

Juuso Halonen

**KULJETUSTENHALLINTA-
JÄRJESTELMÄT
RATKAISUNA KESKUSTA-
ALUEIDEN LAST-MILE-
HAASTEISSA**

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Kandidaatintyö
Marraskuu 2020

TIIVISTELMÄ

Juuso Halonen: Kuljetushallintajärjestelmät ratkaisuna keskusta-alueiden last-mile-haasteissa

Tampereen yliopisto
Teknis-taloudellinen TkK-tutkinto-ohjelma
Kandidaatintyö
Marraskuu 2020

Nopeasti yleistynyt verkkokaupankäynti on lisännyt verkko-ostosten kuljetuksia sekä noutopisteisiin että kuluttajien koteihin. Kuljetus, joka päättää toimitusketjun saattamalla tilatun tuotteen loppuasiakkaalle määritellään last-mile-kuljetukseksi. Kaupunkien kasvun myötä verkko-ostoksia tehdään yhä enemmän keskitetysti kaupungeissa, mikä on yhteydessä last-mile-kuljetusten lisääntymiseen kaupungeissa. Kaupungit ja etenkin keskusta-alueet aiheuttavat haasteita last-mile-kuljetusyrityksille. Tämän kandidaatintyö tavoitteena oli tarkastella, miten kuljetushallintajärjestelmien avulla voidaan ratkaista näitä haasteita.

Aineistona tutkimusongelman ratkaisuun käytettiin pääasiassa artikkeleita, konferenssijulkaisuja sekä kirjoja. Aineiston avulla selvitettiin mitä last-mile-kuljetukset ovat, mitä keskusta-alueiden haasteita last-mile-kuljetusyritykset kohtaavat ja mitä kuljetushallintajärjestelmät ovat. Selvitettyjen kuljetushallintajärjestelmien toimintojen ja last-mile-kuljetusyritysten toiminnasta olemassa olevien tutkimusten perusteella arvioitiin lopulta, miten kuljetushallintajärjestelmien avulla voidaan ratkaista keskusta-alueiden haasteita.

Tutkimuksen perusteella havaittiin, että kuljetushallintajärjestelmät eivät ratkaise kaikkia keskusta-alueiden last-mile-haasteita, eivätkä kykenekään. Kuljetushallintajärjestelmien toiminnoista reititys ja karttapalvelut sekä reaaliaikainen seuranta tarjosivat eniten ratkaisuja keskusta-alueiden haasteisiin muun muassa infrastruktuurin osalta. Kehitysehdotuksia esitettiin keskusta-alueiden haasteista puolestaan pysäköinnin osalta. Pysäköinnin haasteet tunnistettiin sellaisiksi, että niihin on mahdollista löytää ratkaisu kuljetushallintajärjestelmien avulla, mikäli järjestelmiin integroitaisiin vapaita pysäköintipaikkoja kartoittava ominaisuus.

Avainsanat: last-mile, kuljetushallintajärjestelmät, keskusta-alueet

ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on tehty syksyllä 2020 osana Teknis-taloudellista TkK-tutkinto-ohjelmaa pääaineena tietojohdaminen. Aiheen valintaan vaikutti vahvasti aiempi työkokemukseni ohjelmistoyrityksessä, joka kehittää kuljetusalan yrityksille suunnattuja järjestelmiä. Koin kandidaatintyön hyväksi mahdollisuudeksi laajentaa tietämystäni tietojärjestelmien ja logistiikan yhteensovittamisesta. Haluan kiittää työni ohjaajaa Emma Partasta saamastani palautteesta ja kehitysehdotuksista työn edetessä. Kiitos myös kaikille muille, jotka ovat antaneet palautetta työstäni.

Tampereella, 15.12.2020

Juuso Halonen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	1
1.1	Tutkimuksen tausta ja perustelu	1
1.2	Tutkimusongelma ja rajaukset	2
1.3	Tutkimuksen rakenne.....	3
2.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO	4
2.1	Tutkimusmenetelmän esittely	4
2.2	Tutkimuksen aineisto	5
3.	LAST-MILE-KULJETUKSET	8
3.1	Last-mile käsitteenä	8
3.2	Last-mile osana toimitusketjua.....	9
3.3	Keskusta-alueiden luomat haasteet last-mile-kuljetuksiin.....	11
3.3.1	Pysäköinti.....	12
3.3.2	Kevyt liikenne	13
3.3.3	Infrastruktuuri	14
4.	KULJETUSTENHALLINTAJÄRJESTELMÄT	15
4.1	Kuljetustenhallintajärjestelmien käyttö	15
4.2	Kuljetustenhallintajärjestelmien toiminnot	16
4.2.1	Reititys ja karttapalvelut	17
4.2.2	Kuljetuskustannukset ja palvelun laatu	20
4.2.3	Kuljettajien hallinnointi.....	21
4.2.4	Reaaliaikainen seuranta.....	22
5.	KULJETUSTENHALLINTAJÄRJESTELMÄT LAST-MILE-LOGISTIIKASSA	23
5.1	Kuljetustenhallintajärjestelmät keskusta-alueiden haasteiden ratkaisuna	24
5.2	Kuljetustenhallintajärjestelmien puutteellisuudet	26
5.3	Kuljetustenhallintajärjestelmien kehittäminen	27
6.	YHTEENVETO	29
6.1	Päätelmät	29
6.2	Tulosten arviointi ja jatkotutkimukset	30
	LÄHTEET.....	32

KESKEISET KÄSITTEET

Kolmannen osapuolen kuljetusyritys (3PL) englanniksi *Third-party logistics* on termi, jota käytetään kuljetusyrityksestä, joka vastaa jonkin toisen yrityksen logistisista operaatioista. (Smirlis et al. 2012)

Kuljetushallintajärjestelmä (TMS) englanniksi *Transportation Management System* on kuljetusyrityksille suunnattu järjestelmä, joka avustaa muun muassa kuljetusten suunnittelussa, toteutuksessa ja analysoinnissa. (Helo & Szekely 2005)

Last-mile määritellään viimeiseksi etapiksi toimitusketjussa. Last-mile-konsepti käsittää sekä tavaran noudon paikallisesta varastosta tai vähittäistavarakaupasta että sen kuljettamisen tuotteen tilanneelle asiakkaalle tai noutopisteeseen. (Cardenas et al. 2017; Bates et al. 2018; Hsiao et al. 2018)

Ohjelmointirajapinta (API) englanniksi *Application programming interface* on käyttöjärjestelmän rajapinta, joka tarjoaa tiettyjä toimintoja järjestelmän muille osille tai kokonaan eri järjestelmille. (Reddy 2011, s.1)

Ohjelmistokehityspaketti (SDK) englanniksi *Software development kit* on tiettyyn tarkoitukseen suunniteltu paketti, jonka avulla rakennetaan tietojärjestelmiä, joiden tarkoituksena on kommunikoida yhden tai useamman API:n kanssa. (Reddy 2011, s.15)

Toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) englanniksi *Enterprise Resource Planning* on järjestelmä, joka integroi yrityksen eri toimintoja ja järjestelmiä toisiinsa. (Helo & Szekely 2005)

Toimitusketju koostuu yrityksistä, jotka toiminnallaan saattavat tavaran tai palvelun raaka-aineista lähtien loppuasiakkaalle asti. (Prater & Whitehead 2012, s.8)

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta ja perustelu

Tietotekniikan kehitys on tuonut mukanaan paljon uusia sovelluksia, järjestelmiä ja toimintatapoja lähes jokaiselle toimialalle. Verkkokaupankäynti on saanut myös osansa kehittyneimmistä verkkoalustoista ja yleistynyt entistä enemmän kuluttajien keskuudessa. (Savelsbergh & Van Woensel 2016; Zissis et al. 2018; Vakulenko et al. 2019) Verkkokauppojen osuus koko vähittäiskaupan myynnistä vuonna 2016 oli noin 9 % ja sen uskotaan olevan noin 15 % vuoteen 2021 mennessä (Vakulenko et al. 2019). Kasvava verkkokaupankäynti on saanut aikaan tuotteiden kotiinkuljetusten lisääntymisen. Logistiikkayrityksillä on entistä hankalampi tehtävä vastata kuljetusten lisääntyvään tarpeeseen.

Kuljetustapahtumaa, jossa tuote toimitetaan esimerkiksi kauppiaalta loppuasiakkaalle, kutsutaan last-mile-kuljetukseksi ja se on tärkeässä osassa toimitusketjua palvelun kohdatessa loppuasiakkaan (Vakulenko et al. 2019). Voidaan ajatella, että last-mile on lopulta vastuussa tuotteen saattamisesta asiakkaalle (Hsiao et al. 2018). Mitä toimitusketjun eri vaiheissa onkaan tapahtunut, last-mile välittää lopullisen kuvan tilatun tuotteen matkasta asiakkaalle (Vakulenko et al. 2019). Hyvin toteutettu last-mile voi esimerkiksi paikata aikaisempia vastoinkäymisiä toimitusketjussa ja yhtä lailla, jos last-mile on toteutettu huonosti se ei välttämättä välitä eteenpäin valmistuksen laadukasta työnjälkeä asiakkaalle.

Samaan aikaan, kun verkkokaupankäynti kasvaa, kasvavat myös kaupungit. Kaupungistumisen myötä kaupungeissa asuu enemmän ihmisiä, mikä johtaa siihen, että siellä tapahtuvat last-mile-kuljetukset lisääntyvät (Savelsbergh & Van Woensel 2016; Zissis et al. 2018). Kaupungistuminen pakkaa kasvavan verkkokaupankäynnin yleistämiä last-mile-kuljetuksia pienemälle alueelle ja luo haasteita kuljetusyriyksille. Jotta last-mile-logistiikka kykenisi vastaamaan asiakkaiden kasvavaan kysyntään, tarvitaan uusia innovatiivisia ratkaisuja.

1.2 Tutkimusongelma ja rajaukset

Tässä työssä tutkitaan, kuinka kuljetushallintajärjestelmät vastaavat last-mile-kuljetusten haasteisiin kaupunkien keskusta-alueilla. Tutkimusongelma on kuljetushallintajärjestelmät ratkaisuna keskusta-alueiden last-mile-kuljetuksissa.

Päätutkimuskysymys:

Miten kuljetushallintajärjestelmillä voidaan ratkaista keskusta-alueiden luomia last-mile-kuljetusten haasteita?

Alatutkimuskysymyksiä:

- Mitä ovat last-mile-kuljetukset?
- Mitkä ovat last-mile-kuljetusten haasteita keskusta-alueilla?
- Mikä on kuljetushallintajärjestelmä?
- Miten kuljetushallintajärjestelmä toimii last-mile-kuljetuksien ratkaisuna?

Tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa last-mile-kuljetusten haasteita nimenomaan keskusta-alueilla ja löytää niihin ratkaisuja kuljetushallintajärjestelmistä. Tavoitteena on myös tutustuttaa lukija kuljetushallintajärjestelmiin ja niiden keskeisiin toimintoihin. Lisäksi tavoitteena on esittää kehitysehdotuksia kuljetushallintajärjestelmien toimintojen parantamiseksi, mikäli ne eivät vastaa haasteisiin tarpeeksi kattavasti. Tutkimuksen tulosten odotetaan tuovan esille uusia näkökulmia, miten kuljetushallintajärjestelmien avulla voidaan ratkaista keskusta-alueiden last-mile-kuljetusten haasteita tulevaisuudessa.

Tutkimuksen näkökulma painottuu kuljetusta tarjoavaan organisaatioon, joten tutkimuskysymyksessä mainittuja keskusta-alueiden haasteita siis tarkastellaan kuljetusyritysten kannalta. Tutkimuksessa ei eritellä eikä rajata kotiinkuljetuksia tai kuljetuksia noutopisteille, vaan molempia pidetään mahdollisena toteutuksena työssä käsiteltävälle last-mile-kuljetukselle.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Työssä kerrotaan ensin tutkimuksen toteutuksesta esittelemällä tutkimusmenetelmä ja tutkimuksen aineistoa. Tämän jälkeen kolmannessa luvussa käsitellään last-mile-kuljetuksia ja niiden suhtautumista muuhun toimitusketjuun ja edelleen paneudutaan keskusta-alueiden haasteisiin, joita last-mile-kuljetusyrietykset kohtaavat.

Last-mile-käsittelyn jälkeen siirrytään tarkastelemaan kuljetushallintajärjestelmiä yleisellä tasolla ja edetään joidenkin toimintojen yksityiskohtaisempaan tarkasteluun. Kun molemmat kokonaisuudet ovat käsitelty, selvitetään miten kuljetushallintajärjestelmät voivat ratkaista keskusta-alueiden last-mile-haasteita ja esitetään myös mahdolliset kehitysehdotukset. Viimeisessä luvussa tehdään yhteenveto tutkimuksesta.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTO

2.1 Tutkimusmenetelmän esittely

Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena alan kirjallisuuslähteisiin pohjautuen. Tavoitteena on analysoida löydettyjä lähteitä ja vastata niiden avulla asetettuun tutkimuskysymykseen. Tutkimusaineistoa etsitään eri tietokannoista, kuten Tampereen yliopiston kirjaston tarjoamasta Andor -hakupalvelusta, Scopuksesta ja ProQuestista. Hakuja rajattiin mahdollisuuksien mukaan sisältämään vain vertaisarvioitua aineistoa. Kirjallisuuslähteet ovat pääosin tieteellisiä artikkeleita, tutkimuksia, kirjoja tai kirjallisuuskatsauksia. Aineiston valitseminen tehdään osa kerrallaan ja siten rajataan epäolennaista aineistoa pois. Ensin paneudutaan otsikkoon ja jos otsikko vaikuttaa tutustumisen arvoiselta, luetaan tiivistelmä. Viimeisenä luetaan koko teksti. Aineistoa analysoidaan siten, että löydetään tarvittavat vastaukset tutkimusongelman kannalta. Aineistosta etsittiin pääasiassa keskeisimpiä johtopäätöksiä ja ilmiöitä niiden taustalla.

Tutkimuksen alkuvaiheessa hakujen tavoitteena oli tutkia last-mile-kuljetuksia, niiden haasteita ja niihin kehitettyjä ratkaisuja. Tämän jälkeen hakuja rajattiin tarkemmin ja yritettiin löytää kuljetushallintajärjestelmien ja last-mile-kuljetusten yhteyttä. Last-mile-haasteisiin ei suoranaisesti ole tutkittu kuljetushallintajärjestelmiä ratkaisuna, kuten taulukon 1 toisen rivin osumien määrästä voi päätellä, mutta mainintoja näiden kahden yhteydestä kyllä on. Suhde näiden aiheiden välillä on myös mahdollista päätellä kirjallisuuslähteistä selvitetyn last-mile-kuljetuksen sijoittumisesta toimitusketjun logistiikkaan ja logistiikassa käytettävistä tietojärjestelmistä. Teoriataustaa tietojärjestelmille ja etenkin kuljetushallintajärjestelmille etsittiin taulukon 1 viimeisen hakulausekkeen mukaisesti Scopuksesta rajaten julkaisut tietojohdamisen alan lehtiin.

Tietokantahakuja, jotka ovat koottuna taulukkoon 1, tehtiin englanniksi, sillä suomeksi tuloksia ei juurikaan löydy. Hakutuloksia pyrittiin myös karsimaan vain tuoreisiin lähteisiin, 2010-luvun loppupuolelle, sillä logistiikka ja tietojärjestelmät kehittyvät vauhdilla uusien innovaatioiden kautta eteenpäin.

Taulukko 1. Tietokantahakuja ja osumien määrä eri tietokannoissa

Hakulauseke	Andor	Scopus	ProQuest
("last-mile" OR "last mile" OR LMD) AND (logistic* OR transport* OR deliver*) AND solution* AND parcel	5407	442	315
("transport* management system" OR TMS) AND ("last-mile" OR "last mile" OR LMD) AND logistic* AND transport*	490	21	29
SOURCETITLE ("European Journal of Information Systems" OR "Information Systems Journal" OR "Information Systems Research" OR "Journal of Association for Information Systems" OR "Journal of Information Technology " OR "Journal of Management Information Systems" OR "Journal of Strategic Information Systems" OR "MIS Quarterly") AND (transport* AND management AND system* AND implementation AND benefit AND functions)		21	

Tutkimuksen edetessä käytettiin monia muitakin tietokantahakuja kuin taulukossa 1 esitettyjä. Saatettiin etsiä tarkempaa tietoa jostakin tietyistä aihepiiristä esimerkiksi pysäköinnistä hakusanoja *"urban"*, *"freight"* ja *"parking"* hyödyntäen.

2.2 Tutkimuksen aineisto

Kirjallisuudesta löytyviä ratkaisuja last-mile-kuljetuksiin ovat esimerkiksi noutopisteet (Vakulenko et al. 2018), pakettiautomaatit (Wang et al. 2014) ja lennokit (Ha et al. 2018). Last-mile-haasteisiin on kehitelty ja tutkittu uusia innovatiivisia ratkaisuja, ja ne vaikuttavat painottuvat paljon fyysisten rakennelmien tai koneiden hyödyntämiseen. Toisaalta last-mile-kuljetuksiin liittyen on myös tehty tutkimusta erilaisista reititysongelmista, mitkä puolestaan painottuvat vahvasti matemaattisiin malleihin (Reyes et al. 2017; Hsiao et al. 2018; Voccia et al. 2019). Tutkimusten vähäisyyden vuoksi oli mielekäästä lähteä selvittämään ratkaisua last-mile-kuljetuksiin tietojärjestelmien kautta.

Tutkimusaineiston tutkimukset ovat last-milen puolelta paljolti empiiristä tutkimusta, joissa esimerkiksi haastatellaan kuljetusyrityksiä ja kuljettajia tai seurataan kuljettajien työskentelyä (Allen et al. 2018; Bates et al. 2018; Aljohani & Thompson 2020). Näissä tutkimuksissa käsitellään myös pintapuolisesti kohdeyrityksellä mahdollisesti käytössä olevia tietojärjestelmiä. Puhtaasti tietojärjestelmiä tai toimitusketjua käsittelevät kirjallisuuslähteet ovat puolestaan enemmän teoreettista tutkimusta. Taulukossa 2 esitellään löydettyjä keskeisiä kirjallisuuslähteitä.

Taulukko 2. Keskeisiä kirjallisuuslähteitä tutkimukselle

Tekijät ja Vuosi	Otsikko	Sisältö
Aljohani & Thompson 2020	"An Examination of Last Mile Delivery Practices of Freight Carriers Servicing Business Receivers in Inner-City Areas"	Tutkimuksessa kerättiin kyselyiden ja haastatteluiden avulla tietoa last-mile-kuljettajien päivittäisestä toiminnasta. Tekijät tunnistivat tulosten perusteella keskusta-alueiden haasteita last-mile-kuljetuksille.
Allen et al. 2018	"Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London"	Esittelee, miten verkkokaupankäynti on vaikuttanut kevyen kuljetuskaluston lisääntymiseen ja mitä haasteita last-mile-kuljettajat kohtaavat Lontoossa.
Bates et al. 2018	"Transforming Last-Mile Logistics: Opportunities for more Sustainable Deliveries"	Tutkimus Lontoossa operoivien kuljettajien työskentelystä last-mile-toimitusten kanssa ja

		toimitusten ympäristöystävällisyydestä. Tutkimus ehdottaa toimenpiteitä kuljettajille kuljetusten ympäristöystävällisyyden parantamiseksi.
Li et al. 2016	"Design of dynamic vehicle routing system based on online map service"	Tarkastelee, miten verkkokarttojen avulla kuljetusten reitityksestä saadaan tehokkaampaa ja mitä hyötyjä sillä saavutetaan.
Li & Yu 2017	"The use of freight apps in road freight transport for CO2 reduction"	Selvittää, mitä kuljetusyriyksillä käytössä olevat mobiilisovellukset ovat ja miten ne auttavat kuljetusten päästöjen vähentämisessä.
Yu et al. 2017	"E-commerce logistics in supply chain management: Implementations and future perspective in furniture industry"	Tarkastelee, miten eri yritykset toteuttavat logistiikkaansa eri toimitusketjun vaiheissa. Tutkimus esittelee myös verkkokauppojen logistiikkaa tukevia tietojärjestelmiä.

Kuten tavoiteltiin, keskeisiksi lähteiksi löytyi suhteellisen tuoreita julkaisuja. Taulukkoon 2 valikoitui vain keskeisiä lähteitä, mikä tarkoittaa, että lähteestä saaduilla tiedoilla pystyttiin selkeästi vastaamaan tutkimuskysymyksiin.

3. LAST-MILE-KULJETUKSET

Logistiikka, joka on fyysistä jakelua, koostuu kolmesta pääpiirteestä: vastaanottamisesta, varastoinnista ja toimittamisesta. (Min & Zhou 2002; Prater & Whitehead 2012, s.81) Työn kannalta keskeisin pääpiirre on toimittaminen. Kuljetushallintajärjestelmät ovat suunniteltu tätä prosessia varten, ja toimittaminen pitää sisällään myös last-mile-kuljetukset (Asadi 2011). Prater & Whitehead (2012, s.84) esittelevät kahdenlaisia toimitustapoja. Ensimmäinen on toimitus, jossa viedään hyödykkeitä yhdestä lähtösijainnista yhteen loppusijaintiin. Toinen on toimitus, jossa viedään hyödykkeitä yhdestä lähtösijainnista useisiin loppusijainteihin. Last-mile-kuljetukset ovat tyypillisesti jälkimmäisen toimitustavan mukaisia kuljetuksia, sillä asiakkaita on tavallisesti useissa toimitusosoitteissa.

Kuluttajat voivat tilata hyödykkeitä kotiin tai noutopisteisiin. Noutopiste voi olla esimerkiksi vähittäistavarakaupan yhteydessä tai muussa julkisessa paikassa erillisenä pakettiautomaattina (Wang et al. 2014). Etenkin kotiinkuljetukset työllistävät logistiikkayrityksiä huomattavasti sekä aiheuttavat lisäkustannuksia, sillä yhtä asiakasta kohden on aina yksi matka.

Suuremmat kuljetusmäärät näkyvät myös kevyiden kuljetusajoneuvojen lisääntyneenä käyttönä tieliikenteessä (Allen et al. 2018). Kevyet kuljetusajoneuvot ovat ideaali kuljetuskalusto last-mile-etapille, sillä suurin osa verkon kautta tilatuista tuotteista on pienpaketteja, kuten asusteita, elektroniikkaa tai harrastuksiin liittyviä tuotteita (Allen et al. 2018; Suomen virallinen tilasto 2019). Suuret kaupungit tuovat haasteita last-mile-logistiikkaan esimerkiksi pysäköintimahdollisuuksien, kevyen liikenteen ja infrastruktuurin osalta (Bates et al. 2018).

3.1 Last-mile käsitteenä

Last-mile-kuljetus ei nimestään huolimatta tarkoita kirjaimellisesti kuljetuksen viimeistä mailia. Last-mile määritellään Batesin et al. (2018) ja Hsiaon et al. (2018) mukaan

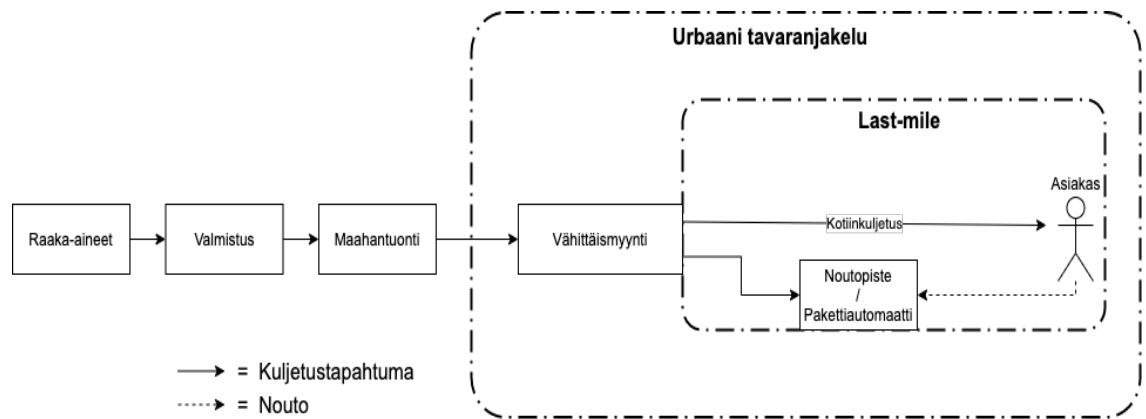
viimeiseksi etapiksi toimitusketjussa. Cardenas et al. (2017) tarkentavat vielä, että last-mile-konsepti käsittää sekä tavaran noudon paikallisesta varastosta että sen kuljettamisen tuotteen tilanneelle asiakkaalle tai noutopisteeseen.

Tässä työssä last-mile-käsite mukailee Cardenasin et al. (2017) määritelmää, sillä jokainen ajettu matka last-mile-kuljetuksessa on merkittävä tekijä, kun tarkastellaan sen haasteita ja ratkaisuja. Last-mile-kuljetuksia voidaan tehdä sekä yritysasiakkaille että yksityishenkilöille.

3.2 Last-mile osana toimitusketjua

Jokainen verkosta tilattu tavara kulkee toimitusketjun läpi. Toimitusketju koostuu yrityksistä, jotka toiminnallaan saattavat tavaran tai palvelun raaka-aineista lähtien loppuasiakkaalle asti. Toimitusketjuun osallistuvia yrityksiä on monilta eri toimialoilta, esimerkiksi varastohallinnasta, kuljetuksista, valmistuksesta ja IT-palveluista. (Prater & Whitehead 2012, s.45–114) Toimitusketjun päättyessä last-mile-kuljetukseen tavara siirtyy logistiikkayritykseltä tai noutopisteeltä kuluttajalle. Tavaran omistuksen vaihdon toteutus vaikuttaa vahvasti kuluttajan ostokokemukseen. Huonosti toteutettu last-mile-kuljetus voi aiheuttaa kuluttajan tyytymättömyyttä. Tyytymättömyys kohdistuu herkästi kauppaan, josta tuote on tilattu, silloinkin kun ongelma johtuu logistiikkayrityksestä tai päinvastoin (Vakulenko et al. 2019). Tämä luo painetta logistiikkayrityksille suoriutua tehokkaasti.

Sen lisäksi, että last-mile-kuljetus vaikuttaa kuluttajan ostokokemukseen, se on laajuuteensa nähden iso kuluerä toimitusketjussa (Hsiao et al. 2018). On esitetty, että lähes 30 % kuljetuskustannuksista koko toimitusketjussa koituu last-mile-vaiheessa (Cardenas et al. 2017). Toimitusketjussa hyödykkeiden kuljetukset toimijalta toiselle toteuttavat useat eri logistiikkayritykset, ja ketjussa viimeisenä on työn kannalta keskeinen last-mile-kuljetus. Last-milen suhdetta muuhun toimitusketjuun esitellään kuvassa 1.



Kuva 1. Last-mile osana toimitusketjua mukailten (Min & Zhou 2002; Cardenas et al. 2017)

Hyödykkeen matka loppuasiakkaalle alkaa kuvan 1 mukaisesti, kun raaka-aineista valmistetaan tuote, joka jaetaan mahdollisesti useaan maahan ja edelleen maan sisäisesti eri vähittäistavarakauppoihin. Mikäli asiakas ei fyysisesti vieraile myymälässä ja osta hyödykettä, toimitusketju jatkuu kotiinkuljetuksella tai hyödykkeen toimittamisella noutopisteeseen. (Min & Zhou 2002)

Kuvassa 1 rajataan last-mile ja sen yläkäsite, urbaani tavarankuljetus, osaksi toimitusketjua. Urbaani tavarankuljetus alkaa, kun kuljetustapahtuma ensimmäistä kertaa sijoittuu kaupunkialueelle. Tästä esimerkkinä on kuvassa 1 maahantuojalta kuljetus vähittäistavarakauppaan. Keskeisiä teemoja urbaanissa tavarankuljetuksessa on rakennusten sijainnit, varastointi sekä henkilökuljetuksen ja tavarankuljetuksen keskinäinen kommunikointi. (Cardenas et al. 2017) Näitä teemoja ei kuitenkaan käsitellä työssä sen enempää, sillä työn rajaus on last-mile-kuljetukset, joka on oma kokonaisuutensa urbaanin tavarankuljetuksen sisällä.

Logistiikan toimitusketjussa voivat järjestää joko kolmannen osapuolen kuljetusyritykset (3PL) tai sama yritys tai konserni, joka myy ostettuja hyödykkeitä (Prater & Whitehead 2012, s.84; Yu et al. 2017). Yleisin ratkaisu etenkin verkkokaupoille on ulkoistaa jokin osa logistiikasta, kuten last-mile-kuljetus. Ulkoistusta perustellaan esimerkiksi toimialueen maantieteellisellä rajauksella, joka verkkokaupoilla on paljon laajempi kuin

perinteisillä kivijalkakaupoilla. Ilman 3PL yrityksiä maailmanlaajuisen logistiikan toteuttaminen saattaa olla haastavaa ja kallista. 3PL yritykset myös mahdollistavat kaupoille paremman keskittymisen omaan liiketoimintaansa. (Yu et al. 2017)

3.3 Keskusta-alueiden luomat haasteet last-mile-kuljetuksiin

Tuotteita ostetaan entistä enemmän verkkokaupoista kivijalkakauppojen sijaan, ja suurin osa verkkokauppaostoista tapahtuu isoissa kaupungeissa (Suomen virallinen tilasto 2019). Haasteita keskusta-alueille syntyy, kun kaupunkien kasvaessa verkko-ostokset ja sen seurauksena last-mile-kuljetukset keskittyvät maantieteellisesti yhä pienemmälle alueelle, mikä tuo useampia kuljetusyrityksiä samoille kaduille kaupungeissa kuljettamaan hyödykkeitä asiakkaille (Savelsbergh & Van Woensel 2016; Zissis et al. 2018). Kuljetusyritykset joutuvat kilpailemaan keskenään pysäköintipaikoista ja sovittamaan toimintaansa epäsuotuisasti toteutetun kaupungin infrastruktuurin kanssa (Malik et al. 2017). Infrastruktuurista Allen et al. (2018) huomauttavatkin, että kaupunkialueiden infrastruktuuria suunniteltaessa, kevyttä liikennettä pidetään usein etusijalla kuljetusyrityksiin nähden, vaikka molempien määrä kasvaa nopeasti.

Suurin osa last-mile-kuljetuksista tapahtuu siis isoissa kaupungeissa, mikä luo tietyt haasteet kuljetusyrityksille ja etenkin kuljettajille. Työn kannalta tarkastelu on tutkimuskysymyksen kautta rajattu kaupunkien keskusta-alueisiin, mikä sulkee ulos esimerkiksi esikaupunkialueet. Aljohani ja Thompson (2020) tunnistavat neljä selkeää ongelmaa keskusta-alueiden last-mile-kuljetuksissa, joita myös Allen et al. (2018) sekä Bates et al. (2018) käsittelevät. Keskusta-alueiden haasteita ovat

- pysäköinti
- kevyt liikenne
- jalankulkijoille varatut vyöhykkeet
- lastausalueiden puutteellisuus (Aljohani & Thompson 2020).

Asiasisällöltään kevyt liikenne ja jalankulkijoille varatut vyöhykkeet sivuavat toisiaan hyvin läheltä, joten tässä tutkimuksessa molemmat aihepiirit sisällytetään alalukuun

3.3.2. Lastausalueiden puutteellisuuden kanssa alaluvussa 3.3.3 käsitellään myös muita olennaisia kaupungin infrastruktuuriin liittyviä haasteita last-mile-kuljetuksissa.

Ennen yksityiskohtaisempaa tarkastelua edellä luetelluista keskusta-alueiden haasteista on hyvä myös tuoda esille muutama asia, miten last-mile-kuljetukset käyttäytyvät keskusta-alueiden ja kaupunkien ulkopuolella maalaisalueilla. Gevaers et al. (2014) toteavat, että tällaisilla alueilla kuljetusyritysten tehokkuus voi laskea huomattavasti, sillä yksittäisiä toimituksia saatetaan kuljettaa erittäin pitkiä matkoja, mikä luonnollisesti kasvattaa kuluja esimerkiksi polttoaineen osalta. Yhtä kuljetusta kohden koituu maalaisalueella keskimäärin viisi euroa enemmän kuluja, kuin keskusta-alueella. Haasteita, joita maalaisalueiden pitkät matkat ja harva asutus luovat, ovat suhteellisen erilaisia verrattuna työssä rajattuihin keskusta-alueiden haasteisiin.

3.3.1 Pysäköinti

Last-mile-kuljetuksia suorittavat yritykset kertovat pysäköinnin olevan heille isoin ongelma keskusta-alueilla. Yritykset hukkaavat huomattavasti aikaa pysäköinnin ja noudon tai toimituksen välissä. (Aljohani & Thompson 2020) Hukattu aika voi helposti vaikuttaa asiakaskokemukseen haitallisesti, jos toimitus ei esimerkiksi saavu ajallaan.

Sopivien pysäköintipaikkojen puutteellisuus pakottaa kuljettajat viemään ajoneuvonsa kauemmas toimitusosoitteesta ja siten kasvattaa käveltyä matkaa, mikä puolestaan lisää riskiä sakoille ja toimituksen onnistumiselle tietyssä aikaikkunassa (Allen et al. 2018). Aljohani ja Thompson (2020) tarkentavat vielä, että pitkä kävelymatka on ongelmana etenkin kuljettajille, joilla on toimitettavanaan useita kuljetuksia, sillä ajoneuvo on pysäköitynä entistä pidempään ja siten myös usein yliaikaa. Toisaalta Bates et al. (2018) havaitsi tutkimuksessaan, että suurempi kokonaiskävelymatka kuljettajalla korreloi suoraan useamman paketin toimitukseen. Yrityksien välillä on toki eroavaisuuksia siinä, miten kuljettajien kävelty matka toimituksen yhteydessä vaikuttaa yrityksen toimintaan. Tässä tapauksessa Batesin et al. (2018) tutkimuksessa tarkasteltiin vain kahta yritystä, kun taas Aljohani ja Thompson (2020) tarkastelivat 55 eri yritystä, joten aiemmin esitetyt kaksi näkökulmaa eivät aiheuta suurta ristiriitaa.

Pysäköinnin aiheuttamat haasteet vaikuttavat kuljettajien toiminnan sujuvuuteen, mutta ovat myös tietyissä tapauksissa suuri kuluera. Esimerkiksi kuljetusyritys UPS sai vuonna 2016 pelkästään New Yorkissa 17 miljoonan dollarin edestä parkkisakkoja toimittaessaan paketteja asiakkaille (Allen et al. 2018). Edelleen vuonna 2018 UPS sai jopa 34 miljoonan dollarin edestä ja FedEx 15 miljoonan dollarin edestä parkkisakkoja New Yorkissa. Kokonaisuudessaan vuonna 2018 New Yorkissa jaettiin parkkisakkoja noin 182 miljoonan dollarin edestä, mikä tarkoittaa, että edellä mainitut kuljetusyritykset saivat tästä maksettavakseen noin neljäsosan. (Baker 2019)

Kuljettajalla käytössä oleva ajoneuvo saattaa tehdä pysäköinnistä haastavaa, vaikka paikkoja olisi tarjolla. Ajoneuvo myös vaikuttaa reitteihin mitä kuljettaja voi ajaa sekä mahdollisiin pysäköintipaikkoihin keskusta-alueilla. Isolla ajoneuvolla ei esimerkiksi pysty ajamaan pienimpiä kujia kaupungissa tai pysähtyä jokaisen kadun varteen lastaamaan tai purkamaan tavaraa. (Bates et al. 2018)

3.3.2 Kevyt liikenne

Kaupungit siirtyvät enenevässä määrin tukemaan kevyttä liikennettä keskusta-alueilla. Jalankulkuun varattuja vyöhykkeitä ja pyöräteitä rakennetaan yhä enemmän, minkä tavoitteena on muun muassa siirtää henkilöautoliikennettä kauemmas keskustasta. (Quak & De Koster 2009; Allen et al. 2018) Jalankulkijoille varatut vyöhykkeet vaikuttavat kuljettajien toimintaan häiritsevästi, sillä ne rajoittavat ajoneuvojen kulkua ja kuormausalueiden käyttöä (Cardenas et al. 2017). Malik et al. 2017 tuovatkin ilmi, että päivisin, kun kevyttä liikennettä on enemmän, kuljettajat kokevat muun muassa pysäköinnin paljon haasteellisemmaksi kuin esimerkiksi aamuisin.

Kevyt liikenne vaikuttaa myös kaupungissa vallitseviin nopeusrajoituksiin. Kevyen liikenteen turvallisuus on kaupungissa tärkeää, mikä tyypillisesti laskee nopeusrajoituksia. Alhaisemmat nopeusrajoitukset voivat hidastaa last-mile-kuljetuksia, mutta toisaalta ne edesauttavat kuljetusten ympäristöystävällisyyttä. (Koç et al. 2016)

3.3.3 Infrastrukturi

Vaikka kaupungin infrastruktuuria rakennettaisiin tai muutettaisiin vain tiettyjä toimijoita, kuten julkista liikennettä varten, on sillä väistämättä vaikutuksia last-mile-kuljetuksia suorittaviin kuljetusyrityksiin. Oli uudistus tai muutos sitten kumman tahansa hyödyksi, molemmat tahot tarvitsevat silti samoja teitä normaalin toimintansa toteuttamiseen (Savelsbergh & Van Woensel 2016). Esimerkiksi Lontoon teitä on ajan saatossa päivitetty muita toimijoita varten, mikä on johtanut siihen, että yksityisille ajoneuvoille suunnattujen teiden määrä on pienentynyt 30 % vuosien 1993 ja 2009 välillä (Martinez-Sykora et al. 2020).

Logistiikkayrityksiä hyödyttäviä muutoksia kaupunkien infrastruktuuriin ei tehdä yhtä innokkaasti kuin muutoksia, jotka palvelevat kevyttä liikennettä (Cardenas et al. 2017; Allen et al. 2018; Martinez-Sykora et al. 2020). Muun muassa katujen kuormausalueita ei ole toteutettu saataville samaa tahtia, kun kotiinkuljetukset yksityishenkilöille ovat yleistyneet (Allen et al. 2018). Yhtenä syynä on paikallisten viranomaisten ja logistiikkayritysten keskinäinen kommunikointi.

Aljohani ja Thompson (2020) kertovat esimerkin viranomaisten ja logistiikkayritysten yhteisymmärryksen puutteesta. He esittävät, että jotkin paikalliset viranomaiset ajattelevat, että kadunvarsipaikkoja, joita kuljetusyritykset voivat käyttää kuormausalueina, on tarpeeksi. Väitteen takana viranomaisilla on oletus, että last-mile-kuljetusyritykset pääsevät helposti käyttämään kuormausalueiksi tarkoitettuja tiloja esimerkiksi kauppakeskuksissa ja täten eivät tarvitsisi kadunvarsipaikkoja kuormausalueiksi. Logistiikkayritysten johtajat kritisoivat kyseistä väitettä sen virheellisyydestä. He kokevat pääsyn kuormausalueiksi tarkoitettuihin tiloihin haasteelliseksi muun muassa siitä syystä, että kuljetusten toimitusajat eivät ole kiinteitä päivästä toiseen. Kuormausalueiksi tarkoitettuihin tiloihin kohdistuu myös paljon väärinkäyttöä kuten laitonta pysäköintiä tai alueen täyttöä sinne kuulumattomalla tavaramalla (Malik et al. 2017). Väärinkäyttö rajoittaa last-mile-kuljetusyritysten pääsyä kuormausalueille.

4. KULJETUSTENHALLINTAJÄRJESTELMÄT

Tietojärjestelmien käyttö toimitusketjussa tukee päätöksentekoa, parantaa yritysten kilpailukykyä ja auttaa riskienhallinnassa. Kuljetusyrityksille tietojärjestelmät ovat hyvin tärkeä operatiivisen päätöksenteon apuväline, sillä tietojärjestelmien kautta yritykset saavat tarkkaa ja ajankohtaista dataa esimerkiksi ajoneuvojen sijainneista. Ilman tietojärjestelmiä toiminnan epävarmuus kasvaa ja voi johtaa turhiin riskeihin kuljetusyrityksen tasolla, jotka lopulta kasvattavat koko toimitusketjun kustannuksia. (Habjan et al. 2014) Kuljetusyrityksille tärkeimmät tietojärjestelmät ovat etenkin varastohallintajärjestelmä (WMS) ja kuljetustenhallintajärjestelmä (TMS) (Yu et al. 2017).

Toimitusketjussa toimivilla yrityksillä voi olla käytössä toiminnanohjausjärjestelmiä (ERP), jotka kokoavat muiden järjestelmien toimintoja yhteen ja hallitsevat laajempia kokonaisuuksia (Min & Zhou 2002). Jokaisella toimialalla ja yrityksellä on hieman eri lailla räätälöity ERP-järjestelmä. Kuljetusyrityksillä yhtenä ERP:n sisältämänä järjestelmänä voi olla kuljetustenhallintajärjestelmä (Helo & Szekeley 2005). Yrityksen ja sen toiminnan laajuudesta riippuen kuljetustenhallintajärjestelmän on mahdollista olla irrallinen tai ainut järjestelmä yrityksellä käytössä. TMS ei siis välttämättä aina sisälly ERP-järjestelmään.

TMS-järjestelmä voi myös olla integroituna logistiikassa laajalti käytössä olevan varastohallintajärjestelmän kanssa (Helo & Szekeley 2005). Integraatio tuo uusia mahdollisuuksia esimerkiksi ajoneuvojen lastauksen optimointiin, mutta tässä työssä ei keskitytä WMS tai ERP kytköksiin, sillä tulevissa kappaleissa esitetyt kuljetustenhallintajärjestelmien toiminnot on selkeämpää tarkastella ilman integraatioita muihin järjestelmiin.

4.1 Kuljetustenhallintajärjestelmien käyttö

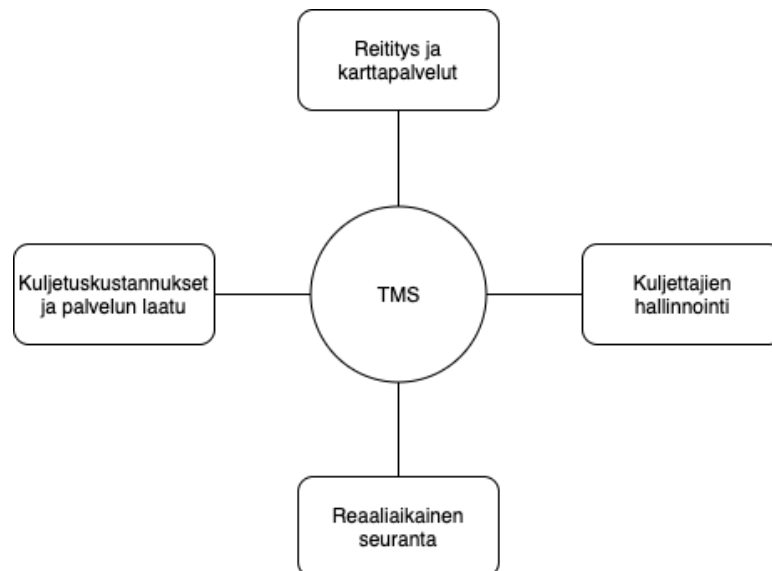
TMS-järjestelmät ovat suunnattu kuljetusyrityksille, jotka kuljettavat hyödykkeitä tai ihmisiä päivittäin. Kuljetusyritykset pystyvät minimoimaan kulujaan TMS-järjestelmien

toiminnoista saatavan hyödyn avulla (Mitreva et al. 2019). TMS-järjestelmät muun muassa suunnittelevat kuljetuksia ja sisältävät kuljetustapahtumiin liittyviä toimintoja kuten reititystä. Suunnittelu käsittää etenkin lyhyen aikavälin kuljetusten suunnitteluun. (Helo & Szekely 2005). Tämän vuoksi kuljetustenhallintajärjestelmät ovat sopiva tarkastelutaso tutkimukselle, sillä myös last-mile-logistiikan suunnittelu ja optimointi tapahtuu päivittäin (Cardenas et al. 2017).

TMS-järjestelmien käyttöönoton yhteydessä on todettu jopa 10–40 % kuljetusyrityksille koituvien kuljetuskustannusten pienentyminen (Mason et al. 2003). TMS-järjestelmän hankinta saattaa toisaalta olla kallis, mutta laadukkaan järjestelmän käyttö mahdollistaa selkeän kilpailuedun saavuttamisen muihin kuljetusyrityksiin nähden. (Santos et al. 2011; Mitreva et al. 2019)

4.2 Kuljetustenhallintajärjestelmien toiminnot

Kuljetustenhallintajärjestelmät käsittävät laajan skaalan kuljetusyrityksiä edesauttavia toimintoja ja operaatioita. Tarkastelu tässä työssä rajataan kuitenkin vain neljään merkittävimpään toimintoon, jotka Moghrabi ja Ebrahim (2018) tunnistavat ja, joita myös Mason et al. (2003), Helo & Szekely (2005), Li & Yu (2017) käsittelevät. Toiminnot esitetään kuvassa 2.



Kuva 2. TMS-järjestelmän toiminnot (Moghrabi & Ebrahim 2018)

Keskeisimmiksi toiminnoiksi rajataan reititys ja karttapalvelut, kuljetuskustannukset ja palvelun laatu, kuljettajien hallinnointi sekä reaaliaikainen seuranta. Jokaisesta osa-alueesta kerrotaan tarkemmin seuraavissa kappaleissa. Erityisesti paneudutaan reititykseen ja karttapalveluihin, sillä Moghrabi ja Ebrahim (2018) ja Chalotra ja Kumar (2016) osoittivat tutkimuksissaan sen olevan tärkein aspekti kaikista TMS-järjestelmien toiminnoista. Yu et al. (2017) nostavat vielä TMS-järjestelmien yhdeksi tärkeäksi komponentiksi laivastonhallinnan. Tässä tutkimuksessa laivastonhallinta vastaa kuvan 2 kuljettajien hallinnointia, sillä laivasto käsittää suuren määrän kuljettajia ja ajoneuvoja. Muita toimintoja TMS-järjestelmissä ovat esimerkiksi kuljetustavan valinta, polttoainekulutuksen monitorointi ja kirjanpito (Mason et al. 2003; Moghrabi & Ebrahim 2018). Vaikka TMS-järjestelmät nimellisesti tarjoavat monia toimintoja, on tärkeää tietää, että kyseiset toiminnot tarvitsevat lähes aina kolmansien osapuolten kaupallisia tai julkisia palveluita toimiakseen halutulla tavalla (Stefansson & Lumsden 2008).

4.2.1 Reititys ja karttapalvelut

Karttapalvelut mahdollistavat kuljetusyrityksille usean eri toiminnon käytön. Ilman karttapalveluja jotkin TMS-järjestelmien toiminnot eivät olisi edes mahdollisia, esimerkiksi reaaliaikainen seuranta, jossa tarvitaan päivittyviä sijaintitietoja. Karttapalvelujen avulla kuljetusyritykset saavat tietoja ajoneuvoista reaaliajassa, keräävät liiketoiminnasta syntyvää dataa ja reitittävät kuljetuksia. Toimivan karttapalvelun avulla kuljetusyritykset parantavat toimintansa tehokkuutta ja sitä kautta kuluttajien asiakaskokemusta. (Habjan et al. 2014)

Kuljetuksella on aina alku- ja loppusijainti. Eri parametrien avulla lasketaan optimaalinen reitti näiden sijaintien välille. Parametreja ovat esimerkiksi Santosin et al. (2011) mukaan ajoneuvojen kapasiteetit ja työajat, ja Choksin et al. (2019) mukaan hinta, aika, muu liikenne ja matka. Tapahtumaa, jossa lasketaan reitti alku- ja loppusijainnin välille, kutsutaan reititykseksi. Reitityksen tarkoituksena on optimaalisen reitin laskennan lisäksi esittää ajettava reitti yksityiskohtaisesti ja selkeästi kuljettajalle. Kuljettaja voi kuljetuksen aikana tarkastella reittiä esimerkiksi mobiililaitteen karttapalvelusta. (Edoh & Pawar 2020) Reitityksen toteutus ja reitin tarkastelu riippuu vahvasti TMS-järjestelmästä.

Reititys ja karttapalvelut ovat yksi esimerkki laajalti kolmannen osapuolen palveluihin nojautuvasta toiminnosta TMS-järjestelmissä. Kolmannen osapuolen palvelut reitityksen ja karttapalveluiden osalta ovat paikkatietojärjestelmät (GIS). (Daithankar & Pandit 2014, s.5) Paikkatietojärjestelmät nimensä mukaan tallentavat, tuottavat ja käsittelevät paikkatietoja. Paikkatietojärjestelmät tukevat päätöksentekoa, kun ne integroidaan muihin tietojärjestelmiin, kuten TMS:ään. (Mohan & Mittal 2020)

Edohin ja Pawarin (2020) kertovat, että yhtenä reititys ja karttapalvelutarjoajana toimii Google Maps, joka tarjoaa paljon karttoihin liittyviä palveluja, muun muassa staattisia karttoja, reittejä, paikkoja ja paikannusta (Google 2020a). Kolmannen osapuolen karttapalvelu osana TMS-järjestelmää voi olla verkkokarttapalvelu, joista Google Maps on yksi. Verkkokarttojen hyödyntäminen tapahtuu ohjelmointirajapintojen (API) tai ohjelmistokehityspakettien (SDK) avulla. (Li et al. 2016)



Kuva 3. TMS liitettynä verkkokarttapalveluntarjoajaan ohjelmointirajapinnan kautta (Li et al. 2016)

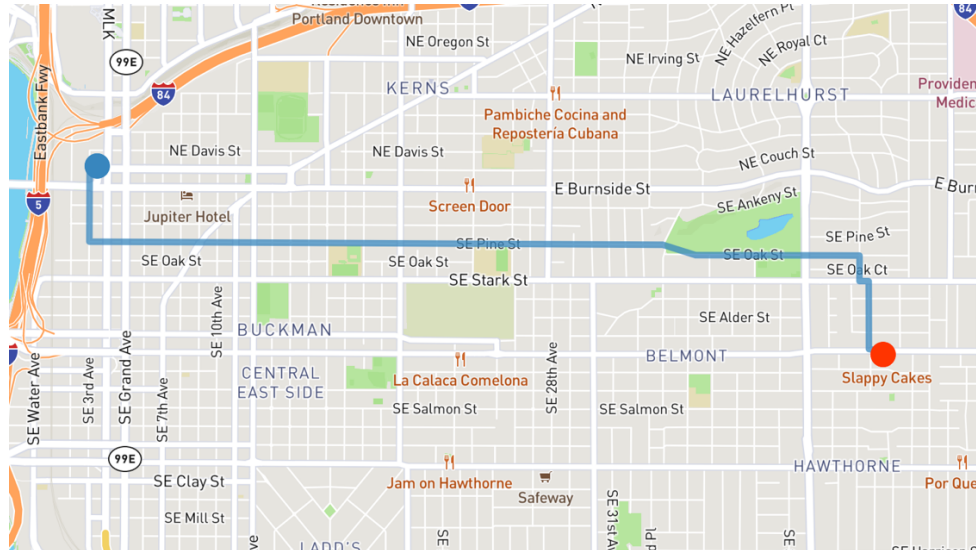
Kuvassa 3 oleva TMS-järjestelmä (*Application*) sisältää ja käsittelee dataa kuljetusyritykselle olennaisista tiedoista, kuten noutopisteistä, toimitusosoitteista, kuljettajista sekä ajoneuvoista. Reititietojen saamista varten järjestelmä kokoaa niistä pyynnön (*Request*), joka lähetetään esimerkiksi ohjelmointirajapinnan (*Maps API*) kautta kolmannelle osapuolelle. Tulleiden tietojen avulla reitityksen ja karttapalveluiden tarjoaja (*Map Servers*) laskee optimaalisen reitin ja palauttaa sen (*Result*) TMS-järjestelmään, jossa reitti esitetään halutulla tavalla. (Li et al. 2016) Kolmannen osapuolen reitin laskelmointiin vaikuttaa aiemmin mainitut parametrit. Lyhin reitti ei ole aina sama kuin halvin tai ympäristöystävällisin reitti (Koç et al. 2016). TMS-järjestelmä antaa parametrit

pyynnön yhteydessä ohjelmointirajapinnan kautta. Pyyntö, jonka TMS-järjestelmä voi tehdä kolmannelle osapuolelle reititystä varten voi olla esimerkiksi:

```
{
  origin: "Chicago, IL",
  destination: "Los Angeles, CA",
  waypoints: [{
    location: "Oklahoma City, OK",
    stopover: true },
  ],
  travelMode: "DRIVING",
  avoidHighways: true
}
```

Kyseinen esimerkki on suunnattu Google Maps Directions API:lle ja se koostuu alku- ja loppusijainnista (*origin* ja *destination*), mahdollisista muista pysähdyksistä (*waypoints*), kulkutavasta (*travelMode*) sekä valinnaisesta tarkentavasta parametrasta (*avoidHighways*). (Google 2020a) Esimerkissä merkintä **true** tarkoittaa, että määritelty parametri otetaan huomioon reitityksessä.

Jotta karttapalveluiden palauttamasta reitistä olisi hyötyä, se visualisoidaan kartalle (Edoh & Pawar 2020). Mahdollisuuksia esittää reitti karttapalvelujen avulla on erilaisia. Yksinkertaisin ratkaisu on piirtää laskettu reitti kartalle kuvan 4 mukaisesti, missä sininen pallo kuvaa alkusijaintia ja punainen pallo loppusijaintia. Reitintä piirtämiseen TMS-järjestelmä tarvitsee kaupallisten palveluiden tarjoaman staattisen kartan, johon se yhdistää laskelmoidun reitin (Santos et al. 2011; Li et al. 2016).



Kuva 4: Reitin visuaalinen esitys staattisella kartalla (Mapbox 2020)

Mikäli reitti vain piirretään kartalle etukäteen, kuljettaja ei juurikaan saa ohjeistusta matkan aikana. Helpotusta tähän tuo ratkaisu, jossa kuljettajan sijainti päivittyy karttanäkymään ajoneuvon sijainnin muuttuessa (Edoh & Pawar 2020). Jokainen kuljettajien työtä helpottava ratkaisu vaatii kuljetushallintajärjestelmältä enemmän rajapintakytköksiä ja niiden tiheämpää käyttöä. Toisin sanoen, mitä informatiivisempi TMS-järjestelmä on, sitä haastavampi se on toteuttaa.

Reitityksestä tulee entistä yksityiskohtaisempaa ja informatiivisempaa, jos siihen lisätään käänös käänökseltä tapahtuva navigointi (Asadi 2011). Navigointi luonnollisesti vaatii TMS-järjestelmän, joka tarjoaa mobiilipalveluita tai on kytkettynä ajoneuvojen järjestelmiin. (Li & Yu 2017) Käänös käänökseltä tapahtuva navigointi on monimutkaisempi toteuttaa ja karttapalvelutarjoajat eivät välttämättä tarjoa kyseistä palvelua ilman erillistä sopimusta (Google 2020b).

4.2.2 Kuljetuskustannukset ja palvelun laatu

Kuljetuskustannukset ja palvelun laatu eivät ole yhtä selkeä ja konkreettinen TMS-järjestelmän toiminto kuin muut esitellyt toiminnot. Palvelun laatu sisältää muun muassa

ne operaatiot, joissa TMS-järjestelmä on jollakin tapaa yhteyksissä loppuasiakkaaseen. Loppuasiakkaan toiveiden täyttäminen on myös osa palvelun laatua. TMS-järjestelmän pitää ottaa huomioon esimerkiksi noutopiste, jonka loppuasiakas on valinnut ja viedä hyödykkeet sinne. Mikäli toimitus ei kyseiseen paikkaan onnistu, TMS-järjestelmän on syytä ilmoittaa noutopaikan vaihdosta hyvissä ajoin ja riittävin perusteluin asiakkaalle. Jotta vaihdoista välttyttäisiin, järjestelmän pitäisi taata, ettei kyseiseen noutopisteeseen tilaaminen alun perinkään ole mahdollista. (Vakulenko et al. 2019) Laadukasta palvelua on esimerkiksi se, että viestit toimituksista tulee ajallaan vastaanottajille ja ovat tarpeeksi informatiivisia.

Kuljetuskustannus-toiminto vastaa nimensä mukaan kuljetusten kustannuksista. Kuljetuskustannus-toiminto voi esimerkiksi olla kytköksissä reititykseen, jonka laskemille matkoille se ilmoittaa kuljetusyrietykselle koituvat kustannukset ja samalla sen, mitä asiakkaan tulisi maksaa, kun otetaan huomioon kuljetusyrietyksen haluama voittomarginaali. (Habjan et al. 2014) Kustannuksiin vaikuttavat toki muutkin tekijät kuin haluttu voittomarginaali, kuten mahdolliset kiinteät hinnat, joita vähittäistavarakaupat ovat asettaneet.

4.2.3 Kuljettajien hallinnointi

Kuljettajien hallinnointiin liittyy kuljettajien työaikojen seurantaa, kuljettajakohtaisesti toimitettujen kuljetusten kirjanpito ja joissain tapauksissa reittisuositusten antaminen (Stefansson & Lumsden 2008). Kuljettajien toimintaan liittyvän seurannan tarkoituksena on esimerkiksi automatisoida palkanlaskenta, joka lopulta tapahtuu toisen järjestelmän suorittamana.

Kuljettajien työajat otetaan myös reitityksessä huomioon. Näin saadaan reitit vain kuljettajille, joilla on työajan puitteissa mahdollisuus kuljettaa toimitus. Työaikojen huomioiminen reitityksessä on yllättävän tärkeää, sillä on huomattu, että kuljettajien työajat rajoittavat kuljetuksia enemmän kuin käytössä olevan ajoneuvon kuljetuskapasiteetti. (McLeod et al. 2020)

4.2.4 Reaaliaikainen seuranta

Reaaliaikainen seuranta on myös yksi kuljetushallintajärjestelmän toiminto, joka on vahvasti riippuvainen paikkatietojärjestelmistä (Asadi 2011; Habjan et al. 2014). Reaaliaikainen seuranta tarkoittaa ajoneuvojen tai kuljetettavien hyödykkeiden sijaintitietojen käyttöä osana kuljetushallintajärjestelmää (Yu et al. 2017). Sijaintitietoja voidaan jakaa eteenpäin niitä tarvitseville. Järjestelmän sisäiseen käyttöön, esimerkiksi reitityskomponentille, tai tilauksen tehneelle asiakkaalle. Verkkokaupasta tuotteita ostaneet asiakkaat pääsääntöisesti haluavat seurata pakettiensa kulkua, joten parhaan asiakaskokemuksen takaamiseksi kuljetusyrityksien on kannattavaa jakaa hyödykkeiden toimituksien tietoja asiakkaille. (Yu et al. 2017)

Reaaliaikaisen sijaintitiedon jakaminen järjestelmän sisäisesti reitityskomponentille mahdollistaa esimerkiksi uusien reittien laskelmoinnin matkan aikana uusien kuljetustilauksien tullessa. Lisäksi on mahdollista päivittää jo laskettuja reittejä siten, että ne ohjaavat kuljettajat reaaliajassa pois ruuhkautuneista alueista kaupungeissa. (Li et al. 2016; Li & Yu 2017) Reaaliaikainen seuranta luo myös osaltaan eräänlaisen turvan kuljettajille ja ajoneuvoille, mikä voi arvokkaiden kuljetusten kanssa olla elintärkeää. Kuljetusyritys tietää koko ajan missä ajoneuvo kulkee ja poikkeavuuksien sattuessa pystyy toimimaan nopeasti. (Asadi 2011)

5. KULJETUSTENHALLINTAJÄRJESTELMÄT LAST-MILE-LOGISTIIKASSA

Tässä luvussa esitellään yleisellä tasolla last-mile-kuljetusyritysten TMS-järjestelmien käyttöä, minkä jälkeen kootaan yhteen havaintoja tutkitusta teoriataustasta ja vastataan asetettuun tutkimuskysymyksen. Lisäksi kerrotaan havaittuja puutteellisuuksia kuljetustenhallintajärjestelmistä ja pohditaan ehdotuksia järjestelmien kehittämiseksi.

Suurella osalla last-mile-kuljetusyrityksiä on käytössään kuljetustenhallintajärjestelmä, jota hyödynnetään vähintäänkin optimoimaan päivittäistä reititystä ja aikataulutusta kuljetuksille (Aljohani & Thompson 2020). Toisaalta on myös yrityksiä, joissa reititys tehdään manuaalisesti. Manuaalinen toiminta ei kuitenkaan ole kuljetusmäärien kasvaessa enää yhtä tehokasta. (Li et al. 2016) Toiminnan tehokkuuden näkökulmasta kuljetusten optimoinnin apuna on miltei pakollista käyttää järjestelmiä tai ohjelmistoja, sillä Cardenasin et al. (2017) havaintojen perusteella last-mile-kuljetukset vaihtelevat päivittäin. Vaihtelevuus karsii esimerkiksi muissa toimitusketjun logistisissa operaatioissa toimivat pitkän aikavälin suunnitelmat siitä, kuka kuljettaja vie mitäkin paketteja. Toki joissain TMS-järjestelmissä optimointiin voidaan ottaa huomioon henkilökohtaisia mieltymyksiä.

Last-mile-kuljetuksia suorittavien yritysten kuljettajat eivät kaikki käytä kuljetustenhallintajärjestelmää, vaikka yritys sen heille tarjoaisi. Moni kuljettaja luottaa omaan kokemukseensa reittivalintojen ja toimitusjärjestyksien suhteen mieluummin kuin järjestelmän vastaaviin (Allen et al. 2018). Aljohani ja Thompson (2020) esittävät, että henkilökohtaisiin kokemuksiin ja mieltymyksiin luottaminen ei aina ole paras ratkaisu. Kuljettaja ei silloin esimerkiksi saa tietoonsa TMS-järjestelmän tarjoamia reaaliaikaisia liikennetietoja tai muita ajankohtaisia päivityksiä toimituksiin liittyen.

5.1 Kuljetushallintajärjestelmät keskusta-alueiden haasteiden ratkaisuna

Seuraavaksi tarkastellaan alaluvussa 3.3 esitettyjä keskusta-alueiden haasteita last-mile-kuljetuksille, ja miten kuljetushallintajärjestelmät voivat ratkaista kyseisiä haasteita. Tarkastelu suoritetaan kokoamalla tutkimusaineistosta löydettyjä havaintoja taulukkoon 3, ja analysoimalla vaikuttaako keskusta-alueiden haasteet last-mile-kuljetukseen samalla tavalla, mikäli kuljetusyriyksellä on tai ei ole käytössään TMS-järjestelmää. Taulukon koettiin tuovan yksiselitteisimmin ja selkeimmin esille eroavaisuudet last-mile-kuljetuksissa TMS-järjestelmän käytön seurauksena.

Taulukossa 3 keskusta-alueiden haasteet ovat vastaavuuden vuoksi jaoteltu alaluvun 3.3 alalukujen mukaisesti. Haasteisiin esitetään ratkaisuja kuljetushallintajärjestelmien toimintojen avulla. Ratkaisuiden esittäminen perustuu omaan tulkintaan siitä, miten kuljetushallintajärjestelmien eri toiminnot voivat vastata keskusta-alueiden haasteisiin. Mikäli kuljetushallintajärjestelmä ei jonkin toiminnon osalta vaikuta keskusta-alueiden haasteisiin, ei siitä mainita taulukossa.

Taulukko 3. Last-mile-kuljetusten vertailua ilman TMS-järjestelmää sekä sen kanssa

	Keskusta-alueiden haasteet		
	Pysäköinti	Kevyt liikenne	Infrastruktuuri
Last-mile-kuljetus & Ei TMS-järjestelmää käytössä	Ajoneuvon pysäköintipaikkojen etsiminen tapahtuu kuljettajan toimesta vasta lähellä nouto- tai toimitusosoitetta. (Bates et al. 2018)	Ajoneuvojen kulkua rajoitetaan tietyillä alueilla. (Cardenas et al. 2017; Malik et al. 2017)	Kuljettajan toiminta perustuu paljolti henkilökohtaisiin kokemuksiin. Kuljettaja ei saa ajantasaista tietoa ruuhkautuneista teistä tai yllättävistä tietöistä. (Allen et al. 2018; Aljohani & Thompson 2020)
Last-mile-kuljetus & TMS-järjestelmä käytössä	Reititys ohjaa kuljettajan suoraan annettuun nouto- tai toimitusosoitteeseen, ei pysäköintipaikkaan. (Allen et al. 2018; Bates et al. 2018)	Reitityksen avulla voidaan pyrkiä välttämään alueita, joilla tiedetään kevyen liikenteen olevan suurta. (Li et al. 2016; Li & Yu 2017)	Reaaliaikainen tieto järjestelmästä auttaa kuljettajaa välttämään ruuhkia tai tietöitä. Reititys laskee nopeimmat, lyhimmät tai ympäristöystävällisimmät tiet ja osaa tarvittaessa välttää epäsuotuisia alueita. (Li et al. 2016; Li & Yu 2017; Aljohani & Thompson 2020)

Pysäköinnin osalta voidaan huomata, että TMS-järjestelmä ei juurikaan puutu pysäköintipaikkoihin nouto- tai toimitusosoitteen yhteydessä, eikä kummassakaan tapauksessa optimoida käveltyä matkaa pysäköidystä ajoneuvosta määränpäähän. Aikaa kuluu turhaan pysäköintipaikan etsimiseen sekä TMS-järjestelmän käyttäjillä että niillä, jotka eivät TMS-järjestelmää käytä. Pysäköinnin luomiin haasteisiin ei vasta riittävästi nykyisillä TMS-järjestelmillä.

Kevyt liikenne on hankala haaste ratkaistavaksi TMS-järjestelmällä, sillä siihen liittyy paljon eri muuttujia. Taulukossa 3 kevyen liikenteen kohdalla kuitenkin kerrotaan, että reitityksen avulla on periaatteessa mahdollista välttää kevyen liikenteen keskittymiä ja täten osittain ratkaista kevyen liikenteen haasteita. Keskittymien välttely ei kuitenkaan enää toimi, mikäli nouto- tai toimitusosoite sijaitsee alueella, jossa on paljon kevyttä liikennettä. Kuljetusyritysten harmiksi tällaisia alueita on keskusta-alueilla suhteellisen paljon.

Infrastruktuurin haasteina on aiemmin noussut esiin muun muassa teiden käyttö ja sen rajoittaminen. Taulukosta 3 huomataan, että ilman TMS-järjestelmää optimaalisten reittien löytäminen vaatii kuljettajalta kokeilua ja omaan kokemukseen nojautumista. Ilman järjestelmää kuljettaja ei myöskään voi varautua ruuhkautuneisiin katuihin keskusta-alueilla muuten, kun tekemällä oman arvion asiasta. TMS-järjestelmän avulla puolestaan kuljettajille voidaan välittää reaaliaikaista tietoa reittiin liittyen. Lisäksi järjestelmän reitityskomponentti osaa laskea reitit suotuisimmalla tavalla, jotta kuljettajan reitti on mahdollisimman tehokas. Lastausalueiden käytettävyyteen ja saatavuuteen TMS-järjestelmät eivät tarjoa ratkaisua.

5.2 Kuljetushallintajärjestelmien puutteellisuudet

Useassa tapauksessa on todettu, ettei käytössä oleva TMS-järjestelmä palvele kuljetusyritysten liiketoimintaa halutulla tavalla (Allen et al. 2018; Bates et al. 2018; Aljohani & Thompson 2020). Jotkin TMS-järjestelmät ohjaavat kuljettajat suoraan asiakkaan antamaan toimitusosoitteeseen, eivätkä näin huomioi pysäköintiä saatikka pysäköinnistä aiheutuvaa kävelyä millään tavalla. Suhteellisen yleistä on myös, etteivät järjestelmät käsittele lastauksen tai purun optimointia nouto- tai toimituspaikassa. (Allen et al. 2018; Bates et al. 2018)

Aikaisemmin toteutetut ja pitkään käytössä olleet tietojärjestelmät eivät kaikki ole enää riittävän toimivia ja ajankohtaisia. Ne eivät luonnollisestikaan ota huomioon uusien tutkimusten ja yleisen käyttökokemuksen perusteella löydettyjä ongelmakohtia. (Aljohani & Thompson 2020) Uusien tutkimusten avulla voidaan ohjata tietojärjestelmien kehitystä oikeaan suuntaan.

5.3 Kuljetushallintajärjestelmien kehittäminen

Taulukkoon 3 perustuvan analyysin perusteella todettiin aiemmin, että kuljetusyriyten suurimmalle haasteelle keskusta-alueilla, eli pysäköinnille, kuljetushallintajärjestelmät eivät tarjoa ratkaisua. Tutkimuksen mukaan voidaan päätellä, että isoin pysäköinnin ongelma on yksinkertaisesti suotuisan paikan löytäminen, mihin vaikuttavat useat tekijät kuten ajoneuvon koko, muut ajoneuvot tai paikkojen määrä tietyllä alueella. Jonkin tietyn sijainnin löytäminen, tässä tapauksessa pysäköintipaikan, viittaa vahvasti kuljetushallintajärjestelmän reititys ja karttapalvelut -toimintoon. Tutkimuksen perusteella todetaan, että TMS-järjestelmien reititys ja karttapalvelut -toimintoa tulisi kehittää, jotta keskusta-alueiden last-mile-haasteisiin vastattaisiin TMS-järjestelmillä paremmin. Seuraavaksi esitetään TMS-järjestelmille kaksi konkreettista reititys ja karttapalvelut -toimintoon nojautuvaa kehitysehdotusta, joiden tarkoituksena on ratkaista pysäköinnin haasteita. Kehitysehdotuksissa keskitytään pysäköinnin haasteisiin, koska TMS-järjestelmät vastaavat kuitenkin osittain kevyen liikenteen ja infrastruktuurin haasteisiin.

Pysäköintiongelman ratkaisuun kuljetushallintajärjestelmien kautta tarvitaan mitä todennäköisemmin reaaliaikaista tietoa vapaista ja mahdollisista pysäköintipaikoista. Reititys tulisi suorittaa nouto- tai toimitusosoitetta lähimpänä ja vapaana olevaan pysäköintipaikkaan, eikä itse osoitteeseen, jotta kuljettajan työskentely olisi mahdollisimman tehokasta. Kyseisessä toteutuksessa voisi esimerkiksi hyödyntää Chauhanin (2020) tutkimia lennokkeja, jotka etsivät vapaita pysäköintipaikkoja. Lennokeista saadun datan avulla TMS-järjestelmä voisi hyödyntää pysäköintipaikkoja reitityksessä.

Toisena kehitysehdotuksena on integroida osaksi TMS-järjestelmää pysäköintisovellus, joka kartoittaa mahdollisia pysäköintipaikkoja ja samalla hoitaa maksamisen. Sovellusintegraation avulla voitaisiin välttyä myös pysäköinnin yliaikaongelmalta, sillä pysäköintiaikaa voi lisätä sovelluksesta. Yhtä lailla kuin lennokkien tapauksessa, sovellus välittäisi dataa vapaista pysäköintipaikoista nouto- tai toimitusosoitteen läheisyydestä, mitä TMS-järjestelmän reititys jälleen hyödyntäisi.

Analyysin perusteella katsotaan aiheelliseksi jalostaa molempia edellä esiteltyjä ratkaisuja vielä huomioimaan pysäköintipaikalta käveltävä matka nouto- tai toimitusosoitteeseen. Tähän Googlen API:t tarjoavat myös ratkaisuja. Yksinkertaistettu pyyntö kävelymatkan reitityksestä Google Maps Directions API:lle voisi esimerkiksi sisältää seuraavat asiat:

```
{
  origin: "pysäköintipaikka",
  destination: "toimitusosoite",
  travelMode: "WALKING"
}
```

Pyynnössä alkusijainti (*origin*) on ajoneuvon pysäköintipaikka ja loppusijainti (*destination*) on nouto- tai toimitusosoite. Merkittävimpänä muutoksena työssä aiemmin esitettyyn API-pyyntöön kulkutapa (*travelMode*) on vaihtunut ajamisen sijaan kävelyksi. Kävelymatkan reititys tulisi esittää kuljettajalla heti ajoneuvon reitityksen päätyttyä pysäköintipaikalle.

6. YHTEENVETO

Tutkimuskohteena ja tavoitteena työssä oli tunnistaa last-mile-kuljetusten haasteita keskusta-alueilla, esitellä kuljetushallintajärjestelmiä ja arvioida miten kuljetushallintajärjestelmät vastaavat näihin haasteisiin. Lisäksi tuotiin esille kehitysehdotuksia, joiden tavoitteena on parantaa kuljetushallintajärjestelmien kykyä ratkaista last-mile-kuljetusten haasteita keskusta-alueilla pysäköinnin osalta.

Tunnistettuja last-mile-kuljetusten haasteita keskusta-alueilla on työssä käsiteltyjen lukujen mukaisesti pysäköinti, kevyt liikenne ja infrastruktuuri. Jotta tutkimusongelmaan voitiin vastata, tunnistettiin ja esiteltiin kuljetushallintajärjestelmien keskeisimmät toiminnot. Ne olivat reititys ja karttapalvelut, kuljettajien hallinta, reaaliaikainen seuranta sekä kuljetuskustannukset ja palvelun laatu. Tämän jälkeen selvitettiin, miten TMS-järjestelmä ratkaisee keskusta-alueiden haasteita last-mile-kuljetuksien osalta kokoamalla havainnot taulukkoon.

6.1 Päätelmät

Osa keskusta-alueiden haasteista ovat sellaisia joihin TMS-järjestelmät eivät voi vastata. Keskusta-alueiden haasteiden ratkaisemiseksi tarvitaan muutoksia monilla muillakin osa-alueilla kuten kaupunkisuunnittelussa sekä päättäjien ja paikallisten viranomaisten valistamisessa, eikä vain tietojärjestelmien kehittämisessä.

Tulosten perusteella sellaisia keskusta-alueiden haasteita, joihin saadaan ratkaisuja TMS-järjestelmien avulla, tosin ei kovinkaan kattavia, ovat kevyt liikenne ja infrastruktuuri. Syy puutteellisiin ratkaisuihin ei niinkään ole TMS-järjestelmien toimimattomuus, vaan se, että järjestelmän toiminnot eivät ole suunniteltu ratkaisemaan kyseisiä haasteita. Tästä kertoo myös se, että osa TMS-järjestelmien toiminnoista, kuten kuljettajien hallinta, jäi kokonaan pimentoon käsiteltäessä ratkaisuja keskusta-alueiden haasteille. TMS-järjestelmistä kuitenkin löytyy hieman apua infrastruktuurin osalta sopivimpien teiden valintaan ja kevyen liikenteen osalta välttämään sen keskittymiä. Merkittävimpien ratkaisuiden keskusta-alueiden haasteisiin edellä mainittujen osalta

odotetaan olevan kytköksissä muuhun kuin järjestelmien kehittämiseen, esimerkiksi kaupunkisuunnitteluun. Pysäköinnin haasteet puolestaan jäävät käytännössä ratkaisemattomiksi ja siitä syystä tutkimuksen kehitysehdotukset painottuvat pysäköinnin ratkaisemiseen reitityksen ja karttapalveluiden avulla.

6.2 Tulosten arviointi ja jatkotutkimukset

Tutkimuksen avulla tunnistetaan keskusta-alueiden haasteet last-mile-kuljetuksille selkeästi, joten tutkimuksen tavoite täyttyy siltä osin. Tulosten arvioinnin kannalta on syytä huomioida, että keskusta-alueiden haasteita käsittelevät tutkimukset sijoittuvat hyvin suuriin kaupunkeihin kuten Lontooseen tai Melbourneen, minkä vuoksi keskusta-alueiden haasteet eivät välttämättä ole samoja jokaisessa maailman kaupungissa.

Arviointia toteutetaan onnistuneesti myös siitä, miten kuljetushallintajärjestelmät vastaavat näihin haasteisiin. Tutkimusaineisto olisi kuitenkin voinut olla kattavampaa vastattaessa tutkimuskysymykseen luvussa 5. Tähän liittyvänä haasteena oli löytää riittävästi lähteitä päivittäisten last-mile-kuljettajien työnteosta. Lisäksi tavoitteena oli esittää kehitysehdotuksia ohjelmistokehitykseen tutkimuksen tulosten nojalla, mikä tehtiin onnistuneesti alaluvussa 5.3. Kokonaisuudessaan tutkimuksen tavoite täyttyi ja tutkimusongelmaan vastataan.

Tutkimustuloksilla on myös logistiikkayrityksille merkitystä. Yrityksiä kehoitetaan olemaan proaktiivisia ja tiedostamaan keskusta-alueiden haasteita, sillä kaupungit kasvavat koko ajan ja keskusta-alueiden haasteet tulevat entistä enemmän esille. Proaktiivinen toiminta valmistaa yrityksiä kohtaamaan haasteet, kun ne ovat ajankohtaisia. Ajankohtaisuus voi tulla vastaan yrityksen laajentaessaan toimintaansa isompiin kaupunkeihin tai kaupunkien kasvaessa yrityksen toiminnan ympärillä.

Tässä työssä tarkastelutaso oli vain yksittäinen kuljetusyritys. Olisi mielekästä tarkastella aihetta, miten useat kuljetusyritykset hyötyvät saman järjestelmän alaisuudessa toimimisesta. Tutkimusmahdollisuutta tukee myös Giret (2019), kun hän tarkastelee last-mile-ongelmia hieman korkeammalta tasolta ja toteaa artikkelissaan, että last-mile-logistiikassa olisi tarve järjestelmälle, joka kattaisi kaikkien tietyllä alueella toimivien

kuljetusyriyusten toiminnot. Yhdessä järjestelmässä kuljetukset olisi mahdollista optimoida paremmin useampia kuljettajia, ajoneuvoja ja yrityksiä hyödyntäen. Kuljetushallintajärjestelmien hyödyntäminen monen yrityksen verkostossa sopisi esimerkiksi jatkotutkimusmahdollisuudeksi.

Alaluvun 5.3 kehitysehdotusten integroinnin tekninen toteutus kuljetushallintajärjestelmiin olisi kiinnostava jatkotutkimuskohde, kuten myös se, miten integraatiot vaikuttavat last-mile-kuljetusyriyusten toimintaan. Last-mile-aiheesta riittää tutkittavaa monesta eri perspektiivistä, kuten esimerkiksi kuljetusyriyksen, vastaanottavan asiakkaan tai kuljetuksen tilanteen organisaation näkökulmasta. Kiinnostava asetelma olisi myös tarkastella kuluttajien välillä tapahtuvan kaupankäynnin last-mile-osuutta.

LÄHTEET

Aljohani, K. & Thompson, R.G. 2020, "An Examination of Last Mile Delivery Practices of Freight Carriers Servicing Business Receivers in Inner-City Areas", *Sustainability*, vol. 12, no. 7, pp. 2837.

Allen, J., Piecyk, M., Piotrowska, M., McLeod, F., Cherrett, T., Ghali, K., Nguyen, T., Bektas, T., Bates, O., Friday, A., Wise, S. & Austwick, M. 2018, "Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London", *Transportation research.Part D, Transport and environment*, vol. 61, pp. 325–338.

Asadi, S. 2011, eds. R.Z. Farahani, S. Rezapour & L. Kardar, "12 - Logistics System: Information and Communication Technology" in *Logistics Operations and Management*, Elsevier, London, pp. 221–245.

Bates, O., Friday, A., Allen, J., Cherrett, T., McLeod, F., Bektas, T., Nguyen, T., Piecyk, M., Piotrowska, M., Wise, S. & Davies, N. 2018, "*Transforming Last-mile Logistics: Opportunities for more Sustainable Deliveries*", ACM. pp. 1–14.

Baker, L. 2019, "Today's Pickup: UPS hit with \$33.8 million in NYC parking fines; FedEx, \$14.9 million", *FreightWaves*. Saatavissa (viitattu 1.11.2020): <https://www.freightwaves.com/news/todayspickup/ups-fedex-parking-fines>

Cardenas, I., Borbon-Galvez, Y., Verlinden, T., Van de Voorde, E., Vanelslander, T. & Dewulf, W. 2017, "City logistics, urban goods distribution and last mile delivery and collection", *Competition and regulation in network industries*, vol. 18, no. 1–2, pp. 22–43.

Chalotra, V. & Kumar, P. 2016, "Transportation Management System Functions and Performance Amplifying the Span of Small Scale Firms", *Journal of Supply Chain Management Systems*, vol. 5, no. 4, pp. 61–67.

Chauhan, V., Patel, M., Tanwar, S., Tyagi, S. & Kumar, N. 2020, "IoT Enabled real-Time urban transport management system", *Computers and Electrical Engineering*, vol. 86.

Choksi, M.P., Kim, E., O'Hare, J.C. & Uber Technologies Inc 2019, "Providing Alternative Routing Options To A Rider Of A Transportation Management System", 20190376804.

Daithankar, J. & Pandit, T. 2014, "Transportation Management with SAP TM 9 A Hands-on Guide to Configuring, Implementing, and Optimizing SAP TM", 1st edn, Apress, Berkeley, CA.

Edoh, T.O.C. & Pawar, P.A. 2020, "A crowdsourcing-based optimal route selection for drug delivery in low- and middle-income countries", *Personal and Ubiquitous Computing*, .

Gevaers, R., Van de Voorde, E. & Vanelslander, T. 2014, "Cost Modelling and Simulation of Last-mile Characteristics in an Innovative B2C Supply Chain Environment with Implications on Urban Areas and Cities", *Procedia, social and behavioral sciences*, vol. 125, pp. 398–411.

Giret, A. 2019, "Smart and sustainable urban logistic applications aided by intelligent techniques", *Service oriented computing and applications*, vol. 13, no. 3, pp. 185–186.

Google. 2020a, "Google Maps Platform", Documentation, Maps JavaScript API. Saatavissa (viitattu 3.11.2020): <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/directions#DrivingOptions>

Google. 2020b, "Google Maps Platform", Products, Ridesharing. Saatavissa (viitattu 4.11.2020): <https://cloud.google.com/maps-platform/rides-and-deliveries>

Ha, Q.M., Deville, Y., Pham, Q.D. & Hà, M.H. 2018, "On the min-cost Traveling Salesman Problem with Drone", *Transportation research.Part C, Emerging technologies*, vol. 86, pp. 597–621.

Habjan, A., Andriopoulos, C. & Gotsi, M. 2014, "The role of GPS-enabled information in transforming operational decision making: An exploratory study", *European Journal of Information Systems*, vol. 23, no. 4, pp. 481–502.

Helo, P. & Szekely, B. 2005, "Logistics information systems: An analysis of software solutions for supply chain co-ordination", *Industrial management + data systems*, vol. 105, no. 1, pp. 5–18.

Hsiao, Y.-., Chen, M.-., Lu, K.-. & Chin, C.-. 2018, "Last-mile distribution planning for fruit-and-vegetable cold chains", *International Journal of Logistics Management*, vol. 29, no. 3, pp. 862–886.

Koç, Ç, Bektaş, T., Jabali, O. & Laporte, G. 2016, "The impact of depot location, fleet composition and routing on emissions in city logistics", *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 84, pp. 81–102.

Li, R., Cheng, C., Qi, M. & Lai, W. 2016, "Design of dynamic vehicle routing system based on online map service", *2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management, ICSSSM 2016*.

Li, Y. & Yu, Y. 2017, "The use of freight apps in road freight transport for CO2 reduction", *European transport research review*, vol. 9, no. 3, pp. 1–13.

Malik, L., Sánchez-Díaz, I., Tiwari, G. & Woxenius, J. 2017, "Urban freight-parking practices: The cases of Gothenburg (Sweden) and Delhi (India)", *Research in Transportation Business and Management*, vol. 24, pp. 37–48.

- Mapbox. 2020, Tutorials, "Getting started with the Mapbox Directions API". Saatavissa (viitattu 3.11.2020): <https://docs.mapbox.com/help/tutorials/getting-started-directions-api/>
- Martinez-Sykora, A., McLeod, F., Lamas-Fernandez, C., Bektaş, T., Cherrett, T. & Allen, J. 2020, "Optimised solutions to the last-mile delivery problem in London using a combination of walking and driving", *Annals of operations research*, vol. 295, no. 2, pp. 645–693.
- Mason, S.J., Ribera, P.M., Farris, J.F. & Kirk, R.G. 2003, "Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 39, no. 2, pp. 141–159.
- McLeod, F., Cherrett, T., Bates, O., Bektaş, T., Lamas-Fernandez, C., Allen, J., Piotrowska, M., Piecyk, M. & Oakey, A. 2020, "Collaborative Parcels Logistics via the Carrier's Carrier Operating Model." , *Transportation Research Record*, vol. 2674, no. 8, pp. 384–393.
- Min, H. & Zhou, G. 2002, "Supply chain modeling: past, present and future", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 43, no. 1-2, pp. 231–249.
- Mitreva, E., Tashkova, S. & Gjorshevski, H. 2019, "Optimization of Business Processes in a Transport Company in The Republic of North Macedonia", *TEM Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 879–887.
- Moghrabi, I.A.R. & Ebrahim, F.O. 2018, "Transportation Management and Decision Support Systems within the Supply Chain Management Framework", Springer International Publishing, Cham.
- Mohan, P. & Mittal, H. 2020, "Review of ICT usage in disaster management", *International Journal of Information Technology (Singapore)*, vol. 12, no. 3, pp. 955–962.
- Prater, E. & Whitehead, K. 2012, "An Introduction to Supply Chain Management : A Global Supply Chain Support Perspective", Business Expert Press, New York.
- Quak, H.J. & De Koster, M. B. M. 2009, "Delivering goods in urban areas: How to deal with urban policy restrictions and the environment", *Transportation Science*, vol. 43, no. 2, pp. 211–227.
- Reddy, M. 2011, "API design for C++", Elsevier/Morgan Kaufmann, Boston.
- Reyes, D., Savelsbergh, M. & Toriello, A. 2017, "Vehicle routing with roaming delivery locations", *Transportation research.Part C, Emerging technologies*, vol. 80, pp. 71–91.
- Santos, L., Coutinho-Rodrigues, J. & Antunes, C.H. 2011, "A web spatial decision support system for vehicle routing using Google Maps", *Decision Support Systems*, vol. 51, no. 1, pp. 1–9.

Savelsbergh, M. & Van Woensel, T. 2016, "50th Anniversary Invited Article—City Logistics: Challenges and Opportunities", *Transportation science*, vol. 50, no. 2, pp. 579–590.

Smirlis, Y.G., Zeimpekis, V. & Kaimakamis, G. 2012, "Data envelopment analysis models to support the selection of vehicle routing software for city logistics operations", *Operational Research*, vol. 12, no. 3, pp. 399–420.

Stefansson, G. & Lumsden, K. 2008, "Performance issues of Smart Transportation Management systems", *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 58, no. 1, pp. 55–70.

Suomen virallinen tilasto. 2019, "Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö, Verkkokaupan kehitys." Saatavissa (viitattu 16.10.2020):
http://www.stat.fi/til/sutivi/2019/sutivi_2019_2019-11-07_kat_003_fi.html

Vakulenko, Y., Hellström, D. & Hjort, K. 2018, "What's in the parcel locker? Exploring customer value in e-commerce last mile delivery", *Journal of business research*, vol. 88, pp. 421–427.

Vakulenko, Y., Shams, P., Hellström, D. & Hjort, K. 2019, "Service innovation in e-commerce last mile delivery: Mapping the e-customer journey", *Journal of Business Research*, vol. 101, pp. 461–468.

Voccia, S.A., Campbell, A.M. & Thomas, B.W. 2019, "The Same-Day Delivery Problem for Online Purchases", *Transportation science*, vol. 53, no. 1, pp. 167–184.

Wang, X., Zhan, L., Ruan, J. & Zhang, J. 2014, "How to Choose "Last Mile" Delivery Modes for E-Fulfillment", *Mathematical problems in engineering*, vol. 2014, pp. 1–11.

Yu, Y., Wang, X., Zhong, R.Y. & Huang, G.Q. 2017, "E-commerce logistics in supply chain management: Implementations and future perspective in furniture industry", *Industrial Management & Data Systems*, vol. 117, no. 10, pp. 2263–2286.

Zissis, D., Aktas, E. & Bourlakis, M. 2018, "Collaboration in urban distribution of online grocery orders", *International Journal of Logistics Management*, vol. 29, no. 4, pp. 1196–1214.