

Ari Sirkiä
Marika Karhu

TAVARAN AJAN ARVO LIIKENTEESSÄ



Ari Sirkiä, Marika Karhu

Tavaran ajan arvo liikenteessä

Väyläviraston julkaisuja 27/2019

Väylävirasto
Helsinki 2019

Kannen kuvat: Simo Toikkanen ja Jari Tikka / Väylän kuva-arkisto

Verkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-698-0

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. 0295 34 3000

Ari Sirkiä ja Marika Karhu: Tavarajan arvo liikenteessä. Väylävirasto. Helsinki 2019. Väyläviraston julkaisuja 27/2019. 38 sivua ja 6 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-698-0.

Avainsanat: tavaraliikenne, tiekuljetus, rautatiekuljetus, yksikköarvot

Tiivistelmä

Tässä tutkimuksessa selvitettiin ensin mahdollisuutta määrittää tavarajan ja täsmällisyyden arvo Suomessa ja lopuksi määritettiin ajan arvot työn aikana erillisissä tuotannollisiin ja kaupallisiin yrityksiin kohdennetuissa haastatteluissa hankitun tutkimusaineiston pohjalta. Haastatteluja tehtiin yhteensä 62 kpl lokakuun 2017 ja elokuun 2018 välisenä aikana. Tutkimusaineisto muodostui 171:stä tavaratoimituksesta, joista 65 % (112 kpl) oli kotimaan toimituksia ja 35 % (59 kpl) ulkomaan toimituksia (joko vienti tai tuonti). 84 %:ssa (143 kpl) toimituksista pääkuljetustapa Suomessa oli tiekuljetus ja 16 %:ssa (28 kpl) rautatiekuljetus.

Tavaratoimitus määritettiin alkavaksi asiakkaan tekemästä tavaratilauksesta ja päättyvän toimituksen luovuttamiseen asiakkaan määrittelemään vastaanottopisteeseen. Tutkimus kattoi useita tavararyhmiä: irtotavarat, massatuotteet, kulutus- ja investointitavarat, tuoretuotteet sekä vaaralliset aineet. Tavaratoimituksia ja logistista järjestelmää tarkasteltiin tässä työssä laajemmin kuin vain tavaroiden kuljetuksen osalta ja 1990-luvulla tehdyissä vastaavissa suomalaisissa ajan arvo tutkimuksissa. Tarkastelunäkökulma tässä työssä oli tavaratoimitus asiakkaan tavaratilauksesta sen luovuttamiseen toimituspaikkaan, eli koko toimitusketju. Kuljetus on yksi vaihe tarkastellussa toimituskokonaisuudessa, ja sen osuus kokonaisajasta ja -kustannuksesta vaihtelee suuresti.

Tutkimusmenetelmänä työssä käytettiin tietokoneavusteista Stated Preference -haastattelua (SP). Pääosin haastateltiin henkilöitä, jotka päättävät tuotannollisten yritysten toimitusketjujen suunnittelusta tai kuljetuspalveluiden ostamisesta. Tarkasteltaviksi toimituksiksi pyrittiin valitsemaan yrityksille tavanomaisia mutta mahdollisuuksien mukaan erityyppisiä tavaratoimituksia (esimerkiksi tavararyhmä, toimituskustannus, -aika, -tarkkuus tai -etäisyys tai kuljetustapa eroavat selvästi toisistaan). Jokaisesta tarkastellusta toimituksesta selvitettiin ensin taustatietoja, ja tietojen perusteella muodostettiin 10 eri valintatilannetta käsiteltävää toimitusta kohden. Vastaajien piti valita lähtötietojen perusteella muodostettujen kahden tavaratoimitusvaihtoehdon välillä yrityksen toimintaan paremmin soveltuva vaihtoehto.

Haastatteluaineiston avulla määritettiin sekä tavarajan että täsmällisyyden ajan arvo koti- ja ulkomaan tie- ja rautatiekuljetuksille. Lisäksi arvojen määrittäminen tehtiin mahdollisuuksien mukaan tavararyhmittäin. Tiekuljetuksissa kaikille tavararyhmille yhteinen ajan arvo on 10,72 €/toimitus/tunti ja 0,66 €/tonni/tunti. Toimitustäsmällisyyden ajan arvo on vastaavasti 25,97 €/toimitus/tunti ja 0,78 €/tonni/tunti. Rautatiekuljetuksissa kaikille tavararyhmille yhteinen ajan arvo on 37,88 €/toimitus/tunti ja 0,04 €/tonni/tunti. Tavaratoimituksen ajan arvo tiekuljetuksissa on tavararyhmittäin 1,70–451,34 €/toimitus/tunti. Vastaavasti ajan arvo toimitettua tonnia kohden on 0,05–3,55 €/tonni/tunti tavararyhmän mukaan. Tavaratoimituksen ajan arvo rautatiekuljetuksissa on tavararyhmittäin 4,33–46,83 €/toimitus/tunti. Tutkimustulosten perusteella vaikuttaa

siltä, että täsmällisuusvaatimukset ovat kiristyneet 1990-luvulla saatuihin tuloksiin verrattuna, myöhästymistä sovitusta toimitusaikaikkunasta ei pidetä enää hyväksyttävänä palveluna.

Mallinnusten tuloksena saatuja estimaatteja voidaan pitää mallien tunnuslukujen ja saatujen ajan arvojen perusteella onnistuneina. Estimaattien luotettavuutta ja vakautta testattiin erikseen käyttämällä vaihtoehtoisia mallirakenteita, joissa käytettiin eri tekijöitä hyödyn kuvaamiseksi. Mallinnukset tehtiin erikseen sekä tavaratoimitukselle että toimitettua tonnia kohden. Malli sisälsi toimituskustannuksen sekä toimitusajan ja toimitustäsmällisyyden tai vaihtoehtoisesti vain toimitusajan kustannuksen lisäksi.

Tavaran ajan arvon määrittäminen on merkityksellistä liikennehankkeiden hankearvioinnin kannalta. Tavaran ajan ja täsmällisyyden arvon sisällyttäminen infrastruktuuri-investointien kannattavuusarviointeihin laajentaisi elinkeinoelämään kohdistuvien vaikutusten huomioon ottamista laskelmissa nykytilanteeseen verrattuna.

Ari Sirkiä och Marika Karhu: Godstidsvärden i trafiken. Trafikledsverket. Helsingfors 2019. Trafikverkets publikationer 27/2019. 38 sidor och 6 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-698-0.

Sammanfattning

Denna studie undersökte först möjligheten att fastställa godstidsvärden och värdet av transporters punktlighet i Finland, och slutligen fastställdes godstidsvärden med stöd av det undersökningsmaterial som hade genererats vid separata intervjuer i produktionsföretag respektive företag inom handelssektorn. Totalt genomfördes 62 intervjuer mellan oktober 2017 och augusti 2018. Undersökningsmaterialet bestod av 171 varuleveranser, av vilka 65 procent (112 st.) var inrikes leveranser och 35 procent (59 st.) utrikes leveranser (antingen export eller import). I inrikes leveranser var vägtransport det främsta transportsättet. 84 procent (143 st.) av leveranserna var vägtransporter och i 16 procent (28 st.) järnvägstransporter.

En varuleverans definierades så att den inleds när kunden gör beställningen och avslutas när leveransen överlämnas på den mottagningsplats som kunden bestämt. Studien omfattade flera varugrupper: bulk gods, massprodukter, konsumtions- och investeringsvaror, färskvaror och farliga ämnen. I detta arbete studerades varuleveranser och det logistiska systemet ur ett bredare perspektiv än endast gällande transporten av varor eller hur motsvarande finländska studier av godstidsvärden hade gjorts på 1990-talet. Infallsvinkeln i detta arbete var varuleveransen från kundens beställning till överlämnandet på leveransplatsen, dvs. hela leveranskedjan. Transporten är en fas i den undersökta leveranshelheten och dess andel av den totala tiden och den totala kostnaden varierar stort.

Undersökningsmetoden i detta arbete var datorstödd Stated Preference -intervju (SP). Främst intervjuades personer som beslutar om planeringen av produktionsföretags leveranskedjor eller om upphandlingen av transporttjänster. Avsikten var att för studien välja sådana varuleveranser som var vanliga för företagen, men av olika typ i den mån det var möjligt (t.ex. varugrupp, leveranskostnad, leveranstid, leveranspunktlighet eller leveransavstånd eller transportsätt som klart avviker från varandra). För varje undersökt leverans utreddes först bakgrundsinformation, och utifrån informationen bildades 10 olika valsituationer per leverans som skulle hanteras. Av två varuleveransalternativ som bildats utifrån utgångsinformationen skulle respondenterna välja det alternativ som bättre lämpade sig för företagets verksamhet.

Med hjälp av intervjumaterialet fastställdes godstidsvärden och värdet av transporters punktlighet (förseningstidsvärden) både vad gäller inrikes och utrikes väg- och järnvägstransporter. Dessutom fastställdes värden per varugrupp, i den mån det var möjligt. I vägtransporter är det gemensamma godstidsvärdet för alla varugrupper 10,72 €/leverans/timme och 0,66 €/ton/timme. För leveransers punktlighet är förseningvärdet på motsvarande sätt 25,97 €/leverans/timme och 0,78 €/ton/timme. För järnvägstransporter är det gemensamma godstidsvärdet för alla varugrupper 37,88 €/leverans/timme och 0,04 €/ton/timme. Godstidsvärdena för vägtransporters varuleveranser är 1,70–451,34 €/leverans/timme, beroende på varugrupp. På motsvarande sätt är godstidsvärdena per levererat ton 0,05–3,55 €/ton/timme, beroende på

varugrupp. Värdena för järnvägstransporters varuleveranser är 4,33–46,83 €/leverans/timme, beroende på varugrupp. Utifrån resultaten i undersökningen verkar kraven på punktlighet ha ökat jämfört med resultat från 1990-talet – förseningar av leveranser i förhållande till överenskomna tidsfönster för leverans betraktas inte längre som acceptabel service.

Estimaten som erhöles genom modelleringar kan – utifrån modellernas nyckeltal och erhållna godstidsvärden – anses lyckade. Estimaternas tillförlitlighet och stabilitet testades separat med alternativa modellstrukturer, där olika faktorer användes för att beskriva nyttan. Modelleringarna utfördes separat för varuleveranser och per levererat ton. Modellen innehöll leveranskostnaden och leveranstiden och leveranspunktligheten eller alternativt endast leveranstiden utöver kostnaden.

Att fastställa godstidsvärden är viktigt vid bedömningen av trafikprojekt. Att införliva värdet på tiden för varor och värdet på transporters punktlighet i lönsamhetsbedömningar av infrastrukturinvesteringar skulle sätta ett större fokus på effekterna för näringslivet i beräkningarna jämfört med nuläget.

Ari Sirkiä and Marika Karhu: The value of the time of goods transport. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2019. Publications of the Finnish Transport Infrastructure Agency 27/2019. 38 pages and 6 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-698-0.

Abstract

The aim of the study was, first, to identify possible criteria to define the value of time and punctuality of goods delivery in Finland and, second, to quantitatively estimate the value of time based on gathered research data. Data was gathered in targeted and tailored interviews with decision-makers of manufacturing and trade companies. A total of 62 interviews were conducted between October 2017 and August 2018. The research material included a total of 171 goods deliveries, 65 per cent (112) of which were domestic deliveries and 35 per cent (59) international deliveries (export or import). In 84 per cent (143) of the cases, the main transport mode in Finland was road transport and in 16 per cent (28), railroad transport.

A goods delivery time was defined to start when a customer submits an order and end upon delivery of the goods to the final destination provided by the customer. The study encompassed several goods groups; namely, bulk merchandise, mass product articles, consumables and investment goods, perishable goods, and hazardous substances. This study took a broader approach to goods deliveries and the logistics system than merely the context of goods transport found in similar Finnish studies on the value of time from the 1990s. This study focused on goods deliveries from the customer order to the delivery of the goods at the point of receipt, i.e. the complete supply chain. Transport is one stage of the supply chain; its share of the total time and costs of the entire supply chain can vary significantly by case.

The study employed the research method of computer-aided Stated Preference-interviews (SP). Most interviewees were people, who are in a decision-making position in the planning of supply chains in manufacturing companies or in the procurement of transport services. The aim in each interview was to select three different deliveries that were typical to the company but, if possible, represent different evaluation criteria (for example clearly different types of goods group, delivery cost, delivery time, delivery performance, delivery distance or used supply chain). In each examined delivery, background information was first identified and, based on that information, ten alternative pairs were generated for each examined delivery. Respondents were asked to select the preferred option for each pair that would better suit company operations between the two generated alternatives.

The interview data was used to define the value of time of goods and punctuality for both domestic and international road and railroad transport. Values were furthermore defined by goods group when possible. For road transport, the average combined value of time for all goods is €10.72 per delivery per hour and €0.66 per delivered ton per hour. Respectively, the value of delivery punctuality is €25.97 per delivery per hour and €0.78 per ton per hour. For railroad transport, the average combined value of time of all goods groups is €37.88 per delivery per hour and €0.04 per ton per hour. The value of time of goods deliveries for road transport ranges by goods groups from €1.70 to €451.34 per delivery per hour. Respectively, the value of time of a delivered ton ranges from €0.05 to

€3.55 per ton per hour, depending on the goods group. The value of time of goods deliveries for railroad transport ranges by goods group from €4.33 to €46.83 per delivery per hour. The results indicate that the demands for punctuality have changed in comparison to the results calculated in the 1990s, requirement for the delivery time window is now more precise and it is not acceptable to exceed the given time window.

Based on the model indicators and obtained value of time, the estimates generated in logit modelling could be considered successful. The reliability and stability of the estimates was tested separately by using alternative model structures in which the utility function was represented by various factors. Modelling was completed separately for goods delivery and per delivered ton. The final model for road transport contained the delivery cost, delivery time, and delivery performance or, alternatively, for railroad transport, only the delivery time in addition to the delivery costs.

Determining the value of time and punctuality of the goods is important to complete project assessments for transport infrastructure projects. Including the value of time and value of punctuality of goods transport in the cost-benefit assessments of infrastructure investments would mean gaining a wider perspective on effects on the economy in comparison to the existing condition.

Esipuhe

Tavaratilausten toimitukseen ja niiden kuljettamiseen kuluva aika sekä perilletulon täsmällisyys ovat paitsi kuljetus- ja logistiikkakustannuksiin vaikuttavia tekijöitä myös laadullisia tekijöitä, joilla on arvioitu olevan vaikutuksia muun muassa logistisen jakelujärjestelmän kehittymiseen pitkällä aikavälillä sekä myös tavarantoimittajan ja vastaanottajan saavuttamiin logistisiin ja muihin taloudellisiin hyötyihin.

Väyläviraston (entinen Liikennevirasto) infrastruktuuri-investointien kannattavuusarvioinneissa rahdin kuljettamisen ajallisille muutoksille ei nykyisin lasketa rahallista arvoa. Väylävirastossa tehdyn selvityksen (2016) mukaan rahdin ajan arvon huomiotta jättäminen aliarvioi niin kuljetuksiin kohdistuvia vaikutuksia kuin ylipäätään infrastruktuurihankkeiden kannattavuutta. Selvityksen mukaan tavaratoimituksille on perusteltua määrittää ajan arvo siksi, että kuljetuksen kulun nopeutuminen on yleisesti hyödyllistä logistiikalle. Rahdin ajan arvottaminen laajentaisi elinkeinoihin kohdistuvien vaikutusten arviointia infrastruktuuri-investointien kannattavuusarvioinneissa.

Nyt tehdystä tavarantoimituksen ajan arvon määrittämisestä on vastannut Väylävirastossa Taneli Antikainen. Hänen lisäkseen työn ohjausryhmään ovat kuuluneet Anton Goebel, Harri Lahelma ja Tuomo Suvanto Väylävirastosta. Työn projektipäällikkönä on toiminut Ari Sirkiä Ramboll Finland Oy:stä. Lisäksi työn laatimiseen on osallistunut Marika Karhu Ramboll Finland Oy:stä. Työn tekijät haluavat kiittää kaikkia niitä yrityksiä ja henkilöitä, joiden osallistuminen haastatteluihin mahdollisti tämän työn tekemisen.

Helsingissä kesäkuussa 2019

Väylävirasto
Väylien suunnittelu -osasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
1.1	Tausta ja tavoitteet	8
1.2	Kuljetusajan ja täsmällisyyden huomioiminen kuljetusten suunnittelussa.....	9
2	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	12
2.1	Yleistä.....	12
2.2	Tavararyhmien valinta	12
2.3	Muuttujien ja tasojen valinta.....	13
2.4	Haastateltavien valinta	14
3	AINEISTON KERÄÄMINEN	15
3.1	Haastattelumenetelmä	15
3.2	Tutkimusaineiston hankkiminen	15
3.3	Kokemuksia haastatteluista	16
4	HAASTATTELUJEN SISÄLTÖ	18
5	AINEISTON KUVAUS.....	20
5.1	Toimitusten perustiedot	20
5.2	Toimitusmatkan pituus	21
5.3	Toimituserän paino.....	22
5.4	Toimitusaika.....	23
5.5	Toimitustäsmällisyys.....	24
5.6	Toimituskustannus	25
5.7	Eri tekijöiden merkitys	26
6	TULOKSET.....	27
6.1	Valintojen mallintaminen	27
6.2	Mallinnus ryhmittäin.....	28
6.3	Esimerkki arvojen soveltamisesta.....	32
6.4	Vertailu muihin tutkimuksiin	34
6.5	Tulosten arviointi	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	
Liite 1	Ortogonaalinen koesuunnitelma	
Liite 2	Haastateltaville lähetetty saatekirje	
Liite 3	Ohjeet haastatteluun valmistautumista varten	
Liite 4	Haastatteluun osallistuneet yritykset	
Liite 5	Estimoidut mallit	
Liite 6	Toimitusajan täsmällisyyden kuvauksen periaate	

1 Johdanto

1.1 Tausta ja tavoitteet

Asiakkaiden vaatimukset tavaratoimitusten nopeudesta ja täsmällisistä perille saapumisesta kasvavat jatkuvasti. Jotta Suomen teollisuus voisi varmistaa kilpailukykyä nykyisillä markkina-alueillaan ja laajentaa niitä, tarvitaan jatkuvasti nopeampia ja täsmällisempiä tavarantoimitus- ja kuljetusmahdollisuuksia. Tämän työn tavoitteena oli määrittää tavarantoimitusajan ja täsmällisyyden aikakustannuksen yksikköarvot kuljetettavalle tavaralle tie- ja rautatieliikenteessä ja arvioida mahdollisesti määritettyjen yksikköarvojen luotettavuutta.

Liikenneinvestointien kannattavuusarvioinneissa tavarantoimitukseen kuluva aika otetaan nykyään huomioon pelkästään kuljetuskaluston käyttö- ja pääomakustannuksiin ja kuljetustyöhön osallistuvasta henkilöstöstä aiheutuviin kustannuksiin vaikuttavana tekijänä. Kuljetettavalle tavaralle ei lasketa aikakustannusta henkilömatkoihin kuluvan ajan tapaan. *Rahdin ajan arvo hankearvioinnissa* -selvityksen (Liikennevirasto 8/2016) mukaan rahdin ajan arvon huomiotta jättäminen aliarvioi niin kuljetuksiin kohdistuvia vaikutuksia kuin ylipäättään hankkeiden kannattavuutta. Selvityksen mukaan rahdille on perusteltua määrittää ajan arvo siksi, että rahdin kulun nopeutuminen on yleisesti hyödyllistä teollisuudelle ja kaupalle. Rahdin ajan arvottamisen sisällyttäminen infrastruktuuri-investointien kannattavuusarviointeihin laajentaisi elinkeinoelämää kohdistuvien vaikutusten huomioon ottamista laskelmissa nykyisestä. Liikenneinvestointien kannattavuuslaskelmissa ei myöskään oteta huomioon kuljetusten täsmällisyyden muutosta. Täsmällisyydellä tarkoitetaan kuljetuksen saapumista sovittuun aikaan perille.

Tavarantoimitusajan arvoa on tarkasteltu Suomessa 1990-luvun lopulla erikseen tie- ja rautatiekuljetuksissa. Tarkastelujen pohjana oli Ruotsissa aikaisemmin toteutettu vastaavan tyyppinen tutkimus. Suomessa tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli tuolloin selvittää tavarankuljetusten laatutekijöihin liittyvä maksuhalukkuus haastatteleamalla valmistavan teollisuuden yrityksissä kuljetuksista päättäviä henkilöitä. Laatutekijöinä tarkastelussa olivat kuljetuskustannus, kuljetusaika ja kuljetusten luotettavuus.

Tavarantoimitusajan arvoon liittyviä tutkimuksia on tehty Hollannissa, Iso-Britanniassa ja Pohjoismaissa erityisesti 1990-luvulla ja joitakin tutkimuksia myös 2000-luvulla. Viimeisimpiä kattavia tutkimuksia on tehty Hollannissa vuonna 2008 ja 2010, Norjassa vuonna 2012 ja Ruotsissa vuonna 2013 sekä esimerkiksi Japanissa vuonna 2014. Osa tutkimuksista tarkastelee suoraan ajan arvoa ja osa esimerkiksi matka-ajan vaihtelua ja kuljetusten täsmällisyyttä.

Ajan arvoa voidaan tarkastella kuljetusajan muutoksesta seuraavan logistisen kustannusmuutoksen perusteella tai kuljetusajan lyhenemiseen tai täsmällisyyden paranemiseen kohdistuvan maksuhalukkuuden perusteella.¹ Maksuhalukkuuteen perustuvaa tarkastelua varten tarvitaan laaja otantatutkimusaineisto, ja kustannusmuutosten tarkastelua varten yksityiskohtainen tieto tuotantoon, varastointiin ja kuljetusketjuun liittyvistä toiminnoista sekä kustannuksista. Pääosin ajan arvon määrittäminen henkilö- ja tavaraliikenteessä on perustunut maksuhalukkuuteen ja sen muutoksiin. Joissain tutkimuksissa ajan arvo on kytketty kuljetustapahtuman kokonaisarvoon (mukaan lukien ajoneuvo- ja henkilöstökustannukset).

Kuljetukseen kuluva aika ja kuljetuksen perilletulon täsmällisyys ovat paitsi kuljetus- ja logistiikkakustannuksiin vaikuttavia tekijöitä myös laadullisia tekijöitä, joilla on arvioitu olevan vaikutuksia muun muassa jakelujärjestelmän kehittymiseen pitkällä aikavälillä sekä myös tavarantoimittajan ja vastaanottajan toiminnallisiin muutoksiin ja niitä kautta saavuttaviin logistisiin ja muihin taloudellisiin hyötyihin.

Tie- ja rataverkolla kuluva rahdin matka-aika tai tie- ja rataverkon toimivuuden vaikutus rahdin kulun sujuvuuteen ja täsmällisyyteen edustavat toki vain osaa itse kunkin kuljetuksen koko logistisesta aikaketjusta (tai kuljetuserään liittyvästä tuotannollisesta tai kaupallisesta ketjusta). Siitä huolimatta tämän vaiheen sujuvoittamiseen ja toimivuuden takaamiseen tehtävien panostusten merkitystä on perusteltua kuvata yleistäen jollain tapaa mitatulla taloudellisella suurella.

1.2 Kuljetusajan ja täsmällisyyden huomioiminen kuljetusten suunnittelussa

Tavaratoimituksiin sisältyvä tavarakuljetuksiin kuluva aika on yksi tärkeimpiä logistista palvelutasoa kuvaavista tekijöistä. Teollisuuden ja kaupan asiakkaille on nykyisin tiukat toimitusaikavaatimukset. Kansainvälisessä kaupassa toimitusaikavaatimukset voivat olla esimerkiksi 24 tai 48 tuntia. Kaupan tuotteiden jakelussa toimitusaikavaatimukset voivat olla hyvin tiukkoja. Käytännössä jakelujärjestelmät ja jakelukeskusten toimipaikat suunnitellaan siten, että asiakkaiden toimitusaikavaatimuksiin ja toimittajan toimitusaikalupauksiin voidaan suurella varmuudella vastata annetuissa aikarajoissa. Kansainvälisissä kuljetuksissa toimitusaikoihin vaikuttaa keskeisesti kuljetusten vuorotarjonnan tiheys, eli käytännössä meri- tai lentokuljetusten frekvenssi, minkä vuoksi nopeaa toimitusaikaa edellyttävät kuljetukset keskittyvät parhaimman vuorotarjonnan omaaville reiteille.

¹ Joissain tapauksissa (esimerkiksi Ruotsin Trafikverket) rahdin ajan arvo määritetään tavaralajeittain pääomakustannusten kautta.

Kuljetusten tilaajan ja yleensä myös tavarantoimittajan asettama kuljetuksen perille tulon aikavaihteluraja on tiukimmillaan 15–30 minuuttia. Täsmällisyyden merkitys vaihtelee eri toimialojen ja tavararyhmien välillä. Yleisesti ottaen suurin merkitys täsmällisyydellä on ilman varastoja toimivien teollisuuden ja rakentamisen tuotantoprosesseissa sekä kaupan kuljetuksissa. Vastaavasti täsmällisyydellä on yleensä pienin merkitys raaka-aineiden kuljetuksissa. Kuitenkin tuotannon vaatimuksen vuoksi myös raaka-aineiden kuljetusten täsmällisyysvaatimukset voivat olla erittäin tiukkoja.

Kuljetusten perilletulon myöhästymisiin ovat tyypillisesti syinä toimitusketjun hallintaan liittyvät puutteet, virheet ja odottamattomat viivytykset kuljetuksen aikana. Normaali kuljetusaikojen vaihtelu ei ole täsmällisyyden kannalta ongelma, koska se voidaan ottaa ennakkoon huomioon aikatauluissa. Esimerkiksi tiekuljetusten matka-ajan vaihteluita aiheuttavat tekijät ovat pikemminkin kustannustehokkuutta koskeva ongelma, koska matkaan pitää täsmällisyysvaatimuksen vuoksi varata enemmän aikaa. Pidemmän kuljetusajan varaaminen tarkoittaa kuitenkin lisäkustannuksia pääoman sitoutumisena kuljetuskaluston lisäksi rahtiin, varastointi-, tuotanto- ja kaupankäyntiprosesseihin sekä tulojen viivästymisinä. Kun kuljetukseen sisältyvän matka-ajan vaihtelut pienentyvät, aikataulut voidaan suunnitella pienemmällä aikamarginaalilla, jolloin myöhästymisriski pysyy ennallaan ja edellä mainituilta lisäkustannuksilta voidaan välttyä.

Käytännössä kuljetusten aikataulut suunnitellaan siten, että kuljetukset ehtivät tietyllä varmuudella sallitun ajan sisällä perille, jolloin asetetut palvelutasotavoitteet toteutuvat. Täsmällisyyden merkitys konkretisoituu selkeimmin matka-ajan parantuneen ennustettavuuden ja kaluston käytön tehokkuuden kautta alentuneina kuljetuskustannuksina.

Kaikessa elinkeinotoiminnassa kustannustehokkuus on yksi tärkeimmistä tavoitteista. Kuljetustoiminnassa valitaan yleensä aina kustannustehokkain kuljetusjärjestelmä ja -reitti niiden vaihtoehtojen joukosta, jotka täyttävät asetetut laadulliset kriteerit. Laadullisia palvelutasotekijöitä ovat kuljetusajan ja täsmällisyyden ohella muun muassa tavarantoimittajan vaurioitumattomuus ja pilaantumattomuus. Asetetut toimitusvaatimukset ja kuljetuskustannukset vaikuttavat kuljetustavan valintaan ja siten myös kuljetuskustannuksiin.

Kuljetusajan ja täsmällisyyden merkitys logistisen jakelujärjestelmän suunnittelussa on riippuvainen muun muassa kuljetettavien tavaralajien ominaisuuksista. Liikenneviraston (2014) matkoja ja kuljetuksia koskevassa hankkeessa tunnistettuja palvelutasotavoitteita eri tavararyhmissä olivat seuraavat:

- **Irtotavaroiden** (kuten rikasteet, raakapuu jne.) kuljetuksissa asiakkaat odottavat, että kuljetukset järjestetään kustannustehokkaasti tasaisena tavaravirtana, jotta tuotantoprosessissa ei aiheudu katkoksia ja raaka-aineisiin sitoutuva pääoma on mahdollisimman vähäinen. Tuotantoprosessin jatkuvuuden varmistamiseksi ylläpidetään kuitenkin varmuusvarastoja, joilla voidaan eliminoida mahdolliset raaka-aineiden toimituksiin liittyvät ongelmat. Matka-ajalla ja täsmällisyydellä ei asiakkaan tuotantoprosessin kannalta ole suurta merkitystä. Tärkeää on, ettei saapuva tavaravirta ole niin epätasainen, että se olisi riski tuotantoprosessin jatkuvuudelle.

- **Massatuotteiden** (kuten paperi ja sahatavara) toimituksissa asiakkaat odottavat, että kuljetukset järjestetään täsmällisesti ja vaurioita aiheuttamatta perille, mikä edellyttää hyvää toimitusketjun hallintaa. Tuotteiden myyjän kilpailukyvyyn kannalta tärkeää on, että kuljetus toteutetaan mahdollisimman edullisesti perille asiakkaan esittämien vaatimusten ja toimittajan toimituslupausten mukaisesti. Yritykset (esimerkiksi metsäyhtiöt), joilla on suuria kuljetusvirtoja, suunnittelevat jakelujärjestelmänsä yleensä itse. Suurten kuljetusmäärien vuoksi yritykset voivat suunnitella koko kuljetusketjun niiden omia kuljetustarpeita parhaiten palvelevaksi. Yritykset hyödyntävät suoria tarkkaan aikataulutettuja asiakasjunia ja merikuljetuksia tekemällä rautatieyritysten ja varustamojen kanssa pitkäaikaisia sopimuksia. Yritykset voivat parantaa kuljetusten kustannustehokkuutta myymällä vapaata kapasiteettia ulkopuolisille erityisesti paluusuunnassa.
- **Kulutus- ja investointitavaroiden** kuljetuksissa kuljetusajalla ja täsmällisyydellä on suuri merkitys. Merkittävä osa tuotteista tuodaan ulkomailta tai viedään ulkomaille. Suurin osa tavanomaisista tuotteista jaetaan asiakkaille tarkasti suunnitellun jakelukanavan kautta. Ulkomaankuljetuksissa tähän kanavaan voi sisältyä lukuisia osavaiheita. Pk-yrityksillä ei yleensä ole omaa kuljetusten suunnitteluyksikköään, vaan ne ovat ulkoistaneet kuljetustensa järjestämisen. Osa yrityksistä valmistaa tuotteita suoraan lopputuotemarkkinoille. Osa yrityksistä toimii muun muassa kokoonpanoteollisuuden alihankkijoina. Kokoonpanoteollisuuden kuljetuksissa toimitaan just-in-time-periaatteen mukaisesti, eli toisin sanoen alihankinnan kuljetusten on saavuttava täsmällisesti tuotantovaiheen tarpeeseen, jolloin varastoja kokoonpanopäässä ei pidetä. Myös kaupalla on kulutus- ja investointitavaroiden jakelussa merkittävä rooli. Vähittäismyyntiin menevät tuontituotteet jaetaan kauppoihin tukkukaupan logistiikkakeskuksista, jotka sijaitsevat yleensä Etelä-Suomessa lähellä tuontisatamia. Teollisuus järjestää valmistamiensa tuotteiden jakelun kotimaahan yleensä itse.
- **Tuoretuotteiden** (kuten leipomotuotteet, meijerituotteet ja hedelmät) jakeluketjun on yleensä oltava nopea ja täsmällinen, jotta tuotteet saadaan myyntiin ja loppuasiakkaille mahdollisimman hyväkuntoisina ja tuoreina oikea-aikaisesti. Kuljetusten on oltava perillä kysyntään nähden oikeaan aikaan, mikä esimerkiksi leipomotuotteiden osalta tarkoittaa toimitusta vähittäiskauppoihin ja ravitsemusliikkeille varhaisaamun, aamupäivän tai iltapäivän aikana. Erityisen tarkasti aikataulutettuja ovat myös irtomaidon keräilykuljetukset, joita on ympäri vuorokauden. Säästä ja keulistä riippumatta keräilyauton on päästävä perille tarkan aikataulun mukaisesti.
- **Vaarallisten aineiden** (kuten nestemäiset polttoaineet ja kemikaalit) kuljetuksissa on erityisen tärkeää turvallisuus. Muita tärkeitä palvelutasotekijöitä ovat kuljetusten ennakoitavuus ja liikenneyhteydet. Kuljetusten turvallisuus edellyttää kuljetus- ja käsittelyriskien minimointia kuljetus- ja terminaalivaiheiden aikana. Teollisuustuotannossa käytettävät kemikaalit pyritään saamaan tuotantolaitokselle mahdollisimman tasaisena tuotantoon sidottuna virtana, minkä vuoksi kuljetukset ovat tarkkaan aikataulutettuja.

2 Tutkimusmenetelmä

2.1 Yleistä

Tutkimusmenetelmänä tässä työssä käytettiin tietokoneavusteista *Stated Preference* -haastattelua (SP). Pääosin haastateltiin henkilöitä, jotka päättävät tuotannollisten yritysten toimitusketjujen suunnittelusta tai kuljetuspalveluiden ostamisesta. Kussakin tehdyssä henkilökohtaisessa haastattelussa käytiin läpi 1–4 yritykselle tyypillistä tavaratoimitusta. Tarkasteltaviksi toimituksiksi pyrittiin valitsemaan mahdollisuuksien mukaan erityyppisiä tavaratoimituksia (esimerkiksi toimituskustannus, -aika, -tarkkuus tai -etäisyys eroavat selvästi toisistaan). Jokaisesta tarkastellusta toimituksesta kysyttiin ensin taustatietoja, ja tietojen perusteella tietokoneohjelma muodosti "pelin", jossa esitettiin 10 valintatilannetta käsiteltävää toimitusta kohden. Vastaajien piti valita lähtötietojen perusteella muodostettujen kahden tavaratoimitusvaihtoehdon välillä yrityksen toimintaan paremmin soveltuva vaihtoehto. Tutkimusmenetelmä on samankaltainen kuin aikaisemmin Suomessa tehdyissä vastaavissa tutkimuksissa. SP-menetelmän etuja ovat muun muassa seuraavat:

- Samalle haastateltavalle voidaan esittää useita hypoteettisia valintatilanteita, mikä pienentää haastattelukustannuksia
- Valintaa selittävien muuttujien arvot voidaan valita melko vapaasti siten, että muuttujat ovat lähes korreloimattomia
- Valintaa selittävien muuttujien arvoja ei tarvitse selittää erikseen. Erityisesti tavaraliikenteessä toimituskustannusten selvittäminen voi olla vaikeaa, koska kustannukset ovat yleensä liikesalaisuuksia ja kokonaiskustannukset ovat laskennallisia
- Menetelmällä voidaan tutkia vaikeasti mitattavien tekijöiden, kuten luotettavuuden, vaikutusta valintoihin.

2.2 Tavararyhmien valinta

Tavaraliikenteen ennusteissa liikenne ryhmitellään yleensä tavararyhmän ja toimialan mukaan. Jako toimialan mukaan voi osoittautua haastavaksi, sillä yhden toimialan tuotanto saattaa käsittää useita eri tavararyhmiä. Tavararyhmän mukainen jako on yleisempi, joten sitä käytettiin myös tässä tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa käsiteltävät toimitukset jaettiin viiteen tavararyhmään, jotka on esitetty alla (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tavararyhmien luokittelu.

Tavararyhmä	Esimerkkituotteita
Massatuotteet	Paperi ja sellu, sahatavara, metallit, muovit, rakennuslevyt, eristevillat
Kulutus- ja investointitavarat	Elintarvikkeet (säilyvät), vaatteet, huonekalut, koneet ja laitteet, komponentit, elementit
Irtotavarat	Raakapuu, rikasteet, mineraalit, kivihiili, maa-ainekset, raakaöljy
Tuoretuotteet	Vihannekset, hedelmät, irtomaito, maitotuotteet, kala ja liha, leipomotuotteet, einekset
Vaaralliset aineet	Palavat nesteet, kaasut, hapot, räjähteet

Haastateltavia pyrittiin saamaan tasaisesti eri tavararyhmiä edustavista yrityksistä. Lisäksi tavaratoimitukset luokiteltiin kotimaan ja ulkomaan kuljetuksiin sekä maantie- ja rautatiekuljetuksiin. Suomessa rautatiekuljetusten käyttäjiä on selvästi vähemmän kuin tiekuljetusten käyttäjiä ja rautatiekuljetuksia käytetään niihin erityisen hyvin soveltuvissa harvoissa kuljetustehtävissä. Rautatiekuljetuksissa havaintomäärä jäi oletuksen mukaisesti alhaiseksi. Tavoitteena oli tuottaa hankitun haastatteluaineiston avulla arvo myös rautatiekuljetusten rahdin ajalle.

2.3 Muuttujien ja tasojen valinta

SP-valintatehtävässä kutakin tavaratoimitusta kuvattiin kolmella muuttujalla: **toimitusajalla, toimituskustannuksella ja toimitustarkkuudella**. Toimitusajan on katsottu alkavan siitä, kun asiakas on tehnyt tilauksen, ja päättyvän siihen, kun lähetys on toimitettu perille asiakkaan ilmoittamaan osoitteeseen (Kuva 1). Toimialan ja yrityksen mukaan asiakkaan tilauksesta voidaan aloittaa esimerkiksi tuotteen valmistus tai keräily varastosta.



Kuva 1. Tuotetoimitukseen liittyvä aika. Toimitus alkaa asiakkaan tilauksesta ja päättyy lähetysten luovuttamiseen asiakkaalle.

Kaikille kolmelle ominaisuustiedolle määritettiin kolme tasoa. Yksi tasoista oli vastaajan ilmoittama nykyinen taso (0), toinen nykyistä tasoa pienempi (parempi, -1) ja kolmas nykyistä arvoa suurempi (huonompi, 1). Koesuunnitelma perustui ortogonaaliseen osafaktorisuunnitelmaan, jossa muuttujien tasoa muutettiin systemaattisesti (liite 1).

Toimitusajan osalta matalammaksi tasoksi määritettiin 10 % alhaisempi ja korkeammaksi tasoksi 25 % korkeampi taso kuin normaalitaso. Toimituskustannuksen osalta matalampi taso oli 15 % alhaisempi ja korkeampi taso 15 % korkeampi kuin normaalitaso. Toimitustäsmällisyyden osalta tasoluokkia oli myös kolme, mutta luokkien ero ei ollut lineaarinen, vaan luokat oli valittu ennakkoon. Toimituksen täsmällisyysvaatimus oli 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 6, 8, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120,

144 tai 168 tuntia. Tarkasteltavan toimituksen vaatimusta varioitiin edellä mainituilla arvoilla siten, että matalampi taso oli normaaliarvoa pienempi ja vastaa- vasti korkeampi taso normaaliarvoa suurempi. Kunkin pelin, joka sisälsi 10 eri vaihtoehtoparia tarkasteltavasta tavaratoimituksesta, alussa tarkistettiin omi- naisuustietojen eri lukuarvot ja niitä voitiin muokata, jos esitetyt lukuarvot eivät olleet vastaajan mielestä realistisia heidän edustamansa yrityksen toiminnassa.

Muuttujat esitettiin kaikille vastaajille aina samassa järjestyksessä, eli ensim- mäisenä oli toimitusaika, toisena toimituskustannus ja kolmantena toimituksen täsmällisyys. Koesuunnitelma ja muuttujien määrä pysyivät koko tutkimuksen ajan samoina. Kussakin kysymyksessä (joita oli 10 kpl/toimitus) kummallekin vaihtoehdolle (A ja B) valittiin yksi koesuunnitelman 160:stä muuttujien tason kombinaatiosta, jossa yhden muuttujan arvo oli sama molemmissa vaihtoeh- doissa ja kaksi muuta olivat ristikkäisiä vaihtoehtojen välillä. Valinta tehtiin kui- tenkin siten, ettei kumpikaan vaihtoehto dominoi toista vaihtoehtoa, eli ettei se ole kaikkien tekijöiden suhteen parempi tai yhtä hyvä kuin toinen vaihtoehto. Vaihtoehdon on oletettu olevan sitä parempi, mitä pienempiä toimitusaika ja toi- mituskustannus ovat sekä mitä tarkempi toimituksen täsmällisyys on. Koesuun- nitelma oli myös adaptiivinen: Missään kysymyksessä ei esitetty sellaisia vaih- toehtoja, että valinta voitaisiin päätellä loogisesti aikaisemmista valinnoista.

2.4 Haastateltavien valinta

Tutkimuksessa haastateltiin yritysten tavaratoimituksista päättäviä henkilöitä tai muutoin niistä paljon tietäviä henkilöitä. Tavoitteena oli haastatella noin 100 henkilöä tasaisesti eri tavararyhmistä. Haastattelut sisälsivät niin kotimaan kuin ulkomaan kuljetuksia maanteitse ja rautateitse. Haastattelut toteutettiin syksyn 2017 ja kesän 2018 välisenä aikana. Haastattelut tehtiin pääosin vastaajan toi- mipisteessä pääkaupunkiseudulla ja muualla Suomessa Skypen välityksellä.

Potentiaalisia haastateltavia lähestyttiin usean eri kanavan kautta. Tutkimusta mainostettiin Elinkeinoelämän keskusliitto EK:n jäsenille ja Suomen osto- ja logistiikkayhdistys ry:n LOGY:n jäsenkirjeen tilaajille. Lisäksi haastattelupyynnö- tö lähetettiin suoraan Liikenneviraston ja Uudenmaan ELY-keskuksen avainasiak- kaille. Myös tutkimuksen alussa esihaastatteluihin osallistuneita henkilöitä (5 henkilöä) pyydettiin haastateltaviksi. Koska tavoiteltu osallistujamäärä ei täyttynyt, yritettiin haastateltavia löytää myös muiden logistiikka-aiheisten tut- kimusten perusteella sekä lähestymällä suurten yritysten logistiikkatoimin- noista vastaavia henkilöitä yritysten puhelinvaihteen kautta.

Potentiaalisille haastateltaville lähetettiin sähköpostitse Liikenneviraston laa- tima kirje (liite 2), jossa kerrottiin tutkimuksesta. Haastattelu-aika sovittiin puhe- limitse tai sähköpostitse, jonka jälkeen haastateltavalle lähetettiin saatekirje (liite 3), jossa annettiin ohjeet haastatteluun valmistautumista varten. Saat- teessa haastateltavia pyydettiin keräämään taustatietoja muutamasta yrityk- selle tyypillisestä, toistuvasta toimituksesta. Tarkasteluun tuli mahdollisuuk- sien mukaan valita sekä rautatie- että maantiekuljetuksia.

3 Aineiston kerääminen

3.1 Haastattelumenetelmä

Haastattelut tehtiin kannettavalla tietokoneella Excel-lomakkeen avulla joko yritysten toimipisteessä tai Skype-haastatteluna. Haastattelun aikana ohjelman esittämät kysymykset olivat sekä haastattelijan että haastateltavan nähtävissä tietokoneen näytöllä paikan päällä tai jaettuna näyttönä Skype-haastatteluissa. Haastateltavana oli yleensä vain yksi henkilö kerrallaan, mutta pari yritystä osallistui siten, että paikalla oli yhteyshenkilön ehdotuksesta myös toinen henkilö. Joistakin yrityksistä haastateltiin kahta eri henkilöä, jos vastaajat edustivat eri tavararyhmiä tai toinen heistä esimerkiksi vientiä ja toinen kotimaan toimintuksia.

Haastattelut kestivät reilusta puolesta tunnista vajaaseen kahteen tuntiin. Haastattelun tyypillisin kesto oli noin tunti. Haastattelun keston vaikuttivat merkittävästi muun muassa haastateltavan valmistautuminen ja lähtötietojen saatavuus, tarkasteltavien toimitusten määrä (1–4 kpl/vastaaja), haastatteluohjelman esittämien vaihtoehtojen koettu vaikeus sekä haastateltavan asennoituminen valintatilanteisiin. Kyselyaineiston laatuun vaikutti merkittävästi vastaajan paneutuminen esitettäviin kysymyksiin.

Tavoitteena oli valita kustakin toimipaikasta kolme erityyppistä tavanomaista tavaratoimitusta. Mikäli toimipaikalla oli vain yksi tai kaksi sopivaa toimitusta, käytettiin niitä. Osa vastaajista ei halunnut käydä läpi kolmea toimitusta sen takia, että he kokivat laatutekijöiden arvostusten olevan samanlaisia jokaisen toimituksen osalta. Kolme haastateltavaa oli valinnut tarkasteltavaksi neljä toimitusta.

3.2 Tutkimusaineiston hankkiminen

Haastatteluja tehtiin yhteensä 62 kpl lokakuun 2017 ja elokuun 2018 välisenä aikana. Haastatteluja tehtiin vastaajan toimipisteessä (16 kpl) ja Skypen välityksellä (46 kpl). Haastattelut sovittiin haastateltavien kanssa puhelimitse tai sähköpostitse ja heille lähetettiin sähköpostitse lyhyt kuvaus työn taustasta ja listaus haastattelussa tarvittavista lähtötiedoista. Tutkimuksessa käytetty aineisto koostuu kyseisissä haastatteluissa tarkastelluista toimituksista. Haastatteluihin osallistuneet yritykset on lueteltu liitteessä 4.

Sopivien haastateltavien löytäminen osoittautui ennakoitua hankalammaksi. Tutkimukseen kysyttiin haastateltavia sähköpostitse ja/tai puhelimitse 102 eri yrityksestä, joista 59 yritystä suostui haastateltavaksi. Loput kieltäytyivät haastattelusta tai eivät vastanneet haastattelupyyntöihin. Haastattelujen kokonaismäärä oli 62, koska kolmesta yrityksestä haastateltiin kahta eri henkilöä, sillä he edustivat keskenään eri tuotetoimituksia. Useasta yrityksestä kysyttiin enemmän kuin yhtä henkilöä mukaan tutkimukseen, jos alun perin kysytty henkilö ei ollut oikea henkilö tai hän kieltäytyi haastattelusta muista syistä. Lisäksi tutkimusta mainostettiin Elinkeinoelämän keskusliitto EK:n jäsenille ja Suomen ostaja logistiikkayhdistys ry:n LOGY:n jäsenkirjeen tilaajille, mutta ei ole tiedossa, kuinka moni henkilö näki tutkimusmainoksen kyseisissä kanavissa.

Pääsyy haastattelusta kieltäytymiseen oli kiireeseen ja aikapulaan vetoaminen. Muutama henkilö oli sitä mieltä, että tutkimusasettelu on liian teoreettinen eikä tavaran ajan arvoa ole mahdollista määrittää yksittäisten toimitusten avulla, sillä toimitukset vaihtelevat ominaisuuksiltaan suuresti. Pari vastaajaa oli sitä mieltä, ettei tutkimusaihe kosketa heidän edustamaansa yritystä tai ole heille muutoin tärkeä.

3.3 Kokemuksia haastatteluista

Suhtautuminen tutkimukseen oli pääosin myönteistä haastateltavien keskuudessa. Suurin osa vastaajista piti haastattelutapaa mielenkiintoisena ja käytännönläheisenä sekä koki sen tarjoavan heille mahdollisuuden tarkastella päivittäistä työtään uudesta näkökulmasta. Osa haastateltavista oli kuitenkin sitä mieltä, että haastattelun lähtökohdat ovat hyvin teoreettisia ja että todellisuudessa eri muuttujien vaihtelua ei ole mahdollista hyväksyä. Haastateltavat työskentelivät pääosin yritysten logistiikkatoimintojen parissa. Osa haastateltavista oli sitä mieltä, että saaduissa vastauksissa olisi eroja, mikäli haastateltaisiin esimerkiksi myynnistä vastaavia henkilöitä.

Haastateltavat antoivat tutkimuksessa tarvittavat tiedot pääosin avoimesti. Kukaan vastaajista ei lopulta kieltäytynyt antamasta tietoja, mutta pieni osa vastaajista ei halunnut antaa tarkkoja arvoja. Tarvittavista lähtötiedoista etenkin kuljetuskustannusta pidettiin sellaisena tietona, joka ei saa päätyä ulkopuolisten käsiin. Koska toimituskustannuksen määrittämiseen ei ole vakiintunutta tapaa, vaihteli vastaajien määrittämistapa kyseisen lähtötiedon kohdalla. Osa haastateltavista käytti samaa arvoa sekä kuljetus- että toimituskustannukselle. Osa haastateltavista määrittä toimituskustannuksen lisäämällä kuljetuskustannukseen tietyn euro- tai prosenttimäärän. Tavararan arvon määrittäminen osoittautui hankalaksi joillekin haastateltaville, minkä vuoksi he käyttivät omaa arviotaan varsinaisen tiedon sijaan.

Tehtyjen haastattelujen perusteella vaikutti siltä, että kaikki vastaajat eivät antaneet kaikkia lähtötietoja tarkkoina tietoina, vaan pyöristivät arvoja esimerkiksi salassapitosopimusten vuoksi. Kuitenkin on perusteltua olettaa, että annettujen lähtötietojen suuruusluokka on oikea eikä vastauksia vääristelty tahallisesti.

Haastattelussa käytetyt tasot muuttujille (toimitusaika, toimituskustannus ja toimitusväsymys) olivat pääosin onnistuneita. Yksi tasoista oli vastaajan ilmoittama nykyinen taso (0), toinen oli nykyistä tasoa pienempi (parempi, -1) ja toinen nykyistä arvoa suurempi (huonompi, 1). Haastattelussa kustakin toimituksesta esitettiin 10 vaihtoehtoparia. Vaihtoehtoparit kysymyksissä 1–7 muodostettiin aina samalla tavalla jokaiselle haastateltavalle, eli käytetyt tasot olivat samoja mutta lukuarvot vaihtelivat haastateltavan antamien lähtötietojen mukaisesti. Kysymysten 8–10 tasoja varioitiin ortogonaalisen osafaktorisuunnitelman mukaisesti (Liite 1).

Jos haastateltavat vaikuttivat haluttomilta valitsemaan kumpaakaan vaihtoehtoa (A tai B), tarjottiin haastateltavalle mahdollisuus jättää kysymys väliin, jos tarjotut vaihtoehdot tuntuivat mahdottomilta vastaajan edustamalla toimialalla. Esitetyistä vaihtoehtopareista kysymys 3 miellettiin hankalimmaksi kysymykseksi ja jätettiin muita kysymyksiä useammin väliin. Kysymyksen 3 ominaisuudet olivat seuraavanlaiset:

- toimitusaika oli molemmissa vaihtoehdoissa 25 % suurempi kuin vastaajan antama perusarvo
- toimituskustannus oli A-vaihtoehdossa sama kuin perusarvo ja B-vaihtoehdossa 15 % pienempi kuin perusarvo
- A-vaihtoehdossa toimitustäsmällisyys oli hieman parempi kuin B-vaihtoehdossa, jossa käytettiin vastaajan antamaa täsmällisyyden perusarvoa.

Kysymys 3 miellettiin hankalaksi, koska molemmissa vaihtoehdoissa toimituksen kokonaisaika oli pidentynyt nykytilanteeseen verrattuna. Kysymyksen väliin jättäneet haastateltavat olivat tyypillisesti sitä mieltä, että asiakkaat eivät halua luopua saavutetusta edusta (nykyisestä toimitusajasta) vaikka toimituskustannus pienenisi vähän (15 %), vaan siirtyisivät siinä tapauksessa käyttämään kilpailevan yrityksen palveluja.

Haastatteluissa korostui se, että tiukan kilpailutilanteen vuoksi monilla toimialoilla toimitusten kokonaisaika ja toimitustäsmällisyys on jo nyt määritetty tiukoiksi, jolloin joustonvaraa nykyisistä lukuarvoista ei juuri ole. Kuljetettavan tuotteen ominaisuudet ja vastaanottopään tyyppi (esim. varasto/vähittäiskauppa/tuotanto) vaikuttivat toimitusten kiireellisyyteen ja varastointimahdollisuuksiin.

Haastatteluja tehtiin sekä paikan päällä vastaajan toimipisteessä että sähköisesti Skype-palaverina. Skype-palaverit onnistuivat pääosin hyvin. Parin haastateltavan osalta yrityksen tiukat tietoturva-asetukset tai ongelmat Skype-yhteyden muodostamisessa viivästyttivät haastattelun alkua tai muutoin vaikeuttivat haastattelun tekoa, mutta kaikki haastattelut saatiin tehtyä joko Skypellä tai muilla keinoin.

4 Haastattelujen sisältö

Haastatteluiden alussa käytiin lyhyesti läpi työn tausta ja tavoite. Usealle haastateltavalle tavarahan ajan arvo oli vaikeasti hahmotettavissa oleva asiakokonaisuus, sillä yrityksissä ei ollut käytössä vastaavaa ajatusmallia. Haastatteluissa keskityttiin yritysten tavanomaisten tavaratoimitusten tarkasteluihin. Haastatellut henkilöt vastasivat pääosin tietyistä tavarahankinnoista tai -toimituksista, joten haastatteluiden aihealue oli muutoin haastateltaville henkilöille tuttu.

Haastateltavia pyydettiin ennakkoon hankkimaan seuraavat lähtötiedot käsiteltävistä tavaratoimituksista:

- Toimituksen lähtöpaikka (paikkakunta)
- Toimituksen määräpaikka (paikkakunta)
- Toimituserän ensisijainen tavararyhmä (listaus taulukossa 1)
- Toimitettava tuote (esim. sahatavara, elintarvikkeet, rikasteet, palavat nesteet)
- Toimituserän vastaanottopään tyyppi (suora suurasiakas/vähittäiskauppa/kaupan loppuasiakas/varasto/muu)
- Pääkuljetustapa Suomessa (maantie/rautatie)
- Pääkuljetustapa ulkomaille/ulkomailta, jos kyseessä on vienti- tai tuontikuljetus (lento/laiva/maantie/rautatie)
- Toimituksen toistuvuus (krt/vuosi)
- Toimituserän keskimääräinen paino (tonnia)
- Lähetyksen arvo ilman toimituskuluja (€)
- Kokonaistoimitusaika: tilaus asiakkaalta → tilauksen käsittely → valmistus/keräily → lähetys → kuljetus väylällä → luovutus asiakkaalle (kesto h/vrk/vko, luvattu)
- Toimitusetäisyys (km)
- Kuljetuksen hinta (€)
- Toimituksen kokonaiskustannus = Kuljetuksen hinta + tilauksen käsittelystä, tuotteen keräilystä ja lähetyksestä tms. syntyneet kulut (jos mahdollista arvioida, €)
- Toimitusaikataulun tarkkuusvaatimus (h)

Haastateltavan antamien lähtötietojen perusteella laadittiin jokaisesta käsiteltävästä toimituksesta kymmenen (10) eri vaihtoehtoparia, joissa varioitiin kolmea päämuuttujaa:

- toimituskustannus (€)
- toimitusaika (h, vrk, vk tai kk)
- toimitustäsmällisyys (h).

Vastaaja valitsi esitetyistä pareista vaihtoehdon (A/B), joka hänen arvionsa mukaan on yrityksen kannalta parempi vaihtoehto. Mikäli haastateltava piti jotakin kysymysparia mahdollisena (kumpikaan vaihtoehto ei ollut sopiva), oli haastateltavan mahdollisuus jättää vastaamatta kyseiseen kohtaan. Pareja toistettiin 10 kappaletta tarkasteltavaa toimitusta kohden. Esimerkki vaihtoehtoparista on esitetty kuvassa 2.

**2 Valitse vaihtoehto tavaratoimitukselle,
jonka paino on noin 2 t, lähtöpaikka
ja määräpaikka noin 200 km:n päässä siitä**

	VAIHTOEHTO A	VAIHTOEHTO B
Toimituksen kokonaisaika:	24 tuntia	21 tuntia <small>10 % pienempi kuin perusarvo</small>
Toimituskustannus:	200 €/toimitus	230 €/toimitus <small>15 % suurempi kuin perusarvo</small>
Toimitusaikataulun edellytetty tarkkuus:	2 tuntia	2 tuntia
	VALINTASI: <input type="checkbox"/>	

Kuva 2. Ote haastattelussa käytetystä lomakkeesta (kuvitteelliset arvot). Lomakkeella esitettiin 10 erilaista vaihtoehtoparia tarkasteltavaa toimitusta kohden. Yksi muuttujista oli aina sama kummassakin vaihtoehdossa.

Kuljetuskustannus on yksi osa toimituksen kokonaiskustannuksesta ja se on yleensä selkeästi määritettävissä ja tiedossa, sillä kuljetuspalvelusta on tehty erillinen sopimus (yleensä määräaikainen tai toistaiseksi voimassa oleva). Muut toimitukseen liittyvät kustannustiedot eivät ole aina tarkasti tiedossa, sillä ne ovat yrityksen sisäisiä kustannuksia.

Toimitusaika tunnistettiin pääasiassa asiakkaan tilauksen ja tilauksen perille toimittamisen väliseksi ajaksi. Yrityksillä on pääsääntöisesti olemassa ennalta määritetty toimitusaikalupaus, jota noudatetaan. Toimitusaika voi olla valmistavassa yrityksessä yleisesti käytössä olevan toimitusrytmin mukainen tai asiakkaan kanssa yhteisesti sovittu. Toimitusaika eri tapauksissa vaihteli merkittävästi ollen 10 tunnista 8 kuukauteen. Myös toimituserältä edellytetty toimitusaikataulun tarkkuus vaihteli suuresti ollen 15 minuutista yhteen viikkoon.

Yksikäsitteinen toimitusajan ja -kustannuksen vaihtelu SP-kyselyssä on vaikeasti määritettävissä ennakkoon siten, että vastaajat pitäisivät vakiovaihtelun perusteella esitetyjä uusia kustannus- ja aika-arvoja uskottavina ja toteutettavina olevina.

SP-kyselyssä toimitusajan täsmällisyyttä ei voida varioida siten, että toimitus olisi myöhässä annettuun palvelulupaukseen nähden. Kysymys täsmällisyydestä esitettiin siinä muodossa, että kuljetuksen epätäsmällisyyden (tai muun vaiheen epätäsmällisyyden) seurauksena tilausten vastaanottoaika päätty ai- kaisemmin, toimitusaikalupaus poikkeaa nykyisestä tai muutokseen varaudutaan tavaratoimittajan sisäistä toimintaa muuttamalla.

5 Aineiston kuvaus

5.1 Toimitusten perustiedot

Tutkimusaineisto muodostui 171:stä tavaratoimituksesta, joista 65 % (112 kpl) oli kotimaan toimituksia ja 35 % (59 kpl) ulkomaan toimituksia (joko vienti tai tuonti). 84 %:ssa (143 kpl) toimituksista pääkuljetustapa Suomessa oli tiekuljetus ja 16 %:ssa (28 kpl) rautatiekuljetus. Pääkuljetustapa ulkomaille oli useimmiten laivakuljetus (71 %; 42 kpl). Loput ulkomaan toimituksista olivat lento- tai rautatiekuljetuksia tai yhdistelmäkuljetuksia. Toimitusten jakautuminen eri tavararyhmiin on esitetty alla (Taulukko 2).

Taulukko 2. Tarkasteltujen toimitusten ja vaihtoehtoparien jakautuminen tavararyhmiin.

Tavararyhmä	Esimerkkituotteita	Toimitusten määrä (pelien määrä)	Vaihtoehtoparit mallinnuksessa (max. 10 kpl/peli)
Irtotavarat	Raakapuu, rikasteet, mineraalit, kivihiili, maa-ainekset, raakaöljy	21 kpl (12 %)	210
Massatuotteet	Paperi ja sellu, sahatavara, metallit, muovit, rakennuslevyt, eristevillat	42 kpl (25 %)	410
Kulutus- ja investointitavarat	Elintarvikkeet (säilyvät), vaatteet, huonekalut, koneet ja laitteet, komponentit, elementit	58 kpl (34 %)	544
Tuoretuotteet	Vihannekset, hedelmät, irtomaito, maitotuotteet, kala ja liha, leipomotuotteet, einekset	30 kpl (18 %)	271
Vaaralliset aineet	Palavat nesteet, kaasut, hapot, räjähteet	20 kpl (12 %)	196
Yhteensä		171 kpl	1631

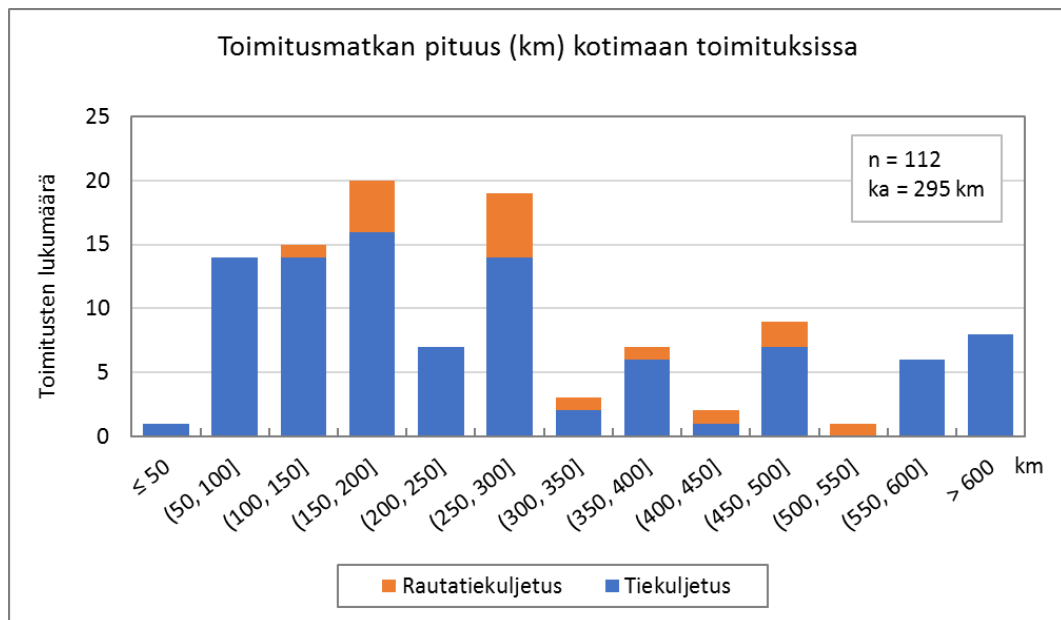
Tässä tutkimuksessa ei ole esitetty tavararyhmittäin tarkkoja tilastoja yritysten antamista lähtötiedoista tietojen luottamuksellisuuden vuoksi. Osassa tavararyhmistä vastaajamäärät olivat melko pieniä. Yksittäisen yrityksen osalta on voitu käsitellä yhden haastattelun aikana eri tavararyhmiin kuuluvia toimituksia. Toimitusten toistuvuus vaihteli kerran vuodesta tuhansiin kertoihin vuodessa. Kuljetettavan tavaran arvossa oli suuria eroja: Halvimmat toimituserät olivat arvoltaan alle 200 euroa ja kalleimmat miljoonia euroja. Tutkimuksessa painottuivat teollisuuden kuljetukset, sillä 42 % toimituksista meni tuotantoon. Tarkastelluista toimituksista yleisiä olivat myös tapaukset, joissa toimitus meni varastoon (29 %) ja vähittäiskauppaan (17 %). Muu-luokka sisältää esimerkiksi jakeluterminaalit. (Taulukko 3)

Taulukko 3. Toimituksen vastaanottopään luokittelu.

Vastaanottopään tyyppi	Toimitusten määrä	Osuus kaikista toimituksista
Kaupan loppuasiakas	7	4 %
Kauppa (vähittäiskauppa)	29	17 %
Muu	15	9 %
Suora suurasiaakas (tuotanto)	71	42 %
Varasto	49	29 %
Yhteensä	171	100 %

5.2 Toimitusmatkan pituus

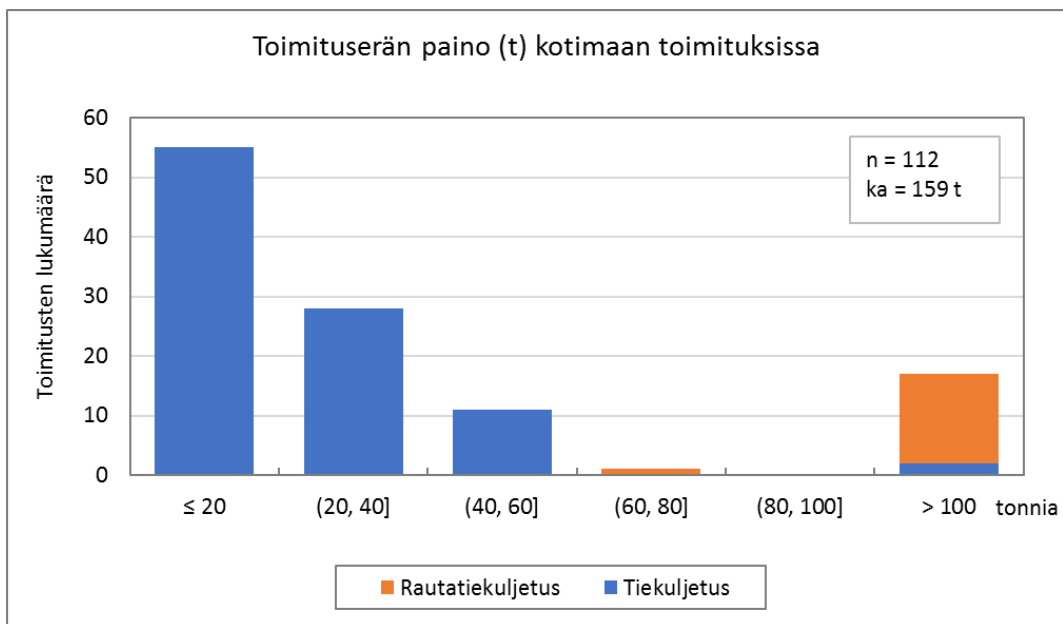
Tarkasteltujen kotimaan toimitusten keskimääräinen toimitusmatka oli noin 295 kilometriä ja ulkomaan toimitusten 4500 kilometriä. Toimitusmatkan jakauma kotimaan toimituksissa on esitetty alla (Kuva 3). Tutkimuksessa matkan minimivaatimuksena oli noin 50 kilometriä, minkä vuoksi esimerkiksi lyhyet jakelukuljetukset on rajattu pois tutkimuksesta niiden vaikean mallinnettavuuden vuoksi. Ulkomaan toimitusten osalta ei ole esitetty pituusjakaumaa, sillä osalla vastaajista oli hankaluuksia määrittää esimerkiksi merimatkojen pituuksia.



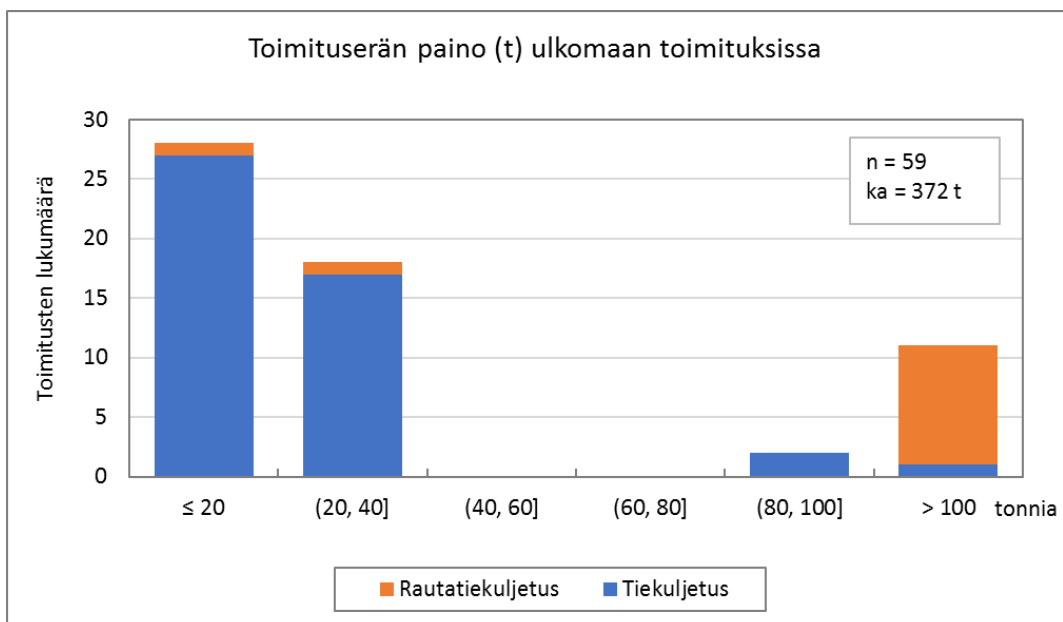
Kuva 3. Toimitusmatkan (km) jakauma kotimaan kuljetuksissa.

5.3 Toimituserän paino

Tarkasteltujen kotimaan toimitusten keskimääräinen toimituskoko oli noin 160 tonnia ja ulkomaan toimitusten 370 tonnia. Keskiarvoja nostavat isot yksittäiset toimituserät, sillä lähes puolet niin kotimaan kuin ulkomaan tavaratoimituksista painoi 0–20 tonnia. Yksittäisten toimituserien painot vaihtelivat paristakymmenestä kilosta tuhansiin tonneihin. Suurimmat toimitukset olivat rautatietoimituksia sekä kotimaan että ulkomaan toimituksissa. Toimituskoon jakauma kotimaan ja ulkomaan toimituksissa on esitetty alla (Kuva 4, Kuva 5).



Kuva 4. Toimituskoon (t) jakauma kotimaan toimituksissa.

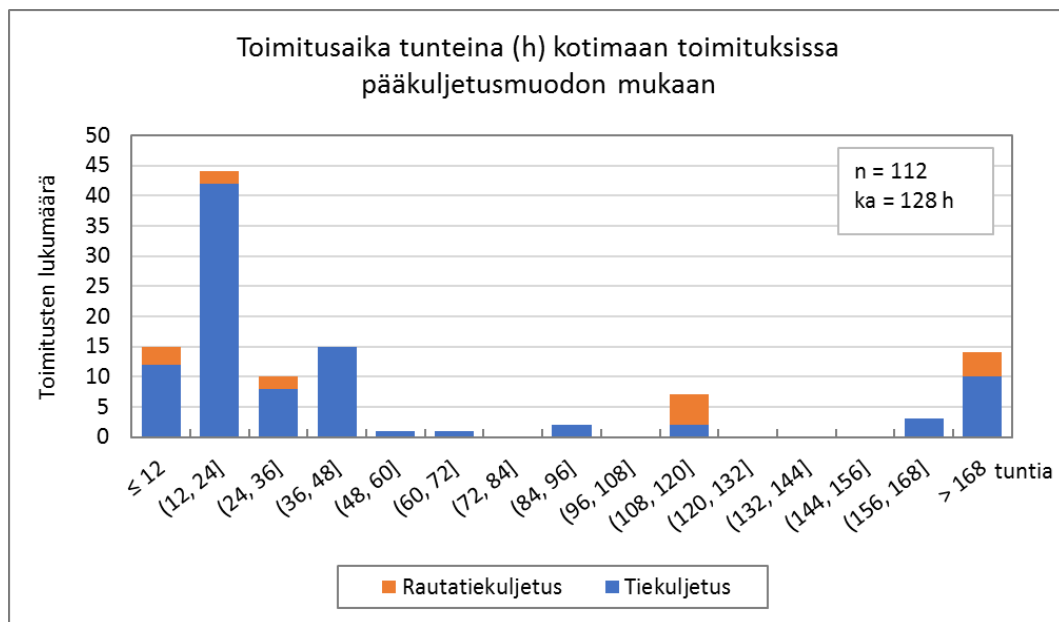


Kuva 5. Toimituskoon (t) jakauma ulkomaan toimituksissa.

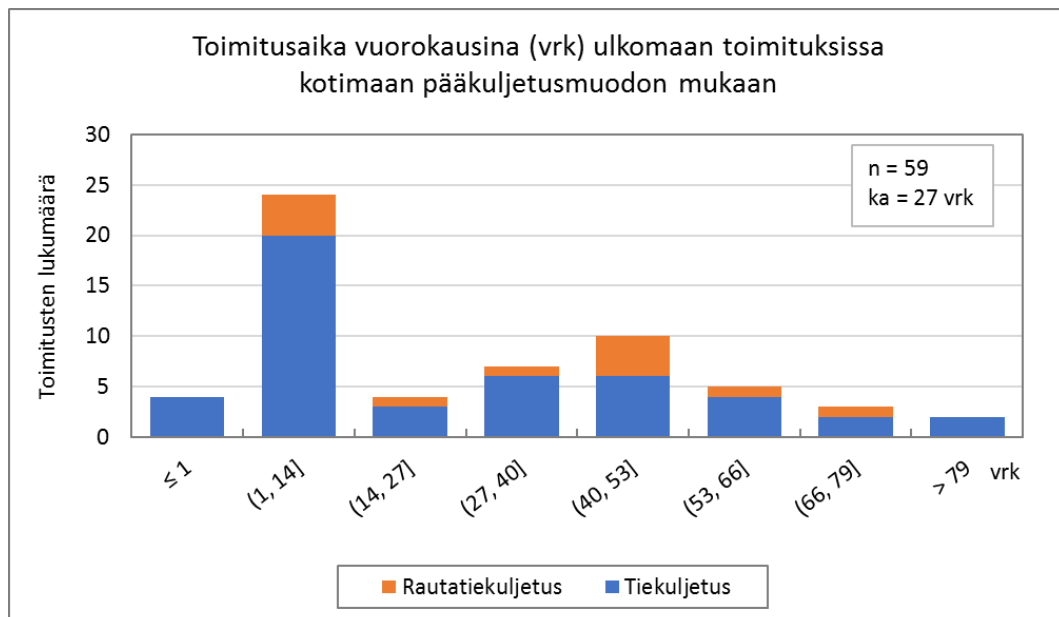
5.4 Toimitusaika

Tarkasteltujen kotimaan toimitusten keskimääräinen toimitusaika oli noin 130 tuntia (noin 5 vuorokautta) ja ulkomaan toimitusten 27 vuorokautta. Toimitusajan jakauma kotimaan ja ulkomaan toimituksissa on esitetty kuvissa 6 ja 7.

Toimituksissa painottuivat nopeat toimitukset: Kotimaan toimituksista reilu puolet (53 %) toimitettiin perille vuorokauden sisällä tilaushetkestä. Ulkomaan toimituksista lähes puolet (48 %) toimitettiin perille kahden viikon sisällä tilaushetkestä. Kotimaan toimituksissa keskimääräinen toimitusaika oli tiekuljetuksissa (106 tuntia) lyhyempi kuin rautatiekuljetuksissa (258 tuntia). Tarkasteltavia kotimaan tavaratoimituksia rautateitse oli melko vähän (16 kpl), minkä vuoksi yksittäiset pitkät toimitusajat nostavat keskiarvon melko korkeaksi.



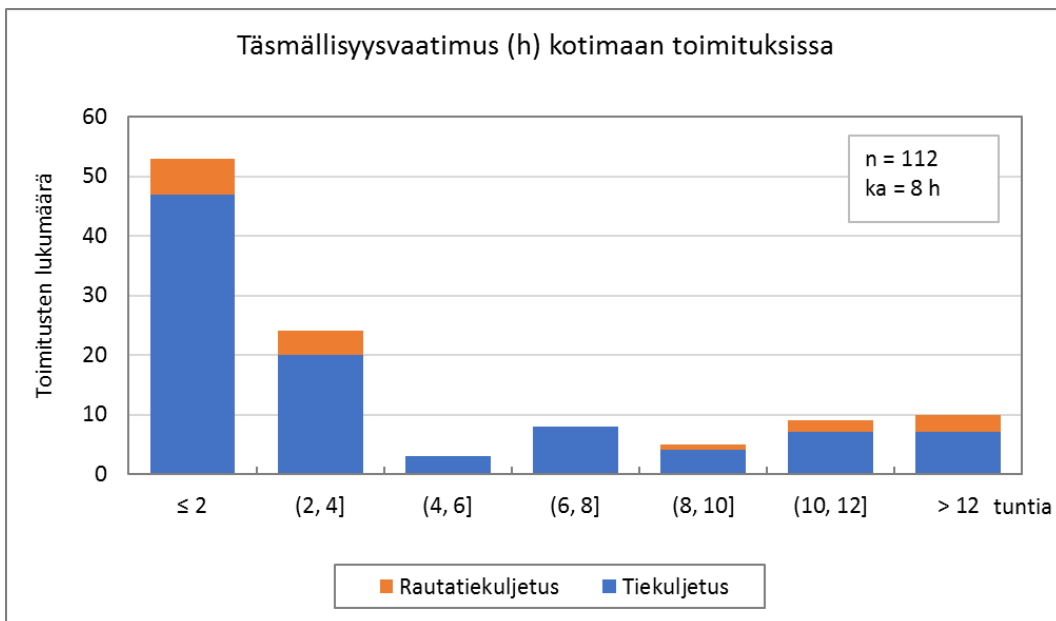
Kuva 6. Toimitusajan (h) jakauma kotimaan toimituksissa.



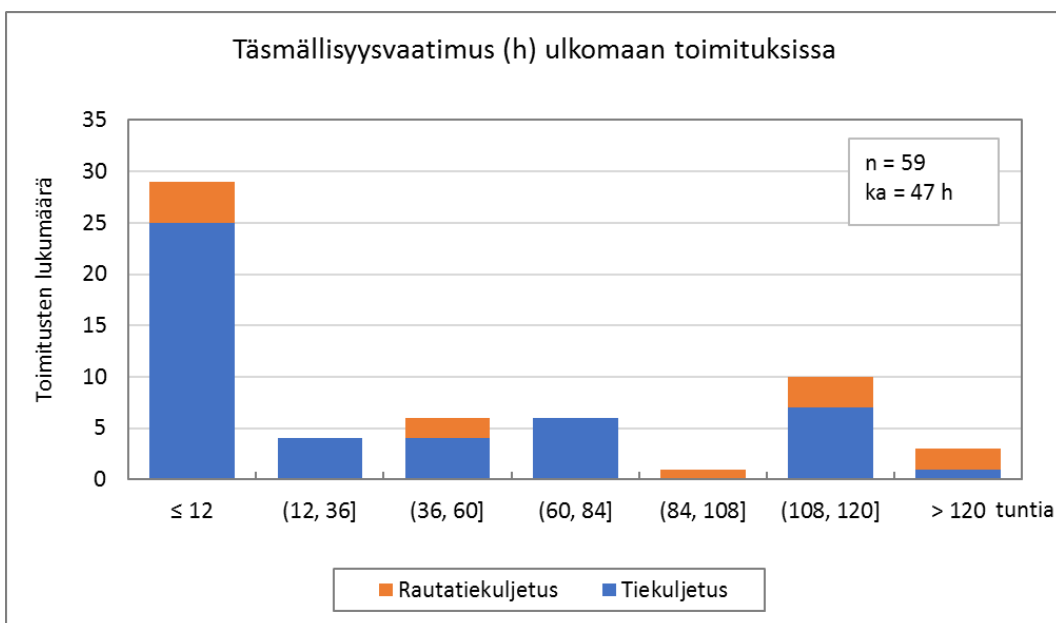
Kuva 7. Toimitusajan (vrk) jakauma ulkomaan toimituksissa.

5.5 Toimitustäsmällisyys

Tarkasteltujen kotimaan toimitusten keskimääräinen täsmällisyysvaatimus oli noin 8 tuntia ja ulkomaan toimitusten noin kaksi vuorokautta (47 h). Toimitusten täsmällisyysvaatimuksen jakauma kotimaan ja ulkomaan toimituksissa on esitetty alla (Kuva 8, Kuva 9). Kotimaan toimituksissa korostuivat tiukat täsmällisyysvaatimukset, sillä lähes puolella (47 %) kotimaan toimituksista täsmällisyysvaatimus oli 0–2 tuntia. Myös ulkomaan toimituksissa täsmällisyydellä oli merkitystä, sillä lähes puolella (49 %) toimituksista täsmällisyysvaatimus oli 0–12 tuntia.



Kuva 8. Toimituksen täsmällisyysvaatimuksen (tuntia) jakauma kotimaan toimituksissa.

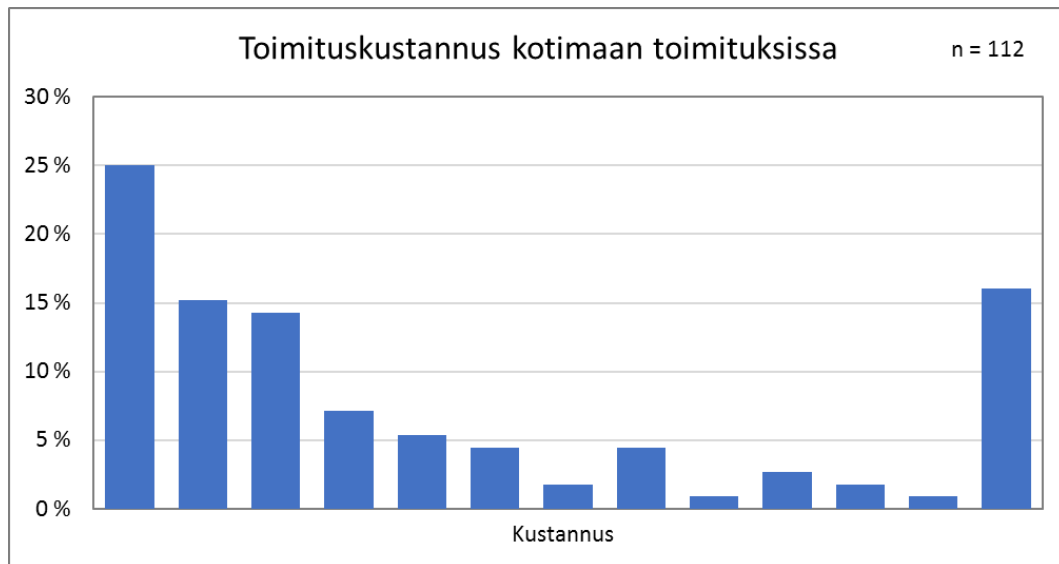


Kuva 9. Toimituksen täsmällisyysvaatimuksen (tuntia) jakauma ulkomaan toimituksissa.

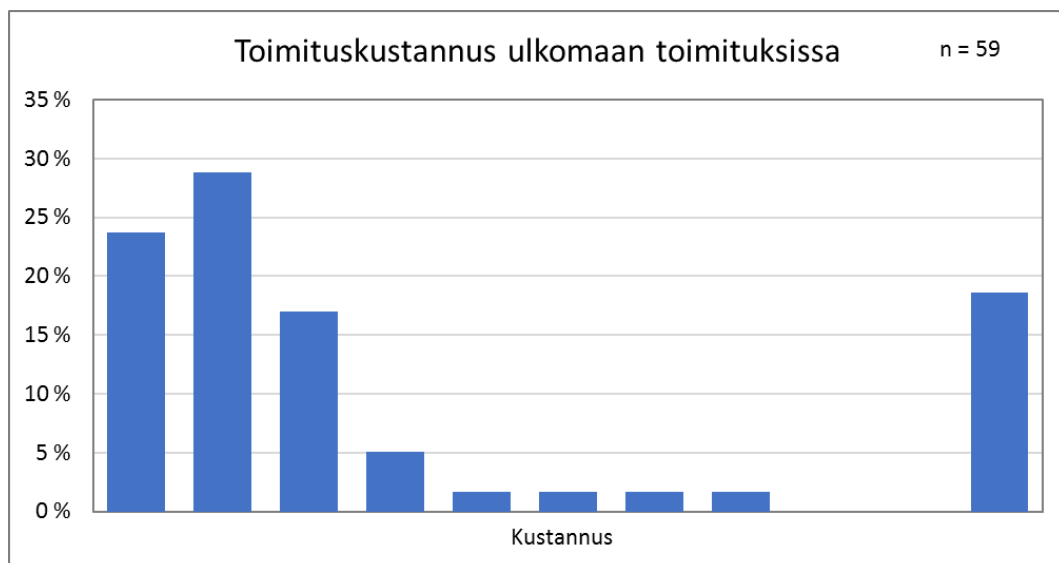
5.6 Toimituskustannus

Vastaajat pitivät toimituskustannusta kaikkein sensitiivisimpänä lähtötietona. Kaikki vastaajat eivät halunneet antaa tarkkoja hintatietoja. Usein kuljetuskustannukset ovat salassa pidettäviä tietoja, minkä vuoksi tässä tutkimuksessa ei ole esitetty toimituskustannusten jakaumaa tai esitetty keskimääräisiä arvoja.

Kustannukset vaihtelivat suuresti toimitettavan tuotteen ominaisuuksien ja vastaanottajan vaatimusten mukaan. Pienet ja suuret kustannukset painottuivat tutkimusaineistossa sekä kotimaan toimituksissa että ulkomaan toimituksissa. Toimituskustannusten jakauma kotimaan ja ulkomaan tavaratoimituksissa on esitetty alla ilman numeerisia arvoja (Kuva 10, Kuva 11). Kotimaan ja ulkomaan toimituksissa käytetyt luokat eroavat toisistaan siten, että ulkomaan toimituskustannukset olivat keskimäärin suurempia kuin kotimaan toimituskustannukset ja käytetyt luokat olivat laiveampia. Kalleimmat toimitukset olivat ulkomaan toimituksia.



Kuva 10. Toimituskustannuksen (€) jakauma kotimaan toimituksissa.



Kuva 11. Toimituskustannuksen (€) jakauma ulkomaan toimituksissa.

5.7 Eri tekijöiden merkitys

Haastateltavia pyydettiin laittamaan haastattelussa käytetyt muuttujat (toimitusaika, toimituskustannus ja toimituksen täsmällisyys) tärkeysjärjestykseen kunkin toimituksen osalta. Kaikista haastateltavista lähes puolet (48 %) ilmoitti toimituskustannuksen tärkeimmäksi valintaperusteeksi. 25 % vastaajista valitsi toimitusajan tärkeimmäksi valintaperusteeksi ja 27 % toimituksen täsmällisyyden. (Taulukko 4)

Taulukko 4. Tärkein valintaperuste eri tavararyhmissä.

Tavararyhmä	Toimitusaika	Toimituskustannus	Täsmällisyys
Irtotavarat	0 %	100 %	0 %
Kulutus- ja investointitavarat	43 %	19 %	38 %
Massatuotteet	17 %	67 %	17 %
Tuoretuotteet	17 %	43 %	40 %
Vaaralliset aineet	30 %	45 %	25 %
Kaikki yhteensä	25 %	48 %	27 %

Toimituskustannus oli tärkein valintakriteeri kaikissa muissa tavararyhmissä paitsi kulutus- ja investointitavaroiden toimituksissa. Irtotavaroiden toimituksissa toimituskustannus oli tärkein valintakriteeri vastaajasta riippumatta. Kulutus- ja investointitavaroiden toimituksissa toimitusaika ja -täsmällisyys olivat yleisesti ottaen toimituskustannusta tärkeämpiä. Tuoretuotetoimituksissa täsmällisyyttä pidettiin lähes yhtä tärkeänä kuin toimituskustannusta.

6 Tulokset

6.1 Valintojen mallintaminen

Ajan arvon määrittäminen perustuu kyselyaineiston perusteella tehtävän tilastollisen tarkastelun sijaan logit-mallin estimointiin. Haastateltujen tekemiä valintoja mallinnettiin logit-mallilla. Logit-mallissa oletetaan, että monitavoitteinen vaihtoehtojen vertailu voidaan muuntaa yksitavoitteiseksi ongelmaksi hyödyn maksimoimiseksi. Logit-mallin hyöty on abstrakti käsite, joka kuvaa sitä, kuinka hyvä vaihtoehto on muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Mitä parempi vaihtoehto on, sitä suurempi sen hyöty on. Hyöty on painotettu summa vaihtoehtojen ominaisuuksista kuvaavista luvuista (toimitusaika, toimituskustannus ja toimituksen täsmällisyys). Alla yleiskuvaus hyötyfunktioista, joka on tavanomainen lineaarinen funktio. Ominaisuudet (toimitusaika, toimituskustannus ja toimituksen täsmällisyys) kuvataan tekijöinä x_i , jotka saavat kussakin tapauksessa kyseisen ominaisuuden mukaisen lukuarvon. Tietoaaineiston pohjalta voidaan muodostaa erityyppisiä muuttujia, jolloin myös käytettävä hyötyfunktio muuttuu vastavasti.

$$V_{ij} = \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \dots + \beta_k * x_k + \varepsilon$$

missä

β_n = muuttujan x_n kerroin.

Mallin estimoinnissa määritetään painokertoimet β , joita käytetään hyödyn laskemisessa. Hyödyn ja siten myös painokertoimien absoluuttisilla arvoilla ei ole tässä yhteydessä merkitystä, mutta kertoimien suhteilla sen sijaan on. Esimerkiksi ajan kertoimen suhde kustannuksen kertoimeen ilmoittaa ajan arvon VOT (value of time).

$$VOT = \frac{\beta_{time}}{\beta_{cost}} \left(\frac{util/h}{util/€} = € / h \right)$$

missä

β_{time} = aikamuuttujan kerroin

β_{cost} = kustannusmuuttujan kerroin.

Laaditun mallin estimoinnin hyvyttä voidaan arvioida seuraavien tekijöiden pohjalta:

- mallin kertoimien etumerkit ovat loogisesti oikeat
- eri malleissa muuttujien kertoimien arvot ovat melko pysyviä
- johdetut ajan arvot ovat järkeviä
- mallien tilastolliset tunnusluvut (muuttujien t-arvot ja selitysaste ρ^2) ovat melko hyviä.

Muuttujien kertoimien etumerkin arvioissa tulee ottaa huomioon, että ajan ja kustannuksen kertoimien pitää olla negatiivisia, koska vaihtoehto on sitä huonompi, mitä suurempi toimitusaika tai toimituskustannus on, jolloin myös koettava hyöty on alhaisempi.

Estimoidun mallin hyvyttä kuvataan yleisesti $\rho^2(c)$ -arvolla, jolla mallin hyvyttä verrataan sellaiseen malliin, jossa selittäjänä ovat vain vaihtoehtokohtaiset vakiot, eli vaihtoehtojen valintatodennäköisyydet vastaavat havaittua jakaumaa. $\rho^2(c)$ -arvon tulisi olla ainakin 0,15–0,20. Varsin hyvä $\rho^2(c)$ -arvo on 0,25 ja erinomainen 0,40. Estimointiin käytetyn ohjelmatoimittajan mukaan tämän työn mukaisissa tarkasteluissa käytetään ρ^2 -arviossa $\rho^2(0)$ arvoa, jolloin vaihtoehtojen valintatodennäköisyyden oletetaan jakautuvan tasan.

Muuttujan t-arvo kuvaa, kuinka suurella todennäköisyydellä muuttajan kerroin poikkeaa nolasta (0). T-arvon ollessa 1,96 poikkeaa kerroin tilastollisesti merkittävästi nolasta 95 % todennäköisyydellä. T-arvon tulee olla yli 1,96.

Käytetty aineisto kattoi haastatteluissa tehtyjen vaihtoehtotarkastelujen mukaiset tiedot, eli kustakin toimituksesta oli maksimissaan 10 vaihtoehtohavaintoa. Toimituksia oli 1–4 per haastateltava. Haastatteluaineistoa täydennettiin siten, että aineistoon lisättiin sellaiset haastateltavalle esittämättömät vaihtoehdot, joiden valinta oli loogisesti pääteltävissä. Jos tarkasteltavista vaihtoehdoista toinen oli aina yhtä hyvä kaikkien tekijöiden suhteen kuin toinen ja vähintään yhden tekijän suhteen parempi kuin vaihtoehtoinen toimitus, voitiin päätellä vastaajan valinta esittämättä kysymystä haastateltavalle. Menettelyn tavoitteena oli lisätä tutkimusaineistoa ja siten vähentää satunnaisuuden merkitystä tutkimusaineistossa, sillä perusotanta oli varsin suppea.

Havaintojen lisääminen paransi myös estimoitujen mallien tilastollisia tunnuslukuja. Tämä ilmeni muuttujien t-arvoissa ja mallin ρ^2 -arvossa.

6.2 Mallinnus ryhmittäin

Haastatteluaineiston avulla määritettiin mallit sekä ajan ja täsmällisyyden arvo koti- ja ulkomaan kuljetuksille tavararyhmittäin. Estimoidut mallit on esitetty liitteessä 5. Lisäksi määriteltiin kaikkien tarkasteltujen toimitusten ajan sekä täsmällisyyden arvo koko tutkimusaineistosta tie- ja rautatiekuljetuksille. Haastatteluaineiston tarkemman tutkimisen yhteydessä määritettiin yritys- ja toimituskohtaiset ajan arvot niille toimituksille, jolle mallinnus oli mahdollista tehdä.

Yrityskohtaisissa tarkasteluissa ilmeni tapauksia, jossa vastaaja oli valinnut vaihtoehdon käyttäen valintaperusteena vain yhtä tekijää, joka oli pääasiassa toimituskustannus. Vastaajista noin puolet ilmoitti pitäneensä toimituskustannusta tärkeimpänä tekijä. Neljännes ilmoitti pitäneensä toimitusaikaa ja neljännes täsmällisyyttä tärkeimpänä päätöskriteerinä vaihtoehtoja vertaillessaan.

Mallien estimointivaiheessa testattiin erilaisia mallirakenteita, koettua hyötyä kuvaavia hyötyfunktioita. Malleja estimoitiiin erikseen toimitetulle tonnille, jolloin kustannukset laskettiin kokonaiskustannuksen ja toimituserän koon perusteella, ja erikseen koko toimituserälle. Lisäksi tarkasteltiin mallirakennetta, jossa toimitustäsmällisyys jätettiin pois tarkasteltavasta hyödystä. Tarkasteluissa oli mukana myös tekijä, vaihtoehtokohtainen vakio, joka selittää muut kuin mallissa mukana olevat tekijät. Testauksella varmistettiin, että ajan arvo ei muutu merkittävästi, jos esimerkiksi täsmällisyys jätetään pois tarkastetusta. Ajan arvojen soveltaminen tulee olla mahdollista myös ilman täsmällisyyskomponenttia, ja ajan arvo ei saa poiketa merkittävästi tässä tapauksessa muun

tyyppisissä tarkasteluissa käytettävästä ajan arvosta. Tehdyillä testeillä haluttiin varmistaa ajan arvon stabiilisuus.

Estimoitujen kuljetustapakohtaisten mallien arvioinneissa käytetyt, alaluvussa 6.1 esitetyt kriteerit täyttyivät selvästi. Malleja voitiin pitää tältä osin luotettavina. Tarkasteltaessa tavararyhmäkohtaisia malleja kriteerit täyttyivät myös, mutta erityisesti kulutus- ja investointitavaroiden tiekuljetusten mallinnuksessa kiinnitti huomiota tonnikohtaisen ajan arvon suuri arvo verrattuna muihin tavararyhmiin. Kyseisessä tavararyhmässä toimitusajalla oli suuri merkitys (Taulukko 4), mutta tähän ryhmään sisältyi myös hyvin erityyppisiä toimituksia, eli ryhmä oli varsin epähomogeeninen.

Lopulliset mallinnukset tehtiin erikseen tavaratoimitusta kohden ja toimitettua tonnia kohden, ja mallinnuksen tuloksena saatujen mallikertoimien perusteella laskettiin toimitusajan ja toimitustäsmällisyyden ajan arvot (Taulukko 5).

Taulukko 5. Toimituksille määritetyt toimitusajan ja toimitustäsmällisyyden ajan arvot tavararyhmittäin ja pääkuljetustavoittain.

Tavararyhmä	Pääkuljetustapa kotimaassa	Ajan arvo €/toimitus/h	Täsmällisyyden arvo €/toimitus/h	Ajan arvo €/tonni/h	Täsmällisyyden arvo €/tonni/h	Keski-kuorma ajan arvon perusteella (t)
Irtotavarat	Tiekuljetus	1,70	4,27	0,05	0,14	34
	Rautatiekuljetus	4,33	-	0,01	-	433
Kulutus- ja investointitavarat	Tiekuljetus	451,34	1043,28	3,55	8,47	127
	Rautatiekuljetus	-	-	-	-	
Massatuotteet	Tiekuljetus	4,77	8,61	0,41	0,72	12
	Rautatiekuljetus	46,83	-	0,05	-	937
Tuoretuotteet	Tiekuljetus	30,55	170,37	0,95	4,66	32
	Rautatiekuljetus	-	-	-	-	
Vaaralliset aineet	Tiekuljetus	47,06	133,44	0,55	1,66	86
	Rautatiekuljetus	-	-	0,56	-	
Kaikki tavararyhmät	Tiekuljetus	10,72	25,97	0,66	0,78	16
	Rautatiekuljetus	37,88	-	0,04	-	947

Tavaratoimituksen ajan arvoksi saatiin tiekuljetuksissa tavararyhmittäin 1,70–451,34 €/toimitus/tunti. Vastaavasti ajan arvo toimitettua tonnia kohden oli 0,05–3,55 €/tonni/tunti tavararyhmän mukaan. Toimitustäsmällisyyden ajan arvo toimitusta kohden oli 4,27–1043,28 €/toimitus/tunti ja toimitettua tonnia kohden 0,14–8,47 €/tonni/tunti. Ajan ja täsmällisyyden arvon vaihtelu oli suuri tavararyhmän mukaan. Tavararyhmien yhdistäminen yhdeksi ryhmäksi osoittautui haastavaksi ajan arvon suuren vaihtelun johdosta. Tiekuljetuksissa kaikille tavararyhmille saatu yhteinen ajan arvo oli 10,72 €/toimitus/tunti ja 0,66 €/tonni/tunti. Toimitustäsmällisyyden ajan arvo oli vastaavasti 25,97 €/toimitus/tunti ja 0,78 €/tonni/tunti. Kulutus- investointitavaroiden osalta ajan arvo oli selvästi korkeampi kuin muissa tavararyhmissä; oletettavasti ryhmässä oli epähomogeenisia havaintoja ja ryhmä olisi ollut hyvä jakaa pienempiin osaryhmiin. Jakaminen olisi kuitenkin aiheuttanut sen, että tarkasteltavaan ryhmään olisi jäänyt vain vähän havaintoja ja ajan arvon soveltamien hanketarkasteluissa olisi haastavaa, sillä tarkasteltava kuljetusvirta tulisi osoittaa vastaavasti.

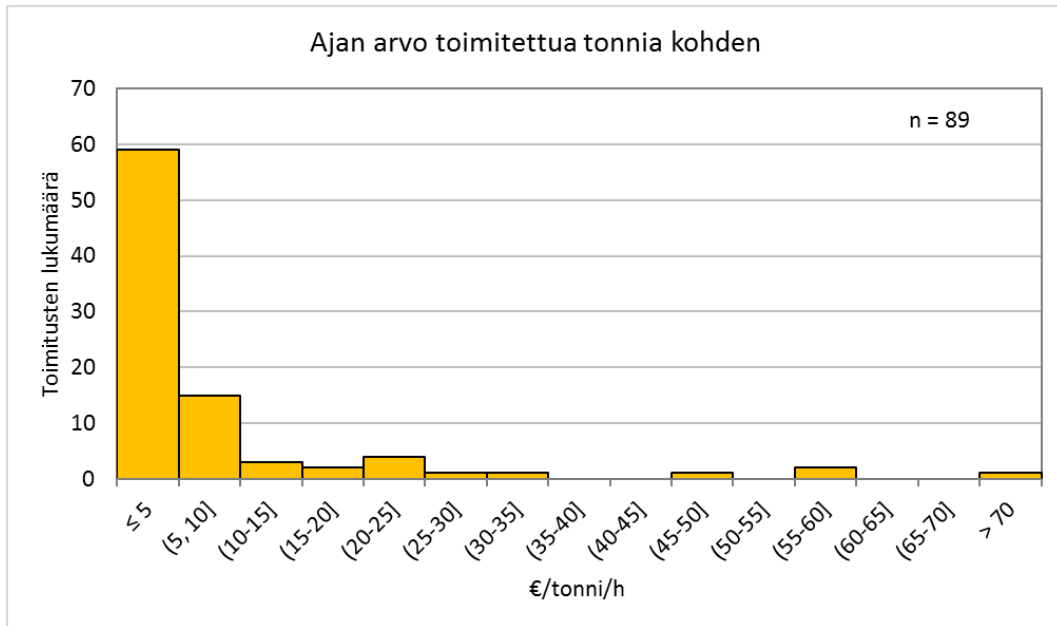
Rautatiekuljetuksille voitiin määrittää ajan arvot irtotavaroille, massatuotteille ja vaarallisille aineille. Rautatiekuljetus ei ollut käytössä haastatteluissa tarkastelluissa toimituksissa kulutus- ja investointitavaroiden eikä tuoretuotteiden kohdalla. Rautatieliikenteelle ei voitu määrittää täsmällisyyden ajan arvoa, sillä täsmällisyydelle estimoitu kerroin oli etumerkiltään loogisesti väärä, eli täsmällisyyden kerroin oli positiivinen (+), joten lopullinen valintamalli estimoitui ilman täsmällisyystekijää. Ajan arvon oikeellisuutta tarkasteltiin mallintamalla valintamallin, että täsmällisyys oli mukana, ja ilman täsmällisyystekijää. Saadut ajan arvot olivat lähes yhtä suuret kummassakin mallissa.

Tavaratoimituksen ajan arvoksi rautatiekuljetuksissa saatiin tavararyhmittäin 4,33–46,83 €/toimitus/tunti. Vastaavasti ajan arvo toimitettua tonnia kohden oli 0,01–0,56 €/tonni/tunti tavararyhmän mukaan. Tavararyhmien yhdistäminen yhdeksi ryhmäksi osoittautui haastavaksi vähäisen havaintomäärän ja ajan arvon vaihtelun vuoksi. Rautatiekuljetuksissa kaikille tavararyhmille saatu yhteinen ajan arvo oli 37,88 €/toimitus/tunti ja 0,04 €/tonni/tunti.

Tavaratoimituksissa tarkasteltiin erikseen myös kotimaan ja ulkomaan kuljetuksia. Koti- ja ulkomaan kuljetuksissa oli ajan arvossa hieman eroa. Tarkasteltaessa kuljetuksia kuljetusverkolla, ei voida aina tietää, onko kuljetus koti- vai ulkomaan kuljetus, joten eri arvojen käyttö kuljetustyyppin mukaan ei aina ole mahdollista. Nyt määritetyt ajan arvot sisältävät sekä kotimaan että ulkomaan kuljetukset.

Tarkasteltaessa ajan arvoa kuljetusta ja kuljetettua tonnia kohden voitiin laskea keskimääräinen kuorman koko, joka on esitetty taulukossa 5. Kaikissa tapauksissa tarkasteltu toimitus ei vastannut kooltaan yksittäistä kuljetusta, vaan toimitukseen saattoi sisältyä esimerkiksi useita kontteja. Kuorman keskimääräinen laskennallinen koko vastaa kuitenkin melko hyvin todellisia kuormakokoja, joten kuljetuksen ja kuljetetun tonnin ajan arvon suhde on myös uskottava.

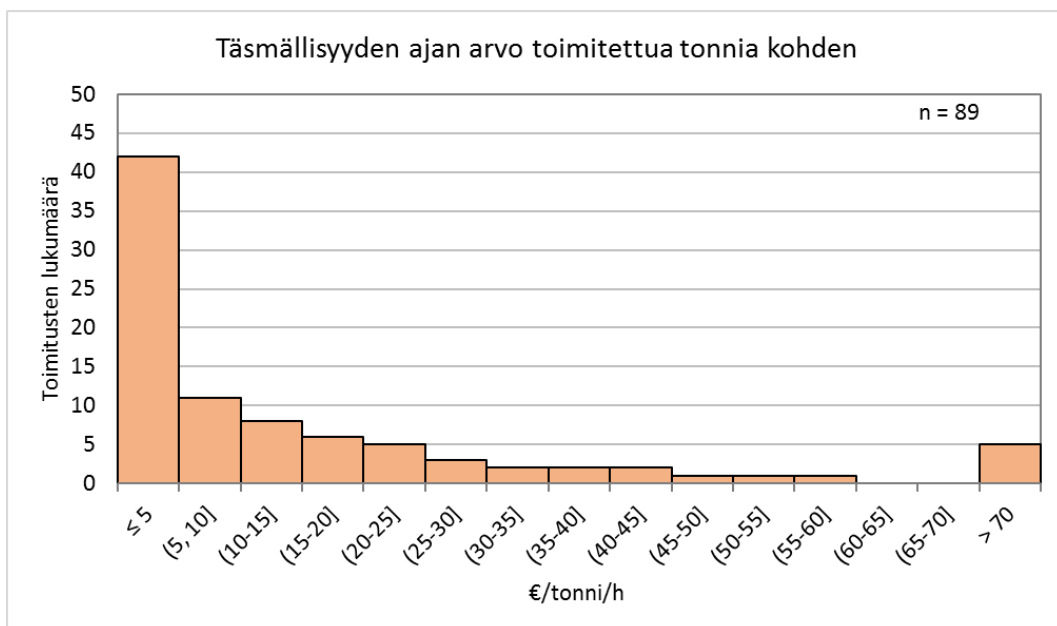
Haastatteluissa tarkasteltujen toimitusten ajan arvon jakauma toimitettua tonnia kohden on esitetty alla (Kuva 12). Ajan arvo voitiin määrittää 89:lle tarkastellulle toimitukselle. Osalle toimituksia ei voitu määrittää toimituskohtaisia ajan arvoja, koska tutkimukseen osallistuneet ovat haastattelussa valinneet toimituksen esimerkiksi vain halvimman hinnan perusteella, jolloin toimituskohtaista mallia ei voida estimoida saatujen vastausten perusteella.



Kuva 12. Toimituksen ajan arvon jakauma toimitettua tonnia kohden (€/tonni/h).

Toimituskohtaisesti määritetty toimitusajan arvo toimitettua tonnia kohden oli 0,009–177,1 €/tonni/tunti. Valtaosalla toimituksista (66 %) tavarantoimituksen ajan arvo oli korkeintaan 5 €/tonni/tunti. Suurin ajan arvo 177 €/tonni/tunti oli yhdellä yksittäisellä toimituksella.

Haastatteluissa tarkasteltujen toimitusten täsmällisyyden ajan arvon jakauma toimitettua tonnia kohden on esitetty alla (Kuva 13). Ajan arvo voitiin määrittää 89:lle tarkastellulle toimitukselle.



Kuva 13. Toimituksen täsmällisyyden ajan arvon jakauma toimitettua tonnia kohden (€/tonni/h).

Toimituskohtaisesti määritetty täsmällisyyden ajan arvo toimitettua tonnia kohden oli 0,037–1495,7 €/tonni/tunti. Lähes puolella toimituksista (47 %) täsmällisyyden ajan arvo oli korkeintaan 5 €/tonni/tunti. Suurin täsmällisyyden ajan arvo 1495 €/tonni/tunti oli yhdellä yksittäisellä toimituksella.

6.3 Esimerkki arvojen soveltamisesta

Esimerkkinä toimitusajan ja täsmällisyyden arvojen käytöstä tarkastellaan kuvitteellista tiehanketta, joka valmistuttuaan lyhentää matkaa-aikaa kahdella (2) minuutilla. Laskentaesimerkin toimituksen määräksi ja toistuvuudeksi on valittu kotimaan tiekuljetusten mediaaniarvot tutkimusaineistosta. Laskentaesimerkkinä on kotimaan tiekuljetus, joka toistuu 250 kertaa vuodessa ja toimituserän koko on 20 tonnia.

Lasketaan aikasäästön arvo vuodessa kuljetettujen tonnimäärien perusteella, jos matka-aika lyhenee kahdella minuutilla:

$$\text{ajan arvo (€/tonni/tunti)} \times \text{kuorma (t)} \times \text{toistuvuus} \times \text{aikasäästö (h) eli} \\ 0,66 \text{ €/tonni/h} \times 20 \text{ tonnia} \times 250 \times 2/60 \text{ h} = 110 \text{ euroa.}$$

Mikäli käytetään toimitukselle määritettyä ajan arvoa tonnien sijaan, saadaan aikasäästön arvoksi hieman pienempi luku kuin tonnimääräisessä tarkastelussa (jos matka-aika lyhenee kahdella minuutilla). Oletuskuorman koko on 16 tonnia alla olevassa esimerkissä:

$$\text{ajan arvo (€/toimitus/tunti)} \times \text{toistuvuus} \times \text{aikasäästö (h) eli} \\ 10,72 \text{ €/toimitus/h} \times 250 \times 2/60 \text{ h} = 26,16666... = 89,33333... \approx 89,3 \text{ euroa.}$$

Kun otetaan huomioon kuorman (20 t) poikkeama keskimääräisen kuorman painosta (16 t), saadaan ajan arvoksi seuraava:

$$\text{kuorma (t)} / \text{oletettu keskikuorma (t)} \times \text{kuormakohtainen arvo (€) eli} \\ 20 \text{ t} / 16 \text{ t} \times 89,3 \text{ €} = 111,625 \approx 111,6 \text{ euroa.}$$

Oletetaan lisäksi, että nykytilanteessa toimitusten toimitustäsmällisyys on 4 tuntia (± 2 tuntia), joka paranee hankkeen vaikutuksesta siten, että uudessa tilanteessa toimitustäsmällisyys on parantunut ± 5 minuuttia (yhteensä 10 minuuttia). Toimitustäsmällisyyttä tarkastellaan laajemmin kuin vain hankkeen seurauksena muuttuneena ajoajan vaihtelun muutoksena.

Tarkastelu tehdään siten, että toimitusajan vaihtelumuodon oletetaan olevan kolmiomainen (liite 6) tai vaihtoehtoisesti tasajakautunut. Täsmällisyyden keskimääräinen muutos kolmiomaisessa aikavaihtelussa on 0,028 tuntia (täsmällisyys ± 2 tuntia: keskimääräinen poikkeama 0,667 h, 40 minuuttia ja täsmällisyys ± 1 tunti 55 minuuttia keskimääräinen poikkeama 0,639 h, noin 38 minuuttia, eli keskimääräisen poikkeaman muutos 0,667-0,639= 0,028, noin 1,7 minuuttia) ja tasan jakautuneessa 0,042 tuntia (täsmällisyys ± 2 tuntia: keskimääräinen poikkeama 1,0 h ja täsmällisyys ± 1 tunti 55 minuuttia: keskimääräinen poikkeama 0,958 h, noin 58 minuuttia, muutos 1,0-0,958= 0,042 eli 2,5 minuuttia). Keskimääräinen aikamuutos kohdistuu kaikkiin toimituksiin, joita on tässä esimerkissä 250 toimitusta vuodessa.

Käytettäessä toimitetuille tonneille määritettyä täsmällisyyden arvoa saadaan seuraava tulos, kun kuorman suuruus on 20 tonnia:

kolmiomainen jakauma

täsmällisyyden ajan arvo (€/tonni/tunti) \times kuorma (t) \times toistuvuus \times täsmällisyyden muutos (h) (0,667-0,639=0,028) eli
 0,78 €/tonni/tunti \times 20 tonnia \times 250 \times 0,028 h = 109,20 \approx 109 euroa.

tasajakauma

täsmällisyyden ajan arvo (€/tonni/tunti) \times kuorma (t) \times toistuvuus \times täsmällisyyden muutos (h) (1,0-0,958=0,042) eli
 0,78 €/tonni/tunti \times 20 tonnia \times 250 \times 0,042 h = 163,80 \approx 164 euroa.

Käytettäessä toimitukselle määritettyä täsmällisyyden ajan arvoa saadaan seuraava tulos:

kolmiomainen jakauma

täsmällisyyden ajan arvo (€/toimitus/tunti) \times toistuvuus \times täsmällisyyden muutos (h) (0,667-0,639=0,028) eli
 26 €/toimitus/tunti \times 250 \times 0,028 h = 180,56 \approx 180,6 euroa.

Kun otetaan huomioon kuorman (20 t) poikkeama keskimääräisen kuorman painosta (16 t), saadaan täsmällisyyden ajan arvoksi seuraava:

kuorma (t) / oletettu keskikuorma (t) \times kuormakohtainen arvo (€) eli
 20 t / 16 t \times 180,6 € = 225,75 \approx 225,8 euroa.

tasajakauma

täsmällisyyden ajan arvo (€/toimitus/tunti) \times toistuvuus \times täsmällisyyden muutos (h) (1,0-0,958=0,042) eli
 26 €/toimitus/tunti \times 250 \times 0,042 h = 270,83 \approx 270,8 euroa.

Esimerkkitarkastelun mukaiset kokonaiskustannussäästöt ovat kolmijakaumaa käytettäessä 110,0 + 109,2 = 219,2 euroa vuodessa kuljetettujen tonnimäärien mukaan tarkasteltaessa tai 111,6 + 225,8 = 337,4 euroa vuodessa kuljetuskohtaisesti tarkasteltaessa.

Toimituserän suuruus ei vastaa kaikissa tapauksissa kuljetusvälineessä olevaa kuormaa. Ajan arvoa sovellettaessa tulee tarkastella myös yhdessä kuljetusvälineessä kuljetettua tavaramäärää, jos se on mahdollista. Tilastokeskuksen tuottaman tietoaineiston pohjalta ja Väyläviraston raskaan liikenteen liikennemäärätiedon perusteella on mahdollista arvioida keskimääräisiä kuormakokoja. Jos kuormakoko poikkeaa merkittävästi laskennallisesta kuormakoosta (taulukko 5) tulee aikamuutoksen suuruutta korjata vastaavasti. Tiekuljetusten laskennallinen kuormakoko on tavarain ajan arvon perusteella 16 tonnia (taulukko 5) ja jos kuorman arvioidaan olevan esimerkiksi 25 tonnia, tulee aikakustannusta korjata 25/16 \approx 1,56 suhteella ajoneuvoa kohden. Junaliikenteen osalta luotettavin tapa on tarkastella rataosakohtaisia kuljetusmääriä ja soveltaa tonnikohtaisia arvoja tehtävissä tarkasteluissa.

6.4 Vertailu muihin tutkimuksiin

Laatutekijöiden arvostuksia tiekuljetusten ja rautatiekuljetusten osalta on tutkittu Suomessa viimeksi aikaisemmin vuonna 1998 (Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/1998; Liikenneministeriön julkaisuja 57/98). Tuolloin tieliikenteessä kuljetusajan arvoksi määritettiin 8,8 mk/tonni/tunti ja myöhästymisajan arvoksi 270 mk/tonni/tunti. Suoraviivaisella muunnoksella (markoista euroiksi ja indeksointi kustannuskehityksen mukaan) tulokset vastaavat vuoden 2014 hinnoissa rahdin ajan arvoa noin 2,6 €/tonni/tunti ja viiveen arvoa noin 78,5 €/tonni/tunti. Kuljetusta kohden kuljetusajan arvo oli 48 mk/tunti (noin 14,0 €/kuljetus/tunti) ja keskimääräisen myöhästymisajan arvo 1500 mk/tunti (noin 436,1 €/kuljetus/tunti).

Rautatiekuljetusten osalta eri tavaralajien keskimääräiseksi kuljetusajan arvoksi määritettiin 0,7 mk/tonni/tunti (noin 0,2 €/tonni/tunti vuoden 2014 hinnoissa) ja kuljetusajan viiveen arvo oli noin 3,0 mk/tonni/tunti (noin 0,9 €/tonni/tunti). Kuljetusta kohden kuljetusajan arvo oli 114 mk/kuljetus/tunti (noin 34,2 €/kuljetus/tunti) ja keskimääräisen myöhästymisen arvo 507 mk/kuljetus/tunti (noin 152,1 €/kuljetus/tunti).

Vuoden 1998 tutkimuksen mukaan tiekuljetusten osalta kuljetusajan arvo oli selvästi korkeampi kuin Ruotsin vastaavassa tutkimuksessa, mutta alempi kuin monissa muissa ulkomaisissa tutkimuksissa. Tiekuljetuksilla oli Suomessa selvästi korkeampi kuljetusajan arvo kuin rautatiekuljetuksilla. Tiekuljetuksissa myös täsmällisyydellä oli suurempi merkitys kuin rautatiekuljetuksissa.

Rahdin ajan arvo hankearvioinnissa -selvityksessä (Tervonen 2016) on esitetty kattavasti rahdin ajan arvoja eri maista.

Ruotsin hankearviointiohjeistuksessa rahdin kuljetusajan säästöille ja viiveille on määritetty yksikköarvot pääomakustannusmenetelmällä. Ruotsalaisessa SAMGODS-mallissa rahdin ajan arvo on 0,14 €/tonni/tunti. SAMGODS-mallissa on 35 tavaralajia, ja ajan arvot vaihtelevat ollen noin 0–1,50 euroa/tonni/tunti. STAN-mallissa on 12 tavaralajia. Molemmissa malleissa keskimääräinen rahdin ajan arvo on sama, eli noin 0,14 euroa/tonni/tunti (vuoden 2010 hinnoissa). Molempia malleja sovelletaan tiekuljetusten tarkasteluun. STAN-mallin tavaralajeja sovelletaan myös rautatiekuljetusten tarkasteluun.

Tanskassa käytössä oleva kuljetuksen aikasäästön arvo (ajoaika) on tiekuljetuksissa 6,06 €/tonni/tunti ja rautatiekuljetuksissa 2,49 €/tonni/tunti. Kuljetusten myöhästymisen arvo on tiekuljetuksissa 8,48 ja rautatiekuljetuksissa 3,48 €/tonni/tunti. Tanskassa ei ole tehty empiirisiä kuljetuksen aikasäästön arvottamistutkimuksia, vaan ajan yksikköarvot perustuvat Euroopan komission Heatco-selvityksessä Tanskalle määritettyihin arvoihin.

Norjassa sekä tiekuljetusten että rautatiekuljetusten rahdin arvoa on tutkittu erillisillä SP-tutkimuksilla. Norjassa tiekuljetuksissa kuljetettavan rahdin ajan arvo on 1,0–1,50 €/tonni/tunti. Rautatiekuljetuksissa aikasäästön arvo on 1,70 €/tonni/tunti ja viiveen arvo on 9,20 €/tonni/tunti. Vastaavasti yksikköarvot rautatietoimitusta kohden ovat 24,60 €/toimitus/tunti ja viiveen osalta 159,80 €/toimitus/tunti.

Eri vuosina ja eri maissa saatuja tuloksia on vertailtu taulukossa 6. Tässä työssä määritetty tavaratoimituksen keskimääräinen ajan arvo toimitettua tonnia kohden tiekuljetuksissa on 0,7 €/tonni/h ja täsmällisyyden (viiveen) arvo 0,8 €/tonni/h. Saatu ajan arvo on alhaisempi kuin Tanskassa, Norjassa ja Suomessa tehdyssä edellisessä tutkimuksessa mutta korkeampi kuin Ruotsissa. Täsmällisyyden (viiveen) saatu arvo on pienempi kuin Tanskassa ja huomattavasti pienempi kuin edellisessä suomalaisessa selvityksessä saatu arvo.

Tässä työssä määritetty tavarantoimituksen ajan arvo toimitettua tonnia kohden rautatiekuljetuksissa on 0,04 €/tonni/tunti. Ajan arvo on selvästi alhaisempi kuin muissa Pohjoismaissa ja edellisessä kotimaisessa selvityksessä. Kuljetusta kohden verrattuna määritetty ajan arvo on puolestaan korkeampi kuin Norjassa ja edellisessä kotimaisessa selvityksessä. Tanskassa ja Ruotsissa ei ole määritetty ajan arvoa erikseen kuljetusta kohden.

Taulukko 6. Eri maiden käyttämiä lukuarvoja ajan ja täsmällisyyden arvoille (yhden desimaalin tarkkuudella). Vertailulukujen lähde: Tervonen 2016.

Tavararyhmä	Pääkuljetustapa kotimaassa	Ajan arvo €/toimitus/h	Viiveen arvo €/toimitus/h	Ajan arvo €/tonni/h	Viiveen arvo €/tonni/h
Suomi 2018 (tämä tutkimus)	Tiekuljetus	10,7	26,0	0,7	0,8
	Rautatiekuljetus	37,9	-	0,04	-
Suomi 1998 (vuoden 2014 hinnoissa)	Tiekuljetus	14,0	436,1	2,6	78,5
	Rautatiekuljetus	34,2	152,1	0,2	0,9
Ruotsi (vuoden 2010 hinnoissa)	Tiekuljetus	-	-	0,1	-
	Rautatiekuljetus	-	-	0,1	-
Tanska (vuoden 2013 hinnoissa)	Tiekuljetus	-	-	6,1	8,5
	Rautatiekuljetus	-	-	2,5	3,5
Norja (vuoden 2010 hinnoissa)	Tiekuljetus	7,5	-	1,0–1,5	-
	Rautatiekuljetus	24,6	159,8	1,7	9,2

6.5 Tulosten arviointi

Logistista järjestelmää ja tavaratoimituksia tarkasteltiin tässä työssä laajemmin kuin vain kuljetuksen osalta ja 1990-luvulla tehdyissä vastaavissa suomalaisissa töissä. Tarkastelunäkökulma oli tavaratoimitus asiakkaan tavaratilauksesta tavarantoimitukseen toimituspaikkaan. Kuljetus on yksi vaihe tässä kokonaisuudessa, ja sen osuus kokonaisajasta ja -kustannuksesta vaihtelee suuresti. Tavanomaisesti kuljetukseen liittyvä aika voi olla alle puolet kokonaisajasta, mutta sen osuus voi olla myös hyvin pieni. Vastaavasti kustannuksia tarkasteltiin kuljetuskustannusten sijaan toimitukseen liittyvinä kustannuksina. Kuljetus on yksi vaihe ja muiden toimintojen, kuten varastoinnin, tuotannon ja terminaalikäsitteilyn kanssa samanarvoinen osatekijä. Tavaratoimittaja voi vaikuttaa omilla päätöksillään omiin toimintoihinsa kuluvaan aikaan sekä kustannukseen, mutta kuljetusaika muodostuu kuljetusverkon ominaisuuksien ja yleensä ulkoisen operaattorin toimien perusteella. Tarkasteltaessa vain kuljetusvaihetta jäävät muut osatekijät arvioinnin ulkopuolelle. Lisäksi myöhästymisen sijaan tässä työssä käsiteltiin toimitusten täsmällisyyttä. Tutkimuksen yhteydessä todettiin useassa tapauksessa, ettei myöhästymisen ole mahdollista, vaan aikapoikkeamiin tulee varautua ennakoivasti. Haastateltavat yhdistivät osin toimitusajan ja täsmällisyyden yhdeksi aikatekijäksi, riskiksi, ja tekivät päätöksen sen mukaisesti.

Haastatteluaineiston pohjalta tehdyt mallinnukset voitiin tehdä tavaralajeittain ja kuljetustavoittain sekä kaikki tavararyhmät yhteensä kuljetustavoittain. Lisäksi kotimaan ja ulkomaan toimituksia tarkasteltiin erikseen, mutta kun tarkastelu kohdentui Suomen kuljetusverkkoon ja sillä olevaan liikenteeseen, voitiin kotimaan ja ulkomaan tarkastelut yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi.

Mallinnusten tuloksena saatuja estimaatteja voidaan pitää mallien tunnuslukujen ja arvojen perusteella onnistuneina. Estimaattien luotettavuutta ja vakautta testattiin erikseen käyttämällä vaihtoehtoisia mallirakenteita, koettua hyötyä kuvaavia hyötyfunktioita. Mallinnukset tehtiin erikseen sekä tavaratoimitukselle että toimitettua tonnia kohden. Malli sisälsi toimituskustannuksen sekä toimitusajan ja toimitustäsmällisyyden tai vaihtoehtoisesti vain toimitusajan kustannuksen lisäksi. Haastattelussa vastaaja tarkasteli toimitusta yhtenä kokonaisuutena. Tonnia kohden -mallinnuksessa muodostettiin laskennallinen ositus muuntamalla toimituskustannus yhtä toimitettua tonnia kohden. Mallinnettujen estimaattien perusteella määritettiin toimituskohtainen tavarantoimituksen ajan ja täsmällisyyden arvot sekä tonnikohtaiset arvot laskennallisen kuorman koon perusteella.

Täsmällisyyden ajan ja toimitusajan arvon suhde oli 2–3 ja tuoretuotteiden tapauksessa yli 5. Tuoretuotteissa täsmällisyysvaatimus oli haastattelijoiden perusteella selvästi tärkeämpi kuin muissa tavararyhmissä, ja tämä näkyi myös mallinnetuissa arvostuksissa. Mallinnuksen kautta tuotetut ajan arvot kuvastavat haastatteluissa yleisesti esille tulleita arvostussuhteita. Kulutus- ja investointitavaroissa ajan absoluuttinen arvo oli selvästi korkein. Kulutustavara-luokkaan sisältyi hyvin erilaisia, epähomogeenisia tavararyhmiä, ja testien mukaan ajan arvo vaihteli toimituksittain. Massa- ja irtotavaratuotteissa ajan arvo oli selvästi alhaisin.

Rautatieliikenteessä ei voitu tuottaa luotettavaa mallia, jossa toimituksen täsmällisyys olisi ollut omana tekijänään. Tulokseen on oletettavasti syynä se, että rautatieliikenteessä on vakiintunut sellainen toimintamalli, että täsmällisyys ja epätäsmällisyyteen varautuminen sisältyy luotuihin kuljetustoimintoihin. Toimitusajankohta ei aina ollut suurissa kuljetusmäärissä oleellinen, vaan tärkeintä oli, että toimitusajankohtaan oli varattu riittävät resurssit lastin käsittelyyn.

Vertailtaessa tavarahan ajan arvoja aikaisempiin suomalaisiin arvoihin havaitaan, että toimitusta kohden tarkasteltuna yksikköarvot ovat samaa suuruusluokkaa; ero on täsmällisyyden ajan arvossa. Logistisen toimitusketjun integroitua yhä enemmän, kuljetusosuutta ei nähdä enää omana erillisenä prosessina vaan kuljetus on kiinteä osa toimitusketjua. Toimitustäsmällisyysvaatimusten kiristytessä myöhästymisen mahdollisuutta ei pidetty vaihtoehtona, jolloin päätöksenteko perustuu yhä enemmän toimitusaikariskeihin varautumiseen. Toimitusaika ja toimitustäsmällisyys miellettiin usein yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin haastattelutilanteessa toimitusaika korostui valintaa tehtäessä. Suurta myöhästymistä ei pidetty mahdollisena, ja vastaaja saattoi hylätä molemmat esitetyt vaihtoehdot, sillä esitetyt vaihtoehdot ei pidetty mahdollisina nykyisessä toimintaympäristössä.

Ulkomaisissa tarkasteluissa tavarahan ajan arvoa on määritetty eri maissa hyvin eri tavoin. Vain Norjassa on määritetty ajan arvo kuljetusta kohden, ja Norjassa saatu tavarahan ajan arvo on alhaisempi kuin Suomessa nyt määritetyt arvot. Eri-tyisesti rautatiekuljetuksissa nyt määritetty ajan arvo tonnia kohden on alhainen, mutta kun verrataan laskennallista kuorman kokoa, niin kuljetusta kohden tavarahan ajan arvo on vastaavasti suurempi. Yksikköarvojen absoluuttisen arvon lisäksi tulisi vertailussa ottaa huomioon myös arvon soveltaminen erityisesti laskettaessa ajan arvoa kuljetusta kohden. Suomessa nyt määritetyt arvot ovat hyvin linjassa kuljetus-tonni-vertailussa, kun otetaan huomioon toimituksen koko.

Tässä työssä määritettyjen ajan arvojen soveltaminen infrastruktuurihankkeiden hankearvioinnissa edellyttää tarkempaa ohjeistusta. Tavarahan ajan arvo on sovellettavissa suoraviivaisesti tapauskohtaisesti, mutta infrastruktuurihankkeen vaikutus täsmällisyyteen on vaikeammin arvioitavissa. Ajan arvona voidaan käyttää joko tavararyhmä- ja kuljetustapakohtaisia arvoja tai kaikille tavararyhmille yhteistä kuljetustapakohtaista arvoa käytettävissä olevien lähtötietojen mukaisesti.

Määritetyt tavarahan ajan arvot ovat tavarahan toimittajan tavaratoimitusta kuvaavat arvot. Yhteen kuljetusyksikköön tai ajoneuvoon voi liittyä useita tavaralähettyksiä samalta tai eri lähettäjältä. Tavarahan ajan arvoja sovellettaessa tulee ottaa huomioon tarkasteltavien kuljetusyksiköiden kuormaus yleisellä tasolla. Rautatieliikenteessä on oletettavasti hyvä tarkastella kuljetusmääriä rataosittain ja soveltaa tonnikohtaisia arvoja, sillä yksi juna voi sisältää useita eri tavaralähettyksiä ja kuorman suuruus tulee ottaa erikseen huomioon. Lisäksi rataosittaiset tavaramäärätiedot ovat varsin luotettavasti tiedossa. Kuorman suuruus tulee ottaa huomioon vastaavasti myös tiekuljetuksissa.

Lähteet

Kurri, J., Peltola, V. & Sirkiä, A. (1998). Rautateiden tavarakuljetusten laatutekijät. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 3/1998). Helsinki. 49 s.

Mikola, J., Kurri, J. & Sirkiä, A. (1998). Laatutekijöiden arvostus tiekuljetuksissa. Liikenneministeriön julkaisu 57/98. Espoo. 52 s.

Tervonen (2016). Rahdin ajan arvo hankearvioinnissa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 8/2016. Helsinki. 35 s. Saatavilla:
https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-08_rahdin_ajan_web.pdf

Weiste, H. (2014) Pitkien matkojen ja kuljetusten palvelutaso. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 33/2014. Helsinki. 97 s. Saatavilla:
https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-33_pitkien_matkojen_web.pdf

Ortogonaalinen koesuunnitelma

nro	tasot		
	muuttuja 1	muuttuja 2	muuttuja 3
1	-1	-1	-1
2	0	-1	-1
3	1	-1	-1
4	-1	0	-1
5	0	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	1	-1
8	0	1	-1
9	1	1	-1
10	-1	-1	0
11	0	-1	0
12	1	-1	0
13	-1	0	0
14	0	0	0
15	1	0	0
16	-1	1	0
17	0	1	0
18	1	1	0
19	-1	-1	1
20	0	-1	1
21	1	-1	1
22	-1	0	1
23	0	0	1
24	1	0	1
25	-1	1	1
26	0	1	1
27	1	1	1

Haastateltaville lähetetty saatekirje

TUTKIMUS TAVARAN AJAN ARVOSTA LIIKENTEESSÄ

Liikennevirasto vastaa Suomen teistä, rautateistä ja vesiväylistä sekä liikennejärjestelmän kehittämisestä. Liikenneviraston tavoitteena on mahdollistaa toimivat, tehokkaat ja turvalliset matkat ja kuljetukset.

Liikenneviraston liikenneväyläinvestointien kannattavuusarvioinneissa rahdin kulun ajallisille muutoksille ei nykyisin lasketa arvoa. Jotta liikenneväylähankkeiden suunnittelussa voitaisiin huomioida paremmin investointien höydyt tavaraliikenteelle, tarvitaan tietoa tavarakuljetuksista ja kuljetusten laatutekijöiden arvostuksesta yrityksissä. Laatutekijöitä ovat esimerkiksi kuljetusaika ja kuljetusten täsmällisyys.

Liikennevirasto käynnisti vuonna 2016 tutkimuksen, jossa tavoitteena on määrittää tavaralle liikenteessä kuluvan ajan arvon yksikköarvot tie- ja rautatieliikenteessä. Yksikköarvojen avulla voidaan täsmentää tie- ja ratahankkeiden arviointiohjeistusta ja ottaa taloudellisissa tarkasteluissa huomioon ajan muutoksen vaikutus tavaraliikenteeseen nykyistä paremmin. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tarkennettiin ajan arvon käsitettä ja määrittystapaa. Nyt käynnistyvässä toisessa vaiheessa tavaraan liittyvän ajan arvon yksikköarvojen määrittäminen yritysten tavarantoimituksista vastaaville suunnattujen haastatteluiden avulla.

Toivon, että teillä on mahdollisuus osallistua tutkimukseen. Mikäli yrityksenne tavarantoimituksista vastaa joku toinen henkilö, annatthan tämän haastattelupyynnön eteenpäin kyseiselle henkilölle.

Tutkimuksen käytännön toteuttamisesta vastaa Ramboll Finland Oy. Haastattelut ovat henkilökohtaisia, ja ne toteutetaan yrityksenne toimipisteessä tai puhelinhaastatteluna. Haastattelu kestää 1–2 tuntia. Ramboll Finland Oy:n suunnittelija, DI Marika Leppäniemi ottaa yhteyttä yrityksenne edustajaan lähiaikoina sopiakseen haastatteluajan.

Vastaamme mielellämme tutkimukseen liittyviin kysymyksiin. Lisätietoja antaa liikenne-ekonomisti Taneli Antikainen (puh. 029 534 3930, taneli.antikainen@liikennevirasto.fi) Liikennevirastosta ja tutkimuksen käytännön toteutuksesta Ramboll Finland Oy:n projektipäällikkö, DI Ari Sirkkiä (puh. 040 041 3973, ari.sirkkia@ramboll.fi).

Toimitamme haastatteluun osallistuneille yhteenvedon tutkimuksen päätuloksista keväällä 2018. Tutkimusraportissa ei esitetä yrityskohtaista tietoa, eikä yksittäistä vastaajaa voi tunnistaa tuloksista.

Liikenneviraston pääjohtaja,

Antti Vehviläinen



Ohjeet haastatteluun valmistautumista varten

TAVARAN AJAN ARVO

Haastatteluun valmistautuminen

Liikenneinvestointien kannattavuusarvioinneissa tavarankuljetuksiin kuluva aika huomioidaan pelkästään kuljetuskaluston päämakustannuksiin ja kuljetustyön henkilöstökustannuksiin vaikuttavana tekijänä. Tavaralle ei lasketa aikakustannusta henkilömatkoihin kuluvan ajan tapaan. Liikenneviraston selvityksen (2016) mukaan rahdin ajan arvon huomiotta jättäminen aliarvioi sekä kuljetuksiin kohdistuvia vaikutuksia että ylipäättään hankkeiden kannattavuutta. Rahdin kulun nopeutuminen on yleisesti hyödyllistä tuotannolle ja logistiikalle.

Tutkimus tehdään vuorovaikutteisesti haastateltavan kanssa hyödyntämällä Excel-haastattelulomaketta. Haastattelut tehdään Helsingin seudulla vastaajan toimipisteessä. Muualla Suomessa haastattelut toteutetaan Skype:n avulla. Tutkimus kohdennetaan taulukossa 1 esitettyihin viiteen tavararyhmään.

Tavararyhmät	Esimerkkituotteita
Massatuotteet	Paperi ja sellu, sahatavara, metallit, muovit, rakennuslevyt, eristevillat
Kulutus- ja investointitavarat	Elintarvikkeet (säilyvät), vaatteet, huonekalut, koneet ja laitteet, komponentit, elementit
Irtotavarat	Raakapuu, rikasteet, mineraalit, kivihiili, maa-ainekset, raakaöljy
Tuoretuotteet	Vihannekset, hedelmät, irtomaito, maitotuotteet, kala ja liha, leipomotuotteet, einekset
Vaaralliset aineet	Palavat nesteet, kaasut, hapot, räjähteet

Taulukko 7. Tavararyhmien luokittelu.

Tarkasteltavat tuotekuljetukset tulisi mahdollisuuksien mukaan valita siten, että haastatteluun tulee sekä **kotimaan- että ulkomaan kuljetuksia**, mikäli yrityksellä on ulkomaan kuljetuksia. Tarkasteluun olisi hyvä ottaa sekä tie- että rautatiekuljetuksia, mikäli yrityksenne hyödyntää kumpaakin kuljetusmuotoa. Jos yrityksellä on vain yhden tyyppisiä kuljetuksia (esim. tuoretuotteet), haastatteluun valitaan pituudeltaan erilaiset kuljetukset. **Alle 50 kilometrin** kuljetuksia ei kuitenkaan tarkastella tässä tutkimuksessa. Näin ollen esimerkiksi mahdollisten ulkomaan kuljetusten tulisi olla sellaisia, joihin sisältyy vähintään noin 50 km:n maantie- tai rautatiekuljetus Suomessa.

Haastattelussa käytetään apuna kannettavaa tietokonetta. Aluksi tietokoneohjelma kysyy taustatietoja tarkasteltavasta tie- tai rautatiekuljetuksesta. Tämän jälkeen tietokone tuottaa pareittaisia vaihtoehtoja, joista teitä pyydetään valitsemaan mielestänne parempi vaihtoehto. Tällä tavoin käydään läpi **kaksi tai kolme tavanomaista, usein toistuvaa tie- / rautatiekuljetusta**.

Haastattelua varten tarvitsemme taustatietoja kolmesta (3) yrityksenne tavanomaisesta tavarantoimituksesta. Varmistatthän, että teillä on **haastatteluhetkellä käytettävissä alla esitetyt lähtötiedot** kustakin tarkasteltavasta toimituksesta:

- Toimituksen lähtöpaikka (paikkakunta)
- Toimituksen määräpaikka (paikkakunta)
- Toimituserän ensisijainen tavararyhmä (listaus taulukossa 1 edellisellä sivulla)
- Toimitettava tuote (esim. sahatavara, elintarvikkeet, rikasteet, palavat nesteet)
- Toimituserän vastaanottopään tyyppi (suora suurasiakas / vähittäiskauppa / kaupan loppuasiakas / varasto / muu)
- Pääkuljetustapa Suomessa (maantie/rautatie)
- Pääkuljetustapa ulkomaille/ulkomailta, jos kyseessä on vienti- tai tuontikuljetus (lento/laiva/maantie/rautatie)
- Toimituksen toistuvuus (krt/vuosi)
- Toimituserän keskimääräinen paino (tonnia)
- Lähetyksen arvo ilman toimituskuluja (€)
- Kokonaistoimitusaika: tilaus asiakkaalta → tilauksen käsittely → valmistus/keräily → lähetys → kuljetus väylällä → luovutus asiakkaalle (kesto h/vrk/vko, luvattu)
- Toimitusetäisyys (km)
- Kuljetuksen hinta (€)
- Toimituksen kokonaiskustannus = Kuljetuksen hinta + tilauksen käsittelystä, tuotteen keräilystä ja lähetyksestä tms. syntyneet kulut (jos mahdollista arvioida, €)
- Toimitusaikataulun tarkkuusvaatimus (h)

Haastatteluihin osallistuneet yritykset

ABB	Oriola
AGA	Orion
Ahlsell	Outokumpu
Altia	Pankaboard
Arla	Paulig
Asko/Indoor Group	Powerflute
Atria	Pyhäsalmi Mine
Boliden	Saarioinen
Boreal Bioref	Saint-Gobain PAM
Borealis	Sinebrychoff
Fazer	Snellman
Finnsementti	SSAB Europe
Fiskars	Stockmann
Gasum	Stora Enso
Genelec	Tamro
Hartwall	Teknos
HKScan	Terrafame
Inex Partners	Tokmanni
Isku	UPM
Kone	Uponor
Lemminkäinen	Vaasan
Luvata Pori	Valio
Metsä Group	Vapo
Mondo Minerals	Versowood
Neste	Wipak
Nokian Renkaat	Woikoski
Nornickel	Wärtsilä
North European Oil Trade	Yara Suomi
Olvi	<i>2 yritystä ei halunnut nimeään julki</i>

Estimoidut mallit

Tieliikenne toimitettua tonnia kohden

Final value of Likelihood = -55377.3324
 "Rho-Squared" w.r.t. Zero = .9091
 Likelihood = -55377.3324

	aika (h)	kustannus (€)	täsmällisyys (h)	dummy1
Estimate	-.1540E-01	-.2326E-01	-.1815E-01	3.899
Std. Error	.167E-03	.811E-03	.583E-03	.102E-01
"T" Ratio	-92.3	-28.7	-31.1	383.4

Tieliikenne toimitusta kohden

Final value of Likelihood = -53650.6631
 "Rho-Squared" w.r.t. Zero = .9120
 Likelihood = -53650.6631

	aika (h)	kustannus (€)	täsmällisyys (h)	dummy1
Estimate	-.2061E-01	-.1558E-02	-.4119E-01	3.816
Std. Error	.207E-03	.275E-04	.858E-03	.102E-01
"T" Ratio	-99.4	-56.7	-48.0	373.5

Rautatieliikenne toimitettua tonnia kohden

Final value of Likelihood = -514901.1368
 "Rho-Squared" w.r.t. Zero = .9056

	aika (h)	kustannus (€)	dummy1
Estimate	-.1022E-01	-.2687	4.064
Std. Error	.327E-04	.167E-02	.328E-02
"T" Ratio	-312.8	-160.6	1238.3

Rautatieliikenne toimitusta kohden

Final value of Likelihood = -508624.9258
 "Rho-Squared" w.r.t. Zero = .9068

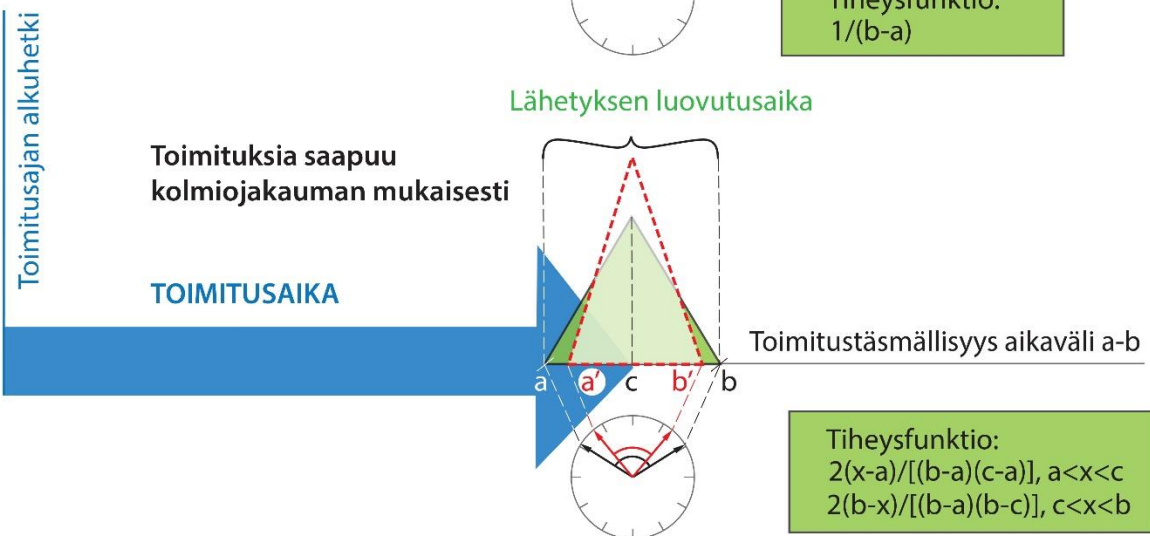
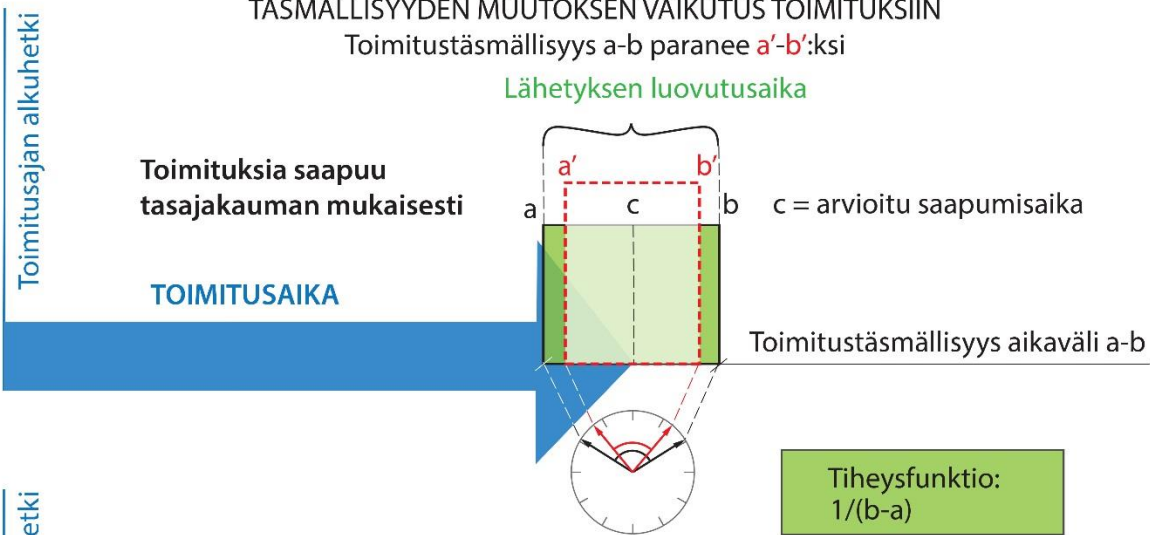
	aika (h)	kustannus (€)	dummy1
Estimate	-.9435E-02	-.2491E-03	4.059
Std. Error	.328E-04	.172E-05	.336E-02
"T" Ratio	-287.4	-144.9	1209.0

Toimitusajan täsmällisyyden kuvauksen periaate

TÄSMÄLLISYYDEN MUUTOKSEN VAIKUTUS TOIMITUKSIIN

Toimitustäsmällisyys a-b paranee a'-b':ksi

Lähetysten luovutusaika





ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-698-0
www.vayla.fi