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että tällä hetkellä kunnat painivat erityisesti todellisen kilpailun puutteesta johtuvista ongelmista. Suomessa kuljetusyrietykset ovat perinteisesti olleet yhden tai kahden auton yrityksiä ja kalusto on siten pientä. Pääasiassa käytössä on normaalin henkilöauton kokoista kalustoa, joka johtaa ohuisiin ja kalliisiin liikennevirtoihin. Kuntien taholta on toivottu, että yrityksillä olisi käytössä enemmän suurempaa kalustoa, jotta kalliilta taksikuljetuksilta vältyttäisiin tapauksissa, joissa se ei ole välttämätöntä.

Kyselyn mukaan kunnat olivat käyttäneet kaluston kapasiteettia ja kuntoa laatutekijänä ja antaneet sille enemmän painoarvoa kuin muille mahdollisille tekijöille, keskimäärin

59,7 prosenttia kun palvelutaso vaikutti 41,6 ja turvallisuus 10,4 prosenttia. Ongelmia tuovat myös aikataulutus, sillä koulut ja päiväkeskukset alkavat pienen aikaikkunan sisällä ja siten yhtäaikainen kaluston tarve on suuri. Tämä tarkoittaa sitä, että liikkeellä on kerralla paljon tiukkaan aikataulutettuja reittejä ajavia henkilöautoja, joiden kyytiin ei mahdu kerralla montaa henkilöä, vaikka tarve olisi suurempi. Ongelma korostuu erityisesti pienissä kunnissa, joissa ei ole paljoa kilpailevia yrityksiä eikä siten kookasta kalustoa, ja samalla kuljetusoppilaiden määrä on isompia paikkakuntia suurempi, sillä vähäisten joukkoliikenneyhteyksien vuoksi erillisten koulukuljetusten osuus on suurempi. Takseilla tehtyjen kuljetusten osuus kaikista koulukuljetuskustannuksista olikin 53 prosenttia.

Kysyttäessä, miten kunnassa on pyritty parantamaan koulukuljetusten kustannustehokkuutta, on 55,6 prosentissa vastauksista mainittu reitityksen optimointi. Kuvasta 6 näkyy, että toisena tulevat hintaneuvottelut ja kolmantena aikataulujen yhteensovitus. On siis selvästi menty siihen suuntaan, että säästöjä ei uskota enää löytyvän muualta kuin reittien optimoinnista. 91 prosenttia vastanneista viranhaltijoista ilmoitti, että heidän kuntansa ei tuota koulukuljetuksia omana palveluna. Jonkin verran on havahduttu siihen, että koulukuljetusten suunnitteluun tarvittaisiin päätoiminen henkilö, sillä monimuotoisten ja muuttuvien kuljetusten hallitseminen on aikaa vievää. Viranhaltijoista 78 prosenttia ilmoitti, ettei heillä ole tällaista päätoimista koulukuljetuksista vastaavaa koordinaattoria, mikä on hieman vähemmän kuin vuonna 2010, jolloin vastaava luku oli 79,91 prosenttia.

Hinnoitteluperusteena on pääasiassa käytetty kilometrihintaa ja sen osuus on hieman kasvussa. Tällä hetkellä 56 prosenttia vastaajista ilmoitti käyttävänsä kilometrihintaa, kun reittihinnan osuus vastauksista oli 18,1 prosenttia, mikä oli kolme prosenttia edelliskertaa alempi. Päivähinta oli taas noussut parilla prosentilla edelliskerrasta 12,5 prosenttiin. (Kuntaliitto 2014b)



**Kuva 6. Koulukuljetusten kustannustehokkuuden parantaminen.** (Muokattu lähteestä Kuntaliitto 2014b)

Kilpailutukseen liittyvien haasteiden lisäksi kaupunkien ja maaseutumaisten kuntien välillä on myös muita eroja. Kuljetussuunnittelu on hyvin erilaista, kun siirrytään tiiviiltä asutusalueelta hajanaisemmalle seudulle. Siinä missä keskusta-alueilla voidaan poimia autot täyteen samaan suuntaan kulkevia matkustajia, tulevat haja-asutusalueiden asukkaat pitkien etäisyyksien päästä ja harvakseltaan. Autojen kapasiteettia ei saada hyödynnettyä yhtä helposti ja matkustajavirrat ovat pitkiä ja ohuita. Tämä nostaa matkustajakohtaisia kustannuksia.

Toisaalta koulukuljetukset haja-asutusalueilla eroavat kaupungeista myös siinä, että siellä kuljetetaan myös muita kuin erityisoppilaita. Tällöin on mahdollista säästää kustannuksissa siten, että koululaisia pyydetään kokoontumaan valmiiksi reitin varten, jopa lain määrittelemän maksimietäisyyden päästä. Valmiiksi määritellyiltä pysäkeiltä voidaan siten noutaa useita henkilöitä yhtä aikaa. Näissä tapauksissa suunnittelu pitäisikin aloittaa pysäkkien määrittelystä, sillä niillä on hyvin suuri merkitys lopullisten kustannusten kannalta, ja toisaalta tässä voidaan hyödyntää myös palveluliikennettä. Kaupungeissa tätä mahdollisuutta ei ole, sillä kuljetusoppilaat ovat pääasiassa erityisoppilaita, jotka tulee noutaa suoraan kotoa yksitellen.

Laki Kansaneläkelaitoksen kuntoutusetuuksista ja kuntoutusrahaetuksista toteaa 15§:n mukaan, että vaikeavammaisen lääkinnällisen kuntoutuksen matkoissa ei sovelleta matkojen yhdistelyä koskevia säännöksiä kuten muissa kuntoutusmatkoissa

(15.7.2005/566). Täten vaikeavammaisten henkilöiden kohdalla ei voida soveltaa julkisen joukko- tai palveluliikenteen peittävyttä sopivana matkustustapana, sillä heillä kuljetustavan rasittavuutta tulisi lisätä mahdollisimman vähän. Invalidiliiton näkemys asiasta on, että erilliskuljetuksia käyttävien vaikeavammaisten kohdalla ei kuljetusten yhdistelyä voi soveltaa ilman että heidän perusoikeutensa tasa-arvoiseen liikkumiseen säilyisi. Vaikeavammaisten osuus on reilusti alle prosentti väestöstä ja heistä erilliskuljetuksia tarvitsee 3-10 prosenttia. Tässä ryhmässä on hyvin erilaatuisia vammoja sekä tarvetta apuvälineille ja mahdollisille avustajille. Heidän osuutensa väestöstä kasvaa tulevaisuudessa ja siksi heidän liikkumistaan tulee liiton mukaan kehittää eikä heikentää.

Taksiliikenteessä Invalidiliiton mukaan lainsäädännöllistä ongelmaa aiheuttaa se, että esteettömiksi luokitellaan myös sellaisia takseja kuten VW Caddy, jossa pyörätuolissa matkustaminen ei käytännössä ole mahdollista. Matkoja yhdistellessä olisi oleellista tietää, mitkä ajoneuvot ovat täysin esteettömiä eli joissa on standardin mukaiset nostolaitteet, pyörätuolin kiinnitysjärjestelmät sekä mahdollisuus matkustaa pyörätuolissa. Kysymyksiä aiheuttaa myös tietosuoja. Mikäli asiakkaat kuljetetaan suoraan kotiovelle, tulee heidän osoitteensa väistämättä muiden matkustajien tietoon ja etenkin pienimuotoisissa kuljetuksissa se on selkeämpää kuin isommissa linjaliikenteen kuljetuksissa. Invalidiliitto suhtautuu positiivisesti matkojen laaja-alaiseen suunnitteluun mutta korostaa samalla sitä, että erilliskuljetuksia tarvitsevan vaikeavammaisen väestön osuus on selvitettävä ja heille on taattava erilliskuljetukset. (Invalidiliitto 2014)



## 3. RYHMÄKULJETUSTEN SUUNNITTELU

Tässä työssä käsiteltävien ryhmäkuljetusten suunnittelun erityispiirteitä ovat ryhmien rajattu koko, erityistarpeet sekä tarkkaan rajatut aikataulut. Lisäksi suunnittelun tulee tapahtua erityisryhmien kuljetuksia koskevan lainsäädännön puitteissa. Suunnittelun osatekijöitä ovat kuljetettavien määrä, käytössä olevan kaluston määrä ja sen varustelutaso sekä kapasiteetti, alueen laajuus ja tieverkko, kuljetettavien noutopaikat, kohteiden sijainnit, pysähdyksien aikaikkunat ja eri kustannustekijät. On selvää, että näin moninainen tekijöiden joukko voi muodostaa lukuisia ratkaisuja, joista osa on parempia ja osa voi olla ratkaisevasti heikompia. Siksi kannattaa ensin tutustua näihin parametreihin ja pohtia niiden merkitystä suunnittelun kannalta.

### 3.1. Suunnitteluparametrit

Charlotte-Meckleburgin koulujen kattavassa oppilaskuljetusraportissa vuodelta 2010 kuvaillaan kuljetusten suunnittelua palapelinä, jossa onnistuneen lopputuloksen aikaansaamiseksi jokaisen palan tulee olla käytettävissä ja liittyä saumattomasti toisiinsa. Lopullinen kuva voidaan nähdä vasta usean yrityksen jälkeen. Optimointi on palojen tarkastelua, ja mikäli yhteensopivuusongelmia tulee, täytyy ongelmat korjata. Niin kauan kun paloja puuttuu tai ne eivät sovi kuvaan annettujen parametrien puitteissa, ei kuvasta saa valmista. Raportissa todetaan, että olennaisimpia parametreja tässä palapelissä ovat aika ja etäisyys. Aikaan liittyvät koulujen alkamisajat, lähtö- ja saapumisaikojen aikaikkunat kouluilla, pysäkkien nouto- ja jättöaikojen rajoitteet, nousu- ja poistumisajat, nopeusrajoitukset teillä sekä ajoneuvojen omat mahdolliset rajoitukset sekä ajoneuvossa istumisajat. Etäisyysparametreihin kuuluvat matka kotoa pysäkillä tai noutopaikalle, matka kotoa kohteeseen, kahden pysäkin välinen etäisyys, matkan pituus tiedossa olevat rajoitukset, kuten vaara-alueet tai kielletyt tieosuudet, huomioon ottaen ja kävelymatka poistumispaikalta kohteeseen. (CMS 2010)

Taulukossa 2 käsitellään tässä työssä mainitut suunnitteluun liittyvät parametrit yleisesti.

Taulukko 2. Ryhmäkuljetusten suunnitteluun liittyvät parametrit ja niiden määritelmät.

	Liittyy lakipykälä	Yksikkö	Määritelmä
<b>Aikaparametrit</b>			
<b>Noutoaika</b>		kellonaika	Aika, jolloin matkustaja noudetaan pysäkiltä.
<b>Saapumisaika</b>		kellonaika	Aika, jolloin matkustaja saapuu määränpäähän.
<b>Aikaikkuna</b>		kellonaika - kellonaika	Aika, jonka sisällä ajoneuvon on saavutettava matkustaja tai kohde.
<b>Odotusaika</b>	x	min	Aika, jonka matkustaja joutuu odottamaan kuljetusta noutopaikalla.
<b>Pidentymä</b>	x	min	Aika, jonka matka pitenee matkustajasta riippumattomista syistä kuten kuljetusten yhdistelyn vuoksi.
<b>Autossa istumisaika</b>	x	min	Aika, jonka matkustaja joutuu istumaan autossa.
<b>Hinta ajan suhteen</b>		€/h	Aikaan sidottu hinta, jonka tilaaja maksaa.
<b>Etäisyysparametrit</b>			
<b>Matkan pituus</b>		km	Matkan pituus noutopaikalta kohteeseen.
<b>Hinta matkan suhteen</b>		€/km	Matkaan sidottu hinta, jonka tilaaja maksaa.
<b>Kalustoparametrit</b>			
<b>Kaluston määrä</b>		kpl	Käytettävissä olevien eri ajoneuvojen lukumäärä.
<b>Kaluston kapasiteetti</b>		kpl	Autoon mahtuvien matkustajien lukumäärä.
<b>Kaluston erityisvarustelu</b>	x	pyörätuoli yms.	Kertoo, mitä apuvälineitä autoon voi ottaa.
<b>Kaluston kiinteät kustannukset</b>		€/päivä	Sisältää palkat, vakuutukset ym. kiinteät kustannukset, jotka veloitetaan riippumatta ajon määrästä.

Taulukkoon on merkitty maininta siitä, mikäli jokin parametri tulee toteuttaa lakipykälien rajoissa. Esimerkiksi laissa on määritelty koulumatkan pituudeksi alle 13-vuotiaille korkeintaan 2,5 tuntia ja yli 13-vuotiaille 3 tuntia. Tähän aikaan sisältyvät autossaistumisajan lisäksi odotusaika ja pidentymät. Tietty määrä ajoneuvoista tulee olla varusteltu pyörätuolipaikoin, jotta pyörätuolissa istuvat kuljetettavat pääsevät määränpäähensä turvallisesti.

### **Reititys**

Liikenneverkko voidaan nähdä kaaviokuvana, joka koostuu viivoista ja pisteistä. Jokaisen viivan päässä on piste ja useampi viiva voi päättyä samaan pisteeseen. Blackin (1995) liikennesuunnittelua koskevassa teoksessa käytetään pisteistä nimitystä ”solmu” (node) ja viivoista nimitystä ”linkki” (link). Verkosto voidaan käsittää kaaviokuvana, jossa kulkee jonkinlainen virta. Linja-autoreitillä linkki on katu, jolla bussi kulkee. Jokaisella linkillä on kaksi ulottuvuutta; virta (flow), joka on tietyssä ajassa kulkevien yksiköiden määrä, sekä viive (friction), joka on jokaisesta yksiköstä aiheutuva kustannus tai sakko kyseisellä linkillä. Kun verkoston toimivuutta arvioidaan, saadaan tulokseksi virta, mikä liikenneverkossa on matkustajien määrä. Viive sisältää linkin kulkemiseen tarvittavan hinnan ja ajan, ja se tulee arvioida verkostoa kuvaillessa.

Liikenneverkon solmukohdat voivat olla esimerkiksi pysäkkejä, asemia tai kohtia, joissa liikenteen kulku muuttuu merkittäväällä tavalla. Tämä voi olla muun muassa liittymä, jossa siirrytään ylemmälle tieverkolle, minkä johdosta nopeus kasvaa. Eräät solmut voivat olla kuvitteellisia. Ne ovat pisteitä, joissa matkat saapuvat verkolle tai poistuvat sieltä. Niitä tarvitaan kun käsitellään verkkoa esimerkiksi yhden korttelin tai neliökilometrin kokoisena alueena riippuen tarkastelun laajuudesta. Jokainen alue saa yhden aloituspisteen ja oletetaan, että kaikki alueen saapumiset ja poistumiset tapahtuvat tämän pisteen kautta. Solmuille voidaan myös määritellä keinotekoisia linkkejä, jotka kuvaavat kulkua vaihtoyhteydelle. Näille matkoille voidaan määritellä hinta, jotta saadaan kuva erilaisten yhdistettyjen reittien todellisista kustannuksista matkustajalle. (Black 1995, s. 182-183)

### **Kaluston määrä ja kapasiteetti**

Koska työssä käsitellään vain muutamien satojen ihmisten eri alueille suuntautuvia kuljetuksia, mainitaan tässä kohtaa ainoastaan niihin soveltuvat kuljetusmenetelmät. Ryhmäkuljetuksia voidaan suorittaa henkilöautoilla, invatakseilla, pikkubusseilla sekä varsinaisilla linja-autoilla. Pääasiassa kunnan henkilökuljetuksissa käytetään kuitenkin kolmea ensimmäistä. Maaseudulla on käytössä enemmän isompia busseja, sillä kuljetettavat eivät aina ole erityislapsia. Kaupungeissa taas tehdään kuljetuksia yksilöllisemmin pienemmällä kalustolla, sillä kuljetettavien tarpeet voivat edellyttää sitä ja autojen on myös mahdollista siirtyä suhteellisen nopeasti seuraavan kuljetettavan luo, sillä kuljetettavia on tiheämmässä.

Henkilöauto on M1-luokan ajoneuvo, jossa on kuljettajan lisäksi tilaa enintään kahdeksalle henkilölle (Trafi 2014). Nelipaikkaisia henkilöautoja käytetään reiteillä, joilla matkustajia on vähän, henkilöä ei voida sijoittaa samaan autoon muiden kanssa tai mikäli suurempaa kalustoa ei ole saatavilla. Myös tapauksissa, joissa reitille kuulunut matkustaja on jäänyt syystä tai toisesta noutamatta, voidaan lähettää paikalle henkilötaksi tätä yksittäistä kuljetusta varten.

Invataksien määrittelyssä sovelletaan pääosin asetusta ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista (L 4.12.1992/1256). Sen mukaan invataksi on M-luokan auto, jota käytetään vammaisten ja muiden liikuntarajoitteisten kuljetukseen luvanvaraisessa henkilöliikenteessä. Siinä on vähintään kaksi pyörätuolipaikkaa, joissa tuolit voidaan kiinnittää autoon turvallisesti. Lisäksi voi olla muita sivuun käännettäviä istuimia, jotka eivät vähennä tilaa pyörätuoleilta. Henkilöautoihin luokitelluissa tilataksissa on taas 8 matkustajapaikkaa.

Minibusseissa on yleensä maksimissaan 16 paikkaa ja näitä käytetään ryhmäkuljetusten lisäksi myös palveluliikenteessä. Niiden eduksi voi liikennöitsijän kannalta nähdä sen, että normaaliin linja-autoon verrattuna niiden kuljettamiseen vaadittava D1-ajokortti on huomattavasti helpompi saada. Tällä ajokortilla voi kuljettaa ajoneuvoyhdistelmää, jossa on paikat maksimissaan 16 matkustajalle kuljettajan lisäksi (Liikenteen turvallisuusvirasto 2013). Varsinaisten linja-autojen koko vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Suomessa käytetään 2- tai 3-akselisia linja-autoja sekä näitä hieman pienempiä mutta kuitenkin palvelukalustoa suurempia midibusseja. Tavanomaisin istumapaikkojen lukumäärä linja-autoissa yleensä on 47-53 (Black 1995, s. 198).

Taulukossa 3 on esitetty eri ajoneuvotyypit ja niiden arvioidut kilometrikustannukset yhtä matkustajaa kohti käyttäen apuna Liikenneviraston ohjetta tieliikenteen ajokustannusten laskentaan vuodelta 2010. Ajoneuvojen nopeutena on käytetty 50 kilometrin tuntinopeutta ja kuljettajan palkasta sekä muista työsuhteen kustannuksista on käytetty arviota 30€/h. Tästä on saatu kilometrikustannuksiin palkkalisä 0,6€. Lopputulos on vielä jaettu kyydissä olevien matkustajien kesken, kun autoa käytetään täydellä kapasiteetilla. Kuten nähdään, hinta alenee runsaasti matkustajamäärän kasvaessa. Huomioon tosin ei ole otettu aikakustannuksia, joita esimerkiksi invataksille voi helposti tulla, sillä auton lastaaminen ja pyörätuolien kiinnittäminen vie aikaa.

**Taulukko 3. Henkilökuljetuksiin käytettävien ajoneuvojen kapasiteetit ja arvioidut hinnat.**

	Kalusto- tyyppi	Kapasiteetti	Kustannus/ matkustaja/km
 <p>Kuva 7. (Lähde: Wikimedia Commons: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taksi_express.jpg?uselang=fi">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taksi_express.jpg?uselang=fi</a>)</p>	Henkilöauto	1+4	1,85-7,41€
 <p>Kuva 8. (Lähde: Wikimedia Commons: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mazda_AZ_Wagon_%28MJ23S%29_for_wheelchairs_rear.JPG">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mazda_AZ_Wagon_%28MJ23S%29_for_wheelchairs_rear.JPG</a>)</p>	Invataksi	1+8 (inva-ajossa vähintään 2 pyörätuolipaikkaa)	3,71-7,41€ (inva-ajossa)
 <p>Kuva 9. (Lähde: Antti Leppänen: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_One_Fiat_Ducato.JPG?uselang=fi">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_One_Fiat_Ducato.JPG?uselang=fi</a>)</p>	Minibussi	1+13-16	0,46-0,57€
 <p>Kuva 10. (Lähde: Wikimedia Commons: <a href="http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HelB_bus_on_core_HRT_bus_line_in_Otaniem_i,_Espoo.JPG">http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HelB_bus_on_core_HRT_bus_line_in_Otaniem_i,_Espoo.JPG</a>)</p>	Linja-auto	1+40-50 (noin)	0,15-0,19€

Ajoneuvon valinnassa vaikuttavat muun muassa ajoneuvotyyppi, koko, paikkamäärä ja hinta. Lisäksi ostajalla ja liikennöitsijällä ovat omat intressinsä. Liikennöitsijän kannalta suurin merkitys on työvoimakustannuksilla, auton kilometrikohtaisilla

käyttökustannuksilla ja pääomakustannuksilla. Mitä isompi ajoneuvo on kyseessä, sitä suuremmat ovat hankintakustannukset ja myös käyttökustannukset kasvavat jonkin verran ajoneuvon koon kasvaessa. Työvoimakustannukset sen sijaan pysyvät suunnilleen samana ajoneuvon koosta riippumatta ja tämä loppupeleissä määrää suurelta osalta päivittäiset käyttökustannukset. Ostajan kannalta tulevat oleellisiksi eri sopimus- ja hinnoittelumallit, ja ne myös ohjaavat kuljetusten suunnittelua. Viime vuosina on kokeiltu eri-kokoisten bussien käyttöä liikenteessä alueesta ja vuorokaudenajasta riippuen, jotta saadaan optimoitua kapasiteetin käyttö. On tehty myös tutkimuksia bussin kapasiteetin valinnasta. Näiden perusteella pienempien bussien kohdalla on nähty se etu, että niitä voi käyttää tiheämpään liikennöintiin, jolloin odotusajat ovat lyhyemmät, ja koska busseissa on vähän matkustajia, on myös pysähtymisiä vähemmän, mikä nopeuttaa matkantekoa.

Odotusaika voi kuitenkin nousta, kun pienikokoinen bussi täyttyy nopeasti. Suomessa käytössä oleviin palvelubusseihin ei esimerkiksi voi ottaa yhtään enempää matkustajia kuin istumapaikkoja on, sillä pienkalustossa ei ole rekisteröityjä seisomapaikkoja. Vuonna 1988 Oldfield ja Bly havaitsivat optimaalisen bussin koon vaihtelevan matkustajakysynnän neliöjuuren mukaan ja saivat optimaaliseksi kooksi Iso-Britanniassa 55-65 paikkaa. Vuonna 1986 Rufolo tutki nivelbussien kustannustehokkuutta ja havaitsi matkustajien maksavan varsin suuren osan aikakustannuksista lyhyillä reiteillä. Pitkillä reiteillä nivelbussit olivat enemmän edukseen matkustajien kannalta, sillä silloin tehdään pitkiä matkoja, joilla on vähän pysähdyksiä. Merkittävin valinta tehdäänkin käyttökustannusten ja matkustajien ajan välillä. Kuljetusyrietykset käyttävät mieluummin suurempia busseja vaikka osa penkeistä olisikin tyhjänä ajon aikana, sillä matkustajat maksavat tästä aiheutuvat kulut.

Vuonna 1995 julkaistussa kirjassa Urban Mass Transportation Planning todetaan, että polttoainekustannusten merkittävä nousu voi kuitenkin muuttaa yritysten näkemystä asiasta. Tämä onkin jo nähtävissä Suomessa, kun suurten kaupunkien paikallisliikenteessä nähdään useita eri kokoisia busseja. Nayatin vuonna 2008 tekemässä tutkimuksessa mainitaan, että Intiassa koulut eivät juuri järjestä koulukuljetuksia oppilaille, jotka ovat 3 kilometrin etäisyydellä koulusta. On kuitenkin havaittu, että tuolloin vanhemmat lähtevät kuljettamaan heitä omilla autoillaan, mistä syntyy ylimääräistä ruuhkaa ja vaaratilanteita koulun ympärille. Sen vuoksi 2-3 kilometrin etäisyydellä oleville oppilaille järjestetään minibussikuljetus, kun kauempana olevat kuljetetaan isommilla busseilla (Nayati 2008, s. 44). Pienemmän kaluston käyttö voisikin olla optimaalisempaa lähellä kohdetta. Kaluston valinnassa onkin siten paljon huomioonotettavia seikkoja ja sen valinta on tällä hetkellä merkittävässä asemassa, kun polttoaineen hinta edelleen nousee.

### 3.2. Optimointi

Kuljetussuunnittelussa optimointi tarkoittaa parhaan mahdollisen vaihtoehdon etsimistä, kun otetaan huomioon reitin pituus, ajoneuvokapasiteetti, käytetty aika ja näiden perusteella saavutettu optimaalinen kustannustaso. Lisäksi voidaan ottaa mukaan tarkasteluun muun muassa käyttäjän kokema palvelutaso tai ympäristökijät. Hinnoittelumalli tuo oman lisänsä optimointiin. Kiinteä ajoneuvo kohtainen hinta ohjaa käyttämään mahdollisimman vähän autoja ja täyttämään ne mahdollisimman täyteen, kun taas pelkkä kilometri kohtainen hinta ohjaa käyttämään enemmän autoja, mikäli vain kilometrit saadaan minimoitua. Mahdollisia tarkastelun alaisia parametreja voi olla hyvinkin paljon ja niiden valinta riippuu tilaajasta. Optimaalinen ratkaisu voi olla mahdollisimman lyhyt tai taloudellinen ajoreitti, kuljetettavien määrään suhteutettu ja mahdollisimman täydellä kapasiteetilla kulkeva ajoneuvo tai useiden parametrien yhdistelmä, missä myös eri hinnoittelumalleja on yhdistelty. Mitä enemmän tekijöitä optimoinnissa on, sitä hankalampi sitä on suorittaa käsin, ja voidaankin joutua päättämään kuinka optimaaliseksi ratkaisua on järkevää viedä.

Suomen kunnissa on pitkään tehty lakisääteisten kuljetusten suunnittelua käsin, esimerkiksi suoraan paperikarttaa katsomalla ja Excel- sekä paperilistoja ylläpitäen. Kuljetusmäärien kasvaessa ja kuntaliitosten myötä on kuitenkin tullut tarvetta tehokkaampaan suunnitteluun. Jyväskylän yliopiston dosentti Olli Bräysyn mukaan ihmisaivojen on vaikea luoda optimaalista ratkaisua jo siinä vaiheessa, kun ohjattavana on viisi ajoneuvoa (Esri 2008b). Koska kuljetusten volyymit kasvavat koko ajan, nousevat myös paineet siirtyä tietokoneavusteiseen suunnitteluun. Bräysyn mukaan kuntien olisi mahdollista säästää vuosittain jopa kaksi miljardia euroa heikentämättä palveluja tai työolosuhteita kun siirryttäisiin eri palvelujen optimointiin yli kuntarajojen (Bräysy 2014). Kuntaliitosten yleistyessä nousee tarve yhä suurempien kokonaisuuksien hallintaan ja kuntien lakkautuksen myötä myös koulumatkat pitenevät, mikä osaltaan kasvattaa paineita reittien optimointiin. Koska kuljetuspalvelut muodostavat kunnissa suuren menoerän, on niiden optimoinnilla merkittävä osuus tässä.

Reittioptimoinnilla on useita vaikutuksia kustannuksiin. Kun ajoreitti lyhenee, vähentyvät polttoainekustannukset, ajoneuvojen käyttö ja siten kulumisen, kuljettajien työaika sekä joskus myös tarvittavien ajoneuvojen ja kuljettajien määrä. Vaikutuksia on myös ympäristöön, kun ympäristön kuormitus ja meluhaitat vähenevät, sekä ihmisten terveyteen, kun liikenneturvallisuus paranee liikenteen vähentyessä. Lisäksi optimoinnin keinoin voidaan tuottaa asiakkaalle yksilöidympää ja luotettavampaa palvelua. Bräysyn mukaan kuljetuspalvelujen ulkoistamisen rinnalle tulee kuitenkin kuntien ottaa kokonaisvastuu suunnittelusta. Näin he pääsevät hallitsemaan kokonaisuutta ja siten antamaan tarkempia tarjouspyyntöjä kuljetusyrityksille, jotka muuten tekisivät suunnittelun vain saamiensa pienten kokonaisuuksien perusteella ja sisällyttäisivät tarjouksiin myös riskit. Näin pyyntöihin voidaan myös vastata tarkemmin ja kuntien sekä loppuasiakkaiden toivomalla tavalla. (Esri 2008b)

Tietokoneavusteiseen reittioptimointiin ei ole kunnissa siirrytty kovin nopeasti, sillä markkinoilla olevat ohjelmat eivät suoraan vastaa kuntien tarpeisiin. Kuntien lakisääteisiä kuljetuksia rajoittavat useat lait ja tiukat aikaikkunat, jotka hankaloittavat suunnittelua. Tämän vuoksi markkinoilla olevia ohjelmia pyritään lähinnä soveltamaan kuntien tarpeisiin tekemällä niillä suurpiirteisempää suunnittelua jota sitten korjailaan käsin operatiivisella tasolla.

Kuntien reittioptimoinnissa tulee myös ottaa huomioon kaupunkien ja haja-asutusalueiden eroavaisuudet sekä asutuksen jakautumisen että kuljetettavien tarpeiden suhteen. Kaupungeissa kuljetettavien ja kohteiden suuri määrä edellyttää optimointiohjelman käyttöä, mikäli halutaan päästä parhaisiin mahdollisiin tuloksiin. Runsaan tiedon syöttö ohjelmaan voi aluksi tuottaa vaikeuksia ja virheiden vaara on aina olemassa, mikäli ohjelma ei tulkitse kaikkia huomioon otettavia seikkoja oikein. Silti oikeanlaisella kartta-aineistolla tehty reititys on todennäköisesti optimaalisempi kuin käsin suunniteltu. Haja-asutusalueilla, joissa noudetaan paljon yksittäisiä oppilaita, voi optimointiohjelmasta olla jopa enemmän haittaa kuin hyötyä, mikäli sinne syötettävän tiedon määrittely vie enemmän aikaa kuin reittien suunnittelu käsin. Harva tieverkosto ei tarjoa niin suurta vaihtoehtojen määrää kuin isompien kaupunkien sisäisissä kuljetuksissa, ja tällöin onkin tarkkaan harkittava, mikä vaihtoehto soveltuu kyseiseen tilanteeseen parhaiten.

### **Optimointiongelmat**

Kuljetusten optimointiin liittyviä perusongelmia ovat lyhyimmän polun ongelma, kauppamatkustajan ongelma ja ajoneuvon reititysongelma, joka on samalla monen kauppamatkustajan ongelma. Kuvassa 11 on esimerkkikuvat näistä optimointiongelmistä. Lyhyimmän polun ongelmassa (Shortest Route, SR) pyritään etsimään lyhyin reitti kahden tai useamman pisteen välille, mutta se voidaan optimoida myös jonkin muun kriteerin mukaan. Ajan mukaan optimoidusta reitistä saadaan nopein vaikka matka olisikin pidempi. Tarkkaan aikataulutetuissa kuljetuksissa aika voi osoittautua merkittävämmäksi tekijäksi, mikäli esimerkiksi ruuhkat estävät kuljetuksen toteutumisen kohtuullisessa ajassa lyhyintä reittiä pitkin. Ruuhkat eivät yleensä Suomessa aiheuta merkittäviä viivästyksiä, mutta ulkomailla suurkaupungeissa voivat ne kasvattaa matka-ajan moninkertaiseksi.

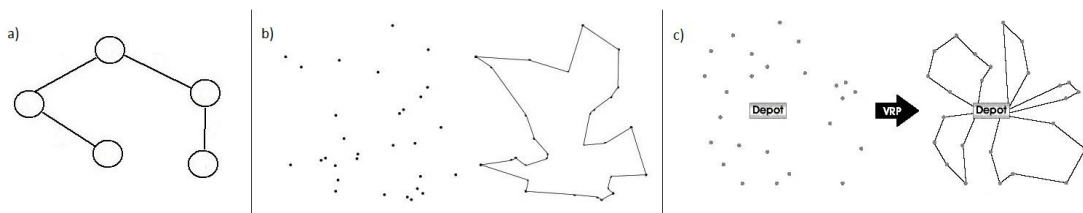
Kauppamatkustajan ongelmassa (Traveling Salesman Problem, TSP) etsitään optimaalinen reitti yhdelle kulkijalle, jonka pitää käydä jokaisessa matkan varrella olevassa kohteessa kerran ja palata sitten alkupisteeseen. Ainoastaan alkupisteessä voi käydä kahdesti.

Ajoneuvon reititysongelmassa (Vehicle Routing Problem, VRP) sen sijaan etsitään reitit usealle ajoneuville. Voidaan katsoa, että koulubussin reititys voitaisiin ratkaista sekä kauppamatkustajan ongelmana että ajoneuvon reititysongelmana eri tapauksissa. Ensimmäisessä tarkasteltaisiin ainoastaan yhden bussin reittiä, jonka varrella on tietty



määrä oppilaita, joiden on laskettu mahtuvan ajoneuvoon. Tässä tapauksessa ainoastaan oppilaiden noutojärjestyksellä on merkitystä, kun bussi lähtee koulun pihasta ja halutaan saavuttaa lyhyin reitti. Tämä ratkaistaan kaavalla  $\frac{(n-1)!}{2}$ , joten mikäli noudettavia oppilaita on 33, on mahdollisten ratkaisujen määrä  $1,32 \times 10^{35}$  (MacCregor & Chu 2011, s. 2). Koska jo näin pienellä matkustajamäärällä saadaan näin paljon vaihtoehtoja, ei kauppamatkustajan ongelmaa ole yleensä tarpeen ratkaista täysin optimaaliseen tulokseen asti. Vaihtoehtojen muodostaminen veisi niin paljon aikaa, että kannattavampaa on käyttää heuristisia optimointimenetelmiä, jotka tuottavat riittävän hyvän ratkaisun, joskaan ei voida tietää kuinka lähellä optimia se on.

Mikäli kouluja ja ajoneuvoja on useampia, käytetään rajatun kapasiteetin ajoneuvon reititysongelmaa (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP), jossa etsitään lyhyimmät reitit noutopysäkeiltä kouluille siten, että ajoneuvojen kapasiteettia ei ylitetä. Tulosten perusteella voidaan myös vähentää ajoneuvojen määrää. Ratkaisuun voivat vaikuttaa myös aikaikkunat, autossa istumisaikojen rajoitukset, ajoneuvojen ajoaikojen rajoitukset sekä matkustajien mahdolliset apuvälineet. Näin mahdollisten ratkaisujen määrä kasvaa entisestään ja on selvää, että ihmisen on vaikea ratkaista näin monimutkaista ongelmaa optimaalisesti käsin.



**Kuva 11. Yleisimmät optimointiongelmat: a) lyhyimmän polun ongelma, b) kauppamatkustajan ongelma ja c) ajoneuvon reititysongelma.**

Optimointiongelmien ratkaisemisessa voidaan käyttää useita erilaisia algoritmeja. Eri ohjelmat toimivat erilaisten algoritmien periaatteilla ja näitä voidaan kehittää jatkuvasti. Kappaleessa 4 käydään läpi erilaisia optimointitapauksia ja kerrotaan, mitä algoritmia näissä on hyödynnetty.

### 3.3. Ihminen vs. tietokone

Kun ratkaistaan monimutkaista reititysongelmaa, on tietokoneen suorituskyky etusijalla ihmiseen verrattuna. Aiemmin Bräysyn mainitsema viiden ajoneuvon ongelma on varsin pieni, kun pyritään suurempien kokonaisuuksien suunnitteluun. Kun on tutkittu ja vertailtu kohtuullisten kuljetuskokonaisuuksien suunnittelua sekä ihmisen että tietokoneen tekemänä, on kuitenkin tehty yllättäviä havaintoja ihmisen suorituskykyyn liittyen. MacCregor ja Chu tutkivat vuonna 2006, miten ihminen selviää 10 pisteen kauppamatkustajan ongelmasta. Aiemmassa tutkimuksessa vuonna 1996 oli jo todettu, että ihminen pystyy suoriutumaan tietokonetta tehokkaammin alle 60 pisteen

kauppamatkustajan ongelmista. Tällä kertaa tutkimuksessa oli mukana 20 yliopisto-opiskelijaa, jotka eivät olleet aiemmin olleet reitinoptimoinnin kanssa tekemisissä.

Opiskelijoiden tuli luoda viisi erilaista 10 pisteen reititystä: lyhyin mahdollinen ja pisin mahdollinen. Havaittiin, että lyhyiden reittien luominen oli huomattavasti helpompaa ja tulokset olivat hieman käytetyn heuristiikan antamia parempia. Sadasta lyhyestä reitistä 31 oli optimaalisia kun taas pitkistä reiteistä yksikään ei ollut pisin mahdollinen. Tietokone loi molemmista ongelmista yhtä hyvät tulokset. Voitiin päätellä, että ihmisellä on käytössä luonnostaan jonkinlainen heuristiikka lyhyisiin reitteihin liittyen. Avaruudelliseen hahmotuskykyyn tämä ei liity, sillä ongelma pitkien reittien muodostamisessa ei tue tätä. Yksi mahdollinen häiritsevä tekijä saattoi olla se, että kun pitkät viivat ristesivät muiden pisteiden kanssa, sekoitti tämä ihmisen hahmotuskykyä. (Chronicle et al. 2006, s. 74-77, 80-81)

Kauppamatkustajan ongelmassa pisteiden lisääntyessä lineaarisesti kasvaa mahdollisten ratkaisujen määrä eksponentiaalisesti. On kuitenkin havaittu, että pisteiden ollessa alle 120, heikkenee ihmisen ratkaisukyky silti lineaarisesti. Ihminen pystyy siis heti rajaamaan suuren määrän vääriä ratkaisuja pois. Suurten pistemäärien ongelmia ei tällä tavalla ole tutkittu, joten ei ole tiedossa romahtaako ihmisen ratkaisukyky jossain kohtaa määrien kasvaessa. Vuonna 2000 tehdyssä tutkimuksessa 6-10 pisteen kauppamatkustajan ongelmissa ihmisten saamat ratkaisut olivat vain 1-3 prosenttia pidemmät kuin optimaaliset ratkaisut. Vuonna 2006 tehdyssä 120 pisteen tutkimuksessa ihmisten luomat ratkaisut olivat vain 11 prosenttia optimaalista pidemmät. (MacCregor & Chu 2011, s. 4-6)

Ormerod ja Slavin tutkivat ihmisten suoriutumista rajatun kapasiteetin ajoneuvon reititysongelmasta vuonna 2005. Tutkimuksessa oli mukana yliopisto-opiskelijoita: 48 ja 20 kahdella hieman erilaisella kierroksella. Tarkoitus oli piirtämällä reitittää 5-6 ajoneuvoa 33-39 eri pisteelle, joilla oli erisuuruinen määrä tavaraa noudettavana. Autoille oli annettu tavoiteltu kapasiteetti sekä sen maksimi. Kummallakin kierroksella reititys tehtiin ensin samansuuruisille pisteille, joissa oli jaettu epäsuhtaisesti 446 yksikön tavaramäärä ainoastaan numeroina ja sen jälkeen siten, että pisteiden koko oli suhteutettu niillä olevaan tavaramäärään. Ensimmäisellä kierroksella oli mukana 48 opiskelijaa iältään 18-65. Reititystulokset olivat ongelman koosta riippuen 4,5-12 prosenttia optimaalista huonommat, kun pisteet olivat samankokoisia ja 5-9 prosenttia huonommat kun pisteiden koko oli suhteutettu.

Toisella kierroksella mukana oli 20 opiskelijaa iältään 18-31 ja heille annettiin vihjeitä reittien muodostusperiaatteisiin liittyen sekä mahdollisuus parantaa lopullista tulosta. Näin saadut tulokset olivat vastaavasti 5,5-10 ja 5-12 prosenttia optimaalista huonommat. Huomattavaa oli se, että suhteutettujen kokoisten pisteiden avulla tehty reititys oli tällä kertaa heikentynyt vaikka reititettävien autojen ja pisteiden lukumäärä pysyi samana. Parhaimmaksi havaittuja tekniikoita näyttivät olevan tavaramäärän laskeminen rajattuina ryhmittyminä, silmämääräisesti piirtäminen ja korjaaminen

lopuksi sekä lineaarinen piirtäminen tukkimiehenkirjanpitoa apuna käyttäen. Tehottomampaa taas oli reittien tasapainottaminen ja maksimikapasiteettiin pyrkiminen. (Ormerod & Slavin 2005)

Tutkimuksista voidaan päätellä, että mikäli kunnalla on reititettävänä vain muutama kohde ja maksimissaan käytössä on viisi autoa, ei käsin saavutettu optimaalinen tulos välttämättä juuri eroa tietokoneen antamasta tuloksesta. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että kaikissa tuloksissa oli ajoneuvoilla sama lähtö- ja saapumispiste joten kohteiden lukumäärän kasvaessa, voivat myös tulokset heikentyä. Tästä voidaan kuitenkin siirtyä klusteriajatteluun. Mikäli kunta jaetaan alueisiin, joilla kaikilla on oma kuljetuskohteensa, pystyy ihminen suunnittelemaan tällaiset lyhyet reitit jopa useammalle kuin yhdelle ajoneuvolle kohtuullisen hyvin.

### **3.4. Hinnoittelumallit**

Kun kuljetusten järjestäjä ostaa kapasiteetin ulkopuolisilta toimijoilta, on hinnoittelumallilla suuri merkitys lopullisen hinnan muodostumisessa. Mikäli käytössä on omia autoja ja kuljettajia, on tilanne aivan toinen. Ohessa on esitelty eri hinnoittelumalleja ja niiden merkitystä tilaajan ja liikennöitsijän kannalta. Kummallakin on omat intressinsä ja oikeanlainen hinnoittelumalli tukee osittain molempia.

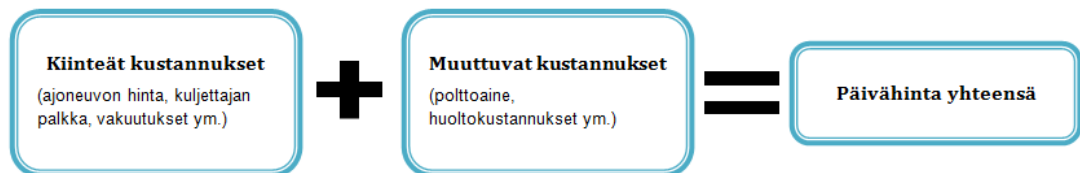
Reittihinnoittelumallissa hinta määräytyy reittikohtaisesti. Näin liikennöitsijälle korvataan kiinteällä hinnalla yhden reitin liikennöinti. Tilaajalle hinnoittelu on selkeä ja kustannukset helposti ennakoitavissa. Liikennöitsijän kannalta taas tässä otetaan riski, mikäli reittiä joudutaan muuttamaan kesken sopimuskauden. Muuttuvat kustannukset kasvavat, mutta tilaajalta saadut korvaukset pysyvät samoina. Liikennöitsijä ei tämän vuoksi välttämättä halua panostaa asiakaspalveluun vaan pyrkisi täyttämään ainoastaan minimivaatimukset, mikä ei ole kuljetettavan eikä tilaajan etu.

Kuljetettavakohtaisessa hinnoittelussa liikennöitsijä saa kiinteän korvauksen jokaisesta kuljetetusta henkilöstä. Sen vuoksi heidän pyrkimyksensä on saada autojen kapasiteetti hyödynnettyä mahdollisimman pitkälle. Ongelmaksi voi muodostua kuljetettavan matkan piteneminen, kun pyritään keräämään mahdollisimman paljon kyyditettäviä reitin varrelta. Myös asiakaspalvelu saattaa kärsiä, kun halutaan mahdollisimman paljon kyyditettäviä nopealla aikataululla. Tämä ei taas ole ongelma, mikäli tilaaja on itse suunnitellut reitit etukäteen siten, että kyytiin nousevia on sopiva määrä ajoaikaan ja auton kapasiteettiin nähden.

Kilometrikohtainen hinta on kilpailun kannalta läpinäkyvin (London Councils 2006). Lopullisen hinnan muodostus on hyvin yksiselitteistä, kun on selvitetty mitkä kaikki matkat kuuluvat sopimukseen. Siirtymät reittien välillä tuovat omat lisänsä ja ne voivat olla hyvin erisuuruisia riippuen alueen koosta ja asutuksesta. Kilometrikohtaisella hinnoittelulla voidaan kuitenkin helposti vertailla eri tarjouksia. Käytännössä tilaajan

intressinä on tällä hinnoittelumallilla minimoida ajetut kilometrit, jolloin kuljetussuunnittelulla on myös tärkeä osa.

Edmontonissa, Kanadassa, tehdyssä koulukuljetusten yhdistelyraportissa mainitaan, että alalla on todettu tehokkaimmaksi yhdistelty hinnoittelumalli, kun kuljetuspalvelut on ulkoistettu. Tässä palvelun hinta koostuu kahdesta osasta kuten kuva 12 osoittaa: kiinteistä päiväkustannuksista ja muuttuvista kustannuksista. Yhdistellyn hinnan etuna on joustavuus reittimuutoksissa. Esimerkiksi, jos reitille lisätään yksi pysäkki, tarvitsee muuttaa yhtälöstä vain yhtä muuttujaa ja saadaan tuloksena uusi päivähinta. Myös mikäli esimerkiksi sääolosuhteiden vuoksi joudutaan perumaan jokin vuoro, tarvitsee liikennöitsijälle tässä tapauksessa korvata ainoastaan kiinteät kustannukset eikä muita laskelmia tarvitse tehdä. Yhtälön käyttö on käsin hankalampaa, mutta suurin osa reititysohjelmistoista, kuten Trapeze MapNet tarjoaa tämän vaihtoehdon kustannuslaskelmissa. (Edmonton Student Transportation 2014)



**Kuva 12. Yhdistelty hinnoittelumalli.** (Muokattu lähteestä Edmonton Student Transportation 2014)

Päivähinta on kalustolle annettu hinta korvauksena liikennöinnistä tietyn tuntimäärän ajan päivässä. Tilaajan kannalta rajoitteita tässä ovat esimerkiksi kuljetettavien määrän vaihtelu. Mikäli kuljetettavia on vähän, joudutaan silti maksamaan koko päivän liikennöinnistä. Päivähintaisten autojen etu olisikin siinä, että niiden käyttötarve on selvitetty tarkkaan tarjouspyyntöä tehdessä. Kuljetusfirmalle on riskittävämpää lupautua pitkiin kokopäiväisiin sopimuksiin ja näin myös tilaajan on mahdollista saada edullisempia tarjouksia. Taulukossa 4 nähdään yhteenvedo kaikista hinnoittelumalleista.

**Taulukko 4. Hinnoittelumallien plussat ja miinukset tilaajan, liikennöitsijän ja loppuasiakkaan kannalta.**

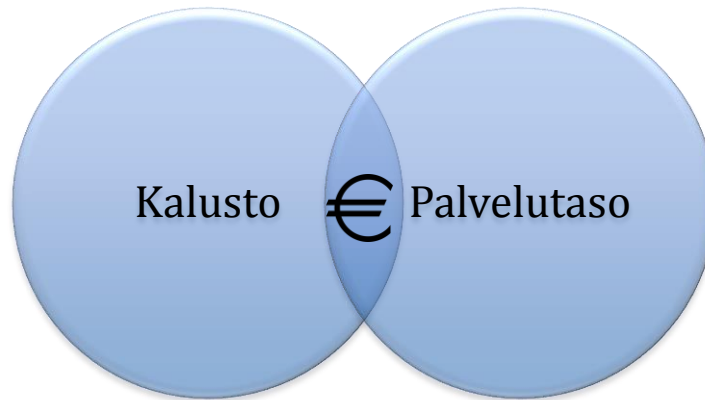
Hinnoittelumalli	Tilaaja	Liikennöitsijä	Kuljetettava
Reittihinta	+Selkeä ja riskitön	-Riski, mikäli tulee muutoksia	-Laatu voi kärsiä
Hinta/kuljetettava	+Hinta helppo ennakoida	+Mahdollisuus kasvattaa tuloja tehokkaalla reitityksellä -Sääolosuhteet voivat vaikuttaa saatuihin tuloihin	-Laatu voi kärsiä
Hinta/km	+Tarjouskilpailu selkeä -Kulut voivat kasvaa, mikäli tulee muutoksia reitteihin	+Vähemmän riskejä muutosten sattuessa -Lisäkuluja, mikäli siirtymät eivät kuulu	+Kiireetön -Matkat voivat venyä pitkiksi
Yhdistetty hinta	+Joustavuus hinnoittelussa helpottaa muutosten lisäämistä -Joudutaan maksamaan osa vaikka ei liikennöidä	+Saadaan korvaus myös peruustapauksissa	+Asiakkaan kannalta pyritään tekemään parhaansa
Päivähinta	+Kalusto helppo hallita -Sisältää paljon riskejä ilman kunnollista suunnittelua	+Riskitön ja tulot helposti ennakoitavissa	+Kiireetön

Lopullisessa hinnoittelumallissa tehdään lopulta valinta rahan ja palvelutason välillä. Tätä voidaan mallintaa kuvassa 14. Eurojen määrä kasvaa aina, kun kasvatetaan kaluston määrää ja laatua sekä palvelutasoa. Tulee löytää sellainen keskitie, joka tarjoaa asiakkaalle riittävän palvelutason.

Palvelutasolla henkilökuljetuksissa tarkoitetaan tässä kohtaa asiakkaan kokemaa palvelutasoa. Tähän liittyvät luotettavuus eli auton saapuminen luvattuun aikaan sekä tarvittavan avustuksen saaminen, autossa istumisaika, mihin vaikuttavat reitin pituus etäisyytenä sekä kyytiin otettavien muiden matkustajien lukumäärä, mikä aina osaltaan kasvattaa matka-aikaa, auton varustelutaso ja mukavuus, sekä matkustajilta mahdollisesti veloittavat maksut.

Laissa on säädetty koulukuljetuksille useita reunaehtoja, joita kunnat ovat halutessaan saaneet muutella myös kuljetettaville edullisemmaksi. Vanhusten päiväkeskuskuljetuksiin ja kehitysvammaisten työkyteihin liittyviä ehtoja ei sen sijaan esimerkiksi matkan keston suhteen ole määritelty. Koululaisten unentarpeen ja keskittymiskyvyn vuoksi olisi kuitenkin hyvä, etteivät kyydit alkaisi liian aikaisin tai venyisi turhan pitkiksi kun taas vanhusten tapauksessa kuljetus voi olla myös sosiaalinen tapahtuma, jonka venyminen ei vaikuta kuljetettavan arkirutiineihin samalla tavalla. Koululaiskuljetuksissa myös vanhempien työajat vaikuttavat moneen asiaan. Kaikilla kolmella käyttäjäryhmällä on omat tarpeensa ja siksi riittävää palvelutasoa ei kannata määritellä yhteisesti. Voidaan kuitenkin miettiä, onko kannattavampaa pyrkiä korkeampiin tavoitteisiin kuin minimivaatimusten täyttämiseen, tai kannattaako suoraan pyrkiä aivan parhaaseen tasoon.

Useissa kunnissa on viime vuosina kuljetuskustannusten nousun vuoksi jouduttu karsimaan koulukuljetusten palvelutasosta. Tämä aiheuttaa yleensä ainakin aluksi vastalauseita, mutta mikäli muutoksiin on mahdollista mukautua, näin myös lopulta tehdään.



**Kuva 13. Hinnoittelussa tehdään valinta käytettävän kaluston ja palvelutason välillä.**

Yhteenvedona voidaan todeta, että tilaajalle sopivat parhaiten hinnoittelumallit, joissa vaaditaan ainoastaan toteutus korvausta vastaan. Tämä voi kuitenkin heikentää asiakaspalvelua. Liikennöitsijälle sopivat parhaiten mallit, joissa sopeudutaan muutoksiin tai vaaditaan ainoastaan kohtuullista palvelun toteuttamista tietyssä ajassa. Kuljetettavan kannalta parasta on, mikäli hinnoittelumalli ei kannusta tai pakota liikennöitsijää liikaan kiirehtimiseen. Hyvällä kalustosuunnittelulla päivähinta olisi kaikille järkevin vaihtoehto. Tilaajan kannalta yksinkertaisinta olisi kuitenkin reitti- tai kuljetettavakohtainen hinnoittelu. Suomessa yleisesti käytetyssä kilometrihinnoittelussa vaikuttavat riskit jakaantuvan tasaisesti kaikille osapuolille.

### **3.5. Ryhmäkuljetusten suunnittelu Tampereen Logistiikassa**

Tampereen Logistiikan kuljetuskapasiteetti on toistaiseksi hankittu markkinoilta yksityisiltä palveluntuottajilta ja kuljetussuunnittelu on useiden eri osapuolten käsissä. Koulukuljetukset ja kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintamatkat suunnitellaan Tampereen Logistiikassa kun taas vanhusten päiväkeskusmatkat ovat enemmän päiväkeskusten käsissä. Tämän lisäksi kuljetusyrietykset saattavat tehdä päivän aikana omia muutoksia kuljetuksiin esimerkiksi työaikasäädösten vuoksi tai muissa poikkeustapauksissa. Kun asiasta ei tule erillistä ilmoitusta tilaajalle, ei tämä voi enää tietää mikä auto hoitaa aiemmin sille määriteltyä reittiä tai mihin se on menossa seuraavaksi. Tällöin kokonaisuuden hallinta vaikeutuu tilaajan päässä ja joudutaan soittelemaan ja tiedustelemaan yksittäisten ajoneuvojen liikkeitä, jotta niitä voitaisiin sovittaa muihin reitteihin tarpeen ilmetessä.

Tilanne muodostuu tällaiseksi osittain siksi, koska yrityksille annetut reitit eivät ole sellaisenaan toteutettavissa niin, että kuljetuksen järjestäjä voisi suorittaa vain ne ilman omia järjestelyjä. Tampereen Logistiikan lopullisena tavoitteena on saada kuljetukset täysin omaan hallintaan siten että heillä on aina ajankohtainen tieto autojen liikkeitä ja seuraavista kohteista. Tällöin myös kuljetusyrietyksille olisi annettava täysin heidän tarpeitaan vastaavat reitit, joille ei tulisi tarvetta tehdä muutoksia kesken päivän ilman

erityistilanteita. Myös poikkeustilanteissa olisi tiedon silti olla helposti Tampereen Logistiikan saavutettavissa. (Harju 2014)

### **Koulukuljetukset**

Vuonna 2013 oli Tampereella erityisopetuksen piirissä noin 450 erilliskuljetuksissa kuljetettavaa oppilasta. Yhteensä kuljetettavia oppilaita oli noin 2600, joista noin neljä viidesosaa kulkivat bussilla. Tampereen erityispiirteenä onkin kattava joukkoliikenneverkko, minkä vuoksi ainoastaan vammaisia oppilaita kuljetetaan erilliskuljetuksissa, kun taas taajamien ulkopuolella kuljetuksissa on myös muita oppilaita, jotka asuvat joukkoliikenneyhteyksien ulottumattomissa. Kaikissa Tampereen Logistiikan erilliskuljetuksissa oli käytössä 20-30 joukkoliikenneautoa ja useita kymmeniä takseja yhteensä kahdeksalta sopimusliikennöitsijältä sekä Tampereen Aluetaksilta (Koljonen 2013). Koulukuljetuskustannukset olivat yhteensä 2 283 805 euroa, joista neljä viidesosaa oli taksikustannuksia. Erityisopetuksen piirissä olevat oppilaat muodostavat siis merkittävän menoerän kokonaiskuljetuskustannuksista. Vertailun vuoksi voidaan myös todeta, että vuonna 2013 kuljetuskustannukset yhtä oppilasta kohti bussilla olivat 239 euroa ja taksilla 3330 euroa. (Tampereen kaupunki 2014)

Henkilöliikenneinsinööri Antti Koljonen ja kuljetussihteeri Suvi Myllyniemi ovat suunnitelleet Tampereen erityislasten kuljetukset. Nokian ja Teiskot kuljetukset on taas suunniteltu erikseen. Koulukuljetusten suunnittelu aloitetaan alkukesästä, jolloin lukujärjestykset eivät vielä ole kaikilla kouluilla tiedossa. Tällä hetkellä koulut velvoitetaan ilmoittamaan juhannukseen mennessä alustava lukujärjestys ja tieto siitä, onko kyseessä tilapäinen lukujärjestys vai pitävä. Elokuun puoliväliin mennessä tulee ilmoittaa lopullinen lukujärjestys. Suunnittelu aloitetaan puhtaalta pöydältä ja pohjana käytetään lähinnä vain viime vuoden oppilastietoja. Näihin tulee kuitenkin runsaasti muutoksia osoitteiden ja muiden lisätietojen osalta aina lukuvuoden vaihtuessa joten ne käydään läpi. Sitten käydään Tampere postinumeroalueittain läpi ja katsotaan kuinka paljon oppilaita tietyltä alueelta on tulossa johonkin kouluun. Voidaan esimerkiksi aloittaa keskustan isoista kouluista ja katsoa paljonko Hervannasta on tulossa oppilaita niihin ja siirtyä sen jälkeen pienemmille alueille. Sitten lasketaan kaluston tarve näille oppilasmäärille.

Voi olla, että tätä suunnitelmaa ei kuitenkaan voida täysin noudattaa erityistoiveiden vuoksi: esimerkiksi kaksi oppilasta eivät tule keskenään toimeen ollenkaan jolloin heitä ei voida sijoittaa samaan ajoneuvoon, matka muodostuisi liian pitkäkestoiseksi tai vanhemmilta on tullut toive tarkemmasta noutoajasta heidän työvuorojensa vuoksi. On kuitenkin pyritty siihen, ettei vanhemmilla olisi liikaa sananvaltaa, jotta suunnittelu ei tällä tavalla vaikeutuisi. Reitityksessä on myös otettava huomioon koulujen alkamisajat varsin tarkkaan. Koulunkäyntiavustaja on paikalla 15 minuuttia ennen koulun alkua, mikä osalla kouluista on 8:00 ja osalla 8:15 aamulla. Mikäli siis koulu alkaa kello 8:00, voi lapsen jättää koululle aikaisintaan 7:45, sillä erityisopetuksen piirissä olevaa lasta ei

saa jättää yksin. Aikaikkuna on täten aamun ensimmäisissä kuljetuksissa 15 minuuttia. (Kuljettajaohje 2014)

Valmis suunnitelma toimitetaan autoille, joiden tulee ilmoittaa niissä olevat noutajat vanhemmille. Tämä ei kuitenkaan aina toteudu, sillä kaikki eivät tätä tee. Lisäksi vanhemmilta voi tulla tässä vaiheessa muutoksia nouta-aikoihin, vaikka näin ei saisi olla. Tarvittaessa ylivuotokuljetukset välitetään Tampereen Aluetaksille. Ensimmäisen koulupäivän koittaessa tulee yleensä lisää muutoksia, sillä kaikkien koulujen antamat lukujärjestystiedot eivät pidäkään enää paikkaansa eikä muutoksista ole ilmoitettu. Näitä ongelmia on lähinnä pienemmissä kouluissa, joissa muutellaan alku- ja loppumisaikoja vapaammin. Keskusta-alueen isot koulut Kalevanpuiston koulu, Liisanpuiston koulu ja Saukonpuiston koulu noudattavat säännöllisemmin lukujärjestyksiä ja näissä vastaavia ongelmia harvemmin ilmenee. Äkilliset lukujärjestysmuutokset koskevat lähinnä noin sataa oppilasta 400-500 erityisoppilaan joukosta.

Kuljettajilta voi tulla palautetta, että reitti on liian tiukkaan aikataulutettu. Tällöin kuljetussihteerit kehottaa kuljettajaa vielä ajamaan reittiä jonkin aikaa ja yleensä ongelma korjaantuu tällä. Mikäli reitillä on kuitenkin jatkuvia viivästyksiä, saatetaan poistaa yksi oppilas tältä reitiltä ja siirtää toiseen kuljetukseen. Koulujen velvollisuus on ilmoittaa lukujärjestysmuutoksista Tampereen Logistiikkaan ja vanhemmat ilmoittavat päivittäisistä muutoksista sekä uusista osoitteista suoraan. Koska suurin osa erityiskouluista aloittaa aamulla joko kello 8.00 tai 8.15, on ollut puhetta aloitusaikojen koordinoinnista, jotta kuljetukset voisi suunnitella joustavammin ja kaluston tarve ei olisi hetkellisesti niin suuri. Tämä ei kuitenkaan käytännössä välttämättä toimisi, sillä monien oppilaiden vanhemmat lähtevät töihin aikaisin aamulla joten lapset tulisi kuitenkin kuljettaa päiväkotiin odottamaan kuljetusta näihin aikoihin. Kaluston vähentäminen ei siis aamun ensimmäisinä tunteina ole mahdollista mutta reitit uudelleen koordinoimalla, voisi mahdollisesti päästä optimaalisempiin ratkaisuihin. (Myllyniemi 2014)

### **Kehitysvammaisten työ- ja päiväkeskusmatkat**

Tampereen kaupungin alueella asuu vuoden 2014 alusta alkavalla sopimuskaudella 164 työ- ja päivätoimintaan kuljetettavaa kehitysvammaista kuljetuspalvelujen käyttäjää, joista pyörätuolia käyttää 34 henkilöä. Työ- ja päivätoimintakeskuksia sekä asumisyksiköitä on kuusi ja ne sijaitsevat eri puolella Tamperetta: Kalevassa, Sarankulmassa, Kaupissa, Epilässä ja Koivistonkylässä. Asiakkaat käyvät keskuksissa säännöllisesti 3-5 kertaa viikossa ja matkoja tehdään noin 240 päivässä. Kuljetusaikataulut ovat suunnilleen samat joka päivä. Kuljetuksia ei järjestetä kesällä, jolloin keskuksat pitävät lomaa neljästä viiteen viikkoon. Sopimuksen perusteella tuottaja, eli tässä tapauksessa Tampereen Logistiikka, vastaa asiakkaiden kuljettamisesta toimintakeskuksen antamien lähtötietojen perusteella, valvoo kuljetuksissa lakien noudattamista sekä laatii tarvittavan ohjeistuksen asiakkaille, kuljetusyrittäjille ja



kuljettajille. Tilaajana on Tampereen kaupungin terveyttä ja toimintakykyä edistävien palveluiden lautakunta ja heidän velvollisuutena on ilmoittaa kuljetustapahtuman onnistumisen kannalta tarpeelliset tiedot asiakkaasta sekä määritellä kuljetusosoitteet ja välittää tieto apuvälineistä sekä muut erityisohjeet tuottajalle. Reittisuunnittelu tehdään vuosittain kesällä toimintayksiköiden loman aikana ja sen tekee kehitysvammaisten kuljetuksiin nimetty vastuuhenkilö henkilöliikennesuunnittelijan / -insinöörin kanssa. Kalustona käytetään kehitysvammaisten yksiköiden käyttöön kilpailutettua kalustoa. Sen jälkeen valmiit reitit viedään Mobirouter-kuljetustenohjausjärjestelmään, jonne asiakkaille tehdään asiakasprofiilit.

Asiakas on velvollinen odottamaan kuljetusta 15 minuuttia yli sovitun hakuajan, joskaan auton myöhästely ei saa olla toistuvaa. Tällöin kuljettajan tulee tarkistaa reitti ja kuljetusaikataulu uudelleen. Kuljettajalla ei kuitenkaan ole velvollisuutta odottaa asiakasta yli sovitun noutoajan. (Sopimus 2013)

Haasteina kuljetusten järjestämisessä on ollut noutoaikojen hajonta, joissain tapauksissa jopa 1,5-2,5 tuntia. Lisäksi ajoneuvojen reitit ja aikataulut ovat olleet liian tiukkaa, jotta toivottuun palvelutasoon olisi päästy. Tästä syystä reittejä on muokattu sekä myös toimintakeskusten aikataulutusta muutettu, jotta on saatu tasattua noudot ja haut. Asiakkaiden näkökulmasta kuljettajien ammattitaidossa ja palvelualltiudessa on ollut parannettavaa usealla alueella. On ollut väärinymmärryksiä ja kommunikaatiokatkoksia, mikä on pääasiassa johtunut kuljettajien vaihtuvuudesta. Vakiintuneiden kuljettajien kanssa ei ole juurikaan ollut ongelmia ja asiakkaat toivoisivatkin, että vaihtuvuutta olisi vähemmän. (Palaverimuistio 2014)

Kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintamatkoihin käytettiin vuonna 2013 255 681,16 euroa. Matkoja tehtiin 27 927 ja reittejä oli 7127. Ajokilometrejä kertyi 134 354 yhteensä 220 ajopäivänä ja yhden matkan keskihinnaksi muodostui 9,16 euroa.

### **Vanhusten päiväkeskusmatkat**

Tampereen 17 päiväkeskukseen ja niistä pois kuljetettavia vanhuksia on noin 800, joista päivässä kuljetetaan suunnilleen 200. Nämä ovat pääsääntöisesti kerran viikossa toistuvia 5 euron hinnalla tarjottavia edestakaisia kuljetuksia, joita ei voi ennakoida yhtä hyvin kuin koululaisten ja kehitysvammaisten tapauksessa. Yhden päiväkeskuksen kuljetuksia hoitaa aina yksi kuljetusyrittäjä, joka on Tampereen Logistiikan kilpailuttama. Tampereen Logistiikka vastaa myös ajoneuvokaluston kokonaisuuden suunnittelusta, kuljetuslaskujen tarkastuksesta sekä liikennöitsijäsopimusten hallinnasta. Kuljetusyrittäjä taas suunnittelee reitit ja aikataulut. Kuljetukset pyritään suorittamaan pääasiassa yhteiskuljetuksina pikkubusseilla aiemmin sovittujen aikataulujen puitteissa, mutta poikkeustilanteissa, kuten kaluston ollessa täynnä, asiakas voidaan ohjata SHL-kyytiin. Päiväkeskuksella on yksi nimetty yhteyshenkilö, joka vastaa viestinnästä kuljetusyrittäjän suuntaan. Heidän tulee toimittaa ajantasaiset kuljetuslistat kuljettajalle tai ajojärjestelijälle sekä myös ilmoittaa muutoksista ja viivästyksistä. Erityisesti näissä

ikäihmisten kuljetuksissa voisi olla tehostamisen tarvetta, sillä suunnittelu tapahtuu tällä hetkellä päiväkeskuskohtaisesti. (Laatukäsikirja 2013)

Tulevaisuudessa voisi olettaa päiväkeskusmatkojen lisääntyvän väestön ikärakenteen muuttuessa. Kun väestö ikääntyy, tulee tarvetta yhä enemmän vanhushuollon tehostamiseen. Täten pyritään myös lisääntyvässä määrin tukemaan vanhusten kotona asumista, mihin päivätoiminta yhtenä osana liittyy. On kuntien oman harkinnan varassa kuinka paljon päivätoimintaa ja siten myös niihin liittyviä kuljetuksia järjestetään, mutta niillä on tärkeä osa kustannusten alentamisessa pidemmällä tähtäimellä. Laitoshuollon kustannukset ovat huomattavasti kotihoitoa korkeammat. Olli Bräysyn mukaan optimoitu kotihoito voi olla jopa 20 kertaa halvempaa kuin laitoshoidon (Bräysy et al. 2012, s. 18).

Vanhusten päiväkeskuskuljetuksiin kului vuonna 2013 yhteensä 525 948,58 euroa. Matkoja tehtiin 251 ajopäivänä yhteensä 55 515 ja niiden keskihinta oli 9,47 euroa.

### **Kilpailutus**

Kilpailutuksessa joukkoliikenneautoilta on ollut helppo saada tarjouksia isompiin kokonaisuuksiin, joihin kuuluu esimerkiksi palveluliikennettä ja koulukuljetuksia sekä aamu- että iltapäivälle. Takseilta on ollut vaikeampi saada tarjouksia tarjonnan epävarmuuden ja muuttuvien tekijöiden vuoksi. Pitkät sopimuskaudet on koettu parhaaksi tavaksi mahdollistaa pitkäjänteinen kehittäminen ja ne myös antavat kuljetusyrittäjille kannustinta kalustoinvestointeihin.

Vuonna 2012 tehtiin kilpailutus neljälle vuodelle yhden vuoden optiolla. Valittiin vain hyvää kalustoa laatukriteerien perusteella ja vertailtiin niitä lopuksi hintojen avulla. Mukana oli sekä tuntihinnoiteltua että alennetulla taksitaksalla hinnoiteltua kalustoa. Tuntihinnoiteltua kalustoa oli 10 autoa, joissa on 8-16 matkustajapaikkaa sekä vähintään yksi pyörätuolipaikka. Niiden tuli olla käytettävissä kello 7-17 ja ajoa luvattiin kuudelle tunnille. Kilpailuttamisessa tarjouspyynnön rakentaminen näin monipuoliselle kokonaisuudelle oli haastavaa ja oli myös vaikea tehdä satunnaisista kuljetuksista houkuttelevia, kun niissä ei varsinaisesti luvattu liikennöitsijälle mitään. (Koljonen, A. 2013)

Tampereen Logistiikassa on jo pyritty tuotteistamiseen luomalla palveluliikenteen PALI-busseille uusi ilme. Heinäkuusta 2013 palvelubussit ovat olleet helpommin tunnistettavissa vihreän värinsä avulla (Tampere 2013). Tavoitteena on luoda vastaava helposti tunnistettava ilme myös muille Tampereen Logistiikan kilpailuttamille kuljetuksille, mutta siten että merkinnät on helppo poistaa ajoneuvoista tarpeen mukaan. Esimerkiksi merkityllä palveluliikenteen bussilla voidaan ajaa myös muita kuljetuksia kuten koulukuljetuksia mutta ilman merkintöjä olevilla ajoneuvoilla ei voida ajaa palveluliikenteen linjoja. (Harju 2014)

## 4. CASE: ESIMERKKEJÄ RYHMÄKULJETUSTEN JÄRJESTÄMISESTÄ SUOMESSA JA ULKOMAILLA

Kun suunnitellaan eritasoisten liikkujien kuljetusten yhdistelyä, tulee ensin ottaa huomioon lainsäädäntö. Kuljetusvälineessä tulee olla paikat tarvittaville apuvälineille, riittävä varustus ja lisäksi on mahdollistettava turvallinen matkanteko. Mikäli kyydissä on päiväkotilapsia, voi mukana olla turvaistuimia, jotka tulee kiinnittää kolmipistevoihin. Rullatuolilla tai rollaattorilla liikkuvia henkilöitä varten taas tarvitaan invataksi tai matalalattiabussi. Häiriölapsilla voi olla hyvin erilaisia taustoja tai sairauksia, jotka pitää tuntea ennen kuin heitä voidaan sijoitella kyyteihin muiden kanssa. Tätä työtä varten haastateltiin useiden Suomen kuntien liikennepuolen edustajia ja selvitettiin, miten ryhmäkuljetuksia tällä hetkellä järjestetään, ja onko niitä mahdollisesti jo yhdistelty. Haastattelujen tulokset on koottu tähän lukuun eri alalukujen alle. Lisäksi on tutustuttu muutamaankin ulkomaalaiseen esimerkkiin.

### 4.1. Esimerkkejä ryhmäkuljetusten järjestämisestä Suomessa

#### 4.1.1. Turku: kokopäiväautoja ja käsin suunnittelua

Turussa koulukuljetuksia hoitaa kolme kokopäiväistä henkilöä ja kilpailutus tehdään kolmena isona kokonaisuutena, joihin voi jättää osatarjouksia autokohtaisesti. Ensimmäinen ryhmä koskee päivähintaisia autoja, joiden tulee olla ajossa kello 9-16 yhteensä 6 tuntia. Toinen ryhmä koskee esteettömiä ajoneuvoja, jotka tekevät reittiajoa ja erillisten tilausten mukaan suoritettavia kuljetuksia tietyn alennusprosentin mukaan voimassa olevista taksitaksoista. Kolmas ryhmä on muuten samanlainen mutta ajoneuvot eivät ole esteettömiä.

Kun tähän kilpailutustyyliin siirryttiin, kaupunki sai runsaasti tarjouksia ensimmäisen ryhmän autoihin ja koki kilpailun onnistuneen siellä. Koska suurin osa halusi antaa tarjouksia kokopäiväautoihin, tuli tarjouksia kahteen viimeiseen ryhmään niin vähän, että kaikki tarjoukset oli hyväksyttävä ja nykyisellä sopimuskaudella 2013-2015 kaikki autot ovat käytössä. Mikäli oppilasmäärät kasvaisivat, ei tilaa enää välttämättä löytyisi, minkä vuoksi kaupunki olisi toivonut enemmän tarjouksia, jotta autoja olisi saatu varalle. Nykyinen ratkaisu kuitenkin koettiin paremmaksi vaihtoehdoksi kuin kokopäiväautojen lisääminen ja mahdollinen seisottaminen.

Reititys tehtiin vasta kilpailutuksen jälkeen. Aiemmin käytössä oli ArcLogistics mutta koska reittejä jouduttiin korjaamaan niin paljon jälkikäteen, luovuttiin ohjelmasta. Tällä

hetkellä suunnittelu tehdään käsin Google Mapsia hyödyntäen, minkä vuoksi suunnittelu tehdään koulukohtaisesti eikä reittejä voida juuri yhdistellä, sillä se tekisi suunnittelusta liian monimutkaista. Kuitenkin, mikäli lapsia tulee pitkien matkojen päästä, saatetaan yhdistelymahdollisuuksia nähdä ja hyödyntää. Myös autoilijat voivat kertoa yhdistelymahdollisuuksista ja näitä otetaan huomioon lukuvuosien aikaisessa suunnittelussa. Sopimuksessa on myös varaus suorittaa kuljetuksia kaupungin omilla autoilla mutta tähän mennessä tätä ei ole hyödynnetty.

Tällä hetkellä käytössä on 27 pikkubussia, 36 invataksia ja 78 henkilöautoa. Päivähinnat vaihtelevat autoilla välillä 261,40€ - 328,80€. Lukujärjestysten muuttamista on välillä pohdittu, mutta niiden muuttamisesta aiheutuvia kustannussäästöjä on hyvin vaikea osoittaa, ja koska kuljetusten katsotaan olevan koulujen tukitoiminto, eikä toisin päin, ei tähän ole juuri ryhdytty. Yhtenä vuonna yksi koulu muutti koulun alkamisaikaa 15 minuuttia myöhemmäksi, mikä antoi joustoja kuljetusten suunnitteluun, mutta aiheutti ongelmia bussilla kulkevien oppilaiden osalta, koska joukkoliikenne ei ollut tähän muutokseen mukautunut. Kustannussäästöjä ei myöskään pystytty osoittamaan, joten kokeilusta luovuttiin yhden lukuvuoden jälkeen. Seuraavaksi suunnitelmissa olisi hankkia ReittiGIS-ohjelma reittien optimointiin ja matkojen mittaukseen, eli tarvetta suunnittelutyökalulle Turun kaupungilla edelleen on. Tulevaisuudessa tarkoitus olisi jatkaa kustannusten laskua reittejä optimoimalla.

#### **4.1.2. Nurmijärvi: kuljetusten yhdistelyä**

Nurmijärven esi- ja perusopetuskuljetukset, sosiaali- ja terveystoimen kuljetukset, lukuun ottamatta SHL- ja VPL-matkoja sekä ambulanssikuljetuksia, ja eri toimialojen muut epäsäännölliset kuljetukset on yhdistetty 1.8.2010 alkaen niin paljon kuin se on mahdollista. Maksuttomat kuljetukset järjestetään ensisijaisesti avointa julkista liikennettä käyttäen, eli suositaan vuoroautoja, tilaus- ja ostoliikennettä sekä Kivenkyyti-palveluliikennettä. Lisäksi näitä kuljetusmuotoja pyritään yhdistelemään koulukyyteihin mahdollisuuksien mukaan, joten on mahdollista että lapset käyttävät koulumatkallaan useaa eri kuljetusmuotoa. Kunta pyrkii siihen, etteivät odotusajat nousisi lapsilla kohtuuttomiksi joten tavoitteena on, ettei koululla tarvitsisi odotella yli 20 minuuttia. Auto ei saa saapua yli 10 minuuttia myöhässä pysäkillä, mutta koulukyyti saa ajaa ohi, mikäli lapsi ei ole pysäkillä pysäkkiajan mentyä ohi. (Nurmijärvi 2013a, s. 6-14)

Nurmijärvellä vanhusten päiväkeskuksia on kolme, joihin vanhuksia kuljetetaan. Asiakkaat tarvitsevat erityisavustusta noudossa ja saatossa sekä kuljetuksen aikana ja lisäksi kuljetuksissa voi olla mukana apuvälineitä. Näitä kuljetuksia voidaan yhdistellä muihin kuljetuksiin sillä ehdolla, että matka ei pitene merkittävästi. Kuljettajalta edellytetään avustusta kaikissa matkan vaiheissa, joskus jopa asiakkaan kotiovelle asti. (Nurmijärvi 2013a, s. 11)

Nurmijärvellä on koettu yhdistelyn sujuneen hyvin, sillä reitit ovat vuosien mittaan tulleet tutuiksi joten katujen varsilta on helppo poimia eri ryhmiin kuuluvia matkustajia. Aamuisin kuitenkin pyritään silti kuljettamaan koululaiset ja vanhukset erillään, sillä aikataulu on tiukka ja vanhusten kuljetus hidastaisi toimintaa. Iltapäivällä nämäkin kuljetukset kuitenkin yhdistellään, kun aikataulu on vapaampi. Kuljetuksissa käytetään tällä hetkellä kilometrihinnoittelua ja erilaisia pikkubusseja. (Heilimo 2014)

#### **4.1.3. Hämeenlinna: kuljetusten yhdistelyä ja suunnittelua alueittain**

Vuonna 2014 kilpailutettiin Hämeenlinnassa koulu- ja esikoulukuljetukset, vanhusten päivätoimintakuljetukset sekä kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintakuljetukset yhdessä. Ne oli jaettu kolmeksi eri kohteeksi: ensimmäinen sisälsi kanta-Hämeenlinnan sisäiset kuljetukset, toinen sisälsi Hauhon ja kanta-Hämeenlinnan väliset kuljetukset ja kolmas Kalvolan ja kanta-Hämeenlinnan väliset kuljetukset sekä Kalvolan palvelulinjan.

Kalvolan reitit suunniteltiin tilaajan kanssa tiiviinä konsulttityönä ennen vuoden 2011 kilpailutusta. Varsinaista optimointiohjelmaa ei käytetty mutta Mapinfo ja ReittiGISiä hyödynnettiin. Muut reitit suunnitteli kaksi kaupungin omaa työntekijää. Kahden ensimmäisen kohteen reitit sisältävät 10-20 kuljetettavaa ja niihin kilpailutettiin molempiin 1-2 autoa, joista kanta-Hämeenlinnan kuljetuksiin ei vaadittu pyörätuolin kuljetusmahdollisuutta. Hauhon ja kanta-Hämeenlinnan välisissä kuljetuksissa sitä vaadittiin toiseen kilpailutettavista 1+8 hengen autoista. Kalvolan kuljetuksiin sen sijaan kilpailutettiin viisi 12-18-paikkaista autoa, joista kahteen pienimpään vaadittiin pyörätuolin kuljetusmahdollisuutta. Toinen näistä hoitaisi Kalvolan palvelulinjaa.

Näihin kuljetuksiin sisältyy kaikkia ryhmiä ja liikenteenharjoittajalla on reitityksestä ja aikataulutuksesta päiväkohtainen vastuu, joskin reitit on pääpiirteittäin ennalta määritelty. Tilaaja taas valvoo, että reititys tehdään heidän kannaltaan edullisimmin. Kaluston koko valittiin aiempiin kokemuksiin perustuen. Lisäksi liikennöitsijä sai oikeuden kahdesta aiemmasta kohteesta poiketen ottaa Kalvolan alueella kyytiin itse maksavia matkustajia.

Kilpailutushetkellä Kalvolan kuljetusten kyyditettävien määrä oli: 85 peruskoululaista, 14 esikoululaista, 3 vammaisten päivätoimintalaista ja 25 ikäihmisten päivätoimintalaista, joista päivittäin kuljetetaan 4-6 henkeä. Vaikka kuljetettavia on useisiin erilaisiin kohteisiin, ei aikataulujen kanssa ole juuri ollut ongelmia, sillä kohteiden aikataulut menevät porrastetusti muutenkin yhteen kuljetusten kanssa. Koulut alkavat välillä 8-10 ja päivähoitoon voi joutua viemään lapsia myös aikaisemmin. Esikoulun toiminta-aika on 9-13, ikäihmisten päivätoiminnan 9-14, vammaisten päivätoiminnan 9-15 ja lasten iltapäivätoiminta loppuu kello 15-16 aikoihin. Mikäli joustoa tarvitaan, on vanhusten päivätoiminta perinteisesti joustonut.

Itse maksavilta asiakkailta peritään minimihinta 1,00-3,30 € iästä riippuen. Kaikille viidelle autolle määriteltiin yhteinen päivittäinen takuukilometrimäärä 0-850 km riippuen siitä, mitä kohteita oli auki minäkin päivänä. Kaluston tarjonta on ollut usein niukkaa eikä varsinaista kilpailua ole syntynyt tarjousten vähäisyyden vuoksi, mutta kaupungilla katsotaan, että niukka rehellinen kilpailu on kuitenkin parempaa kuin kyseenalaisin keinoin tehdyt tarjoukset, missä ei ole aikomustakaan noudattaa sovittuja ehtoja. Näitä isompia kokonaisuuksia on tehty myös juurikin kilpailun lisäämiseksi. Kesällä 2014 Rengon kuljetuksien hinta oli 1,00 €/km takuukilometreiltä ja 3,78 €/km lisäkilometreiltä. Keskihinta on kuukausittain asettunut yli kahteen euroon. (Hämeenlinnan joukkoliikenne 2014, Kaartokallio 2014)

#### **4.1.4. Saarijärvi: optimointiohjelman kokeilua**

Saarijärvellä on tehty ryhmäkuljetusten suunnittelua perinteisesti käsin, mutta lukuvuoden 2013-2014 kuljetukset päätettiin kilpailuttaa ProCompin tekemien optimoitujen reittien avulla. Kaupunginhallitus oli tehnyt linjauksen, jonka mukaan säästöjä piti saada aikaan ja tähän pyrittiin pääsemään reittioptimoinnin keinoin. Vuonna 2012 kuljetettavia oppilaita oli yli 400 ja oppilaskuljetusmenot olivat noin 800 000 euroa, joista 68 prosenttia muodostui tilausliikenteestä, ja näihin haettiin 100 000 euron säästöjä (KH § 189). Lisäksi kuljetuksiin pyrittiin yhdistämään Saarikan vammaisten päivätoiminnan kuljetuksia, joiden menot olivat 86 000 euroa.

Optimointivaiheessa todettiin, että kylätaksien käyttö oli jo aiemmin ollut tehokasta ja reitit optimoitiin olemassa oleva kalusto huomioon ottaen siten että yksi sopi 4 hengen taksille, viisi tila-autolle (6-7 henkilöä) ja seitsemän tilataksille (10-12 henkilöä) sekä kolme pikkubussille (14/16 henkilöä). Koska tämä kalusto ei loppujen lopuksi ollutkaan käytössä, reitit optimoitiin uudelleen seuraavasti: kolmelle 6 henkilön autolle, viidelle 10-12 henkilön autolle ja kolmelle 14-16 henkilön pikkubussille. Käytössä olisi ollut myös linja-auto, mutta sille ei löydetty käyttöä.

Suurin muutos aiempaan oli se, että kun ennen autot palvelivat pääasiassa yhtä koulua, ne kulkivat nyt koko kunnan alueella. Tämä aiheutti muutostenhallintaan lisähaasteita, kun autojen sijainti piti selvittää ennen kuin muutoksia pystyttiin tekemään ja koska autot oli optimoitu täyteen, oli ylimääräisten istumapaikkojen löytäminen hankalaa. Kuljetettavien kannalta suurin ero aiempaan oli se, että kävelymatkaa kasvatettiin ja oppilaita haettiin yhteisiltä noutopaikoilta. Jo optimoinnin alkuvaiheessa luovuttiin koulukuljetusten ja vammaisten päivätoiminnan kuljetusten yhdistelystä aikataulutuksen vuoksi ja päädyttiin hoitamaan vanhusten ja kehitysvammaisten kuljetukset koulukuljetusten jälkeen kuten aiemminkin oli tehty.

Jotkin epäselvyydet optimoitsijan kanssa toivat tarvetta muutoksiin optimoinnin jälkeen. Optimoitsija ei ollut laskenut odotusaikaa mukaan lakisääteiseen koulumatkan enimmäiskeston, minkä vuoksi jouduttiin lisäämään pari reittiä. Vanhusten päiväkeskuskuljetuksiin oli optimoitu liian korkeat autot, joihin he eivät pystyneet

nousemaan, vaikka toimintakykykuvaukset oli annettu. Kun muutoksia oli lukuvuoden alussa tehty runsaasti, eivät optimoitsijan antamat aikataulut pitäneet enää paikkaansa ja niiden päivittäminen jäi liikennöitsijöiden vastuulle. Kaikki eivät päivittäneet aikatauluja kunnolla, mikä vaikeutti muutosten tekemistä läpi vuoden. Suurimmat ongelmat saatiin kuitenkin selvitettyä syyskuun loppuun mennessä.

Kesäaika ja nopealla aikataululla tehty muutos koulukuljetusprosessiin oli suuri tekijä ongelmien muodostumisessa, sillä uudet reitit saatiin kouluille tietoon vasta elokuun alussa ja kesäloma vaikeutti tiedottamista. Liian myöhään huomattiin myös se, että optimoitsija oli sijoittanut noutopaikat väärin. Optimoinnilla voitiin katsoa kuljetusten tehostuneen jonkin verran: kilometrejä säästy ja autojen kapasiteetti oli paremmin käytössä. Lopullisia kustannussäästöjä oli hankala arvioida, sillä ylityöt, reittimuutokset ja -lisäykset sekä kaluston vaihtamiset toivat lisäkustannuksia aiempaan verrattuna. Kuljetussihteerin arvion mukaan koulukuljetusten ostoliikenteessä yleisen kustannustason ja kilometrihintojen nousu huomioon ottaen voidaan katsoa säästetyn noin 30 000 euroa, mutta summan oikeellisuutta ei voida todeta. Päivätoiminnan kuljetuksissa kustannusten nousua oli jonkin verran johtuen reitityksen joustamattomuudesta aiempaan verrattuna.

Optimointia ei päätetty jatkaa näillä näkymin vaan lukuvuoden 2014-2015 kuljetukset pyritään rakentamaan optimoiduista reiteistä joustavampaan suuntaan. Koska päivätoiminnan kuljetukset liittyvät olemassa oleviin hankintasopimuksiin, täytyy ne kuitenkin ottaa huomioon koulukuljetuksia suunniteltaessa ja tästä syystä suunnitelmissa on tehdä enemmän yhteistyötä eri yksiköiden välillä, jotta yhdistely onnistuu tulevaisuudessa. Kokemuksesta opittiin myös se, että tiedotus tulee aloittaa aikaisemmin kuin kesällä, mikäli muutokset astuvat voimaan lukuvuoden alussa. Harkinnassa on aloittaa muutokset tulevaisuudessa kalenterivuoden alussa jotta vastaavilta ongelmilta vältyttäisiin. (Myllylä 2014)

#### **4.1.5. Helsinki: kuljetusyritys suunnittelee**

Helsingin kouluissa erityiskuljetettavia oppilaita oli 20.9.2013 yhteensä 1031 ja heitä kuljetettiin noin 75 eri kouluun. Heidän koulupäivänsä alkoivat kello kahdeksan ja kymmenen välillä päättyivät normaalisti kello yhdentoista ja kolmen välillä. Normaali toiminta-aika päivähoidossa ja esikoulussa oli välillä 6.15-17.30 mutta kuljetusta tarvitsevilla erityislapsilla tämä oli 7.30-17.00. Iltapäivätoiminnassa erityiskuljetettavia oli 433 yhteensä noin 50 eri koulusta ja heistä 50 oppilaalla päivä päättyi viimeisenä mahdollisena ajankohtana eli kello 17.00. Loppuilla toiminta päättyi kello 16.00.

Kuljetukset pyrittiin aikatauluttamaan siten, että reitit ajetaan iltapäivällä ainoastaan kerran yhtä ryhmää kohti. Kuljetuspalveluilta odotetaan, että he järjestävät reitille perehdytetyn vakiokuljettajan. Kuljetuspalvelun palvelukuvauksessa myös mainitaan, että kuljetusten suunnittelussa tulee huomioida lasten sijoitus kyyteihin siten etteivät aggressiivisesti käyttäytyvät oppilaat pääse aiheuttamaan vahinkoa tai pelkotiloja muille

oppilaille (Kuljetuspalvelun palvelukuvaus 2014). Tämä on otettu myös Tampereella suunnittelussa huomioon, joskin sitä ei ole palvelukuvaukseen kirjattu.

Jussi Kuha Helsingin opetusvirastosta sanoo, että Helsingin koulukuljetukset järjestetään siten, että kilpailutetaan tietyt alueet ilman erillistä optimointia. Kaupungilla itsellään ei ole omaa kalustoa vaan kaikki autot ovat kilpailutettuja. Tarjouskilpailun voittanut kuljetusyhtiö reitittää alueen itse eikä opetusvirasto puutu tähän sen tarkemmin. Ainoastaan erityislasten kohdalla voidaan käyttää yksittäisiä kuljetuksia mutta pääasiassa kuljetukset pyritään tekemään noin 20-paikkaisilla minibusseilla, invataksilla ja tila-autoilla. Palveluliikennettä kuljetuksissa ei ole hyödynnetty. Myöskään kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintakuljetusten tai vanhusten päiväkeskuskuljetusten yhdistämisestä koulukuljetuksiin ei ole ollut puhetta vaan kaikki virastot toimivat erillään toisistaan. Lukujärjestyksien yhdistämistä ei ole harkittu, sillä alueella on niin monta koulua että hajontaa katsotaan olevan riittävästi.

Helsingin kaupungilla ei ole ollut ongelmia tarjousten saamisessa vaan he ovat olleet tyytyväisiä kilpailun määrään. Tällä hetkellä käytössä on kahdeksan eri kuljetusyrittästä, joskin syksyllä 2015 määrä tippuu luultavammin seitsemään. Hinnoitteluperusteena käytetään päivähintaa, joka sisältää kaksi kuljetusta. Suuria paineita ei kustannusten alentamiseen ole lähivuosina ollut vaan kilpailutus on noudattanut suunnilleen samaa kaavaa (Kuha 2014). Arvonlisäverottomat hinnat päivältä oppilasta kohden olivat noin 20-30€ ja ne sisälsivät kaksi matkaa yhteistaksikuljetuksessa. Invakuljetuksen vastaava hinta oli lähes 90€.

#### **4.1.6. Keski-Savo: kuntien keskitetty kilpailutus ja kuljetussuunnittelu**

Keski-Savon uusi yhteinen logistiikkayksikkö perustettiin hoitamaan yhteisesti viiden eri kunnan kuljetusten järjestämistä: isäntäkaupunki Varkaus, Pieksämäki, Leppävirta, Joroinen ja Heinävesi (Varkaus 2014). Yksikön tavoitteet ovat valtionhallinnon mukaisia: kustannusten kasvun hillintä ja samalla palvelutason nosto julkisesti rahoitetuissa henkilökuljetuksissa. Liikenneviraston vuonna 2012 julkaisemassa selvityksessä kerrotaan kuljetusten koordinoinnista näiden kuntien alueella ennen toimintojen yhdistämistä sekä luonnostellaan uusi toimintatapa toimintojen tehostamiseksi.

Keski-Savon kuntien yhteenlaskettu henkilökuljetusbudjetti oli yli 5 miljoonaa euroa ja siihen sisältyivät joukkoliikenne, oppilaskuljetukset ja sosiaalitoimen kuljetukset. Kustannukset olivat nousseet kasvavalla tahdilla aikaisempina vuosina, 7 prosenttia vuosina 2003-2007 ja jo lähes 20 prosenttia vuosina 2007-2010. Kuten muissa Suomen kunnissa, valtion rahoitus ei myöskään tällä alueella ollut kasvanut. Kustannuksia on myös kasvattanut perinteinen haja-asutusalueiden ongelma: avoimen joukkoliikenteen vähentäminen alueella. Samalla kalliiden erilliskuljetusten osuus on kasvanut, sillä lakisääteiset henkilökuljetukset on kuntien joka tapauksessa tuotettava. Neljässä



vuodessa kuljetettavien oppilaiden määrä oli kasvanut 15 prosenttia ja vammaispalvelulain mukaisten kuljetusoikeuksien määrä 5 prosenttia. Näiden kuljetusten yhdistelymahdollisuuksia ei kuitenkaan oltu vielä selvitetty.

Alueen kunnista ainoastaan Pieksämäellä oli kokoaikainen ja Joroisissa osa-aikainen liikennesuunnittelija. Muissa kunnissa tehtävät oli jakautettu hajanaisesti eri hallintokuntien, niiden sihteerien, sosiaalityöntekijöiden, johtajien ja kanslistien kesken. Tämän vuoksi kuljetusten kokonaisvaltainen suunnittelu ei ollut mahdollista. Lisäksi resurssipula vaivasi usein eri osapuolia eikä aikaa kuljetusten tehostamissuunnitteluun jäänyt. Uuden keskitetyn suunnittelun tavoitteena oli rakentaa tehokas seurantajärjestelmä, jossa pystytään seuraamaan suunnittelua ja kustannuksia. Tavoitteena oli siten kilpailun lisääminen, palvelutason säätäminen sopivaksi, avoimen joukkoliikenteen tehokkaampi hyödyntäminen, matkojen yhdistely, työmäärän oikeudenmukainen jako ja näiden kaikkien yhteisvaikutuksena kustannusten kasvun hillitseminen ja samalla mahdollisesti kustannussäästöjen aikaansaaminen.

Keski-Savon hankinta- ja logistiikkapäällikkö Taru Hynninen kertoo, että projekti on viivästynyt muutamalla vuodella alusta suunnitellusta, sillä esimerkiksi optimointiohjelmaa ei ole vielä päästy hyödyntämään ajan ja resurssipulan vuoksi sekä myöskään tavaraliikennettä ei vielä olla saatu kokonaisuuteen mukaan. Kyseessä on vielä usean vuoden mutkikas prosessi. Tällä hetkellä pyritään kilpailuttamaan isoja kokonaisuuksia kerralla, joissa on mukana eri sosiaalipuolen kuljetuksia. Kun kilpailutus on keskitetty usean kunnan kesken, onkin päästy jo säästöihin. Myös päivittäisten sopimusteknisten asioiden hoito on vähentänyt resurssien kulutusta sosiaalipuolella.

Itse reittisuunnittelua tekevät silti edelleen sihteerit ja valmiit reitit katsotaan yhdessä logistiikkakeskuksen kanssa, josko niissä voisi hyödyntää avointa joukkoliikennettä paremmin. Lisäksi joukkoliikennettä yritetään suunnitella paremmin koulujen kanssa yhteen sopivaksi. Suurin haaste onkin ollut reittien suunnittelussa sekä oikeanlaisen kaluston valinnassa. Tällä hetkellä epäillään, ettei kapasiteetti ole vielä tarpeeksi tehokkaassa käytössä juuri suunnittelun mutkikkuuden vuoksi.

Kilpailutuksessa tarjonta on ollut hyvää ainakin tällä ensimmäisellä kerralla, kun isoja kokonaisuuksia on kilpailutettu yhdessä. Matalalattiakalustoa sekä muuta esteettömämpää kalustoa on ollut tarjolla riittävästi ja kuntien keskitetty kilpailutus onkin mahdollistanut tällaisen kalliimman kaluston edullisemmän käytön. Varsinaisia ongelmia ei eri käyttäjäryhmien kuljetusten yhdistämisestä ole ollut, mutta aamuisin koulukuljetukset pyritään esimerkiksi sulkemaan muilta käyttäjiltä. Palveluliikennettä on myös hyödynnetty aamuisin koulukuljetuksissa sekä vammaisten työ- ja päivätoiminnan kuljetuksissa. (Hynninen 2014)

#### **4.1.7. Vaasa: oman kaluston käyttö**

Vaasan kaupungin kuljetustoimisto hoitaa itse kolme neljäsosaa erityislasten koulukuljetuksista. Kaikki erikoiskalustoa vaativat sekä sosiaaliviraston kuljetukset on kuitenkin kilpailutettu. Logistiikkapäällikkö Jouni Vuorenmaa toteaa, että kaupungin lyhyiden etäisyyksien vuoksi optimaalisin kalustokoko heillä on 1+16-paikkaiset pikkubussit, mikäli 1+8-paikkaisen ajoneuvon palveluaika ei ole kaksi kertaa pikkubussia nopeampi. Yksikkökustannuksiltaan he ovat todenneet pikkubussin olevan edullisin vaihtoehto, sillä sen hankinta- ja käyttökustannukset ovat samat kuin puolet pienemmällä ajoneuvolla. Toisaalta he kokevat, että pienemmällä kalustolla olisi suunnittelu tehokkaampaa lyhyempien reittien osalta. Tällöin kuitenkin lisääntyvä henkilökunta vaatisi myös lisää varallaolohenkilöstöä, mikä kasvattaisi työvoimakustannuksia.

### **4.2. Esimerkkejä ryhmäkuljetusten järjestämisestä ulkomailta**

#### **4.2.1. Lindenwold, New Jersey**

New Jerseyyn arvioidaan käyttävän enemmän rahaa koulukuljetuksiin kuin mikään muu Yhdysvaltain osavaltio. Tämän vuoksi Delaware Valleyn alueellinen suunnittelutoimikunta (DVRPC) tutki Camden Countyn koulukuljetusten tehokkuutta ja keskittyi Lindenwoldin kunnan kuljetuksiin. Lindenwoldissa on 2500 oppilasta ja heidän koulujensa kokonaisbudjetti oli lukuvuonna 2004-2005 23 miljoonaa euroa, mistä 1,2 miljoonaa oli osoitettu kuljetuksiin (Pilot Study 2007, s. 1). Tämä ei kuitenkaan kerro koko totuutta vaan myös koululaitoksen kokonaisbudjetista käytetään rahaa koulukuljetuksiin, mikä on pois opetuksen rahoituksesta.

Lindenwoldilla on ollut paineita laskea kustannuksia, mutta samalla kuljetusten vähentämisen on katsottu voivan tuoda mukanaan uusia ongelmia. Osan koulumatkoista saattoi katsoa kävelyn kannalta vaaralliseksi ja lisäksi koulukuljetusten poistaminen voisi lisätä henkilöautoliikennettä ruuhka-aikoihin. Tutkimusta tehdessä havaittiin, että reitit oli jo optimoitu hyvinkin tehokkaasti ja varsinaiset syyt korkeille kustannuksille olivat lähinnä säädöksissä. New Jerseyyn lain mukaan luokkien 1-8 oppilaat saavat ilmaisen kuljetuksen mikäli koulumatka on yli 3 kilometriä pitkä ja luokkien 9-12 silloin kun matka ylittää 3,8 kilometriä. Maksimissaan matkan pituus voi olla 20 kilometriä. Monet oppilaat matkustavat 7-15 kilometriä päivän aikana ja matkat voivat kestää yli tunnin kun oppilaita poimitaan useiden koulujen alueilta.

Joko koulut tai koulujen palveluita hoitava komissio (ESC) kilpailuttavat koulubussien reitit ja ne tulee suunnitella ennen kilpailutusta siten että pysäkkien ja niiltä nousevien oppilaiden lukumäärä on tiedossa. Camden Countyn suunnittelukomissio sai aikaan edullisempia reittejä kuin Lindenwold yksistään, sillä Camden County pystyi

yhdistelemään reiteille oppilaita useiden koulujen alueilta. Camden Countyn alueen koulujen reittikohtaiset hinnat vaihtelivat suuresti. Lindenwoldin tiiviimpään rakennetulla alueella hinnat olivat 29-43 euroa reitiltä kun taas kaukaisemmalla Stratfordin alueella hinnat vaihtelivat välillä 74-202 euroa. Taulukosta 5 nähdään Lindenwoldin oppilasmäärät ja vuosittaiset kuljetuskustannukset.

Lindenwold arvioi, että erityisopetuksen kuljetuskustannukset vievät puolet vuosittaisesta oppilaskuljetusbudjetista ja alan ihmisten haastattelujen perusteella voidaan todeta tilanteen olevan hyvin tyypillinen. New Jerseyssä erityisopetus on keskitettyä ja siten oppilaat kulkevat muutamaan isoon oppilaitokseen, mikä tekee suunnittelusta tehokasta mutta nostaa kuljetuskustannuksia pitkien matkojen vuoksi.

**Taulukko 5. Lindenwoldin vuosittaiset koulukuljetuskustannukset.**

Tyyppi	Oppilaita	Oppilaita/bussi	Hinta/oppilas/vuosi
Julkinen perusopetus	1390	41	178€
<u>Yksityinen</u>			
Koulubussi	86	33	526€
Avustus	96	ei tietoa	699€
Ammattikoulu	66	36	492€
<u>Erityisopetus</u>			
Koulubussi	63	7	2093€
Erityiskuljetus	83	6	5517€

Kulkuvälineiden käyttöaste lasketaan bussien ajamien reittien ja kyydissä olevien oppilaiden perusteella. Jotta saavutettaisiin 200 prosentin käyttöaste, tulee bussin esimerkiksi kulkea kaksi reittiä täydellä kapasiteetilla tai neljä reittiä puolella kapasiteetilla. Camden Countyssa standardi on 120 prosenttia mutta vain kaksi kolmasosaa kouluista saavutti tämän. Lindenwoldissa käyttöaste oli 162.

Middlesex Countyssa ja Somerset Countyssa on käytössä vanhempien maksuhalukkuuteen perustuva tilauskäytäntö. Busseihin jätetään tyhjiä paikkoja ilmaisten koulukuljetuspaikkojen lisäksi ja kesän alussa koulut lähettävät vanhemmille kirjeen, jossa ilmoitetaan että heidän lapsensa ei täytä ilmaisen koulukuljetuksen perusteita mutta heillä on mahdollisuus maksulliseen kuljetukseen, mikäli he vastaavat 45 päivän kuluessa ja valitsevat pysäkkinsä sijainnin. Paikat täytetään ilmoittautumisjärjestyksessä.

Maksullista käytäntöä suunnitellessa tulee aluksi päättää mikä on ohjelman ulottuvuus: jätetäänkö vain tyhjiä paikkoja vai lisätäänkö myös reittejä ja luotetaan, että paikat tulevat täytettyä? Yleensä kannattaa alkaa pelkistä tyhjistä lisäpaikoista, jotta saadaan käsitys vanhempien maksuhalukkuudesta, vaikka onkin mahdollista että paikat täyttyvät liian nopeasti. Piscataway Townshipissa tämä maksu on 240 euroa lapselta ja koulu arvioi uusien bussireittien kustantavan 540-630 euroa istuinpaikkaa kohden. Basking Ridgessä, jossa kustannuksiksi arvioidaan 700 euroa, on maksu 384 euroa lasta kohden.

Koulujen tulee päättää maksu sen perusteella, mitä vanhemmat ovat valmiita maksamaan sekä se, että veloitetaanko koko summa vanhemmilta vai haetaanko tukea julkiselta taholta. Myös maksukäytännöt tulee päättää: maksetaanko summa kerralla vai osissa? Vanhemmilla voi olla vaikeuksia maksaa koko summa kerralla, varsinkin jos perheessä on useampi lapsi, mutta koululle voi osamaksu tuottaa ongelmia, sillä maksuliikennettä pitää seurata ja maksamatta jättäminen johtaa koulukuljetuksen eväämiseen lapselta, mikä esimerkiksi Suomessa aiheuttaisi ristiriidan lapsen oppivelvollisuuden kannalta.

Suurin osa kouluista on ulkoistanut kuljetustoiminnot mutta Camden Countysta löytyy myös esimerkkejä tehokkaasta sisäisestä kuljetustoiminnasta. Mendham Township ja Medford Township ovat saavuttaneet 311 ja 178 prosentin käyttöasteen busseilleen ja heidän menestykseensä on kolme syytä: he panostavat laatuun ennemmin kuin kustannuksiin, ulkoistavat huoltotoimintoja valikoivasti ja heillä on korkea kannuste kuljetusten yhdistelyyn muiden koulujen kanssa, sillä he hoitavat toimintoja itse. Kuljetuskustannukset ovat marginaaliset sen jälkeen, kun oppilaat on noudettu ja viety kohteisiin ja siksi he voivat saavuttaa lisätuloja hoitamalla muita kuljetuksia näiden jälkeen. Koska he päättävät itse siitä kenet he palkkaavat, he voivat maksaa korkeampia palkkoja ja siten saavat motivoitunutta henkilöstöä. Näin myös vakinainen henkilöstö oppii tuntemaan paremmin kuljetettavien oppilaiden erityistarpeet, mikä on oleellista kuljetusten sujuvuuden kannalta. Sujuvat toiminnot tulevat lopulta edullisemmiksi. (Pilot study 2007, s. 1-35)

#### **4.2.2. Charlotte-Mecklenburg**

Pohjois-Carolinassa Charlotte-Mecklenburgin koulut (CMS) olivat vuonna 2010 sijalla 9 kun vertailtiin Yhdysvaltain sataa suurinta koulubussien operoijaa. CMS on todennut, että kilpailutus ei heillä tulisi edullisemmaksi, joten he omistavat koko kaluston. Lukuvuonna 2009-2010 yhteensä 1155 koulubussia kuljetti 84 000 oppilasta Mecklenburg Countyn alueella 30 miljoonaa kilometriä. Toisin kuin Suomessa, CMS tarkistaa vuosittain koulujen alkamisajat ja arvioi niihin mahdollisesti tarvittavia muutoksia koulukuljetusten kannalta. Alkamisajoissa on aamulla kahden tunnin haitari välillä 7.15-9.15 ja iltapäivällä 2,5 tunnin haitari välillä 13.45-16.15. Tulevaisuudessa näitä saatetaan harventaa entisestään, jotta kalustoa voidaan käyttää tarpeeksi tehokkaasti ja budjetti saadaan siten tasoitettua. Nämä aikavälit ovat osavaltion suurimmat ja mahdollistavat bussien tehokkaan käytön. Mitä enemmän busseja kulkee reitillä, sitä tehokkaammin niiden kapasiteetti saadaan hyödynnettyä. Syksyllä 2009 reittiä kohti ajettiin 5 matkaa kun koko maassa koulujen keskiarvo oli 4. (CMS 2010, s. 10, 14)

#### **4.2.3. Tulsa**

Vuonna 1986 Robert A. Russell ja Reece B. Morrel julkaisivat tutkimuksen Tulsan julkisen koulusektorin erityislasten kuljetuksista. Keväällä 1985 kuljetettiin noin 700

lasta 35 eri reitillä. Prosessi muistuttaa hyvin paljon Tampereen nykyistä suunnittelutapaa, sillä myös Tulsassa yksi koulukuljetuksiin perehtynyt henkilö suunnitteli reitit käsin kaksi viikkoa ennen koulujen alkua ja muokkasi niitä tarpeen mukaan lukuvuoden kuluessa.

Reittejä kokeiltiin optimoida ensin käyttämällä kahta muokattua algoritmia. Clarke-Wright-säästöalgoritmi sopii hyvin suuren skaalan tapauksiin. Siinä yhdistettiin piste kerrallaan kaksi olemassa olevaa bussireittiä sillä oletuksella, että kumpaakin reittiä palvelevat eri ajoneuvot ja että päätepiste ei ole ajoneuvon sijaintipaikka. Tarkoituksena oli luoda kompakteja reittejä, joilla oli mahdollisimman vähän kouluja, jotta aika ja reitin pituus saatiin minimoitua. Kun reitit oli muodostettu kiinteänä kokonaisuutena, voitiin niitä sen jälkeen muokata siten, että koulujen järjestys reitillä muutettiin sopivammaksi. Lopuksi käytettiin vielä kauppatmatkajan ongelman muokattua 3-approksimaatioalgoritmiä ja muokattiin oppilaiden ja koulujen sijaintia edelleen optimaalisen reitin aikaansaamiseksi. M-TOUR-algoritmi paransi olemassa olevaa reittiä siten, että se muodosti linkejä reitillä olevien ja sen ulkopuolella sijaitsevien pisteiden välillä ja vaihtoi niitä keskenään niin kauan kunnes optimaalinen ratkaisu oli saavutettu. Se on hyvin tehokas ja myös joustava algoritmi, sillä se pystyy ottamaan huomioon myös useita sivutekijöitä.

Tulsan koulukuljetuksista päättävät henkilöt halusivat kaikkein vaikeimmin vammaisille oppilaille lyhyempiä reittejä, ja mikäli tulokset olisivat lupaavia, oli nämä tarkoitus ottaa käyttöön kaikilla erityislapsilla seuraavana vuonna. Suurin yksittäinen muutos oli se, että otettiin käyttöön sukkulabussit, jotta saatiin lyhennettyä matka-aikoja sekä päätepuoleiden, eli reittikohtaisten koulujen määrää. Kun ensimmäiselle koululle saavuttiin, poistettiin kyydistä sinne matkalla olleet oppilaat ja loput sijoitettiin eri busseihin bussien seuraavan määrän mukaan. Mikään bussi ei kulkenut useampaan kuin kahteen kouluun. Näin pystyttiin luomaan kompakteja reittejä, kun ei tarvinnut sijoittaa oppilaita busseihin määrän mukaan. Haasteita tuotti aikataulutus, sillä bussit olivat hyvin riippuvaisia toistensa lähtö- ja saapumisajoista. Tutkimuksessa luotiin 140 vaikeavammaiselle oppilaalle reitit 9 eri bussilla käyttämällä sukkulabusseja, sillä johto piti tätä parhaimpana ehdotuksena.

Suunnittelutyössä lähdettiin siitä, että ensin jätettiin täysin huomioimatta mihin kouluun oppilaat olivat matkalla. Matkan ensimmäiseltä koululta eli sukkulapysäkillä tuli sen jälkeen ohjata bussit toiseen eli reitin viimeiseen kouluun. Tällä pysähtymispaikalla monet oppilaat tuli myös sijoittaa eri busseihin, minkä voi suunnitella manuaalisesti aina lukuvuoden alussa. Sukkulabussijärjestelmä ei siis itsessään anna suorita ratkaisuja vaan on lähinnä päätöksenteon tukena. Sillä saatiin kuitenkin tehokas ratkaisu haastavaan ongelmaan. Tällä 140 oppilaan ja 9 bussin ongelmalla saavutettiin lopulta 12,4 prosenttia lyhyempi ajoreitti. Kun kaikki kuljettajien palautteen perusteella tehdyt korjaukset oli tehty, oli lopullinen vähentymä 10,9 prosenttia. Tästä laskettuna vuodessa ajetuista 1,2 miljoonasta kilometristä olisi mahdollista vähentää 120 000 kilometriä, mikä toi noin 47 000 euron säästöt nykyvaluuttaan muutettuna.

Tutkimuksen aikana havaittiin myös, että suunnittelumetodien esittely ja tulokset auttoivat myös reittisuunnittelijaa luomaan käsin tehokkaampia reittejä aiempaan verrattuna. Todettiin, että tulevaisuudessa sukkulabussijärjestelmän avulla voitaisiin tarkistaa tietokoneavusteisia reittejä, jotka ovat liian pitkiä ajan tai matkan suhteen ja katsoa, voisiko sukkulabusseilla saada tehokkaampi ratkaisu aikaan.

Nykyään Tulsa käyttää Versatrans-suunnitteluohjelmistoa koulukuljetusten suunnitteluun (Vann-Jackson 2014). Tämä ohjelma ottaa reittisuunnittelussa huomioon myös monia muita suunnittelun yksityiskohtia lisäosiensa avulla. Pysäkit voidaan sijoittaa turvallisiksi todettuihin paikkoihin ja jopa bussissa tapahtuneet kiusaamistapaukset voidaan kirjata järjestelmään. Lisäksi on olemassa mobiilisovellus, jolla voidaan seurata bussien liikkumista. (Tyler Technologies 2014)

#### **4.2.4. Lontoo**

Yhdistyneen kuningaskunnan opetusministeriö julkaisi vuonna 2006 raportin, jossa on suositukset koulukuljetusten ostoprosessia varten. Siinä myös kerrotaan nousseista kuljetuskustannuksista Lontoon alueella ja tutustutaan neljän eri koulun käytäntöihin erityisoppilaiden osalta. Lukuvuonna 2005-2006 Lontoon erityislasten koulukuljetukset kouluissa Turney, Charlton, Stormont House ja Blanche Nevile kustansivat 50-214 euroa yhtä oppilaskuljetusta kohden kaupunginosasta riippuen. Mediaani asettui välille 130-145 euroa. Kasvua viiden vuoden takaisiin lukuihin oli 20 prosenttia ja kasvu vaikutti jatkuvan edelleen.

Stormont Housessa oli käytössä ohjelma, joka kannusti erityislapsia itsenäiseen kulkemiseen. Erilliskuljetukset järjestettiin lukuvuonna 2005-2006 yhteensä 42 oppilaalle mutta 61 oppilasta kulki itsenäisesti. Apuopettaja toimi matkakoordinaattorina ja suunnitteli jokaiselle ohjelmaan liittyvälle oppilaalle yksilöllisen matkasuunnitelman. Sitten hän kulki oppilaan mukana ja laittoi merkille matkan varrella olevia kiintopisteitä kunnes oppilas tunsu olevansa valmis kulkemaan matkan ilman avustajaa. Tämän jälkeen asiasta keskusteltiin vanhempien kanssa ja heille annetaan myös mahdollisuus tutustua reittiin. Itsenäinen kulkeminen huolestutti usein aluksi vanhempia, joten heidän tuli olla mukana suunnitteluprosessissa. Koulu kuitenkin katsoi, että itsenäisellä kulkemisella oli myönteinen vaikutus oppilaiden itseluottamukseen ja he kokivat vahvan onnistumisen tunteen selvittyään matkasta omin avuin. Ohjelmaan liittyi myös täysi joustavuus ja esimerkiksi yksi oppilas teki päivittäin päätöksen siitä, pystyikö kulkemaan matkan itse kyseisenä päivänä. On arvioitu, että tämä ohjelma toi kunnalle vuodessa 500 000-640 000 euron säästön.

Newham otti käyttöön ”kävelyjunat” näkörajoitteisille oppilaille. Kuntoutusasiantuntija valvoi käytäntöä ja seurasi, että turvallisuusseikat otettiin huomioon. Tämän käytännön todettiin myöskin tuovan säästöjä kunnille.

Kaluston oston kannalta opetusministeriö katsoi, että paras vastine saadaan sopimuksista, jotka pilkotaan eri osa-alueisiin ja tehdään viideksi vuodeksi kerrallaan. Suurin osa kunnista omisti itse isoja busseja ja lisäksi osti minibusseja ja takseja. Tämän yhdistelmän katsottiin tuovan mahdollisimman alhaiset kustannukset ja silti tarpeeksi joustoa. Turneyn oppilaat kulkivat kokonaan ulkoistetuissa autoissa kun taas Charltonissa melkein kaikki kulkivat kunnan omissa autoissa. Blanche Nevilessä omien kuljetusten osuus oli 39 prosenttia ja Stormont Housessa 62 prosenttia.

Tower Hamlets on yksi harvoista kunnista, joissa kuljetuskustannukset oppilasta kohden ovat laskeneet ja se on ollut tarkan suunnittelun ansiota. Käytössä on sekä omaa että ostettua kalustoa ja sopimukseen on kirjattu inflaatiokerroin, joka vastaa kuljetusten inflaatiota. Tuottajan kanssa pidetään tiiviisti palavereita ja tutkitaan olemassa olevia reittejä sekä kehittymahdollisuuksia. Keskusteluissa on tehty selväksi maksimibudjetti ja suunnittelu tehdään annetuissa rajoissa. Näillä keinoilla kuljetuskustannukset ovat kasvaneet vain 3 prosenttia vuodessa, ja lisäksi kalusto koostuu ainoastaan uusista autoista. Esteettömiä kuljetusvälineitä käytetään aamuisin erityislasten koulukuljetuksiin ja päivällä sosiaalipuolen kuljetuksiin. (London Councils 2006)

### **4.3. Päätelmät**

Aiemmissä esimerkeissä nousi esille suurten kokonaisuuksien kilpailutus. Tämä vaikuttaisi tulevan Suomessa edulliseksi, kun saadaan yhdistettyä useita reittejä isojen autojen käyttöön. Näin saadaan edullisempia tarjouksia sekä mahdollisuus myös esteettömän kaluston edullisempaan käyttöön. Samalla olisi hyvä yhdistellä eri käyttäjäryhmät, sillä koulujen, kehitysvammaisten työtoiminnan ja vanhusten päiväkeskusten aloitusajat voivat alkaa jo valmiiksi porrastetusti ja näin saadaan helpommin optimoitua kalustoa käyttöön sopivalle aikavälille sen sijaan, että kierrettäisiin aina erikseen keräämässä yhtä ryhmää pitkällä aikavälillä. Mitä enemmän kuljetettavia alueella on, sitä oleellisemmaksi tulevat aikojen porrastukset. Pienemmissä harvaan asutuissa kunnissa kannattaisi harkita kilpailutusta usean kunnan alueella, mikäli yhdessä kunnassa ei ole mahdollisuutta tehdä niin kattavia kokonaisuuksia, että yritykset pystyisivät tekemään kohtuuhintaisia tarjouksia.

Optimointiohjelman tarve on ilmennyt useassa tapauksessa, sillä käsin suunnitella on usean auton kokonaisuuksia hankala hallita. Optimoinnin aloittamisessa on silti omat haasteensa ja siihen ei kannattaisikaan ryhtyä kovin kiireellisellä aikataululla, sillä tiedotus vie oman aikansa ja reitteihin tehtävät korjaukset voivat aiheuttaa paljon lisätyötä, mikäli reititykseen ei ole jätetty minkäänlaista joustoa tai muutosvaraa. Silti huolellisesti tehtynä voi tietokoneavusteinen reititys saada aikaan kilometrisäästöjä ainakin isoimmissa kunnissa.

Hyvältä vaikuttaisi myös toimintojen keskitys siten, että tietyille henkilöille annettaisiin aikaa tutustua suunnitteluohjelmistoon. Ajan puute vaikuttaa olevan tällä hetkellä suuri este optimoinnin aloittamiselle, sillä uuden ohjelman käyttöönotto vie aina oman

aikansa. Pitää myös selvittää, että ohjelma sopii kunnan tarpeisiin ja kaikki lainsäädännölliset seikat saadaan sillä otettua huomioon. Koska tässä työssä on lähinnä pyritty selvittämään kilpailutukseen liittyviä seikkoja, ei ole ehditty tutustua sellaiseen malliin, että kunta itse omistaisi käytössä olevan kaluston. Muutamassa tapauksessa on kuitenkin tullut esille, että kilpailutus ei välttämättä olisikaan edullisin mahdollinen vaihtoehto joten oman kaluston käyttöä ei tulisi aivan heti sulkea pois.

Tampereelle näistä esimerkeistä kannattaisi soveltaa kuljetusten yhdistelyä, sillä kuljetettavia on useita satoja ja näin päästäisiin optimaalisempiin tuloksiin. Lisäksi useat koulut alkavat kahdeksalta kun taas kehitysvammaisten ja vanhusten kohteet aukeavat pääasiassa yhdeksän mutta myös kymmenen aikaan. Näin olisi mahdollista saada autoille pidempiä reittejä paremmalla kapasiteetilla ja vähemmällä kalustolla. Lisäksi optimointiohjelma olisi hyvä saada käyttöön, sillä näin ison kuljetuskokonaisuuden suunnittelu käsin vie aikaa eikä välttämättä tuota optimaalisia tuloksia. Asiaan tulisi kuitenkin perehtyä ensin huolella ja muutokset kannattaisi sijoittaa vuodenvaihteeseen, jolloin tiedottaminen helpottuisi myös kesäaikaan verrattuna. Kuljetettavia voisi valmistaa tilanteeseen koko syksyn ajan ja näin ehkäistä muutoksista mahdollisesti aiheutuvia ongelmia.



## 5. TAMPEREEN LOGISTIIKAN RYHMÄKULJETUSTEN OPTIMOINTI

### 5.1. Tehtävänanto

Tehtävänä oli selvittää, onko Tampereen ryhmäkuljetusten yhdistely mahdollista, ja millaisilla parametreilla kannattaisi optimointia tehdä, jotta saavutettaisiin parhaat mahdolliset tulokset. Parametreja valittaessa piti kiinnittää huomiota kaupunkirakenteeseen. Suomessa on vain muutamia kaupunkeja, joissa pätevät suunnilleen samat suunnitteluperiaatteet kuin Tampereella, sillä suurin osa kunnista on pienempiä ja harvaan asuttuja. Lisäksi pienissä kunnissa kuljetetaan myös muita kuin erityisoppilaita. Toiveena oli, että optimointia tehtäessä hyödynnettäisiin aiemmin esille tulleita seikkoja, jotka vaikuttavat tämän kokoisen kaupungin kuljetussuunnitteluperiaatteisiin sekä sopisivat Tampereen Logistiikan tilaajanäkökulmaan. Sitten tätä tietoa hyödynnettäisiin kun lähdetään tekemään optimointeja erilaisilla kalustoilla ja reitityspäätteillä.

Vaikka optimoinnissa käytetään ainoastaan ArcGIS Network Analystia, pyritään analysoinnissa kuitenkin keskittymään siihen, miten ohjelmaan syötetty tieto vaikuttaa tuloksiin. Etsitään siis niitä lähtötietoja, joilla saadaan optimaaliset tulokset riippumatta siitä mitä optimointiohjelmaa käytetään. Kaikissa ohjelmissa on toki omat erikoisuutensa ja käytettävät algoritmit, mutta mikäli joillain tietyillä parametreilla saadaan hyviä tuloksia, kannattaa niitä ainakin kokeilla soveltaa myös muita ohjelmia käytettäessä.

Päätettiin, että aluksi kokeillaan mallintaa kuljetusten nykytila ja saada siten vertailutuloksia optimoiduille ratkaisuille. Sen jälkeen yhdistettäisiin kaikki ryhmäkuljetukset ja katsottaisiin, millaisia ratkaisuja ohjelma antaa alkuperäisiin tuloksiin verrattuna. Näitä analyyseja tehtäisiin useita käyttämällä eri-kokoisia ajoneuvoja sekä rajaamalla kaupunkia alueisiin ja testaamalla miten optimointi toimisi tällaisissa tapauksissa. Saatujen tulosten perusteella voitaisiin päätellä onko aiemmin case-tapauksissa esiin tullut kuljetusten yhdistely toteutettavissa ja millaisilla kalustovaihtoehdoilla siihen kannattaisi Tampereella lähteä.

### 5.2. ArcGIS Network analyst

ArcGIS on Esrin tarjoama paikkatietoalusta ja ArcGIS Network Analyst on tämän alustan lisäosa reittisuunnittelua varten. Ohjelmaan tuoduista kartta-aineistoista voidaan luoda verkosto, jossa on eri tasoja, joita voidaan lisätä tai poistaa tarpeen mukaan: esimerkiksi kävelyreitit, moottoriajoneuvoille tarkoitettu tieverkko ja joukkoliikenteen väylät. Näille voidaan luoda risteämäkohtia tai sitten luoda reittejä vain yhtä verkostoa

käyttäen. Työtä varten saatiin käyttöön Suomen Tie- ja Katuverkkoaineisto (STK), josta löytyivät kaikki työssä tarvittavat tiet ja kadut valmiiksi eikä erillistä karttaa siten tarvinnut rakentaa. Tämä aineisto ei kuitenkaan yksinään riitä visuaalista tarkastelua varten joten pohjakartaksi otettiin avoin kartta-aineisto Open Source Map (OSM), joka löytyi suoraan ohjelmasta.

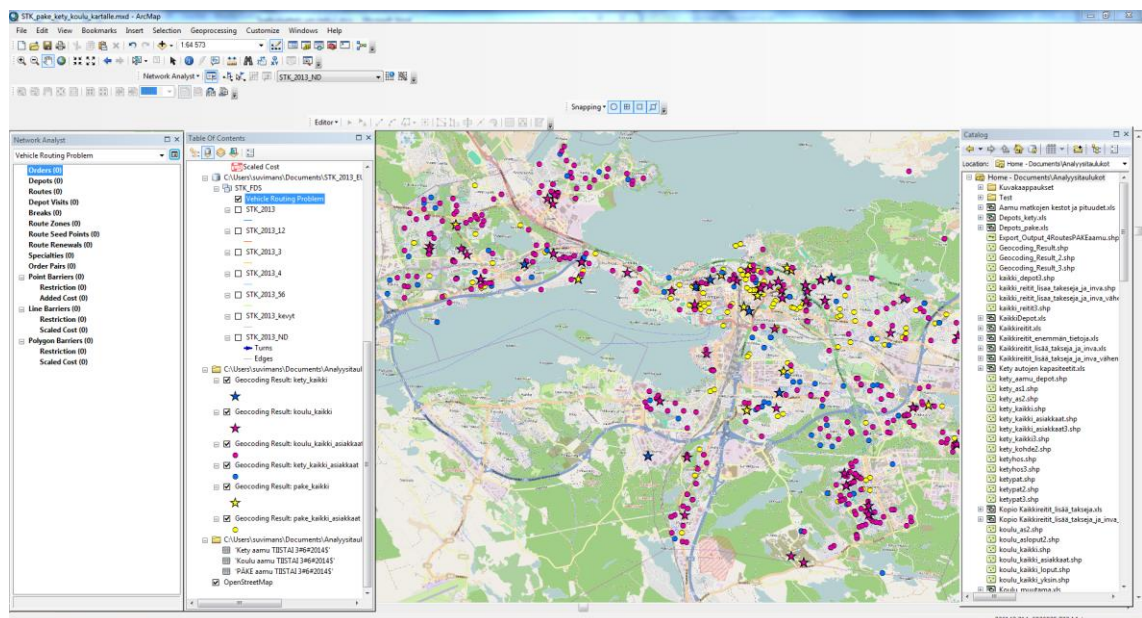
Network Analystilla on kuusi eri analysointimahdollisuutta: parhaan reitin ratkaisu, lähimmän toimipaikan ratkaisu, palvelualue, toimipisteiden allokointi, origo-loppupisteen välinen hintamatriisi ja tässä työssä käytetty ajoneuvon reititysongelma. Parhaan reitin ratkaisussa voidaan luoda kartalle matkan alku- ja loppupisteet sekä välietapit ja aikaikkunat, joiden aikana näissä pitää ehtiä käymään. Ohjelma luo näiden tietojen avulla parhaan ratkaisun tälle reitille. Lähimmän toimipaikan ratkaisussa etsitään lyhyimpiä reittejä tapahtumien ja toimipaikkojen välille. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi pelastusajoneuvojen reitityksessä pelastuslaitokselta onnettomuuspaikalle. Palvelualue on jostain toimipisteestä tietyllä etäisyydellä sijaitsevat kohteet, esimerkiksi ajan tai matkan mukaan määriteltynä. Tätä voidaan käyttää muun muassa kauppojen tai varastojen saavutettavuutta laskettaessa. Toimipisteiden allokointi valitsee joukosta toimipisteitä parhaat vaihtoehdot, jotka palvelevat mahdollisimman suurta kysyntää. Voidaan esimerkiksi määrittää jostain kauppaketjusta ne liikkeet, jotka tuottavat eniten. Origo-loppupisteen välinen hintamatriisi on samantapainen mutta nopeampi kuin lähimmän toimipaikan määrittäminen. Sitä voidaan käyttää, kun halutaan edullisimmat reitit useasta toimipisteestä useaan kohteeseen, esimerkiksi varastoista kauppoihin, mutta ei ole tarvetta käyttää reittigeometriaa. Ajoneuvon reititysongelmassa taas etsitään usealle ajoneuvolle parhaat reitit useaan kohteeseen. Tätä käytetään yleisesti koulubussien reitityksessä useisiin kouluihin.

Työssä käytetään ainoastaan ajoneuvon reititysongelmaa, joka on kauppamatkaajan optimointiongelman laajennos. Aivan aluksi ohjelma käyttää origo-loppupisteen välistä hintamatriisia määrittäessään lyhyimmät reitit, jokaisen tilauksen ja sille määritellyn kohteen välille. Se sijoittaa jokaisen tilauksen yksitellen sopivalle reitille käyttäen tätä hintamatriisia. Sen jälkeen se parantaa tulosta, järjestämällä tilaukset uudelleen reiteillä, sijoittamalla niitä muille sopivammille reiteille tai vaihtamalla niitä keskenään. Käytössä oleva heuristiikka on tabuetsinnän metaheuristiikka, mikä on eräs heuristista menetelmää parantava menetelmä, jota Esri kehittää jatkuvasti. (ArcGIS Resources 2014)

Kuvasta 14 nähdään ohjelman näkymä, kun tilaukset on sijoitettu kartalle ajoneuvon reititysongelmassa. Vasemmalla on Network Analyst –ikkuna, johon tulevat tilaukset ja reitit siinä vaiheessa, kun reittejä aletaan luomaan. Seuraava ikkuna oikealla on Table of Contents eli sisällys. Siihen tuodaan aivan ensiksi analyysissä käytettävät aineistot oikeassa reunassa olevasta Catalog-ikkunasta, jossa ovat ohjelmaan linkitetyt kansiot. Tässä työssä on käytetty useita Excel-tiedostoja, joista on luotu .shp-tiedostot geocode addresses –toimintoa käyttäen. Nämä geokoodaustulokset tulevat Table of Contents –

ikkunaan, josta ne puolestaan voidaan viedä Network Analyst –ikkunaan joko hiirellä raahaamalla tai käyttämällä Load Locations –toimintoa kyseessä olevassa ikkunassa. Kaikki data tulee siis muuntaa ohjelman hyväksymään muotoon ennen kuin analyysija voidaan tehdä.

Koululaiset, kehitysvammaiset ja vanhukset on merkitty karttaan eri-värisillä palloilla ja koulut, työtoiminta ja päiväkeskukset on merkitty vastaavanvärisillä tähdillä. Monet tilaukset asettuvat päällekkäin, mikäli osoitteet ovat lähellä toisiaan, joten kuvassa eivät näy kaikki kuljetettavat, joita analyysissa on lähes 700. Myös jotkin kohteet, kuten keltaisella tähdellä merkitty Hervannassa sijaitseva päiväkeskus Keinupuisto jää kokonaan tilausten alle peittoon. Muuten näkymästä saa varsin hyvän käsityksen siitä, mihin asiakkaat ja kohteet ovat keskittyneet. Esimerkiksi koululaisia näyttää olevan tiheästi Hervannassa kun taas päiväkeskusten asiakkaat ovat keskittyneet keskustan alueelle. Siellä myös päiväkeskuksia on useita.



**Kuva 14. Ajoneuvon reititysongelma ArcGIS Network Analystissa, jossa tilaukset on sijoitettu kartalle mutta reititystä ei vielä ole tehty.**

Testauksen jälkeen ohjelman voisi arvioida soveltuvan kunnallisten ryhmäkuljetusten suunnitteluun ainakin ominaisuuksiensa perusteella. Jokaiselle kuljetettavalle (Orders) voidaan määrittää aikaikkuna sekä noutoa että kohteeseen saapumista varten. Tämä onnistuu siksi koska tilauksista tulee muodostaa tilausparit (Order Pairs), joilla on aina yksilöllinen kohde, esimerkiksi Asiakas1 - Annalan koulu1, Asiakas2 - Annalan koulu2 jne. Yhteen kohteeseen ei voi reitittää kuin yhden kuljetettavan, joten jokainen tilauspari voidaan, ja pitääkin, määrittää erikseen aikojen suhteen. Myös autossa istumisajan maksimi voidaan määrittää, joten lakisääteisissä rajoissa on mahdollista pysyä.

Reititystä ei voi tehdä, ellei reittien pohjatietoja ole määritelty etukäteen. Jokainen reitti (Routes) on samalla yksittäinen ajoneuvo, joten tässä kappaleessa reiteistä puhuttaessa

tarkoitetaan sekä reittiin liittyvää ajoneuvoa että sen ajamaa matkaa. Ne tulee luoda erikseen tai tuoda suoraan Excel-tilauksesta. Niihin määritellään asemapaikka (Depots) eli auton sijainti reitin alussa sekä paikka johon auto tuodaan viimeisen asiakkaan poistuttua kyydistä. Näistä toisen voi jättää avoimeksi, jolloin reitti alkaa asiakkaan luota tai päättyy viimeiseen jättöpisteeseen. Molempia ei voi jättää tyhjäksi, joten jonkinlainen käsitys ajoneuvojen sijainnista tulee olla. Lisäksi määritellään autojen kapasiteetti ja sallitut apuvälineet. Autoon mahtuvien apuvälineiden määrä on myös mahdollista määrittää autokohtaisesti.

Kaikki edellä mainitut asiat ovat ensisijaisia tietoja, jotka reiteille kannattaa määritellä. Lisäksi voidaan määrittää reitin maksimipituus ja -aika, ajoneuvon kiinteät sekä ajan että matkan mukaan muuttuvat kustannukset ja aikaisimmat ja myöhäisimmät lopetusajat. Jokaiselle reitille voidaan myös määrittää ajoneuvon palvelualue (Route Zones) karkeasti piirrettynä kartalle, mikäli sen halutaan palvelevan vain tietyllä alueella. Tätä mahdollisuutta ei työssä hyödynnetty erillistä aluekohtaista analyysia lukuun ottamatta, sillä noin 700 tilauksen joukossa oli aina yksittäisiä tapauksia, joiden kohde oli kaukana lähtöpisteestä. Lisäksi on mahdollista määrittää tauot (Breaks), jotta saadaan otettua huomioon siirtymiset ja muut ajat, kun autot eivät voi olla ajossa. Tätä vaihtoehtoa työssä ei käytetty lainkaan, sillä aikoja oli hankala arvioida.

Osoitteita geokoodattaessa havaittiin, että ohjelma ymmärtää varsin hyvin suomalaisia osoitetyyppejä eikä niitä juuri tarvinnut muokata. Ainoat korjaustarpeet ilmenivät, kun osoitteissa oli kirjoitusvirheitä tai ylimääräisiä välilyöntejä. Esimerkiksi osoite ”Tammelan puistokatu 31-33 A 11” oli ohjelmalle selvä mutta ”Ruokomäenkatu 3 -7 D 21” ei toiminut, sillä kolmosen jälkeen oli ylimääräinen välilyönti. Osoitetyyppi ”Puutarhakatu 12 A as 4” sen sijaan ei toiminut vaan siitä piti poistaa ”as”. Myöskään ”as.” ei olisi kelvannut. Muutama osoite oli niin uusi, että niitä ei löytynyt lainkaan mutta näitä oli hyvin vähän ja niiden tilalle vaihdettiin jokin lähellä sijainnut osoite, jonka ohjelma löysi. Sanojen perässä olleet välilyönnit estivät analyysin tekemisen, ainakin asiakkaan nimen sekä osoitteen perässä olevat. Tässä oli yksi suurimmista vaikeuksista ajankäytön kannalta, sillä ei ilmennyt pystyisikö näitä muutoksia tekemään ohjelmaan enää sen jälkeen kun tilaukset on jo luotu. Joka kerran jälkeen piti ohjelma sulkea kokonaan, minkä jälkeen tehtiin korjaukset Exceliin, sillä ohjelmaan tuotuja Exceleitä ei voi käsitellä ohjelman ollessa auki. Tämä jälkeen geokoodaukset ja siten myös tilaukset piti luoda uudestaan.

Periaatteessa yksi vaihtoehto olisi poistaa tilauksista toimimattomat ja tehdä niistä uusi Excel, joka tuotaisiin ohjelmaan erikseen. Tässä on kuitenkin vaarana, että ohjelman käyttäjä menee sekaisin käytettyään useaa taulukkoa ja tiedot olisivat varsin hajallaan, mikä voisi tuoda ongelmia myöhemmin, mikäli analyysi haluttaisiin tehdä uudelleen alusta alkaen. Yksittäisten tilausten muokkaaminen ei myöskään onnistu siinä vaiheessa, kun niitä on yli 700, eli käytännössä 350 asiakasta ja 350 kohdetta, koska tuolloin listaa ei voi laajentaa. Tilaus voidaan kuitenkin hakea kartalta, mutta tuolloin muokkausmahdollisuus rajoittuu lähinnä tilauksen poistamiseen. Tämän vuoksi tuli

tarkkaan harkita mitä tietoja analyysissä tarvittiin, jotta koko työtä ei olisi tarvinnut aloittaa alusta pienen yksityiskohdan vuoksi. Myös apuvälineiden listausta tulee harkita. Aivan jokaista kävelykeppiä ei kannata analyysiin tuoda, sillä ne pitää myös määritellä jokaiseen reittiin erikseen. Muuten voi käydä niin, että tuhannen tilauksen analyysi ei onnistu, sillä yhdellä asiakkaalla on keppi, joka ei reiteille syötettyjen tietojen perusteella mahdu yhteenkään autoon.

Vaikka osoitteet olisivat kaikki oikeassa muodossa, eivät ne silti ole välttämättä reitityksen kannalta sallitussa paikassa. Kun kevyenliikenteenväylien käyttö on estetty ajoneuvoilta, jää hieman jalkakäytävälle sijoittunut asiakas reitin ulottumattomiin. Näitä oli noin 5-10 prosenttia tilauksista ja ne piti manuaalisesti käydä siirtämässä tieverkolle, jotta analyysi olisi onnistunut. Tämä tuotti erittäin paljon vaivaa, sillä välillä kartta latautui jokaisen osoitteen kohdalla minuutin verran ja mikäli tilaukset piti muutosten vuoksi tuoda uudelleen analyysiin, piti tämä prosessi tehdä uudestaan. Yksi ratkaisu olisi muuttaa osoitteita hieman, mutta koska takuuta ei ollut uusien osoitteiden toimivuudesta ennen analyysia, ei tämä vaikuttanut varteenotettavalta vaihtoehdolta.

Kartta latautui yleensä seuraavalla kerralla nopeammin, mikäli konetta ei välissä suljettu. Jos työ aloitettiin puhtaalta pöydältä ja kartta-aineisto tuotiin uudestaan, kesti kartan latauksessa jälleen kauemmin. Muita huomioita oli se, että Excel-tilauksen otsikoissa olevat ääkköset estivät taulukkojen prosessoimisen kokonaan. Tästä tuli ainoastaan virheilmoitus: ”Unable to process table”. Aikaikkunoihin määritellyt ajat taas tuli olla tekstimuodossa, sillä kellonaikoina määritellyt solut tulivat ohjelmaan pelkkinä nollina. Kun kaikki virhetilanteet oli kertaalleen kohdattu, alkoi kuitenkin ohjelman käyttö helpottua huomattavasti.

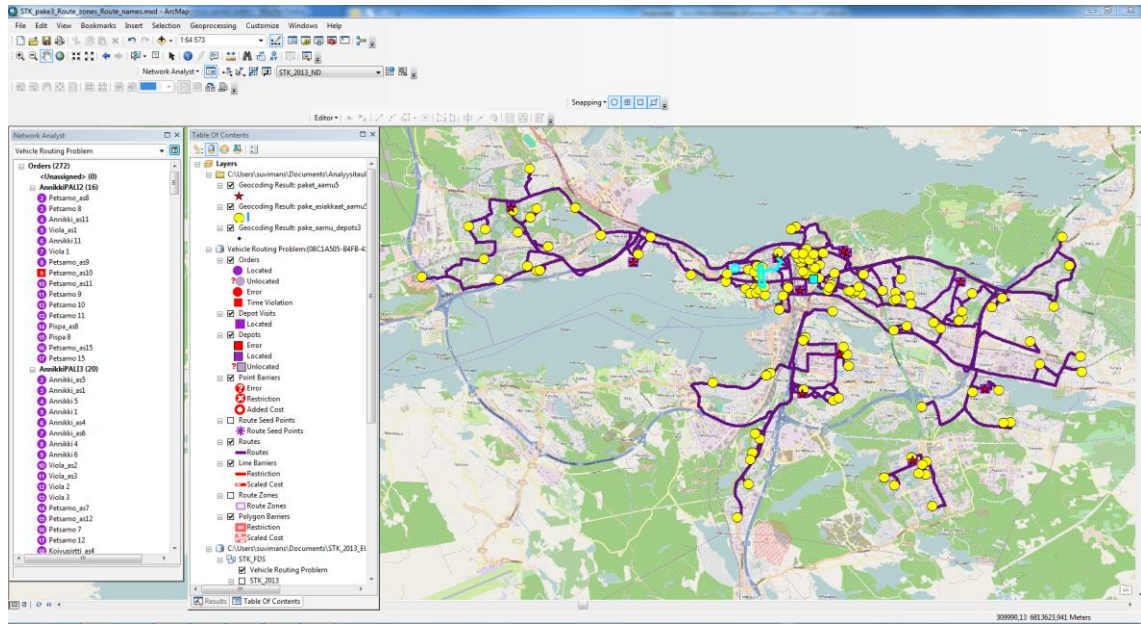
### **5.3. Optimoinnin toteutus**

#### **5.3.1. Nykytilan mallinnus**

Ryhmäkuljetusten nykytilan mallinnusta varten kerättiin tiedot kuljetuksista yhdeltä tyypilliseltä tiistaiaamupäivältä loppukeväältä 2014. Tarkastelussa otettiin huomioon ainoastaan yhteen suuntaan menevät kuljetukset eli paluumatkoja ei tarkasteluun otettu. Analyysistä rajattiin lisäksi pois Tampereen naapurikunnat sekä Teisko, sillä niistä olisi tullut asiakkaita hyvin harvakseltaan, eikä niiden merkitys ollut analyysin kannalta oleellinen ainakaan vielä tässä vaiheessa. Lisäksi jonkin verran jouduttiin poistamaan sellaisia kuljetuksia, jotka olivat väliaikaisia tai joiden reitit eivät muuten olleet helposti selvitettävissä. Tällaisia tapauksia oli lähinnä koulukuljetuksissa ja niitä oli muutama kymmenen. Lopulta analyysissä oli mukana 376 koululaista, 144 kehitysvammaista ja 136 vanhusta eli yhteensä 656 kuljetettavaa Tampereelta. Nykyisten noutoaikojen ja reittien perusteella kerättiin tarvittavat tiedot Excelliin.

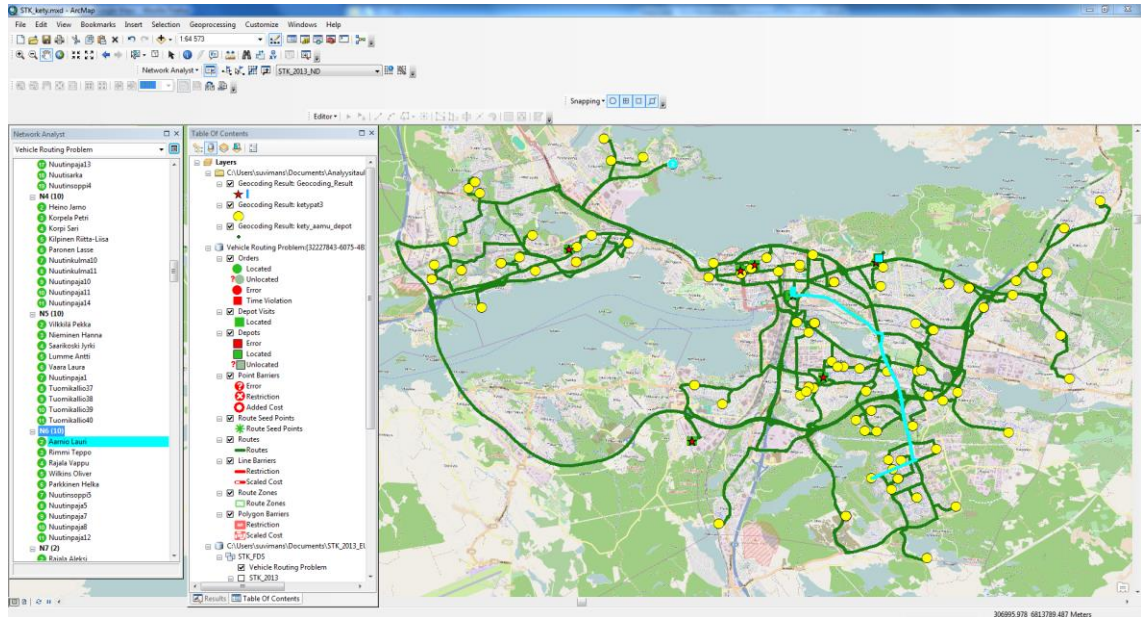
Myöhemmästä optimoinnista poiketen tässä kohtaa luotiin kuljetettaville käsin noutojärjestys nykyisten tietojen perusteella ja siten, että kuljetettavat kerättiin ensin

kaikki kyytiin ja jätettiin kerralla kohteeseen. Tämä tehtiin siten, että laitettiin kaikille kohteille järjestysnumero, jotka alkoivat siitä mihin kuljetettavien järjestysnumerot päättyivät. Muuten ohjelma olisi alkanut kuljettaa aina osan ensiksi kohteeseen ja sen jälkeen lähtenyt taas hakemaan lisää, mikä ei olisi vastannut nykyistä käytäntöä. Kuljetettavat myös pakotettiin tietyille reiteille, kun optimoinnissa pyritään myöhemmin juuri näitä reittejä avaamaan. Päiväkeskuksista saatujen listojen perusteella vanhukset oli helppo järjestää nykyisille reiteille ja kuvassa 15 oleva lopputulos vaikuttaa varsin todenmukaiselta.



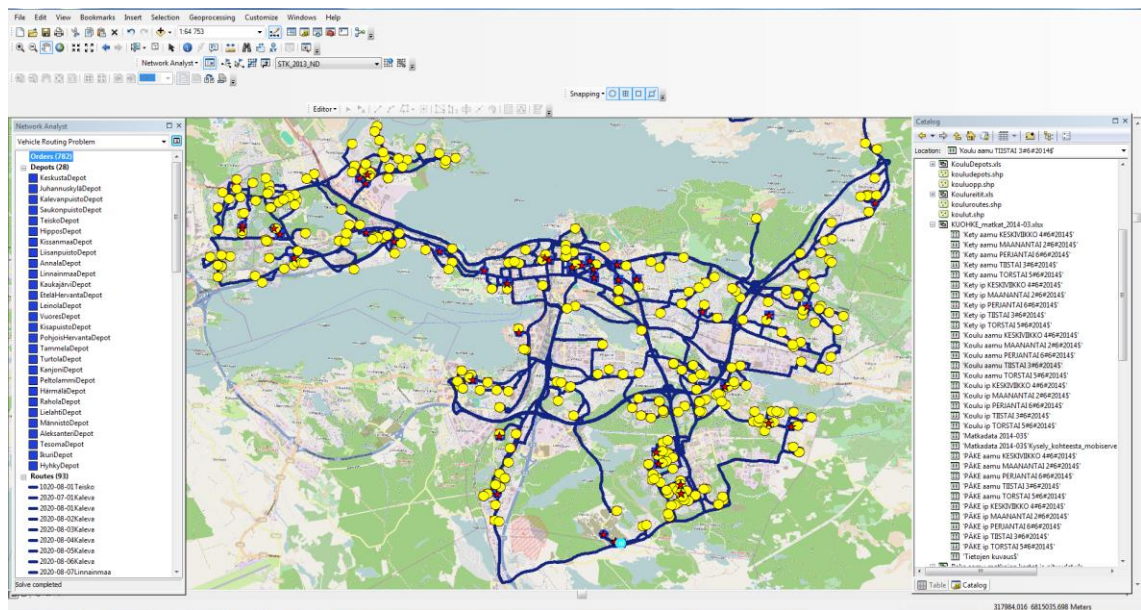
**Kuva 15. Vanhusten päiväkeskuskuljetusten nykyiset ajoreitit.**

Sen sijaan kehitysvammaisten kuljetuksissa oli mukana niin paljon autoja, että reittien mallintaminen osoittautui hankalaksi, varsinkin kun autojen kapasiteetista ei aina ollut tietoa. Lisäksi mukana oli paljon pyörätuolilla kulkijoita muihin ryhmiin verrattuna, joten tämäkin lisäsi ajoneuvojen määrää. Nykyisiä noutaajoja oli paljon saatavilla joten reittien muodostus oli välillä helpompaa. Kuvassa 16 nähtävään lopputulokseen tulee kuitenkin suhtautua varauksella.



Kuva 16. Kehitysvammaisten työkytytien nykyiset ajoreitit.

Koululaisista suurimman osan reitit oli helposti saatavilla joten niiden muodostus oli vaivattomampaa mutta suuren lukumäärän vuoksi myös aikaa vievää. Kuvassa 17 olevat reitit vaikuttavat kuitenkin suunnilleen nykytilaa kuvaavilta.



Kuva 17. Koulukuljetusten nykyiset ajoreitit.

Nykyisten reittien pituudeksi ja ajon kuluneeksi ajaksi sekä ajoneuvojen lukumääräksi saatiin taulukossa 6 näkyvät arvot.

**Taulukko 6. Nykyisten ryhmäkuljetusten matka- ja aikatieodot.**

	Aika (min)	Matka (km)	Taksi	Inva-/tilataksi	Pikkubussi	Matkustajia	Keskimäärin
<b>PÄKE</b>	722	291,5	-	7	11	136	40 min/auto 16 km/auto 5,3 min/asiakas 2,14 km/asiakas
<b>KETY</b>	1604	1069,8	-	24	10	144	47 min/auto 31 km/auto 11 min/asiakas 7,43 km/asiakas
<b>Koulu</b>	4441	2346,9	45	37	8	376	49 min/auto 26 km/auto 11,81 min/asiakas 6,24 km/asiakas
<b>Yht.</b>	<b>6767</b>	<b>3708,2</b>	<b>45</b>	<b>68</b>	<b>29</b>	<b>656</b>	<b>45 min/auto</b> <b>24 km/auto</b> <b>9,37 min/asiakas</b> <b>5,27 km/asiakas</b>

Näitä arvoja käytetään seuraavassa vaiheessa aina vertailun kohteena, kun tehdään optimointeja eri parametrein. Tärkeitä ovat kokonaiskilometrit sekä -minuutit, ajoneuvojen yhteismäärä 142 sekä kuljetettavien määrä: 656.

### 5.3.2. Optimointi

Kun nykytila oli mallinnettu, voitiin aloittaa reittien optimointi. Dataa muokattiin tätä varten aikaikkunoiden osalta siten, että kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintakeskuksiin sekä vanhusten päiväkeskuksiin saapumisajan aikaikkunaksi laitettiin 30 minuuttia ja noutoaikoihin 60 minuuttia. Nykytilanteessa asiakkaita näytettiin lähtevän hakemaan noin tunti ennen keskusten aukeamista. Koululaisten noutoaikoihin laitettiin 30 minuutin aikaikkuna mutta saapumisajat jätettiin aluksi tyhjäksi, sillä ei ollut varmuutta, koska kunkin oppilaan tuli olla perillä. Testattaessa reittien optimointia kuitenkin vaikutti siltä, etteivät autot ajeluta matkustajia turhaan ympäri kaupunkia, joten arvioitiin, että aikaikkunoiden lisääminen ei muuttaisi tuloksia kovinkaan paljon.

Vanhusten ja kehitysvammaisten kyytien optimointi yksinään ei vaikuttanut tuovan säästöjä joten vaikuttaisi siltä, että nämä kokonaisuudet on jo varsin tarkkaan optimoitu. On kuitenkin mahdollista, että ohjelman tarjoama ratkaisu näin pienille kokonaisuuksille ei välttämättä ole optimaalinen, sillä kun reitit avattiin kaikille vanhuksille, muodostui reiteistä pitkiä lähes koko kaupungin alueelle ulottuvia kokonaisuuksia, joissa autot saattoivat hakea yksittäisen asiakkaan ja viedä hänet kohteeseensa ja sitten taas lähteä hakemaan muita hieman etäämpää, jolloin reitti lähti kauas alkuperäiseltä alueelta. Ajetuista matkoista tuli siis pidempiä verrattuna nykytilanteeseen eikä autojen kapasiteettia hyödynnetty tarpeeksi. Tuloksiin on myös saattanut vaikuttaa tarkemmin rajattu autossa istumisaika. Myöhemmin ilmeni, että nykytilanteessa joidenkin vanhusten matkat voivat venyä jopa puolentoista tunnin mittaisiksi, kun ohjelmassa ne oli rajattu tuntiin. Kokeiltiin kuitenkin vielä, miten palvelualueiden luominen vaikuttaisi tuloksiin.

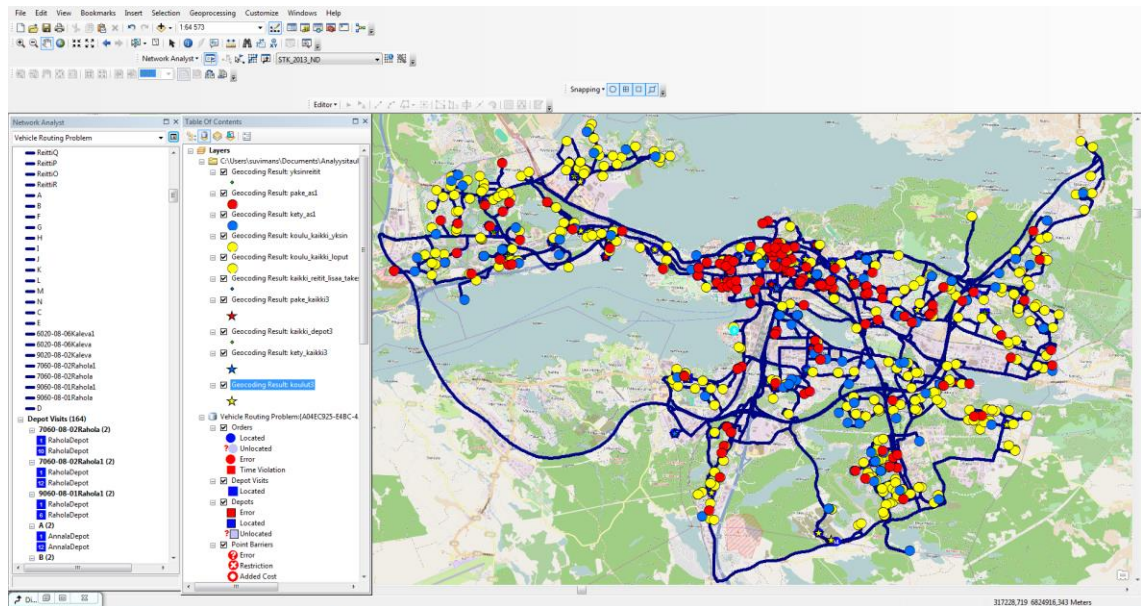


Luotiin päiväkeskuskuljetuksille seitsemän aluetta ja annettiin loppujen 11 reitin kulkea vapaasti. Tällöin tulokset paranivat mutta vain 2 prosenttia. Aiemmin kappaleessa 3.3 on todettu, että ihminen selviytyy tällaisten rajattujen alueiden ongelmista vielä varsin hyvin, noin 5-10 prosenttia heikommin kuin tietokone, kun asiakkaita on muutama kymmenen ja autoja 5. Täten tietokone ei välttämättä kykene tekemään tästä kokonaisuudesta paljon edullisempaa ratkaisua. Mikäli päiväkeskuskuljetukset optimoitaisiin yhtenä kokonaisuutena, olisi saatujen tulosten perusteella järkevintä pilkkoa se pienemmiksi kokonaisuuksiksi tarkkaan rajatuilla alueilla ja optimoida nämä alueet joko käsin tai koneella.

Koulukuljetukset avattaessa taas saavutettiin heti noin 20 prosentin aika- ja matkasäästöt nykytilanteeseen verrattuna. Merkittäviä muutoksia tähän ei saatu autojen kokoa muuttamalla. Ainoastaan, kun laitettiin kyydit kulkemaan pääasiassa henkilötakseilla, pienentyivät kilometrisäästöt noin kahdeksaan prosenttiin johtuen siitä, että ajoneuvoja tarvittiin tässä kohtaa enemmän. Sen sijaan aikasäästöt olivat edelleen 17 prosenttia. Parhaimmat tulokset saatiin silti käyttämällä lähinnä pikkubusseja, jolloin säästöt olivat ajassa 22 ja kilometreissä 21 prosenttia. Reittien pituudet vaihtelivat puolesta tunnista kahteen tuntiin. Nykytilanteessa jotkin reitit ulottuvat kolmeen tuntiin asti.

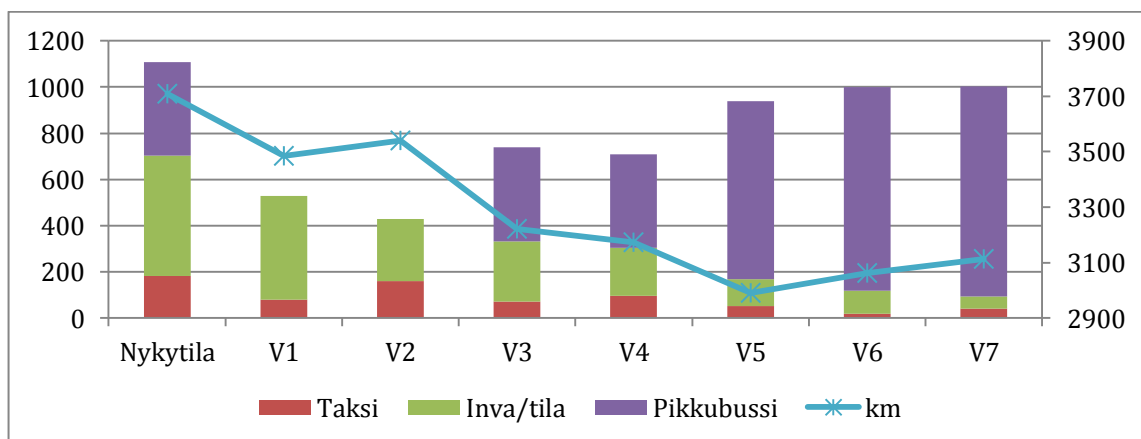
Kun tehtiin reititys koululaisille, kehitysvammaisille ja vanhuksille yhdessä, muodostui reittien lukumääräksi aina 76-81 riippumatta siitä kuinka paljon käytettäviä reittejä lisättiin analyysiin. Reittien pituus oli 20 minuutista kahteen tuntiin. Pääasiassa ne olivat yli tunnin pituisia. Yhdistetyt reitit näkyvät kuvasta 18. Ohjelma pyrki käyttämään ensisijaisesti isoimpia autoja, kun autoja ei hinnoiteltu. Mikäli käytettävissä olevien pikkubussien ja invataksien yhteismäärä ylitti 80, ei ohjelma käyttänyt pikkutakseja lainkaan. Heräsi epäily, että voiko tällainen systeemi olla optimaalinen, sillä oli selvää, että autot eivät tulleet täyteen. Autot noutivat aina muutaman asiakkaan ja pyrkivät viemään heidät mahdollisimman nopeasti kohteeseen. Todennäköisesti kovin pitkiin kierroksiin ei olisikaan ollut mahdollisuutta, kun päiväkeskuksiin saapumiset oli rajattu puolen tunnin aikaikkunoihin ja lähistöllä oli muita autoja, jotka pystyivät noutamaan niitä henkilöitä, jotka olisivat mahdollisesti myöhästyttäneet kuljetuksia. Ohjelma ei siis ottanut täyttä hyötyä kapasiteetista vaan pyrki mahdollisimman lyhyisiin aikoihin ja matkoihin tekemällä enemmän pysähdyksiä. Jopa kouluihin pyrittiin viemään oppilaat puolen tunnin sisällä noudosta vaikka saapumisaikoihin ei ollut asetettu aikaikkunoita eikä myöskään autossa istumisajan maksimia ollut määritelty.

Mikäli reittien lukumäärää vähennettiin, rikkoi ohjelma aikaikkunoita niin paljon ettei reittejä voinut harkita käytettäväksi. Silloin joissain tapauksissa oppilas haettiin kotoa puolitoista tuntia myöhässä kun muut reitillä olevat olivat ajallaan. Jäi kysymykseksi, miten saataisiin ohjelma noudattamaan aikaikkunoita ja samalla hyödyntämään autojen kapasiteettia mahdollisimman hyvin.



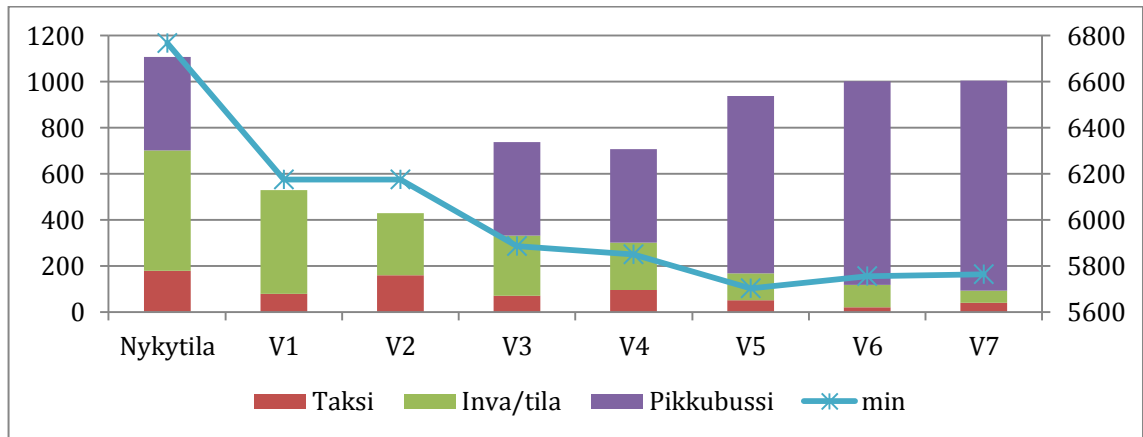
**Kuva 18. Kaikkien ryhmäkuljetusten yhdistetty reititys. PÄKE=punainen, KETY=sininen ja koulu=keltainen.**

Analyysi toistettiin useilla eri reittivaihtoehdoilla ja vaihtelemalla eri kokoisten ajoneuvojen suhdetta. Aivan lineaarisesti aika- ja kilometrisäästöt eivät seuranneet isojen ajoneuvojen lukumäärän kasvua vaan saavutettuaan tietyn optimin, alkoivat säästöt pienentyä. Kuvassa 19 nähdään miten ajoneuvon koko vaikuttaa kuljettuihin kilometreihin. Palkit kuvaavat käytössä olevien ajoneuvojen kapasiteettia eli lähtöarvoissa ajoneuvojen lukumäärä on vielä kerrottu niiden kapasiteetilla, jotta kuvaajasta saadaan käsitys siitä minkä suuruinen olisi eri ajoneuvoissa matkustavien kuljetettavien suhde, mikäli kaikki käytössä olevat istumapaikat olisi täytetty.



**Kuva 19. Ajetujen kilometrien riippuvuus käytössä olevasta kapasiteetista eri-kokoisilla ajoneuvoilla, kun niitä ei ole hinnoiteltu.**

Kuvassa 20 taas nähdään miten ajoneuvon koko vaikuttaa matkaan käytettyyn aikaan. Huomataan, että kun käytössä on pelkkiä pikkutakseja ja inva-/tilatakseja, ei käytetty aika muutu ajoneuvojen suhteen muuttuessa. Voidaan siis päätellä, että vaihtoehdossa V1 ei inva-/tilataksien kapasiteettia ole täysin hyödynnetty.



**Kuva 20. Matkojen yhteiskeston riippuvuus käytössä olevasta kapasiteetista eri-kokoisilla ajoneuvoilla, kun niitä ei ole hinnoiteltu.**

Sekä matkan että ajan osalta optimi saavutetaan vaihtoehdossa V5. Taulukosta 7 nähdään säästöt verrattuna nykytilaan sekä käytettyjen ajoneuvojen määrä molemmissa tilanteissa.

**Taulukko 7. Vaihtoehdolla V5 saavutettavat säästöt ajassa ja ajetuissa kilometreissä sekä muutokset käytettävään kalustoon.**

	Aika	Matka	Taksi	Inva-/tilataksi	Pikkubussi
Yht.	5703 min	2991,3 km	8	13	55
Nykytila vrt.	6767 min	3708,2 km	45	68	29
Säästö	-15,72%	-19,33%	-37	-55	+26

### Huomioita:

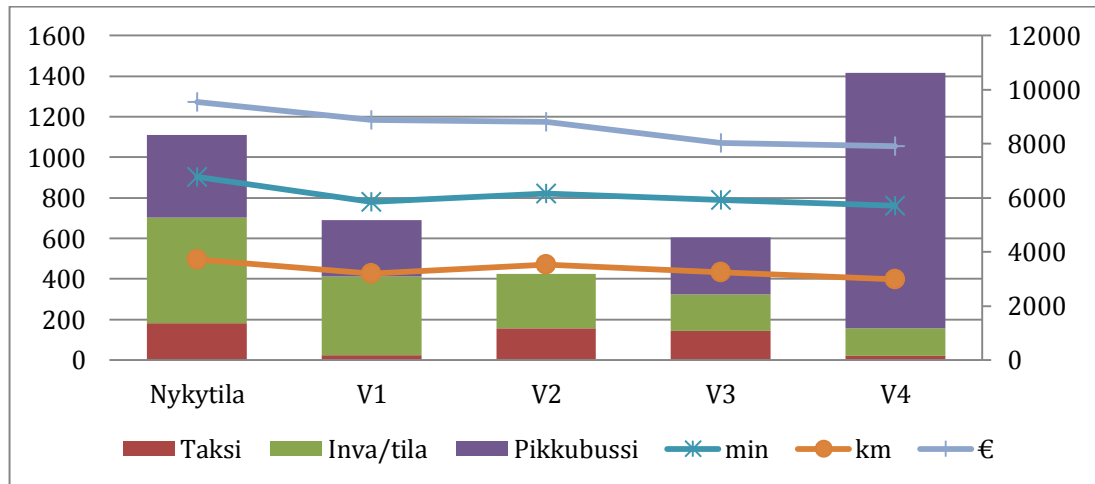
- ✓ Kun ajoneuvot käsitetään samanhintaisiksi eikä niiden lukumäärällistä käyttöä ole rajattu, saavutetaan suurimmat aika- ja kilometrisäästöt panostamalla pikkubusseihin ja käyttämällä vain muutamia henkilö- ja invatakseja.
- ✓ Käytössä oleva kokonaiskapasiteetti olisi silti nykyistä pienempi.

Seuraavaksi tehtiin tarkastelu hinnoittelemalla ajoneuvot taulukon 8 mukaisesti. Arvot saatiin Tampereen Logistiikalta ja niissä jouduttiin soveltamaan jonkin verran. Invataksit ottavat pyörätuoliasiakkaasta 15€ avustuslisän, kun taas minibussit eivät sitä nykyisellä hinnoittelumallilla peri. Jonkin verran kuitenkin kuluu aikaa bussin lastaamiseen, mitä on myös hankala analyysiin lisätä. Network Analyystilla ei pysty hinnoittelemaan eri asiakkaita eri tavalla riippuen siitä, missä ajoneuvossa he ovat, joten valittu arvo otettiin kilpailutetusta VPL-/SHL-liikenteestä, jossa pyörätuolikuljetusten osuus on 30-50 prosenttia ja pyrittiin sillä mahdollisimman lähelle totuutta.

**Taulukko 8. Analyysissa käytetyt kilometrikohtaisen hinnoittelun arvot.**

Ajoneuvo	Hinta
Taksi	2,00 €/km
Invataksi	3,00 €/km
Minibussi	2,60 €/km

Tehtiin nykytilan mallinnuksen lisäksi neljä eri analyysiä, joissa käytettävien ajoneuvojen lukumääriä muunneltiin. Tulokset näkyvät kuvassa 21. Havaittiin, että korkeammasta hinnasta huolimatta, ohjelma pyrki edelleen käyttämään isompaa kalustoa. Myös saadut ratkaisut olivat edullisempia isommalla kalustolla.



**Kuva 21. Eri-kokoisten autojen vaikutus matkan pituuteen, aikaan ja kilometrikohtaiseen hintaan.**

Havaitaan, että euromäärät tippuvat erityisesti, kun minibussien tarjoama istuinkapasiteetti ylittää kolmanneksen kokonaisistuinkapasiteetista. Tämän jälkeen lasku on hyvin loivaa. Siinä kohtaa kannattaakin kiinnittää huomiota käytetyn invataksikaluston määrään. Mikäli kyydissä ei ole pyörätuolimatkestajia, on hinta hieman minibussia pienempi, mikä vaikeuttaa vertailua. Palataan takaisin aiempiin kilometri- ja minuuttivertailutaulukoihin. Havaitaan, että kun käytössä on pelkkiä takseja ja invatakseja, ei käytetty aika juuri muutu tilanteessa, jossa taksien istuinkapasiteetin osuus on 17 prosenttia verrattuna tilanteeseen, jossa se on lähes 60. Matka taas kasvaa noin prosentilla, kun pienten taksien osuus on suurempi.

#### **Huomioita:**

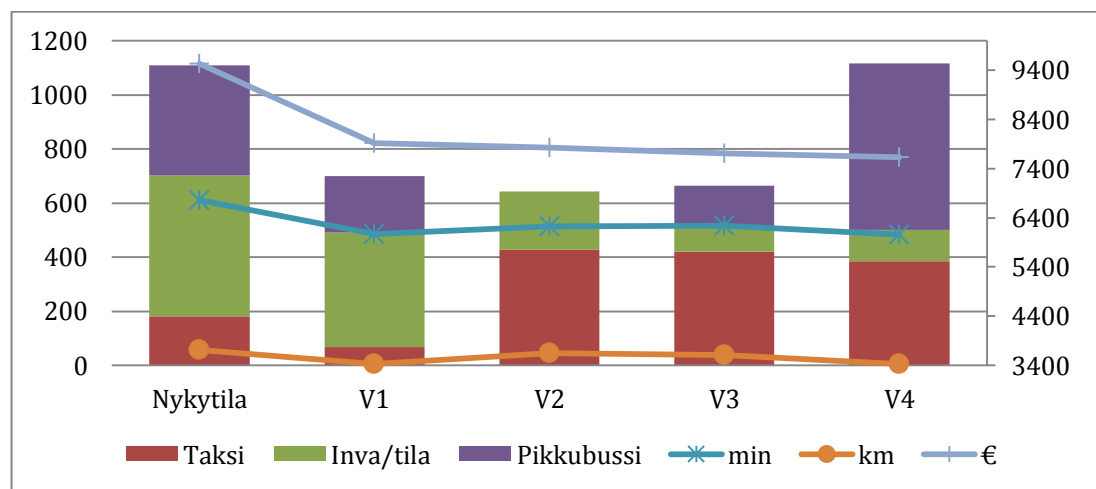
- ✓ Käytettäessä pelkkää kilometrikohtaista hinnoittelua ja rajoittamatta ajoneuvojen määrää, pitää ohjelma edelleen pikkubusseja edullisimpina.
- ✓ Kokonaiskapasiteetti olisi tässä nykyistä korkeampi eli hukkakapasiteettia olisi paljon.

Tehdään vastaavanlaiset analyysit uudelleen siten, että otetaan mukaan 20 invataksia, joihin on asetettu automaattisesti 15€ kiinteä kustannus ja lisäksi kilometrihintaa. Muille tilataksille asetetaan Taulukossa 9 näkyvä sama kilometrihintaa mutta ei laiteta pyörätuolin kuljetusmahdollisuutta.

**Taulukko 9. Analyysissa käytetyt kilometrikohtaisen hinnoittelun ja palvelulisän arvot.**

Ajoneuvo	Hinta
Taksi	2,00 €/km
Tilataksi	2,20 €/km
Invataksi	2,20 €/km + 15 €/kuljetus
Minibussi	2,60 €/km

Näin pyritään saamaan vielä tarkemmat tulokset, kun ohjelma pyrkii välttämään invatakseja mahdollisuuksien mukaan, mutta ottaisi kuitenkin tilatakseja ennemmin kuin minibusseja. Tulokset näkyvät kuvassa 22.



**Kuva 22. Eri-kokoisten autojen vaikutus matkan pituuteen, aikaan ja hintaan, kun invataksihin on lisätty palvelulisä.**

Yllättävää oli se, että ohjelma alkoi suosia pikkutakseja huomattavasti aiempaa enemmän. Usein se jätti myös tilataksit melkein kokonaan käyttämättä, mutta otti invatakseja, kun se oli tarpeellista. Se ei myöskään automaattisesti käyttänyt kaikkia tarjolla olevia minibusseja vaan jätti niitä käyttämättä silloinkin kun käytössä niitä oli vain 20. Vaikuttaa siltä, että minibusseja kuitenkin tarvitaan, sillä vaihtoehdossa V2 nousevat sekä matka- että aikakäyrät, kun käytössä on vain takseja ja inva-/tilatakseja. Huomioitavaa on, että kustannukset tässä ovat vaihtoehtoa V1 lukuun ottamatta alhaisemmat kuin edellisessä kuvaajassa, jossa invataksille ja tilataksille oli asetettu yhteinen keskimääräinen hinta. Matkojen kestot ja pituudet taas olivat vastaavia vaihtoehtoja noin 5 prosenttia korkeammat.

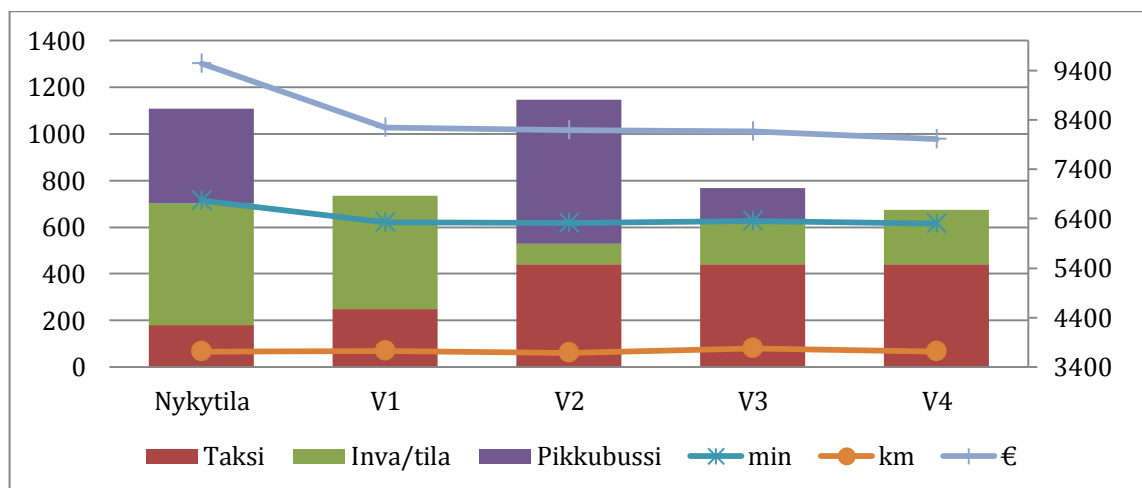
Jälkimmäinen kuva tukee edelleen minibussien suurempaa osuutta eli minimissään kolmannesta istumapaikkakapasiteetista. Tämä voi kuitenkin myös osittain johtua siitä, ettei pyörätuoleista veloiteta ylimääräistä näissä kyydeissä. Minibussit nimittäin näyttävät kulkevan edelleen hyvin vajaalla kapasiteetilla ja kyydissä näytti olevan maksimissaan 5 matkustajaa kerralla. Ilman 15€ palvelumaksua tämä voi kuitenkin tulla edullisemmaksi kuin invataksien käyttö.

Kilometreihin näyttää edelleen vaikuttavan laskevasti kaksi asiaa: henkilötaksien vähentäminen ja minibussien määrän nostaminen. Eri alueilla vaikuttaa olevan niin vähän samassa aikaikkunassa noudettavia henkilöitä ettei isoille autoille ole suurta tarvetta. Tähän lopputulokseen voi tulla siitä, että ainoastaan henkilötaksien kapasiteetti oli hyvin käytössä. Ajetut kilometrit nousevat tällöin mutta kustannukset pysyvät silti kurissa. Pyörätuolit tuovat oman problematiikkansa. Ohjelma osittain tukee niiden kuljetusta minibusseilla, mutta myös paljon invataksella.

### Huomioita:

- ✓ Käytettäessä invataksissa palvelulisää ja jättämällä muut tilataksit edullisemmiksi, tukee ohjelma henkilötaksien käyttöä tilataksien kustannuksella. Henkilötaksit on merkitty edullisemmiksi kuin tilataksit eikä niissä ole aloitusmaksua, joten ohjelma ei näe tässä henkilötaksien korkeampaa kustannusta.
- ✓ Kustannukset ovat näissä vaihtoehdoissa edullisemmat kuin edellisessä pelkkään kilometrikohtaiseen hinnoitteluun perustuvassa esimerkissä.

Tehtiin analyysi uudelleen siten, että kouluille asetettiin aikaikkunat. Ne asetettiin karkeasti päätellen Tampereen Logistiikan aineistossa olevista ajoista, joista osa oli nouta-aikoja, jolloin oppilas tuli viimeistään noutaa, ja osa saapumisaikoja, jolloin piti viimeistään olla perillä. Nouta-aikoihin asetettiin aikaikkuna 30 minuuttia ennen viimeistä nouta-aikaa ja perilläolo 15 minuuttia ennen saapumisaikaa. Tämä muutti tuloksia jonkin verran aiemmista. Matkojen pituudet, kestot ja hinnat kasvoivat jonkin verran. Minibussien vaikutus lopputuloksiin ei enää ollut selkeästi positiivinen vaan parhaat tulokset saatiin kuvan 23 mukaan vaihtoehdossa V4 kun kapasiteettia oli tarjolla henkilötakseissa viisi kertaa enemmän kuin inva-/tilataksissa ja minibusseja ei ollut käytössä lainkaan.



**Kuva 23.** Eri-kokoisten autojen vaikutus matkan pituuteen, aikaan ja hintaan, kun invataksisiin on lisätty palvelulisä ja kouluille aikaikkunat.

Saatujen tulosten perusteella pelkän kilometrihinnoittelun ollessa käytössä tulisi ryhmäkuljetusten reitit luoda koko kaupungin alueelle ja henkilötaksien osuutta tulisi

lisätä minibussien ja tilataksien kustannuksella. Vaikuttaa siltä, että Tampereen kokoisessa kaupungissa edullisemmaksi tulisi ajeluttaa autoja lyhyitä reittejä, sillä eri alueilla on niin vähän samaan aikaan kulkevia. Ero kustannuksissa edullisimman vaihtoehdon ja nykytilan välillä oli 1531,85€ eli noin 16 prosenttia. 200 päivän aikana tällainen säästö aamun kuljetuksissa tekisi yli 300 000€.

Lopputulokseen on voinut vaikuttaa jonkin verran se, että reiteille tuli luoda päätepiestet. Ainoastaan toinen päätepieste oli pakollinen, mutta koska tämä ei ollut analyysien alussa tiedossa, luotiin reiteille sekä lähtö- että päätepieste. Päätepieste oli keskustassa kaikilla muilla ajoneuvoilla paitsi minibusseilla, joilla oli keskustan lisäksi myös muita päätepiesteitä ympäri kaupunkia. Nämä ovat osaltaan voineet pidentää reittejä joten todelliset tulokset voivat olla edullisempia.

Kaikkia mahdollisia tilanteita ei pystynyt ohjelmaan syöttämään, kuten sitä että kaksi tiettyä henkilöä ei voi olla samassa kyydissä. Tällaiset henkilöt pitäisi poimia manuaalisesti lopullisesta analyysistä ja siirtää jollekin toiselle reitille. Sen sijaan samasta osoitteesta samaan aikaan lähtevät henkilöt ohjelma otti loogisesti samaan kyytiin.

#### **Huomioita:**

- ✓ Käytettäessä tarkempia aikaikkunoita ja kilometrikohtaista hinnoittelua, alkoi ohjelma suosia pääasiassa henkilötakseja ja käyttää tila- ja invatakseja tarpeen mukaan.
- ✓ Suurin kustannusero oli 1531,85€ eli noin 16 prosenttia, mikä tekisi 200 päivän aikana aamun kuljetuksissa yli 300 000€ säästöt.
- ✓ Lopputuloksella voi olla myös ilmoitettua 16 prosenttia edullisempi, sillä tässä kuten aiemmissakin esimerkeissä ajoneuvot on pakotettu lähtemään tietyistä lähtöpiesteistä ja palaamaan niihin reitin lopuksi.

Seuraavaksi tehtiin analyysi käyttäen normaaleja taksitakseja sekä muuttelemalla pikkubussien hinnoittelumallia. Koska Tampereen Logistiikalla, kuten myös monilla muilla tilaajilla Suomessa, on käytössä useita hinnoittelumalleja, tekee se kaluston käytön suunnittelun haastavaksi. Henkilötaksi voi olla nopea, mutta samalla tilataksi voi tulla edullisemmaksi, koska sinne mahtuu enemmän matkustajia. Silti matkustajien etäisyys toisistaan reitillä voi tehdä matkasta lopulta kalliimman. Pyörätuolin kuljetus pikkubussissa tulee halvemmaksi kuin invataksissa, koska bussit eivät veloita palvelulisää. Pikkubussien kokonaisvaltainen käyttö kuitenkin määrittää kuinka paljon tällaista kalustoa on kannattavaa hankkia. Lisäksi bussit on hinnoiteltu päivähinnalla, joten niiden ajaminen tyhjillään kuluttaa varoja joka hetki. Taksien aloitustaksojen vuoksi kannattaisi reiteistä tehdä mahdollisimman pitkiä, mutta matkustajia ei ole hyvä pitää autossa istumassa kohtuuttomia aikoja, vaikka ne olisivatkin lakisääteisissä rajoissa.

Näitä kaikkia tekijöitä pyrittiin mallintamaan tässä analyysissä, jotta saataisiin mahdollisimman realistisia tuloksia. Autossa istumisaika rajoitettiin tuntiin ja takseilla käytettiin ajankohtaisia aloitus- ja kilometritaksoja. Pikkubussien hinnoittelua taas yritettiin mallintaa siten, että ensin lisättiin kiinteä 20€ lisä jokaiseen bussiin kuvaamaan tyhjänä ajoa. Sen jälkeen kokeiltiin tämän kustannuksen lisäämistä jälkikäteen, jotta nähtäisiin, paljonko ohjelma käyttäisi busseja, ellei se ”tietäisi” tästä lisästä. Lopuksi asetettiin pelkkä päivähinta kuvaamaan kolmen tunnin ajoa. Taulukossa 10 on kaikki analyyseissä käytetyt arvot.

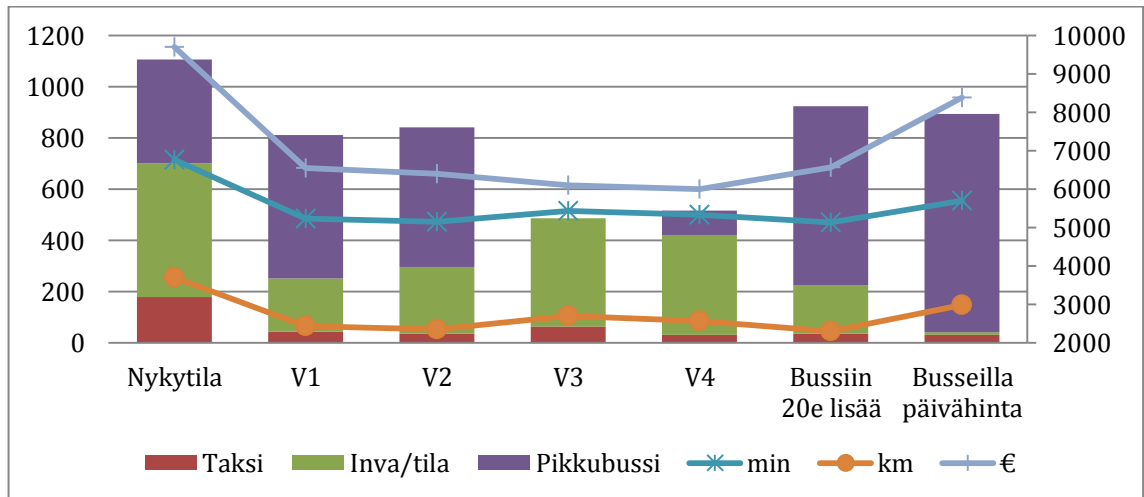
**Taulukko 10. Analyysissä käytetyt taksitaksat sekä erilaiset pikkubussien hinnoitteluarvot.**

	Pyörätuoli	h/km (€)	Aloitustaksa (€)	h (€)	Palvelulisa (€)	Analyyisin jälkeinen lisäys (€)
<b>Taksi</b>		1,87	5,90			
<b>Invataksi</b>	x	1,87	5,90		15,00	
<b>Tilataksi</b>		2,02	5,90			
<b>Minibussi</b>	x	2,60		135,00		20,00

Taksitaksojen käytöllä oli yllättäviä vaikutuksia analyysiin. Siinä missä hinnoittelemattomalla kalustolla tehty analyysi pyrki pikkubussien runsaaseen käyttöön ja kilometrihinnoiteltu kalusto pikkutaksien lisäämiseen, aloitustaksan lisäys analyysiin johti invataksien suureen osuuteen. Tilataksejakin käytettiin jonkin verran mutta pääasiassa invatakseja suosittiin henkilötaksien kustannuksella. Pikkubussien määrällinen osuus oli edelleen huomattava, mutta kun niiden määrää vähennettiin tarkoituksella, saatiin vielä parempia tuloksia. Kuvasta 24 nähdään, että paras tulos saadaan vaihtoehdossa V4, jossa henkilötakseja on 8, inva-/tilatakseja 43 ja pikkubusseja 7. Yhteensä istumapaikkoja on 517, mikä on alle puolet nykyisestä.

Ohjelma pyrkiin käyttämään kalustoa optimaalisemmin, sillä jokaisesta uudesta reitistä tuli aloitustaksa ja myös päivähinnoiteltuihin busseihin oli lisätty suoraan kiinteä 20€ lisä kuvaamaan tyhjänä oloaika. Ainoastaan kuvan toiseksi viimeisessä pylväässä oli lisätty kiinteä 20€ kustannus jälkikäteen ja tässä ohjelma suosi lähes yksinomaan pikkubusseja. Lopulliset kustannukset kuitenkin puhuvat tätä kalustovalintaa vastaan. Viimeisessä pylväässä on käytetty suoraan päivähinnoiteltua kalustoa, jossa jokaisella bussilla on kiinteä 135€ hinta. Ei ole selvyyttä, miksi ohjelma pyrki käyttämään pikkubusseja, vaikka tulokset olivat kaikilta osin huonompia tässä vaihtoehdossa.





**Kuva 24. Taksitaksojen sekä pikkubussien hinnoittelumallin vaikutus kaluston kapasiteetin valintaan Network Analystissa.**

Yllättävää oli myös se, että taksitaksoja käytettäessä saatiin huomattavasti paremmat tulokset kaikilta osin. Hinnat olivat 25 prosenttia alemmat kuin edellisen optimoinnin parhaassa tuloksessa ja kilometrit sekä ajoajat vastaavasti 36 ja 19 prosenttia alemmat. Voidaan päätellä, että ohjelma ei käytä kalustoa tarpeeksi optimaalisesti ellei reiteille ole luotu joitain kiinteitä aloituskustannuksia siten, että uusien reittien aloittaminen tulisi kalliimmaksi kuin edellisten pidentäminen. On kuitenkin huomattava, että ohjelman tarjoamalla reitillä auto voi jossain kohtaa tyhjäntyä kokonaan ja ottaa sen jälkeen taas uusia asiakkaita kyytiin, minkä jälkeen käytännössä perittäisiin uusi aloitustaksa. Tätä tietoa ei kuitenkaan Network Analystiin voi syöttää.

Taulukkoon 11 on koottu kaikki taksitaksa-analyysin tulokset sekä auto- ja asiakaskohtaiset keskiarvot. Parhaiten asiakkaiden palvelutasoa kuitenkin kuvaavat myöhemmin esitellyt matka-aikakuvaajat, joissa näkyy, mihin aikaväliin matkojen pituudet painottuvat. Tässä taulukossa taas nähdään, että eniten suositeltavaa ratkaisua kuvaavaa vihreää näkyy vaihtoehdoissa V3 ja V4, joissa pikkubussien määrä on vähäisin ja invataksien suurin. Matka-aikojen ja -pituuksien keskiarvo kertoo, että palvelutaso voisi olla vieläkin parempi, jos katsottaisiin pelkkää keskiarvoa. Lopullinen valinta tehdäänkin hinnan ja palvelutason välillä. Taloudellisin vaihtoehto on V4, joka kustantaa 5997,66 €, mikä on laskettua nykytilaa 3701,40 € edullisempi. 200 päivän aikana tällainen säästö tekisi noin 740 000 €.

Tehtiin vielä analyysi V4 ilman päiväkeskuskuljetuksia, sillä oletuksella ettei vanhusten kuljetuksia pystytäkään käytännössä yhdistelemään helposti. Saatiin kustannuksiksi 5168,26 €, mihin lisättiin nykytilanteen päiväkeskuskustannukset 905,40 €, jolloin saatiin lopullisiksi kustannuksiksi 6073,66 €. Tämä oli noin 100 € kalliimpi kuin edullisin vaihtoehto ja siten 37 prosenttia nykytilaa halvempi, kun kaikki yhdessä optimoituina säästö olisi ollut pari prosenttia enemmän. Kalustosta väheni 6 henkilötaxia ja 8 inva-/tilataksia. Ero ei siis olisi huomattava.

**Taulukko 11. Taksitaksa-analyysin tulokset. Vihreä=hyvä, keltainen=kohtalainen, punainen=heikoin. Katsottiin, että mitä pidempi reitti autolla oli, sitä edullisempi se oli.**

	Nykytila	V1	V2	V3	V4	Bussiin 20e lisää	Busseilla päivähinta
Taksi	44	11	9	16	8	9	8
Inva/tila	69	23	29	47	43	21	1
Pikkubussi	29	40	39	0	7	50	61
<b>Yht.</b>	<b>142</b>	<b>74</b>	<b>77</b>	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>80</b>	<b>70</b>
<b>Paikkoja</b>	<b>1108</b>	<b>885</b>	<b>920</b>	<b>550</b>	<b>575</b>	<b>1005</b>	<b>965</b>
min	6767,00	5228,14	5155,58	5434,10	5331,46	5134,84	5699,09
km	3708,20	2431,02	2349,26	2704,89	2561,99	2297,36	2985,81
€	9699,06	6546,38	6401,37	6111,23	5997,66	6564,63	8381,05
min/auto	47,65	70,65	66,96	86,26	91,92	64,19	81,42
km/auto	26,11	32,85	30,51	42,93	44,17	28,72	42,65
min/asiakas	10,32	7,97	7,86	8,28	8,13	7,83	8,69
km/asiakas	5,65	3,71	3,58	4,12	3,91	3,50	4,55

### Huomioita:

- ✓ Taksitaksoja ei voi mallintaa täysin mutta niitä käyttämällä analyysissa saadaan parempia tuloksia kaikilta osin.
- ✓ Taksitaksoja käyttämällä pyrki ohjelma suosimaan invatakseja.
- ✓ Suurin kustannusero oli 3701,40€ eli lähes 40 prosenttia, mikä 200 päivän aikana tekisi noin 740 000€.
- ✓ Päiväkeskuskuljetukset voisi edelleen tehdä erikseen ilman merkittäviä kustannuslisäyksiä.

Reittioptimointia kokeiltiin myös kahdella erilaisella aluejaolla. Ensimmäisessä vaihtoehdossa jaettiin kaupunki viiteen alueeseen, joiden sisällä autot voivat liikkua. Lisäksi jätettiin muutamia reittejä avoimiksi, sillä on paljon kuljetettavia myös pidempien matkojen päästä. Toisessa analyysissä jaettiin kaupunki kolmeen alueeseen siten, että ne ulottuivat lännestä, etelästä ja idästä keskustaan. Kumpikaan malli ei kuitenkaan tuonut säästöjä, mistä voidaan päätellä, että yhdellä alueella ei ole niin paljon samoihin aikoihin ja samoihin paikkoihin kuljetettavia, että aluejako kannattaisi. Se vain rajoitti optimointimahdollisuuksia. Vaikutusta oli varmasti myös pyörätuolikaluston saatavuudella. Mikäli sitä ei ole tarpeeksi, yksikin pyörätuolilla kulkeva kuljetettava voi aiheuttaa hidastusta tai matkojen pitenemistä, kun hänet pitää sijoittaa jo aktiivisessa käytössä olevaan tai täyteen ajoneuvoon.

## 5.4. Palvelukonseptit

Esitellään lopuksi kolme arki-aamun kuljetuksiin tulosten perusteella laadittua palvelukonseptia, jotka antavat selvemmän käsityksen optimointiohjelman mahdollistamasta suunnittelusta ja hinnoittelusta. Ensimmäisessä konseptissa tutustutaan invataksisiin pohjautuvaan malliin, joka antoi optimoinnissa varsin edulliset hinnat ja matka-ajat. Sen jälkeen tarkastellaan optimoinnin perusteella pidempiä

matkoja mutta edullisempia hintoja tuottavaa tuntihinnoiteltua pikkubussimallia. Lopuksi tutkitaan vielä, olisiko korkeampaa palvelutasoa tarjoava pikkutaksimalli kannattava. Kaikissa konsepteissa ovat mukana koululaiset, kehitysvammaiset ja vanhukset eli yhteensä 656 analyysissä käytettyä tilausta.

### 5.4.1. Konsepti 1: Medium

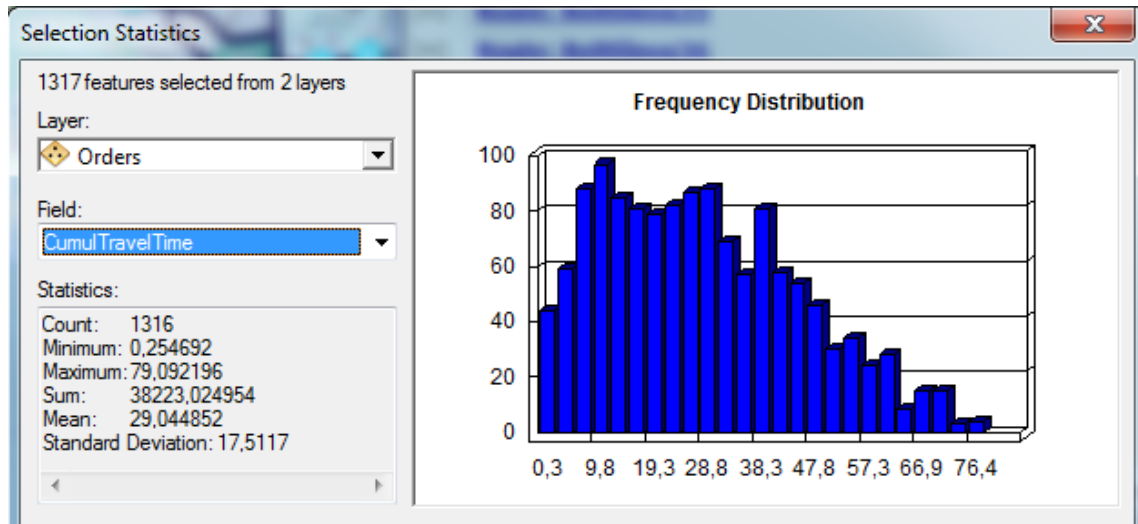
Luodaan malli käyttämällä mahdollisimman paljon inva- ja tilatakseja. Näin matkoista ei kasva pisimpiä mahdollisia mutta ei myöskään kaikista lyhyimpiä kuten pikkutakseja käytettäessä. Tällainen malli voisi ainakin analyysin V4 tulosten perusteella sopia Tampereen kokoiseen kaupunkiin. Nykyisessä mallissa inva- ja tilatakseja käytetäänkin jo eniten, mutta tässä tapauksessa kun kuljetukset on yhdistelty, on niiden tarve määrällisesti vähäisempi vaikka suhteessa niitä on edelleen eniten. Pikkubusseista luovuttaisiin suurelta osin ja myös pikkutakseja vähennettäisiin nykyiseen verrattuna, kun kuljetuksia on mahdollista yhdistellä.

Hinnoittelussa käytettäisiin edelleen nykyistä menetelmää eli tuntitaksaa pikkubusseille ja kilometritaksaa takseille. Pyörätuoleista tulisi aina invataksia käytettäessä 15 euron palvelulisä, mutta kun taksit saadaan täytettyä pyörätuolien lisäksi myös muilla matkustajilla, tasoittaa tämä hintaa. Muutoin hinnoittelussa on käytetty edellisen kappaleen taksitaksoja sekä osittain kilometri- ja osittain tuntitaksamallia busseille. Tunti-/päivähinnoittelun käyttö muuttaa analyysin tuloksia epäsuotuisampaan suuntaan, mutta tällä yhdistetyllä mallilla saadaan järkevämmät tulokset. Taulukosta 12 nähdään valittujen parametrien erot nykyiseen verrattuna. Tässä tapauksessa kaikkia parametrien arvoja on vähennetty.

**Taulukko 12. Inva- ja tilataksihin perustuvan konseptin ja nykytilan vertailu.**

	Taksi	Inva- /tilataksi	Pikku- bussi	Istuin- kapasi- teetti	Täyttö- aste	Aika (min)	Matka (km)	Hinta (€)
<b>Nyky- tila</b>	44	69	29	1108	59 %	6767	3708,2	9699,06
<b>Uusi</b>	8	43	7	517	127 %	5331,46	2561,99	5997,66
<b>Ero</b>	<b>-81,82 %</b>	<b>-37,68 %</b>	<b>-75,86 %</b>	<b>-53,34 %</b>	<b>+215 %</b>	<b>-21,21 %</b>	<b>-30,91 %</b>	<b>-38,16 %</b>

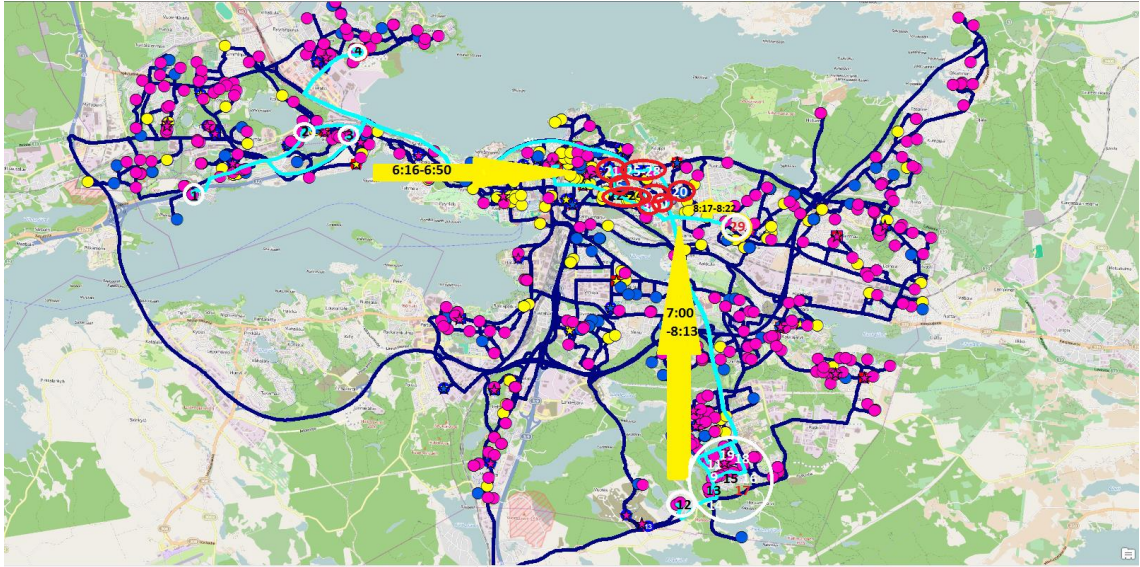
Optimointi antoi yhteensä 58 eri reittiä, jotka olivat pituudeltaan 18 minuutista 2 tuntiin ja 22 minuuttiin. Käytössä oli 8 pikkutaksia, 5 tilataksia, 38 invataksia ja 7 pikkubussia. Koska reitit eivät kuitenkaan välttämättä vastaa tarvittavien ajoneuvojen määrää, tarkasteltiin tätä vielä tarkemmin. Havaittiin, että aamun lähdöstä 80 prosenttia tapahtuu kellonaikana 6:49-7:49. Nämä matkat päättyvät välillä 8:11-9:25. Kello 8:11 on myös aikaisin lopetus kaikista reiteistä ja tämän jälkeen alkaisi 8 reittiä, joiden pituus oli noin puoli tuntia paitsi yhdellä, jonka pituus oli tunnin. Nämä pystyisi mahdollisesti yhdistelemään jo reittinsä ajaneille autoille, jolloin kaluston tarpeeksi jäisi 50. Kuvasta 25 nähdään asiakaskohtaisten reittien ajoaikakasautuma ja havaitaan, että suurin osa kuljetettavien reiteistä on alle puolen tunnin pituisia.



**Kuva 25. Medium-konseptin matka-ajat.**

Tarkastellaan yhtä invataksien reittiä, joka on kestoltaan 2 tuntia 19 minuuttia. Reitillä poimitaan yhteensä 15 henkilöä, jotka kaikki ovat tässä tapauksessa koululaisia. Autoon on laitettu kapasiteetiksi 8 paikkaa ja yksi pyörätuolipaikka. Auto aloittaa reitin hieman aamukuuden jälkeen keskustan varikolta ja menee ensin Länsi-Tampereelle, josta se ottaa kyytiin ensimmäisen kuljetettavan kello 6:16. Yhteensä se poimii kyytiin 4 koululaista, jotka se vie yhdessä Kalevanpuiston ja Liisanpuiston kouluihin. Tämän jälkeen se ajaa tyhjänä Hervantaan hakemaan yhden pyörätuolissa kulkevan koululaisen ja tuo hänet Kalevanpuiston kouluun yksin. Sitten auto ajaa takaisin Hervantaan tyhjänä ja poimii kyytiin yhteensä 8 koululaista, joista yksi on pyörätuolissa, sekä yhden Hippoksen päiväkotiin matkaavan lapsen välillä 7:19-7:45. Auton jätettyä kaikki koululaiset keskustan isoihin kouluihin, se käy vielä hakemassa yhden pyörätuolissa olevan koululaisen Takahuhdistä kello 8:17 ja vie hänet yksin Kalevanpuiston kouluun.

Kuvassa 26 nähdään, miltä alueilta kuljetettavia noudettaisiin. Niitä on yhteensä 3, joskin Hervannasta tehtiin kaksi matkaa. Kuljetettavat on ympäröity valkoisella ja kohteet punaisella. Pyörätuolit selvästi vaikuttavat optimointiin huomattavalla tavalla, sillä nämä yksittäiset kulkijat olivat molemmat pyörätuolissa, mistä voidaan päätellä, että suurempi määrä esteetöntä kalustoa voisi tehostaa optimointia.



**Kuva 26. Yhden invataksin reitti Medium-konseptissa.**

Tällä mallilla ja kuljetusten yhdistelyllä voitaisiin Network Analystin perusteella saavuttaa lähes 40 prosentin kustannussäästöt nykyiseen verrattuna. Lisäksi matkat lyhenisivät lähes kolmanneksella ja ajassakin säästettäisiin viidennes. Kyydit eivät ole läheskään aina täysiä ja myös yksittäisiä kuljetuksia on mukana. Kaluston käytön perusteella siis optimointivaraa edelleen on, mutta toisaalta kaluston kapasiteetin parempi hyödyntäminen voi kasvattaa matka-aikoja, kun yritetään pysyä aikaikkunoissa.

#### **5.4.2.                   Konsepti 2: Ikibussit**

Toisessa konseptissa pyritään käyttämään pääasiassa nykyisessä kilpailutilanteessa edulliseksi havaittua tuntihinnoiteltua pikkubussikalustoa. Koska bussit eivät peri pyörätuoleista ylimääräistä maksua, ei niitä tarvitse ottaa hinnoittelussa huomioon. Lisäksi suuri kapasiteetti antaa vapautta reittisuunnitteluun. Samalla reiteistä voi kuitenkin tulla pidempiä ja palvelutaso voi tältä osin laskea.

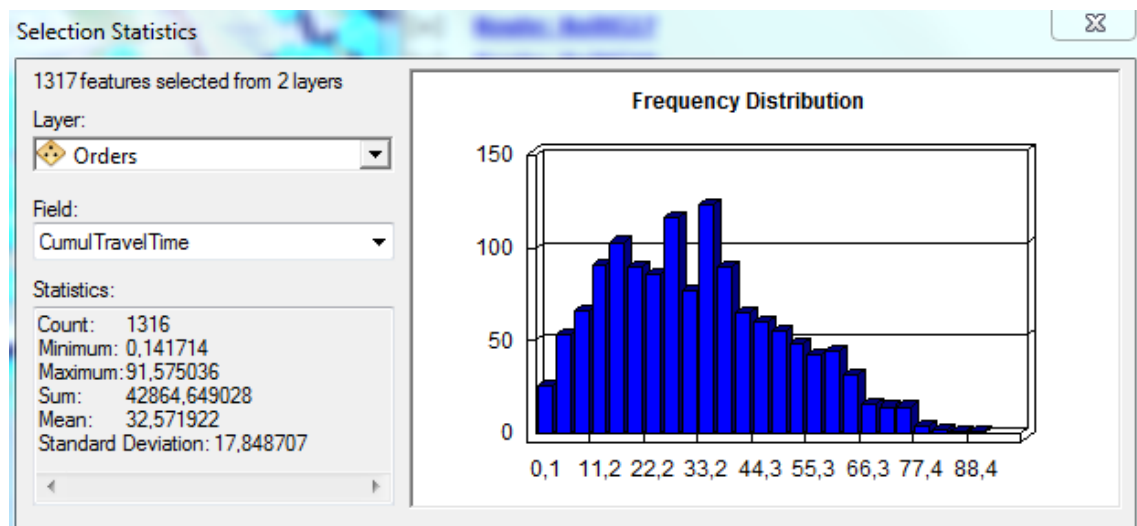
Tehtiin useampi analyysi, jotta saatiin minimimäärä busseja, joilla Network Analyst vielä suostuu reitittämään kaikki tilaukset. Lopulliseksi bussireittien määräksi saatiin 30, joista 4 oli mahdollista ajoittaa eri aikoihin, joten bussien tarve oli lopulta 26. Lisäksi tarvittiin muutama henkilötaksi ja tila-/invataksi. Lopulliset lukumäärät ovat taulukossa 13.

**Taulukko 13. Päivähinnoiteltuihin pikkubusseihin perustuvan konseptin ja nykytilan vertailu.**

	Taksi	Inva-tilataksi	Pikkubussi	Istuinkapasiteetti	Täyttöaste	Aika (min)	Matka (km)	Hinta (€)
Nykytila	44	69	29	1108	59 %	6767	3708,2	9699,06
Uusi	9	9	30	537	122 %	5657,85	2709,91	7048,26
Ero	-79,55 %	-86,96 %	3,45 %	-51,53 %	+207 %	-16,39 %	-26,92 %	-27,33 %

Tämä analyysi näyttää, että kustannuksista säästettäisiin noin neljännes. Mikäli kuitenkin otettaisiin raastasti kokonaisajoaika ja kerrotaisiin se 45 euron tuntihinnalla, saataisiin kokonaiskustannuksiksi 4243,39 euroa, mikä on alle puolet nykytilan kustannusarviosta. Tähän lukuun tulisi kuitenkin lisätä kustannuksia, sillä autot eivät voi olla joka hetki kuljettamassa asiakkaita vaan niillä on myös taukoja ja siirtymisiä. Näyttäisi silti, että lisäämällä tuntihinnoiteltua kalustoa ja yhdistämällä kuljetukset voitaisiin silti päästä kustannussäästöihin.

Tässä konseptissa reittejä on yhteensä 48. Pikkubussit lähtevät kolmea lukuun ottamatta aikavälillä 6:55 ja 7:35, joten todelliseksi bussien lukumääräksi jää 27. Myös lopusta kalustosta lähes kaikki lähtevät tuolla aikavälillä. Lopullinen kaluston tarve on siis noin 40. Kuvassa 27 nähdään miten tämä malli vaikuttaa matka-aikojen hajontaan. Kuvaaja alkaa kasvaa hitaammin oikealle, mikä tarkoittaa, että lyhyitä reittejä on vähemmän ja painotus on keskipituisissa reiteissä. Eniten matkoja kasautuu välille 25-40 minuuttia.

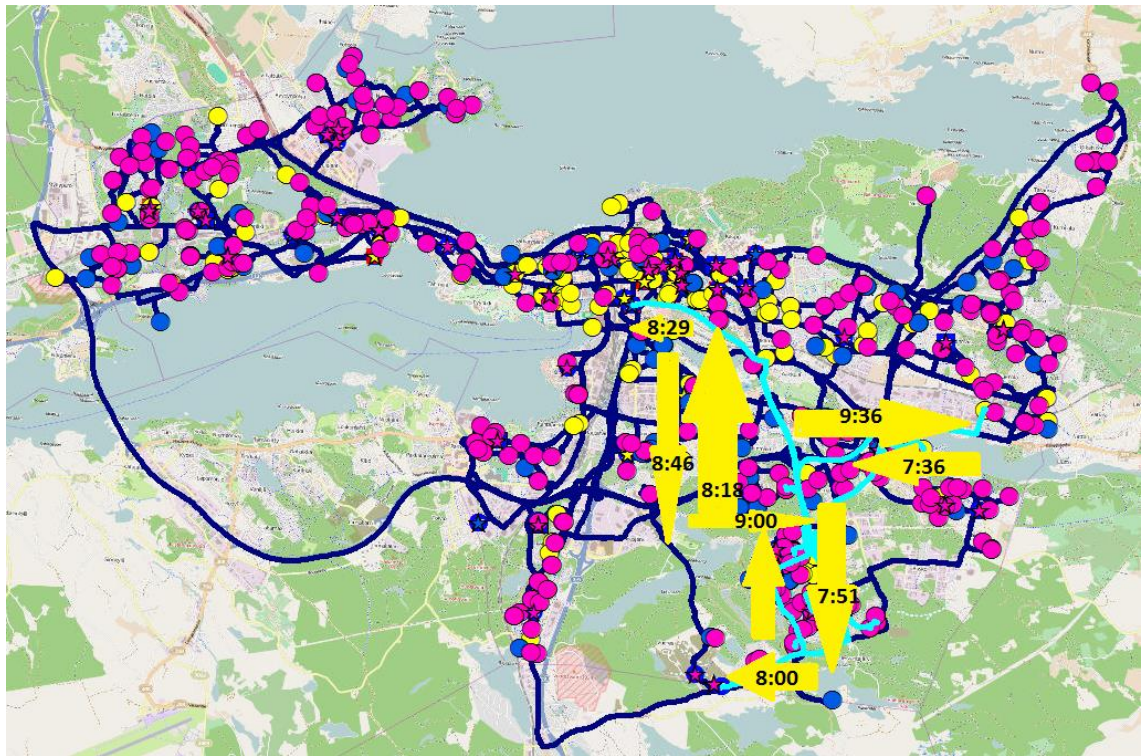


**Kuva 27. Ikibussi-konseptin matka-ajat.**

Tarkastellaan yhtä pikkubussin reittiä, jonka pituus on 2 tuntia ja 50,4 kilometriä. Kuvassa 28 on esitetty suunnat ja ajat reitin eri vaiheissa. Reitti alkaa Kaukajärveltä, mistä bussi poimii kyytiin yhden asiakkaan kello 7:36. Sen jälkeen se jatkaa Hervantaan, mistä se poimii kolme asiakasta. Kello 8:00 auto saapuu Vuoreksen koululle, minne se jättää kaksi koululaista. Sen jälkeen se palaa Etelä-Hervantaan ja poimii kyytiin yhden koululaisen. Tämän jälkeen auto jättää kaikki kyydissä olevat

Pohjois-Hervannan koululle. Tyhjä auto saapuu hakemaan yhden pyörätuolissa olevan työkyyttiläisen kello 8:18 samalta alueelta ja vie hänet yksin keskustan Sinikelloon. Seuraavaksi tyhjä auto ajaa Hallilaan, josta se poimii yhden matkustajan ja tämän jälkeen toisen Etelä-Hervannasta. Se jättää yhden matkustajan Pohjois-Hervannan koululle ja hakee vielä neljä asiakasta Hervannasta. Kello 9:00 auto jättää kaikki viisi kyydissä olevaa henkilöä Keinupuistoon Hervantaan. Lopuksi auto palaa Kaukajärvelle, missä se kerää kyytiin kaksi asiakasta ja vie heidät Kaukaharjuun klo 9:36. Huomioitavaa on, että analyysiä tehdessä tämän auton lähtö- ja lopetuspisteiksi on annettu Kaukajärvi, mikä on vaikuttanut reitityksen muodostukseen.

Enimmillään autossa oli kerrallaan 5 matkustajaa, joten kapasiteettia ei hyödynnetty kokonaan eikä myöskään konseptin yksi tasolla. Yhteensä reitillä oli 14 matkustajaa, jotka olivat kaikista kolmesta erityisryhmästä. Selkeää kuvaa tästä on hankala piirtää, sillä kuljetettavat ovat pienemmältä alueelta kuin edellisessä tapauksessa ja kuljetukset on ketjutettu varsin tiiviisti.



**Kuva 28.** Yhden pikkubussin reitti Ikibussi-konseptissa.

Tällä mallilla ja kuljetusten yhdistelyllä voitaisiin laskelmien mukaan saavuttaa noin 27-50 prosentin kustannussäästöt. Matka-aika ja matkan pituus sen sijaan kasvaisivat edellisestä vaihtoehdosta eli kuljetettavien palvelutaso laskisi jonkin verran konseptiin 1 verrattuna. Mikäli kuitenkin saataisiin tarkasti laskettua kustannukset, voisi tästä saada varteenotettavan mallin.

### 5.4.3. Konsepti 3: Näpsäkkä

Kolmannessa konseptissa painotetaan pikkutakseja, joilla asiakkaiden kokema palvelutaso paranee, mutta mikä saattaa samalla nostaa kustannuksia. Toisaalta matkojen lyhenemisellä voi olla positiivisia vaikutuksia myös tilaajan näkökulmasta. Hinnoittelussa on käytetty aloitus- ja kilometritaksoja aiemman analyysin mukaisesti. Näin on pyritty saamaan reiteistä mahdollisimman pitkiä.

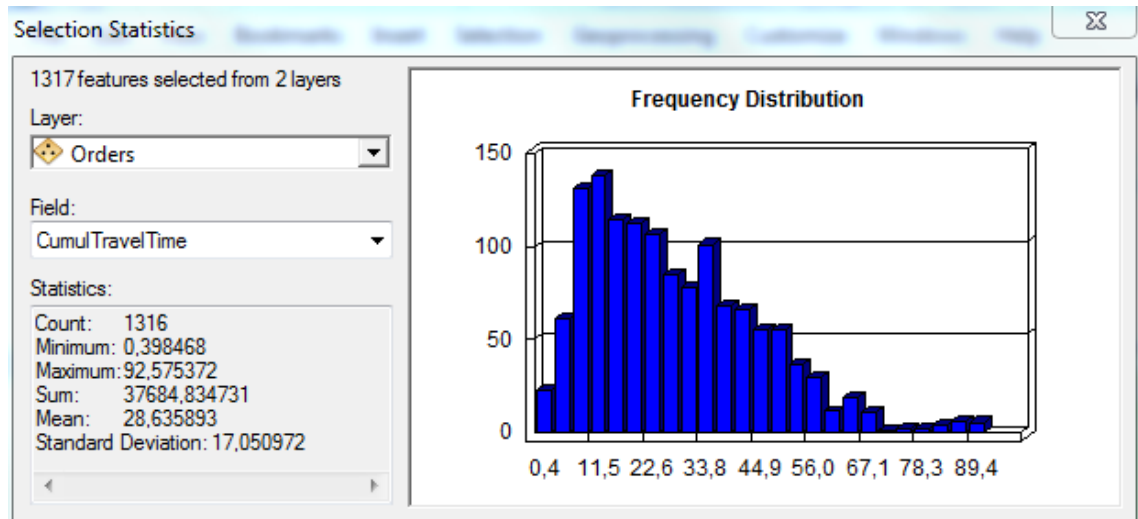
Jonkin verran oli pakko käyttää invatakseja, sillä aamun liikenteessä on kello 8:00-9:00 välillä kuljetuksessa noin 50 pyörätuolia käyttävää matkustajaa. Lopulliseen ratkaisuun tuli taulukon 14 mukaisesti 29 invataksia ja 46 henkilötaksia, mikä on suunnilleen sama kuin nykyinen määrä. Invataksien määrää taas oli mahdollista laskea, kun kuljetukset yhdisteltiin. Pikkutaksien reiteistä noin 40 alkoi välillä 6:50-7:40 ja muutama myöhemmin. Lähes kaikki invataksit lähtivät välillä 7:00-8:00. Lopulliseksi kaluston tarpeeksi voi siis arvioida noin 38 pikkutaksia ja 23 invataksia. Invataksien reitit olivat pääasiassa 1,5-2 tuntia ja pikkutaksien 1-2 tuntia.

**Taulukko 14. Henkilötakseihin perustuvan konseptin ja nykytilan vertailu.**

	Taksi	Inva- /tilataksi	Pikku- bussi	Istuin- kapasi- teetti	Täyttö- aste	Aika (min)	Matka (km)	Hinta (€)
<b>Nyky- tila</b>	44	69	29	1108	59 %	6767	3708,2	9699,06
<b>Uusi</b>	46	29	0	445	147 %	6134,42	3419,99	7272,89
<b>Ero</b>	<b>4,55 %</b>	<b>-57,97 %</b>	<b>-100,00 %</b>	<b>-59,84 %</b>	<b>+250 %</b>	<b>-9,35 %</b>	<b>-7,77 %</b>	<b>-25,01 %</b>

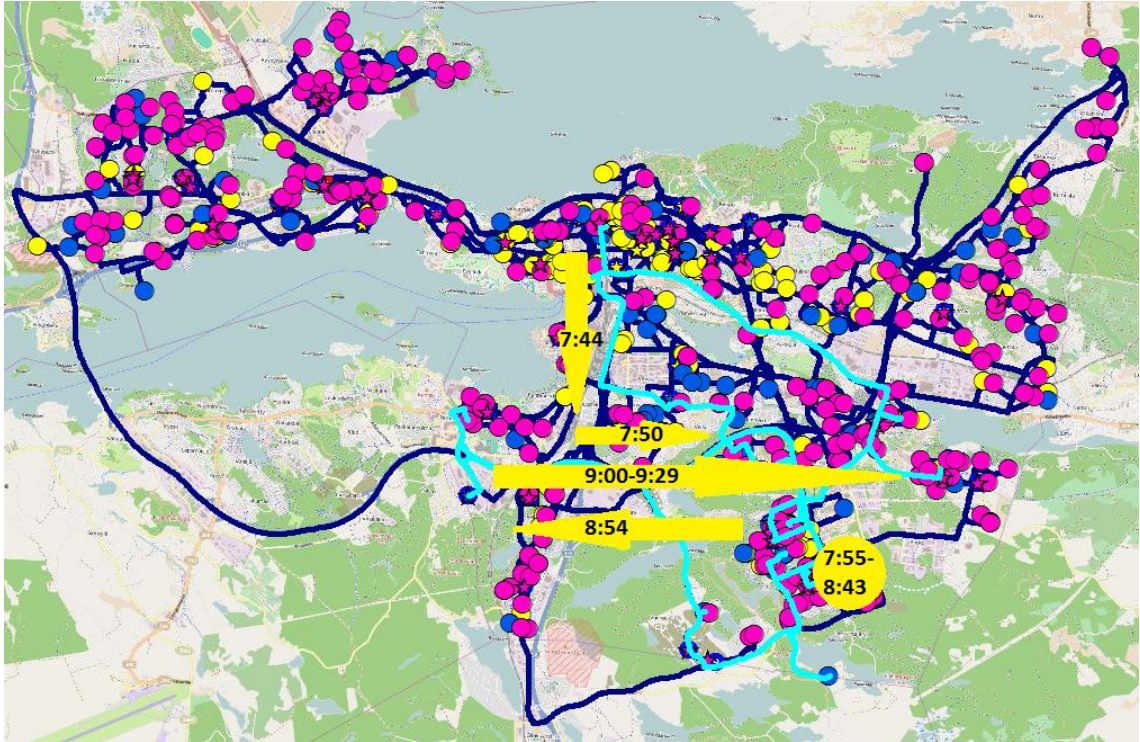
Tällä mallilla olisi analyysin perusteella mahdollisuus säästää kustannuksista neljännes. Sen sijaan kokonaisaika ja –matka lyhenevät esitellyistä konsepteista kaikista vähiten. Tämä ei kuitenkaan kerro välttämättä koko totuutta, kun reittejä on enemmän ja autoihin mahtuu kerrallaan vähemmän matkustajia. Todellinen matka-aikojen hajonta nähdään kuvasta 29 eli selkeä painotus on lyhyisiin matkoihin, aikavälille 10-25 minuuttia, minkä jälkeen matkojen pituudet alkavat jyrkästi laskea.





**Kuva 29.** Näpsäkkä-konseptin matka-ajat.

Tarkastellaan yhtä pikkutaksin reittiä, jonka pituus on 2,5 tuntia ja 62 kilometriä. Reitti on laitettu alkamaan muiden pikkutaksien mukaisesti keskustasta ja lähtö on kello 7:39. Auto ajaa Nekalan ja Hallilan kautta Hervantaan poimien matkalta auton täyteen matkustajia. Hervannassa ja Vuoreksessa se kiertää noin 45 minuuttia vieden oppilaita kouluille ja hakien uusia. Lopuksi autossa on kolme työkyttelijää, jotka se vie Sarankulmaan Nuutinsoppiin. Tämän jälkeen se hakee Nuolialasta yksittäisen matkustajan ja vie hänet Pohjois-Hervannan kouluun. Lopuksi auto hakee vielä yksittäisen päiväkeskusasiakkaan Kaukajärveltä ja vie hänet Kaukaharjuun. Parhaimmillaan autossa oli koko kapasiteetti käytössä, kun se vei oppilaita kouluihin Hervannassa. Kuvasta 30 nähdään, millä alueilla auto liikkuu mihinkin aikaan.



**Kuva 30. Yhden henkilötaksin reitti Näpsäkkä-konseptissa.**

Asiakkaiden palvelutaso olisi siis konseptia kaksi parempi, mutta todennäköisesti tämä vaihtoehto tulee tilaajalle kalliimmaksi, sillä säästö on noin 25 prosenttia kun konseptissa kaksi se voi olla jopa 50 prosenttia, riippuen lopullisesta tuntimäärästä. Kilometrihinnoiteltua ajoa on tarkastelussa helpompi arvioida hinnan kannalta.

#### **5.4.4. Konseptien vertailu**

Kaikki kolme konseptia oli valittu, sillä perusteella, että niissä käytetyistä parametreista oli löytynyt jotain edullista tilaajan tai asiakkaan kannalta. Invataksit tulivat analyysin perusteella kaikista edullisimmaksi, mutta eivät välttämättä hyödyntäneet koko kapasiteettia jokaisella matkalla. Pikkubussit saattavat tulla vielä edullisemmaksi, sillä ne eivät peri pyörätuoleista ylimääräistä ja niihin mahtuu eniten matkustajia, mikä mahdollistaa tehokkaamman toiminnan. Ongelmaksi muodostuu se, että niille pitää saada työtä koko päiväksi, jotta alhainen hinta mahdollistuu, ja Tampereen kaltaisessa kaupungissa tällaisia isoja täysiä kyytejä ei ole tarjolla kovin paljoa vaan yksittäisiä kuljetuksia tulee väkisinkin. Mikäli pikkubusseja ei saada käytettyä tarpeeksi suurella kapasiteetilla, voi hinta noustakin liian korkeaksi. Henkilötakseilla saavutetaan varsin hyvä kapasiteetin käyttöaste ja lyhyet matkat. Asiakkaan palvelutaso on konseptissa 3 korkeimmalla, mutta kustannussäästöt ovat vähäisimmät. Mikäli katsotaan hintaa ja palvelutasoa yhdessä, vaikuttaa konsepti 1 edullisimmalta vaihtoehdolta kaikkien kannalta.

## 5.5. Haasteet ja mahdollisuudet

Tehtyjen optimointien perusteella voidaan todeta, että suurelta osin Network Analyst soveltuu kunnallisten ryhmäkuljetusten suunnitteluun. Ohjelmaan voidaan syöttää kuljetettaville aikaikkunat ja apuvälineet sekä luoda näihin ehtoihin sopivat reitit. Jonkin verran ongelmia tuottaa aikaikkunoiden rikkominen, mitä ei voida kokonaan estää. Niitä voidaan kuitenkin vähentää niin paljon, ettei reittikohtaisia rikkomuksia tule juuri muutamaa minuuttia enempää.

Mikäli käytössä oleva kalusto on tiedossa, voidaan sen tiedot syöttää helposti ohjelmaan ja optimoida sopivat reitit. Ohjelma ei kuitenkaan tunnista autoja erikseen vaan luo jokaiselle oman reitin, joten mikäli yhtä autoa haluttaisiin käyttää kahteen eri aikaan, pitäisi luoda kaksi reittiä tämän auton tiedoilla. Tämän vuoksi kaluston käytön suunnittelu on ohjelmalla haastavampaa kuin itse reittioptimointi. Myöskään kaluston kapasiteetin käyttöastetta ei ohjelmalla ilmeisesti voi seurata.

Mikäli on tiedossa tällä hetkellä käytössä olevat reitit, ne voi syöttää ohjelmaan ja saada sitä kautta tieto tämänhetkisistä ajoajoista ja matkojen pituuksista. Näin voidaan tehdä myös uusia analyyseja ja vertailla saatuja tuloksia nykyiseen käytäntöön, kuten tässä työssä on tehty.

Käytetty hinnoittelumalli vaikuttaa hyvin paljon ohjelman valitsemaan kalustoon, aivan kuten myös tilaajalle hinnoittelumallilla on suuri merkitys lopullisten kustannusten kannalta. Havaittiin, että ohjelma ei itsessään pyri minimoimaan kaluston käyttöä ellei reiteille aseteta jotain kiinteää hintaa mahdollisten kilometrikohtaisten kulujen lisäksi. Tällöin saadaan hyödynnettyä kapasiteettia parhaiten ja samalla alennettua kuluja. Ohjelmalla on siis mahdollista selvittää millaisia kustannussäästöjä olisi vielä mahdollista saavuttaa nykytilaan verrattuna.

Kun vaihdellaan ohjelmaan syötettävää kalustotyyppiä, saadaan myös erilaisia matka-aikoja asiakkaille. Näitä voi vertailla, kuten edellä olevissa konsepteissa on tehty, ja siten saada jonkinlainen käsitys asiakkaan kokemasta palvelutasosta. Network Analystia voi siis tällä tavalla käyttää myös palvelutasoa analysoitaessa.

Network Analyst soveltuu lähinnä yleispiirteiseen suunnitteluun. Siihen on mahdollista tuoda useita kuljetettavia, joilla on erilaisia tarpeita, ja yhdistellä näitä samoihin ajoneuvoihin optimaalisen tuloksen saavuttamiseksi. Koska erityiskuljetuksissa on kuitenkin paljon erityispiirteitä, joudutaan saatuja reittejä korjailemaan käsin jonkin verran. Esimerkiksi sellaiset henkilöt, jotka eivät voi olla jonkun tietyn henkilön kanssa samassa kuljetuksessa, tulee lisätä jollekin toiselle reitille erikseen. Yksinkuljetettavien tuominen ohjelmaan on turhan monimutkaista, ja koska heitä oli tässä tutkimuskohteessa niin vähän, ei tämä välttämättä olisi edes ollut tarpeellista. Myös tarkkojen aikojen syöttäminen ohjelmaan monimutkaistaisi reititystä turhan paljon,

joten kannattaa enemmän syöttää aikaikkuna ja sitten noudattaa ohjelman lopullisessa reitityksessä tarjoamaa aikaa.

Vaikuttaa siltä, että ohjelman edut tulevat esiin erityisesti suurien kokonaisuuksien optimoinnissa. Yritettäessä optimoida sadan asiakkaan kokonaisuutta, ei hyötyjä juuri saavutettu mutta määrän kasvaessa useisiin satoihin, alkoi eroja ilmetä. Pienissä kunnissa saavutetaan todennäköisesti suunnilleen yhtä hyvät tulokset käsin suunnittelemalla. Kun useiden kuntien kuljetuksia aletaan yhdistellä, voi tilanne kuitenkin muuttua.

## 6. YHTEENVETO

### 6.1. Johtopäätökset

Kuljetussuunnittelussa oleelliseen osaan nousee keskittäminen. Kun suunnittelu keskitetään, vapautuu koulujen ja sosiaalitoimen resursseja muihin töihin ja samalla pystytään perehtymään tarkemmin kuljetusten tilanteeseen sekä niiden tehostamiseen. Kun kuljetukset yhdistetään isoiksi kokonaisuuksiksi, on mahdollista toteuttaa ne edullisemmin ja optimaalisemmin, sillä kuljetusyrietykset ovat halukkaampia tekemään tarjouksia, kun työtä on tiedossa paljon ja luotettavasti. Tilaajan tulee tässä kohtaa tehdä tärkeä valinta hinnoittelumallin suhteen. Ulkomaisten esimerkkien mukaan yhdistetyt mallit antaisivat parhaan tuloksen molemmille osapuolille, mutta käytännössä Suomessa on paljon käytetty kilometripohjaisia malleja. Mikäli olisi kuitenkin kohtuullinen varmuus kuljetusten toteutumisesta, voisi jonkinlainen yhdistetty malli tuoda enemmän tarjouksia sekä varmistaa asiakkaalle hyvän palvelutason, kun liikennöitsijällä on jo varmuus tietystä tulon määrästä. Tämän vuoksi olisi hyvä pystyä suunnittelemaan kuljetukset tarkkaan etukäteen, jotta yllätyksiä ei tilaajalle tulisi. Samalla se kuitenkin muuttuu haastavaksi, kun kuljetettavia ja kohteita on paljon ja ryhmillä on omia erityistarpeita. Vaikka tehtäisiin tarkka suunnitelma kerran vuodessa, ei tule unohtaa myös muita jatkuvia tehostamismahdollisuuksia. Palautetta kannattaa kerätä niin asiakkailta kuin myös kuljettajilta, jotka saattavat tietää uusia yhdistelymahdollisuuksia.

Hämeenlinnassa, Nurmijärvellä ja Keski-Savossa on onnistuneesti jo yhdistelty eri ryhmäkuljetuksia eikä tämän ole havaittu aiheuttaneen aikatauluongelmia. Tämä johtuu myös siitä, että eri koulut ja päiväkeskukset aukeavat hieman eri aikoihin. Aikojen porrastuksen onkin todettu nousevan suurempaan osaan, kun matkakohteiden määrä kasvaa. Ainakin siinä vaiheessa, kun samalla alueella on toistasataa kohdetta, tulisi porrastusta harkita, mikäli sitä ei vielä ole tehty.

Kaluston valinta herättää edelleen kysymyksiä. Pienemmissä kunnissa pyritään käyttämään isompaa kalustoa, mutta tiheästi asutuilla alueilla voisi pienelläkin kalustolla päästä edullisiin tuloksiin, kun autot pystytään täyttämään nopeasti uudestaan, ja samalla tämä myös nostaisi asiakkaiden palvelutasoa, kun matkat lyhenevät. Vaasassa on pikkubussi koettu optimaalisimman kokoiseksi ja niitä on Tampereella käytetty paljon myös vanhusten päiväkeskuskuljetuksissa sekä koulukuljetuksissa. Kaikista eniten Tampereella on kuitenkin tähän asti käytetty invatakseja mutta ne eivät ole aina olleet optimaalisessa käytössä. Mikäli ryhmät yhdistettäisiin, saataisiin paljon tyhjiä paikkoja täytettyä ja tulosten mukaan myös matka-aikoja laskettua. Analyysien mukaan invataksi olisi kustannustehokkain vaihtoehto, mikäli hinnat lasketaan pelkästään kilometrien perusteella. Myös matka-ajat olisivat tässä tapauksessa kohtuulliset. Mikäli nämä kuitenkin vaihdettaisiin päivähinnoiteltuihin pikkubusseihin

ja oletettaisiin, että bussit saadaan työllistettyä loppupäiväksi, olisi tulos vielä edullisempi.

Optimointiohjelman käyttö ei vaikuta olevan tarpeellista siinä vaiheessa, kun kuljetettavia on sata tai vähemmän, sillä tällaiset kokonaisuudet pystytään suunnittelemaan melkein yhtä tehokkaasti käsin. Myös haja-asutusalueella, missä kuljetettavia ja siten myös reittivaihtoehtoja ei ole runsaasti, ei optimointiohjelmalla välttämättä saavuteta etuja. Kuljetettavien määrän kasvaessa tarve kuitenkin nousee. Samalla on silti tärkeää varata aikaa ohjelmaan tutustumiseen ja kaikkien sen erikoisuuksien hahmottamiseen, sillä hyvin pienetkin puutteet tiedoissa voivat haitata optimaalisten tulosten saamista. Ajan puute tuntuu tällä hetkellä olevan monessa tapauksessa este ohjelman käyttöönotolle.

Tässä työssä optimointiohjelmalla saatiin varsin hyvin mallinnettua nykytilannetta sekä reititettyä tilauksia. Ajoreitit vaikuttivat realistisilta ja kun kokeiltiin erilaisia kalustokokonaisuuksia, saatiin optimoituja niiden käyttö paremmin. Ohjelmalla pystyi myös tekemään erilaisia hintavertailuja ja katsomaan miten eri-kokoinen kalusto vaikuttaa hinnan muodostukseen ja millaiset tekijät laskevat hintaa. Havaittiin, että hintoja laskevat invataksien suuri osuus, mahdollisimman pitkät reitit, joissa auto tyhjenee aina välillä, pikkubussien rajaaminen vain muutamaan sekä se, että reittien annettiin levittäytyä koko kaupungin alueelle. Tampereen kokoisessa kaupungissa aluejaon ei nähty antavan säästöjä vaan lähinnä rajoittavan ajoneuvojen käyttöä ja pidentävän asiakaskohtaisia matkoja. Olisikin hyvä, jos autot olisivat mahdollisimman pitkään yhtäjaksoisessa ajossa, sillä reitin aloituskustannukset ovat suuremmat kuin ajoajan pidentäminen. Tämä myös tukee sitä, että reitit voisivat vapaasti kiertää suurella alueella, josta ne saisivat matkustajia jatkuvasti kyytiin. Lisäksi voisi harkita tyhjien paikkojen myymistä myös muille matkustajille.

## 6.2. Työn arviointi

Työ eteni nopeasti sen jälkeen, kun kaikki tarvittava materiaali saatiin käyttöön. Aluksi meni jonkin verran aikaa aihealueeseen ja ajankohtaisiin asioihin tutustumiseen, minkä jälkeen oli helpompi tehdä tarvittavat haastattelut. Haastetta tuotti kartta-aineiston puute käytössä olevaa ArcGIS Network Analystia varten. Menikin useita viikkoja ennen kuin sopiva aineisto löytyi. Seuraavien kahden kuukauden aikana tehtiin noin sata analyysiä ja siitä saatiin paljon arvokasta tietoa työtä varten, joten voidaan katsoa, että ohjelmalla oli hyvin suuri merkitys työn lopullisen sisällön kannalta. Pelkkä kirjallisuus- ja haastattelututkimus olisi antanut päättelytyöhön jonkin verran ohjenuoria mutta ohjelman tarjoamat tulokset osoittivat käytännössä, millaisia kustannussäästöjä eri suunnitteluperiaatteet toivat.

Työssä olisi voinut tutustua vielä syvällisemmin eri ulkomaiden esimerkkeihin. Kyselyt päättyivät pääasiassa siihen, että saatiin tietää, mikä ohjelma heillä oli käytössä, mutta oli vaikea selvittää tarkemmin millä periaatteilla nämä ohjelmat toimivat ja siten kerätä

siitä tietoa tähän työhön. Myöskään kaluston valintaan ei ulkomailta osattu kommentoida muuta kuin, että se valitaan kuljetettävien määrän ja erityistarpeiden perusteella. Suomesta saatiin kuitenkin hyvinkin yksityiskohtaista tietoa, mikä kertoi siitä että aihe on tällä hetkellä tärkeä ja haastattelut antoivat arvokkaan lisän työhön.

Työssä saavutettiin se mitä lähdettiin tekemään, eli selvitettiin mitkä ovat oleelliset parametrit ryhmäkuljetuksia suunnitellessa ja miten niitä voisi hyödyntää Tampereen nykytilanteessa. Hinnoittelun monimutkaisuuteen liittyvät yksityiskohdat alkoivat valjeta tarkemmin vasta työn loppuvaiheessa, mutta onneksi ne ehdittiin vielä ottamaan mukaan analyyseihin ja niiden avulla saatiin entistä selkeämpi käsitys säästömahdollisuuksista.

Työn lopputulokset kertovat, että Tampereella olisi säästöpotentiaalia ryhmäkuljetuksissa ja että kuljetusten yhdistely on realistinen vaihtoehto, mutta vaatisi paljon esivalmistelua sekä suunnittelun että tiedottamisen suhteen. Tulevaisuudessa tähän kannattaa kuitenkin pyrkiä, jotta pysytään hallituksen säästötavoitteissa.

## LÄHTEET

- ArcGIS Resources. 2014. Algorithms used by the ArcGIS Network Analyst extension [WWW]. Esri. Julkaistu 2.7.2014, [viitattu 25.8.2014]. Saatavissa <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//004700000053000000>.
- Black, A. 1995. Urban Mass Transportation Planning. McGraw-Hill Inc., Singapore, s. 182-183, 198.
- Bräysy, O., Arola, J., Dullaert, W., Väisänen, J. 2012. Planning Strategies for Home Care Services. Joensuu, North-Karelia University of Applied Sciences. 26 s.
- Bräysy, O. "Optimoinnilla tuloksia terveydenhuollon logistiikassa." Helsinki, Terveydenhuollon logistiikkapäivä 2.4.2014.
- Chronicle, Edward; MacCregor, James M.; Ormerod, Thomas. 2006. "Optimizing and "Pessimizing": Human Performance with Instructional Variants of the Traveling Salesperson Problem". University of Victoria. The Journal of Problem Solving • volume 1, no. 1 (Fall 2006), s. 74-82.
- CMS. 2010. Overview Report: Student Transportation Operations (STO). Charlotte-Meckleburg Schools Board of Education. 71 s.
- Edmonton Student Transportation. 2014. Edmonton Public School Board & Edmonton Catholic School District Consortia Model Feasibility Study. Edmonton Catholic School District & Edmonton Public School Board. 49 s.
- Esri. 2008a. "Kuljetusten optimointi alkaa herättää kiinnostusta kunnissa" [WWW]. Esri Finland Oy. Julkaistu 2008, [viitattu 9.4.2014]. Saatavissa: <http://www.esri.fi/toimialat/kunnat/kuntien-logistiikka/kiinnostusta-kunnissa/index/>.
- Esri. 2008b. "Reitinoptimointi avuksi" [WWW]. Esri Finland Oy. Julkaistu 2008, [viitattu 17.4.2014]. Saatavissa <http://www.esri.fi/toimialat/kunnat/kuntien-logistiikka/reitinoptimointi-avuksi/index/>.
- Harju, E., Koljonen A. Palaveri 24.4.2014.
- Heilimo, Pirjo. 2014. Kuljetussuunnittelija. Nurmijärven kunta. Puhelinhaastattelu 4.9.2014.
- Henkilöliikenne Tampereella. 2012. Tampereen Logistiikan sisäinen aineisto. 18.6.2012.
- Hynninen, Taru. Hankinta- ja logistiikkapäällikkö. Keski-Savon logistiikkayksikkö. Puhelinhaastattelu 9.6.2014.



Hämeenlinnan joukkoliikenne. 2014. Tarjouspyyntö, henkilökuljetukset. Liite 2: Kilpailukohteiden määrittely. Hämeenlinnan kaupunki. 19.5.2014.

Invalidiliitto. 2014. Kommentit henkilökuljetusten uudistamisesta [WWW].  
Invalidiliitto. Julkaistu 2.4.2014 [viitattu 8.4.2014]. Saatavissa:  
[http://www.invalidiliitto.fi/portal/fi/invalidiliitto/lausunnot\\_ja\\_kannanotot?bid=1124](http://www.invalidiliitto.fi/portal/fi/invalidiliitto/lausunnot_ja_kannanotot?bid=1124).

Kaartokallio, Maarit. 2014. Joukkoliikennekoordinaattori. Hämeenlinnan kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut. Sähköpostihaastattelu 17.6.2014.

KH § 189. Kantelu Saarijärven kaupunginhallitukselle esikoulukyydeistä: vastaus kanteluun. Kaupunginhallitus 9.9.2013.

Kela. 2013. Kuljetuspalvelujen tuottajat [WWW]. Julkaistu 19.10.2012, päivitetty 19.12.2013 [viitattu: 9.4.2014]. Saatavissa: <http://www.kela.fi/kuljetuspalvelut>.

Koljonen, Antti. 2013. Erityislasten koulukuljetukset Tampereella. Koulukuljetuspäivät 7.2.2013.

Kuha, Jussi. 2014. Hallintosihteeri. Helsingin opetusvirasto. Haastattelu 21.5.2014.

Kuljettajaohje. 2014. Erityislasten koulukuljetus. Tampereen Logistiikan sisäinen aineisto.

Kuljetuspalvelun palvelukuvaus. 2014. Helsingin peruskoulun ja päivähoiton erityiskuljetuspalvelun palvelukuvaus. Helsingin opetusvirasto.

Kuntaliitto. 2013. Joukkoliikenne ja henkilökuljetukset kehittämispaineiden alla [WWW]. Satakunnan liikenneturvallisuus ja koulukuljetusseminaari 2.10.2013 Silja Siltala [viitattu 14.4.2014]. Saatavissa:  
<http://www.pori.fi/tpk/kadutjaliikenne/liikenne/liikenneturvallisuus/karhukuntienliikenneturvallisuustyö/satakuunnanliikenneturvallisuus-jakoulukuljetusseminarit.html>.

Kuntaliitto. 2014a. Tilaaaja-tuottaja-toimintatavan käsitteitä [WWW]. Suomen kuntaliitto. [Viitattu 15.5.2014]. Saatavissa:  
<http://www.kunnat.net/fi/palvelualueet/jarjestaminen/tiltu/kasitteita/tiltumalli/Sivut/default.aspx>.

Kuntaliitto. 2014b. ”Koulukuljetusten tila kunnissa vuonna 2013” [WWW]. Koulukuljetuspäivät 6.-7.2.2014, kehittämispäällikkö Juha Karvonen [viitattu 20.5.2014]. Saatavissa:  
<http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/opeku/opetus/perusopetus/koulukuljetus/Sivut/default.aspx>.

Kuntaliitto. 2014c. ”Koulukuljetus” [WWW]. Julkaistu 14.2.2014 [viitattu 23.5.2014]. Saatavissa:

<http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/opeku/opetus/perusopetus/koulukuljetus/Sivut/default.aspx>.

L 23.6.1977/519. Laki kehitysvammaisten erityishuollosta.

17.9.1982/710. Sosiaalihuoltolaki.

L 3.4.1987/380. Laki vammaisuuden perusteella järjestettävistä palveluista ja tukitoimista.

L 3.8.1992/734. Laki sosiaali- ja terveydenhuollon asiakasmaksuista.

L 4.12.1992/1256. Asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista.

L 17.3.1995/365. Kuntalaki.

L 21.8.1998/628. Perusopetuslaki.

L 13.11.2009/869. Joukkoliikennelaki.

L 28.12.2012/980. Laki ikääntyneen väestön toimintakyvyn tukemisesta sekä iäkkäiden sosiaali- ja terveystalvveluista.

L 21.12.2004/1224. Sairausvakuutuslaki.

L 15.7.2005/566. Laki Kansaneläkelaitoksen kuntoutusetuuksista ja kuntoutusrahaetuuksista.

L 30.3.2007/348. Laki julkisista hankinnoista.

Laatukäsikirja. 2013. Ikäihmisten päiväkeskuskuljetusten käytännöt. Tampereen Logistiikan sisäinen aineisto.

Liikennevirasto. 2012. Keski-Savon talousalueen henkilökuljetusten kokonaissuunnitelma 2012. Helsinki, Liikenneviraston suunnitelmia 5/2012. 55 s.

Liikenteen turvallisuusvirasto. 2013. Ajokorttiluokat 19.1.2013 alkaen [WWW]. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. [Viitattu 22.5.2014]. Saatavissa: [http://www.trafi.fi/tieliikenne/ajokortit\\_ja\\_tutkinnot/ajokorttiluokat#D1](http://www.trafi.fi/tieliikenne/ajokortit_ja_tutkinnot/ajokorttiluokat#D1).

London Councils. 2006. Procurement of home to school transport services for pupils with Special Educational Needs in London. Lontoo, Department for Education and Skills. 21 s.

LV. 2013. Julkisen liikenteen suoritetilasto 2011. Helsinki, liikennevirasto. 47 s.

LVM. 2013a. ”Hallitus aloittaa henkilöliikenteen uudistamisen” [WWW]. Helsinki, liikenne- ja viestintäministeriö. Julkaistu 16.5.2013 [viitattu: 2.4.2014]. Saatavissa: <http://www.lvm.fi/tiedote/4147905/hallitus-aloittaa-henkiloliikenteen-uudistamisen>.

LVM. 2013b. Asettamis päätös [WWW]. Helsinki, liikenne- ja viestintäministeriö. Julkaistu 17.9.2013 [viitattu: 2.4.2014]. Saatavissa:

[http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/uutisia/2013/henkilokuljetus/169VIIMAsettamispaatoskirje\\_LVM070\\_00\\_2013.pdf](http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/uutisia/2013/henkilokuljetus/169VIIMAsettamispaatoskirje_LVM070_00_2013.pdf).

LVM. 2013c. Julkisesti tuettujen henkilökuljetusten rahoituksen ja toimintatapojen kehittäminen. Helsinki, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 11/2013. 42 s.

LVM. 2013d. Joukkoliikenteen rahoitus. Helsinki, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 12/2013. 42 s.

LVM. 2014. ”Linja-autoliikenteen muutokset alkavat näkyä kesällä” [WWW]. Helsinki, Liikenne- ja viestintäministeriö. Julkaistu 6.5.2014 [viitattu: 13.5.2014]. Saatavissa:

<http://www.lvm.fi/tiedote/4399711/linja-autoliikenteen-muutokset-alkavat-nakya-kesalla>.

MacCregor, James M., Chu, Yun. 2011. “Human Performance on the Traveling Salesman and Related Problems: A Review”. University of Victoria. The Journal of Problem Solving • volume 3, no. 2 (Winter 2011). Saatavissa

<http://dx.doi.org/10.7771/1932-6246.1090> [Viitattu 1.7.2014]. 29 s.

Chronicle, Edward; MacCregor, James M.; Ormerod, Thomas. 2006. “Optimizing and “Pessimizing”: Human Performance with Instructional Variants of the Traveling Salesperson Problem”. University of Victoria. The Journal of Problem Solving • volume 1, no. 1 (Fall 2006), s. 74-82.

Myllylä, Jaana. Hallintosihteeri. Saarijärven kaupunki, sivistyspalvelut. Haastattelu sähköpostilla 2.6.2014.

Nurmijärvi. 2013a. Nurmijärven kunnan henkilökuljetusopas 1.4.2013 alkaen. Nurmijärven kunta. 18 s.

Nurmijärvi. 2013b. Kehitysvammahuollon palvelut [WWW]. Nurmijärven kunta. [Viitattu 11.4.2014]. Saatavissa [http://m.nurmijarvi.fi/perhe\\_ja\\_hyvinvointi/perhe\\_ja\\_sosiaalipalvelut/vammaispalvelut/kehitysvammahuolto](http://m.nurmijarvi.fi/perhe_ja_hyvinvointi/perhe_ja_sosiaalipalvelut/vammaispalvelut/kehitysvammahuolto).

Nayati Mohammed Abdul Khader. 2008. School Bus Routing and Scheduling using GIS. University of Gävle.

Myllyniemi, Suvi. 2014. Kuljetussihteeri. Tampereen Logistiikka, Tampere. Haastattelu 15.4.2014.

Ormerod, Tom; Slavin, Simon. 2005. ”Human solutions to the capacitated vehicle routing problem”. Lancaster University. [Viitattu 1.7.2014]. Saatavissa:

<http://www2.psych.purdue.edu/tsp/workshop/>.

P. 2013. Valtioneuvoston periaatepäätös julkisesti rahoitettujen henkilökuljetusten uudistamisesta 16.5.2013.

Palaverimuistio. 2014. Kehitysvammaisten työkydyt. Tampereen Logistiikan sisäinen aineisto.

Pilot Study. 2007. School Bus Transportation Optimization. Delaware Valley Regional Planning Commission. 46 s.

Russell, Robert A., Morrel, Reese B. 1986. Routing Special-Education School Buses. The Institute of Management Sciences, Tulsa.

Siltala, S. 2012. Henkilökuljetusopas. 1. painos. Helsinki, Suomen kuntaliitto. 86 s.

Sopimus. 2013. Sopimus kehitysvammaisten työ- ja päivätoiminnan kuljetusten järjestämisestä. Tampereen Logistiikan sisäinen aineisto.

STM. 2013. Laatusuositus hyvän ikääntymisen turvaamiseksi ja palvelujen parantamiseksi. Helsinki, Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2013:11. 78 s.

SVT. 2012. Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-5137. 2012, Liitekuvio 1. Väestöllinen huoltosuhte 1865–2060 . Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 23.7.2014].

Saatavissa: [http://www.tilastokeskus.fi/til/vaenn/2012/vaenn\\_2012\\_2012-09-28\\_kuv\\_001\\_fi.html](http://www.tilastokeskus.fi/til/vaenn/2012/vaenn_2012_2012-09-28_kuv_001_fi.html).

Tampere. 2013. ”Tampereen sinisten bussien rinnalla huristelevat nyt palveluliikenteen vihreät pikkubussit” [WWW]. Tampereen kaupunki. Julkaistu 3.7.2013 [viitattu 24.4.2014]. Saatavissa <http://www.tampere.fi/tampereinfo/ajankohtaista/6Hc8Ni90O.html>.

Tampereen kaupunki. 2014. Kuljetettavat oppilaat ja koulumatkakustannukset sekä opetuksen matkat. Perusopetus 2007-2013. Katja Grasten.

Tampereen Logistiikka. 2014. Tampere, Tampereen Logistiikka. Hankinnat [WWW]. [Viitattu: 10.4.2014]. Saatavissa: <http://www.tampere.fi/logistiikka/hankinnat.html>.

Tilastokeskus. 2013. Liikenne ja matkailu [WWW]. Helsinki, Tilastokeskus. Julkaistu 2013, päivitetty 20.12.2013 [viitattu: 2.4.2014]. Saatavissa [http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_liikenne.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_liikenne.html).

Trafi. 2014. Ajoneuvoluokat [WWW]. Helsinki, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. [Viitattu 25.8.2014]. Saatavissa <http://www.trafi.fi/tieliikenne/katsastukset/ajoneuvoluokat>.

Tyler Technologies. 2014. ”Versatrans® — A Complete Student Transportation Management Solution” [WWW]. [Viitattu 3.9.2014]. Saatavissa <http://www.tylertech.com/solutions-products/versatrans-product-suite>.

Uutisverkko. 2012. ”Koulukuljetusten kustannukset laskussa” [WWW]. Kuntaliitto. Julkaistu 12.3.2012. [viitattu 25.7.2014]. Saatavissa <https://uutisverkko.wordpress.com/2012/03/12/koulukuljetusten-kustannukset-laskussa/>.

Vann-Jackson, Rosalyn. 2014. Assistant Director of Transportation. Tulsa Public Schools, Transportation Department, Tulsa, Oklahoma. Haastattelu sähköpostilla 2.9.2014.

Varkaus. 2014. Keski-Savon logistiikkayksikkö [WWW]. Varkauden kaupunki. [Viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.varkaus.fi/palvelut/keski-savon-logistiikkayksikko/>.

Verkkouutiset. 2013. ”Kuntien menoja leikataan 1,2 miljardilla” [WWW]. Verkkouutiset. Julkaistu 29.11.2013, päivitetty 30.11.2013 [viitattu: 8.4.2014]. Saatavissa <http://www.verkkouutiset.fi/politiikka/rakennepaketti1-12387>.

Vuorenmaa, Jouni. 2014. Logistiikkapäällikkö. Vaasan kaupunki. Haastattelu sähköpostilla 25.8.2014.