

Opinnäytetyö (AMK)

Liiketoiminnan logistiikka

2016

Johannes Leppänen

TURUN KAUPUNGIN KOULUKULJETUSTEN OPTIMOINTI REITTIGIS:LLÄ

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Liiketoiminnan logistiikka

2016 | 61 + 4 sivua

Kari Jalkanen

Johannes Leppänen

TURUN KAUPUNGIN KOULUKULJETUSTEN OPTIMOINTI REITTIGIS:LLÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida Turun kaupungin koulukuljetusreitit ReittiGIS:llä. Turun kaupungissa on onnistuttu hillitsemään koulukuljetuskustannusten kasvua tiukentamalla kuljetuskriteerejä. Tällä hetkellä kuljetuskriteerit ovat vähimmät, mitä laissa on määritelty. Jotta kuljetuskustannukset eivät enää nouse, oli tarpeen tutkia, miten reittejä voisi optimoida. Turun kaupungilla oli jo valmiiksi hankittuna ReittiGIS-lisäosa ArcGIS-sovellukseen koulukuljetusten optimointia varten.

Työ tehtiin case-tutkimuksena Turun kaupungin sivistystoimialalle. Teoriaosuudessa tutustuttiin optimoinnin perusteisiin. Optimoinnista kerrotaan lyhyesti, miten toimintaa ohjataan heuristisilla menetelmillä. Seuraavaksi avataan, mitä kaikkea kuntalogistiikkaan kuuluu, miten kuljetuspalveluiden hankinnat tulee tehdä ja mitä kuntalogistiikalle tulevaisuudessa tapahtuu. Työssä käytiin läpi koulukuljetuksia ohjaavat lait ja asetukset. Lisäksi tarkasteltiin koulukuljetusten tilaa Suomessa.

Itse työ aloitettiin mallintamalla Turun kaupungin nykyiset koulukuljetusreitit maanantain osalta. Reittitiedot koottiin yhteen autoilijoiden reittiselvityksistä sekä koulujen että koulukuljetusten omista kuljetuslistoista. Nämä reitit mallinnettiin ReittiGIS:iin. Nykytilanteen tietoja, kuten automäärä ja kilometrimäärät, käytettiin optimointitulosten vertailuun.

Reittejä optimoitiin ReittiGIS:llä. Optimointi tehtiin perusteellisesti mahdollisimman usealla tavalla niin, että ReittiGIS:in asetuksia vaihdettiin. Tarkoituksena oli löytää Turun kaupungin koulukuljetuksiin sopiva optimointitapa, jolla saataisiin vähimmällä vaivalla realistiset reitit.

Paras optimointitapa löytyi. Reitit mahdollistivat ajamisen huomattavasti pienemällä auto ja kilometrimäärällä kuin nykytilanteessa. Työn lopussa esiteltiin parannusehdotuksia, joita Turun kaupungin olisi hyvä ottaa huomioon siirtyessään koulukuljetusreittien optimointiin.

ASIASANAT:

koulukuljetus, kuljetus, kuljetusten optimointi, kuntalogistiikka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Business logistics

2016 | 61 + 4 pages

Kari Jalkanen

Johannes Leppänen

OPTIMIZING CITY OF TURKU'S SCHOOL TRANSPORTS USING REITTIGIS

This thesis' objective was to optimize City of Turku's school transportation routes. Turku has successfully lowered its school transportation costs by tightening the criteria for transportation. Now the criteria are at the law's required minimum. In order to keep the transportation costs from rising, it is necessary to research the possibility of route optimization. Turku had already acquired an ArcGIS add-on named ReittiGIS, for school route optimization.

This work was done as a case study for City of Turku's Education Division. In the theory section, we look at the basic principles of optimization, and why it is necessary to optimize using heuristic methods. Then we open up municipality logistics. What are the transportation aspects that it includes, how must the transportation procurements be made, and what will happen in the future for municipality logistics. All the laws and decrees, that control school transportations, are studied. In addition, the state of school transportation in Finland is reviewed.

The work started by modeling the state of present Monday's school transportation routes. The route information was compiled from the drivers' route statements and from schools and school transportations route lists. These routes were modeled to ReittiGIS. Present states information, including the amount of cars and driven kilometers, were used to compare to the optimized results.

The routes were optimized using ReittiGIS. The optimization was as thorough as possible, using all possible settings. The intention of this, was to find the best practice to optimize Turku's school transportation routes.

The optimization was successful and we were able to find the best practice for Turku. The optimized routes used significantly fewer cars with lower kilometer totals, comparing to the present state. At the end of the paper are suggestions for improvements, that Turku is good to bear in mind, as it shifts to optimization of school transportation routes.

KEYWORDS:

school transport, transport, transport optimization, municipality logistics

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 KULJETUSREITTIIEN OPTIMOINTI	8
3 KUNTALOGISTIIKKA	12
3.1 Kuntien kuljetuspalvelujen hankinta	13
3.2 Kuntalogistiikan tulevaisuus	14
4 TURUN KAUPUNKI	17
4.1 Turun kaupungin perusopetus	17
4.2 Perusopetuksen kouluverkko	18
5 KOULUKULJETUKSET	19
5.1 Lait ja asetukset	19
5.2 Koulukuljetukset Suomessa	20
5.3 Turun kaupungin koulukuljetukset	23
5.4 Turun kaupungin kuljetuskilpailutus	25
6 KOULUKULJETUSREITTIIEN MALLINNUS	27
6.1 Ohjelmistot	27
6.1.1 MultiPrimus	27
6.1.2 ArcGis	27
6.1.3 ReittiGIS	28
6.2 Aloitustiedot	29
6.3 Mallinnuksen aloitus	32
6.4 Mallinnus	35
7 KOULUKULJETUSREITTIIEN OPTIMOINTI	42
7.1 Ensimmäinen optimointi	42
7.2 Optimointi hitaammalla tieverkolla	44
7.3 Optimointi vähemmällä asemapaikoilla	45
7.4 Optimointi vähemmällä yhdistelyillä	46
7.5 Ajonopeudet vieläkin hitaammaksi	48
8 REITTIIEN ARVIOINTI	50

8.1 Nykytilanne	50
8.2 Ajonopeuksien vertailu	52
8.3 Optimoidut reitit	52
8.4 Asiakaspalvelun merkitys	53
9 PARANNUSEHDOTUKSET	55
10 YHTEENVETO	58
LÄHTEET	60

LIITTEET

- Liite 1. Päätepisteet-taulukon ominaisuudet
- Liite 2. Autot-taulukon ominaisuudet
- Liite 3. Oppilaat-taulukon ominaisuudet

KAAVAT

- Kaava 1. Reittien määrä kauppamatkustajan ongelmassa. 9

KUVAT

- Kuva 1. Sivistystoimialan organisaatiokaavio. 17
- Kuva 2. Turun oppilasalueet. 18
- Kuva 3. Koulukuljetusten suurimmat ongelmat. 22
- Kuva 4. Esimerkki karttatasoista. 28
- Kuva 5. MultiPrimuksen Koulumatka-välilehti. 33
- Kuva 6. Kuljetustilausten luonti ReittiGIS:ssä. 36
- Kuva 7. Reittien luonti ReittiGIS:ssä. 39

TAULUKOT

- Taulukko 1. Laskettuna valmiiksi mahdollisten reittien määrä asiakkaille. 9
- Taulukko 2. Taksaluokka. 25
- Taulukko 3. Nykytilanne. 41
- Taulukko 4. Optimointi 1. 43
- Taulukko 5. Optimointi 2 (yksilölliset sijainnit). 43

Taulukko 6. Optimointi 3 (yksilölliset aikaikkunat).	44
Taulukko 7. Optimointi 2, hidas.	45
Taulukko 8. Optimointi 1, hidas ja asemapaikat.	46
Taulukko 9. Uudet aikaikkunat.	47
Taulukko 10. Optimointi 3, hidas, asemapaikat sekä aikaikkunat.	48
Taulukko 11. Optimointi 1, hitaimmat tiet, asemapaikat, aikaikkunat, ilman pieniä autoja.	48
Taulukko 12. Osa ryhmä A:n autoista pisteineen sekä ajettuine tunteineen.	51
Taulukko 13. Osa ryhmä B:n autoista pisteineen sekä kilometrimäärineen.	51
Taulukko 14. Aamureittien keston mediaani.	53
Taulukko 15. Eri koulujen määrä reiteillä.	54

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on koulukuljetusten optimointi ReittiGIS:llä. Työ tehtiin case-tutkimuksena työn tilaajalle Turun kaupungin sivistystoimialalle. Opinnäytetyön kirjoittaja on ollut töissä Turun koulukuljetuksissa vuodesta 2010 saakka.

Koulukuljetukset ovat kasvava menoerä, jonka toteuttamisessa kohtaa haasteita lähes jokainen kunta Suomessa. Kuljetuskustannukset ovat jatkuvassa nousussa, ja koulukuljetusten toteuttaminen kustannustehokkaasti on osoittautunut haastavaksi. Kuljetusten järjestämistä hankaloittavat lukujärjestykset, oppilaiden ja koulujen määrä ja sijainti, rajattu määrä autoja sekä vähäinen kilpailu kuljetuspalveluiden hankinnassa. Kuljetuksista säästettävät rahat voisi olla suoraan siirrettävissä muihin opetukseen käytettäviin rahoihin.

Kuljetusten reitittäminen on Turun kaupungissa ollut ongelmallista suuren oppilasmäärän ja kuljetuksiin liittyvän tietojärjestelmän puutteen takia. Koulukuljetusten reitittämistä ja optimointia varten Turun kaupunkiin on hankittu CGI:n ReittiGIS-sovellus. Ohjelma on hankittu jo jokin aika sitten, mutta sillä ei ole onnistuttu tekemään reittejä ajanpuutteen ja ohjelman vaativuuden takia. Ohjelmaa on kuitenkin käytetty oppilaiden koulumatkojen mittaamiseen onnistuneesti.

Tämän työn ensimmäisenä tavoitteena on tarkastaa ReittiGIS:in kaikki asetukset ja tausta-aineistot siten, että ohjelmaa voidaan käyttää reittien suunnitteluun. Toisena tavoitteena on mallintaa nykyiset reitit ohjelmaan, jotta voidaan helposti tarkastella, kuinka tehokkaat reitit tällä hetkellä on käytössä. Viimeisenä tavoitteena on optimoida ReittiGIS:llä nykyisille kuljetusoppilaille uudet reitit. Optimoitujen reittien tuloksia vertaillaan mallinnuksen tuloksiin. Reittien tulee olla tehokkaat ja realistiset siten, että niitä voitaisiin oikeasti käyttää.

2 KULJETUSREITTIEN OPTIMOINTI

Optimoinnilla tarkoitetaan yleensä parhaan ratkaisun tai toimintatavan hakemista. Optimoimista voi muitakin kuin kuljetusreittejä. Kuljetustenoptimoinnissa optimiratkaisun löytäminen on erittäin haastava ongelma. Jo pienellä määrällä asiakkaita ja kalustoa saadaan aikaiseksi mahdollisia vaihtoehtoja niin suuri määrä, ettei niitä kaikkia voi käydä läpi järkevässä ajassa. Tämän takia optimoinnissa käytetään yleensä heuristisia optimointimenetelmiä. Heuristiset menetelmät rajaavat tarkasteltavia vaihtoehtoja niille asetetuille ehdoille ja löytävät näiden nopeammin tarpeeksi lähellä optimaalista olevan ratkaisun. (Bräysy 2007, 6–7.)

Kuljetuksia optimoimalla on mahdollista saavuttaa suuria säästöjä. Useimmiten optimoinnissa tärkeimpänä ovat kustannussäästöt. Reitit ovat lyhemmät, joten polttoainekuluissa, kuljettajien työaikakuluissa ja ajoneuvojen määrässä säästetään. Suunnittelutyöhön käytetty aika vähenee ja muutenkin helpottuu, jolloin on saavutettavissa lisäsäästöjä ja parempaa palvelua asiakkaille. Lisäksi pienemmällä polttoaineen kulutuksella saavutetaan ympäristöllisiä säästöjä. Käytettävien autojen määrän pienentyessä aiheutetaan vähemmän liikenneuhkia, millä saavutetaan jo ympäristöllisiä sekä yhteiskunnallisia hyötyjä. (Bräysy 2007, 10–12.)

Kuljetusten reititysongelmissa etsitään parasta reittiä kuljetusvälineelle asiakkaiden välillä. Tälle ongelmalle on monta eri variaatiota, jotka kaikki ovat ongelmia vaikeita selvittää täysin. Yleisin tavoite ongelmassa on minimoida matkustamisaika ja mahdollisesti käytettävien ajoneuvojen määrä. Yleisiä rajoituksia optimoinnissa on toimituksen aikaikkunat sekä ajoneuvokapasiteetti. Lisähaasteita optimoinnille tuottavat monet tekijät, kuten erilaiset kuljetusvälineet, aikaikkunat toimituksille, erilaiset logistiikkalaitokset, vaihtelevat nopeudet liikenteen olosuhteiden takia, asiakkaat eri tärkeysasteilla, toimitusehdot, vaihtelevat toimitusajat, erikoisvälineet, joita tarvitaan toimitukseen, kuljettajat jne. Erilaiset kuljetusten reititysongelmat ovatkin osa vaikeimpia maailmassa olemassa olevia optimointiongelmia. (Waters 2003, 326; Bräysy ym. 2009, 1–3.)

Kuuluisin näistä ongelmista on yksinkertainen kauppamatkustajan ongelma. Ongelmassa on kauppias, joka lähtee kotoa. Hänellä on tietty määrä asiakkaita, joiden sijainnit ovat tiedossa. Jokaisen asiakkaan luona tulee käydä ennen palaamista kotiin. Koska matkan pituus riippuu täysin siitä, missä järjestyksessä asiakkaiden luona käydään, ta-

voitteena on löytää lyhin reitti, jossa käydään jokaisen asiakkaan luona. Ongelma itsessään kuulostaa yksinkertaiselta, kunnes ruvetaan laskemaan, kuinka monta mahdollista reittiä jo pienestä määrästä asiakkaista syntyy. Jokaista mahdollista reittiä tulisi verrata toisiinsa, jotta voidaan olla varmoja, mikä reiteistä on paras eli optimi. Mahdollisten reittien määrä kasvaa eksponentiaalisesti pisteiden lisääntyessä. (Waters 2003, 326.)

$$(n - 1)! = n - 1 * n - 2 * n - 3 ... * 3 * 2 * 1$$

Kaava 1. Reittien määrä kauppamatkustajan ongelmassa (Waters 2003, 325).

Yllä olevalla kaavalla pystyy laskemaan mahdollisten reittien määrän kauppamatkustajan ongelmassa, jossa n = asiakkaiden määrä. Alla olevaan taulukkoon on yllä olevalla kaavalla laskettu reittien määrä eri asiakasmäärille.

Taulukko 1. Laskettuna valmiiksi mahdollisten reittien määrä asiakkaille.

Asiakkaiden määrä	Mahdollisia reittejä
3	6
4	24
5	120
6	720
7	5 040
10	3 628 800

Kuten taulukossa olevista luvuista huomataan, pysähdysten määrän lisääntyessä alkaa sekä ihmisen että koneen olla mahdotonta laskea tarkka optimikulkureitti. Tästä johtuen kauppamatkustajan ongelma on vaikea ratkottava ongelma. Vaikka ihminen voisi ehkä vielä päätellä nopeimman reitin 10 pysähdysten kanssa, koneen olisi pakko laskea jokainen mahdollinen reitti, jotta optimiratkaisusta voisi olla varma.

Tästä johtuen kauppamatkustajan ongelmaa, kuten muitakin optimointiongelmia, ratkotaan yleensä heuristisilla algoritmeilla. Heuristiset algoritmit eivät tarkasta kaikkia mahdollisia reittejä löytääkseen optimiratkaisun, vaan ne ohjaavat hakua säännöillä. Tällöin ratkaisu löytyy paljon nopeammin verrattuna jokaisen mahdollisuuden tarkastamiseen. Löydetty ratkaisu ei välttämättä ole optimaalisin ratkaisu. Algoritmeja on kuitenkin kehitetty vuosien varrella niin kauan, että saavutettavat tulokset ovat erittäin lähellä optimia. (Gutin & Punnen 2006, 311; Bräysy 2007, 6–7.)

Heuristiset optimointimenetelmät pystytään yleisesti jakamaan kolmeen eri menetelmään: rakentamis-, parantamis- ja metaheuristisiin menetelmiin. Esimerkiksi rakentamismenetelmissä, joita käytetään kauppamatkustajan ongelman ratkaisemiseen, menetelmä lähtee rakentamaan reittiä yksi pysähdys kerrallaan aina valiten sen, mikä on sääntöjen ohjaamana paras seuraava piste. Parantamismenetelmissä koetetaan parantaa ratkaisua tekemällä valmiiseen reittiin sääntöjen mukaisia muutoksia etsien parempaa ratkaisua. Esimerkiksi algoritmi laskee heti hyvältä vaikuttavan reitin valmiiksi, ja lähtee valmista reittiä optimoimaan paremmaksi vaihtamalla pysähdysten järjestystä algoritmin sääntöjen mukaisesti. (Gutin & Punnen 2006, 311; Bräysy 2007, 7.)

Metaheuristisissä menetelmissä ohjataan säännöillä sekä rakentamis- että parantamismenetelmiä koittaen saavuttaa mahdollisimman optimaalinen tulos. Ongelmana metaheuristisissä menetelmissä on hitaus niiden monimutkaisuuden vuoksi. Yksi yleinen sääntö metaheuristisissä menetelmissä on hyväksyä ratkaisua huonontavat siirrot, jos niiden avulla löydetään muita siirtoja, joilla saadaan paras lopputulos. Toinen yleinen piirre on huonojen siirtojen muistaminen tabu-listalla. Tällöin algoritmi muistaa jo huonot aikaisemmin tehdyt siirrot, eikä yritä niitä uudelleen. Tässäkin on kuitenkin mahdollisuus ohjeistaa algoritmia tekemään tabuksi listatun siirron, jos lopputulokseksi reitistä tulee paras tähän mennessä löydetty. (Gutin & Punnen 2006, 350–351; Bräysy 2007, 7.)

Kauppamatkustajan ongelmaa voidaan jatkaa m-kauppamatkustajan ongelmana. Tässä kauppamatkustajia on olemassa määrä m . Asiakkaiden määrä sekä sijainnit ovat tiedossa. Jokaisen asiakkaan luona tulee yhden kauppiaan käydä. Tällä ongelmalla ratkotaan siis, kuinka monta kauppiasta tarvitaan, jotta saadaan lyhimät reitit ja jokainen asiakas palveltua. Tämä ongelma alkaa muistuttaa paljon todellisessa elämässä käytettäviä ajoneuvojen reititysongelmia. On olemassa tietty määrä ajoneuvoja käytettävänä sekä asiakkaiden käyntipisteet tiedossa. Tavoitteena on löytää mahdollisimman optimaaliset reitit sekä käytettävä ajoneuvomäärä. (Bräysy ym. 2009, 485.)

Ajoneuvojen reititysongelmat eli *vehicle routing problem* (VRP) ovat vielä vaikeampia ratkottavia kuin kauppamatkustajan ongelmat. Kauppamatkustajan ongelmassa tulee laskea vain, missä järjestyksessä pisteet käydään. Ajoneuvojen reititysongelmissa tulee algoritmin osata valita, mitä autoja käytetään, kuinka paljon niitä käytetään, mitkä asiakkaat mikäkin auto hakee ja missä järjestyksessä. Rajoittavia tekijöitä, joita optimoinnin tulee ottaa huomioon, voi olla useita. Henkilökuljetusten osalta yleisiä ovat ajoneuvojen kapasiteetti, asiakkaiden aikaikkunat ja maksimaaliset kuljetusajat. Kaikkien näiden rajoitteiden huomioonottamisen jälkeen ohjelman tulisi osata optimoida kokonaisuus siten,

että ajetaan mahdollisimman vähän kilometrejä mahdollisimman vähällä kalustomäärällä. (Bräysy 2007, 8; Bräysy ym. 2009, 484–485.) Yleensä optimointiohjelmistoissa, joilla ratkotaan ajoneuvojen reititysongelmia, on käyttäjän mahdollista määritellä, haetaanko pieniä kilometrimääriä, pientä automäärää, pienintä kustannusmäärää, pienintä ajoaikaa jne.

3 KUNTALOGISTIIKKA

Kuntien tehtävistä määrätään kuntalain 2. §:ssä. Kunnan tulee hoitaa laissa sille säädettyt tehtävät. Kunta voi määritellä itselleen tehtäviä laajemmin kuin mitä laissa on säädetty. Uusia tehtäviä tai velvollisuuksia ei kunnille voi antaa säätämättä siitä laissa, kuten ei myöskään ottaa niitä pois. Kunta voi hoitaa tehtävät itse tai yhteistyössä muiden kuntien kanssa. Lisäksi kunnan on mahdollista hankkia tehtävien edellyttämiä palveluja palveluntuottajilta. Hankintalain 6. §:n mukaan kuntien viranomaisten on kaikkia asioivia kohdeltava tasapuolisesti ja käytettävä toimivaltaansa vain lain mukaan hyväksyttäviin tarkoituksiin. Lisäksi viranomaisten toimien on oltava puolueettomia ja oikeassa suhteessa tavoiteltuun päämäärään nähden. (Siltala 2012a, 7.)

Kuntien tehtäviin kuuluu koulukuljetusten järjestäminen esi- ja perusopetukseen silloin, kun perusopetuslaissa määritetyt kriteerit täyttyvät. Lisäksi monissa kunnissa on käytössä erilliset kuljetussäännöt tai -kriteerit, joissa määritellään koulukuljetusten järjestämisestä laajemmin kuin mitä perusopetuslaissa. Tällöin kunnalle jää järjestettäväksi koulukuljetukset, kun toinen kriteereistä täyttyy. (Siltala 2012a, 8–9.)

Uusi sosiaalihuoltolaki on tullut voimaan 1.4.2015. Sosiaalihuoltolain tarkoituksena on mm. edistää ja ylläpitää hyvinvointia sekä vähentää eriarvoisuutta. Sosiaalihuoltolain 23. §:ssä on säädetty liikkumista tukevista palveluista, jotka kuntien on hoidettava. Lain mukaan esteetön ja toimiva julkinen joukkoliikenne, mukaan lukien kutsu- ja palveluliikenne, on ensisijainen tapa järjestää kaikille soveltuva liikkuminen. Kuitenkin liikkumista tukevia palveluja tulee kunnan järjestää henkilölle, joka ei kykene itsenäisesti kulkemaan julkisella joukkoliikenteellä sairauden, vamman tai muun vastaavan syyn takia. Laki jättää kunnalle mahdollisuuden valita sopivin tuen muoto: joukkoliikenteen käytön ohjaus tai ohjattu harjoittelu, saattajapalvelu, ryhmäkuljetus, korvata taksin tai vastaavan ajoneuvon kohtuulliset kustannukset tai jokin muu soveltuva tapa. (Sosiaalihuoltolaki 1301/2014.)

Sosiaalihuoltolain lisäksi on olemassa vammaispalvelulaki. Vammaispalvelulaki määrittelee kunnan tehtäväksi järjestää vaikeavammaiselle henkilölle kohtuulliset kuljetuspalvelut sekä saattajapalvelut, jos henkilö vammansa tai sairautensa takia sitä tarvitsee suoriutuakseen tavanomaisesta elämästä (laki vammaisuuden perusteella järjestettävistä palveluista ja tukitoimista 3.4.1987/380). Vaikeavammaisella henkilöllä on subjek-

tiivinen eli ehdoton oikeus vammaispalvelulain määrittelemään kuljetuspalveluun. Kuljetuspalvelu on järjestettävä siten, että henkilöllä on mahdollisuus välttämättömien työ- sekä opiskelumatkojen jälkeen vielä oikeus vähintään kahdeksaantoista yhdensuuntaiseen matkaan, jotka liittyvät jokapäiväiseen elämään. Tässäkin laissa kunnalle jätetään mahdollisuus valita sopivin kuljetusmuoto. Se voi olla normaalin taksikuljetuksen lisäksi esimerkiksi yhteiskuljetus taksilla tai palvelulinjan käyttö. (Asetus vammaisuuden perusteella järjestettävistä palveluista ja tukitoimista 759/1987; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2015.)

Näiden lisäksi myös laki kehitysvammaisten erityishuollosta määrää kunnan huolehti- maan tutkimukseen määrätyn tai järjestämässään erityishuollossa olevan henkilön kul- jetuksesta kuntayhtymän tai kunnan toimintayksiköiden välillä. Lisäksi on järjestettävä kuljetus tai korvattava siitä aiheutunut kustannus erityishuoltoa tarvitsevalle henkilölle. (Laki kehitysvammaisten erityishuollosta 519/1977.)

3.1 Kuntien kuljetuspalvelujen hankinta

Kuntien, valtion sekä niihin liittyvien hankintayksiköiden on kilpailutettava hankintansa siten kuin julkisista hankinnoista annetussa laissa 348/2007 säädetään. Lain tarkoituk- sena on tehostaa julkisten varojen käyttöä ja edistää laadukkaiden hankintojen tekemistä sekä turvata kaikille tasapuolinen kohtelu julkisten hankintojen tarjouskilpailuissa. Nou- datettavissa periaatteissa mainitaan hankintatoiminnan järjestäminen mahdollisimman taloudellisesti ja suunnitelmallisesti. Hankinnat on toteutettava tarkoituksenmukaisina kokonaisuuksina lisäksi ympäristönäkökohdat huomioiden. (Laki julkisista hankinnoista 348/2007; Siltala 2012a, 31.)

Ympäristönäkökohdista on säädetty vielä erikseen lailla ajoneuvojen energia- ja ympä- ristövaikutusten huomioon ottamisesta julkisissa hankinnoissa 1509/2011. Lailla velvoi- tetaan ottamaan kuljetuspalvelujen hankinnassa huomioon ainakin ajoneuvojen käytöstä aiheutuvat energiankulutus, hiilidioksidipäästöt sekä typenoksidi-, hiilivety- ja hiukkas- päästöt. Energia- ja ympäristövaikutukset voidaan ottaa huomioon asettamalla ajoneu- voille näihin liittyvät vähimmäisvaatimukset, jotka auton on täytettävä, tai ottamalla vai- kutukset huomioon kokonaistaloudellisen edullisuuden vertailuperusteena. (Laki ajoneu- vojen energia- ja ympäristövaikutusten huomioon ottamisesta julkisissa hankinnoissa 1509/2011; Siltala 2012b.)

Hankintalakia on noudatettava aina, kun hankinnan arvioitu arvo ylittää laissa määritetyt kynnysarvot. Kansallinen kynnysarvo ilman arvonlisäveroa on 30 000 euroa, ja EU-kynnysarvo ilman arvonlisäveroa on 200 000 euroa. Muilla kuin palveluhankinnoilla, joihin henkilökuljetuspalvelut kuuluvat, voi olla eri kynnysarvot. Jos EU-kynnysarvo ylittyy, on hankinta kilpailutettava EU:n laajuisena ja otettava huomioon sitä koskevat laajemmat säädökset. Hankinnan arvioidun arvon jäädessä alle kynnysarvon ei hankintalakia sovelleta. Vaikka lakia ei sovelleta, hankintayksikön on hoidettava pienhankinnat avoimesti ja kohtelemalla tarjoajia tasapuolisesti sekä syrjimättä. (Siltala 2012a, 32–34.)

Laki jättää hankintayksikölle mahdollisuuden valita sopivin hankintamenettelytapa kilpailutusta varten. Yleisimmät menettelytavat ovat avoin tai rajoitettu menettely. Mahdollisena on myös mm. neuvottelumenettely tai sähköinen huutokauppa. Kuljetuspalveluissa suositeltava menettelytapa on avoin menettely. Avoimen menettelyn hankinta aloitetaan julkaisemalla hankintailmoitus. Hankintailmoitus on täysin julkinen, joten kaikilla on oikeus nähdä se ja saada tarjouspyyntöasiakirjat. Tällä menettelyllä kilpailuun osallistuvia ei rajoiteta, vaan kaikilla on mahdollisuus jättää tarjous. (Siltala 2012a, 34–35.)

3.2 Kuntalogistiikan tulevaisuus

Henkilökuljetukset kunnissa, valtion ministeriöissä sekä Kelassa ovat tulevaisuudessa isojen muutosten edessä. Valtio, kunnat sekä Kela käyttävät vuosittain henkilökuljetuksiin yhteensä noin miljardi euroa. Kuljetuskustannukset ovat kasvaneet noin 10 % vuosittain. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2015, 7.)

Tämän hetkisten muutosten sarjan on aloittanut hallituksen kehysriihen päätös 22.3.2012. Päätöksessä liikenne- ja viestintäministeriö on asettanut selvitysmiehen selvittämään joukkoliikenteen sekä julkisten henkilökuljetusten yhdistämistä. Julkisiin henkilökuljetuksiin sisältyvät koulukuljetukset, sosiaali- ja terveystoimen kuljetukset sekä Kelan korvaamat kuljetukset. Tavoitteena on ollut tehostaa julkista liikennettä sekä turvata se haja-asutusalueellakin. Selvitysmies Juhani Paajasen selvitys julkisesti tuettujen henkilökuljetusten rahoituksen ja toimintatapojen kehittämisestä on valmistunut 31.3.2013. (Paajanen 2013, 1.)

Selvityksen lopputulos on, että joukkoliikennettä sekä julkisen puolen järjestämiä henkilökuljetuksia tulisi tarkastella laajempaan henkilölogistiikan järjestelmänä. Tämän voisi

järjestää siten, että joukkoliikennelain toimivaltaisille viranomaisille määriteltäisiin tehtäväksi koko henkilöliikennejärjestelmän suunnittelu, jolloin siihen sisältyisi edellä mainitut osa-alueet. Näiden joukkoliikenneviranomaisten tulisi perustaa logistiikkayksiköitä, jotka vastaisivat joukkoliikenteen, sosiaalitoimen sekä sivistystoimen henkilökuljetusten välitysten hankinnoista. (Paajanen 2013, 1–6.)

Kuntapuolella sosiaalitoimi sekä sivistystoimi voisivat budjetoida henkilökuljetusmenot omiin menoihinsa, jotta valtionosuuslaskenta sekä kustannusten tarkastus toteutetaan oikein. Toimiala voisi tilata kuljetukset joukkoliikenneviranomaisen logistiikkayksiköltä, joka vastaisi henkilökuljetusten tuottamisesta. Vaihtoehtoisesti logistiikkayksikkö voisi valmistella henkilökuljetuspalveluiden kilpailutukset sekä sopimukset, ja itse toimiala järjestäisi kuljetukset sopimusten mukaisesti. (Paajanen 2013, 19.)

Yhtenä säästökeinona olisi matkojen yhdistelyn lisääminen. Yhdistelyn mahdollisuuksia voisi lisätä koordinoimalla esimerkiksi koulujen alkamis- ja päättymisaikoja sekä terveyspalveluiden vastaanottoaikoja. Henkilökuljetusten hankinnoista vastaavan organisaation tulisi hankkia tilauspalvelu, joka hoitaisi kuljetusten yhdistelyn. Yhdistelykeskuksen tehokkuutta voitaisiin parantaa määrittelemällä bonuksia ja sanktioita yhdistelyjen tason mukaan. (Paajanen 2013, 21.)

Valtioneuvosto on 16.5.2013 tehnyt periaatepäätöksen julkisesti rahoitettujen henkilökuljetusten uudistamisesta. Periaatepäätöksen tavoitteena on sama kuin aiemmassa selvityksessä. Joukkoliikennettä sekä muuta julkista henkilöliikennettä tulee tarkastella laajana henkilölogistiikan järjestelmänä niin suunnittelussa, rahoituksessa kuin käytännön palvelujen tuottamisessa (valtioneuvosto 2013). Valtion sekä kuntien henkilöliikennepalvelut sekä joukkoliikenne tulisi suunnitella, hankkia ja toteuttaa uudella tavalla yhtenäisenä henkilölogistiikan kokonaisuutena. Lisäksi henkilöliikenteen määrärahojen koordinointi tulisi keskittää yhdelle hallinnonalalle, joka luontevimmin olisi liikenne- ja viestintäministeriö. Liikenne- ja viestintäministeriö veloitetaan asettamaan ohjausryhmä edistämään tätä asiaa. (Valtioneuvosto 2013.)

Liikenne- ja viestintäministeriön henkilökuljetusten uudistamisen ohjausryhmä on julkaissut loppuraporttinsa 24.8.2015. Raportin lopputulos on, että säästöpotentiaali henkilökuljetuksissa on merkittävä. Erityistä huomiota tulee osoittaa kuljetusten lainsäädännön kehittämiseen, kuljetuspalveluiden suunnittelun ja hankinnan kehittämiseen sekä digita-

lisaation hyödyntämiseen. Kuljetuspalvelut tulisi suunnitella suurempina kokonaisuuksina kaikkien eri viranomaisten kesken, jolloin kalusto- ja kuljettajaresurssit olisivat tehokkaammin käytössä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2015, 3.)

Huomiota tulisi kiinnittää siihen, että kun avoimen joukkoliikenteen tukia valtion osalta leikataan, kuljetusmenot helposti kasvavat muiden toimialojen osalta. Jos kuljetukseen oikeutettu ei voi enää kulkea matkaansa avointa joukkoliikennettä käyttäen, joudutaan kuljetus järjestämään usein erilliskuljetuksena, mikä tarkoittaa taksikuljetusta. Nämä ovat kalliita varsinkin haja-asutusalueella. Lisäksi sivistystoimen sekä sosiaalitoimen kuljetuksia voitaisiin hoitaa tehokkaammin, jos ne olisi koordinoitu paremmin joukkoliikenteeseen. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2015, 3–7.)

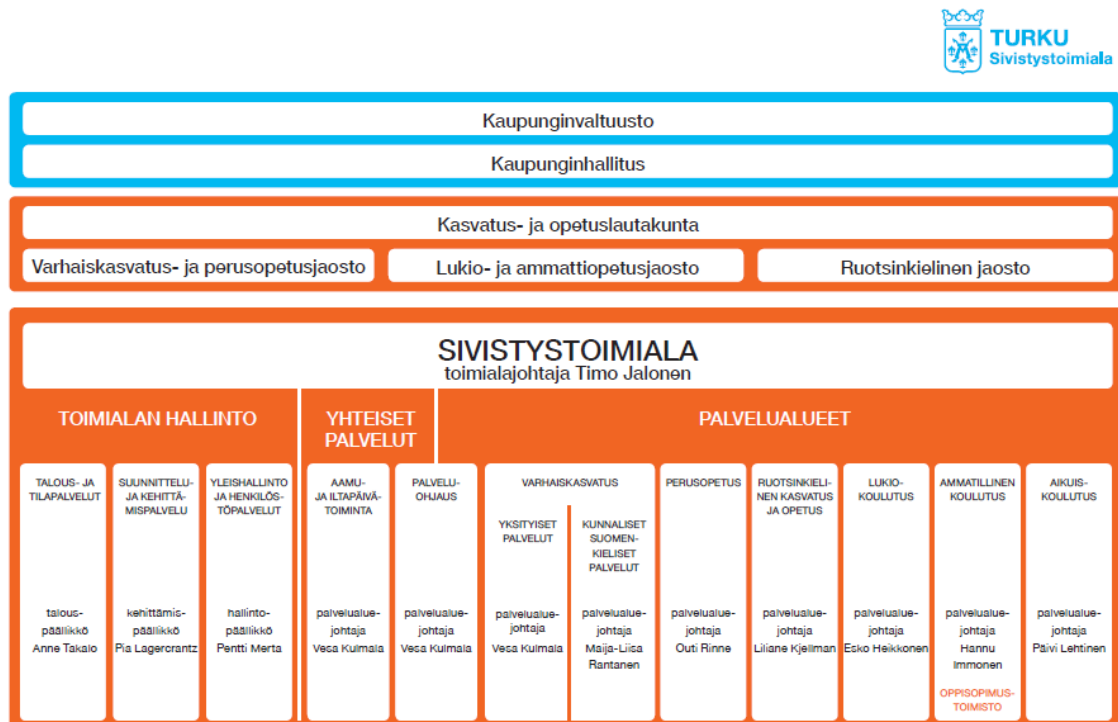
Ohjausryhmän yhtenä tavoitteena oli saada hankkeita alueille, joilla koetetaan keksiä periaatepäätöksen mukaisia uusia palvelukonsepteja. Hankkeita on käynnissä ympäri Suomea mm. Pirkanmaalla ja Lapissa. Hankkeissa hyväksi todetuista konsepteista saadaan varmasti tietoa muihin kuntiin hyödynnettäväksi hankkeiden päätyttyä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2015, 19–24.) Loppuraportissa mainitaan, että vaikka kuljetuspalvelut tulee suunnitella suurempina kokonaisuuksina yhteistyössä eri viranomaisten kesken, lainsäädännön avulla velvoittaminen ei tule tällä hetkellä kysymykseen, sillä poliittinen tahotila on vähentää kuntien tehtäviä lisäämisen sijaan (liikenne- ja viestintäministeriö 2015, 25).

4 TURUN KAUPUNKI

Turku on kaksikielinen noin 184 000 asukkaan kaupunki Varsinais-Suomessa. Turku ympäröi Naantali, Raisio, Rusko, Aura, Lieto ja Kaarina. Koko seudulla asukkaita on noin 317 000. (Turku 2016b; BusinessTurku 2016.)

4.1 Turun kaupungin perusopetus

Perusopetusta Turun kaupungissa järjestää sivistystoimiala. Sivistystoimiala on yksi kaupungin viidestä toimialasta. Sivistystoimiala on kaupunginvaltuuston alaista toimintaa. Tarkemmin asioista päättää kasvatus- ja opetuslautakunta (kuva 1).



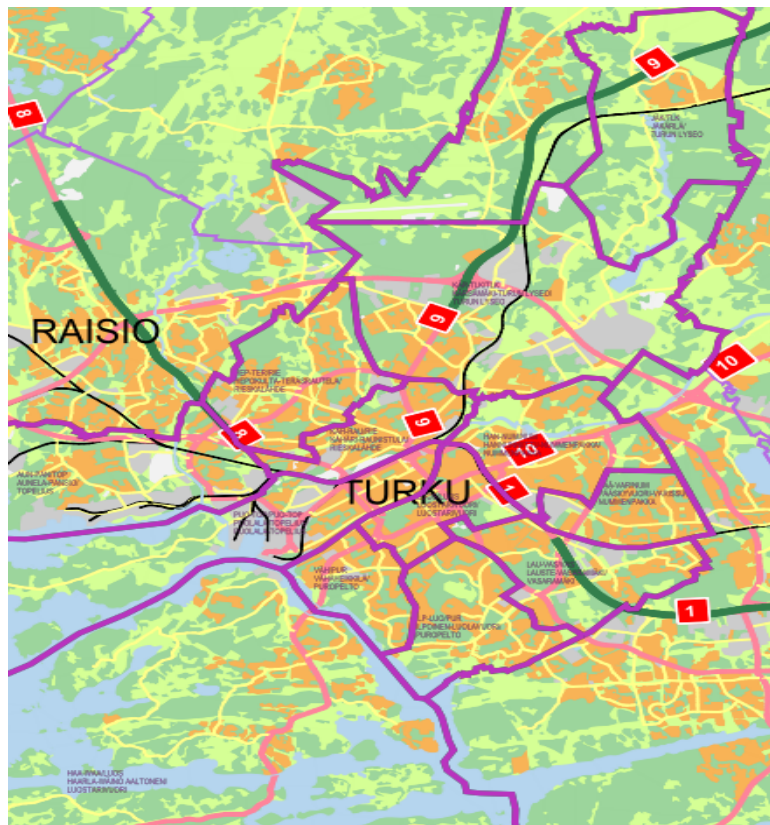
Kuva 1. Sivistystoimialan organisaatiokaavio (Turku 2016a).

Perusopetus on maksutonta, yleissivistävää opetusta, jota annetaan kaikille Suomessa vakituisesti asuville lapsille. Oppivelvollisuus koskee kaikkia 7–17-vuotiaita lapsia. (Turku 2016a.) Turussa kouluja on 35 kappaletta, joissa oppilaita on noin 11 700 sekä henkilökuntaa noin 1 400. Neljässä näistä kouluista opetetaan ruotsin kielellä sekä yhdessä englannin kielellä. Koulupaikka oppilaalle määräytyy ensisijaisesti asuinpaikan

perusteella. Muihinkin kuin lähikouluun voi kuitenkin hakea esimerkiksi harrastuneisuuden tai muun erikoistarpeen perusteella. (Turku 2013.)

4.2 Perusopetuksen kouluverkko

Turussa kaupunki on jaettu oppilasalueisiin, joihin yleensä sisältyy kaksi alakoulua ja yksi yläkoulu (kuva 2). Tällöin oppilaalla on oppilasalueen sisällä mahdollisuus hakea jompaankumpaan lähikouluistaan. Huoltajalla on myös mahdollisuus hakea oppilaalle paikkaa koulusta oman oppilasalueen ulkopuolelta, jolloin tulee tehdä vieraspiiriläispäätös. Lisäksi kieliluokille on mahdollista hakea paikkaa oman oppilasalueen ulkopuolelta.



Kuva 2. Turun oppilasalueet (Turku 2016c).

Oman lähikoulun lisäksi oppilaalle voidaan osoittaa koulupaikka oman oppilasalueen ulkopuolelta, yleensä erityisen tuen tarpeen takia. Suurin osa erityisen tuen oppilaista käy tiettyjä keskitetyn palvelun kouluja. Enemmistö taksikuljetukseen oikeutetuista oppilaista ovat erityisen tuen piirissä. Tällöin kuljetukset ovat suurimmaksi osaksi keskittyneet kouluihin, joissa tarjotaan erityistä tukea.

5 KOULUKULJETUKSET

5.1 Lait ja asetukset

Perusopetuslain 32. §:ssä määrätään, millä perustein koulukuljetusta kuntien tulee tarjota. Jos perusopetuksen oppilaan koulumatkan pituus on yli viisi kilometriä, tulee kunnan järjestää oppilaalle maksuton kuljetus. Oikeus maksuttomaan kuljetukseen on myös jos koulumatka on oppilaalle liian vaikea, rasittava tai vaarallinen. Lisäksi jos päivittäinen koulumatka odotuksineen kestää yli kaksi ja puoli tuntia tai lukuvuoden alkaessa 13-vuotiaalla yli kolme tuntia, on kuljetus järjestettävä. (Perusopetuslaki 628/1998; Opetushallitus 2011, 5; Siltala 2012a, 8.)

Vaihtoehtoisesti voidaan myös tarjota maksuttoman kuljetuksen sijaan riittävä avustus oppilaan kuljettamiselle tai saattamiselle. Laissa on jätetty kunnille mahdollisuus itse päättää, toteutetaanko koulukuljetus maksuttomalla kuljetuksella vai maksamalla riittävä avustus huoltajille kuljettamista tai saattamista varten. Koulukuljetusten ei siis aina tarvitse olla pelkästään taksikuljetuksia tai maksuttomia bussikortteja. (Opetushallitus 2011, 5; Siltala 2012a, 13–14.)

Näillä laissa säädetyillä kriteereillä tarkoitetaan oikeutta koulukuljetukseen oppilaan omaan lähikouluun, jonka kunta osoittaa oppilaalle perusopetuslain 6. §:n mukaan. Tällöin oppilas ei ole koulukuljetukseen oikeutettu, jos huoltajat ovat omasta tahdostaan hakeneet hänelle koulupaikkaa muusta kuin lähikoulustaan, vaikka koulukuljetuskriteerit muuten täyttyisivät. Koulukuljetukseen ei myöskään ole oikeutta yhteishuoltajuustapauksissa, joissa lapsi asuu vanhempansa luona vuorotellen, kuin siitä osoitteesta, joka hänelle on väestörekisteriin merkitty. Korkein hallinto-oikeus on linjannut näin päätöksessään KHO:2006:10. (Siltala 2012a, 10–13.)

Edellä mainittujen lakien lisäksi kunnat voivat määrittää koulukuljetusoikeuden laajemmaksi kuin mitä laissa on määritelty omilla kuljetussäännöillään. Näillä voidaan mm. määritellä koulukuljetukseen oikeuttava kilometriraja pienemmäksi nuoremmille oppilaille. Säännöissä voi olla hyvä täsmentää, ettei oppilaalla ole oikeutta koulukuljetukseen, jos hän ei käy omaa lähikouluun. Perusopetuslaissa ei myöskään ole määritelty, minkälainen koulutie on vaarallinen. Kuntien on täten hyvä kuljetussäännöissä tarkentaa, miten teiden vaarallisuus luokitellaan. Tällöin varmistetaan jokaisen oppilaan tasavertainen kohtelu. (Siltala 2012a, 9–11.)

Lisäksi liikenne- ja viestintäministeriön asetus vuodelta 2006 antaa määräyksiä koskien koulu- ja päivähoitokuljetusten kuormitusta sekä turvallisuusjärjestelyjä. Sekä koulukuljetustentilaajien että koulukuljetuksia ajavien kuljettajien on otettava asetuksessa määrättyt asiat huomioon. Tärkeimpiä kuljetustensuunnittelijan kannalta ovat asetuksen pykälät 6 ja 8. Pykälässä 6 asetetaan kuljetusten ajoreiteistä ja pysäkeistä. Ajoreitit olisi suunniteltava siten, ettei matkustajien tarvitsisi ylittää ajorataa autoon noustessa taikka poistuessa. Koulun päässä autoihin on noustava ja poistuttava erikseen merkityillä ja varatulla paikalla joko koulun alueella tai sen välittömässä läheisyydessä. Näiden haku- sekä jättöpaikkojen valinnassa on huomioitava se, ettei paikka vaaranna kuljetettavien taikka muiden alueella kulkevien turvallisuutta. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus koulu- ja päivähoitokuljetusten kuormituksesta ja turvallisuusjärjestelyistä 553/2006.)

Asetuksessa lisäksi säädetään autojen ominaisuuksia, jotka koskevat enemmän kuljetuksen tarjoajaa. Pykälässä 2 säädetään kuormituksesta, johon sisältyy muun muassa, kuinka monta matkustajaa voi olla koulukuljetuskäyttöön hyväksytyillä lisäturvavöillä. Pykälässä 5 määrätään kuljetusten merkitsemisestä. Kuljetusautoilla tulee olla edessä ja takana neliön muotoinen irrotettava kilpi, jossa on liikennemerkkin 152 mukainen lapsikuvio sekä teksti koulukyyti. Henkilöautoissa tämä kilpi saadaan korvata kuvulla, joka asennetaan taksivalaisimen päälle. Kuljetuksen päätyttyä kilpi tai kupu on heti poistettava. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus koulu- ja päivähoitokuljetusten kuormituksesta ja turvallisuusjärjestelyistä 553/2006.)

5.2 Koulukuljetukset Suomessa

Koulukuljetusten piirissä on Suomessa päivittäin noin 21 % oppilaista. Yhteensä se tarkoittaa noin 125 000 perusopetuksen oppilasta. (Kuntaliitto 2016.) Tähän lukemaan sisältyy kaikki koulukuljetusetuuden saavat oppilaat, olivat he sitten taksikuljetuksessa, avoimessa joukkoliikenteessä tai muunlaisen kuljetusavustuksen piirissä.

Viimeisin kattava Suomen koulukuljetuksia koskeva tutkimus on Kuntaliiton tekemä Koulukuljetuskysely vuodelta 2014. Tässä kyselyssä kerättiin tietoa vuonna 2013 järjestetyistä koulukuljetuksista.

Vuonna 2013 yleisimmin käytössä ollut kuljetusmuoto oli 40,7 %:n osuudella joukkoliikenneluvalla toteutettava koulukuljetus. Toiseksi tulivat taksikuljetukset 28,0 % ja kol-

manneksi vuoroauto, avoin joukkoliikenne ja lähiliikenne 23,3 %. Lisäksi muutamiiin prosentteihin jäi palveluliikenne ja muu. (Svartsjö & Karvonen 2015, 25.) Tieto on merkittävä, sillä tämän mukaan vain joka neljännen oppilaan koulukuljetus pystytään suorittamaan halvimmalla kulkumuodolla. Tieto kertoo maantieteellisestä haasteesta, joka monessa kunnassa on. Oppilaat voivat asua hajanaisesti pitkien etäisyyksien päässä, eikä ole olemassa valmiina avointa joukkoliikennettä, jota oppilaat voisivat käyttää. Isot kaupungit, kuten Turku, ovat paremmassa tilanteessa, sillä joukkoliikenneverkosto kattaa lähes koko kaupungin. Taksikuljetukset johtuvat lähes nimenomaan vain siitä, että oppilas ei terveydellisistä tai kehityksellisistä syistä kykene käyttämään joukkoliikennettä. Jopa 21,8 % kunnista ilmoittaakin suurimmaksi ongelmaksi koulukuljetusten järjestämisessä juuri joukkoliikenteen vähenemisen (Svartsjö & Karvonen 2015, 34).

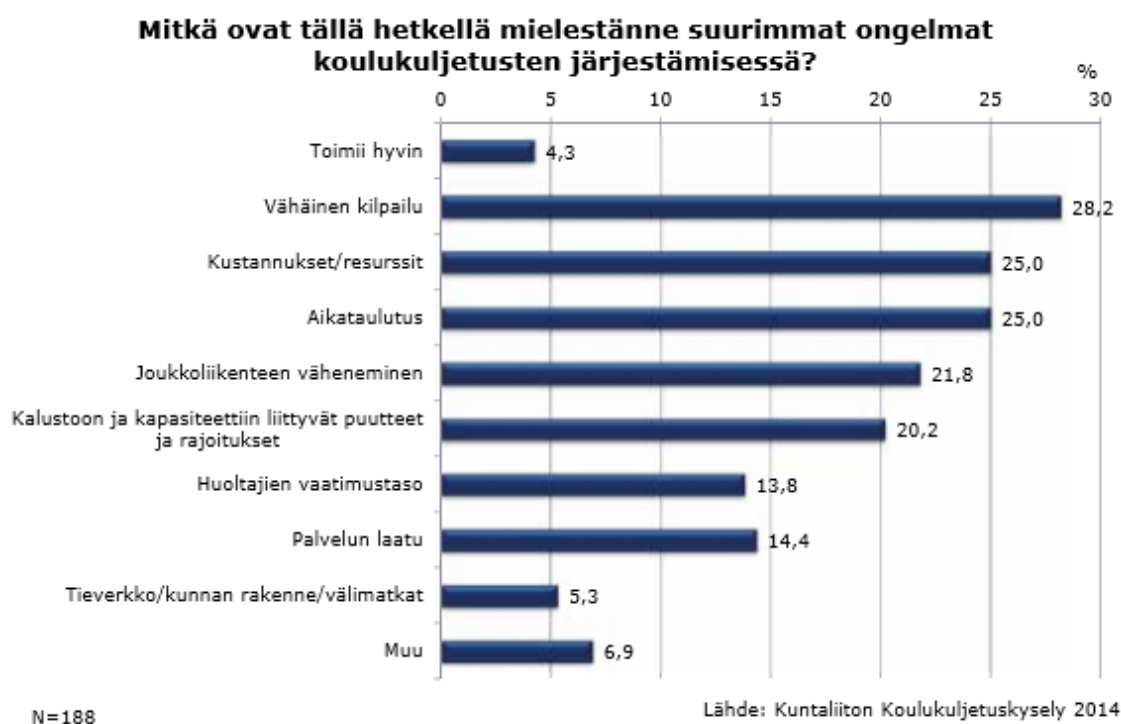
Kunnan rakenne ja maantieteelliset haasteet näkyvät suoraan koulukuljetuskustannuksissa. Tilastokeskus määrittelee taajaman vähintään 200 asukkaan rakennusryhmäksi, joissa rakennusten välinen etäisyys ei yleensä ole 200 metriä suurempi (Tilastokeskus 2016). Koulukuljetusten tila 2013-raportissa vertailtiin kaikkien oppilaiden keskimääräistä kuljetuskustannusta kunnan taajama-asteeseen. Kunnat, joissa taajama-aste oli 95–100 %, oli keskimääräinen kuljetuskustannus oppilasta kohden 116 €. Kunnat, joissa taajama-aste oli vain 54–75 %, keskimääräinen kustannus oli jo 610 €. Jos luvut suhteutetaan pelkästään kuljetettaviin oppilaisiin, kuljetuskustannus taajama-asteella 95–100 % on 1 375 € ja taajama-asteella 54–75 % 1 659 €. (Svartsjö & Karvonen 2015, 10–20.) Tulokset kertovat siitä, että kustannukset nousevat selkeästi, kun etäisyydet kasvavat ja joukkoliikenne vähenee. Tilanne kertoo myös sen, että isot kaupungit, joissa haja-asutusalueita ei ole, kokevat erilaisia ongelmia koulukuljetusten järjestämisessä.

Samankaltainen koulukuljetuskysely oli toteutettu vuonna 2010 myös Kuntaliiton toimesta. Kun tuloksia verrataan vuoden 2010 tietoihin, ovat koulukuljetuskustannukset vuoteen 2013 mennessä nousseet. Vuonna 2010 kuljetuskustannukset jokaisen oppilaan osalta oli 348 €. Vuonna 2013 kustannukset olivat 391 €. Nousua vuodesta 2010 on 12,3 %. Vuonna 2010 kuljetuskustannukset pelkästään kuljetusoppilaiden osalta oli 1 433 €. Vuonna 2013 sama lukema oli 1 735 €. Nousua vuodesta 2010 on 21,0 %. (Svartsjö & Karvonen 2015, 29.)

Koulukuljetusten kilpailutuksessa on mahdollista käyttää kunnan itse haluamaa hinnoitteluperustetta. Kyselyssä ilmeni, että kuntien välillä on eroavaisuuksia hinnoitteluperusteiden välillä. Suosituin hinnoitteluperuste 70,5 %:n osuudella oli €/km. Yleensä tällä pe-

rusteella liikennöitsijälle maksetaan kiinteä euromäärä per asiakas kyydissä ajettu kilometri. Toiseksi yleisin peruste oli 22,5 %:n osuudella reittihinta. (Svartsjö & Karvonen 2015, 31.) Tällä usein tarkoitetaan kilpailutusta, jossa tiedetään, minkälainen reitti ajetaan, mihin kellonaikaan ja kuinka kauan. Tällä hinnoitteluperusteella saavutetaan yleensä hyviä tuloksia kilpailutuksessa, sillä liikennöitsijällä on täysi varmuus siitä, kuinka pitkää reittiä hänen pitää ajaa ja kuinka usein. Yleisimmällä €/km perusteella ei yleensä voida antaa takeita siitä, kuinka paljon kilometrejä liikennöitsijälle kertyy lukuvuoden aikana. Lisäksi oli pienempiä osuuksia joissa käytettiin perusteena päivähintoja, tuntihintoja, viikkohintoja yms. (Svartsjö & Karvonen 2015, 31).

Jonkinlaisiin ongelmiin törmää lähes jokainen kunta, sillä vain 4,3 % vastaajista totesi, että koulukuljetusten järjestäminen toimii hyvin ilman suurempia ongelmia. Kaikki muut vastaajat osasivat nimetä jonkin tietyn alueen, josta koituu suurimmat ongelmat (kuva 3). (Svartsjö & Karvonen 2015, 34.)



Kuva 3. Koulukuljetusten suurimmat ongelmat (Svartsjö & Karvonen 2015, 34).

Kysymys toteutettiin avoimella kysymyksellä, joten yhden kunnan vastaukseen on voinut sisältyä monta ongelmaa. Kyselystä näkee hyvin, että suurella osalla on samat ongelmat järjestämisessä. Suurimmaksi ongelmaksi 28,2 % ilmoittaa vähäisen kilpailun. Kyselyssä

kysyttiin erikseen, onko kunnan mielestä todellista kilpailua takseilla suoritettavista koulukuljetuksista, ja jopa 57,8 % kunnista vastasi, ettei ole. (Svartsjö & Karvonen 2015, 28–34.) Toiseksi suurimmiksi ongelmiksi 25,0 %:n osuudella mainittiin kustannukset ja resurssit sekä aikataulutus. Kustannuksilla tarkoitetaan kuljetuskustannusten yleistä kasvua sekä kuntien säästöpainetta. Resursseilla viitattiin rajallisiin resursseihin, joilla tarkoitettiin henkilöstön puutetta sekä kuljetusten järjestämiseen tarvittavaa aikaa. Aikataulutukseen sisältyi hankaluudet eri aikataulujen yhteensovittamisessa. Aikataulutuksessa esimerkiksi mainittiin kuljetettavien oppilaiden määrän ennakointi, lukujärjestykset sekä liikennöitsijöiden omat aikataulut. (Svartsjö & Karvonen 2015, 34.)

5.3 Turun kaupungin koulukuljetukset

Turun kaupungin koulukuljetuskriteerit on säätänyt varhaiskasvatus- ja perusopetuslautakunta vuonna 2011. Tarkennuksia kriteereihin teki kasvatus- ja opetuslautakunta sekä kaupunginhallitus vuonna 2014. Alkuperäisillä vuoden 2011 kuljetuskriteereillä säädettiin mahdollisuus kuljetusetuuteen laajemmin kuin mitä lakiin on kirjattu. Ilmaisen bussikortin sai 1.–2. luokan oppilaat, joiden matka lähikouluun oli yli 3 kilometriä. Lisäksi 1.–2. luokan oppilaat, jotka kävivät kieliluokkia, saivat ilmaisen bussikortin, jos matkan pituus ylitti 3 kilometriä. (Varhaiskasvatus- ja perusopetuslautakunta 177/2011.) Taksikuljetuksia koskevat kriteerit jätettiin lain edellyttämälle tasolle. Vuonna 2014 kriteereitä tarkennettiin siten, että kaikki laajemmat kuljetusetuudet kuin mitä laissa on määritelty, poistettiin (Kasvatus- ja perusopetuslautakunta 137/2014; Kaupunginhallitus 350/2014).

Vuonna 2015 Turussa oli taksikuljetuksen piirissä 516 oppilasta ja bussikuljetuksessa 1945 oppilasta. Taksikuljetuksiin kului rahaa 2 831 201,92 € ja bussikortteihin 565 021,14 €.

Turun kaupungin koulukuljetukset on järjestetty siten, että sivistystoimialan perusopetuksen hallinnossa on kaksi toimistosihteriä, joiden päätyö on koulukuljetusten järjestäminen ja hallinnointi. Tähän työnkuvaan sisältyy kaikki koulukuljetuksiin liittyvä: koulukuljetushakemusten käsittely, valmistelu ja täytäntöönpano. Valmisteltujen koulukuljetushakemusten pohjalta perusopetuksen palvelualuejohtaja tekee päätöksen kuljetuksen myöntämisestä tai hylkäämisestä. Toimistosihterit palvelevat huoltajia koulukuljetusasioissa puhelimitse, sähköpostilla tai henkilökohtaisesti paikan päällä. Kaikkia koulukuljetuksia ei järjestetä takseilla, vaan myös kaupungin myöntämällä ilmaisilla bussikorteilla.

Työhön kuuluu lisäksi koulukuljetuslaskujen asiataarkastaminen, osuuksien jakaminen kouluittain ja maksaminen.

Jokaisella keskitetyn palvelun koululla on yksi tai useampi koulunkäyntiavustaja, joka on osoitettu koulun kuljetusvastaavaksi. Kuljetusvastaavat tekevät kuljetustöiden lisäksi normaaleja koulunkäyntiavustajan tehtäviä. Kuljetusvastaavat tilaavat itse koulunsa kuljetukset. Keskitetyn palvelun kouluja Turun kaupungissa on Hannunniiton koulu, Katariinan koulu, Kiinamylyn koulu, Luolavuoren koulu, Mikaelin koulu sekä Samppalinnan koulu. Hallinnon koulukuljetuksen työntekijät tekevät yhteistyötä näiden kuljetusvastaavien kanssa. Hallinto avustaa autojen valinnassa ja kaikenlaisissa koulukuljetuksiin liittyvissä ongelmissa.

Perusopetuksen lukuvuosi alkaa yleensä elokuun puolesta välistä ja päättyy kesäkuun alussa. Tämä tarkoittaa sitä, että koulukuljetuksissa kesä on ruuhkaisinta aikaa, sillä kuljetukset tulee lyhyessä ajassa suunnitella suurelle määrälle oppilaita. Huoltajat hakevat kuljetusta kevään aikana ja kesän alussa, jolloin suurin osa kuljetuspäätöksistä on tehtynä ennen heinäkuuta. Lukujärjestykset tulevat eri aikaan kesän aikana kouluilta, jolloin autot on jaettava koulujen kesken ennen kuin reitit ovat valmiina. Halvimmat autot jaetaan niille kouluille, joilla arvioidaan olevan eniten oppilaita pisimmän matkan päästä. Kesken lukuvuoden tulee myös kuljetusoppilaita, kun oppilaat muuttavat, vaihtavat koulua, loukkaavat itsensä jne. Tällöin kuljetussuunnitteluun on paremmin aikaa ja on mahdollista löytää hyvä reitti, johon oppilas mahtuu.

Tilausprosessi

Kuljetuksen tilausprosessi etenee siten, että huoltaja ensiksi tiedostaa lapsensa kuljetustarpeen. Huoltaja löytää koulukuljetushakemuksen Turun kaupungin nettisivuilta. Huoltaja täyttää hakemuksen ja lähettää sen Turun kaupungin koulukuljetuksiin. Hakemuksen liitteeksi huoltaja liittää lääkärin tai psykologin lausunnon, paitsi jos kyseessä on vaarallinen koulutie tai koulumatkan pituuden kesto.

Hallinnon koulukuljetukset ottavat hakemuksen vastaan ja aloittavat sen käsittelyn. Käsittelyssä tarkastetaan täyttyvätkö koulukuljetuskriteerit kuljetuksen saamiseksi. Valmisteltu hakemus menee perusopetuksen palvelualuejohtajalle päätettäväksi. Koulukuljetukset ilmoittavat huoltajalle myöntävästä tai hylkäävästä päätöksestä.

Mikäli päätös oli myöntävä, koulukuljetukset kysyvät oppilaan koululta oppilaan lukujärjestyksen. Koulukuljetukset selvittävät, onko jo olemassa olevaa kuljetusreittiä, johon oppilaan voisi lisätä, vai tilataanko yksinkuljetus. Koulukuljetukset ottavat yhteyttä liikennöitsijään ja tilaavat kuljetuksen. Hakuajat sovitaan liikennöitsijän kanssa. Lopuksi koulukuljetukset ilmoittavat liikennöitsijän tiedot sekä oppilaan hakuajat huoltajalle.

5.4 Turun kaupungin kuljetuskilpailutus

Turun kaupungin hyvinvointitoimialan ja sivistystoimialan lasten kuljetusten kilpailutus on tehty keväällä 2015. Hankintaan sisältyy koulukuljetusten lisäksi päiväkotilastenkuljetukset sekä kehitysvammaisten lasten iltapäivätoiminnan kuljetukset. Päätöksen valituista liikennöitsijöistä on tehnyt hankinta- ja logistiikkajohtaja 15.6.2015. Kilpailutuksessa oli mahdollista jättää tarjous kolmeen eri ryhmään. Ryhmään A sisältyy 9–16-paikkaiset linja-autot, ryhmään B esteettömät autot eli invataksit, ja ryhmään C perusvarusteiset autot. Ryhmästä A tarjoushinta tuli antaa kahden desimaalin tarkkuudella tuntihintana (€/tunti). Laskutustarkkuutena on 15 minuuttia, jolloin jokaiselta alkavalta 15 minuutilta laskutetaan ¼ tarjotusta tuntihinnasta. Laskutus alkaa, kun reitin ensimmäinen oppilas nousee kyytiin, ja päättyy reitin viimeiselle koululle. Tyhjääajasta ei laskuteta milloinkaan.

Ryhmästä B ja C tarjoushinta annettiin kahden desimaalin tarkkuudella alennusprosenttina voimassa olevista valtioneuvoston asettamista taksiliikenteen kuluttajilta perittävistä enimmäishinnoista. Toisin sanoen, näiden kahden ryhmän kuljetukset ajetaan normaalisti taksitaksamittarilla, josta lopuksi vähennetään tarjottu alennusprosentti. Hintaan sisältyy taksimatkan perusmaksu, ajomatkamaksu sekä mahdolliset odotusmaksut ja avustamislisät, jos sellaista on reitillä ollut. Ajomatkamaksussa on neljä eri taksaluokkaa, jotka jakautuvat henkilömäärän perusteella (taulukko 2).

Taulukko 2. Taksaluokka (valtioneuvoston asetus taksiliikenteen kuluttajilta perittävistä enimmäishinnoista 796/2015).

Taksaluokka	€/km
I:(1-2 henkilöä)	1,41
II:(3-4 henkilöä)	1,70
III:(5-6 henkilöä)	1,84
IV:(yli 6 henkilöä)	1,98

Taksaluokassa kaksi alle 12-vuotiasta lasketaan yhdeksi henkilöksi. Koulukuljetuksissa suurin osa ajettavista on juuri alle 12-vuotiaita. Ennakkotilauksmaksua ei sopimuksen mukaan saa periä, sillä lähes kaikki koulukuljetukset ovat ennakkoon tilattuja kuljetuksia. Normaaliajossa taksi saa periä ennakkotilauksmaksun, jos kuljetus on tilattu yli 30 minuuttia etukäteen. (Valtioneuvoston asetus taksiliikenteen kuluttajilta perittävästä enimmäishinnoista 796/2015.)

Tällä kilpailutuksella valituksi tuli ryhmästä A autoja 14 kpl, ryhmästä B 38 kpl ja ryhmästä C 92 kpl. Näitä autoja käytetään optimoinnissa juuri niillä istumapaikoilla ja hinnoilla, mitä kilpailutuksessa on tarjottu. Sopimuksen mukaan palveluntuottaja osallistuu tarvittaessa kuljetusreittien suunnitteluun tilaajan kanssa. Kuljetukset tulee ajaa edullisinta ja tarkoituksenmukaisinta reittiä käyttäen.

Aikaisempi lasten kuljetusten kilpailutus oli tehty vuonna 2013 ajalle 1.8.2013–31.7.2015 hankinta- ja logistiikkajohtajan päätöksellä 11.4.2013. Kilpailutuksessa ryhmät B ja C olivat samanlaiset kuin nykyisessä. Ryhmässä A on eroavaisuuksia. Ryhmään A annettiin tarjous päivähinnalla (€/päivä). Päivään sisältyi yhteensä kuusi tuntia ajoa ilman kilometrirajoituksia. Päivähinta maksettiin autoilijalle aina riippumatta siitä, kuinka monta tuntia todellisuudessa oli ajettu. Auton järkevä käyttö oli täysin tilaajan vastuulla. Ongelmia tässä kilpailutuksessa tuotti Turun kaupungin jaettu koulukuljetusten tilaaminen ja se, ettei päiväautojen käyttöastetta saatu tarpeeksi korkeaksi. Tämän kilpailutuksen voimaansaolon aikana Turun kaupunki vielä järjesti Turussa keskitetyn palvelun kouluja käyvien vieraskuntalaisten kuljetukset. Sopimukset ympäriskuntien kanssa kuitenkin muutettiin 1.8.2015 alkaen siten, ettei Turun kaupunki enää järjestä koulukuljetusta muille kuin turkulaisille oppilaille. Jatkossa muut kunnat järjestävät omat kilpailutuksensa ja kuljetuksensa kokonaan itse. Tällä sopimuskaudella olisi ollut mahdollista käyttää vielä kahden vuoden optiota, mutta sille ei ollut tarvetta, sillä autoja olisi ollut vieraskuntalaisten lähdeettyä liikaa.

6 KOULUKULJETUSREITTIIEN MALLINNUS

Koulukuljetusreittien nykytilanne tulee mallintaa ReittiGIS:ssä, jotta saadaan selville, miten koulukuljetuksia tällä hetkellä ajetaan. Nykytilanteen tietoja, kuten ajettuja kilometrejä ja autojen lukumäärää, vertaillaan optimoitujen reittien tuloksiin. Nykytilanteen reittien tiedot kootaan liikennöitsijöiden reittiselvityksistä sekä sivistystoimen kuljetuslistoista.

6.1 Ohjelmistot

6.1.1 MultiPrimus

StarSoft Oy on suomalainen ohjelmistotalo, joka on perustettu vuonna 1987. He ovat erikoistuneet koulu- ja oppilaitoshallintoon ja ovat osa Visma-konsernia. StarSoftin tuotteita ovat mm. oppilaitoshallinto-ohjelma Primus, lukujärjestyssuunnitteluun Kurre sekä näiden ohjelmien www-liittymä Wilma. Suurimpia käyttäjiä ovat Helsinki, Vantaa, Espoo ja Turku. (Starsoft 2016.)

Kaikki kolme edellä mainittua ohjelmaa ovat käytössä Turun kaupungin perusopetuksella. Koulukuljetusten kannalta tärkein on Primus. Primuksesta löytyy oppilaiden ajan tasalla oleva kotiosoite sekä huoltajien tiedot yhteydenottoja varten. Lisäksi koulukuljetukset ylläpitävät Primuksessa tiedot oppilaiden kuljetuspäätöksistä, lukujärjestyksistä, hakuajoista, koulumatkojen pituuksista ja muista kuljetuksiin liittyvistä tiedoista.

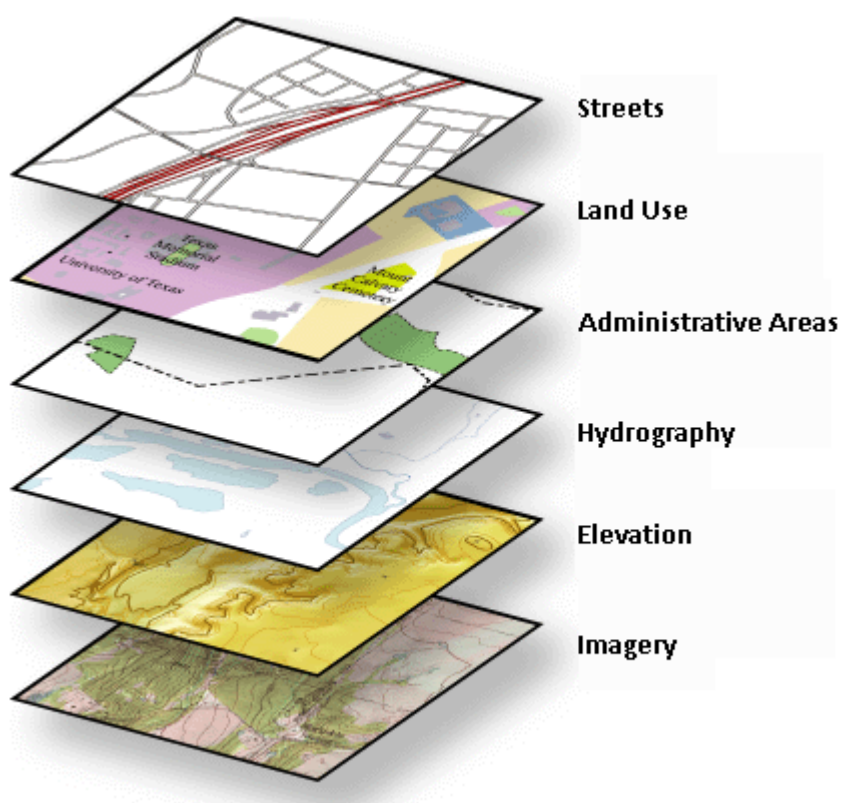
Kurre on käytössä suurimmalla osalla kouluista, jolloin ohjelmasta pystyy näkemään oppilaiden lukujärjestykset. Osalla kouluista käytössä on vielä puutteita, jolloin jotkut lukujärjestykset pitää erikseen pyytää kouluilta. Wilman avulla koulukuljetukset pystyvät lähettämään viestejä huoltajille, mm. tiedottamaan koulukuljetuspäätöksistä.

6.1.2 ArcGis

Esri on vuodesta 1969 toiminut yhdysvaltalainen yritys, joka toimii maailmanlaajuisesti tarjoten GIS (*geographic information system*) sovelluksia. ArcGIS on Esrin tuoteperhe, joka on tarkoitettu kaikenlaisten karttojen ja geograafisten tietojen käsittelyyn. Reitti-

GIS:in kanssa käytettävä sovellus on ArcGIS Desktop. ArcGIS Desktopin toimintoja pystyy laajentamaan ostamalla ReittiGIS:n kaltaisia lisäosia. Tällä tavoin Esri kykenee tyydyttämään lähes kaikkien käyttäjäryhmien karttatietotarpeet. ArcGIS Desktop on paikalliselle työasemalle asennettava sovellus. (Esri 2011; Esri 2016a.)

Kartat ja muut kohteet tuodaan sovellukseen tasoina (kuva 4). Nämä tasot saadaan graafisesti näkymään päällekkäin, jolloin on mahdollista nähdä samaan aikaan vaikka pohjakartta, tiet viivoina sekä asiakkaat.



Kuva 4. Esimerkki karttatasoista (Esri 2011).

Karttatasojen tulee sisältää geoviittaukset eli koordinaatit, jotta ArcGIS pystyy sijoittamaan ne oikeaan paikkaan ja päällekkäin (Esri 2011).

6.1.3 ReittiGIS

ReittiGIS on toteutettu ArcGIS Desktop -ohjelmiston ArcMap-sovelluksen laajenusosana (CGI 2016b). ReittiGIS ei siis toimi ilman ArcGIS:iä. ReittiGIS-ohjelmiston toimittaja on nykyään CGI.

CGI on vuonna 1976 Kanadassa perustettu IT-alan palveluja sekä konsultointia tarjoava yritys. Nykypäivänä yritys toimii yli 40 maassa, joista yksi on Suomi. ReittiGIS oli alun perin Logican suunnittelema sovellus, mutta CGI osti Logican yrityskaupoissa vuonna 2012. (CGI 2016a.)

ReittiGIS on kehitetty StarSoft Oy:n kanssa yhteistyössä. Yksi merkittävimmistä ominaisuuksista ReittiGIS:ssä on tämän johdosta Primukseen integroituminen. Tietojen siirto Primuksesta ReittiGIS:iin ja takaisinpäin on tehty vaivattomaksi. Ohjelmaa voidaan käyttää kuljetusten suunnittelun lisäksi oppilaiden koulumatkojen mittaamiseen tai oppilasalueiden suunnitteluun. Asiakastietoja ei myöskään ole pakko tuoda Primuksesta, eli ReittiGIS:iä voi käyttää muidenkin kuin koulukuljetusten suunnitteluun. (CGI 2014, 12–13.)

6.2 Aloitustiedot

Väestötaulukko on taulukko, joka kertoo, missä pisteessä henkilö asuu. Tätä työtä tehdessä käytössä oli MediGIS:in väestötaulukko, joka on myös CGI:n tekemä väestötietopalvelu. Kun oppilaita tuodaan ReittiGIS:iin, ohjelma tiedonsiirron yhteydessä ottaa MultiPrimuksesta oppilaan henkilötunnuksen ja vertaa sitä MediGIS:in väestötaulukkoon. Taulukosta se löytää henkilötunnuksella henkilön asuinpaikan pisteen ja luo oppilaalle ReittiGIS:iin pisteen asuinpaikan päälle. Tulevaisuudessa henkilöiden paikannus tullaan tekemään Trimble Locus -järjestelmän kautta, mutta tätä työtä tehdessä se ei ollut vielä käytössä.

Päätepisteet-tilukossa on jokainen koulu sekä iltapäiväkerho merkittynä, joita perusopetuksen oppilaat käyttävät. Tällöin ohjelma tietää, mihin pisteeseen reitti päättyy tai alkaa, pelkän nimen perusteella. Taulukon tarkemmat koulukuljetuksiin liittyvät ominaisuudet löytyvät liitteestä 1. Taulukon ”Shape”-kenttä on piste kartalla, joka kertoo, missä kyseinen päätepiste sijaitsee koordinaatistossa. Nämä pisteet täytyy manuaalisesti lisätä taulukkoon. Sen voi tehdä täysin käsin. Tällöin etsitään kohde kartalta, ja sitten asetetaan piste oikeaan paikkaan hiirellä. ReittiGIS:ssä on myös geokoodaus-toiminto. Geokoodauksella ReittiGIS pystyy etsimään osoitteen sijainnin kartalta kirjoittamalla sen. Tiestön mukana Turulle on toimitettu osoitteen paikannin, joka osaa etsiä tiestöstä osoitteen sijainnin.

Tätä työtä aloittaessa pääte pisteet- taulukko oli jo melko täydellinen, sillä ReittiGIS:iä on jo käytetty kaikkien Turun kaupungin perusopetuksen oppilaiden koulumatkojen mittaamiseen. Ainoastaan iltapäiväkerhot tuli käsin lisätä listaan, sillä niille ei ole ollut tarvetta matkojen mittaamisessa. Tämä oli olennainen osa työtä, sillä monet kuljetusoppilaat ovat niin nuoria, ettei heitä voi viedä yksin kotiin. Tällöin heidät kuljetetaan koulun päättymisen jälkeen huoltajien valitsemaan iltapäiväkerhoon Turun sisällä. Iltapäiväkerhopisteitä lisätessä taulukkoon kirjataan ylös pisteen nimi sekä tyyppi. Pääte pisteet- taulukkoa päivittäessä huomataan yksi ongelma, joka tulee luomaan lisätyötä työn aikana. Turun kaupungissa perusopetus on järjestetty siten, että on olemassa ns. ”pääkouluja”, joiden alla voi olla lisäksi muita kouluyksiköitä. Esimerkiksi Vasaramäen kouluun kuuluu Syreenikujan yksikkö (yläkoulu) ja Lehmustien yksikkö (alakoulu). Pääte pisteet- taulukossa Syreenikujan yksikkö on nimetty Vasaramäen kouluksi ja Lehmustien yksikkö Vasaramäen koulu aa. Kun kuljetusoppilaiden tiedot tuodaan Primuksesta osaa ReittiGIS lukea vain ”pääkoulun” tiedot. Tällöin kaikki Vasaramäen koulun oppilaat reititetään Syreenikujan yksikköön. Tästä muodostuu sellainen ongelma, että kun jonkun koulun kuljetusoppilaat siirretään, tulee käsin muokata heidän tietoihinsa ReittiGIS:ssä se kouluyksikkö, johon he oikeasti kuuluvat.

Reitittämistä varten käytettävien autojen tulee olla karttatasossa taulukossa. Se on taulukko nimeltä Autot. Turun kilpailutuksen mukaisesti käytössä on kolmen eri ryhmän autoja. Nämä kaikki autot tulee tarkasti kirjata taulukkoon, jotta reittien optimointi valitsee edullisimmat autot reitteihin käytettäväksi. Taulukon koulukuljetuksia hyödyttävät ominaisuudet ja parametrit on listattu liitteeseen 2. Autoista kirjataan ylös auton nimi, johon merkitään liikennöitsijän virallinen yrityksen nimi, sekä auton rekisterinumero, joka yksilöi autot. Capacities- kenttään merkitään auton paikkalukumäärä, eli kuinka monta oppilasta mahtuu kyytiin. Invavarusteisista takseista, joilla voidaan kuljettaa pyörätuolissa olevia oppilaita, merkitään tällä hetkellä Capacities- kenttään paikkalukumäärä oppilaille, jos kyydissä ei ole pyörätuoleja. Yleensä pyörätuolipaikat vievät autosta enemmän kuin vain yhden istumapaikan, mutta tässä kohtaa ei ole tiedossa, miten autolle voisi merkitä kahdella tapaa auton kapasiteetin. Pyörätuolioppilaita on kuitenkin sen verran vähän, että optimoinnin jälkeen pystytään vielä käsin tarkastamaan, että autossa ei ole liikaa oppilaita. Auton ominaisuuksiin merkitään paikkalukumäärä pyörätuolien kera. StartDepotName- ja EndDepotName- kentät määrittelevät, mistä auto aloittaa ja lopettaa reitin. ReittiGIS:n optimointialgoritmit vaativat jompaankumpaan tiedon, jotta optimointi voidaan suorittaa. Halutessa myös molempiin voi merkitä paikat. Jos StartDepotName on tyh-

jänä, aloittaa auto reitin ensimmäisestä pisteestä, ja jos EndDepotName on tyhjänä, lopettaa auto reitin viimeiselle pisteelle. Turun kaupungin koulukuljetuksia ajavat vain kilpailutetut yrittäjät, ja sopimuksessa on sovittu, ettei tyhjäajosta makseta. Tällöin Turun kaupungin koulukuljetusten reitittämisessä ei olisi tarvetta kummallekaan pisteelle. Kuitenkin koska optimointi sen vaatii, molempiin pisteiksi asetetaan Turun kauppatori. Optimoinnissa pystytään päättämään, käytetäänkö lähtö- vai lopetuspistettä. Tällöin on järkevää asettaa aamuisin kuljetukset lähtemään ensimmäisestä pisteestä ja päättymään kauppatorilla. Iltapäivisin kuljetukset asetetaan lähtemään kauppatorilta ja päättymään viimeisen oppilaaseen. Tällöin tyhjäajon pitäisi sekoittaa mahdollisimman vähän optimointia.

Oppilaat-taulukossa on tiedot kaikista kuljetusoppilaista. Tämä taulukko saadaan täytettyä tiedonsiirrolla MultiPrimuksesta. MultiPrimuksessa valitaan halutut kuljetusoppilaat, joko kaikki tai vaikka kouluittain, ja aktivoidaan tiedon siirto ”Siirrä lukujärjestystiedot ReittiGISiin”. Todellisuudessa toiminta tuo koko oppilaan ReittiGIS:iin, eikä pelkästään lukujärjestystä. Samalla kun oppilaat tuodaan Primuksesta, voidaan määritellä, halutaanko, että ReittiGIS luo oppilaille Kodit-taulukkoon oman pisteen. Tällöin oppilaille luodaan Oppilaat-taulukkoon piste, jossa oppilas sijaitsee, ja Kodit-taulukkoon piste, missä oppilaan koti sijaitsee. Tämän taulukon käyttö on valinnaista. Tässä työn vaiheessa luotiin oppilaille varmuuden vuoksi myös kotipisteet, jos siitä loppua kohden löytyisi jotakin hyötyä. Esim. hakupaikkojen sijaintia voisi siirtää kauemmas kotoa niin, että pysyttäisiin kuitenkin perillä, missä oppilaan koti oikeasti sijaitseesikaan.

Oppilastietoja siirtäessä huomattiin, että ohjelman käyttämä MediGIS-väestötietokanta ei ollut ajan tasalla ja useat oppilaat sijoitettiin vanhaan kotiosoitteeseen. Trimblen Locus-tietokantaa käyttäessä tiedot olisivat olleet ajan tasalla, mutta yhteys ReittiGIS:in välillä ei ollut toiminnassa tätä osaa työtä tehdessä. Lisäksi oli oppilaita, joita ei löytynyt väestökannasta ollenkaan. Tällaiset oppilaat ovat äskettäin muuttaneet Turkuun ja heitä ei vielä MediGIS-aineistosta löytynyt. Tällaisista kaikki tiedot tuli käsin lisätä Oppilaat-taulukkoon. Lisäksi lastenkoteihin ja sijaisperheisiin sijoitettujen oppilaiden osoitteita ei ylläpidetä väestökannassa. Heidät piti käsin lisätä kartalle ja taulukkoon. ReittiGIS näytti tiedonsiirron jälkeen tulosteen, jossa oli eriteltynä, keitä oppilaita ei lisätty, koska heitä ei löytynyt. Tulosteessa erotteli myös oppilaat, jotka oli onnistuneesti paikannettu, mutta väestötason osoite erosi Primuksen osoitteesta. Tässä kohtaa ilmeni, että Primuksen osoite päivittyy viikoittain väestörekisteristä, ja tällöin muutos piti tehdä käsin Primuksen tietojen perusteella. Tuloste näytti oppilaat näin:

”010101A000B;Esimerkki Erkki;Eerikinkatu 5; Eerikinkatu 5 C 15”

Tulosteessa on oppilaan henkilötunnus, sukunimi sekä etunimi, väestötason osoite sekä primuksen osoite. Koska Primuksen osoite oli ajan tasalla, oli jälkimmäinen osoite se, jonka perusteella tarkastettiin oppilaan asuinpaikka. Lisähaasteen osoitteentarkastukseen toi se, että väestötasoon ei ole merkittynä rappuja tai asuntojen numeroja, vaan ainoastaan katuosoitteet. Primukseen on merkittynä oppilaan kotiosoite täydellisenä. Tällöin yllä oleva esimerkkikin tulisi virheilmoitustulostukseen mukaan, sillä Primuksessa osoitteessa on lisänä lopun C 15 ja ohjelma havaitsee, että osoitteet eroavat toisistaan. Tulostetta tuli siis lukea yksi oppilas kerrallaan ja katsoa, oliko osoitteissa oikeasti ero, vai puuttuiko vain rappu ja asunto.

Kun osoitteista oikeasti löytyi eroavaisuus, tuli paikantaa oppilaan piste kartalla. Se onnistui helposti valitsemalla oppilas Oppilaat-tiluksesta ja käyttämällä toimintoa ”Tarkenna kohteeseen”. Tällöin tiluksesta valittu piste näkyi erivärisenä kuin kartan muut oppilaspisteet. Tämän jälkeen oppilaan nykyinen osoite paikannettiin ReittiGIS:in osoitteenpaikantimella. Oppilaan piste kartalla siirrettiin hiirtä käyttämällä oikeaan osoitteeseen sekä kirjattiin Oppilaat-tilukseen LAHIOSOITE-kenttään oikea katuosoite.

Osoitteiden tarkastuksen jälkeen tuli lisätä Oppilaat-tilukseen oppilaat, joita Primuksesta ei voitu siirtää, koska heitä ei löytynyt väestötiluksesta. Työ eteni siten, että ReittiGIS:n tulosteesta tarkastettiin, keitä ei lisätty, koska vastinetta väestötasosta ei löytynyt. Tässä virhetulosteessa näkyi jokaisen oppilaan henkilötunnus sekä koko nimi. Henkilötunnuksella haettiin oppilas Primuksesta ja otettiin kaikki tiedot esille. Tämän jälkeen käsin luotiin oppilaalle piste ReittiGIS:ssä Oppilaat-tilukseen hänen kotinsa kohdalle. Tämän jälkeen oppilaalle tuli käsin täyttää kaikki tiedot, jotka muille oppilaille tuotiin automaattisesti.

Lisäksi tarkastuksessa huomattiin, että alkuluokkien oppilaille, jotka muodostavat ns. 0-luokan, tuli KOULU-kenttään vain tieto, että he ovat koulutulokkaita. Tällöin piti käsin käydä vaihtamassa tietoihin koulun oikea nimi.

6.3 Mallinnuksen aloitus

Ennen kuin kuljetusreitit voidaan alkaa optimoimaan, tulee Turun kaupungin koulukuljetusten nykytilanne mallintaa ReittiGIS:ssä. Tällä saadaan tarkasti selville lähtötiedot,

joita käytetään optimoinnin tulosten vertailuun. ReittiGIS:iä ei oltu tänä lukuvuotena käytetty kuljetusten reitittämiseen, joten mallinnus tuli aloittaa aivan alusta.

Jotta nykytilanne saadaan mallinnettua ReittiGIS:ssä, tulee kuljetustietojen olla ajan tasalla MultiPrimus-oppilastietojärjestelmässä, josta sitten nämä kuljetustiedot siirretään ReittiGIS:iin. Järjestelmässä on valmiina kirjattuna yleistä tietoa oppilaasta, kuten nimi, henkilötunnus, kotiosoite ja koulu. Lisäksi koulukuljetukset ylläpitävät koulukuljetustietoja käsin, kun oppilaasta tehdään hyväksyvä koulukuljetuspäätös (kuva 5). Tällöin tietoihin lisätään koulumatka-välilehteen, että missä kuljetuksessa oppilas on: taksi vai bussi.

Kuva 5. MultiPrimuksen Koulumatka-välilehti.

Lisäksi kuljetustietoihin otetaan ylös oppilaan lukujärjestystiedot. Tähän kirjattujen lukujärjestysten pohjalta ReittiGIS tietää, mihin kellonaikaan oppilaalla alkaa ja päättyy koulu. Lukujärjestystiedot puuttuvat työn aloitusvaiheessa lähes kaikilta. Muuten kuljetustiedot ovat suhteellisen hyvin ajan tasalla, sillä koulukuljetusvälilehti on täytetty samalla, kun kuljetuspäätös on tehty.

Tiedot joudutaan tässä vaiheessa siirtämään käsin. Kuljetuslistat koulukuljetusten tilaamista kuljetuksista ovat heti saatavilla. Keskitetyn palvelun koulujen kuljetusvastaavilta

pyydetään ajantasaiset kuljetuslistat. Lisäksi käytetään liikennöitsijöiden lähettämiä reittiselvityksiä. Näistä reittiselvityslomakkeista selviää autoilijoiden ajamat kilometrit, kelonajat sekä koulut ja oppilaat. Liikennöitsijöiden on täytynyt lähettää sopimusten mukaiset reittiselvitykset koulukuljetuksiin. Reittiselvityksiä on käytetty laskujen tarkastamiseen.

Kaikista kuljetuslistoista sekä reittiselvityksistä kirjataan oppilas kerrallaan Primukseen oppilaan lukujärjestystiedot, ketä autoilija milloinkin ajaa, onko oppilas sekä aamu- että iltapäiväkuljetuksessa ja osallistuuko hän iltapäiväkerhoon. Työn alussa selvisi, että työ määrä on niin suuri, että tässä työssä otetaan ylös vain maanantaipäivän kuljetustiedot. Haasteita toi myös jokaisen henkilön erilaiset työtavat. Kuljetuslistoista ei ollut minkäänlaista pohjaa, jota kaikki olisivat käyttäneet, vaan jokaisella oli omannäköisensä Word-dokumentti tai Excel-taulukko, jossa kuljetustiedot olivat. Liikennöitsijöiden reittiselvitykset ovat Turun kaupungin pohjalle täytettyjä, mutta nekään eivät ole sellaisessa muodossa, että tietoa olisi automaattisesti voitu siirtää.

Kun kaikki oppilaat oli tuotu sekä luotu ReittiGIS:iin, lähdettiin miettimään, onko tarpeen rajata joitain oppilaita työstä pois.

Pois rajatut oppilaat

Kiinamylyn koulun kaikki oppilaat rajataan pois tästä työstä. Kiinamylyn koulu on ns. sairaalakoulu. Kukaan oppilas ei ole pysyvästi koulun kirjoilla, vaan he tulevat kouluun joksikin ajaksi. Joillain oppilailla olosuhteet ovat niin vaikea, että koulua on vain klo 10:stä klo 12:een. Välillä oppilaat tulee kuljettaa saman tien kotiin jo ennen koulun päättymistä. Oppilaiden tilanteet ja lukujärjestykset voivat muuttua tiuhaan tahtiin, ja muutenkin kouluun tulee koko ajan uusia oppilaita ja osa lopettaa ja palaa takaisin omaan kouluunsa. Lisäksi koululla on lyhyitä kuljetuksia sairaalan osastojen sekä sairaalakoulun välillä. Näiden syiden takia Kiinamylyn koulun oppilaiden kuljetuksia ei ole aikaisemmin yritetty yhdistellä muiden koulujen kuljetusten kanssa, eikä sen yrittäminen ole tässäkään työssä realistista taikka ajankohtaista. Kiinamylyn koulu kannattaa jättää omaksi osakseen, sillä oppilaat kuljetetaan omissa autoissaan.

On olemassa turkulaisia oppilaita, jotka on jouduttu sijoittamaan väliaikaisesti vieraskuntaan, mutta jotka jatkavat kuitenkin koulunkäyntiä Turussa. Näitä oppilaita on erittäin pieni määrä, ja heidän kuljetuksensa kestot vaihtelevat. Välillä oppilas saattaa aloittaa koulunkäynnin sijoituskunnassa tai kykenee muuttamaan takaisin kotiin Turkuun. Näillä

oppilailla tilanne on niin vaikea ja kuljettava matka niin pitkä, että he ovat olleet lähestulkoon yksinkuljetuksessa. Nämä oppilaat rajataan tässä työssä pois. Tässä kohtaa ei vaikuta tarkoituksenmukaiselta yhdistää näitä oppilaita Turun sisäisiin kuljetuksiin, sillä kaikki muut kuljetusoppilaat tulevat Turun sisältä.

Oppilaat jotka käyvät Turussa keskitetyn palvelun kouluissa on määrätty sinne koska heillä on jonkinlainen erityisten tuen tarve, esim. oppimisvaikeudet tai jokin vamma. Osassa näitä kouluja järjestetään aamu- sekä iltapäiväkerhotoimintaa. Tällöin oppilas voidaan kuljettaa aamukerhoon ennen koulua tai iltapäiväkerhosta kotiin. Näillä oppilailla syy on se, että he eivät kykene olemaan kotona ilman vanhempiaan ja kuljetukset järjestetään vanhempien työaikataulujen mukaan, esimerkiksi haetaan kotoa viimeistään klo 6.30 ja viedään kotiin aikaisintaan klo 17.00. Tällaisia kerhokuljetuksia, jotka eivät ole sidoksissa oppilaan lukujärjestykseen, ei järjestetä muille kuin tiettyjen keskitetyn palvelun koulujen (Hannunniittu, Katariina sekä Luolavuori) oppilaille. Kerhokuljetusten kustannuksia maksavat yhdessä sivistystoimiala ja sosiaalitoimi. Nämä kuljetukset eroavat suuresti normaaleista koulukuljetuksista, jotka järjestetään aina vain oppilaan lukujärjestyksen mukaisesti. Kerhokuljetuksilla on lisäksi omat kuljetusvastaavansa, jotka tilaavat kuljetukset. Saman kilpailutuksen autoja kuitenkin käytetään. Nämä rajataan pois työstä.

Kuljetuksessa on oppilaita joita joudutaan kuljettamaan yksin terveydellisistä syistä, kuten infektoriskit taikka niin vakavat käytöshäiriöt, että käyvät käsiksi muihin oppilaisiin. Nämä oppilaat rajataan pois, sillä heidän yksinkuljetuksiaan ei enempää voi optimoida.

Viimeiseksi pois rajataan Turkulaiset oppilaat, jotka käyvät koulua Turun ulkopuolella terveydellisistä syistä johtuen. Näitä oppilaita on 0 – 2 kpl lukuvuodessa, eikä heidän kuljetusten optimoinnille ole tarvetta, koska yhdisteleminen Turun sisäisiin kuljetuksiin olisi mahdotonta.

6.4 Mallinnus

Ennen kuin oppilaista voidaan tehdä reitit, oppilaat tulee ReittiGIS:ssä muuntaa tilauksiksi Tilaukset-tasoon. Ohjelmassa on Kuljetustilausten luonti -toiminto tätä varten (kuva 6). Tässä toiminnossa voidaan vielä muuttaa tärkeitä reititykseen liittyviä parametreja, kuten tilausten aikaikkunoita.

Kuljetustilausten luonti

Aineisto

Asiakastason nimi: Oppilaat Kohdepaikan kenttä: Koulu

Korvaa sijainti: MuuNoutoPaluu Aikataulukenttien etuliite:

Vain valitut asiakkaat

Paikkatason nimi: Päätepisteet Tilaustason nimi: Tilaukset

Tieverkosto: ajotiet_ND

Aikavakiot (minuuteissa)

Valitse ruutu ohittaaksesi asiakastason arvot.

Aikaikkuna: 75 Kohdepaikan aikaikkuna: 15

Saapumisajan marginaali: 15 Lähtöajan marginaali: 15

Valinnat

Käytä alku- ja loppuaika-ajankohtia

Valitse varoitettut asiakkaat

Salli nolla-arvo ajalle

Päivitä tilausten sijainti

Selvitä reitit Vertaile reittejä

Kopioi asiakastason rakenne

Kopioi asiakkaiden tiedot

Oletusprofiili

Ehdot

Mukana kuljetuksessa -arvot:

Taksi (T)
1_Taksi
1_Taxi
1_Kuljetus IP Kerhoon

Ei kuljetuksessa -arvot:

Bussi
Bussi (B)

Muut kuljetusarvot mukana kuljetuksessa

Käytä hakusääntöjä

OK Peruuta

Kuva 6. Kuljetustilausten luonti ReittiGIS:ssä.

Aikaikkunoilla pystytään määrittelemään, kuinka kauan oppilas saa olla kyydissä, kuinka kauan ennen koulun alkua, kuinka kauan odottaa koululla jne. Aikaikkunoita pystyy muokkaamaan vielä tilausten luomisenkin jälkeen taulukon sisällä. Tässä kohtaa jokaisen oppilaan aikaikkunaksi asetetaan 75 minuuttia. Tämä tarkoittaa, että oppilasta ei yhdellä kuljetuskertaa saa kuljettaa kauemmin kuin 75 minuuttia. Tämä aikaikkuna on realistinen, sillä perusopetuslaki säättää, että alle 13-vuotiaan koulumatka odotuksineen ei saa ylittää 2 t 30 minuuttia päivässä. Kohdepaikan aikaikkuna tarkoittaa, kuinka kauan ennen koulun alkua oppilas saa olla koululla. Tämä vaihtelee jonkin verran kouluittain,

sillä erityisoppilaita ei saa tuoda koululle ennen kuin siellä on koulunkäyntiavustajat vastassa. Oppilaat, jotka eivät tällaista valvontaa tarvitse, voivat tulla aikaisemmin, mutta heidänkin odotusajan tulee pysyä kohtuullisena. Asetetaan tähän kaikille oppilaille 15 minuuttia, mikä on yleisin käytäntö kouluilla. Tätäkin arvoa voidaan jälkikäteen muokata vaikka koulukohtaisesti. Saapumisajan marginaali määrittelee kuinka monta minuuttia ennen koulun alkua oppilaan tulee viimeistään olla koululla. Tähänkin on vaikea asettaa yhä oikeaa arvoa, sillä jotkut oppilaat liikkuvat hitaammin kuin toiset. Asetetaan tähän kaikille 3 minuuttia arvoksi. Siinä ajassa voi olettaa suurimman osan ehtivän koulun pihalta sisälle luokkaan. Lähtöajan marginaali määrittelee kuinka monta minuuttia koulun päättymisestä oppilas voidaan hakea koululta. Oppilaan tulee ehtiä pakkaamaan koulukirjat reppuun, pukemaan ulkovaatteet ym. oppitunnin päätyttyä. Tähän hyvä arvo on 5 minuuttia, mikä on yleinen käytäntö monissa kouluissa. Muita arvoja ei tässä kohtaa tarvinnut vielä muuttaa. Tässä kohtaa on hyvä tarkastaa, että kaikkien tasojen nimet ovat oikein, jos niitä on nimennyt itse eri tavalla. Lisäksi tämän aineiston kanssa oli tärkeää ottaa ruksi pois Päivitä tilausten sijainti -kohdasta, sillä monien oppilaiden sijaintia piti päivittää tuonnin yhteydessä. Muuten ohjelma olisi tässä kohtaa päivittänyt kaikille väestötason mukaisen sijainnin takaisin.

Koska tämä työ aloitetaan mallintamalla nykytilanne, oppilaat tulee saada oikeisiin autoihin oikeassa järjestyksessä ilman optimointia. Tämän pystyy tekemään siten, että jokaiselle autolle laitetaan SpecialtyNames-kenttään liikennöitsijän yrityksen nimi auton rekisterinumeron kera. Oppilaille määritellään Oppilaat-tilauksessa samaan SpecialtyNames-kenttään yrityksen nimi sekä sen auton rekisterinumero, millä oppilas kulkee. Tällöin kun ohjelmalla luodaan reitit, ohjelma asettaa oppilaat siihen autoon, mikä SpecialtyNamesiin on merkittynä.

Lisäksi jotta mallinnus on oikea, tulee käydä käsin jokaisen liikennöitsijän reittiselvitys lävitse ja ottaa ylös, ketkä oppilaat ovat auton kyydissä ja missä järjestyksessä heidät kuljetetaan sekä mihin kellonaikaan. Jokaisen liikennöitsijän reittiselvityksestä on nähtävissä oppilaat sekä kellonajat. Tämä työn kohta vaatii erittäin paljon käsityötä, mutta se on pakko tehdä, jotta mallinnus täsmää todellisuutta. Työ etenee siten, että kirjataan Excel-tilaukseen, missä autossa jokainen oppilas kulkee ja mihin kellonaikaan heidät haetaan.

Kun kaikki tiedot on saatu kasaan, on ReittiGIS:ssä Tilaukset-tilaukseen syötettävä käsin jokaiselle oppilaan tilaukselle SpecialtyNames-kenttään auton rekisterinumero, jolla oppilas kulkee. Tilaukset-tilauksessa jokaisen oppilaan tilaus on eriteltyinä päivälleen

sekä aamu- ja iltapäivä erikseen. Tämä tuli tehdä erikseen aamu- ja iltapäivätilauksille, sillä monella oppilaalla on eri auto kuljettamassa aamuina ja iltapäivinä. Lisäksi iltapäivätilauksiin tuli kirjata oppilaiden mahdollisen iltapäiväkerhon nimi. Tässä kohtaa työtä ei löydetty mitään nopeuttavaa tapaa tuoda tietoja, joten ne kirjattiin käsin.

Tilaukset-taulukossa on Kohdeld-kenttä, eli mihin pisteeseen oppilas viedään, ja Lahtopaikkald-kenttä, eli mistä pisteestä oppilas haetaan. Tällöin Kohdeld-kenttään voidaan kirjata iltapäiväkerhon nimi, mihin oppilas tulisi kuljettaa. Pelkkä nimen vaihdos ei kuitenkaan riitä, sillä tilaukset ovat ”viivamaista” aineistoa, jossa jokainen tilaus on kartassa viiva linnuntietä pitkin lähtöpaikasta kohdepaikkaan. Kohdeld- tai Lahtold-kenttiin tehdyt muutokset eivät enää tässä kohtaa siirrä viivan sijaintia. Muutos olisi pitänyt kirjata jo oppilaan tietoihin ennen tilausten luontia. Viivan siirto käsin iltapäiväkerhon kohdalle tuntui nopeimmalta ratkaisulta. Viivan taitepistettä pystyi muokkaamaan ja loppupiste piti siirtää vain kartalla oikealle kohdalle. Kohdeld-kenttään kuitenkin vaihdettiin tiedoksi iltapäiväkerhon nimi, jotta aineisto pysyy selkeänä.

Luo tilaukset -toiminnossa on yhtenä vaihtoehtona ”Korvaa sijainti”, jota käyttämällä olisi saanut vaihdettua oppilaille iltapäiväkerhon kodin sijaan. Iltapäiväkerhoja kuitenkin on vain osalla oppilaita, joten tämän toiminnon tutkiminen jää tämän työn ulkopuolelle.

Kun kaikki tilaukset ovat kunnossa, voidaan reitit luoda. Reitit tilauksista luodaan Luo reitit -toiminnolla (kuva 7). Toiminnossa saadaan määriteltyä vielä erilaisia asetuksia, kuten reititetäänkö aamua vai iltapäivää, mitä tieverkostoa käytetään jne.

Kuva 7. Reittien luonti ReittiGIS:ssä.

Tieverkostonä käytetään autoteitä. ”Maksimikuljetusaika” määrittää minuuteissa enimmäisajan kuljetukselle. Maksimikuljetusajaksi määritetään 90 min. ”Lähdön palveluaika” määrittää, kuinka kauan kestää ottaa oppilas kyytiin lähtöpaikassa. Tämä on vaikea määrittellä tarkasti, sillä parametri on erittäin paikka- sekä oppilaskohtainen. Asetetaan arvoksi 0,25, joka tekee 15 sekuntia. Aika on erittäin tiukka, mutta tällöin aika ei ainakaan estä optimointia ja mallinnuksessa tällä arvolla ei vielä ole merkitystä. Kohteen palveluaika määrittelee kuinka kauan oppilaalla kestää nousta autosta. Tämäkin on oppilaskohtainen, mutta määritetään arvoksi 0,1, joka tekee vain 6 sekuntia. Tämä on hyvä pitää pienenä, sillä palveluaika lasketaan jokaiselle oppilaalle erikseen. Jos autossa on 16 oppilasta, auton purkamisessa kestää $16 * 6 = 96$ sekuntia. ”Ylipitkä kulku-aika” määrittelee sakkokertoimen, eli kuinka paljon aikaikkunoista saa poiketa. Tämä jätetään oletukseksi 1. ”Salli U-käännökset” jätetään oletukseksi. Reititystapoja on kolme eri vaihtoehtoa: alkuperäinen, yksilölliset sijainnit ja yksilölliset aikaikkunat. Muita valintoja suositellaan kokeiltavaksi, jos alkuperäisellä tavalla reititys epäonnistuu ja ajoneuvoja on käytössä rajallinen määrä tai samaan aikaan ja paikkaan kuljetettavia on paljon. Jätetään tässä kohtaa asetukset alkuperäiselle mallinnusta varten.

Reittien luominen mallinnusta varten onnistuu suhteellisen hyvin. Vain 39 oppilasta 432:sta jäi reitittämättä joidenkin ristiriitojen takia. Syytä ohjelma ei kertonut. Ennen mallinnusten tulosten tarkastelua tulee reitittämättömät saada myös kyyteihin. Tarkemmalla

tarkastelulla ongelma löytyi. Ohjelma ei ollut reitittänyt yhtään kuljetusta pieniin 4-paikkaisiin takseihin. Ongelma löytyi nopeasti Tilaus-taulukosta, sillä pienipaikkaisten taksien oppilailla oli kirjoitusvirhe SpecialtyNamesissa. Näitä oppilaita ei voitu reitittää, koska heille ei löytynyt nimeä täsmäävää autoa. Kirjoitusvirheen korjaamisen jälkeen jokainen oppilas reititettiin omaan autoonsa.

Nyt kun jokainen oppilas on reititetty oikeaan autoon, tulee vielä tarkastaa, että reitit ovat samanlaiset kuin oikeasti ajettuna. Reitit tulee tarkastaa yksitellen auto kerrallaan verraten reittiselvitysten tietoihin. Jokaisen auton tarkastaminen yksitellen on varsin työlästä, mutta reittien muokkaaminen ohjelmassa on tehty helpoksi. Reittejä pystyy muokkaamaan haluamaansa järjestykseen vetämällä oppilas siihen kohtaan, milloin hänet pitää hakea. Hakuajojen muokkaus onnistuu myös nappia painamalla. Iltapäiväreiteissä ohjelma jätti kaksi oppilasta reitittämättä ja kertoi syyksi liian tiukat aikaikkunat. Oppilaita pystyy kuitenkin jälkikäteen lisäämään reitille, vaikka ohjelma varoittaa, ettei reittiä ehditä ajamaan.

Iltapäiväreittien tarkastaminen meni suhteellisen nopeasti. Ohjelma oli reitittänyt suuren osan iltapäiväreiteistä valmiiksi siten kuin ne oikeasti ajettiin. Tämä tarkoittaa sitä, että ainakin autojen sisällä iltapäiväreitit ajetaan tällä hetkellä tehokkaasti. Tämä johtuu varmasti siitä, että iltapäivisin kuljetuksissa on paljon vähemmän paineita verrattuna aamuisiin. Aamuisin suurin osa oppilaista tulee kouluun 8:ksi tai 9:ksi. Koululla on pakko olla ennen kuin oppitunti alkaa, mutta ei kuitenkaan liian aikaisin. Tällöin tarvitaan samaan aikaan paljon autoja eikä hakuajoista saa myöhästyä. Lisäksi kilpailutus on autokohtainen, joten samojen autojen pitää vielä klo 8:n ajon jälkeen ehtiä ajamaan klo 9:n kuljetukset. Iltapäivissä kouluilla on useita eri päättymisaikoja, kun oppilailla päättyy koulu klo 11–15. Kotiinkuljetuksissa ei ole määriteltynä mitään tiukkaa aikaikkunaa, jonka sisällä oppilas tulisi kuljettaa kotiin. Asiakaspalvelun näkökulmasta on mieluisaa, jos kuljetuksen kesto ei ylitä 75 minuuttia, ja koko päivän osalta matka ei saa ylittää 2 tuntia ja 30 minuuttia. Tämä antaa paljon vapautta iltapäiväkuljetusten järjestämiselle.

ReittiGIS:ssä tarkasti määriteltiin, ketkä oppilaat kuljetetaan mihin kellonaikaan koululle ja missä autossa. Silti ReittiGIS loi joistain oppilaista reitin, joka oli huonompi kuin nykytilanteessa ajettava. Joillain reiteillä oppilaat noudettiin eri järjestyksessä kuin mitä todellisuudessa ajetaan. Kun oppilaat vaihdettiin käsin todellisuutta vastaavaan järjestykseen, ajettujen kilometrien määrä laski. Lisäksi välillä ReittiGIS reititti auton hakemaan yhden oppilaan koulusta, vei oppilaan kotiin, ja lähti sen jälkeen hakemaan kaksi saman koulun

oppilasta, jotka olisivat päässeet samaan aikaan koulusta kuin ensimmäinen. Tämä johtuu mahdollisesti liian löysistä aikaikkunoista, vaikka tällä toimintatavalla ei ole saavutettavissa minkäänlaisia kilometri- tai kustannussäästöjä.

Mallinnuksesta otettiin ylös ajettut kilometrit, autojen määrä sekä ajettu aika. Tulokset esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Nykytilanne.

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	62	1 229,4	47,85
Iltapäivä	49	1 288,3	32,17
Yhteensä	111	2 517,7	80,02

7 KOULUKULJETUSREITTIEN OPTIMOINTI

ReittiGIS käyttää reitityksessä ArcGIS Network Analyst -lisäosan Vehicle Route Planner (VRP) -toimintoa. VRP:n algoritmi luo reitit etsien lyhimpiä kuljetusmatkoja, pienimpiä kuljetusaikoja ja pienimpiä kustannuksia. (J. Kiviniemi, henkilökohtainen tiedonanto 14.9.2016.) Algoritmi aloittaa laskemalla lyhimmän matkan kustannukset kaikille tilauksille. Tästä kustannusmatriisista algoritmi rakentaa ensimmäisen ratkaisun asettamalla tilaukset sopivimmalle reitille yksi kerrallaan. Ensimmäistä ratkaisua lähdetään parantamaan vaihtamalla tilausten järjestystä reitillä ja siirtämällä tilauksia reitiltä toiselle. Algoritmi perustuu tabumetaheuristiikkaan ja on Esrin oma patentoitu algoritmi. (Esri 2016b.)

7.1 Ensimmäinen optimointi

Mallinnuksen tuloksia tarkastaessa ilmeni, miten autojen hinnat kannattaa määritellä Autot-taulukkoon. Tuntiperusteisissa autoissa pidetään hinta CostPerUnitTime-kentässä. Taksitaksaa käyttävillä autoilla asetetaan FixedCost-kenttään 5,9, joka on taksitaksan hinta, joka peritään, kun auto lähtee liikkeelle. CostPerUnitDistance-kenttään asetetaan auton €/km -hinta. Ongelmana tässä määrittelyssä on se, että taksitaksan hinta määrittyy sen mukaan, kuinka monta kyyditettävää autossa on. Taksitaksassa kaksi alle 12-vuotiasta lasketaan yhdeksi kyyditettäväksi. Tarkkaa hintaa ei taksitaksa-autoista voida siis mitenkään määrittää. Jotta ohjelma optimoinnissaan vertailisi autoja siten, että se valitsisi kustannuksiltaan sopivan auton, määritellään autojen kilometrihinnaksi se, mikä se olisi siinä tapauksessa, että autossa olisi kaikki istumapaikat käytössä. Tästä hinnasta vähennetään vielä autoilijan kilpailutuksessa määrittelemä alennusprosentti. Tarkkoja hintoja ei näillä autoilla pysty nykytilanteesta laskemaan. Kuitenkin näillä määritelmillä optimoinnin pitäisi toimia tarkemmin.

Optimoinnin aloituksessa asetetaan lähdön palveluajaksi 0,5 eli 30 sekuntia. Kohteen palveluajaksi 0,2 eli 12 sekuntia. Muita asetuksia ei vielä muuteta verratessa mallinnukseen. Iltapäiviin asetetaan lähdön palveluajaksi 0,1 ja kohteen palveluajaksi 0,5. Alustavat tulokset vaikuttavat hyviltä. Reititystapana pidetään ”Alkuperäinen”. Tässä työssä optimoinnit, joissa reititystapana on alkuperäinen, nimetään Optimointi 1:ksi.

Taulukko 4. Optimointi 1.

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	18	1 196,4	28,3
Iltapäivä	14	1 032,8	23,13
Yhteensä	32	2 229,2	51,43

Autojen määrä väheni huomattavasti verratessa lähtötilanteeseen (taulukko 4). ReittiGIS selvästi hakee säästöjä yhdistämällä eri koulujen kuljetuksia ja vähentämällä autojen määrää. Tämä on hyvä lähtökohta aloittaessa. Jossain kohtaan tulee ottaa huomioon se, että mitä enemmän eri koulujen oppilaita on saman auton kyydissä, sitä vaikeammaksi kuljetusten hallinnointi käy. Esimerkiksi jos yhdessä autossa on usean eri koulun oppilaita, on haastavaa nykyjärjestelmillä saada ilmoitus muuttuneista hakuajoista jokaisen koulun oppilaalle ajoissa. Lopputulokset ovat kuitenkin hyvät, autojen sekä tuntien määrä on vähentynyt.

Toisessa optimoinnissa pidetään arvot muuten samana, mutta vaihdetaan reititystavaksi ”Yksilölliset sijainnit” ja katsotaan, miten se vaikuttaa tuloksiin. Tällä toiminnolla ReittiGIS tekee sijainteihin marginaalisia muutoksia, jotka ohjaavat algoritmia hyödyntämään ajoneuvoja paremmin. Varsinaisten tilausten sijaintia ei muuteta, vaan ainoastaan tiestössä paikannettua sijaintia. Yksilöllisiä reititystapoja suositellaan käytettäväksi ongelmata-pauksissa, joissa normaali reititys epäonnistuu, koska ajoneuvoja on rajallisesti ja samaan aikaan ja paikkaan kuljetettavia paljon. (CGI 2016b.) Tässä työssä yksilöllisillä sijainneilla optimoidut reitit nimetään Optimointi 2:ksi.

Taulukko 5. Optimointi 2 (yksilölliset sijainnit).

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	17	1 055,9	25,5
Iltapäivä	14	1 021,1	22,93
Yhteensä	31	2 077	48,43

Optimointi parani tässä kohtaa huomattavasti (taulukko 5). Autojen määrä pysyi melkein samana, mutta ajettujen kilometrien määrä väheni huomattavasti. Näiden tulosten perusteella tämä optimointi sopii paremmin tämän kaltaiselle aineistolle.

Pidetään vieläkin muut arvot samana, mutta reititystavaksi asetetaan ”Yksilölliset aikaikkunat”. Tässä ReittiGIS tekee aikaikkunoihin marginaalisia muutoksia, jotka ohjaavat algoritmia hyödyntämään ajoneuvoja paremmin. Optimoinnit, joissa reititystapana on yksilölliset aikaikkunat, nimetään optimointi 3:ksi.

Taulukko 6. Optimointi 3 (yksilölliset aikaikkunat).

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	19	1 171,2	27,06
Iltapäivä	13	1 044,3	23,18
Yhteensä	32	2 215,5	50,24

Tällä tavalla optimoidut reitit eivät eronneet normaalin reititystavan reiteistä paljoa (taulukko 6). Tulokset ovat kuitenkin hieman paremmat, sillä kuljetusmatka on noin 15 kilometriä lyhempi ja kuljetusaika tunnin. Ero on kuitenkin varsin mitätön, kun vertaa optimointitapa 2:n eroa optimointitapa 1:een.

7.2 Optimointi hitaammalla tieverkolla

Tiestöä tulee muokata hitaammaksi, jotta optimointitulokset olisivat realistisemmat. Teillä ajettava nopeus lasketaan 80 %:iin nopeusrajoituksesta. Tällöin laskennallisesti autot ajavat keskusta-alueen 50 km/h rajoitusalueella 40 km/h. ReittiGIS:ssä autot ajavat siten, että ohjelma ei laske mitenkään kiihdytyksiä, liikennevaloja, liikennenuuhkia tai vastaavia. Autot ajavat aina niin kovaa kuin tien nopeusrajoitus on. Tämän takia nopeusrajoituksia kannattaa yleensä alentaa, jos ei muulla tavalla laske oikeassa elämässä tapahtuvia hidastuksia valmiiksi aikaikkunoihin tai palveluaikoihin. Tarkkaa lukua, johon nopeusrajoitukset kannattaisi laskea, on mahdotonta tietää etukäteen. Keskusta-alueella rasitteena ovat liikennenuuhkat sekä liikennevalot, joten nopeuksia tulisi laskea enemmän kuin syrjäseuduilla. Nopeusrajoitukset saadaan tiestössä laskettua pienemmäksi käyttämällä ArcGIS:in ”Kenttälaskin”-toimintoa. Jokaisen tiestön nopeusrajoitus-kenttään lasketaan uusi arvo kaavalla $[\text{Nopeusrajoitus}] * 0.8$. Tämän jälkeen jokaisella tieosuudella on ”Minutes”-kenttä, joka kertoo, kuinka kauan autolla kestää kyseinen osuus ajaa. Uusi arvo laskea kenttälaskimella käyttäen kaavaa $[\text{Shape_Length}] / [\text{Nopeusrajoitus}] * 0.06$. ”Shape_Length”-kenttä kertoo, kuinka pitkä tieosuus on.

Koska parhaimmat optimointitulokset saatiin tavalla Optimointi 2, koetetaan samaa optimointia hitaammalla tiestöllä. Autojen määrä nousi hieman ja reitit näyttävät todenmukaisemmilta kuin aiemmin (taulukko 7).

Taulukko 7. Optimointi 2, hidas.

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	23	1 132,9	33,33
Iltapäivä	14	1 087,5	28,85
Yhteensä	37	2 220,4	62,18

Tämän hetkisten tulosten perusteella ei kannata vielä lähteä hienosäätämään teiden nopeuksia enempää. Nopeuksien todellisen toimivuuden näkee parhaiten vasta, kun optimoituja reittejä oikeasti ajetaan. Tällöin teiden nopeuksia voidaan säätää nopeammiksi tai hitaammaksi autoilijoiden huomioiden mukaan. Tässä kohtaa työtä jätetään kaikkien teiden nopeus 80 %:iin.

7.3 Optimointi vähemmällä asemapaikoilla

ReittiGIS:ssä autoille tulee määritellä asemapaikat, vaikka tilaajalla ei olisi autojen asemapaikoilla merkitystä. Autoilijoille ei makseta tyhjästä ajosta mitään korvausta, joten tilaajalle ei ole merkitystä, mistä auto lähtee liikkeelle ja mihin auto palaa ajon lopetuttuaan. Kaikille autoille on määriteltävä asemapaikaksi kauppatori. Paras tapa olisi, jos asemapaikkoja ei optimoinnissa olisi ollenkaan. Asemapaikalta ajo asiakkaalle ei kuitenkaan näy lopputuloksissa. ReittiGIS:n optimoinnissa on mahdollista asettaa asemapaikka siten, että reitissä auto aloittaa ja lopettaa jollakin asemapaikalla, tai että käytössä on vain jompikumpi. Tällöin on järkevää käyttää asemakäynneissä toimintoa ”Ajankohdan mukaan”, jolloin aamukyydeissä reititys aloitetaan ensimmäisestä oppilaasta (jonka optimointi itse päättää), mutta reitti lopetetaan asemapaikalle. Iltapäivisin taas reititys aloitetaan asemapaikalta ja lopetetaan viimeiselle oppilaalle. Riippumatta siitä mikä asemapaikka-asetus optimoinnissa on käytössä, tyhjäajo asemapaikan ja asiakkaiden välillä ei näy lopputuloksissa. Optimointia kokeillaan tällä asetuksella ja tarkastellaan muutoksia.

Taulukko 8. Optimointi 1, hidas ja asemapaikat.

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	28	1 095,6	32,68
Iltapäivä	14	1 054,8	28,63
Yhteensä	42	2 150,4	61,31

Tulokset ovat hyviä. Autojen määrä hieman lisääntyi, minkä voi nähdä kuitenkin myös joiltain osin positiivisena asiana (taulukko 8). Aikaisemmissa optimoinneissa autot oli ahkerasti täytetty oppilailla monista eri kouluista, mikä voi tositilanteessa aiheuttaa ongelmia (koulujen aikataulumuutokset ym.). Optimointitapa 1 oli kilometreillä mitattuna paras asetus.

7.4 Optimointi vähemmällä yhdistelyillä

Tähän mennessä optimoitujen reittien tulokset ovat olleet hyvät. Optimoiduilla reiteillä on ollut eri koulujen oppilaita yhdistettynä samoihin autoihin paljon. Turussa kuljetuksia ei ole tähän mennessä paljoa yhdistelty. Ensinnäkin käytössä ei ole ollut tietojärjestelmää, jolla kuljetuksia olisi ollut helppo yhdistellä. Muut syyt ovat olleet käytännölliset. Kouluilla on lukujärjestysmuutoksia, jolloin kuljetusten hakuajojen muuttaminen on hankalaa, jos autossa on monen eri koulun oppilaita. Uusien hakuajojen saaminen ajoissa oppilaille on hankalampaa, jos aikoja tulee ilmoittaa moneen eri kouluun. Lisäksi aamuisin on ruuhkia, jolloin autolla voi olla hankaluuksia saada jokainen oppilas ennen koulun alkua omalle koululle. Kuljetusten yhdistelemistä tullaan varmasti lisäämään tulevaisuudessa, mutta tällöin tulee olla selkeät pelisäännöt ja prosessit kaikille, jotta kuljetukset onnistuvat. Tämän johdosta olisi hyvä saada rinnalle vielä optimointituotos, joka ei perustuisi näin vahvasti eri koulujen oppilaiden kuljetusten yhdistelemiseen. Tavoitteeseen koetetaan päästä tiukentamalla aikaikkunoita vielä lisää.

Tällä hetkellä jokaisella oppilaalla on määriteltynä 90 minuutin aikaikkuna kuljetuksen kestoksi. Aikaikkuna tulee siitä, ettei alle 13-vuotiaan oppilaan päivittäisen koulumatkan kesto saa ylittää 2,5 tuntia. Yli 13-vuotiaalla koulumatkan kesto ei saa ylittää 3 tuntia. Periaatteessa aikaikkunaksi voitaisiin asettaa 75 minuuttia, jolloin voitaisiin olla varmoja siitä, ettei päivässä matkusteta yli 150 minuuttia. Tämä kuitenkin sitoisi turhaan aamujen

reititystä, sillä iltapäivät ovat väljempää ja matkustusajat lyhempiä. Vaikka aamulla kuljettaisiinkin 90 minuuttia, iltapäiväreitit ovat yleensä lyhempiä ja päivittäisen matkustusrajan ei pitäisi ylittyä.

Aikaikkunoita tiukennetaan siten, että kauimpana omasta koulustaan asuvilla oppilailla säilytetään 90 minuutin aikaikkuna. Aikaikkunoita lyhennetään porraksittain siten, että mitä lähempänä koulua asuu, sitä lyhempi aikaikkuna on. Tällä mahdollisesti saavutetaan se, että reitit ajettaisiin aina kauimpana asuvasta oppilaasta lyhintä reittiä koululle poimien matkan varrella asuvat oppilaat kyytiin. Oppilaille määritellään uudet aikaikkunat aamuille taulukon 9 mukaisesti.

Taulukko 9. Uudet aikaikkunat.

Etäisyys kotoa kouluun (km)	Uusi aikaikkuna (min)
> 7	90
7–5	75
5–3	60
3–1	45
1–0	30

Tällä tavalla ohjataan reitin muodostumista kauempaa lähemmäs loogisessa järjestyksessä. Aikaikkunat jätettiin kuitenkin väljiksi, jottei optimoinnin taso heikkenisi. Alle kilometrin matkaan ei tarvita 30 minuuttia ajoa, mutta optimoidussa reitissä, kun kuljetetaan monia oppilaita, se voi olla tarpeen.

Iltapäiväikkunat pidetään jokaisella 90 minuutissa, sillä aamuihin verrattuna oppilailla ei ole mitään tiettyä aikaa, jolloin pitäisi olla perillä. Iltapäiväaikaikkunoiden lähtöä pienennetään siten, että lähtö voi olla aikaisintaan 5 minuuttia ja maksimissaan 15 minuuttia koulun päättymisestä. Aamuaikaikkunat pidetään ennallaan. Perillä tulee olla viimeistään 5 minuuttia ja aikaisintaan 15 minuuttia ennen koulun alkua. Lähdön kotoa pitää olla viimeistään 10 minuuttia ennen koulun alkua. Kuljetuksia hidastetaan vielä siten, että aamuisin lähdön palveluaika on 1 minuutti ja kohteen palveluaika 18 sekuntia. Asemakäynnit pidetään ”Ajankohdan mukaan”. Iltapäiviin lähdön palveluajaksi asetetaan 12 sekuntia ja kohteeseen 30 sekuntia.

Taulukko 10. Optimointi 3, hidas, asemapaikat sekä aikaikkunat.

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	28	1 137,1	36,7
Iltapäivä	14	1 098,7	30,33
Yhteensä	42	2 235,8	67,03

Kuljetusmatka ja -aika nousi hieman verratessa muihin optimoituihin reitteihin (taulukko 10). Reittejä tarkastellessa suuria yhdistelyjä saatiin hieman vähennettyä, ja reitit muodostuivat nyt paremmin niin, että reitit alkavat kauimmasta oppilaasta. Ohjelma lähti kuitenkin vieläkin liian herkästi viemään joitain reittejä ympäri Turkuja, vaikka olisi ollut mahdollista ottaa aloitusalueelta vielä lisää oppilaita kyytiin.

7.5 Ajonopeudet vieläkin hitaammaksi

Äskeisessä optimoinnissa ilmennyt ongelmaa lähdettiin korjaamaan siten, että laskettiin ajoteiden nopeuksia vielä 80 %:ia. Teiden nopeudet ovat nyt 64 %:ia nopeusrajoituksesta. Autojen nopeuden lasku lisäsi kuitenkin liikaa pienten autojen käyttöä.

Seuraavaksi rajattiin pienet 4-paikkaiset taksit kokonaan pois käyttäen SpecialtyNames-toimintoa. Nopeusrajoitukset jätettiin 64 %:iin. Lisäksi korotettiin aamuihin lähdön palveluajaksi 1 minuutti ja kohteen palveluajaksi 0,3 minuuttia. Iltapäiviin lähdön palveluajaksi 0,3 ja kohteen palveluajaksi 0,7. Tällä hidastetaan vielä reitin kulkua.

Taulukko 11. Optimointi 1, hitaimmat tiet, asemapaikat, aikaikkunat, ilman pieniä autoja.

	Autojen lkm	Kuljetusmatka (km)	Kuljetusaika (h)
Aamu	30	1 053,7	43,27
Iltapäivä	16	1 129,2	40,05
Yhteensä	46	2 182,9	83,32

Tällä saatiin tähän mennessä todentuntuimmat reitit. Vaikka kuljetusaika nousi, pysyi autojen lukumäärä ja kuljetusmatka hyvässä mallissa (taulukko 11). Reitit ovat loogisempia siten, ettei monien eri koulujen oppilaita ole yhdistelty ympäri Turkuja, vaan auto ottaa oppilaita kyytiin siltä alueelta, miltä kuljetus aloitetaan. Ohjelma täyttää isot edullisimmat

autot hyvin, niin kuin pitääkin. Optimointi kuitenkin tuntuu laskevan autojen hinnat eri tavalla kuin todellisuudessa, sillä ilman näitä säätöjä ReittiGIS reititti liikaa oppilaita pieniin autoihin, vaikka vapaana olisi ollut isoja autoja käyttöä varten.

8 REITTIEN ARVIOINTI

8.1 Nykytilanne

Nykytilanteen reittien ajamisessa ei sinänsä löydy ongelmia. Reitit itsessään ajetaan lähes aina selkeästi ja järkevissä järjestyksessä. Tässä tapauksessa optimoinnin tarve on siinä, ketä oppilasta kuljetetaan missäkin autossa. Kun on esimerkiksi 10 oppilasta valittuna johonkin autoon, on tässä kohtaa suhteellisen helppo määrittellä, missä järjestyksessä reitti on järkevintä ajaa. Kun oppilaita, autoja sekä kouluja on suuri määrä, on ihmisen erittäin vaikea määrittellä alussa ennen reittejä, missä autossa kenenkin oppilaan olisi optimaalista olla. Turun koulukuljetuksissa käytettävä kalusto on erikokoista, joten reitin tekovaiheessa tulisi olla jo tiedossa, mikä on auton kapasiteetti. Juuri tämä näkyy nykytilanteessa siten, että halvimmilla autoilla ei ole pisimpiä reittejä ajettavana. Autoja ei ole nykyisillä työskentelytavoilla pystytty käyttämään optimaalisesti.

Taulukoista 12 ja 13 voidaan huomata, että pisimmät reitit eivät jakaudu täysin halvimmille autoille kuten pitäisi. Tämä johtuu toimintatavasta, että autot jaetaan kouluille pelkkien arvioiden mukaan. Tulisi löytää toimintatapa, jolla halvimmat autot saisivat aina pisimmät reitit. Haasteena tässä on se, että koulukuljetuksissa ihmisen on vaikea suunnitella reittejä etukäteen, jos ei ole tiedossa auton kapasiteettia ja erikoisominaisuuksia. Tähän kun lisätään vielä koulukuljetuksien suunnittelun kiire kesällä ja monet kuljetuksia suunnittelevat henkilöt eri toimipisteissä, on kyseessä vaikea ongelma.

Taulukkoon 12 on koottu osa ryhmä A:n autoista, eli €/h-tuntiperusteisista autoista. Autot on järjestetty kilpailutuksessa saatujen kokonaispisteiden mukaan. Suurempi kokonaispistemäärä on edullisempi. Ajetut tunnit on otettu nykytilanteen mallinnuksesta.

Taulukko 12. Osa ryhmä A:n autoista pisteineen sekä ajettuine tunteineen.

Kokonaispisteet	Ajetut tunnit
96,00	4,75
93,44	5,75
91,48	3,25
89,60	3
86,86	3,75
83,61	2,25
80,70	2,5
79,97	3,5
78,46	4,25

Ryhmä B:n eli invavarusteisten taksien osalta taulukko 13 näyttää samanlaiselta. Pisimmät ajetut kilometrit eivät jakaudu täysin oikein suhteessa kilpailutuksessa saatuihin pisteisiin. Huomattava on toki, että autojen varustuksissakin on eroavaisuuksia, joten jokaista reittiä ei ole järkevintä ajaa halvimmalla autolla. Vaikutusta on auton paikkalukumäärällä sekä pyörätuolipaikoilla. Ajetuissa kilometreissä on kuitenkin niin suuria eroja, että reittien uudelleenjärjestelyllä halvimmille autoille saataisiin ajettavaksi pidempiä reittejä.

Taulukko 13. Osa ryhmä B:n autoista pisteineen sekä kilometrimäärineen.

Kokonaispisteet	Ajetut kilometrit
100,00	247,7
99,00	108,6
65,50	58
61,76	151,1
55,04	27,3
55,88	68,6
53,92	31,9
48,90	17,7
40,20	54,6

8.2 Ajonopeuksien vertailu

Tässä kohtaa työtä huomattiin mahdollisuus verrata ReittiGIS:n antamia ajonopeuksia autoilijoiden todellisuudessa ajamiin nopeuksiin. Näitä vertaamalla pystyttäisiin tarkemmin arvioimaan, mille tasolle ajonopeudet olisi hyvä ReittiGIS:ssä asettaa. Vertailupohjana käytettiin autoilijoiden itse ilmoittamia oppilaiden hakuajoja.

ReittiGIS:llä laskettiin hakuajat reiteillä käyttäen asetuksia, joilla saatiin parhaat optimointitulokset, eli tienopeudet 64 % rajoituksista sekä palveluaika haussa 1 minuutti ja kohteessa 0,3 minuuttia. Tulokset vahvistavat sen, minkä työtä tehdessä silmämääräisestikin arvioitiin; hakuajat osuvat melko lähelle oikeaa.

Pitkissä reiteissä poissa kaupungin keskustasta koko reitin ajoaika on usein ReittiGIS:ssä arvioitu vain noin 5 minuuttia todellisuutta nopeammaksi. Yhdellä pitkällä reitillä ajat ovat täysin samat kuin autoilijalla. Suurimmat ongelmat ovat keskustan reiteillä. Jos koko reitti kulkee keskustan alueella, jossa on luonnollisesti kovimmat ruuhkat ennen klo 8:aa, ReittiGIS arvioi jokaisen reittipätkän noin 2 minuuttia nopeammaksi kuin todellisuudessa. Kun reitillä on kymmenen oppilasta, on lopussa eroa jo 20 minuuttia.

Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että ajonopeuksia tulisi laskea vielä alueittain. Kaukaisimmat alueet kuten Hirvensalo, Yli-Maaria, Paattinen ym. ajonopeudet on hyvä pitää 64 %:ssa. Lisäksi osa lähialueista kannattaa jättää 64 %:iin. Arvioida tulisi, mitkä lähialueet ovat yhtä ruuhkaisia kuin keskusta. Ydinkeskustan nopeuksia olisi laskettava, jotta reitien hakuajoja ei tarvitsisi jälkikäteen muokata käsin. ReittiGIS:ssä on mahdollista valita käsin alueita ja laskea vain niiden nopeuksia. Siten voisi esimerkiksi harkita, että tiet jotka ovat 2 kilometrin säteellä kauppatorilta, nopeus laskettaisiin 40 %:iin nopeusrajoituksista. Tämä tulee kuitenkin vaatimaan tarkempaa tutkimusta ja työtä. Tässä työssä asiaa ei lähdetä enää enempää tutkimaan.

8.3 Optimoidut reitit

Optimoidut reitit näyttävät päällisin puolin hyvältä. Joitakin outoja valintoja osasta reittejä löytyy, mutta ne voidaan käsin muokata pois. Esimerkiksi yhdessä reitissä oppilaita haetaan Turun pohjoispuolelta, ja sieltä lähdetään hakemaan vielä Hirvensalosta asti oppilaita. Toisessa reitissä oppilaita haetaan suuri määrä Turun eteläosasta Katariinassa ja

sieltä lähdetään hakemaan toinen osa Turun pohjoispuolelta Suikkilasta. Yhdessä reitissä ajetaan lähes koko Turun ympäri. Reitti alkaa Moisiosta Lausteelle, Katariinaan ja päättyy Pansioon. Tällaisesta ylimääräisestä kiertelystä ei ole hyötyä kellekään.

Todenmukaisemmat reitit, eli että ne voisi oikeasti ajaakin, löytyi optimoinneista, joissa oppilaiden aikaikkunoita oli tiukennettu porraksittain. Tällöin autot eivät lähteneet hakemaan oppilaita liian suurelta alueelta, vaan kyytiin otettiin oppilaita järkevästi lähialueelta. Autot saatiin ajamaan reitti loogisesti kauimman oppilaan luota lähemmäs koulua ottaen matkalta oppilaita kyytiin.

8.4 Asiakaspalvelun merkitys

Asiakaspalvelu koulukuljetuksissa merkitsee usein sitä, kuinka mukava ajokokemus on. Yleensä tärkein mukavuuden kohde on ajoaika. Yleisesti ottaen huoltajat toivovat, että oppilaat haetaan mahdollisimman myöhään aamuisin. Tällöin oppilaan ei tarvitse herätä poikkeuksellisen aikaisin, vaan hän saa nukkua rauhassa. Oppilas ehtii syömään aamupalan sekä hoitamaan muut aamutoimet. Liian aikainen herätys voi vaikuttaa koko koulupäivän oppimistuloksiin. On kuitenkin myös tapauksia, joissa huoltajan tulee olla ajoissa työpaikalla ja aikainen haku aika lapsella on myönteinen asia. Optimoiduilla reiteillä aamureitit kestivät noin 15 minuuttia kauemmin kuin nykyisillä reiteillä (taulukko 14).

Taulukko 14. Aamureittien keston mediaani.

	Reitin kesto mediaani (min)
Nykytilanne	40
Optimoitu	54

Karkeasti laskettuna voidaan siis todeta, että suurin osa oppilaista joutuisi heräämään 15 minuuttia aikaisemmin optimoiduilla reiteillä. Molemmissa reittikokonaisuuksissa on kuitenkin myös reittejä, jotka kestävät huomattavasti kauemmin kuin mediaani. Aamuisin on lähtöjä, jotka kestävät 75 minuuttia, ja molemmissa on lähtöjä, jotka kestävät vain 20 minuuttia.

Toinen asiakaspalvelun merkittävä seikka on se, ettei autoissa ole kuljetuksen aikana häiriöitä. Lähes kaikki kuljetettavat oppilaat ovat erityisen tuen piirissä. Tällöin oppilailla saattaa olla käytöshäiriöitä, kehitysvammoja, ADHD:tä tai muuta, mikä voi vaikuttaa

käyttäytymiseen autossa. Autoissa voi ilmetä muiden haukkumista tai kiroilua tai jopa tavaroiden heittäilyä. Tällä hetkellä autoissa on yleensä ollut vain saman koulun oppilaita.

Taulukko 15. Eri koulujen määrä reiteillä.

	1 koulu	2 koulu	3 koulu	4 koulu	5 koulu
Nykytilanne	41	6	0	0	0
Optimointi	7	8	3	8	1

Taulukossa 15 kuvataan sitä, kuinka monen eri koulun oppilaita on yhdistettynä yhdellä reitillä. Nykyisillä reiteillä oppilaat ovat saaneet olla varsin rauhassa mahdollisesti jopa luokkatovereidensa kanssa. Jos optimoinnilla lähdetään yhdistelemään näin monen eri koulun kuljetuksia, tulee suunnitella, miten toimia mahdollisissa oppilaiden välisissä konfliktitilanteissa.

9 PARANNUSEHDOTUKSET

Nykyisillä toimintatavoilla ReittiGIS:llä optimointi ei tuo juurikaan lisäarvoa Turun kaupungin koulukuljetuksiin. Optimoinnin suurin lisäarvo löytyy siitä, kun autoja käytetään tehokkaammin siten, että halvimmat autot ajaisivat enemmän pidempiä reittejä. Näiden optimointi ei kuitenkaan onnistu, jos kuljetuksia tilataan monesta eri yksiköstä itsenäisesti. Jos taas reittejä aletaan optimoida yhdestä pisteestä käsin, tulee prosessi suunnitella huolellisesti. Koulut ovat aina saaneet itse tilata kuljetukset, ja koulut ovat hioneet toimintatavat sekä prosessit toimiviksi. Toimintatavat tulee selvittää tarkasti, miten kouluissa on tähän asti toimittu, mitä toimintatapoja tulee muuttaa ja miten jatkossa tulisi toimia.

Eri koulujen kuljetusten yhdistely on ollut vähäistä, joten lukujärjestysmuutosten toimeenpano on ollut helppoa. Oppilaat voidaan määrätä saman päivän aikana jäämään jälki-istuntoon, jolloin kuljetusta tulee myöhäistää. Tällaiset muutokset eivät jatkossa enää onnistuisi pelkällä puhelinsoitolla, sillä mikäli autot on optimoitu ja yhdistelty, auto ajaa mitä todennäköisimmin jo valmiiksi jotain toista reittiä. Lukujärjestysmuutoksissakin tulee ottaa huomioon, miten pystytään järkevästi tiedottamaan kaikkia kyydissä olevien koulujen oppilaita poikkeuksellisista hakuajoista. Väliaikaiset muutokset voidaan esimerkiksi hoitaa kalliimmalla autolla, jolla ei ole ajoja, jolloin muiden koulujen oppilaiden hakuajoja ei tarvitsisi muuttaa. Ongelmaksi tosin jää pysyvät lukujärjestysmuutokset. Jos reitit on optimoitu kesällä hyvään kuntoon, kuinka paljon reittejä halutaan sekoittaa kesken lukuvuotta? Jos oppilaille tulee pysyviä lukujärjestysmuutoksia, tulisi päättää, halutaanko optimoida reitit tällöin uudestaan ja sekoittaa monen oppilaan reitit, vai koetataanko tällöin käsin järjestää reitit järkeviksi siten, ettei monella oppilaalla sekoittuisi ajat. Reitit jäisivät tällöin kauemmas optimista.

Kuten työssä aikaisemmin mainittiin, koulukuljetuksissa on paljon haastavia oppilaita. Oppilailla saattaa olla käytöshäiriötä tai kehitysvammoja. Tällä hetkellä oletettavasti monet haastavat oppilaat ovat saman liikennöitsijän autossa joka aamu. Tämä on varmasti mukavaa kodille sekä oppilaalle, kun autoilija hieman oppii tuntemaan haastavan lapsen. Tällöin mahdolliset konfliktit vähenevät. Optimoidussa tilanteessa kyseessä voikin olla eri liikennöitsijän auto joka aamu. Pystyvätkö autoilijat ottamaan huomioon haastavan oppilaan erityistarpeet tuntematta lasta? Tätä asiaa olisi hyvä selvittää ennen optimointia.

ReittiGIS:stä löytyy myös muita arvoja tuovia toimintoja reittien optimoinnin lisäksi. Turun kaupungilla koulukuljetuskulut tiliöidään jokaiselle koululle erikseen. Kuljetuskustannusten jakaminen kouluittain ilman apuohjelmia on työlästä ja erittäin aikaa vievää. ReittiGIS:stä saa jokaisen koulun % -osuuden reitin kustannuksista, joilla liikennöitsijän lasku voidaan jakaa ja tiliöidä. Ohjelmaa pystyy käyttämään myös laskuntarkastusten tukena, sillä saatavilla on reittien kilometrimäärät ja tuntimäärät, joita voidaan taas verrata liikennöitsijöiden laskuttamiin määriin.

Reittien näkeminen kartalle piirrettynä helpottaa huomattavasti kokonaisuuden hallintaa. Tällä hetkellä koulukuljetusreitit ovat liikennöitsijöiden reittiselvityksissä sekä erilaisissa Excel- ja Word-dokumenteissa. On vaikeaa selvittää, kuka ajaa missäkin, kun jokaisen tilanne täytyy selvittää erikseen eri papereista ja tiedostoista. On huomattavasti helpompaa lisätä reiteille uusia oppilaita, kun pystyy kartalta tarkastamaan, meneekö oppilaan kodin lähellä jo valmiiksi reittejä. Reittien muokkaaminenkin on paljon helpompaa graafisella näkymällä, sillä uudet hakuajat saa saman tien oppilaille jaettaviksi. Kunhan ajo-ten nopeudet on säädetty luotettaviksi, ei aikoja tarvitse käsin muokata ollenkaan.

Kuljetusprosessia ja tietojärjestelmien käyttöä voisi muutenkin kehittää ReittiGIS:in avulla. Jos kaikki koulut saisivat ennalta sovittuun päivämäärään mennessä lukujärjestykset Kurre-järjestelmään, säästyisi koulukuljetuksilta paljon vaivaa. Koulukuljetuksista ei tarvitsisi enää kysellä koululta lukujärjestyksiä ja kirjata niitä käsin oppilasrekisteriin. Koulukuljetukset voisivat suoraan siirtää lukujärjestykset Kurresta Primukseen ja Primuksesta ReittiGIS:iin kuljetusten suunnittelua varten.

Kun reitit on suunniteltu ReittiGIS:ssä, hakuajat voidaan suoraan siirtää Primukseen. Primuksesta hakuajat voidaan asettaa näkyviin huoltajille suoraan Wilman verkkoliittymään. Huoltajat voisivat itse tarkastaa tietokoneelta tai älylaitteelta oman lapsensa taksihakuajat. Nykyisin hakuajojen tiedottaminen on haastavaa, sillä kuljetusoppilaita on niin paljon, että koulukuljetukset eivät kykene lähettämään yksilöityjä viestejä koteihin. Apuna joudutaan käyttämään koulusihteerejä, opettajia ja koulunkäynninavustajia, jotka joutuvat jakamaan hakuajat eteenpäin oppilaille vietäväksi koteihin. Virheiden mahdollisuus lisääntyy näin pitkässä viestiketjussa, varsinkin kun opettajat ja avustajat eivät voi koko päivää päivystää sähköpostin ääressä.

Koko Suomessa on tulossa muutoksia kuntien sekä valtion kuljetuksiin. Meneillään olevat kokeilut ovat osoittaneet, että kuljetusten suunnittelua yhdistelemällä hallintokuntien

kesken, on aikaansaatu sekä säästöjä että hyvää palvelua asiakkaille. Turun kaupungissa tullaan varmasti ottamaan huomioon nämä uudet kokemukset, ja tähän voisi sivistystoimialakin valmistautua. Tulisi pohtia, kuinka paljon vaivaa kannattaa tässä vaiheessa nähdä sivistystoimessa koulukuljetusjärjestelmän uudistamisessa. Tulisiko Turun keskittyä isompaan kuljetusuudistukseen kaikkien hallintokuntien kesken? Kuljetuspalveluiden järjestäminen ei kuitenkaan ole sivistystoimialan ydinosaa. Voitaisiko koulukuljetukset saada järkevämmiin hoidettuihin, jos niiden pääsuunnittelu olisi koko kaupungin kuljetuksia hoitavan hallintokunnan alla?

10 YHTEENVETO

Tämän työn tärkeimpänä tavoitteena oli optimoida Turun kaupungin koulukuljetukset ReittiGIS:llä. Muiksi tavoitteiksi asetettiin myös ReittiGIS:n asetusten ja tausta-aineistojen varmistus sekä nykyisten reittien mallinnus. Kaikki tavoitteet saavutettiin työssä.

Työn alussa selvitetään koulukuljetuksiin liittyvien asioiden teoriaa. Koulukuljetusten avaamisen jälkeen loppuosa tästä työstä on empiiristä osuutta, jossa kerrotaan, miten itse työ tehtiin. Empiiristä työtä helpotti tekijän pitkä työtausta Turun koulukuljetuksissa.

ReittiGIS:n asetukset ja tausta-aineistot tarkastettiin. ReittiGIS oli Turun kaupungilla jo valmiiksi asennettuna ja käytössä matkojen mittaamiseen. Aineistoja muokattiin varsinkin päätepisteiden ja autojen osalta, jotka olivat jääneet puutteellisiksi. Nyt aineisto on sellaisessa kunnossa, että ReittiGIS:iä voidaan käyttää Turun kaupungissa kuljetusten optimointiin.

Nykytilanteen mallinnus koottiin käytössä olevista reittiselvityksistä ja kuljetuslistoista. Tämä osuus vaati paljon käsin tehtävää tiedonsiirtoa, sillä listat eivät olleet sellaisessa muodossa, että ne olisi voinut suoraan siirtää tietojärjestelmiin. Erinäköisten listojen työstäminen oli niin aikaa vievää, että nykytilanteen mallintamista ei suositella pysyväksi toimintatavaksi. Työssä tehty mallinnus kuitenkin paljasti arvokasta tietoa kuljetusten nykytilasta. Autot ajavat niille määrätyt reitit järkevästi, mutta reittien jakamisessa autoille on parantamisen varaa. Pisimmät reitit tulisi saada halvimmille autoille ajettaviksi.

Reittien optimointi aloitettiin oikealla aineistolla. Heti ensimmäiset optimoidut reitit antoivat suuret säästöt sekä ajetuissa kilometreissä että autojen määrässä. Asetuksia lähdettiin muuttamaan, sillä tavoitteena olivat mahdollisimman realistiset reitit. Erilaisia asetuksia kokeillessa parhaisiin tuloksiin päästiin laskemalla tiestön nopeuksia, säätämällä opilaiden aikaikkunoita sekä rajaamalla pienet autot pois käytöstä. Optimoiduilla reiteillä kuljetettava matka oli yli 300 kilometriä vähemmän kuin nykytilanteessa. Lisäksi autoja oli käytössä kymmenittäin vähemmän.

Optimoidut reitit nojaavat vahvasti eri koulujen kuljetusten yhdistämiseen, mikä on ollut Turun kaupungissa vähäistä. Tällaisten optimoitujen reittien käyttöönotto vaatisi sääntöjen määrittelyä jokaiselle osapuolelle, jotta kuljetukset sujuisivat ongelmitta. Myöskään Turun kaupungin nykyiset toimintatavat, johon kuuluu kuljetusten hajautettu tilaus, eivät

suoraan sovellu reittien keskitettyyn optimointiin. Työssä esiteltiin parannusehdotuksia, jotka tulisi ottaa huomioon ennen reittien optimoinnin aloittamista.

Työssä onnistuttiin löytämään ReittiGIS:ssä sellaiset asetukset, joilla saadaan Turun kokoisessa kaupungissa realistisen näköiset koulukuljetusreitit. Työn eri tekovaiheet dokumentoitiin, jotta työtä voidaan jatkossa käyttää ReittiGIS:n käytön tukena. Lisäksi liitteisin dokumentoitiin ReittiGIS:n hyödyllisimmät taulukoiden ominaisuustiedot. Työssä on selvitetty myös Turun koulukuljetusten nykytila, joten työtä voidaan käyttää koulukuljetusten kehittämisen pohjana.

LÄHTEET

Asetus vammaisuuden perusteella järjestettävistä palveluista ja tukitoimista 759/1987.

Bräysy, O. 2007. Optimoinnin hyödyt kunnallisissa kuljetuksissa ja palveluissa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.

Bräysy, O.; Dullaert, W. & Nakari, P. 2009. The potential of optimization in communal routing problems: case studies from Finland. *Journal of Transport Geography*. Vol 17, 484–490. Saatavissa myös http://www.researchgate.net/publication/222833048_The_potential_of_optimization_in_communal_routing_problems_case_studies_from_Finland.

BusinessTurku 2016. Miksi Turun seutu? Viitattu 29.3.2016 <http://www.business turku.fi/bt/fi/cms.nsf/pages/0657F3C3F65A6F7DC2257C2A003D4D8E?opendocument>.

CGI 2014. Paikkatietoratkaisut. Viitattu 23.9.2016 https://www.cgi.fi/sites/default/files/files_fi/Brochures_publications/facta-paikkatietoratkaisut_2015-03-11.pdf.

CGI 2016a. CGI:n tarina Suomessa. Viitattu 23.9.2016 <http://www.cgi.fi/historia-suomessa>.

CGI 2016b. ReittiGis 10 Käyttöohje.

Esri 2011. ArcGIS Help. What is GIS?

Esri 2016a. About Esri. Viitattu 23.9.2016 <http://www.esri.com/about-esri>.

Esri 2016b. Algorithms used by the ArcGIS Network Analyst extension. Viitattu 22.9.2016 <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/algorithms-used-by-network-analyst.htm>

Gutin, G. & Punnen, A. P. 2006. Combinatorial optimization: The traveling salesman problem and its variations. New York: Springer

Juhani, P. 2013. Julkisesti tuettujen henkilökuljetusten rahoituksen ja toimintatapojen kehittäminen. Viitattu 30.9.2016 <https://www.lvm.fi/-/julkisesti-tuettujen-henkilökuljetusten-rahoituksen-ja-toimintatapojen-kehittaminen-811488>.

Kasvatus- ja opetuslautakunta 137/2014. Koulukuljetusperiaatteiden muuttaminen Turun esi- ja perusopetuksessa 1.1.2015 alkaen. Viitattu 9.10.2016 <http://ah.turku.fi/kasopelk/2014/0827011x/3124766.htm>.

Kaupunginhallitus 350/2014. Koulukuljetusperiaatteiden muuttaminen Turun esi- ja perusopetuksessa 1.1.2015 alkaen (St). Viitattu 9.10.2016 <http://ah.turku.fi/kh/2014/0915019x/3133285.htm>.

Kuntaliitto 2016. Koulukuljetus. Viitattu 29.9.2016 <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/opeku/opetus/perusopetus/koulukuljetus/Sivut/default.aspx>.

Laki ajoneuvojen energia- ja ympäristövaikutusten huomioon ottamisesta julkisissa hankinnoissa 1509/2011.

Laki julkisista hankinnoista 348/2007.

Laki kehitysvammaisten erityishuollosta 519/1977.

Laki vammaisuuden perusteella järjestettävistä palveluista ja tukitoimista 380/1987.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus koulu- ja päivähoitokuljetusten kuormituksesta ja turvallisuusjärjestelyistä 553/2006.

Liikenne- ja viestintäministeriö 2015. Henkilökuljetusten uudistaminen. Ohjausryhmän loppuraportti. Viitattu 30.9.2016 <https://www.lvm.fi/-/henkilokuljetusten-uudistaminen-ohjausryhman-loppuraportti-859878>.

Mäkelä, T.; Mäntynen, J. & Vanhatalo, J. 2005. Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät. 2. painos. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Opetushallitus 2011. Koulukuljetusopas. Helsinki: Liikenneturva. Saatavissa myös http://www.oph.fi/download/136702_Koulukuljetus_opas_2011.pdf.

Perusopetuslaki 628/1998.

Siltala, S. 2012a. Henkilökuljetusopas. 1. painos. Helsinki: Suomen Kuntaliitto.

Siltala, S. 2012b. Kuntaliiton muistio ajoneuvojen energia- ja ympäristövaikutusten huomioimisesta. Viitattu 30.9.2016 <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/mal/liikenne/joukkoliikenne/Documents/Ajoneuvojen%20ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutukset.pdf>.

Sosiaalihuoltolaki 1301/2014.

Starsoft 2016. Tietoa meistä. Viitattu 9.9.2016 <http://www.starsoft.fi/fi/tietoa-meista>.

Svartsjö, M. & Karvonen, J. 2015. Koulukuljetusten tila 2013. Helsinki: Suomen Kuntaliitto. Saatavissa myös http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=3088.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2015. Kuljetuspalvelu ja saattajapalvelu. Viitattu 29.9.2016 <https://www.thl.fi/fi/web/vammaispalvelujen-kasikirja/itsenaisen-elaman-tuki/liikkuminen/kuljetuspalvelu-ja-saattajapalvelu>.

Tilastokeskus 2016. Tilastollinen taajama. Viitattu 29.9.2016 http://www.stat.fi/meta/kas/tilastoll_taaj.html.

Turku 2013. Oppimisen iloa! Turku: Turun kaupunki. Saatavissa myös http://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/oppimisen_iloa_turun_sivistystoimialan_yleisesite.pdf.

Turku 2016a. Sivistystoimiala. Viitattu 29.3.2016 <http://www.turku.fi/organisaatio/toimialat/sivistystoimiala>.

Turku 2016b. Turku-tieto. Viitattu 29.3.2016 <http://www.turku.fi/turku-tieto>.

Turku 2016c. Opaskartta. Viitattu 29.3.2016 <http://opaskartta.turku.fi/ims/>.

Valtioneuvosto 2013. Valtioneuvoston periaatepäätös julkisesti rahoitettujen henkilökuljetusten uudistamisesta. Viitattu 30.9.2016 <http://www.lvm.fi/documents/20181/789679/Periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+julkisesti+rahoitettujen+henkil%C3%B6kuljetusten+uudistamisesta.pdf/c33a620c-38d2-40bb-9bff-e85e9b536076?version=1.0>.

Valtioneuvoston asetus taksiliikenteen kuluttajilta perittävistä enimmäishinnoista 796/2015.

Varhaiskasvatus- ja perusopetuslautakunta 177/2011. Koulukuljetuskriteerit. Viitattu 9.10.2016 <http://ah.turku.fi/vapelk/2011/1019014x/2613285.htm>.

Waters, D. 2003. Logistics: an introduction to supply chain management. New York: Palgrave Macmillan.

Päätepisteet-taulukon ominaisuudet

OBJECTID	Juokseva numero, joka yksilöi jokaisen päätepisteen.
Shape	Piste kartalla, joka kertoo missä kohde sijaitsee.
Katuosoite	Kohteen lähiosoite.
Kunta	Kunta jossa kohde sijaitsee.
Nimi	Kohteen nimi.
Tyyppi	Päätepisteen tyyppi, esim. koulu, iltapäiväkerho.
Kommentti	Kuljetuksen kannalta oleellista lisätietoa.
Puhelinno	Kohteen puhelinnumero.
Hyperlinkki	Kohteen nettisivut.

Autot-tilin ominaisuudet

OBJECTID	Juokseva numero, joka yksilöi auton.
Name	Yrityksen nimi sekä auton rekisterinumero.
SpecialtyNames	Jos SpecialtyNames –kenttä on täytettynä autolla ja oppilaalla, auto ottaa kyytiin vain oppilaat joilla on sama SpecialtyNames –tieto. Esim. ”pohjoinen”.
Description	Kuljetusten kannalta oleellista lisätietoa.
Capacities	Auton paikkalukumäärä.
StartDepotName	Päätepuoleen nimi, mistä auto aloittaa reitin.
EndDepotName	Päätepuoleen nimi, minne auto lopettaa reitin.
EarliestStartTime	Mistä kellonajasta alkaen auto voi aloittaa ajot.
LatestStartTime	Mihin kellonaikaan auto lopettaa ajot.
CostPerUnitTime	€/min-kustannus joka ajosta syntyy, vaatii aina arvon.
CostPerUnitDistance	€/km-kustannus ajetuista kilometreistä.
FixedCost	Auton liikkeelle lähdöstä aiheutuvat kustannukset.
MaxOrderCount	Maksimitilausmäärä per päivä, vaatii aina arvon.
AssignmentRule	1 tai 0. 1 autoa voi käyttää reitityksessä, 0 autoa ei voi käyttää.

Oppilaat-taulukon ominaisuudet

OBJECTID	Juokseva numerosarja, joka yksilöi oppilaan.
Shape	Piste kartalla, joka kertoo missä kohde sijaitsee.
HETU	Oppilaan henkilötunnus.
NIMI	Oppilaan nimi.
LAHIOSOITE	Oppilaan lähiosoite ReittiGIS:in käyttämästä väestökannasta.
POSTI	Postinumero ReittiGIS:in käyttämästä väestökannasta.
KOULU	Oppilaan koulu.
MA ALKAA	Maanantaipäivän aloitusaika. Sama kenttä löytyy jokaiselle päivälle. Päivät on lyhennetty kahdelle ensimmäiselle kirjaimelle.
MA LOPPUU	Maanantaipäivän lopetusaika. Sama kenttä löytyy jokaiselle päivälle. Päivät on lyhennetty kahdelle ensimmäiselle kirjaimelle.
MA_KULJETUS_1	Oppilaan maanantaiaamun kuljetuskoodi, esim. 1_Taxi, 1_Bussi, 1_Kuljetus IP Kerhoon, 1_Ei kuljetusta. Sama kenttä löytyy jokaiselle päivälle.
MA_KULJETUS_2	Oppilaan maanantai-iltapäivän kuljetuskoodi, esim. 1_Taxi, 1_Bussi, 1_Kuljetus IP Kerhoon, 1_Ei kuljetusta. Sama kenttä löytyy jokaiselle päivälle.
IKA	Oppilaan ikä ReittiGIS:in käyttämästä väestökannasta.
SYNTYMAVUO	Oppilaan syntymävuosi ReittiGIS:in käyttämästä väestökannasta.
KULJETUSTIEDOT	Primuksen Kuljetusten lisätietoja-kentän tiedot.
LUOKKA	Oppilaan luokka-aste ja ryhmä.
KOTIOSOITE	Oppilaan lähiosoite Primuksen tiedoista.

KOTIPOSTI	Oppilaan postinumero Primuksesta.
KOULUMATKA	Koulumatkan pituus Primuksesta.
KOULUKULJETUKSESS	1 tai 0. 1 tarkoittaa koulukuljetuksessa, 0 ei kuljetuksessa.
KASITELTY	Päivämäärä sekä kellonaika milloin oppilaan tiedot Primuksesta on siirretty ReittiGisiin.
Aikaikkuna	Minuuteissa määritelty ikkuna jonka sisällä oppilas kuljetettava koululle.
KohdeAikaikkuna	Kuinka monta minuuttia ennen koulun alkua voi tuoda koululle.
Saapumisaikamarginaali	Kuinka monta minuuttia ennen koulun alkua oltava viimeistään koululla.
Lahtoaikamarginaali	Kuinka monta minuuttia koulun päättymisestä oppilas voidaan hakea koululta.
Maksimikuljetusaika	Kuinka monta minuuttia oppilasta saa enintään kuljettaa.
Lahtopalveluaika	Kuinka kauan kestää nousta autoon sisään.
Kohdepalveluaika	Kuinka kauan kestää poistua autosta.
Description	Mahdollisia lisätietoja.
Kustannuspaikka	Kaupungin sisäinen kustannuspaikka johon oppilaan kuljetuskustannukset tiliöidään.