

Opinnäytetyö (AMK)

Liiketoiminnan logistiikka

NLILOS14

2017

Inna Suonen

# HIGH CAPACITY TRANSPORT

Case Auramaan HCT

Inna Suotonen

## HIGH CAPACITY TRANSPORT

### - Case Auramaan HCT

Suomessa tutkitaan High Capacity Transport eli HCT-yhdistelmien soveltuvuutta kotimaan tavaraliikenteeseen. HCT-yhdistelmät ylittävät Suomessa suurimman sallitun massan ja/tai pituuden. HCT-kokeilujen tavoitteena on kehittää turvallisia, ympäristöystävällisiä ja energia- tehokkaita ajoneuvoyhdistelmiä. HCT-liikenne on luvanvaraista. Kokeiluluvan myöntää Trafi. Lupa-an liittyy liikenteen seurantatietojen toimittaminen Trafille sekä tutkimusvelvoite.

Kuljetusliike Y. Auramaa Oy aloitti huhtikuussa vuonna 2016 liikennöimään DUO2-tyyppisellä HCT-yhdistelmällä Kaukokiidon Turun ja Vantaan terminaalien välillä. Yhdistelmä on ylimittainen, mutta ei ylimassainen. Sen pituus on 33,78 metriä kokonaismassan ollessa 75 tonnia. Tämä opinnäytetyö on tehty osana Turun AMK:n ja Auramaan yhteistyöprojektia. Työn tavoitteena oli HCT-yhdistelmän liikennöintiin liittyvän seurantaraportoinnin kehittäminen sekä liikenne- turvallisuuteen ja energiatehokkuuteen liittyvä tutkimus.

Työ toteutettiin hyödyntämällä Auramaan tietokantoja, seuraamalla kuljettajien täyttämiä kyselylomakkeita. Kuljettajaraportoinnissa käytetyn vuorokohtaisen lomakkeen lisäksi liikenneturvallisuutta seurattiin yhdistelmään asennetun kameran avulla. Kuljettajat ovat selvinneet hyvin HCT-yhdistelmän ensimmäisestä liikennöintivuodesta, eikä merkittäviä ongelmia tai eroja normaalimittaisiin yhdistelmiin ole havaittu. HCT:n vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen ei löydetty poikkeamaa tavallisiin yhdistelmiin verrattuna.

Tutkimus HCT-yhdistelmän energiatehokkuudesta tehtiin seuraamalla ajoneuvon polttoaineen kulutusta, jota verrattiin normaalimittaiseen täysperävaunuyhdistelmän kulutukseen. Kerättyjen kulutus- ja kuormatietojen pohjalta tehtiin polttoaineen kulutusfunktiot yhdistelmien kokonais- massojen mukaan. Kulutusfunktioiden pohjalta laskettiin HCT-yhdistelmän tuomat polttoaineen kulutussäästöt. Säästöt polttoaineen kulutuksessa liikkuvat 21–25 prosentin välillä, riippuen käytetystä laskentatavasta. HCT-yhdistelmän laskettiin vuoden aikana säästäneen polttoainetta yli 20 000 litraa suhteessa normaalilla yhdistelmällä liikennöintiin. Tämä tarkoittaa hiilidioksidipäästöjen osalta noin 60 tonnin vähenemää. Ajoneuvoyhdistelmien määrän laskettiin alenevan HCT:n käyttämällä tieosuudella melkein kolmanneksella.

Polttoaineen kulutussäästöjä verrattiin muihin tutkimuksiin, joita on tehty Ruotsissa ja Suomessa. Lasketut polttoaineen kulutussäästöt ovat hieman suurempia kuin mitä muissa HCT:n kokeilututkimuksissa kappaletavaraliikenteen osalta on saatu. Johtopäätöksenä todettiin, että Auramaan HCT-yhdistelmä on hyvin energiatehokas. Auramaan tavallista pidemmällä HCT-yhdistelmällä voidaan vähentää liikenteen energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Samanaikaisesti ei kuitenkaan ole vaikutettu negatiivisesti liikenneturvallisuuteen, vaan itse asiassa liikenneturvallisuuden voidaan olettaa parantuneen ajoneuvojen määrän vähentyessä.

#### ASIASANAT:

High Capacity Transport, HCT, energiatehokkuus, CO2-päästöt, liikenneturvallisuus

BACHELOR'S THESIS THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Business Logistics, Instructor Kari Jalkanen

2017 | Total number of pages 90

Inna Suotonen

# HIGH CAPACITY TRANSPORT

- Case Auramaa's HCT

There are several ongoing studies about High Capacity Transport (HCT) vehicles in Finland. These vehicles are exceeding the maximum measurements allowed in Finland and therefore it needs to have a special licenses to operate. The purpose of increasing the length and mass of vehicle combinations is to improve energy efficiency in transport and decrease greenhouse gas emissions. Finnish Transport Safety Agency Trafi requires vehicle monitoring, reporting and research activities.

In 2016, transport company Y. Auramaa Oy started to carry packaged goods (general freight) a DUO2-type HCT combination between Turku and Helsinki. The combination is over-sized but not over-mass. Its length is 33,78 meters with a total mass of 75 tons. This thesis is a part of co-operation project of Turku University of Applied Sciences and Y. Auramaa Oy. Objectives of the thesis were to develop the reportage to Finnish Transport Safety Agency Trafi and to analyze fuel consumption and road safety of the HCT-vehicle during the first traffic year.

Work was executed by exploiting Auramaa's information systems and by following questionnaire filled out by HCT's drivers. In addition, there was a camera installed in the front part of the HCT for more detailed information about road safety. There were no differences founded in the road safety between HCT and normal vehicles.

Study was carried out by following HCT-vehicle's fuel consumption and it was compared to Auramaa's normal vehicles. In thesis a model for fuel consumption of vehicle in terms of total mass was created. A model function for fuel consumption was created for both vehicles. Modelling the relationship between fuel consumption and gross vehicle weight the fuel savings could be calculated. The results showed that HCT is more energy efficiency than normal vehicles. Savings in fuel consumption were between 21 – 25 %, depending on the data used in the calculation. HCT's fuel savings are more than 20 000 liter per year and its use reduce carbon dioxide emissions about 60 tons per year. The number of vehicle combinations was down by almost one third.

Fuel consumption savings were compared with other studies conducted in Sweden and Finland. Calculated fuel consumption savings are slightly higher than what has been gained in other HCT research for transportation packaged goods between terminals. HCT combination has positive effect lessening the climate change and significantly reduce fuel consumption. At the same time, there has not been detected no negative effects on road safety. In fact, traffic safety can be assumed even improved in number of vehicles has decreased.

KEYWORDS:

High Capacity Transport, HCT, energy efficiency, CO2 emissions, road safety

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 MAANTIEKULJETUKSET SUOMESSA</b>	<b>12</b>
2.1 Liikennelupa	12
2.2 Sallitut mitat ja massat	13
2.3 Erikoiskuljetukset	18
2.4 Maantiekuljetusten osuus kotimaan tavaraliikenteestä	19
2.5 Kotimaan kuorma-autokuljetukset	21
<b>3 KUORMA-AUTOLIIKENTEEEN ENERGIATEHOKKUUS</b>	<b>26</b>
3.1 Ilmastonmuutos ja liikenteen päästöt	26
3.2 Kuorma-autoliikenteen polttoaineen kulutus ja päästöt	27
<b>4 HCT-AJONEUVOYHDISTELMÄT</b>	<b>36</b>
4.1 Lupamenettely ja vaatimuksia	37
4.2 HCT-yhdistelmät Suomessa kuljetustyypeittäin	38
4.3 HCT-yhdistelmien polttoaineen kulutus ja saavutetut säästöt	47
4.3.1 Suomi	47
4.3.2 Ruotsi	49
<b>5 AURAMAAN HCT-LIIKENNE</b>	<b>56</b>
5.1 Taustaa ja tavoitteita	56
5.2 Raportoinnin kehittäminen ja tietojen kerääminen HCT:n energiatehokkuudesta	56
5.3 Kuljettajien koulutusajo	59
5.4 HCT-yhdistelmän ensimmäisen vuoden liikennöinnin perusseuranta	61
5.5 HCT-yhdistelmän vertailu 64-tonniseen täysperävaunuyhdistelmään	67
5.6 Kuljettajan vaikutus HCT:n polttoaineen kulutukseen	78
5.7 Liikenneturvallisuus	80
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>82</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>86</b>

## KUVAT

Kuva 1. Auramaan HCT-yhdistelmä.	10
Kuva 2. HCT-yhdistelmän logistiikkajärjestelmä: vetoauto ja kuusi puoliperävaunua.	11
Kuva 3. Sallitut massat.	14
Kuva 4. EU:n moduulidirektiivin (96/53/ETY) standardoidut moduulimittaiset osat.	15
Kuva 5. Kokonaispituudeltaan 25,25 metriä pitkän EMS-moduuliyhdistelmän kolme muodostamistapaa.	16
Kuva 6. Vapaat mittarajat: korkeus ja leveys.	18
Kuva 7. Vapaat mittarajat: pituus.	18
Kuva 8. Teknisten valintojen vaikutus raskaan ajoneuvokaluston polttoaineen kulutukseen.	30
Kuva 9. Speed Oy:n HCT-yhdistelmä konttien kuljetukseen.	39
Kuva 10. Fisole Oy:n HCT-yhdistelmä konttien kuljetukseen.	39
Kuva 11. Orpe Oy:n HCT-yhdistelmä.	40
Kuva 12. Ketosen Kuljetus Oy:n HCT-yhdistelmä.	41
Kuva 13. Mikko Niskala Oy:n HCT-yhdistelmä.	42
Kuva 14. Kilon Osuus-Auto KOA:n HCT-yhdistelmä.	42
Kuva 15. Vähälä-yhtiöiden HCT, pitkä puoliperävanu.	44
Kuva 16. Vähälä-yhtiöiden HCT, B-linkki.	44
Kuva 17. Kiitosimeon Oy:n HCT-yhdistelmä.	45
Kuva 18. Korsu Oy:n HCT-yhdistelmä.	45
Kuva 19. VR Transpointin HCT-yhdistelmä.	46
Kuva 20. Kuljetusliike R. Tarkkonen Oy:n HCT-yhdistelmä.	46
Kuva 21. Kuljetusliike K. Huhtalan HCT.	47
Kuva 22. Ruotsin ETT-yhdistelmä, En Trave Till, yksi nippu lisää.	50
Kuva 23. DUO2-trailers.	51
Kuva 24. DUO2-yhdistelmän reitti ja logistiikkajärjestelmä.	51
Kuva 25. Kolmen ajoneuvoyhdistelmän vaikutus matkojen määrää.	53
Kuva 26. AC Pantherin vakio-ominaisuudet.	57
Kuva 27. HCT-yhdistelmän reitillä oleva liikenneympyrä Vantaalla.	60
Kuva 28. HCT-yhdistelmän koulutusajo 5.4.2016 Alastaron moottoriradalla.	60
Kuva 29. HCT:n rinnalla verrokkiajoneuvon kaltainen 64-tonnin yhdistelmä.	68
Kuva 30. Auramaan HCT-yhdistelmän perävaunun lastitilan esittely Alastarolla.	74

## KUVIOT

Kuvio 1. Kotimaan tavaraliikenne, tonnit.	20
Kuvio 2. Kotimaan tavaraliikenne, tonnakilometrit.	20
Kuvio 3. Maantiekuljetusten liikennesuorite tyhjänä ja kuormattuna sekä tyhjänä ajon osuus vuosina 2000-2015.	23
Kuvio 4. Polttoaineen kulutus moottoritiesyklissä.	32
Kuvio 5. Polttoaineen kulutus tonnikipometriä kohden moottoritiesyklissä.	33

Kuvio 6. DUO2-yhdistelmän polttoaineen kulutuksen vaihtelu kesä- ja talviaikana yhdistelmän kokonaismassan mukaan.	52
Kuvio 7. Polttoaineen kulutus ml/tonnikm tavaralajeittain.	55
Kuvio 8. HCT-yhdistelmän ajokilometrien ja kuljetetun tavaramäärän kehittyminen kuukausittain huhtikuusta 2016 maaliskuuhun 2017.	61
Kuvio 9. HCT-yhdistelmän kuormapainot kuukausittain: todellinen kuorman paino sekä laskennallinen rahdituspaino.	62
Kuvio 10. HCT-yhdistelmän polttoaineen keskikulutus kuukausittain.	64
Kuvio 11. Polttoaineen kulutus: litraa per tonnikilometri.	66
Kuvio 12. Polttoaineen kulutus ajoneuvon painon mukaan kesäkaudella 2016. Ajoneuvon painossa on kuorman todellinen paino ja koko yhdistelmän omamassa. 64T tarkoittaa verrokkiyhdistelmää.	70
Kuvio 13. HCT:n ja verrokkiyhdistelmän (64T) polttoaineen kulutus per tonnikilometri kuorman painon mukaan.	76
Kuvio 14. Polttoaineen kulutus ajoneuvon painon mukaan kuljettajittain kesäajan liikenteessä.	79

## TAULUKOT

Taulukko 1. Kuorma-autoliikenteen kuljetussuoritteiden (tkm) jakautuminen (%) kokonaispainoluokittain vuosina 2015 ja 2016.	25
Taulukko 2. Ruotsissa käytettävien yhdistelmien vertailua.	53

# 1 JOHDANTO

Maantiekuljetukset ovat Suomessa lähes aina osa logistista ketjua. Sen takia niihin haetaan jatkuvasti tehokkaampia ratkaisuja, joilla pitkien välimatkojen tuomia haasteita ja kustannuksia saadaan tasattua. High Capacity Transport (HCT) -yhdistelmät ovat olleet osa Suomen tieliikennettä vuodesta 2013 lähtien. Luvanhaltijoita on jo 18, ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafilla on vielä useita lupahakemuksia odottamassa käsittelyä. HCT:t eli ajoneuvoyhdistelmät, jotka ylittävät suurimman sallitun massan ja/tai pituuden, kiinnostavat liikennöitsijöitä sekä Trafia konkreettisenä keinona kehittää maantiekuljetusten nykytilannetta. HCT-yhdistelmät ovat olleet kasvaneen kiinnostuksen kohteena myös laajemminkin kuin logistiikka-alan ammattilaisten keskuudessa. Mediassa julkaistaan nykyään hyvin usein juttuja ylimassaisista ja ylimittaisista ajoneuvoyhdistelmistä, joita kutsutaan kansanomaisesti jättirekoiksi. Tätä kirjoitettaessa kesäkuussa 2017 HCT-yhdistelmiä liikennöi yli 30 kappaletta ympäri Suomen tieverkkoa.

HCT-yhdistelmien kokeiluilla haetaan ratkaisuja entistä tehokkaampiin runkokuljetuksiin sekä ekologisempaan ja turvallisempaan tavaraliikenteeseen maanteillä. Kuljetuskapasiteetin noustessa yhdistelmiä liikkuu teillä entistä vähemmän, jolloin liikenneturvallisuuden odotetaan nousevan. Päästöjen sekä kuljetuskustannusten odotetaan vastaavasti laskevan, kun hyötykuormaa saadaan kuljetettua kerralla enemmän. Päästöjen ja kuljetuskustannusten osalta yhdistelmän polttoaineen kulutus on merkitsevä tekijä, joten kulutustietojen seuranta on keskeisessä roolissa liikennöintiin liittyvässä raportoinnissa Trafille.

HCT-liikennöinti tuo mukanaan myös haasteita. Suomen infrastruktuurin pelätään kärsivän painavista ajoneuvoyhdistelmistä, eikä liikennöinti ole mahdollista kaikkialla. Raskaiden ajoneuvojen lisääntyessä investointeja pitäisi tehdä tieverkostoon laajalti, joten liikennöinnin edut täytyy selvittää tarkasti ennen kuin investointeihin voidaan ryhtyä. Turvallisuudenkin näkökulmasta kokonaisuutensa suuret yhdistelmät ovat herättäneet huolta. Kokonaisuutensa raskaiden yhdistelmien lisäksi myös sallittua pidempien yhdistelmien turvallisuutta tutkitaan, sillä joillakin tieosuuksilla esimerkiksi ohitustilanteet voivat osoittautua hankaliksi.

HCT-liikennöinti on luvanvaraista ja monilta osin vasta kokeiluvaiheessa. Saavutettujen hyötyjen havaitsemiseksi ja todentamiseksi Trafi velvoittaa liikennöitsijöitä seuraamaan

HCT-kalustoaan tarkasti, sekä raportoimaan kaikista liikennöinnin kannalta olennaisista havainnoistaan Trafille toiminnan ja lupaehtojen kehittämiseksi.

Kuljetusliike Y. Auramaa Oy:llä HCT-projektin valmistelu alkoi tammikuussa 2015 ja lupa-anomus laitettiin vireille saman vuoden maaliskuussa. Lupa suunnitellulle HCT-yhdistelmälle myönnettiin syksyllä 2015. VAK Oy:n saatua HCT-yhdistelmän perävaunut valmiiksi maaliskuussa 2016 yhdistelmä pääsi aloittamaan liikenteen huhtikuussa 2016 Kaukokiidon Turun ja Vantaan terminaalien välillä. HCT-yhdistelmä koostuu vetoautosta ja kahdesta perävaunusta. Koko yhdistelmän pituus on noin 8,5 metriä enemmän kuin normaalilla moduulimittaisella täysperävaunuyhdistelmällä. Auramaan HCT-projektin koordinaattorina toimii yrityksen tekninen johtaja, Jussi Auramaa. Yrityksen yhteistyökumppaneina ovat Suomen Kaukokiito Oy, VAK Oy, Veho hyötyajoneuvot Oy sekä Turun ammattikorkeakoulu.

Turun ammattikorkeakoulu keskittyy projektissa tutkimustoimintaan. Yhteistyöprojektin käytännön operatiivisesta toiminnasta ovat projektin alkuvaiheessa vastanneet Auramaan aluepäällikkö Juho Hermikoski, Turun ammattikorkeakoulun yliopettaja Kari Jalkanen sekä opinnäytetyöntekijä. Opinnäytetyö on osa tätä yhteistyöprojektia ja sen tavoitteina ovat olleet Trafille tehtävän raportoinnin kehittäminen sekä polttoainetehokkuuden ja liikenneturvallisuuden seurantaan liittyvä tutkimus.

Opinnäytetyö rakentuu teoreettisesta viitekehyksestä (luvut 2-4) sekä tutkimusosuudesta (luvut 5-6). Opinnäytetyön teoreettisessa viitekehyksessä luodaan tietoperusta tutkimukselliselle osuudelle. Luvussa 2 esitellään yleisesti maantiekuljetusten nykytilaa Suomessa. Lukuun on koottu tilastotietoa maantiekuljetusten osuudesta kuljetetuista tavaramääristä ja kuljetussuoritteiden kehityksestä sekä yleistietoa luvanvaraisesta liikennöinnistä. Lisäksi luvussa avataan suurimpien Suomessa sallittujen yhdistelmien mittoja ja massoja. Luvussa 3 keskitytään kuorma-autojen energiatehokkuuteen. Energia- tehokkuutta tarkastellaan sekä päästöjen että polttoainetehokkuuden näkökulmista, hyödyntäen aikaisempia tutkimuksia aiheesta. Lisäksi luvussa kerrotaan erilaisista seurannassa käytettävistä mittareista sekä kulutukseen vaikuttavista tekijöistä. Lukuun 4 on kerätty tietoa HCT-yhdistelmistä Suomessa. Luvussa esitellään Suomessa käytettävät HCT:t kuljetustyypeittäin sekä HCT-liikennöintiin liittyvä lupamenettely. Lisäksi luvussa perehdytään aikaisempiin tutkimuksiin HCT-liikennöinnistä Suomessa ja Ruotsissa.

Työn tutkimuksellinen osuus alkaa luvusta 5. Luvun alussa avataan tarkemmin työn taustoja ja tavoitteita. Tämän jälkeen esitellään niin kutsutut aloitustoimet ennen Auramaan



HCT-yhdistelmän liikennöinnin aloitusta - raportoinnin kehittäminen sekä kuljettajien koulutusajo. Polttoaineen kulutusseurannassa keskitytään HCT-yhdistelmän ensimmäisen vuoden liikennöintiin. Lisäksi tehdään HCT-yhdistelmän vertailu 64-tonniseen normaaliin täysperävaunuyhdistelmään, jotta saadaan selvitettyä HCT-yhdistelmän tuomat polttoaineen kulutussäästöt. Luvun lopussa tehdään vielä ensimmäisen vuoden seurantaan liittyvä yhteenveto yhdistelmän liikenneturvallisuudesta. Luku 6 toimii yhteenvetoluokana, jossa esitellään tiiviimmin tutkimustulokset. Tulosten yhteenvedon lisäksi luvussa pohditaan tulosten luotettavuutta ja jatkotutkimusten tarvetta.

### **Kuljetusliike Y. Auramaa Oy**

Kuljetusliike Y. Auramaa Oy on vuonna 1929 perustettu kuljetusyritys. Nykyään konserni koostuu viidestä yrityksestä, jotka tarjoavat kuljetustoiminnan lisäksi logistiikka- ja varastointipalveluita. 58 miljoonan liikevaihdon Auramaa-yhtiöt on yksi suurimmista logistiikka-alan yrityksistä Suomessa. (Auramaa-yhtiöt 2017.)

Auramaa on osa Kaukokiito-ketjua. Kaukokiito Oy:n historia ulottuu aina 1950-luvulle, jolloin yrityksen ensimmäinen toimipiste perustettiin Helsinkiin. Kaukokiidon omistavat neljä suomalaista liikennöitsijää: Kuljetusliike Y. Auramaa Oy, Kuljetusliike Ilmari Lehtonen Oy, Kuljetusliike Kantola & Koramo Oy sekä Kuljetusliike Taipale Oy. Kuljetusliike Y. Auramaa Oy on ketjun suurin osakasliikennöitsijä. Kaukokiidolla on käytössä yli 1000 ajoneuvoa. Näistä 700 on raskaita yhdistelmiä ja 300 nouto- ja jakeluliikenteeseen tarkoitettuja yksiköitä. Kattavien kuljetuspalveluiden lisäksi Kaukokiito tarjoaa asiakkailleen terminaali- ja varastointipalveluita. Kaukokiidon palveluksessa on yli 2000 logistiikan ammattilaista. (Kaukokiito 2017.)

Auramaalla on 140 oman ajoneuvon lisäksi 150 sopimusliikennöitsijää. 13 eri paikkakunnalla toimiva yritys työllistää noin 600 henkilöä, toiminnan painottuessa eteläisen Suomen alueelle. Auramaan kuljetuskalusto koostuu erilaisista ajoneuvoista, jolloin asiakkaiden kuljetustarpeisiin voidaan vastata laajasti. Yhtiön kalustoon kuuluvat jakeluautot, täysperävaunuyhdistelmät, avonaiset perävaunuyhdistelmät sekä konttikalusto. Kalustolla voidaan siis suorittaa monenlaisia kuljetuksia, aina lämpösäädellyistä elintarvikkuljetuksista sideloadereita vaativiin paine- ja irtolastikonttien purkuihin. Yhtiön kuljetuskaluston keski-ikä on 3,5 vuotta. Modernilla kalustolla pyritään takaamaan laadukas, turvallinen sekä ympäristöystävällinen palvelutarjonta asiakkaille. (Auramaa-yhtiöt 2017.)

Auramaa-yhtiöillä on eteläisen Suomen alueella yhdeksän tavaraliikenneterminaalia ja yhteensä 50 000 neliötä terminaali- ja varastotiloja. Konserniin kuuluva Auramaa Logistiikka Oy on perustettu vuonna 1997 tarkoituksenaan tuottaa mahdollisimman kattavia kokonaisratkaisuja asiakasyritysten tarpeisiin. Kappaletavarakuljetusten ja tilausliikenteen lisäksi yritys hoitaa myös projektikuljetukset, erikoiskuljetuslupia ja liikennejärjestelyjä myöden. (Auramaa-yhtiöt 2017.)

Auramaan huhtikuussa 2016 käyttöön otettu HCT on DUO2- tyyppinen ajoneuvoyhdistelmä. Vetoautosta, pitkästä puoliperävaunusta ja varsinaisesta perävaunusta koostuvalla yhdistelmällä on pituutta 33,78 metriä ja kokonaispainoa 75 tonnia. Yhdistelmä ei siis ylitä suurinta sallittua kokonaismassaa, mutta pituutta yhdistelmällä on reilut 8 metriä enemmän kuin nykyisillä suurimmilla lainsallimilla normaaleilla yhdistelmillä. Kuormatilojen tilavuus on yhteensä noin 220 m<sup>3</sup>. HCT-yhdistelmän kapasiteetti on noin 35 % tavallista yhdistelmää suurempi. HCT-yhdistelmä on esitetty kuvassa 1. (Auramaa-yhtiöt 2017.)



Kuva 1. Auramaan HCT-yhdistelmä (Kekki 2016).

Auramaan HCT:n logistiikkajärjestelmä koostuu vetoautosta ja kuudesta perävaunusta. Näin lastauksiin saadaan tehokkuutta, kun perävaunut ovat terminaaleissa valmiina lastausta varten. Peräkärret saadaan siis lastattua ajan kanssa tehokkaammin kuin jos yhdistelmä odottaisi lastausta laiturissa. Kuvassa 2 nähdään yhtiön HCT-kalusto kokonaisuudessaan.



Kuva 2. HCT-yhdistelmän logistiikkajärjestelmä: vetoauto ja kuusi perävaunua (Kekki 2016).

Kokeiluluvan tarkoituksena on kehittää ja tutkia yhdistelmän soveltuvuutta terminaalien välisiin kappaletavarakuljetuksiin. Yhdistelmän poikkeuslupa on voimassa Turun ja Vantaan Kaukokiidon terminaalien välisessä liikenteessä 5 vuotta, aina vuoteen 2020 asti. (Kekki 2016.)

## 2 MAANTIEKULJETUKSET SUOMESSA

Maantiekuljetukset ovat tärkeä osa logistista ketjua. Niitä tarvitaan muiden kuljetusmuotojen tueksi ketjun jossakin vaiheessa lähes aina. Maantiekuljetukset ovatkin merkittävin kuljetusmuoto Suomessa; jopa 86 % kaikista kotimaan kuljetuksista tehdään maanteitse. (Murto 2016.)

Suomen logistisesta ympäristöstä voidaan erottaa monia haasteita. Pitkät kuljetusmatkat ja ohuet sekä epätasapainoiset tavaravirrat kuljetuksissa saavat aikaan sen, että Suomessa yritysten logistiikkakustannukset vievät liikevaihdosta suuren osan. Nämä haasteet ovat kuitenkin vaikuttaneet paljon siihen, että Suomi tunnetaan maantiekuljetusten edelläkävijänä. Kuljetuskalusto on kooltaan jo nyt Euroopan suurinta, ja maantielogistiikkaa kehitetään jatkuvasti ekologisuuden, turvallisuuden sekä kannattavuuden parantamiseksi. (Murto 2016.)

### 2.1 Liikennelupa

Suomessa luvanvaraista tavaraliikennettä ohjaa Laki kaupallisista tavarankuljetuksista tiellä (693/2006). Muita toimialaa ohjaavia säädöksiä ovat esimerkiksi EU:n liikenteenharjoittaja-asetus (EY) 1071/2009 sekä EU:n tavaraliikennelupa-asetus (EY) 1072/2009. (ELY-keskus 2015.)

Suomen tieliikenteessä on käytössä kolme erilaista tavaraliikennelupaa: yhteisölupa, kotimaan tavaraliikennelupa sekä traktoriliikennelupa. Traktoriliikenneluvan puitteissa voidaan liikennettä harjoittaa Suomessa traktorilla. Yhteisölupa ja kotimaan tavaraliikennelupa esitellään seuraavassa tarkemmin. Kaikissa kolmessa lupatyypissä Ahvenanmaa ei ole liikennöintialuetta. (ELY-keskus 2015.)

Yhteisöluvalla saa liikennöidä Euroopan talousalueen ja Sveitsin keskinäisessä liikenteessä, mutta lisäksi yhteisölupa sallii myös muun ulkomaanliikenteen. Alkuperäinen lupa säilytetään luvanhaltijan toimitiloissa, ja lisäksi luvanhaltijan kalustojen mukana kulkee oikeaksi todistetut jäljennökset luvasta. Lisäjäljennöksiä voidaan hakea lupakauden aikana lisää, jos uusia kalustohankintoja tehdään. Lupaehdot edellyttävät myös kuljettajatodistuksen hakemista niille kuljettajille, jotka eivät ole EU-jäsenmaiden kansalaisia tai sellaisia kolmansien maiden kansalaisia, jotka ovat oleskelleet Suomessa pitkään. Muita

kuljettajia koskevia vaatimuksia ovat esimerkiksi ammattipätevyys sekä laillinen työsuhde tai lailliseen työsuhteeseen verrattava suhde luvanhaltijaan. (ELY-keskus 2015.)

Kotimaan tavaraliikennelupa on ajoneuvokohtainen lupa, joka on myönnetty ennen 2.10.1999. Luvanhaltija saa liikennöidä Suomessa, mutta lupa ei koske Ahvenanmaata. Suomen ulkopuolista liikennöintiä voidaan harjoittaa tietyin ehdoin. Kotimaan tavaraliikennelupaa ei myönnetä enää uusille luvanhaltijoille, mutta se voidaan uudistaa luvanhaltijoille, joiden lupa on haettu ennen määräpäivää ja on edelleen voimassa. (ELY-keskus 2015.)


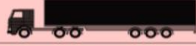





Kotimaan tavaraliikennelupia vuonna 2014 oli 9671 kpl, tavaraliikenteen yhteisölupia 10620 kpl sekä traktoriliikennelupia 2119 kpl. Valtaosa maamme kuljetusyrityksistä on hyvin pieniä. Tavaraliikennelupien perusteella 40 % yrityksistä on vain yksi ajoneuvo. Yli 20 ajoneuvolla kuljettaa tavaraa vain yksi prosentti yrityksistä. Vähintään sadan ajoneuvon yrityksiä oli 15 kappaletta vuonna 2014. (Rajamäki 2014, 5-6.)

## 2.2 Sallitut mitat ja massat

Ajoneuvojen mitat ja massat ovat kasvaneet koko kuorma-autoliikenteen historian ajan ajoneuvotekniikan ja kuljetusinfrastruktuurin kehittyessä. Kuorma-autojen ja perävaunun yhdistelmien massoja on maassamme korotettu parikymmentä kertaa vuoden 1923 jälkeen. Viimeisin merkittävä kaluston mitoitukseen vaikuttanut uudistus tapahtui vuonna 2013, kun Valtioneuvoston ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun käyttöasetuksen muutos (407/2013) astui voimaan lokakuun 1.päivänä 2013. Tällöin ajoneuvoyhdistelmän kokonaispainorajaa nostettiin 60 tonnista 76 tonniin. Kokonaisuudessaan 60 tonnia ehti olla voimassa yli 20 vuotta. 1990-luvun alkupuolella Suomi seurasi Ruotsia nostaten suurimman sallitun kokonaisuusmassan 56 tonnista 60 tonniin. (Blomberg & Santala 2014.)

Uuden asetuksen mukainen 76 tonnin massa edellyttää, että ajoneuvoyhdistelmässä on vähintään 9 akselia. Lisäksi edellytetään, että vähintään 65 prosenttia perävaunun massasta tai perävaunujen massasta yhteensä kohdistuu akseleille, jotka on varustettu paripyörin (kuva 3). Vuonna 2013 tehty käyttöasetuksen muutos nosti myös sallitun enimmäiskorkeuden 4,2 metristä 4,4 metriin. Käyttöasetuksen muutoksessa vuonna 2013 ei puututtu kuljetuskaluston pituuteen ja leveyteen. Nämä mitat säilytettiin ennallaan. Pituus on saanut olla maksimissaan 25,25 metriä vuodesta 1997 lähtien, jolloin EU:n niin

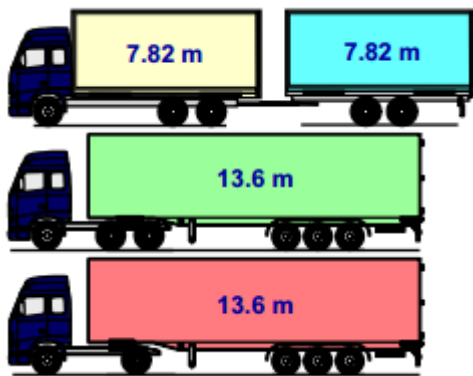
sanottu moduulidirektiivi saatettiin voimaan Suomessa. Tätä ennen maksimipituus Suomessa oli 22 metriä. (Blomberg & Santala 2014; Vehviläinen 2016.)

	18 t	<b>Auton ja puoliperävaunun yhdistelmä</b> 	Enintään 48 tonnia
	25/26 t	<b>Auton ja keskiakseliperä-vaunun yhdistelmä</b> 	Enintään 44 tonnia
	31/35 t	<b>Auton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmä ja moduuliyhdistelmä</b> 	<b>Enintään</b> - 36 tonnia neliakselisena - 44 tonnia viisiakselisena - 53 tonnia kuusiakselisena - 60 / (64) tonnia seitsemänakselisena - 64 / 68 tonnia kahdeksanakselisena - 69 / 76 tonnia yhdeksänakselisena
	42 t		

Kuva 3. Sallitut massat (Murto 2016).

EU:n moduulidirektiivillä on ollut merkittävä vaikutus Suomen maantiekuljetuksiin. Moduulidirektiivin syntyminen juontaa juurensa Euroopan maantieliikenteen harmonisointiin. 1980-luvun alkupuolella Euroopan yhteisön kansainvälisessä maantieliikenteessä asetettiin tavoitteeksi yhtenäinen 40 tonnin kokonaismassan käyttöönotto. Tulevia sisämarkkinoita ajatellen Komissio ryhtyi ajamaan myös kansallisen liikenteen massojen ja mittojen yhdenmukaistamista. Kun vuonna 1995 Euroopan Unioniin liittyivät Suomi ja Ruotsi, joissa oli totuttu käyttämään perinteisesti huomattavasti suurempia ajoneuvoyhdistelmiä kuin Euroopassa, oli EU:ssa ryhdyttävä valmistelevaan maantieliikenteen harmonisointia uudelta pohjalta. Kehitykseen vaikuttivat uusien jäsenmaiden ponnekkaat vaatimukset säilyttää isot yhdistelmät kansallisessa liikenteessä. Näin vuonna 1996 valmistui moduulidirektiivi (EU:n direktiivi 96/53/ETY). Se mahdollisti sen, ettei Suomen ja Ruotsin tarvinnut ryhtyä muuttamaan kalustoaan EU-mittoihin. Tämä olisi tiennyt Suomessa ja Ruotsissa miljardiluokan lisäkustannuksia ja merkittäviä ympäristöhaittoja. (Blomberg & Santala 2014, 155–156.)

Moduulidirektiivi siis mahdollisti jäsenvaltioiden sallivan kansallisessa liikenteessään suuremmat ajoneuvot ja ajoneuvoyhdistelmät. Direktiivin lähtökohtana on, että yhdistelmät muodostuvat moduulimittaisista osista. Standardoidut moduulimittaiset osat on esitetty kuvassa 4.



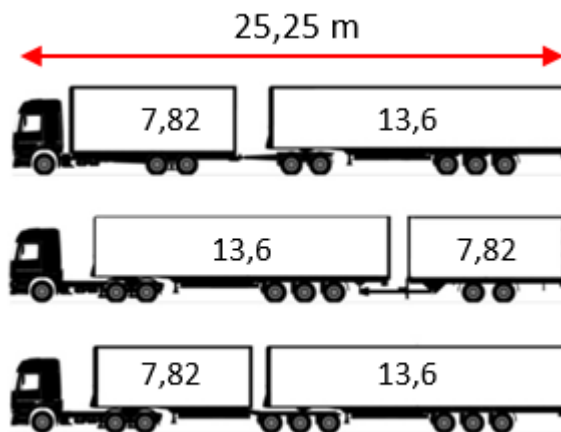
Kuva 4. EU:n moduulidirektiivin (96/53/ETY) standardoidut moduulimittaiset osat.

Moduulimittaisilla osilla haluttiin estää, etteivät suomalaiset ja ruotsalaiset kuljetusyritykset saa merkittävää kilpailuetua kansallisessa liikenteessä muualta EU:sta tuleviin kuljetusyrityksiin nähden. Toisin sanoen moduuliyhdistelmiä käyttämällä muista EU- tai ETA-maista Suomeen ja Ruotsiin tulevat kuljetusyritykset voivat maiden sisäisessä liikenteessä kilpailla tasapuolisesti suomalaisten ja ruotsalaisten liikennöitsijöiden kanssa. (Karhunen, Pouri & Santala 2008, 46–47.)

Kuvassa 4 olevat ajoneuvot ovat useimmissa Euroopan maissa suurimpia ajoneuvoyhdistelmiä mitä maiden sisäisessä liikenteessä voidaan käyttää. Käytännössä se tarkoittaa puoliperävaunuyhdistelmällä 16,5 metrin sekä keskiakseliperävaunu- ja varsinaisella perävaunuyhdistelmällä 18,75 metrin kokonaispituutta.

Suomen ja Ruotsin EU-jäsenyysneuvottelut ja jäseneksi liittyminen käynnistivät ajoneuvojen mittamuutokset Euroopassa ja johtivat lopulta moduulidirektiiviin. Moduulijärjestelmästä käytetään usein lyhennettä EMS (European Modular System). Direktiivissä ei kuitenkaan määritellä suoraan moduulimittaisista osista koostuvien yhdistelmäajoneuvojen maksimimittoja, vaan ne voidaan määritellä kunkin maan kansallisessa lainsäädännössä erikseen. Suomessa ja Ruotsissa ajoneuvoyhdistelmän suurimmaksi sallituksi pituudeksi määriteltiin 25,25 metriä vuonna 1997. Ennen vuonna 2013 tapahtunutta kokonaismassojen nostoa moduuliyhdistelmien enimmäismassa oli Suomessa 60 tonnia. Myös Ruotsissa moduuliyhdistelmän kokonaismassa oli tuolloin 60 tonnia. Vain hyvin harva muu EU:n jäsenmaa on sallinut näin pitkien ja raskaiden yhdistelmien käyttämisen kansallisessa liikenteessään. Tanskassa ja Hollannissa tällaiset pitkät ja raskaat yhdistelmät ovat sallittuja erikseen määritellyillä tieosuuksilla. (Heinonen 2016.)

Suomessa ja Ruotsissa pisin sallittu moduuliyhdistelmä voidaan muodostaa usealla eri tavalla. Kuvassa 5 on esitetty kolme yleisintä tapaa muodostaa maksimimitainen moduuliyhdistelmä. Suomessa yleisin moduuliyhdistelmä on täysperävaunuyhdistelmä, jossa kuorma-auton perässä on 13,6 metriä pitkä perävaunu. Perävaunu voi olla tyypiltään myös puoliperävaunu eli traileri (puolikas), joka kytketään apuvaunun eli dollyn avulla kuorma-autoon. Kaksi muuta mahdollisuutta muodostaa EMS-moduuliyhdistelmä ovat: vetoauto, puoliperävaunu ja keskiakseliperävaunu sekä niin sanottu B-linkki. B-linkkiyhdistelmä koostuu vetoautosta, linkkivaunuksi kutsutusta puoliperävaunusta sekä tavallisesta puoliperävaunusta. Linkkivaunussa on 7,82 metriä pitkä kuormatila ja sen peräosassa vetopöytä, johon jälkimmäinen puoliperävaunu kytketään. (Heinonen 2016.)



Kuva 5. Kokonaispituudeltaan 25,25 metriä pitkän EMS-moduuliyhdistelmän kolme muodostamistapaa.

Pituuden, painon ja korkeuden lisäksi kuljetuskalustoissa on muitakin tärkeitä mittoja ja massoja. Laissa on säädetty myös vetoautojen ja perävaunujen keskinäisistä mitoista, akseli- ja telimassoista, perävaunujen kytkentämassoista sekä ajoneuvoyhdistelmien kääntyvyydestä (kääntyvyysääntö). Suomessa käytettävät mitat ja massat perustuvat kansallisiin säädöksiin. Säädöksiin perusperiaatteet ovat asetuksessa ajoneuvojen käytöstä tiellä vuodelta 1992 (1257/1992). Tätä asetusta on muutettu useilta kohdilta viime vuosikymmenien aikana muun muassa EU:n moduulidirektiivin (96/53/ETY) myötä.

Kuljetuskaluston massasta käytetään erilaisia käsitteitä sen mukaan, mitä painoa halutaan ilmaista. Omamassalla tarkoitetaan yhdistelmän massaa silloin, kun ajoneuvo on täydessä ajovalmiudessa. Omamassaan lasketaan siis mukaan kaikki ne tarvikkeet, ku-



ten vararenkaat tai polttoaineet, jotka ovat normaalistikin ajossa mukana. Myös kuljettajalle on määritelty oma painonsa, joka on 75 kg/henkilö. Ajoneuvon kantavuudella tarkoitetaan suurinta sallittua, tavarosta tai henkilöistä johtuvaa kuormitusta. Kokonaismassa taas tarkoittaa omamassan ja kantavuuden summaa, eli kaluston suurinta sallittua kokonaispainoa kuormattuna. (Trafi 2008, 15.)

Suomessa vuonna 2013 tehty käyttöasetuksen muutos viitoitti tietä niin sanotuille jättirekoille, sillä se mahdollisti poikkeuslupien hakemisen ylipitkille ja/tai ylimassaisille yhdistelmille. Virallisemmin jättirekoista käytetään nimitystä HCT-ajoneuvoyhdistelmät, joilla tarkoitetaan yhdistelmiä, joiden pituus ja/tai massa ovat vuoden 2013 mitta- ja massa-asetuksessa määritellyjä suurempia eli pituus on yli 25,25 m ja/tai kokonaismassa yli 76 tonnia.

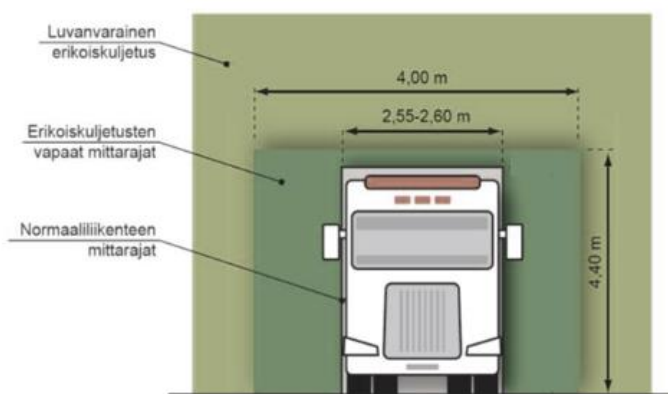
HCT-yhdistelmät eivät kuitenkaan ole erikoiskuljetusajoneuvoja, vaikka liikkuvatkin erityisluvilla. HCT-ajoneuvoille myönnettävät poikkeusluvut mahdollistavat erilaisia kokeiluja. Kokeiluilla haetaan samanlaisia hyötyjä maantiekuljetuksiin kuin vuoden 2013 massa- ja mittamuutoksillakin – tehokkaampaa, ekologisempaa ja turvallisempaa liikennöintiä Suomen maanteille. (Lahti & Tantt 2016a.)

Suomen lisäksi myös muissa maissa on HCT-yhdistelmiä. Kokeiluja suoritetaan muun muassa Ruotsissa, Kanadassa, Australiassa, Yhdysvalloissa sekä Brasiliassa. (Wilde 2014.) Yleistä HCT-ajoneuvojen määritelmää ei kuitenkaan ole. Yleensä HCT-ajoneuvoina pidetään valtion lainsäädännön asettamat enimmäismitat ja/tai -massat ylittäviä ajoneuvoja. Erikoiskuljetuksissa käytettäviä ajoneuvoja ei kutsuta HCT-ajoneuvoiksi, koska niillä hoidetaan luonteeltaan selvästi muista kuljetuksista poikkeavia, kertaluonteisia tehtäviä. Erikoiskuljetusajoneuvojen suuri koko tai massa johtuu kuljetettavan kappaleen koosta. HCT-ajoneuvoyhdistelmien tavallista suurempi koko tai massa johtuu puolestaan tavarán määrästä. (Heinonen 2016, 34.)

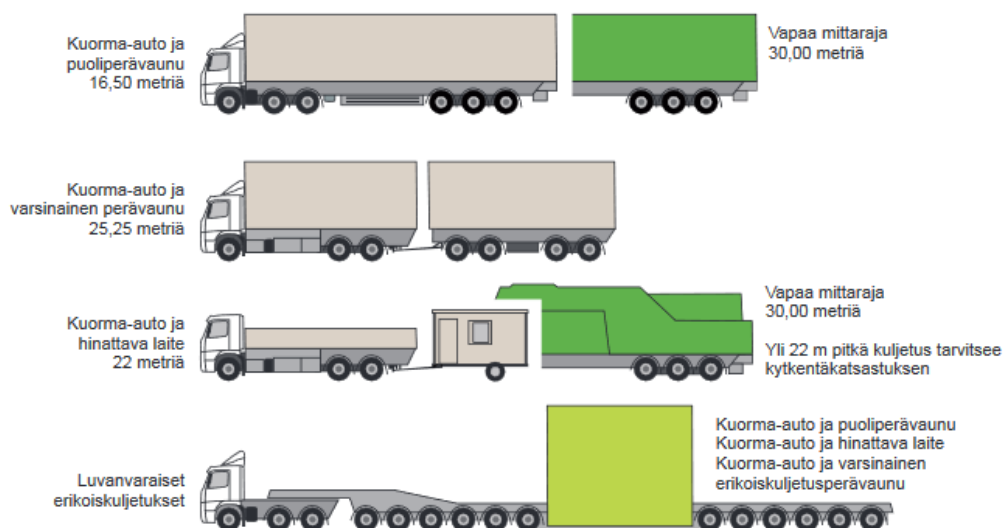
Suomen HCT-rekat ovat Euroopan suurimpia. Suomi tunnetaan nykyään edelläkävijänä maanteitse tehtävän tavarankuljetuksen tehostamisessa. (Lahti 2016.) Helmikuussa 2016 Trafi esittelikin Suomessa kuljetusyrittäjien kanssa Euroopan parlamentin liikenne- ja matkailuvaliokunnalle HCT-yhdistelmiä. Esittely tehtiin Levitunturilla talviolosuhteissa, kahden HCT-yhdistelmän voimin. (Lahti & Tantt 2016b.) HCT-yhdistelmien ohella Keski-Euroopassa on herännyt kiinnostus myös Suomen ja Ruotsin isoja moduuliyhdistelmiä kohtaan. Useissa maissa on jo tehty selvityksiä isojen EMS-yhdistelmien käyttämisestä maan sisäisessä liikenteessä (EMS 2017).

### 2.3 Erikoiskuljetukset

Suomessa erikoiskuljetuksiksi luokitellaan ne kuljetukset, joissa kaluston mitat tai kokonaisuudessa poikkeavat tieliikenteen sallituista vastaavista. Erikoiskuljetukset voidaan jakaa vielä kahteen osaan sen mukaan, onko kuljetus luvanvarainen vai ei. Erikoiskuljetus, joka hoidetaan EU- tai ETA- maissa rekisteröidyllä kalustolla vapaiden mittarajojen puitteissa, ei vaadi erikoislupaa. Vaikka lupaa ei vaadita, pitää kalusto kuitenkin olla merkitty vaadituilla merkinnöillä. (Ely-keskus 2010.) Vapaat mittarajat esitetään kuvissa 6 ja 7.



Kuva 6. Vapaat mittarajat: korkeus ja leveys (Laitinen 2014).



Kuva 7. Vapaat mittarajat: pituus (ELY-keskus 2010).

Erikoislupaa tarvitaan silloin, kun kuljetettavaa kappaletta ei voida kuljetusta varten purkaa pienempiin osiin, ja kuljetuksen mitat ylittävät vapaat mittarajat. Kokonaisuudessa taas ei voi koskaan ylittää suurinta sallittua ilman erikoiskuljetuslupaa. Näissä tapauksissa liikennöitsijän tulee hakea erikoiskuljetuslupaa Pirkanmaan Elinkeino ja ympäristökeskukselta, johon erikoiskuljetuslupa-asiat on keskitetty. (ELY-keskus 2010.)

#### 2.4 Maantiekuljetusten osuus kotimaan tavaraliikenteestä

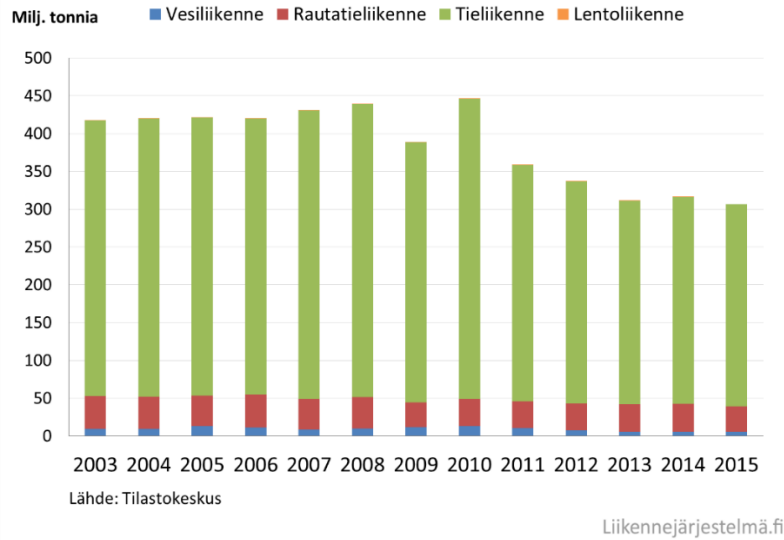
Maantiekuljetukset ovat Suomessa ylivoimaisesti eniten käytetty kuljetusmuoto niin tavara- kuin henkilöliikenteessäkin. Suurin syy maantiekuljetusten suosioon on tieverkon laajuus, joka mahdollistaa hyvän saavutettavuuden harvaan asutetuillakin seuduilla. Maantiekuljetukset tarjoavat myös nopeutta, joustavuutta sekä mahdollisuuden pienienkin tavaraliikenteiden toimittamiseen kustannustehokkaasti. (Logistiikan Maailma 2016.)

Suomen tieverkko on pituudeltaan noin 454 000 kilometriä. Yksityis- ja metsäautoteiden osuus kokonaiskilometreistä on noin 350 000 kilometriä, lisäksi kuntien katuverkostoihin kuuluu noin 26 000 kilometrin osuus. Liikenneviraston vastuulla on siis noin 78 000 kilometriä maanteitä. Tästä määrästä pääteitä, eli valta- ja kantateitä, on yli 13 000 kilometriä, josta noin 900 kilometriä on moottoriteitä. Suurimman osan Liikenneviraston vastuulla olevasta tiestöstä muodostavat seutu- ja yhdystiet, joita on 64 900 kilometrin edestä. (Liikennevirasto 2016a.)

Vuonna 2015 kotimaan tavaraliikenteen kokonaisvolyymi oli 307 miljoonaa tonnia (kuviokuva 1). Maantiekuljetusten osuus kuljetusvolyymista oli 87 %. Rautatieliikenteen osuus oli 11 % ja vesi- sekä lentoliikenteen yhteensä 2 %. (Liikennejärjestelmä 2016.)

Kuljetusmuotojen välistä työnjakoa on hyvä tarkastella myös toisella tavalla kuin kuljetettujen tonniin mukaan, sillä eri kuljetusmuotojen välillä on merkittäviä eroja kuljetustehokkuuksissa. Kun kuljetustehokkuus otetaan huomioon, saadaan kuljetustyön määrälle uusi mittari: tonnikilometrit. Tonnikilometrit (tkm) kuljetussuoritteena kuvaa kuljetustyön määrää, joka saadaan kuljetetun tavaramäärän (tonnia) ja kuljetusmatkan pituuden (kilometriä) tulona. Kuljetusmäärää voidaan mitata myös liikennesuoritteella, jolloin tarkastellaan vain ajettuja kilometrejä. Ajetut kilometrit sopivat maantieliikenteen kuljetustyön kuvaamiseen. Ajetut kilometrit ottavat huomioon myös kuorma-auton tyhjänä ajettut kilometrit. (Tilastokeskus 2017.)

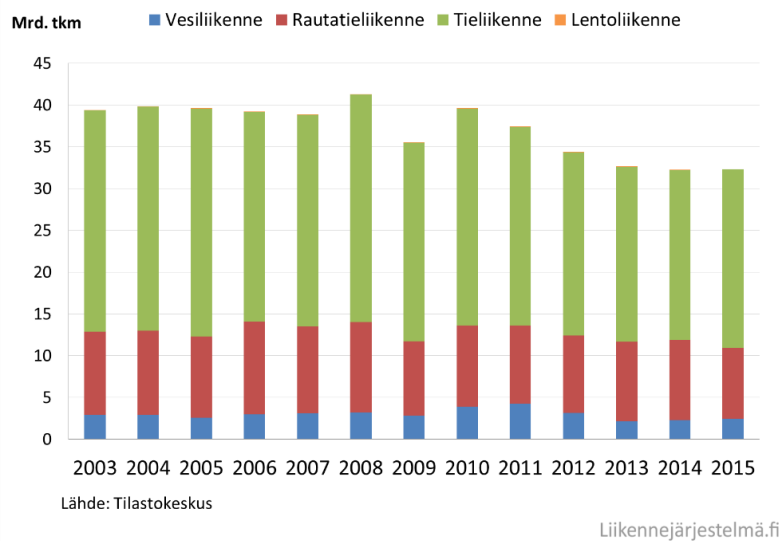
### Kotimaan tavaraliikenteen tonnit



Kuvio 1. Kotimaan tavaraliikenne, tonnit (Liikennejärjestelmä 2016).

Tonnikilometrien mukaan tarkasteltuna maantieliikenne ei ole yhtä hallitsevassa asemassa kotimaan kuljetustyössä kuin tonnien mukaan laskien (kuvio 2). Edelleen maantiekuljetukset ovat selvästi tärkein kuljetusmuoto. Maantielikenteen osuus tonnikipometreistä vuonna 2015 oli 66 %, rautatielikenteen osuuden ollessa 26 %, ja vesi- sekä lentoliikenteen yhteensä 8 %. (Liikennejärjestelmä 2016.)

### Kotimaan tavaraliikenteen kuljetussuorite



Kuvio 2. Kotimaan tavaraliikenne, tonnikipometrit (Liikennejärjestelmä 2016).

Kuljetusmuotojen välinen työnjako kotimaan tavaraliikenteessä on säilynyt hyvin vakaana koko 2000-luvun. Suomen talouden taantuma näkyy selvästi tavaraliikenteen kuljetussuoritteita kuvaavissa kuvioissa 1 ja 2.

## 2.5 Kotimaan kuorma-autokuljetukset

Kotimaan tieliikenteessä kuljetettiin kuorma-autoilla vuonna 2016 yhteensä 275 miljoonaa tonnia tavaraa. Vuoden 2016 kuljetetut tavaramäärät lisääntyivät edeltävään vuoteen verrattuna. Tonneissa mitattuna kasvua oli 3 %, tonnakilometrien lisääntyessä 15 %. Liikennesuoritetta eli ajokilometrejä kertyi 1,9 miljardia kilometriä, mikä on 16 prosenttia enemmän kuin edeltävänä vuonna. (Tilastokeskus 2017.)

Kuorma-autoliikenne on keskittynyt hyvin selkeästi Etelä-Suomen päätieverkolle. Raskaan liikenteen ajokilometreistä yli neljäsosa ajetaan Uudenmaan ELY-keskuksen alueella. (Rajamäki 2014, 4-5.)

Kuljetukset ovat nykyään hyvin vahvasti ulkoistettuja eli kuljetuspalvelut ostetaan kuljetuspalveluja tarjoavilta yrittäjiltä. Ammattimaisen eli luvanvaraisen liikenteen osuus kaikista kuorma-autoliikenteen tonnakilometreistä vuonna 2016 oli 93 %. Tonneissakin mitattuna ammattimaisen liikenteen osuus on suuri, 85 % vuonna 2016. Nämä ammattiliikenteen osuutta kuvaavat prosenttilukemat ovat pysyneet jokseenkin samalla tasolla koko 2000-luvun. (Tilastokeskus 2017.)

Vuonna 2013 Suomen yritysrekisterissä oli 10 200 yritystä, joiden toimialaksi on määriteltä Tieliikenteen tavarankuljetus. Henkilöstön määrä näissä yrityksissä oli yhteensä 34 500 henkilöä, eli keskimäärin 3,4 henkilöä / yritys. (Rajamäki 2014, 5-6.) Kuljetuselinkeino on siten hyvin pienyritysvaltaista, kuten jo edellä liikennelupa-asioita käsiteltäessä todettiin.

### **Tavararyhmät**

Kolme suurinta, eniten kuorma-autoliikennettä synnyttävää toimialaa ovat metsäteollisuussektori (puuraaka-aineet ja metsäteollisuustuotteet), rakentaminen (maa-ainekset ja rakennusteollisuuden tuotteet) sekä ruokaklusteri (Liikennevirasto 2016b, 36). Jos ruokaklusteriin luetaan kuuluvaksi perinteisten maataloustuotteiden lisäksi myös maatalouden tarveaineiden kuljetukset sekä elintarviketeollisuuden tuotekuljetukset, on ruoka-

klusteri hyvin merkittävä kuorma-autoliikennettä synnyttävä toimiala. Ruokaklusterin painoarvoa lisää se, että edellä mainittujen tuotteiden keskipitkät matkat tavarankuljetustilaston mukaan on yleisesti noin 200 kilometrin luokkaa, kun koko kuorma-autoliikenteen keskipitkät matkat vuonna 2016 oli vain 73 km. (Tilastokeskus 2017.)

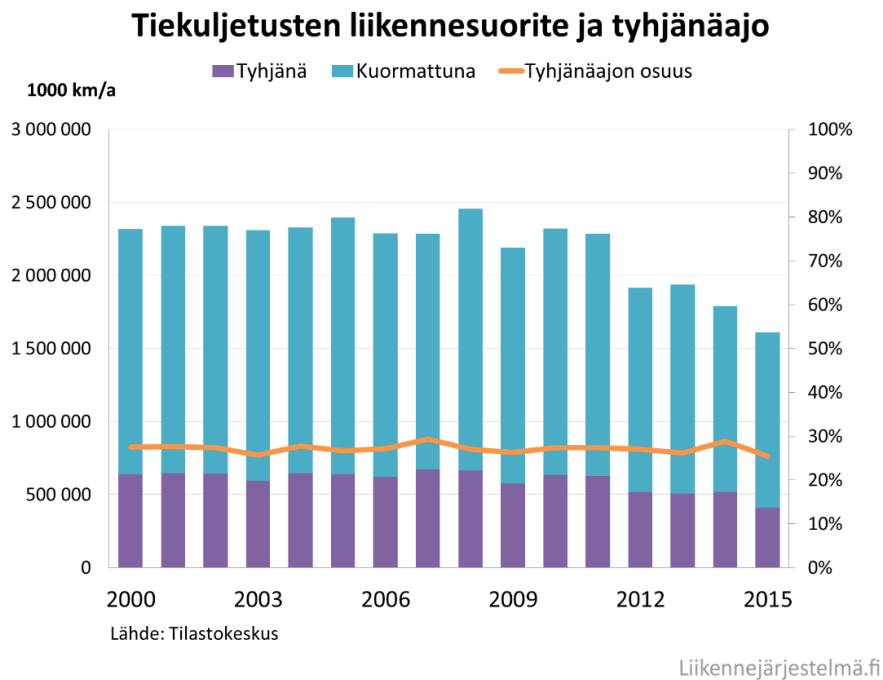
Tilastokeskus ei tilastoi kuorma-autokuljetuksia edellä olevan toimialajaottelun mukaan, vaan se käyttää joko 45 luokkaista tavaralaji- tai 20 luokkaista NST2007-tavararyhmäjaottelua. 45-luokkaisen tavarajaottelun mukaan eniten kotimaan maantieliikenteessä kuljetetaan tonneissa mitattuna soraa ja muita maa-aineksia, 33 % kaikista kuljetetuista tonneista vuonna 2016. Nämä kuljetukset ovat kuitenkin keskimäärin vain 19 km pitkiä, ja siksi maa-ainesten kuljetusten osuus oli vain 4 % kaikista kuorma-autoilla ajetuista kilometreistä. Tonnikilometreissä mitattuna maa-aineskuljetusten osuus oli 7 % vuonna 2016. (Tilastokeskus 2017.)

Toiseksi eniten kuljetetaan tukki- ja kuitupuuta, 13 % kuljetetuista tonneista ja 4 % ajetuista kilometreistä sekä tonnikilometreistä 14 %. Tämän tavararyhmän keskipitkät matkat oli 104 km vuonna 2016. (Tilastokeskus 2017.)

Tonneissa mitattuna kolmanneksi eniten kuljetetaan niin sanottua kappaletavaraa, joka tilastoissa esiintyy nimellä ”Erityyppiset tavarat, joita kuljetetaan samanaikaisesti”. Tämän kappaletavararyhmän osuus kuljetetuista tonneista vuonna 2016 oli 8 %, kuljetusten keskipitkät matkat ollessa 108 km. Kappaletavararyhmä on tonnikilometreissä mitattuna toiseksi suurin tavararyhmä 12 %:n osuudella tukki- ja kuitupuukuljetusten jälkeen. Jos kappaletavaraliikennettä tarkastellaan liikennesuoritteiden eli ajokilometrien pohjalta, nousee se suurimmaksi tavararyhmäksi 16 %:n osuudellaan, ellei tyhjänä ajoa oteta huomioon omana tavaralajikategoriana. Tyhjänä ajettujen kilometrien osuus oli vuonna 2016 noin 23 % koko kuorma-autoliikenteen ajosuoritteesta. (Tilastokeskus 2017.)

### **Tehokkuus**

Tyhjänä ajon osuus kuorma-autojen liikennesuoritteesta on pysynyt noin 25 %:n tasolla koko 2000-luvun ajan (kuviot 3). Kuljetuksiin liittyy aina kuljetusvirtojen maantieteellistä epätasapainoa, jolloin syntyy luontaista tyhjänä ajoa. Tyhjänä ajon osuus vaihtelee toimialoittain. Erityisen korkea tyhjänä ajon osuus on metsäteollisuuden kuljetuksissa, joissa toinen suunta ajetaan usein tyhjänä (Liimatainen & Viri 2017, 12).



Kuvio 3. Maantiekuljetusten liikennesuorite tyhjänä ja kuormattuna sekä tyhjänä ajon osuus vuosina 2000-2015 (Liikennejärjestelmä 2016).

Jos metsäteollisuuden kuljetuksissa esiintyy paljon tyhjänä ajoa, niin kuormausaste ajoneuvon liikkeessä kuormattuna on metsäteollisuuden kuljetuksissa hyvin korkea. Esimerkiksi tukki- ja kuitupuun kuljetuksissa kuormausaste oli 95 % vuonna 2016. Kuormausaste kuvaa kuorman painon suhdetta kuorma-auton kantavuuteen sen ollessa ajossa kuormattuna. Maa-ainekuljetuksissa kuormausaste on myös korkea, 89 % vuonna 2016. Sen sijaan kappaletavarakuljetuksissa kuormausaste on alhainen (56 % vuonna 2016). Tämä on luonnollista, sillä kappaletavararyhmä koostuu erinäisistä tavaroista, joita kuljetetaan yhdessä, ja yleensä ne ovat luonteeltaan niin sanottua tilavuustavaraa, eli tavarat ovat tilavuuteensa nähden kevyitä. Siten kappaletavarakuljetuksissa kuormatila loppuu usein kesken ennen kuin ajoneuvon suurin sallittu massa saavutetaan. Kappaletavarakuljetusten tehokkuutta ei siis voidakaan arvioida kuormausasteen perusteella kovin hyvin. (Tilastokeskus 2017.)

Kappaletavarakuljetusten tehokkuutta olisikin hyvä arvioida kuormausasteen sijaan täyttöasteen pohjalta. Tässä ongelmana on kuitenkin se, että kuormatilan täyttöaste tilastoidaan vain suuntaa antavalla tarkkuudella. Tilastokeskus laatii tavaraliikennetilastot kuljetusyrittäjille suunnatun kyselyn pohjalta, jossa heitä kehoitetaan arvioimaan kuormatilan täyttöaste. Kun kuljetusliikkeissä kuormatilan täyttöaste ei ole aina kovin hyvin selvillä, vaan se on usein melko karkea arvio, voidaan kuormatilan täyttöastetietoja pitää

vain suuntaa antavina. Vuonna 2016 Tilastokeskuksen julkaiseman tiedon mukaan kotimaan koko maantieliikenteen osalta kuormatilan täyttöaste oli noin 77 %. Täysperävaunuyhdistelmien täyttöaste oli hieman korkeampi kuin puoliperävaunuyhdistelmien sekä ilman perävaunua liikkuvien kuorma-autojen täyttöaste. (Tilastokeskus 2017.)

Kotimaan kuorma-autoliikenteen tehokkuus on 2010-luvulla kasvanut. Näin voidaan päätellä, kun tarkastellaan tiekuljetusten kehitystä kuorma-autojen kokonaisuudessa ja ajoneuvotyypin pohjalta. Suurten ja raskaampien yhdistelmien osuus liikennesuoritteesta on kasvanut. Täysperävaunuyhdistelmien käyttö tavarankuljetuksessa on kasvanut tasaisesti vuosien 2011 ja 2016 välisenä aikana, niin tonneissa kuin tonnikilometreissäkin mitattuna. Vuonna 2011 46 % tavarasta ja 70 % tonnikilometreistä kuljetettiin täysperävaunuyhdistelmällä, ja vuonna 2016 vastaavat prosentiosuudet olivat 62 ja 78 prosenttia. Täysperävaunuyhdistelmien kuljetusmäärien kasvaessa ovat ilman perävaunua olevien kuorma-autojen kuljetusmäärät pienentyneet. Niiden osuus on laskenut vuosien 2011–2016 välillä 43 prosentista 26 prosenttiin, kun tarkastellaan osuutta kuljetetuista tonneista. Tonnikilometreissä mitattuna prosentuaalinen osuus laski 14 prosentista 8 prosenttiin. Puoliperävaunujen osalta määrät ovat pysyneet suunnilleen samalla tasolla koko tarkastelujakson ajan. Puoliperävaunujen osuus kuorma-autojen liikennesuoritteesta (tkm) on ollut noin 15 prosentin tasolla. (Tilastokeskus 2017.)

Täysperävaunuyhdistelmissä vuonna 2016 oli yleisin vaihtoehto sellainen yhdistelmä, jossa vetoautona toimivassa kuorma-autossa oli kolme akselia ja kuorma-auton vetokyttimeen oli liitettyä varsinainen perävaunu, jossa oli viisi akselia. Puoliperävaunuyhdistelmissä oli puolestaan yleisin kombinaatio kolmiakselinen vetoauto, jonka vetopöydän päälle oli kytkettyä kolmiakselinen puoliperävaunu. (Tilastokeskus 2017.)

Vuonna 2013 tehty kuorma-autojen ja täysperävaunuyhdistelmien kokonaisuusmassojen nosto on kasvattanut suurten yhdistelmien osuutta Suomen kuorma-autoliikenteessä. Suurten yhdistelmien osuuden selvä kasvu on nähtävissä taulukosta 1, jossa on eritelty tarkemmin vain raskaampien yhdistelmien osuus kuorma-autojen kuljetussuoritteesta vuosina 2015 ja 2016. Yli 68 tonnin yhdistelmien osuus kasvoi 23 %:sta 32 %:iin vuonna 2016. Kaikissa muissa tarkastelluissa painoluokissa osuus joko aleni tai pysyi ennallaan, kuten tapahtui 60–68 tonnin painoluokassa. Yhteensä yli 60 tonnin yhdistelmillä hoidettiin kotimaan tieliikenteen kuljetustyöstä (tkm) vuonna 2016 jo 56 %. Yli 60-tonniset yhdistelmät tulivat liikenteeseen lokakuussa 2013. Siten niiden yleistymisen on ollut ripeää. (Tilastokeskus 2017.)



Taulukko 1. Kuorma-autoliikenteen kuljetussuoritteiden (tkm) jakautuminen (%) kokonaispainoluokittain vuosina 2015 ja 2016 (Tilastokeskus 2017).

Kokonaispainoluokka	2015	2016
alle 53 t	27 %	23 %
53 - 60 t	25 %	21 %
60 - 68 t	24 %	24 %
yli 68 t	23 %	32 %

Kuljetusyrittäjät ovat siis omaksuneet vuonna 2013 voimaan astuneet massamuutokset nopeasti. Liimataisen ja Nykäsen (2016) tekemän tutkimuksen mukaan kuorma-autojen massamuutoksilla siirryttäessä yli 60 tonniin yhdistelmiin on säästetty 88 miljoonaa ajoneuvokilometriä ajanjaksolla: lokakuu 2013 joulukuun loppu 2015. Tämä säästö vastaa 3 prosenttia koko kuorma-autoliikenteen ajokilometreistä. Kustannussäästöinä tämä tekee 58 miljoonaa euroa vuonna 2015. Hiilidioksidipäästöjen vähenemäksi he laskivat 0,07 miljoonaa tonnia, joka edustaa 3,7 prosenttia koko kuorma-autoliikenteen CO<sub>2</sub>-päästöistä. Kuljetuskustannusten kuten myös CO<sub>2</sub>-päästöjen vähenemät ovat merkittäviä, mutta säästöt eivät kuitenkaan ole vielä olleet niin merkittäviä kuin kuorma-autojen mitta- ja massamuutoksia suunniteltaessa niiden ennakoitiin olevan.

On myös esitetty arvioita, että Suomen maantieliikenteen tehokkuus ei olisi kasvanut 2000-luvulla, vaan kuorma-autokuljetusten energian kulutus / tuotettu tonnikilometri olisi vuoden 2002 jälkeen kasvanut eli kuljetusten energiatehokkuus olisi siten heikentynyt. Selittävänä tekijänä tälle kuljetusten yleiselle energiatehokkuuden laskulle pidetään lähinnä sitä, että talouden ja kuljetusten painopiste on viimeisen kymmenen vuoden aikana siirtynyt yhä enemmän massatavaraa kuljettavista toimialoista kappaletavaraa kuljettaville toimialoille. (Liikennevirasto 2016b, 43.) Yleensä kappaletavarakuljetusten energiatehokkuus ei ole yhtä hyvä kuin massatavarakuljetusten, jossa kuljetukset hoidetaan yleensä hyvin korkealla kuormaus- ja täyttöasteella. Tämä yleisellä tasolla todettu kuorma-autokuljetusten energiatehokkuuden lasku on huolestuttavaa, sillä Suomen liikennepolitiikan tavoitteena on erityisesti logististen kustannusten alentaminen ja tieliikenteen energiatehokkuuden parantaminen sekä sen myötä kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen.

### 3 KUORMA-AUTOLIIKENTEN ENERGIATEHOKKUUS

Ilmastonmuutos on maailmanlaajuinen ympäristöongelma, joka johtuu lähinnä fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena ilmakehään kertyvästä hiilidioksidista (CO<sub>2</sub>) ja muista kasvihuonekaasupäästöistä. Liikenne aiheuttaa hiilidioksidin lisäksi useita ilmaanlaatua heikentäviä päästöjä. Hiilidioksidipäästön määrä on suorassa suhteessa käytetyn polttoaineen määrään ja myös laatuun. Siksi fossiilisen polttoaineen kulutuksen vähentäminen on keskeinen keino liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi.

Ilmastomuutoksen hillintä edellyttää kuljetusten energiatehokkuuden parantamista. Energiatehokkuutta voidaan parantaa ajoneuvon teknisillä parannuksilla. Suomessa maantieliikenteen energiatehokkuutta on parannettu myös hyödyntämällä kuorma-autojen Keski-Eurooppaa suuremmat mitat ja massat. Täysimääräisesti tässä hyödyntämisessä ei ole vielä onnistuttu. Päästövähennyksiä voidaan tavoitella myös HCT-yhdistelmien avulla. Tarkkoja laskelmia kuorma-autojen massojen ja pituuden kasvattamisen vaikutuksista ilmastonmuutokseen ei kuitenkaan vielä tällä hetkellä ole käytettävissä. Päästövähennyksien tarkka laskeminen kokonaisuuden kannalta onkin haastavaa, sillä säästöjen laskemisessa on otettava huomioon myös päästöjen vähentämisestä aiheutuvat yhteiskunnalliset kustannukset.

#### 3.1 Ilmastonmuutos ja liikenteen päästöt

Ilmastonmuutos on nykyään suuri haaste kuljetusalalla. Kuljetusjärjestelmät ovat välttämättömiä yhteiskunnille, joten yrityksiltä vaaditaan yhä vastuullisempia ja ympäristöystävällisempiä toimintatapoja. Ilmastonmuutoksen seuraukset, kuten ilmaston lämpeneminen, merenpinnan nousu ja luonnonilmiöiden voimistuminen vaikuttavat jo nyt kuljetustoimintaan. Esimerkiksi tulvien vaikutus tieinfrastruktuuriin tai merenpinnan nousun vaikutus satamien toimintaan ovat jo nähtävissä. Ilmastonmuutoksen takia Euroopan ympäristökeskus on asettanut koko EU:lle 20 % tavoitteen päästöjen vähentämiseksi vuoteen 2020 mennessä. (European Environment Agency 2008, 10–12.)

Viime vuosina ympäristötavoitteet ovat yhä tiukentuneet muun muassa Pariisin ilmastopöytäkirjan myötä. Vuonna 2014 EU:n Komissio asetti 40 % kasvihuonekaasuja koske-

van päästövähennystavoitteen vuoteen 2030 mennessä vuoteen 1990 verrattuna. Liikenteen osalta tavoitteeksi on asetettu 30 % päästövähennystavoite vuoteen 2005 verrattuna. (Liikennevirasto 2016b, 12.)

Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä noin 19 % johtui kotimaanliikenteestä vuonna 2014. Liikenteen osuus hiilidioksidipäästöistä on viime vuosina kasvanut teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen pienentyessä, kun energian tuotannossa on siirrytty muihin kuin fossiilisiin polttoaineisiin. Öljyllä tuotetusta energiasta liikenteen kuluttama osuus on nykyään huomattavan korkea, peräti 40 prosenttia. Näin ollen liikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitys korostuu arvioitaessa Suomen mahdollisuuksia saavuttaa yhä tiukentuvat kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet. Noin 90 prosenttia liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä syntyy tieliikenteestä. Tässä on sekä henkilö- että tavaraliikenteen päästöt. Tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä noin 37 % aiheutuu paketti- ja kuorma-autoliikenteestä. (Liikennevirasto 2016b, 16; Liimatainen & Viri 2017, 5 ja 41.)

Kasvihuonepäästöistä merkittävimpiä ovat hiilidioksidipäästöt. Ajoneuvojen päästöjä kuvataan usein muodossa g/km. Tähän vertailuun on siirrytty siksi, että eri käyttövoimilla olevat ajoneuvot saadaan vertailukelpoisiksi. Hiilidioksidipäästöt ja polttoaineenkulutus ovat suoraan verrannollisia: bensiinikäyttöinen ajoneuvo tuottaa litraa kohden 2,35 kg hiilidioksidia, dieselikäyttöinen vastaavasti 2,66 kg. Polttoaineenkulutuksesta voidaan siis laskea suoraan hiilidioksidipäästöjen määrä. (Autoalan tiedotuskeskus 2017.)

Päästöjä aiheutuu auton elinkaaren aikana eniten, yli 90 %, ajoneuvon käytöstä. Loput päästöistä syntyvät ajoneuvon elinkaaren muissa vaiheissa, kuten valmistuksessa, kiertäyksessä tai ylläpidossa. Koska käyttö aiheuttaa päästöjä eniten, ja ainakin toistaiseksi maantiekuljetuksissa ajoneuvojen pääasiallinen käyttövoima on diesel, ovat polttoaineen kulutus ja sen säästäminen ekologisuuden kannalta todella tärkeitä. (Autoalan tiedotuskeskus 2017.)

### 3.2 Kuorma-autoliikenteen polttoaineen kulutus ja päästöt

Suomessa VTT on toteuttanut ja koordinoanut useita tutkimus- ja kehityshankkeita, joiden tavoitteena on liikenteen energiankäytön tehostaminen ja päästöjen vähentäminen sekä henkilö- että tavaraliikenteen puolella. Ensimmäinen laaja raskaan liikenteen energiankäyttöä koskeva tutkimushanke toteutettiin vuosina 2003–2005. HDEnergia (2003–

2005) -tutkimushankkeen jälkeen muita merkittäviä hankekokonaisuuksia, joissa on tarkasteltu raskaan liikenteen polttoaineen kulutusta sekä päästöjä, ovat RASTU (2006–2008), TransEco (2009–2013) sekä TransSmart (2014–2016). Kaikkiin hankkeisiin on sisältynyt useita erillisiä tutkimuksellista alaprojekteja, joita ovat toteuttaneet VTT:n eri yksiköiden lisäksi muun muassa Aalto yliopisto (Teknillinen Korkeakoulu), Tampereen teknillinen yliopisto, Oulun yliopisto, Metropolia AMK, Turun AMK ja Motiva Oy. Hankkeissa on ollut mukana myös kansainvälisiä partnereita.

VTT:n koordinoimissa liikenteen energian käytön tehostamiseen tähtäävissä hankkeissa on tuotettu lukuisia määriä erillis- ja yhteenvetoraportteja. Motiva, joka on vastannut muun muassa hankkeiden tiedotuksesta, on koonnut keskeiset tutkimusraportit omille nettisivuilleen. Lisäksi Motiva on tehnyt keskeisistä tutkimustuloksista yhteenvetoraportteja, jotka löytyvät edelleen Motivan sivuilta. Motiva Oy on asiantuntijayritys, joka kannustaa energian ja materiaalien tehokkaaseen ja kestävään käyttöön. Liikenne on yksi Motivan tärkeistä tutkimuksen painopistealoista. (Motiva Oy 2017a).

Suomessa tehtyyn pitkäjänteiseen liikenteen energiatehokkuuden tutkimusperinteesseen, jota VTT on johtanut ja koordinoanut, voidaan lukea myös Euroopan komission käynnistämä hanke: Interaction – International Transport and Energy Reduction Action. Hankkeessa pyrittiin vähentämään tavarankuljetusten kustannuksia, energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä yrityksille kannattavalla tavalla. Suomessa Euroopan komission aloitteen pohjalta hankkeen toteuttivat WSP Finland Oy ja Motiva Oy. Hankkeen loppuraportti julkaistiin vuonna 2007: Interaction-toimenpideselvitys – Kuorma-autokuljetusten energia-, ympäristö- ja kustannustehokkuuden parantaminen. (Interaction 2007.)

### **Energiatehokkuuden mittaaminen**

Interaction-hankkeessa (2007) kartoitettiin ja luotiin erilaisia malleja ja tunnuslukuja, miten kuorma-autokuljetusten energiatehokkuutta, polttoaineen kulutusta sekä päästöjä voidaan tutkia ja vertailla. Näin Interaction loppuraportissa esitellyt energian käytön tunnusluvut ja suureet toimivat hyvänä viitekehystenä tälle HCT-liikenteen polttoaineen kulutuksen säästöjä käsittelevälle tutkimukselle.

Tavaraliikenteen energiatehokkuuden seurannassa perustietoja ovat: ajokilometrit, kuljetettu tavaramäärä sekä polttoaineen kulutus. Perustiedoista voidaan johtaa apusuureiden kautta loppusuureita eli tunnuslukuja energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen laskemiseksi. Seuraavaan on koottu muutamia Interaction-loppuraportissa (2007) määriteltyjä tunnuslukuja, joita voidaan käyttää kuljetusten energiatehokkuuden arvioinnissa.

Tunnuslukujen esittelyssä keskitytään HCT-liikenteen polttoaineen kulutuksen säästöjen laskemisen kannalta vain olennaisiin mittareihin. Tunnusluvuista esitellään sekä logistista tehokkuutta että energian käytön tehokkuutta kuvaavia mittareita.

- *Täyttöaste (%)*: Täyttöaste tarkoittaa käytetyn kuljetuskapasiteetin suhdetta ajoneuvon koko kuljetuskapasiteettiin. Tunnusluku voidaan laskea massoilla tai tilavuuksilla. Täyttöastetta nostamalla voidaan energiatehokkuutta parantaa. Täyttöasteen laskemiseksi tarvitaan tiedot kuljetettavien tuotteiden massoista ja tilavuuksista. Kun kappaletavaraliikenteessä kulkee mitä erilaisimpia tuotteita samassa kuormassa, on täyttöasteen tarkka laskeminen usein hankalaa.
- *Tyhjänä ajetut kilometrit (%)*: Tyhjänä ajetut kilometrit kuvaavat paluukuormien hankinnan onnistumista. Tunnusluku lasketaan suhteessa kaikkiin ajokilometreihin.
- *Tonnikilometrit (tkm)*: Tonnikilometrit -tunnusluku kuvaa kuljetustyön määrää. Se lasketaan kuljetusmatkan ja tavaramäärän tulona. Tunnusluku voidaan laskea myös kuljetettujen lavojen tai muiden kuljetusyksiköiden (esim. rullakot) mukaan.
- *Polttoaineen kulutus (l/100 km)*: Polttoaineen kulutus sataa kilometriä kohden on hyvin yleisesti käytetty mittari ja se on helppo ymmärtää. Se riippuu useista eri tekijöistä muun muassa täyttöasteesta, kuljettajan ajotavasta sekä ulkoisista tekijöistä.
- *Ominaispolttoaineenkulutus (l/tkm)*: Tunnusluku kuvaa tietyn massan kuljettamiseen tarvittavaa polttoaineen määrää kuljetusetäisyyden suhteen. Tunnusluku voidaan laskea myös siten, että polttoainelitrin tilalla käytetään jotain muuta energiayksikköä esimerkiksi joulea, mutta tässä tutkimuksessa, kun tarkastellaan vain dieselkäyttöisiä kuorma-autoja, ei ole tarpeen käyttää muuta energiayksikköä. Jos energiayksikkönä käytettäisiin joulea, voidaan tunnusluvusta käyttää nimitystä ominaisenergiankulutus.

### **VTT:n polttoaineen kulutus- ja päästömittaukset**

VTT:n ensimmäisessä laajassa raskaan ajoneuvokaluston energiankäytön tehostamista koskevassa tutkimushankkeessa (HDEnergia) tavoitteeksi asetettiin pysyvä 5-10 %:n polttoaineensäästö. HDEnergia ja sitä seuranneen RASTU-hankkeen mukaan raskaan kaluston energian kulutusta voidaan vähentää muun muassa seuraavalla keinovalikolla:

- oikean ajoneuvon valinta erityyppisiin ajotehtäviin
- tekniset parannukset ajoneuvoon ja sen komponentteihin
- poltto- ja voiteluaineiden optimointi

- autojen käyttötavan optimointi muun muassa hyödyntäen erilaisia informaatiojärjestelmiä.

Kuvaan 8 on koottu VTT:n tekemien liikenteen energiatehokkuuden tutkimuksissa (HDEnergia ja RASTU) havaittuja raskaan kaluston polttoaineen kulutuksen säästöpotentiaaleja, eli millä ajoneuvoon liittyvillä teknisillä tekijöillä on vaikutusta polttoaineen kulutukseen. Merkittävin tekijä polttoaineen kulutukseen on ajoneuvon painolla ja aerodynamiikalla. Niiden yhteissäätöpotentiaali on 30 %.



Kuva 8. Teknisten valintojen vaikutus raskaan ajoneuvokaluston polttoaineen kulutukseen (Interaction 2007, 35).

VTT:n kehittämä mittausmenetelmä on paljastanut, että raskaassa kuorma-autoliikenteessä eri automalleilla ja automerkeillä on huomattavia eroja polttoaineen kulutuksessa ja päästöissä. Kulutuserot eri automerkkien välillä samanlaisessa kuljetustehtävässä ovat olleet jopa 16 %. Sen sijaan pakokaasupäästöjen osalta kokonaiskuva eri automerkkien välillä ei ole läheskään yhtä selkeä kuin polttoaineen kulutuksen osalta. (Nylund, Erkkilä & Söderström 2005.)

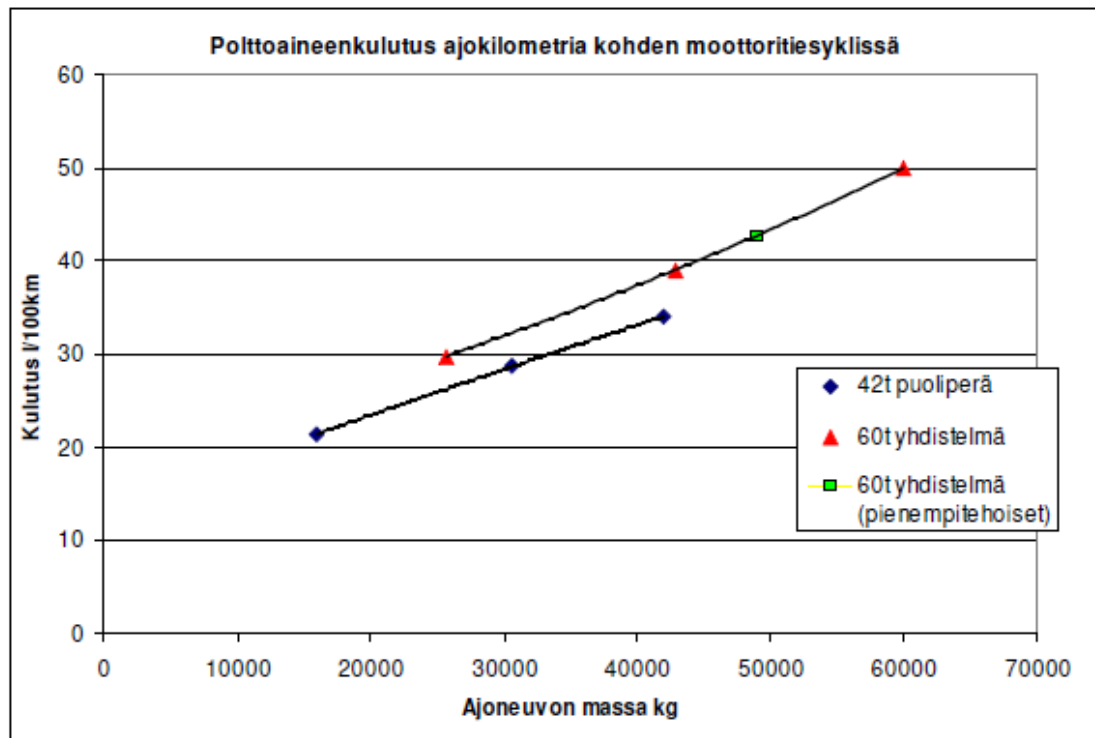
VTT:n koordinoimissa tutkimuksissa raskaan kuorma-autokaluston polttoaineen kulutuksen säästöjä ja pakokaasupäästöjä on tarkasteltu pääosin laboratorio-olosuhteissa. Näin on voitu selvittää hyvinkin tarkasti esimerkiksi eri automerkkien polttoaineen kulutuksessa olevia eroja. Ilman laboratorioissa tehtäviä tarkkoja mittauksia terveydelle haitallisten pakokaasupäästöjen tutkiminen luotettavasti ei oikein olisi muuten edes mahdollista.

Laboratoriossa tehtävillä mittauksilla voidaan polttoaineen kulutukseen vaikuttavat ulkoiset olosuhdetekijät eliminoida pois, muun muassa keliolosuhteet ja ruuhkat. Laboratoriossa tehtävillä mittauksilla saadaan eliminointia myös kuljettajien erilaisten ajotapojen vaikutus polttoaineen kulutukseen.

VTT toteuttaa kuorma-autokaluston polttoaineen kulutus- ja päästömittaukset tutkimuslaboratoriossaan alustadynamometrillä. Vuonna 2002 hankittu dynamometri mahdollistaa ajosimuloinnin kokonaismassaltaan aina 60 tonniin yhdistelmiin asti. Mittauksissa käytetään todellisissa ajotilanteissa muodostettuja dynaamisia ajosyklejä. Raskaan kuorma-autoliikenteen osalta on luotu kolme ajosykliä: jakeluajo, maantieajo vaihtelevalla nopeudella ja moottoritieajo vakionopeussäädintä käyttäen. Ajosyklien tiedot on kerätty yhteistyössä Transpoint Oy:n kanssa ajamalla heidän kalustolla valitut reitit kuormattuna. Reiteiltä on kerätty nopeustiedon lisäksi myös tien korkeusprofiili. Reiteiltä kerätyillä tarkoilla moottorin kuormitusta kuvaavilla tiedoilla laboratoriossa voidaan mitata luotettavasti erinäisten teknisten ratkaisujen, esimerkiksi eri voiteluaineiden vaikutus polttoaineen kulutukseen ja päästöjen määrään. Alustadynamometrillä kuorman painoa voidaan muuttaa, jolloin saadaan selville kuorman painon vaikutus polttoaineen kulutukseen. (Nylund, Erkkilä & Söderström 2005.)

VTT:n tutkimuksissa moottoritiesykli on kiintoisa tämän tutkimuksen kannalta, sillä Auran HCT-yhdistelmä kulkee Helsinki-Turku välisellä moottoritiellä. VTT:n käyttämä moottoritiesykli on muodostettu noin 30 km:n pituisesta tieosuudesta Lahden moottoritiellä Järvenpäästä pohjoiseen (Nylund, Erkkilä & Söderström 2005).

Kuorman painon on eri tutkimuksissa todettu lisäävän selvästi polttoaineen kulutusta. Kuviossa 4 on esitetty VTT:n RakeTruck-tutkimuksessa tehtyjen mittauksien polttoaineen kulutus moottoritiesyklissä sekä 42 tonnisen puoliperävaunu- että 60 tonnisen täysperävaunuyhdistelmän osalta ajoneuvon kokonaismassan suhteen.



Kuvio 4. Polttoaineen kulutus moottoritesyklissä (Nylund, Erkkilä & Söderström 2005, 23).

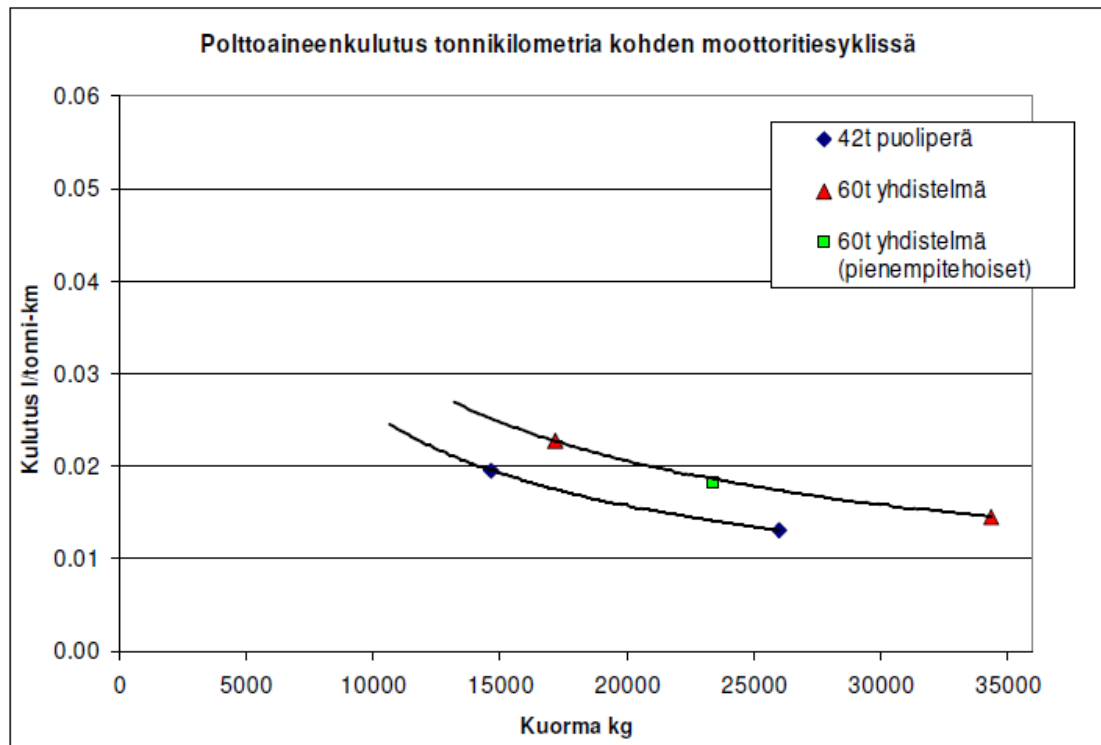
Täysperävaunuyhdistelmän polttoaineen kulutus moottoritesyklissä vaihtelee tyhjänä ajettaessa noin 30 litrasta täyden kuorman noin 50 litraan sadalla kilometrillä. Puoliperävaunuyhdistelmän kulutuskäyrä kulkee selvästi alemmalla tasolla. Puoliperävaunuyhdistelmä kulkee siis varsinaista perävaunuyhdistelmää kevyemmin. Kulutusero puoliperävaunun hyväksi on noin 2 – 3 l/100 km vastaavalla kokonaispainolla.

Todellisuudessa suurilla yhdistelmillä on kuitenkin parempi energiatehokkuus huomioidaessa yhdellä kerralla kuljetettava tavaramäärä. Siten täyteen kuormatulla 60 tonnin yhdistelmällä polttoaineen tehokkuus muodostuu paremmaksi kuin puoliperävaunuyhdistelmällä parhaimmillaan. Jos kuitenkin 42 tonnisen yhdistelmän täysi kuorma kuljetetaan 60 tonnin yhdistelmällä vajaaksi täytettynä, polttoaineen kulutus tonnikilometriä kohden on noin 10 prosenttia korkeampi. Kuorma siis määrää minkälainen yhdistelmä kuljetustehtävään kannattaa valita. (Nylund, Erkkilä & Söderström 2005.)

Pelkkä litramääräisen polttoaineen kulutuksen tarkastelu ei siis riitä vertailemaan eri painoluokan ajoneuvojen suorituskykyä ja energiatehokkuutta keskenään. Kuviossa 5 on esitetty tonnikilometriä kohti laskettu polttoaineen kulutus (ominaispolttoaineenkulutus,



l/tkm) kuorman funktiona. Tonnikilometriä kohti laskettu polttoaineen kulutus laskee luonnollisestikin kuorman kasvaessa, ja toisaalta taas kasvaa hyvin voimakkaasti kuorman painon pienentyessä. Moottoritesyklissä kulutus on alimmillaan täysperävaunuyhdistelmällä täydellä kuormalla (noin 35 tonnia) ajettaessa noin 0,014 l/tkm (14 millilitraa/tkm).



Kuvio 5. Polttoaineen kulutus tonnikipometriä kohden moottoritesyklissä (Nylund, Erkkilä & Söderström 2005, 23).

VTT:n tekemissä raskaan kaluston energiatehokkuuden tutkimuksissa on todettu, että polttoaineenkulutukseen vaikuttavat hyvin monet tekijät. Ajoneuvon hankintavaiheessa tulisikin kiinnittää huomiota käyttötarpeen mukaiseen mitoitukseen, moottorin tehokkuuteen, voimansiirtoon sekä omamassaan. Tehtyjen simulointien mukaan 1000 kg pudotus kokonaisuudessaan merkitsee runsaan prosentin polttoaineenkulutuksen alenemista. Maantieajossa 1000 kg lisäpainon on todettu vaikuttavan kulutukseen lisäävästi jopa 0,7 l/100 km. Autojen aerodynamiikan huomiointi voi laskea polttoaineenkulutusta parhaimmillaan yli 5 %, esimerkiksi tuulenohjaimien ja muiden ilmanohjaimien avulla. (Kytö, Erkkilä & Nylund 2009; Motiva 2017b, 1.)

Ajoneuvoon kohdistuu ajovastuksia siitä huolimatta, että ajoneuvoa muotoilemalla ajoneuvon liikettä vastustavia voimia pystytään vähentämään. Ilmanvastus syntyy, kun ajoneuvo liikkuessaan läpäisee ilmamassaa. Ilmanvastuksen vaikutus on vähäistä alhaisilla

nopeuksilla, mutta suurten yhdistelmien liikkeessä suuremmilla nopeuksilla vaikutus on jo selvä. Nopeuden kasvaessa 20 %, ilmanvastus kasvaa 44 %. Ilmanvastuksen osuus maanteillä liikkuvien raskaiden ajoneuvojen kokonaisajovastuksista on yli puolet, kun ajonopeudet ovat 60–90 km/h. (Kytö, Erkkilä & Nylund 2009; Motiva 2017b, 2.)

Toinen merkittävä ajovastus on renkaiden vierintävastus. Renkaiden energiatehokkuuteen vaikuttavat renkaan uritukset, runko sekä ilmanpaineet. Kulunut rengas on usein uutta energiatehokkaampi, mutta turvallisuustekijöiden takia rengasvalinnoissa ei aina ole mahdollista käyttää taloudellisinta vaihtoehtoa. (Kytö, Erkkilä & Nylund 2009, 23; Motiva 2017b, 2.)

Voimansiirrosta syntyy häviötä. Voimansiirron häviöitä voidaan parhaiten pienentää laakerointitekniikkaa kehittämällä sekä kiinnittämällä huomioita laadukkaisiin voiteluaineisiin. Voiteluaineiden oikealla valinnalla voidaan vaikuttaa polttoaineen kulutukseen vähentävästi, noin 1-2 prosentilla. (Motiva 2017b, 2.)

### **Polttoaineen kulutukseen vaikuttavat tekijät**

Ajoneuvojen energiatarpeeseen eli polttoaineen kulutukseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen päätekijään: ajoneuvo, olosuhteet sekä kuljettaja. Olosuhdetekijöillä tarkoitetaan muun muassa ilman lämpötilaa, tien pintaa, maaston korkeusvaihteluja ja muuta liikennettä. (Ikonen 2013, 7.)

Kuljettajan ajotavalla on suuri vaikutus polttoaineen kulutukseen. Taloudellisella ajotavalla voidaan säästää polttoainekustannuksissa, parantaa liikenneturvallisuutta sekä vähentää pakokaasupäästöjä. Lisäksi taloudellisella ajamisella voidaan vähentää renkaiden kulumista sekä korjaus- ja huoltokustannuksia. (Lehtonen & Vehmas 2008.)

Kuljettajan ajotapaan ja siten polttoaineen kulutukseen voidaan vaikuttaa erilaisilla teknisillä apuvälineillä esimerkiksi reaaliaikaisilla ajo-opastimilla. Myös polttoaineen kulutuksen seuranta vähentää kuljettajien polttoaineen kulutusta. Ajoneuvotietokoneiden avulla kulutusta voidaan seurata tarkasti niin päivä kuin kuukausitasollakin. Tietokoneilla voidaan seurata ajotavan tehokkuutta sekä seurata esimerkiksi turhia tyhjäkäyntejä, jolloin polttoaineen kulutusta voidaan vähentää tehokkaasti. Kuljettajakohtaisen seurannan mahdollistavia järjestelmiä on nykyään tarjolla jo useita, ja niiden käyttö on viime vuosina yleistynyt. Suomen Kuljetus ja Logistiikka, SKAL ry arvioi, että nykyään 40–50 % kuljetusyrityksistä käyttää ajotavan seurantajärjestelmiä. (Liimatainen, Rauhamäki & Liedes 2009; Motiva 2017c; YLE Uutiset 2017.)

Kuljettajan ajotavan seuranta voidaan tehdä esimerkiksi AC Panther -järjestelmän avulla. Kuljetusliike Auramaalla AC Panther -järjestelmä otettiin käyttöön jo vuonna 2007. Se palvelee muun muassa ajotavan jatkuvassa kehittämisessä. Järjestelmän on kehittänyt AC-Sähköautot Oy. AC-Sähköautojen markkinoinnin mukaan polttoaineen seurantajärjestelmän avulla on päästy jopa 20 litran ajoneuvo- ja päiväkohtaiseen polttoaineen kulutussäästöön, joten tarkalla kulutusseurannalla voidaan saavuttaa vuositasolla todella suuria säästöjä. (AC Sähköautot 2017a.)

## 4 HCT-AJONEUVOYHDISTELMÄT

Suomen ensimmäinen HCT-lupa myönnettiin Speed Oy:lle marraskuussa vuonna 2013. Tämän jälkeen Trafín myöntämien HCT-lupien määrä on kasvanut huomattavasti. Kesäkuussa 2017 liikenteessä oli jo 35 HCT-yhdistelmää. Aluksi HCT-yhdistelmät yleistyivät hitaasti. Kesällä 2015 liikenteessä oli vasta 8 yhdistelmää. (Lahti & Tanttu 2016a ja b; Trafi 2017.) Viimeisen vuoden aikana, tai oikeastaan puolen vuoden sisällä, hyvin useat uudet HCT-yhdistelmät ovat aloittaneet liikenteen. HCT-yhdistelmien yleistymistä kuvaa hyvin se, että ensimmäisen miljoonan kilometrin ajamiseen meni HCT-yhdistelmiltä lähes kaksi vuotta, kun viimeisin miljoona kilometriä on kertynyt alle neljässä kuukaudessa. (Konepörssi 2017.)

HCT-yhdistelmillä on ajettu 3,5 vuoden aikana yhteensä noin 6,7 miljoonaa kilometriä. Talvikaudella 2016–2017 (lokakuu-maaliskuu) ajokilometrejä kertyi melkein 2,5 miljoonaa kilometriä. (Lahti & Tanttu 2017.) Verrattaessa HCT-yhdistelmien puolen vuoden ajosuoritetta Tilastokeskuksen (2017) julkaisemaan tietoon kuorma-autoliikenteen ajokilometreistä vastaavalta ajanjaksolta (lokakuu 2016 - maaliskuu 2017), voidaan HCT-yhdistelmien ajosuorituksen todeta edustavan 0,24 prosenttia kuorma-autojen kokonaisajosuoritteesta, joka oli 1,05 miljardia kilometriä.

Valtaosa nykyisin liikenteessä olevista HCT-yhdistelmistä on moduuliyhdistelmiä pitempiä. Pitkiä yhdistelmiä, jotka ovat selvästi yli 25 metriä pitkiä, on 26 kpl. Näistä 17 ylittää myös 76 tonnin kokonaismassarajan, eli noin puolet HCT-yhdistelmistä ylittää sekä normaalin moduuliyhdistelmän pituusrajan (25,25 m) että massarajan (76 t). Muut HCT-yhdistelmät ylittävät joko pituusrajan tai sitten massarajan. Mukana on myös viisi sellaista HCT-yhdistelmää, jotka eivät ylitä moduuliyhdistelmän maksimipituutta ja/tai -painoa, vaan ne ylittävät puoliperävaunuyhdistelmän mitta- ja massarajat. Nämä viisi HCT-yhdistelmää ovatkin tyypiltään puoliperävaunuyhdistelmiä, eli niissä on vain yksi pitkä perävaunu. Muissa HCT-yhdistelmissä perävaunuja on kaksi tai kolme. (Trafi 2017.)

Tämä yleiskuvaus HCT-yhdistelmistä antaa käsityksen, miten erilaisia ajoneuvoyhdistelmiä Suomen tieverkolla kokeillaan. Lisäksi, kun otetaan huomioon, että perustyyppiltään samankaltaisissa HCT-yhdistelmissä on muun muassa erilaisia akselistorakenteita ja muita teknisen toteutuksen eroja, voidaan kokeiluliikenteen todeta olevan jo hyvin kattavaa.

Nykyisin HCT-yhdistelmät liikennöivät koko Suomen alueella. Alkuvaiheessa HCT-yhdistelmät liikennöivät lähinnä Etelä-Suomen moottoriteillä.

Tässä luvussa käsitellään ensin lyhyesti HCT:n lupamenettelyä, jonka jälkeen tehdään suppea katsaus HCT-liikennöintiin kuljetussuoritealoittain: konttikuljetukset, puutavarakuljetukset, kappaletavarakuljetukset sekä säiliöauto- ja massatavarakuljetukset. Ryhmittely on hieman keinotekoinen, mutta antaa riittävän kuvan siitä, että Suomessa HCT-kuljetuksia kokeillaan ja testataan varsin monipuolisesti erilaisten tavaralajien sekä eri toimialojen kuljetuksissa. Tehtävä katsaus HCT-yhdistelmistä ei ole täysin kattava, sillä HCT-yhdistelmiä on jo hyvin monta liikenteessä. Tehtävään katsaukseen on pyritty ottamaan mukaan erilaisia ratkaisuja. Yhdistelmien teknisiin yksityiskohtiin ei syvennyttä kovinkaan tarkasti, sillä tämän tutkimuksen pääpaino on polttoaineen kulutuksessa ja energiatehokkuuden selvittämisessä. Luvun lopuksi perehdytään HCT-liikenteen tuomiin polttoaineen kulutuksen säästöihin Suomessa ja Ruotsissa.

#### 4.1 Lupamenettely ja vaatimuksia

HCT-liikennöinti on luvanvaraista liikennöintiä. Lupaa anotaan Liikenteen turvallisuusvirasto Trafilta lomakkeella: *Poikkeuslupahakemus: ajoneuvon tekniset vaatimukset ja rakennemuutokset*. Lupahakemus löytyy Trafifin verkkosivuilta, missä se täytetään liitetietoineen. Kun poikkeuslupaa haetaan, tulee liikennöitsijän esittää tarkasti ne vaatimukset, joihin poikkeusta haetaan. Poikkeukset voivat koskea HCT-poikkeusluvassa mittoja, massoja ja kääntyvyyttä, ja lupahakemuksessa täytyy perustella huolellisesti poikkeusluvun tarpeellisuus. (Trafi 2017.) Käytännössä huolelliset perustelut tarkoittavat kattavan selonteon tekemistä. Lisäksi yhteistyökumppanit esittävät omat perustelunsa lupahakemuksen yhteydessä. (Hermikoski 2017.)

Yksi tärkeimmistä poikkeusluvun myöntämisperusteista on tutkimusperuste. HCT:n lupahakemukseen tulee siis perustella, miten yhdistelmän käyttö hyödyttää elinkeinoelämää uusien teknisten tai tuotekehityksellisten ratkaisujen myötä. Hakemukseen liitetään vapaamuotoinen tutkimussuunnitelma, jossa kuvataan tutkimusperuste tarkemmin. Peruste voi liittyä esimerkiksi yhdistelmän teknisiin ominaisuuksiin, kuormatilan rakentamiseen tai energiatehokkuuteen. Trafi ei myönnä poikkeuslupaa usealle samankaltaiselle tutkimushankkeelle, joten kokeiluun mukaan haluavilta yrityksiltä vaaditaan uusia tutkimusperusteita. Koska useita tutkimuksia on jo käynnissä, saattaa luvan hankinta muuttua aiempaa hankalammaksi. (Kuukasjärvi 2017, 58.)

Poikkeuslupaa haettaessa liitetään mukaan myös kuvaus suunnitellun yhdistelmän reitistä. Reittikuvauksessa kerrotaan tiennumeroiden tarkkuudella suunniteltu reitti sekä ajankohta, jolloin yhdistelmällä on tarkoitus liikennöidä. Kuljetusreittiin voidaan lisäksi liittää taukopaikat, jolloin yhdistelmä voi poiketa aiotulta reitiltään taukoajaksi määrättyyn taukopaikkaan. Lisäksi kuljetusreittien yhteyteen lisätään tieto kunnista, joissa yhdistelmällä liikennöidään. (Kuukasjärvi 2017, 61-62.) Liikennevirasto, ELY-keskukset ja kunnat ovat tieinfran ylläpitäjiä ja Trafín yhteistyökumppaneita lupa-asioissa (Trafi 2017).

Trafi edellyttää HCT-yhdistelmän testiajoa sekä kuljettajien koulutusta ennen liikennöinnin aloittamista. Testiajon tarkoituksena on paitsi kokeilla turvallisesti yhdistelmän toimivuutta erilaisissa tilanteissa, mutta myös antaa tuntumaa tuleville kuljettajille. Testiajo suoritetaan muulta liikenteeltä suljetulla alueella riskitekijöiden poistamiseksi. (Hermikoski 2016.)

Trafín johtavan asiantuntijan (sekä HCT-ohjausryhmän jäsenen) Otto Lahden (2016) mukaan HCT-yhdistelmissä on paljon uusia ominaisuuksia, ja reiteillä liikennöintiin liittyy tarkkoja rajoituksia. Siksi pelkästään ajotaito ei riitä, vaan kuljettajat koulutetaan nimenomaan ajettavan HCT:n kuljettajiksi. Yhdistelmän ominaisuuksien tulee olla tuttuja, sillä kuljettaja on viime kädessä vastuussa esimerkiksi peräkärryjen lastaukseen liittyvistä määräyksistä.

#### 4.2 HCT-yhdistelmät Suomessa kuljetustyypeittäin

##### **Konttikuljetukset**

HCT-yhdistelmien soveltuvuutta merikonttiliikenteeseen selvitetään kolmen eri liikennöitsijän voimin. Tällä hetkellä konttiliikenteessä on kuusi HCT-yhdistelmää.

Speed sai ensimmäisen erikoislupansa 19.11.2013, reitille Vuosaaren satama – Lahti – Vuosaaren satama. Tämän yhdistelmän kokonaismassa on maksimissaan 80 tonnia ja pituus 33,5 metriä. Muilta osin yhdistelmä ei poikkea normaaleista yhdistelmistä. Ekorekkakokeiluna tunnettu toimintamalli asetti tavoitteeksi hiilidioksidipäästöjen vähentämisen jopa 40 prosentilla (Ladec 2013). Nykyään Speedillä on käytössä neljä yhdistelmää, joilla voidaan kuljettaa kahta pitkää merikonttia (kuva 9). Poikkeusluvan sallitut massat vaihtelevat 68–90 tonnien välillä, riippuen perävaunujen rengastuksista. Lisäluvut ovat tuoneet myös lisää ajettavia reittejä - yhdistelmät liikennöivät Vuosaaresta Tampereen,

Lahden ja Heinolan seudulle, sekä Kotkan Mussalon satamasta Kouvolaan, Lappeenrantaan ja Imatralle. (Trafi 2017.)



Kuva 9. Speed Oy:n HCT-yhdistelmä konttien kuljetukseen (Ladec 2013, Kuvan mittaja massatiedon lisäys kirjoittajan).

Fisole Oy:n HCT on Speed Oy:n lailla tarkoitettu merikonttien kuljetuksiin. Toteutus Fisolen yhdistelmässä on kuitenkin erilainen: VAK Oy on tehnyt kaksi 40-jalkaista merikonttia kuljettavan yhdistelmän B-juna tyyppiseksi, jolloin yhdistelmään on saatu B-linkille tyypillistä vakautta. Fisolen yhdistelmä on 28,5 metriä pitkä, 68 tonnin 9-akselinen yhdistelmä (kuva 10). Kokeilussa keskitytään erityisesti akselistoratkaisujen toimintaan pitkässä linkkivaunussa, mutta myös yhdistelmän soveltuvuuteen erilaisille reiteille sekä terminaaleille. Poikkeuslupa on myönnetty yhdelle autolle. (Trafi 2017.)



Kuva 10. Fisole Oy:n HCT-yhdistelmä konttien kuljetukseen (Trafi 2017, Kuvan mittaja massatiedon lisäys kirjoittajan).

MEK-Kuljetus Oy on kolmas HCT-luvan haltija merikonttien kuljetuksissa. Yhdistelmän reitit kulkevat Vuosaaresta kolmeen suuntaan: Kotkaan, Jyväskylän seudulle sekä Tampereelle. Yhdistelmän mitoitus sallii sekä 40- että 45-jalkaisten konttien kuljettamiseen. (Trafi 2017.)

## Puutavarakuljetukset

Metsäteollisuuden ensimmäinen HCT-yhdistelmä, joka on kokonaismassaltaan 94 tonnia, aloitti liikenteen lokakuussa 2014 (kuva 11). Orpe Oy:n operoima HCT-yhdistelmä kuljettaa puutavaraa asiakasyrityksille Etelä-Suomen alueella. Yhdistelmä liikennöi reitillä Lappeenranta – Savonlinna – Mikkeli – Lappeenranta, sekä reitillä Lappeenranta – Kouvola – Kotka. Orpe Oy:lla on käytössä myös vara-auto, jonka suurin sallittu yhdistelmämäärä on 88 tonnia. (Trafi 2017.)

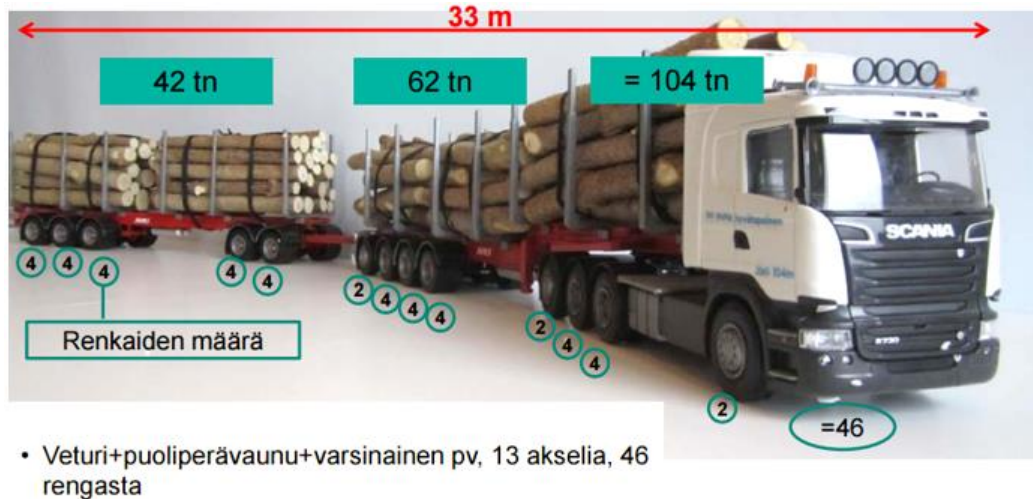


Kuva 11. Orpe Oy:n HCT-yhdistelmä (Orpe, Kuvan mita- ja massatiedon lisäys kirjoittajan).

Seuraava HCT puutavarakuljetuksiin tuli lokakuussa 2015. Tällöin Ketosen Kuljetus Oy aloitti kuljettamaan Euroopan suurimmalla (104 t) yhdistelmällä puutavaraa Pohjoislapin alueella (kuva 12). Lupa on myönnetty reitille Inari – Rovaniemi – Kemi. Yhdistelmä koostuu rekkaveturista, puoliperävaunusta ja varsinaisesta perävaunusta. Yhdistelmän kokonaispituus on 33 metriä. (Trafi 2017.)

Kumpikin sekä Orpen että Ketosen HCT-yhdistelmät ovat niin suuria, ettei niillä voida hakea puutavaraa alemman tieverkon lastauspaikoilta. Jotta yhdistelmät toimivat tehokkaasti, täytyy koko puutavaran logistiikkaketju terminaaleineen saada hyvin toimivaksi. Tätä selvitetään muuan muassa Metsätehon koordinoimissa HCT-tutkimuksissa.





Kuva 12. Ketosen Kuljetus Oy:n HCT-yhdistelmä (Kääriäinen 2015).

Metsäsektorin puutavara-ajoon tuli kolme uutta yhdistelmää vuonna 2016. Nämä ovat kooltaan pienempiä (noin 84 tonnia) kuin edellä kuvatut. Niistä käytetään yleisnimitystä ”pikkujätit”. Niiden kokonaismassa on noin 84 tonnia. Kaikki kolme ovat perusratkaisultaan samankaltaisia, 5-akselinen kuorma-auto ja 5-akselinen perävaunu. Kun yhdistelmät eivät ylitä kovinkaan paljon normaalisti sallittua kokonaismassaa, voidaan näillä ajoneuvoilla hakea puutavarakuorma myös tarvittaessa suoraan metsästä tai paremminkin metsäautotien varresta. ”Pikkujätit” eivät ole joko lainkaan ylipitkiä tai ne eivät ainakaan paljon ylitä normaalia maksimittaa. (Trafi 2017.)

### Kappaletavarakuljetukset

Kappaletavarakuljetukset ymmärretään tässä laajasti. Tavararyhmä käsittää normaalin kappaletavarialiikenteen eli tavaralinjaliikenteen, joka koostuu useiden asiakkaiden hyvinkin sekalaisista tuotteista, joita kuljetetaan yhdessä. Tavaralinjaliikenteessä käytetty yleinen toimintamalli on: nouto-, runko- ja jakelukuljetus. HCT-yhdistelmät osallistuvat lähinnä runkokuljetusten hoitamiseen. Lisäksi kappaletavarakategoriaan luetaan päivittäistavara-kaupan kuljetukset. Tässäkin HCT-yhdistelmät osallistuvat pääosin terminaalien välisiin runkokuljetuksiin. Kappaletavaraa kuljettamaan suunnitelluissa ajoneuvoissa voi paluukuormina olla myös massatavaraa eli yhden asiakkaan samaa tavaraa, joka voi olla painoltaan hyvinkin raskasta. Osa tähän kategoriaan luokitelluista yhdistelmistä kuljettaa elintarvikkeita, elintarviketeollisuudelta kaupan jakeluterminaaleihin.

Ensimmäinen HCT-lupa kappaletavarakujietuksiin myönnettiin vuoden 2015 alussa Keslogin sopimusautoilija Mikko Niskala Oy:lle. Poikkeuslupa on 90 tonniselle ja 34,5 metriselle yhdistelmälle, joka liikennöi nelostiellä Vantaan keskusvaraston ja Kempeleen jakeluterminaalin välillä (kuva 13). Yhdistelmässä on kaksi erikoisesti tähän liikenteeseen suunniteltua kaksitasoperävaunua, joihin voidaan lastata kaksinkertainen määrä rulla-koita tavalliseen moduuliyhdistelmään verrattuna (1-tasolastaus). Ensimmäinen puoliperävaunu on pituudeltaan noin 16-metriä ja takimmainen 13,6-metriä. (Trafi 2017.)



Kuva 13. Mikko Niskala Oy:n HCT-yhdistelmä (Konepörssi 2015, Kuvan mitta- ja massatiedon lisäys kirjoittajan).

Pian Keslogin liikenteeseen tulleen HCT-yhdistelmän jälkeen aloitti Kilon Osuus-Auto (KOA) liikenteen DUO2-tyyppisellä yhdistelmällä (kuva 14). DUO2 -nimitys tulee Ruotsin ensimmäisestä kappaletavaraliikenteen HCT-yhdistelmästä. DUO2 viittaa yhdistelmän rakenteeseen eli yhdistelmä koostuu rekkaveturista ja kahdesta normaalimittaisesta puoliperävaunusta, jolloin mittaa koko yhdistelmälle tulee noin 32 metriä. KOA:n yhdistelmän massa on 68 tonnia ja se hoitaa S-ryhmän (Inex Partners Oy) kuljetuksia Espoon keskusvaraston ja Lahden seudun välillä.



Kuva 14. Kilon Osuus-Auto KOA:n HCT-yhdistelmä (ESS 2015, Kuvan mitta- ja massa-tiedon lisäys kirjoittajan.)

Vuodenvaihteessa 2015/2016 aloitti OAK kahdella DUO2-tyyppisellä yhdistelmällä, joiden kokonaismassa on selvästi KOA:n yhdistelmää suurempi (88 tonnia). Yhdistelmillä kuljetetaan Inex Partners Oy:n päivittäistavaraa pääkaupunkiseudulta Ouluun ja paluu-kuormina metsäteollisuuden massatavaraa pohjoisesta Etelä-Suomeen. (Trafi 2017.)

Tämän jälkeen liikenteeseen on tullut useita HCT-yhdistelmiä, muun muassa Auramaan HCT-yhdistelmä huhtikuussa 2016. Nykyään tähän kappaletavarakategoriaan voidaan lukea kuuluvan yhteensä kymmenen HCT-yhdistelmää, kun Schenkerin DUO2-tyyppinen yhdistelmä aloitti toukokuussa 2017 liikenteen. (Trafi 2017.)

Karkeasti ottaen kaikki paitsi yksi on luokiteltavaksi DUO2-tyyppiseksi yhdistelmäksi eli niissä on rekkaveturi ja kaksi perävaunua ja niiden pituudet ovat yleisimmin noin 32 metriä. DUO2-tyyppisistä yhdistelmistä käytetään myös nimitystä A-Double. On myös kehitetty markkinoinnillisia nimityksiä kuten Green Double kuvaamaan yhdistelmän ympäristöystävällisyyttä. Massat näillä DUO2-tyyppisillä yhdistelmillä vaihtelevat riippuen siitä, minkälaiseen liikenteeseen ne on suunniteltu. Lisäksi yhdistelmissä on paljon yksityiskohtaisia teknisiä eroja. Näin tuleekin olla, sillä HCT-kokeilun tarkoitus on nimenomaan hakea kokemuksia erilaisista ratkaisuista. Yhdistelmissä on eroja muun muassa akselitoratkaisuissa, osassa on ohjautuvia akseleita ja akselinnostotoimintoja, teliratkaisut poikkeavat toisistaan, perävaunuissa on eroja, osassa yhdistelmiä on kaksi samanlaista puoliperävaunua ja osassa perävaunut ovat pituudeltaan hieman erimittaiset. Lisäksi osassa yhdistelmissä takimmainen perävaunu koostuu dollysta ja puoliperävaunusta, kun taas toisissa yhdistelmissä käytetään normaalia perävaunua kuten Auramaan HCT-yhdistelmässä.

Näitä teknisiä eroja, joita DUO2-tyyppisissä yhdistelmissä on, ei tässä lähdetä esittelemään tarkemmin, sillä tämän tutkimuksen päätarkoitus on energiatehokkuuden tarkastelu eikä tekniset ratkaisut. Hyvin kattavan kuvauksen HCT-yhdistelmistä ja niiden liikennealueista tarjoaa liris Kuukasjärven toukokuussa 2017 valmistunut opinnäytetyö ”HCT-yhdistelmät ja soveltuvuus kiviainekuljetuksiin”. Lisäksi Trafin HCT:n kotisivuilla esitellään kaikki HCT-liikenteessä olevat yhdistelmät.

Yksi kappaletavaraliikenteeseen suunniteltu HCT-yhdistelmä otetaan tässä kuitenkin vielä esiin, sillä se poikkeaa muista yhdistelmistä merkittävästi, koska siinä on vain yksi puoliperävaunu. Vähälä-yhtiöiden HCT-yhdistelmä koostuu vetoautosta ja yhdestä pitkästä puoliperävaunusta. Pitkässä puoliperävaunussa on 5-akselinen teli ja koko yhdistelmän pituus on noin 23 m (kuva 15). Kokeilun tarkoitus on selvittää, miten yksi pitkä

puoliperävaunu toimii Etelä-Suomen kappaletavaraliikenteessä sekä elintarvikkeiden kuljetuksissa. Pitkä perävaunu tuo etuja muun muassa terminaaleissa, kun tarvitaan vain yksi lastaussilta ja yhdistelmän kokoaminen vie vähemmän aikaa kuin esimerkiksi DUO2-tyyppisen HCT-yhdistelmän. Liikenne alkoi kesällä 2016. Vähälä-yhtiöllä on myös toinen samanlainen 5-akselinen pitkä puoliperävaunu, mutta se on rakennettu B-linkiksi. B-linkkivaunu muodostaa toisen normaalimittaisen puoliperävaunun kanssa kokonaispituudeltaan 31,2 metrisen yhdistelmän (kuva 16). Yhdistelmässä on kaksi 13,6 metriä pitkää lastitilaa. Siten se vastaa DUO2-tyyppistä yhdistelmää. (Keskisuomalainen 2016; Trafi 2017.)



Kuva 15. Vähälä-yhtiöiden HCT, pitkä puoliperävaunu (Vähälä, Kuvan mitta- ja massatiedon lisäksi kirjoittajan).



Kuva 16. Vähälä-yhtiöiden HCT, B-linkki (Raskaskalusto –lehti, Kuvan mitta- ja massa-tiedon lisäksi kirjoittajan)

### Säiliöauto- ja muut massatavarakuljetukset

Ensimmäinen nestemäisten tuotteiden kuljetukseen rakennettu HCT aloitti liikenteen joulukuussa 2015, kun Kiitosimeon Oy sai kokeiluluvan kahdelle yhdistelmälleen. Kuvassa 17 on pitkä puoliperävaunuyhdistelmä, joka kuljettaa viidellä erikseen määritellyllä reitillä rikkihappoa. Toinen yhdistelmä on perusrakenteeltaan samanlainen, mutta se on suunniteltu suolan ja klooraatin MePa (meno-paluu) -kuljetuksiin. (Kiitosimeon 2015, Trafi 2017.)



Kuva 17. Kiitosimeon Oy:n HCT-yhdistelmä. (Kiitosimeon 2015, Kuvan mitta- ja massa-tiedon lisäys kirjoittajan).

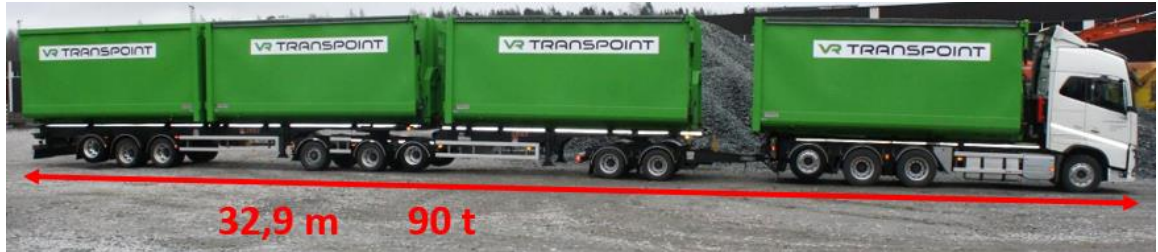
Vuonna 2016 Korsu Oy aloitti HCT-yhdistelmällä sementin kuljetukset Oulusta Kittilään ja Raaheen (kuva 18). HCT on 30 metriä pitkä C-junaksi kutsuttu yhdistelmä, jossa 76 tonnin B-linkkiä on jatkettu 2-akselisella keskiakseliperävaunulla (Kaleva 2016; Trafi 2017.)



Kuva 18. Korsu Oy:n HCT-yhdistelmä. (Kaleva 2016, Kuvan mitta- ja massatiedon lisäys kirjoittajan).

VR Transpointin HCT-yhdistelmä on niin sanottu ETT-yhdistelmä (kuva 19). ETT viittaa Ruotsin ensimmäiseen HCT-yhdistelmään, joka oli rakenteeltaan modulaarinen. VR Transpointin HCT:n rakenne on seuraava: 4-akselinen kuorma-auto, 2-akselinen dolly, 3-akselinen B-linkkipuoliperävaunu ja 3-akselinen puoliperävaunu. Jos B-linkkivaunun jättää pois, yhdistelmä muuttuu normaaliksi yhdistelmäksi (25,25 m ja 76 t). Kaikkien perävaunujen akselit ovat varustettu paripyörillä ohjautuvaa akselia lukuun ottamatta. Yhdistelmän kokonaismassa on 90 tonnia. Yhdistelmä on varustettu vaihtolavalaitteilla. Näin se soveltuu erilaisiin kuljetustarpeisiin. Yhdistelmää on tarkoitus tutkia ensisijaisesti massatavarakuljetuksissa. (Trafi 2017.)





Kuva 19. VR Transpointin HCT-yhdistelmä (Ajolinja-lehti 2017, Kuvan mitta- ja massa-tiedon lisäys kirjoittajan).

Marraskuussa 2016 Trafi myönsi kahden vuoden HCT-kokeiluluvan Kuljetusliike R. Tarkkonen Oy:n sorakasettiyhdistelmälle (kuva 20). Yhdistelmälle on määritetty Uudenmaan alueella 14 reittiä, joilla on lupa ajaa 83,5 tonnin kokonaispainolla. Tämän HCT-projektin tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon ympäristövaikutuksia ja turvallisuutta voidaan parantaa suurempia kuormia ajamalla. Yhtenä teemana ympäristöselvityksessä on uusiutuva diesel. Yhdistelmässä käytetään polttoaineena osittain Nesteen uusiutuvaa dieseliä. (Vehotrucks 2017; Trafi 2017.)



Kuva 20. Kuljetusliike R. Tarkkonen Oy:n HCT-yhdistelmä (Vehotrucks 2017, Kuvan mitta- ja massatiedon lisäys kirjoittajan).

Keväällä 2017 alkoi UPM:n hakekuljetuksiin keskittyvä HCT-hanke, kun Kuljetusliike K. Huhtalan 100 tonnin yhdistelmä aloitti liikenteen. Hakekuljetuksiin tulee kolme HCT-yhdistelmää, joista kaksi on aloittanut liikenteen. Kuljetusliike K. Huhtalan hakeyhdistelmän pituus on 34 metriä ja kokonaismassa 100 tonnia (kuva 21). Toinen hakeyhdistelmä

(Wickström Oy) on kokonaismassaltaan pienempi (85 t), sillä se kuljettaa ominaispainoltaan kevyempää haketta. Huhtalan yhdistelmän perävaunuissa on paripyörät, kun taas kevyemmän yhdistelmän perävaunujen rengastuksena ovat ykköspyörät eli singlet. Tutkimuksellisesti tämä tarjoaa hyvän lähtökohdan selvittää muun muassa polttoainetehokkuutta ja siten ympäristöystävällisyyttä. Vertailua tosin vaikeuttaa se, että hakeyhdistelmät eivät liikennöi samoilla reiteillä. (Raskassarja 2017; Trafi 2017)



Kuva 21. Kuljetusliike K. Huhtalan HCT (Raskaskalusto –lehti 2017, Kuvan mitta- ja massatiedon lisäys kirjoittajan).

#### 4.3 HCT-yhdistelmien polttoaineen kulutus ja saavutetut säästöt

##### 4.3.1 Suomi

HCT-yhdistelmien polttoaineen kulutusta on seurattava. Kaikkien HCT-luvanhaltijoiden on toimitettava joka kuukausi Trafille liikennöintiraportti, jossa on muun muassa ajokilometrit ja polttoaineen kulutus. Näin tietoa on kerätty jo paljon, mutta polttoaineen kuluksista ei vielä ole tehty kovinkaan syvällistä ja laaja-alaista analyysiä. Jonkin verran HCT-yhdistelmien tuomista polttoainesäästöistä on kuitenkin julkaistu tuloksia Trafín HCT-seurantaryhmän koosteraporteissa.

Trafín HCT-seurantaryhmä on tuottanut tähän mennessä neljä koosteraporttia. Raportit on julkaistu puolivuositain. Ensimmäinen raportti julkaistiin alkuvuonna 2016, ja se koski kesäkautta 2015 (Lahti & Tanttu 2016a). Tuorein raportti on kesäkuulta 2017 koskien talvikautta 2016–2017 (Lahti & Tanttu 2017). HCT-liikenteen alkuvaiheessa tarkastelu on keskittynyt lähinnä siihen, miten HCT-yhdistelmät selviävät liikenteessä. Raporteissa

on käsitelty myös jonkin verran HCT-yhdistelmien polttoaineen kulutusta ja HCT-yhdistelmien tuomia säästöjä. Tutkimustulokset HCT-yhdistelmien energiatehokkuudesta ovat näyttäneet lupaavilta.

Koska HCT-liikenteestä ei ole vielä kertynyt kokemusta pitkältä ajalta kuin vasta muutamien ajoneuvojen osalta, ovat tulokset vain suuntaa antavia. Yleisesti ottaen polttoaineen kulutussäästöjen on todettu riippuvat kuljetettavasta tavarasta ja kuormaus- sekä täyttöasteesta. Lisäksi säästöihin vaikuttavat logistiset toimintamallit - muun muassa meno-paluukuljetukset.

Ylivoimaisesti suurimmat säästöt on saavutettu konttien kuljetuksessa. Tyhjiä ja kevyiden merikonttien kuljetuksessa polttoaineen kulutussäästöt ovat olleet noin 35 %, kun HCT-yhdistelmää verrataan yhtä pitkää konttia kuljettavaan puoliperävaunuyhdistelmään. Raskaiden konttien kuljetuksessa säästöt ovat jääneet vähäisemmiksi, noin 25 %:n tasolle. (Lahti & Tantt 2017.)

Puutavarakuljetuksissa HCT-yhdistelmien säästöt ovat olleet välillä 4-10 %. Se on yllättävän vähän. Puutavarakuljetusten kuljetustehokkuus on kuitenkin jo nykyisin voimassa olevilla mitta- ja massamääräyksillä hyvä. Siten hyvää on vaikea parantaa. (Lahti & Tantt 2017.)

Kappaletavaraliikenteessä polttoaineen kulutussäästöjen verrokkiyhdistelmiin nähden on todettu vaihtelevan välillä 8-20 %. HCT-liikenteen alkuvaiheessa säästöissä esitettiin päästyn parhaimmillaan 25 %:n tasolle. (Lahti & Tantt 2016a; Lahti & Tantt 2017.)

Polttoaineen kulutussäästöjä on tarkasteltu lähinnä tasaisissa kesäkeleissä. Talviaikana HCT-yhdistelmien polttoaineen kulutuksen on todettu kasvaneen yleisesti verrokkiyhdistelmiä enemmän. HCT-yhdistelmien energiatehokkuuden on todettu kuitenkin olevan ympäri vuoden verrokkeja parempi, mutta talviaikaan eroa ei synny yhtä paljon. HCT-seurantaryhmän arvion mukaan: tällä hetkellä näyttää siltä, että ajoneuvojen pituuden kasvattaminen parantaa kuljetustehokkuutta enemmän kuin massojen nostaminen. (Lahti & Tantt 2017).

Erillistutkimuksia, joiden kohteena olisivat HCT-yhdistelmien tuomat polttoaineen kulutussäästöt, ei ole vielä juurikaan tehty. Metsäteho on tekemässä laajaa tutkimusta metsäsektorin HCT-kuljetuksista, mutta tuloksia polttoaineen säästöistä ja päästöjen vähe-



nemästä ei ole vielä julkaistu. Liikennevirasto selvittää normaalipituisen ja HCT-yhdistelmän ajovastuksia (ilmanvastus ja vierintävastus) eri nopeuksilla. Näitä tutkimustuloksia ei ole vielä julkaistu. (Lahti & Tantu 2017.)

OAK on teettänyt insinööriyönä polttoaineen kulutusvertailun. Keväällä 2017 Oulun AMK:n opiskelija, Ville Vähäkangas, sai opinnäytteensä valmiiksi. Tutkimuksessa verrattiin OAK:n HCT-yhdistelmää sopivaan verrokkiyhdistelmään koko 2016 vuoden osalta. HCT-yhdistelmä todettiin polttoainetehokkaammaksi elintarvike- ja päivittäistavarakuormilla, kun polttoaineenkulutus suhteutettiin ajoneuvoyhdistelmän eurolavapaikkojen määrään. Raskailla massakuormilla HCT-yhdistelmän kulutus oli keskimäärin hieman korkeampi kuin vertailuyhdistelmällä, mutta loppuvuodesta tämä laski pienemmäksi kuin vertailuyhdistelmällä. Koko vuoden seuranta osoitti, että tuloksissa on aika paljon vaihtelua. Merkillepantavaa on kuitenkin se, että HCT-yhdistelmän tulokset paranivat koko ajan tarkasteltaessa koko vuoden liikennettä. (Vähäkangas 2017).

#### 4.3.2 Ruotsi

Koska Ruotsin ja Suomen maantiekuljetuksissa käytettävä ajoneuvokalusto ja muutenkin olosuhteet ovat hyvin samankaltaiset, tarkastellaan seuraavassa Ruotsin tilannetta HCT-kuljetusten osalta tarkemmin. Lisäksi Ruotsissa HCT-liikenteestä on kertynyt kokemuksia Suomea enemmän, sillä HCT-yhdistelmien kokeilut alkoivat jo vuonna 2009. Ruotsissa HCT-liikennettä on tutkittu Suomea enemmän. Seuraavassa keskitytään erityisesti kappaletavaraliikenteeseen, mutta ensimmäiseksi kuvataan kuitenkin lyhyesti Ruotsin ensimmäinen HCT-kokeilu.

Ruotsissa HCT-liikenne alkoi jo vuonna 2009, kun ensimmäinen ylimittainen (30 m) ja ylimassainen (90 t) yhdistelmä aloitti liikenteen kuljettaen puutavaraa Ruotsin pohjoisosassa. Tämä Ruotsin ensimmäinen HCT-yhdistelmä, joka tunnetaan ETT-yhdistelmänä, on sittemmin jo päätynyt museoon. ETT-yhdistelmä (kuva 22) siirrettiin Volvo-museoon Göteborgiin syyskuussa 2014. Autolla ajettiin yhteensä 1,4 miljoonaa kilometriä ja sillä kuljetettiin yli 270 000 tonnia raakapuuta. Mikäli sama määrä puuta olisi kuljetettu tavallisilla yhdistelmillä (60 t), olisi polttoainetta kulunut 20 % enemmän. (Volvo 2014, Venäläinen 2015).



Kuva 22. Ruotsin ETT-yhdistelmä, En Trave Till, yksi nippu lisää (Leskinen 2013).

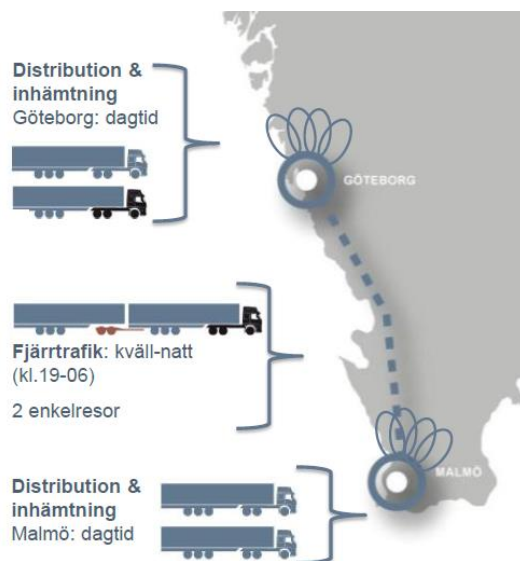
Tässä yhteydessä on hyvä huomioida Ruotsin ja Suomen HCT:n määritelmässä olevat erot. Ruotsissa suuren hyötykuorman omaavaksi HCT-yhdistelmäksi luettiin toiminnan alkuvaiheessa yli 60 tonnin massaiset ajoneuvot, kun Suomessa raja on 76 tonnia. Suomessa HCT-liikenne alkoi vasta mitta- ja massamuutosasetuksen myötä vuonna 2013, jolloin kokonaisuudessa nostettiin 60 tonnista 76 tonniin. Ruotsissa massaraja nostettiin 64 tonniin vuonna 2015. Keväällä 2017 Ruotsin hallitus teki päätöksen, että kokonaisuudessaan nostamaan 74 tonniin vuoden 2018 alusta. 74 tonnin massaiset yhdistelmät ovat sallittuja vain rajoitellulla tieverkostolla, joka tullaan määrittelemään vuoden 2017 aikana. (Sveriges Regeringskansliet 2017).

Kappaletavaraliikenteessä Ruotsin ensimmäinen HCT-projekti tunnetaan nimellä DUO2-trailers. DUO2-projekti alkoi vuonna 2012. Tutkimusprojektin tavoitteena oli selvittää, voidaanko tavanomaista pidemmällä ja painavammalla ajoneuvoyhdistelmällä vähentää raskaan liikenteen päästöjä ja energiankulutusta samalla kuitenkin vaikuttamatta negatiivisesti tiestöön ja liikenneturvallisuuteen. DUO2-yhdistelmä koostuu vetoautosta, puoliperävaunusta, apuvaunusta eli dollystä ja toisesta puoliperävaunusta. Yhdistelmän lastikapasiteetti vastaa siis kahta normaalia puoliperävaunua. Yhdistelmällä on pituutta 32,0 metriä ja maksimimassa on 80 tonnia (kuva 23).



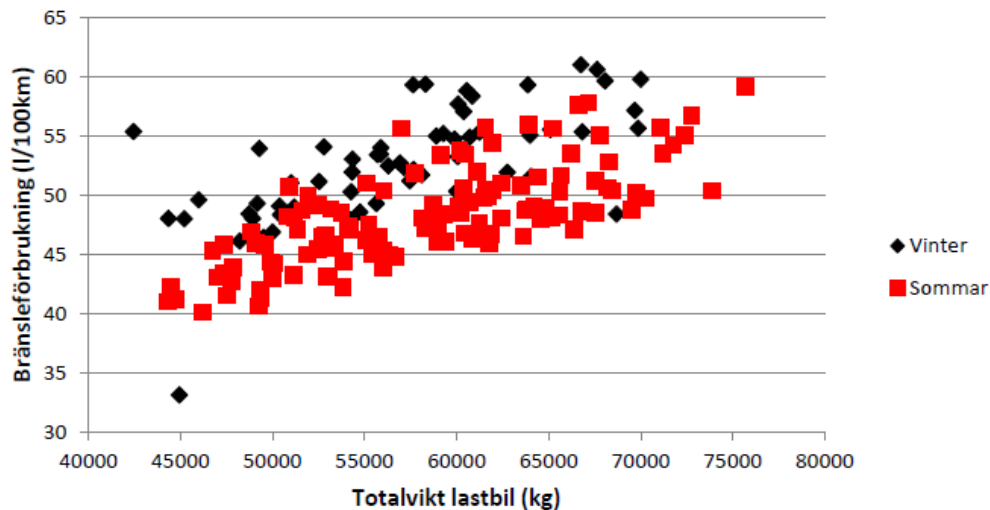
Kuva 23. DUO2-trailers (DUO2 2017).

DUO2-yhdistelmä liikennöi Göteborgin ja Malmön välistä reittiä DB Schenkerin terminaalien välillä (kuva 24). Reitti on pituudeltaan noin 300 km, ja se on valtaosin moottoritietä. Reitin lisäksi ajoneuvon luvassa määritellään mihin vuorokauden aikaan sillä saa ajaa DUO2-yhdistelmänä, eli kahdella perävaunulla, terminaalien välillä runkoliikenteen. Liikennöinti on sallittua vain ilta- ja yöaikaan (klo 19 – klo 06 välisenä aikana). Perävaunuja voidaan päivällä käyttää nouto- ja jakeluliikenteessä.



Kuva 24. DUO2-yhdistelmän reitti ja logistiikkajärjestelmä (Cider & Ranäng 2013a).

DUO2-yhdistelmän liikenteestä julkaistiin ensimmäiset tutkimustulokset vuonna 2013. Yhtenä päähuomion kohteena oli polttoaineen kulutus. Sitä seurattiin kuljettajien täyttämien ajoraporttien perusteella. Kuviossa 6 on esitetty polttoaineen kulutuksen vaihtelu kesä- ja talviajalta yhdistelmän kokonaismassan mukaan.



Kuvio 6. DUO2-yhdistelmän polttoaineen kulutuksen vaihtelu kesä- ja talviaikana yhdistelmän kokonaismassan mukaan (Cider & Ranäng 2013b).

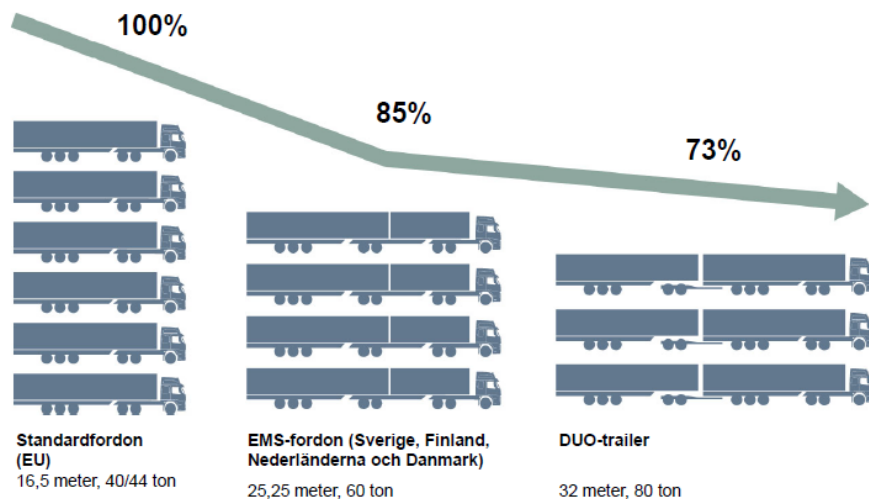
Kesällä yhdistelmän polttoaineen kulutus on ollut yleisimmässä kokonaispainoluokassa (noin 60 tonnia) vähän alle 50 l/100 km. Talvella polttoaineen keskikulutus on ollut noin 5 litraa enemmän. Yhdistelmän kokonaispaino on vaihdellut noin 40 tonnin ja 80 tonnin välillä. Tyypillisin lastin paino on ollut vähän yli 30 tonnia. (Cider & Börjesson 2012; Cider & Ranäng 2013b).

Taulukkoon 2 on koottu DUO2-yhdistelmän keskimääräinen polttoaineen kulutus ja kuormatiedot. DUO2-yhdistelmän polttoaineen kulutus 32 tonnin keskimääräisellä kuormainolla on ollut 53 l/100 km. Taulukossa on myös EMS- ja EU:n standardiyhdistelmien polttoaineen sekä kuorman keskimääräiset tiedot vertailureitiltä. EMS-yhdistelmä edustaa Ruotsissa ja Suomessa käytettävää moduuliyhdistelmää (eli 60-tonnista täysperävaunuyhdistelmää). EU:n standardiyhdistelmä vastaa puolestaan noin 40 tonnista puoliperävaunuyhdistelmää. Ruotsissa tehdyissä DUO2-tutkimuksissa on todettu, että vertailtaessa DUO2-yhdistelmää samalla reitillä kulkevaan moduulimittaiseen täysperävaunuyhdistelmään (EMS), polttoaineen kulutus kuljetettua tonnia kohden laskee 16 %. Normaaliin puoliperävaunuyhdistelmään DUO2-yhdistelmä tuo säästöä 27 %. (Larsson 2014.)

Taulukko 2. Ruotsissa käytettävien yhdistelmien vertailua (Larsson 2014).

	EU:n standardiyhdistelmä	EMS-yhdistelmä	DUO2-yhdistelmä
<b>Keskikuorma</b>	16 tonnia	24 tonnia	32 tonnia
<b>Tilavuus</b>	100 m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>
<b>Keskikulutus</b>	37 l / 100 km	48 l / 100 km	53 l / 100 km

Kuva 25 havainnollistaa vielä, miten matkojen määrä vähenee, kun kuljetukset hoidetaan normaalin puoliperävaunuyhdistelmän sijasta täysperävaunuyhdistelmällä tai puoliperävaunuyhdistelmä korvataan DUO2-yhdistelmällä. Korvattaessa puoliperävaunulla tapahtuvat kuljetukset DUO2-yhdistelmällä matkojen määrä vähenee 27 %.



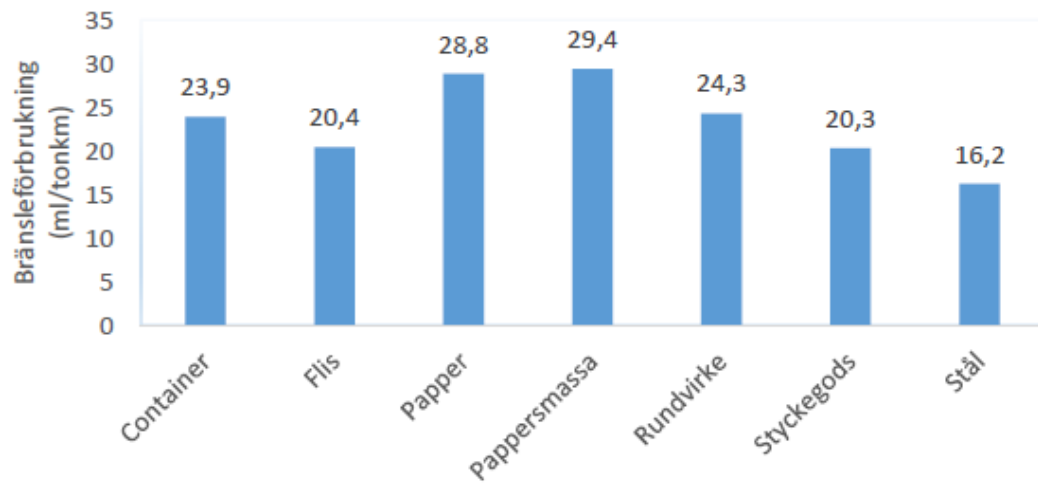
Kuva 25. Kolmen ajoneuvoyhdistelmän vaikutus matkojen määrää (Larsson 2014).

DUO2-yhdistelmän kolmivuotinen kokeilulupa päättyi vuonna 2015. Tulokset kokeilusta olivat niin positiiviset, että yhdistelmälle myönnettiin jatkolupa. Luvan ehtoja kuitenkin hieman muutettiin. Yhdistelmä saa nyt liikennöidä myös päiväsaikaan. Alun perin yhdistelmällä oli lupa liikennöintiin DUO2-yhdistelmänä vain ilta- ja yöaikaan. Tämä koettiin hyvin hankalaksi. Koska liikenne oli sujunut kaikilta osin hyvin, poistettiin liikennöinnin aikarajoitus kokonaan. (DB Schenker 2016.)

Tämän vuoden alussa (2017) DUO2-yhdistelmän vetoautoksi vaihdettiin moottoriteholtaan selvästi pienempi vetoauto. Uuden ajoneuvon moottoriteho on 540 hv, kun vanhassa oli tehoa 750 hv. Yhdistelmän testaukset ja tutkimukset jatkuvat. Mielenkiintoista on nähdä, mikä vaikutus moottoriteholtaan pienemmän vetoauton käyttämisellä on kuljetusten energiatehokkuuteen. Viime vuosina tämän DUO2-yhdistelmän liikennöintiin liittyvät tutkimukset ovat keskittyneet lastipainon jakautumiseen perävaunujen kesken sekä akselimassojen seurantaan. (Trafikverket 2017, 53.)

Vuoden 2016 lopussa Ruotsissa oli 47 HCT-yhdistelmää, joista viisi oli juuri aloittanut liikenteen ja neljä ajoneuvoa ei enää ollut aktiivikäytössä. Useimmat Ruotsin HCT-yhdistelmät kuljettavat puutavaraa, mutta mukana on myös ajoneuvoja, jotka kuljettavat muun muassa haketta, paperia, sellua, terästä, kappaletavaraa, nesteitä ja kontteja. (Trafikverket 2017.)

Vuonna 2016 tehdyn HCT-liikenteen polttoaineen kulutustutkimuksen keskeisiä tuloksia on koottu kuvioon 7. Seurannassa oli 37 yhdistelmän polttoaineen kulutus. Seurantatutkimukseen otettujen yhdistelmien kokonaismassat olivat 68-90 tonnia. Polttoaineen ominaiskulutuksen arvo eri tavaralajien kuljetuksessa vaihtelee melko paljon. Tämä johtuu muun muassa kuljetusten kuormaus- ja täyttöasteesta sekä onko kuljetuksia kumpaankin suuntaan. Tavaralajeista teräksen kuljetuksissa on päästy kaikkein pienimpään polttoaineen ominaiskulutukseen. Teräksen kuljetuksissa polttoaineen ominaiskulutus on 16,2 ml/tonnikm eli 0,016 litraa tonnikilometriä kohden. Teräksen kuljetuksissa hyödynnetään tehokkaasti kuljetuskapasiteettia. Toiseksi alhaisimpaan ominaiskulutuksen lukuarvoon tarkastelluista tavaralajeista on päästy kappaletavaran kuljetuksissa (20,3 ml/tkm). Myös kappaletavaraliikenteessä yhdistelmien kuljetuskapasiteetti on tehokkaassa käytössä, vaikka ajoneuvojen tonnikapasiteetteja ei päästäkään hyödyntämään täysin kuljetettavien tuotteiden keveyden vuoksi.



Kuvio 7. Polttoaineen kulutus ml/tonnikm tavaralajeittain (Trafikverket 2017, 34).

Vuonna 2016 Ruotsissa tehdyn polttoaineen seuranta tutkimuksen mukaan yhdistelmän kokonaispainon kasvaessa polttoaineen keskikulutus kasvaa. Tulos on täysin odotusten mukainen. Kokonaismassan ja polttoaineen kulutuksen välisen yhteyden osalta tutkimuksessa todettiin: niin kauan, kun polttoaineen kulutuksen suhteellinen kasvu jää prosenteissa laskettua lastipainon kasvua pienemmäksi, vaikuttaa yhdistelmän kokonaismassan kasvu positiivisesti polttoaineen käytön tehokkuuteen. HCT-yhdistelmien, joiden kokonaismassat ovat 64–74 tonnin välissä, kokonaismassan yhden tonnin lisäys laskee polttoaineen ominaiskulutuksen arvoa 0,46 ml/tkm. (Trafikverket 2017, 32–34.)

## 5 AURAMAAN HCT-LIIKENNE

### 5.1 Taustaa ja tavoitteita

Auramaan HCT on DUO2-tyyppinen yhdistelmä. Pituutta yhdistelmällä on 33,78 metriä ja kokonaispainoa 75 tonnia. Yhdistelmä ei siis ylitä suurinta sallittua kokonaismassaa, mutta pituutta yhdistelmällä on noin 8,5 metriä enemmän kuin perinteisillä yhdistelmillä.

Turun ammattikorkeakoulu aloitti Auramaan yhteistyökumppanina HCT-projektin parissa alkuvuodesta 2016. Projekti alkoi perehtymällä HCT-yhdistelmiin yleisesti, sekä mahdollisiin ratkaisuihin Auramaan tulevaa raportointia varten. Tämä opinnäytetyö on toteutettu osana yhteistyöprojektia, jonka tarkoituksena on kerätä luotettavaa tietoa HCT-yhdistelmän soveltuvuudesta kappaletavaraliikennöintiin liikenneturvallisuuden ja polttoainetaloudellisuuden näkökulmista.

Huhtikuussa 2016 HCT-yhdistelmän koeajotilaisuus pidettiin Alastaron moottoriradalla. Trafi edellyttää kuljettajien kouluttamista ennen liikennöinnin aloitusta, ja samalla tapahtuma toimi myös sidosryhmien lisäinformointina. Näin ollen Alastaron koeajotilaisuudessa oli mukana myös Turun ammattikorkeakoululta ryhmä opiskelijoita avustamassa käytännön järjestelyissä. Koeajotilaisuus oli tämän opinnäytetyönkin kannalta tärkeä, sillä kuljettajilta saatiin kerättyä jo lähtövaiheessa ajatuksia siitä, miten raportointia ja kaluston seuranta olisi järkevintä lähteä toteuttamaan

Tämän opinnäytetyön yhtenä osana on polttoaineseurannan lisäksi raportoinnin kehittäminen. Lähtökohtana raportoinnille olivat seuraavat tavoitteet: raporttien helppo saataavuus Auramaalle, mutta samalla riittävän informaation varmistaminen Trafille.

### 5.2 Raportoinnin kehittäminen ja tietojen kerääminen HCT:n energiatehokkuudesta

Trafi edellyttää, että HCT-yhdistelmien luvanhaltijat raportoivat viranomaisille (Trafi) kaikista merkittävä tekijöistä, joita kuljettajat ovat havainneet tai kokeneet reitillä. Lisäksi Trafi edellyttää, että HCT-yhdistelmien polttoaineen kulutusta seurataan ja tehdään tutkimusta HCT-yhdistelmien tuomasta energian säästöstä ja ympäristöystävällisyydestä. Trafille toimitetaan kuukausittain HCT-yhdistelmän koosteraportti polttoaineen kulutuksesta ja kuljettajien havainnoista.



Trafin edellyttämä kuljettajaraportointijärjestelmä luotiin ennen HCT-yhdistelmän liikenteen aloittamista. Järjestelmä toteutettiin selainpohjaisena kyselylomakkeena. Kuljettajat täyttävät lomakkeen ajovuoron päätteeksi. Tiedot tallentuvat Auramaan tietojärjestelmään. Lomakkeessa kysytään muun muassa sääolosuhteista, mahdollisista poikkeusjärjestelyistä reitillä, poikkeavuuksista HCT-yhdistelmässä ja muiden tienkäyttäjien asenteissa. Lisäksi lomakkeessa kysytään, onko tarvetta kameratallenteen katsomiseen. HCT-yhdistelmän vetoautoon on asennettu videokamera, joka kuvaa normaalisti eteenpäin ajosuuntaan, mutta sen kuvakulmaa voidaan tarvittaessa myös muuttaa.

HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutusseuranta tehdään ajoneuvoon asennetun AC Panther ajoneuvotietokoneen avulla. AC Panther, joka on AC-Sähköautot Oy:n tuottama järjestelmä, on Auramaan muissakin ajoneuvoissa käytössä.

AC-Sähköautot Oy on suomalainen vuonna 1993 perustettu yritys. Yrityksen ydinosaimiseen kuuluvat ajoneuvotietokoneiden ja tietojärjestelmien suunnittelu, valmistus sekä markkinointi ammattikäyttöön. AC Pantheria käytetään maailmanlaajuisesti, yli 50 maassa. (AC Sähköautot 2017a.)

AC Pantherin ajoneuvotietokoneisiin on saatavilla laajasti vakiotoimintoja, joita voidaan tarkastella lähemmin kuvasta 26.

AC Panther AJONEUVOTIETOKONEET	AC Panther	AC Panther One	AC Panther kosketusnäytöllä	AC Panther PC kosketusnäytöllä	AC Panther paikannin
Paikannus	✓	✓	✓	✓	✓
Lämpötilaseuranta	✓	✓	✓	✓	✓
ATP/EN12830-hyväksytyt	✓	✓	✓	✓	✓
Väyläliityntä	✓	✓	✓	✓	✓
Ajotapaseuranta	✓	✓	✓	✓	✓
Ajopäiväkirja	✓	✓	✓	✓	✓
Digipiirturin langaton tallennus	✓	✓	✓	✓	✓
Työajan seuranta		✓	✓	✓	✓
Viestit		✓	✓	✓	✓
Navigaattori			✓	✓	✓
Kartat			✓	✓	✓
Kuljetusten ohjaus			✓	✓	✓
Sähköiset rahtikirjat			✓	✓	✓
Kuitin tulostus			✓	✓	✓
Peruutuskamera			✓	✓	✓
Viihakoodit ja yksikkö seuranta			✓	✓	✓
Toimilaitteiden seuranta	✓	✓	✓	✓	✓
PC-ohjelmat				✓	

Kuva 26. AC Pantherin vakio-ominaisuudet. (AC-Sähköautot Oy 2017b).

Auramaalla käytössä olevasta AC Pantherin kosketusnäytöllisestä ajoneuvotietokoneesta saadaan kerättyä laajasti tietoa vetoauton liikkeistä ja polttoaineen kulutuksesta.

Polttoaineen kulutusta voidaan Auramaalla seurata kuljettajakohtaisesti. Myös perävaunut pystytään paikantamaan rekisterinumeroiden perusteella paikannusominaisuuden avulla. Näin AC Pantherin avulla saadaan kerättyä tietoa koko HCT-yhdistelmästä. Opin- näytetyötä varten tärkeimpiä AC Pantherin keräämiä tietoja ovat ajotapaseuranta, ajo- päiväkirja ja ajohistoria, joilla on voitu seurata polttoaineen kulutusta, kuljetusaikoja sekä kuljettajien ajotapojen tehokkuutta.

HCT-liikennöinnin alkuvaiheessa Auramaalle tehtiin Trafille tehtävää kuukausiraportoin- tia varten pohja, johon voidaan melko helposti kopioida tiedot suoraan AC Pantherista. Raportointipohjan täyttö käy nopeasti, mutta järjestelmästä suoraan kerätyt tiedot eivät täysin sovellu yksityiskohtaisemman polttoaineen kulutuksen seuranta-analyysiin, sillä AC Pantherin kuukausitasoisissa listauksissa näkyvät kaikki HCT-yhdistelmän vetoauton ajokilometrit. Näissä ei siis ole eritelty reittejä, jotka on ajettu täyspitkällä yhdistelmällä tai pelkästään yhdellä perävaunulla. Täyspitkällä yhdistelmällä ajettu reitti joudutaan siis poimimaan järjestelmästä käsin, ja laskemaan reittikohtaiset kulutustiedot ja ajoajat. AC Pantherissa on kuitenkin näkyvillä päiväkohtaisesti kaluston sijaintitiedot, jolloin dataa voitaisiin lajitella näiden tietojen perusteella. Valitsemalla tietty matkaväli, esimerkiksi Vantaan ja Turun terminaalien väli, järjestelmä poimisi automaattisesti tiedot ainoastaan tältä väliltä tarkasteltavaksi. Ongelmana tässä on kuitenkin se, ettei AC Panther-järjes- telmää ole mahdollista itse ohjelmoida.

AC Panther on niin kutsuttu SaaS-palvelu, eli *Software as a Service* -tyyppinen ratkaisu. SaaS-palvelulla tarkoitetaan ohjelmistoa, jota ei ole asennettu asiakkaan laitteistoihin, vaan palvelua käytetään palveluntarjoajan ylläpitämän tietoverkon kautta Internet-selai- men avulla. Ohjelmistolisenssiä ei näin ollen myöskään hankita, vaan SaaS-palvelun hinta koostuu yleisesti aloitusmaksusta sekä kuukausittaisesta palvelumaksusta (Webopas 2017). Tällaisiin ohjelmistoihin ei voida tehdä itse muutoksia, mutta SaaS-palvelui- den tarjoajat kehittävät mielellään ohjelmistojaan vastaamaan paremmin asiakkaidensa tarpeita. Tästä syystä helpoimpana vaihtoehtona saattaisi olla lajittelutoimintojen lisää- minen Auramaalle tuotettaviin palveluihin. Tietojen suodattaminen suoraan järjestel- mässä helpottaisi raportointia, kun HCT-yhdistelmän tietoja ei jouduttaisi enää poimi- maan järjestelmästä yksitellen. Hakuehdon voisi määrittellä esimerkiksi lähtö- ja määrä- paikan perusteella, jolloin Vantaan ja Turun terminaalien välin tarkastelu helpottuisi. Toi- nen mahdollinen lajitteluperuste voisi olla kilometrimäärä. Kokonaisella yhdistelmällä ajettu matkat ovat aina pisimpiä, joten jos lajiteltaisiin yli 70 km pituiset välimatkat, saa- taisiin järjestelmästä suoraan Turun ja Vantaan terminaalien väliset ajot.

Jotta HCT:n tuomat polttoaineen kulutussäästöt voidaan selvittää, tarvitaan polttoaineen kulutustietoja myös vertailuajoneuvoilta. Vertailuajoneuvoiksi valittiin kaksi moduulimitaista (25,25 m) 64-tonnista täysperävaunuyhdistelmää, jotka liikennöivät Turun ja Vantaan terminaalien välillä. Verrokkiyhdistelmien polttoaineen kulutustiedot saadaan HCT:n tapaan AC Pantherista, mutta tietojen keräämiseen liittyvät samat haasteet kuin edellä kuvattiin HCT:n osalta.

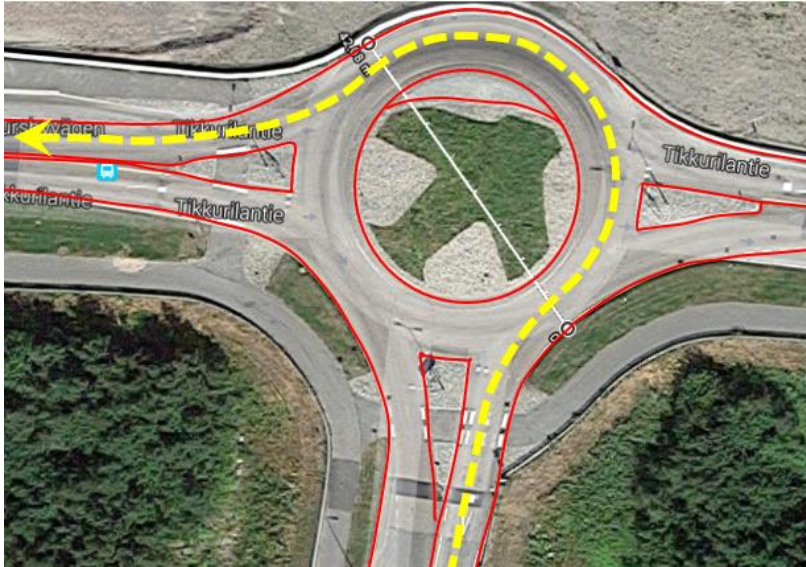
HCT-yhdistelmän kuormatietoja ei saada AC Pantherista, vaan ne joudutaan keräämään useasta tietolähteestä. Tämä sama pätee myös verrokkiyhdistelmän kuormatietoihin. Tämän opinnäytetyön puitteissa ei tutkittu tarkemmin, minkälaisia vaihtoehtoja kuormatietojen yhdistämiselle olisi.

Raportoinnin kehittämisen osalta olisi tarvetta jatkotutkimuksiin. Kuormatietojen yhdistettävyyden voisi olla sopiva esimerkiksi IT-alan opinnäytetyöksi. Erilaisia rajapintoja hyödyntämällä pystyttäisiin todennäköisesti kehittämään yhtenäinen järjestelmä, jolloin kuormatiedot saataisiin reittikohtaisesti kerättyä helpommin yhteen. AC Pantherin ominaisuuksiin ja kehityskohteisiin keskittyminen antaisi myös aihetta jatkotutkimuksille, sillä aineiston analysointi AC Pantherin nykyisillä ominaisuuksilla sekä kuormatietojen saatavuudella saattaa olla yritykselle suuri panostus työajallisesti.

### 5.3 Kuljettajien koulutusajo

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on määritellyt ne toimet, joita luvanhaltijan pitää suorittaa ennen liikennöintiä. Yhtenä vaatimuksena on yhdistelmän koeajo ja kuljettajien koulutus. Auramaan HCT-yhdistelmän koeajo ja koulutuspäivä järjestettiin Alastaron moottoriradalla huhtikuussa 2016.

Päivän aikana kuljettajat saivat tutustua uuden yhdistelmän ajo-ominaisuuksiin suljetulla alueella. Lisäksi ajoradalle mallinnettiin tulevalla reitillä sijaitseva liikenneympyrä (kuva 27 ja 28), sekä muita sellaisia kulkureittejä tai tilanteita, joiden arveltiin tuottavan ongelmia. Liikenneympyrä osoittautuikin haasteelliseksi. Yhdistelmän kääntyvyys ei riittänyt pitämään yhdistelmää kokonaisuudessaan ajoradalla, vaan liikenneympyrän keskialueelle tuli väistämättä ylityksiä. Reitillä sijaitsevan liikenneympyrän keskiosassa on kiveytystä, joten yhdistelmä mahtuu siitä kyllä kääntymään, mutta avoimiksi kysymyksiksi jäivät kiveytykseen jäävät mahdolliset vauriot, sekä yhdistelmän renkaiden ylimääräinen kuluminen.



Kuva 27. HCT-yhdistelmän reitillä oleva liikenneympyrä Vantaalla. (taustakuva Google Maps).



Kuva 28. HCT-yhdistelmän koulutusajo 5.4.2016 Alastaron moottoriradalla.

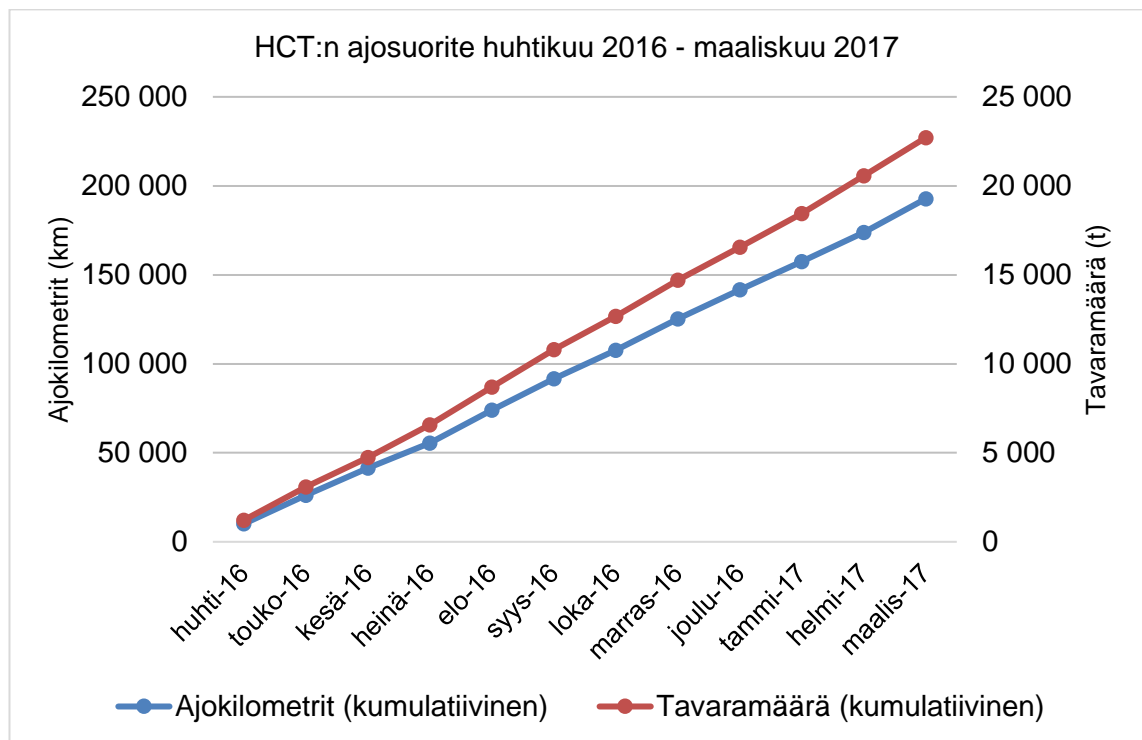
Muilta osin päivä oli onnistunut. Kuljettajat olivat tyytyväisiä yhdistelmän ajettavuuteen liikenneympyrässä ilmenneistä ongelmista huolimatta. Vaikka kuljettajat eivät huomanneet suurta eroa yhdistelmän ajo-ominaisuuksissa verrattuna tavalliseen yhdistelmään, herätti yhdistelmän pituus kuitenkin ajatuksia muun muassa ohitustilanteiden turvallisuudesta.

Liikennöinnin alettua jo koeajossakin hankalaksi huomattu Vantaan pään liikenneympyrä osoittautui hankalaksi. Auramaa löysi kuitenkin vaihtoehtoisen reitin suhteellisen vähän liikennöidyltä alueelta, ja lupaan haettiin muutosta. Jos alkuperäistä reittiä olisi käytetty,

olisi jatkuva kivetyksen ylitys aiheuttanut vahinkoja niin kivetykselle kuin yhdistelmän renkaillekin, joten muutos oli perusteltu ja lupa reittimuutokseen saatiin. Myös Turun päässä tehtiin pieni muutos alkuperäiseen reittiin. Näin Turun lentokentän kupeessa olevassa liikenneympyrässä HCT pääsee sujuvammin etenemään.

#### 5.4 HCT-yhdistelmän ensimmäisen vuoden liikennöinnin perusseuranta

Auramaan HCT-yhdistelmälle on kertynyt ajokilometrejä ensimmäisen vuoden aikana yhteensä noin 190 000 km (kuvio 8). Yhdistelmän ajosuorite on kertynyt hyvin tasaisesti kuukausittain. Ainoastaan huhtikuussa 2016 ajosuorite jäi muita kuukausia selvästi pienemmäksi. Tämä johtuu siitä, että liikennöinti ei käsittänyt koko kuukautta. Ensimmäiselle matkalle Turusta Vantaalle HCT-yhdistelmä lähti 11.4.2016. Kaikkiaan yhdistelmällä on kuljetettu tavaraa sen ensimmäisen liikennöintivuoden aikana 22 710 tonnia.

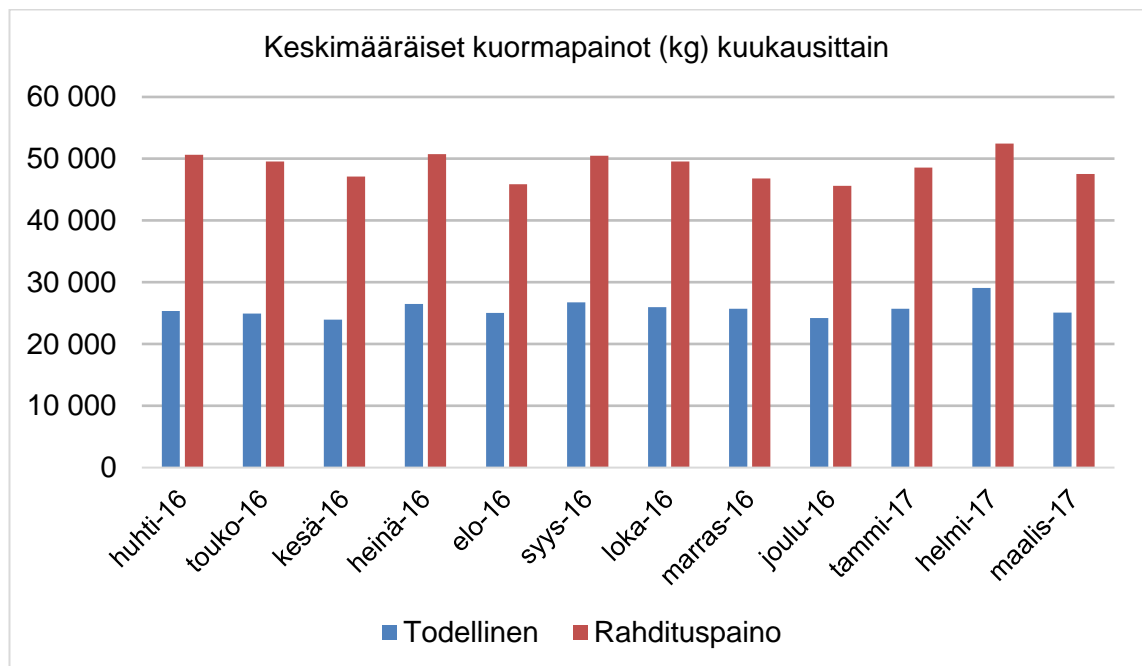


Kuvio 8. HCT-yhdistelmän ajokilometrien ja kuljetetun tavaramäärän kehittyminen kuukausittain huhtikuusta 2016 maaliskuuhun 2017.

Normaalisti HCT-yhdistelmällä tehdään kaksi edestakaista matkaa Turun ja Vantaan terminaalien välillä päivittäin. Lauantaina ja sunnuntaina ei kuitenkaan liikennöidä. Terminaalien välinen matka on noin 170 km. HCT-yhdistelmän vetoauton matkamittariin on

kertynyt ajokilometrejä myös siten, että vedettävänä on ollut vain yksi perävaunu. Kuitenkin valtaosa (noin 90 %) HCT:n ajosuoritteesta on sen ensimmäisen liikennöintivuoden aikana kertynyt ajosta täyspitkinä yhdistelmänä eli molemmat perävaunut ovat olleet mukana.

Kuvioon 9 on koottu HCT-yhdistelmän kuljetussuoritteita kuvaavia tietoja: keskimääräisen kuorman paino ja rahdituspaino. Näiden kuljetussuoritteiden vaihtelut ovat eri kuukausien välillä olleet melko vähäisiä HCT-liikenteen ensimmäisenä vuotena. Keskimääräinen lasti on kuukausittain ollut noin 25 700 kg ja rahdituspainon noin 50 000 (kg). Yhdistelmän kuormausaste on koko vuoden osalta laskettuna 53 %. Kuormausaste tarkoittaa kuorman todellisen painon suhdetta ajoneuvon kantavuuteen. HCT:n kuormausaste on tyypillinen lukema kappaletavaraliikenteessä, jossa lastit koostuvat erinäisistä tavaroista, joita kuljetetaan yhdessä. Ominaista kappaletavaralasteille on se, että ne ovat yleensä niin sanottua tilavuustavaraa, eli vaikka ajoneuvo olisi tilan puolesta lastattu täyteen, ei yhdistelmän kantavuudesta ole käytetty kuin puolet. Luonteeltaan sekalainen kappaletavara on tilavuuteensa nähden yleensä kevyttä tavaraa.



Kuvio 9. HCT-yhdistelmän kuormapainot kuukausittain: todellinen kuorman paino sekä laskennallinen rahdituspaino.

Kappaletavaraliikenteessä yleinen ongelma on se, miten lastin volyymia tulisi mitata (katso esimerkiksi Nykänen 2011). Kappaletavaraliikenteessä ei kuorman todellinen

massa (paino) ole yleensä rajoittava tekijä, vaan rajoittava tekijä on kuormatilojen tilavuus. Näin ollen kappaletavaraliikenteessä olisi hyvä käyttää kuljetussuoritteiden yksikönä todellisen painon lisäksi myös kuorman tilavuutta. Yleensä tarkkoja tilavuustietoja ei kuitenkaan kuljetusliikkeet kerää lastiraportteihinsa. Sen sijaan lastiraporteista löytyy tieto rahduspainosta, jota käytetään yleisesti kappaletavaran rahtihinnoittelussa. Rahduspaino on eräs tapa ilmaista lastin määrä siten, että se kuvastaa myös tilavuutta.

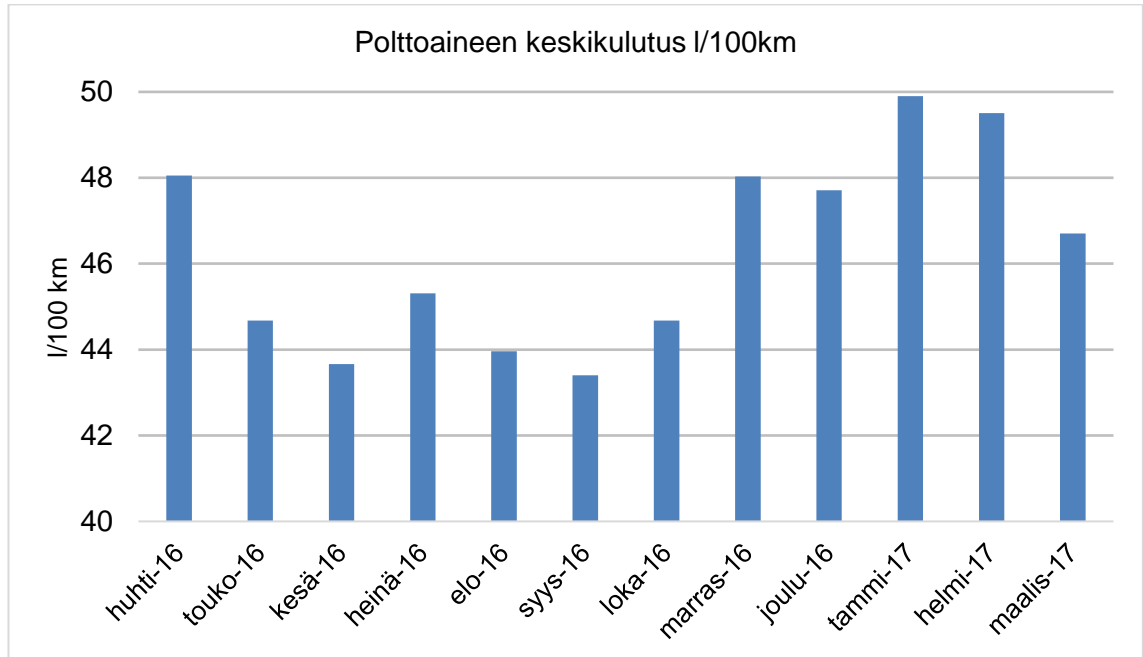
Rahduspaino on niin sanottu laskennallinen suure. Rahduspaino muodostuu joko lähetyksen todellisesta bruttopainosta, tilavuuspainosta tai käytetyn lavatilan mukaisesti, lavametripainosta. Siten se on suhteellinen tilavuuden mittari. Kun kappaletavaraliikenteessä lähetyksen todellinen paino ei useinkaan ole lähetyksen tilavuuden tai kuormatavuuden vuoksi järkevä hinnoitteluperuste, käytetään alalla laskennallisia rahduspainoja. Kaukokiito käyttää rahduspainon laskennassa yleisesti kotimaan tavaralinjaliikenteessä käytettyjä ehtoja, jotka ovat: kuutiometri 333 kg, lavametri 1850 kg, FIN-lava 925 kg ja EUR-lava 740 kg (tarkemmin Kaukokiidon rahduspainoista Kaukokiito.fi).

Rahduspainon mukaan tarkasteltuna voidaan HCT-yhdistelmän todeta liikkuneen hyvin täydessä lastissa, vaikka kuorman todellinen paino onkin melko alhainen. Yhdistelmän kahden perävaunun yhteenlaskettu laskennallinen rahduspaino on lavapaikkojen mukaan laskien 53 280 (kg). Laskennallinen rahduspaino saadaan kertomalla HCT-yhdistelmän 72 EUR-lavapaikkaa 740 rahduspainokilolla. Keskimäärin HCT-yhdistelmän rahduspainot ovat olleet noin 50 000 (kg). Lavapaikkojen mukaan laskettuna yhdistelmän täyttöasteeksi saadaan noin 91 %.

Teoreettisesti yhdistelmän täyttöastetta voidaan tarkastella myös kokonaistilavuuden mukaan. HCT-yhdistelmän lastitilavuus on 220 m<sup>3</sup>, jolloin kuutiopainokertoimen (1 m<sup>3</sup> = 333 kg) mukaan laskien suurimmaksi rahduspainoksi saadaan 73 260 (kg). Laskemalla suurimman rahduspainon pohjalta saadaan HCT:n täyttöasteeksi 67 %. Laskelma on hyvin teoreettinen. Käytännössä koko rahtitilavuutta ei pystytä hyödyntämään lattiasta kattoon ja seinästä seinään. Lisäksi rahduspainoa ei yleensä lasketa koko kuormatilan korkeuden pohjalta.

Polttoainetta Auramaan HCT-yhdistelmä on sen ensimmäisen liikennöintivuoden aikana kuluttanut yhteensä noin 89 000 litraa, keskipolutuksen ollessa 46,3 litraa sadalla kilometrillä. Polttoaineen keskipolutus kuukausittain on vaihdellut verrattain paljon (kuvio 10). Huhtikuun melko korkea kulutuslukema selittyy varmaankin sillä, että ajoneuvolla ajettiin tuolloin muuallakin kuin moottoritieillä kahden terminaalien välillä kappaletavara-

ajoa, esimerkiksi kuljettajien koulutustapahtumassa Alastarolla. Lisäksi kuljettajilta on toiminnan alkuvaiheessa varmaan mennyt polttoainetta hieman normaalia enemmän uuteen ajoneuvoon ja sen ajo-ominaisuuksiin tutustuessaan.



Kuvio 10. HCT-yhdistelmän polttoaineen keskimääräinen kulutus kuukausittain.

Kuviosta 10 on selvästi nähtävissä talvikauden suurempi polttoaineen keskimääräinen kulutus. Marraskuu – maaliskuun välisellä jaksolla keskimääräinen kulutus on ollut touko-lokakuun keskimääräistä kulutusta noin 4 litraa/100 km suurempaa. Eroa ei voi selittää kuin pieneltä osin kasvaneella kuorman painolla. Keskimääräinen kuorman paino on talvikuukausina ollut vain noin 400 kiloa enemmän kuin kesäkuukausina (toukokuu-lokakuu). Heinäkuussa yhdistelmän polttoaineenkulutus on ollut hieman suurempaa kuin muina kesäkuukausina. Osittain tätä selittää se, että heinäkuussa keskimääräinen kuorman paino oli hieman kesäkuukauden keskimääräistä lukemaa suurempi. Ilmeisesti heinäkuun kohonneeseen polttoaineen kulutukseen on vaikuttanut kahden vakiokuljettajan loma-ajat. Heinäkuussa HCT-yhdistelmää ajoi useampi kuljettaja.

Yleensä talviaikana polttoaineen kulutus kasvaa. Polttoaineen kulutusta lisäävät talvitaikainen diesel, pakkaset ja lumiset kelit. Lumen ja sohjon tarttuminen ajoneuvon rakenteisiin lisäävät sen painoa ja siten polttoaineen kulutusta. Sohjokelit lisäävät ajoneuvon vierintävastusta. Vierintävastukseen vaikuttavat myös talvirenkaat. Talviaikana polttoaineen kulutus lisääntyy myös sen takia, että liukkailla keleillä vakionopeudensäädintä ei



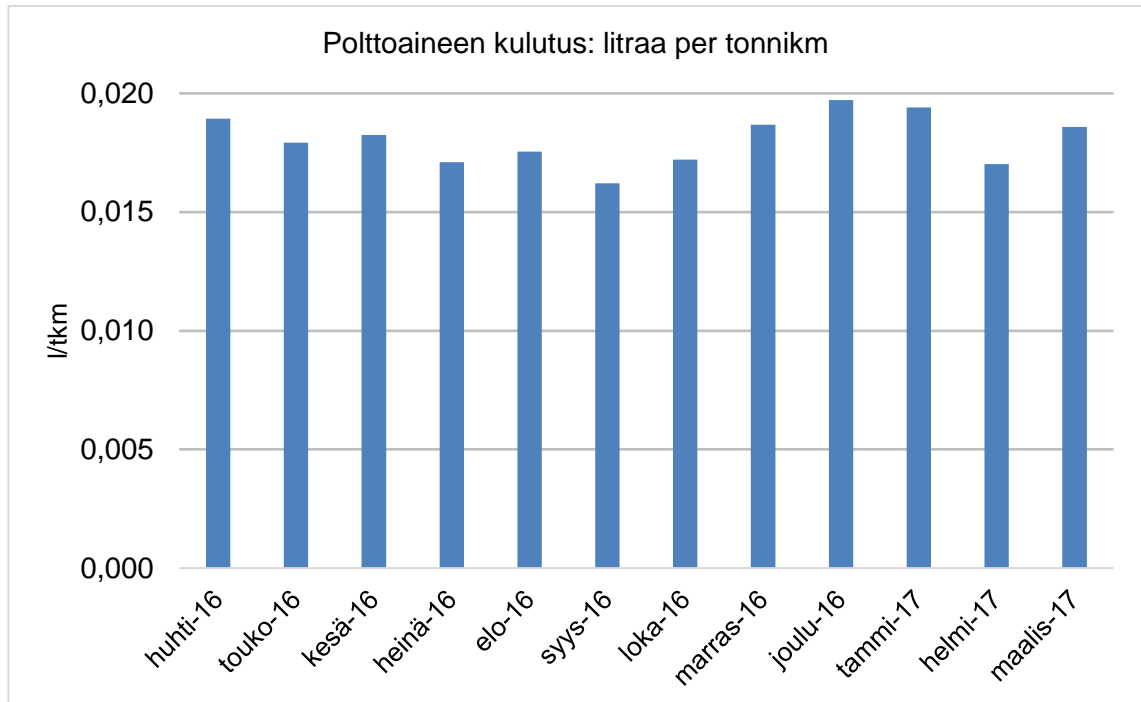
voi käyttää turvallisuussyistä. Liukkailla keleillä joudutaan myös hidastamaan risteysiin enemmän. (Lahti & Tantt 2016b.)

Trafin seurantaryhmän tekemässä ensimmäisessä talvikauden koosteraportissa todettiin, että päivittäistavarakuljetuksissa käytettävän ylimassaisen HCT-yhdistelmän kulutus talvikaudella oli 14 % enemmän kuin kesäkaudella (Lahti & Tantt 2016b). Auramaan HCT-yhdistelmän kesä- ja talvikuukausien ero polttoaineen kulutuksessa on ollut noin 10 %:n luokkaa.

Osittain Auramaan HCT-yhdistelmän kesä- ja talvikauden polttoaineen kulutuksen eroa voidaan selittää vetoauton nopeudenrajoittimen säädöillä. Auton nopeudenrajoitin asennettiin alun perin 83 km/h, mutta se nostettiin syksyllä 2016 niin sanotulle normaalille tasolle eli 89 km/h. Tällä nopeudenrajoittimen raja-arvon nostamisella on haluttu varmistaa, että HCT-yhdistelmä selviytyy Turku-Helsinki välisen moottoritien melko suurista ja pitkistä mäistä tehokkaammin. Samalla tämä rajoittimen säätö on voinut hieman lisätä koko reitin keskimääräistä ajonopeutta, joka väistämättä lisää polttoaineen kulutusta.

Osaltaan talvikauden lisääntyneeseen polttoaineen kulutukseen on voinut vaikuttaa myös se, että marraskuusta lähtien HCT-yhdistelmää on ajanut kahden vakiokuljettajan lisäksi useampi kuljettaja. Auramaan HCT-yhdistelmän vetoautossa käytettiin ensimmäisenä talvena nastarenkaita, joka on osaltaan nostanut talvikauden liikenteen polttoaineen kulutusta kesäaikaan verrattuna.

Talvikauden suurempi polttoaineen kulutus näkyy selvästi myös seuraavasta kuviosta (kuvio 11), jossa on laskettu kuukausitietojen pohjalta Auramaan HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutus tonnikilometriä kohden. Polttoaineen kulutus tonnikilometriä kohden lähtee kasvamaan lokakuussa. Suurimmillaan polttoaineen kulutus tonnikilometriä kohden on ollut joulukuussa 2016 ja tammikuussa 2017.



Kuvio 11. Polttoaineen kulutus: litraa per tonnikilometri.

Auramaan HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutus tonnikilometriä kohden on hieman alhaisempi kuin mitä edellä todettiin Ruotsin HCT-kappaletavaraliikenteen polttoaineen kulutusta tarkasteltaessa (luku 4.3.2). Auramaan HCT:n polttoaineenominaiskulutus on keskimäärin sen ensimmäisenä liikennöintivuotena ollut 0,0181 litraa/tkm, kun vastaava arvo Ruotsin Trafikverketin tutkimuksessa on kappaletavaraliikenteen osalta 0,0203 litraa/tkm. Osittain tätä eroa selittää se, että Auramaan HCT-yhdistelmän kulutusluke-massa on mukana myös hieman sellaisia matkoja, joita ei ole ajettu täyspitkinä yhdis-telmänä kahdella perävaunulla. Ilmeisesti Ruotsin HCT-yhdistelmien polttoaineen kulu-tustutkimuksessa ei tällaisia matkoja ole mukana.

Verrattaessa Auramaan HCT:n polttoaineen kulutusta Ruotsin DB Schenkerin liiken-teessä olevan DUO2-yhdistelmän kulutukseen huomataan Auramaan HCT:n liikkuneen selvästi energiatehokkaammin. Ruotsin HCT-yhdistelmän kulutus on noin 30 tonnin las-tilla ollut keskimäärin vähän yli 50 litraa sadalla kilometrillä, kun Auramaan HCT:n kulutus vastaavalla lastimäärällä jää selvästi alle 50 litran. Tulosta selittää ainakin osin se, että Ruotsin ensimmäisen kappaletavaraliikenteeseen suunnitellun HCT-yhdistelmän veto-auto on moottoriteholtaan huomattavasti suurempi (750 hv) kuin Auramaan käyttämä vetoauto (510 hv). Sittemmin kyseessä olevan Ruotsin HCT:n vetoautoksi on vaihdettu

moottoriteholtaan selvästi pienempi vetoauto. Tämän yhdistelmän polttoaineen kulutuksesta ei vielä ole julkaistu tutkimustuloksia. Eroja polttoaineen keskimääräisessä kulutuksessa voi selittää myös automerkit. Ruotsin HCT:n vetoautona on Volvo ja Auramaalla veturina toimii Mercedes Benz. Edellä raskaan kaluston polttoaineen kulutukseen vaikuttavia tekijöitä tarkasteltaessa todettiin VTT:n havainneen tutkimuksissaan, että automerkkien välillä polttoaineen kulutuksessa voi olla huomattavan suuria eroja. Osaltaan Auramaan ja Ruotsin DUO2-yhdistelmän polttoaineen kulutuseroon vaikuttaa se, että niiden omamassoissa on eroja. Auramaan HCT-yhdistelmä on useita tonneja kevyempi. Myös yhdistelmien kokonaismassat eroavat toisistaan. Ruotsin DUO2 on 80-tonninen ja Auramaan 75-tonninen.

#### 5.5 HCT-yhdistelmän vertailu 64-tonniseen täysperävaunuyhdistelmään

Trafi edellyttää kaikilta HCT-luvanhaltijoilta liikennöintiraportointia joka kuukausi. Lisäksi Trafille on tehtävä puolivuositain (kesä/talvi) tarkempi seuranta-analyysi HCT-yhdistelmien liikenteestä. Kesäajan raportointi koskee ajanjaksoa huhtikuusta syyskuuhun ja talvikausi kattaa kuukaudet lokakuusta maaliskuuhun. Trafi ilmoittaa aina ennakoon puolivuotisraportoinnin keskeiset tutkimusteemat. Näin tarkemmin seurattavat aiheet hie-man vaihtelevat raportointikausittain.

Kesäkaudelta 2016 Trafi pyysi selvittämään erityisesti HCT-yhdistelmän polttoainesäätöjä kuljetettavaa lastiyksikköä kohden verrokkiyhdistelmään verrattuna. Jotta polttoainesäätöistä saataisiin mahdollisimman luotettava kuva, Trafi ohjeisti valitsemaan kesäajalta (heinä-, elo- ja syyskuu) 20–30 kappaletta sellaisia reittejä, joilla on liikennöinyt sekä HCT-yhdistelmä että vertailuun valittu verrokkiajoneuvo. Selvitettäviä asioita olivat: polttoaineen kulutus, lastimäärä ja keskinopeus. Keskinopeus piti laskea ilman lastaus- ja purkausaikoja.

Auramaan HCT-yhdistelmän vertailuajoneuvoksi valittiin kokonaismassaltaan 64-tonninen moduulimittainen täysperävaunuyhdistelmä. Verrokiksi otettiin kaksi ajoneuvoa, jotka ajavat kappaletavaraa Turun ja Vantaan terminaalien välillä. Normaalisti näiden kahden terminaalien välillä liikkuu HCT:n lisäksi useita muitakin yhdistelmiä päivittäin. Reitillä ei kuitenkaan HCT:n ohella ole muita vakioautoja, vaan reitillä käytetään useita eri täysperävaunuyhdistelmiä. Vertailuun valittiin sellaiset yhdistelmät, jotka ovat kesäkaudella tehneet useimmiten matkoja Turun ja Vantaan terminaalien välillä.

Seuraavaan on koottu HCT:n sekä kahden verrokkiajoneuvon keskeiset tiedot:

	HCT	Verrokkit 1 ja 2
Auton merkki	MB	MB (Mercedes Benz) ja Volvo
Vuosimalli	2016	MB 2010 ja Volvo 2012
Moottorin teho (hv)	510	MB 435 ja Volvo 469
Auton vetotapa	6+4	6+2
Yhdistelmän kokonaismassa (t)	75	64
Yhdistelmän omamassa (t)	27,6	24
Yhdistelmän kantavuus (t)	48,6	40
Yhdistelmän korkeus (m)	4,4	4,2
Yhdistelmän pituus (m)	33,78	25,25
Akselien määrä (lkm))	11	8
Perävaunun rengastus	single	single
Kuormatilän pituus (m)	28,89	noin 21 (max 21,42)
EUR-lavapaikat (kpl)	72	52
Tilavuus (m3)	220	150

Kuvassa 29 on HCT-yhdistelmä ja sen rinnalla vertailuun valitun verrokkiihdistelmän mukainen täysperävaunuyhdistelmä.



Kuva 29. HCT:n rinnalla verrokkiajoneuvon kaltainen 64-tonnin yhdistelmä.

Heinä-, elo- ja syyskuun ajalta valittiin kahdelta verrokitlta kaikkiaan 42 matkaa, jotka vastaavat HCT:n Turun ja Vantaan terminaalien välistä liikennöintiä. Kahden verrokin terminaalien välisiltä matkoilta laskettiin polttoaineen kulutus, lastimäärä tonneissa ja rahduspaino sekä ajonopeus. Samat tiedot selvitettiin myös HCT:n osalta. Polttoaineen kulutustiedot on laskettu kummankin yhdistelmän osalta AC Panther-järjestelmästä. Si- ten tiedot ovat hyvin vertailukelpoisia.

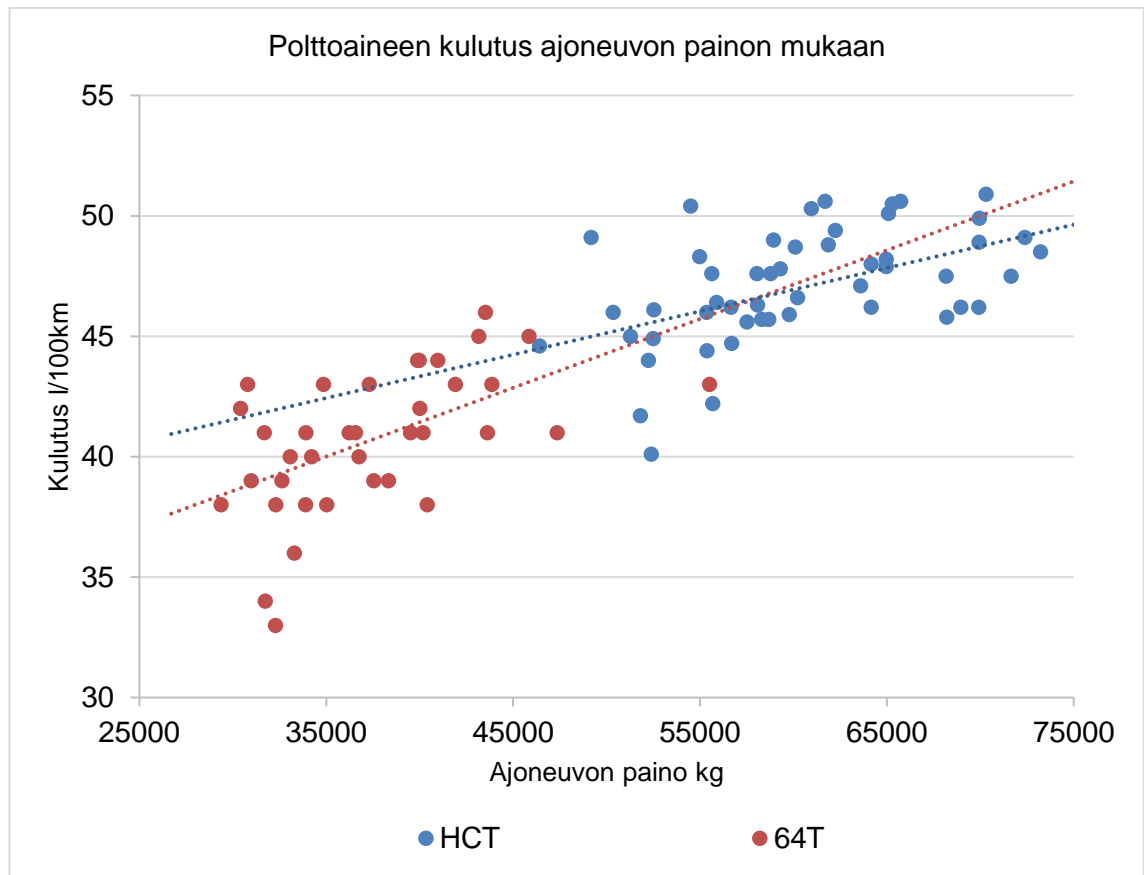
Yhdistelmien matkoista kerättyjen tietojen lähempi tarkastelu osoitti, että aivan kaikkia HCT:n ja verrokkien matkakohtaisia tietoja ei voida käyttää vertailuanalyyssissä, sillä verrokkiyhdistelmiltä oli vaikeaa löytää täysin HCT:n reittejä vastaavia ajoja. Lisäksi osa tehdyistä matkoista jouduttiin jättämään pois, sillä kuormatiedot eivät niissä vaikuttaneet olevan oikein. Kappaletavaran runkoliikenteessä on nimittäin mahdollista, että yhdistelmän kuormatiedot eivät täysin pidä paikkaansa. Jos esimerkiksi yhdellä rahtikirjalla kulkee vaikka 6 lavallista tavaraa, voi lähetys todellisuudessa jakautua kahdelle runkoautolle esimerkiksi tilanpuutteen takia. Tietojärjestelmiin tällaiset jaot eivät kuitenkaan aina päädy ja niiden selvittäminen jälkikäteen on hankalaa. Liikenteenhoidon kannalta asialla ei ole merkitystä, sillä terminaaliin tällainen jaettu lähetys saapuu jokseenkin samaan aikaan, perättäisillä autoilla. Polttoaineen kulutustutkimuksen kannalta tällä on kuitenkin merkitystä, sillä se perustuu tarkkoihin kuormatietoihin. Kappaletavaraliikenteessä on kuormatiedoissa aina vähän heittoja muun muassa siitä syystä, että kuljetusliikkeen asiakkaille sattuu virheitä lähetysten lastitietojen ilmoittamisessa. Jos näitä virheitä ei huomata kuljetusliikkeessä korjata, voivat virheelliset tiedot päätyä HCT:n kuten myös verrokkiyhdistelmän kuormatietoihin. Oletettavasti nämä kuormatietoihin liittyvät ongelmat eivät kuitenkaan muodosta kovinkaan suurta virhelähdettä tutkimusaineistossa.

Kaikkiaan vertailuun kelpuutettiin verrokeilta 37 matkan ja HCT:ltä 51 matkan tiedot. Vaikka verrokkiyhdistelmiä otettiin tarkasteluun kaksi, ei niitä käsitellä jatkossa erikseen, vaan tulokset tulkitaan siten kuin mukana olisi vain yksi ja sama yhdistelmä. Matkan tiedot ovat ajanjaksolta 4.7. – 26.9.2016. Mukana on sekä Turusta Vantaalle että toisinpäin ajettuja matkoja. Tällä reitin suuntatiedolla ei ole käytännössä merkitystä vertailun kannalta, sillä yhdistelmät kulkevat kumpaankin suuntaan jokseenkin samanlaisilla kuormilla. Vantaalta Turkuun päin ajettaessa lastivolyymit ovat olleet hieman suurempia kuin päinvastaiseen suuntaan.

Kun reittien tietoja kerättiin, pyrittiin vertailtavien yhdistelmien ajopäivät pitämään mahdollisimman samoina, jotta tietojen vertailukelpoisuus olisi hyvä. Hieman harmittavasti näihin päiviin osui HCT-yhdistelmällä keskimääräistä raskaampia lasteja ja toisaalta todella kevyitä kuormia ei tullut mukaan oikeastaan lainkaan. Mukaan vertailuun otettujen HCT:n tekemien matkojen lastien keskipaino on vähän yli 33 000 kg, kun koko kesäajan lastimäärän keskiarvo on noin 25 500 kg. Tällä tekijällä ei kuitenkaan ole kovin suurta merkitystä, sillä verrokki- ja HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutusta ei voida vertailla

keskenään ajettujen matkojen keskiarvojen pohjalta, vaan vertailuajoneuvoille on laskettava polttoaineen kulutusfunktiot ajoneuvojen kokonaismassan mukaan. Näin kahta erilaista yhdistelmää voidaan paremmin vertailla keskenään.

Polttoaineen kulutus riippuu kuorman painosta ja ajoneuvon omasta massasta. Kuviossa 12 esitetään verrokkien ja HCT:n polttoaineen kulutus ajoneuvon kokonaismassan mukaan (kuorman paino + ajoneuvon omamassa).



Kuvio 12. Polttoaineen kulutus ajoneuvon painon mukaan kesäkaudella 2016. Ajoneuvon painossa on kuorman todellinen paino ja koko yhdistelmän omamassa. 64T tarkoittaa verrokkiyhdistelmää.

Kuvioon on piirretty polttoaineen kulutuksen ja ajoneuvon painon välisen yhteyden mukaiset regressiosuorat erikseen HCT:lle ja verrokkille. Polttoaineen kulutuksen ja ajoneuvon painon välillä on selvä yhteys. Kovin korkeaksi regressiomallin korrelaatio- ja selityskerroin ei kuitenkaan kummallakaan yhdistelmällä nouse. Verrokin osalta mallin selityskerroin ( $R^2$ ) saa arvon 0,30 ja HCT:n osalta kertoimen ( $R^2$ ) arvoksi muodostuu 0,27. Polttoaineen kulutuksessa on siis hajontaa regressiosuoran suhteen, eli samoilla kuorman painoilla polttoaineen kulutus voi vaihdella paljon, jopa 10 litraa sadalla kilometrillä.

Kun on kyse kesäajan liikenteestä, jolloin keliolosuhteet eivät juurikaan vaikuta polttoaineen kulutukseen, ja reitit ovat täysin samoja, ja ajoreitillä ei juurikaan ole ruuhkia, polttoaineen kulutusvaihteluja samoilla kuorman massoilla ei oikein voida selittää muuten kuin kuljettajien erilaisilla ajotavoilla. Näin ollen on hyvä, että tähän HCT:n ja verrokkiyhdistelmän analyysiin otettiin riittävästi matkoja, jotta muun muassa kuljettajien erilaiset ajotavat eivät pääse liiaksi häiritsemään vertailuanalyysiä sekä HCT:n tuomia polttoaineen säästöjä mittaavia laskelmia.

Ajonopeudella on todettu olevan selvä yhteys polttoaineen kulutukseen. Kesäkaudella Auramaan HCT-yhdistelmän keskinopeus on ollut 73,8 km tunnissa. Verrokkiyhdistelmällä vastaava arvo on ollut hieman korkeampi (75,2 km/h). Keskinopeus on laskettu terminaalilta terminaalille välisen ajon osalta. Reitti on valtaosin moottoritietä. Jos kuljettaja on pitänyt tauon matkan aikana, on se otettu pois matka-ajasta.

Mielenkiintoisena yksityiskohtana voidaan kuviosta 12 havaita, että kummallakin sekä verrokki- että HCT-yhdistelmällä polttoaineen kulutusvaihtelu on pienillä kuorman massoilla suurempaa kuin isommilla kuorman painoilla liikuttaessa. Kuorman lisääntyminen näyttää siis tasoittavan polttoaineen kulutuseroja. Vastaava ilmiö on havaittu VTT:n RakeTruck -tutkimusohjelman raskaan kaluston polttoaineen kulutusta ja päästöjä selvittäneissä tutkimuksissa. Näissä VTT:n tekemissä tutkimuksissa ei kuitenkaan selvitetty kuljettajan vaikutusta polttoaineen kulutukseen vaan eri automerkkien välisiä eroja polttoaineen kulutuksessa. VTT:n tutkimuksissa kuorman lisääntyminen tasoitti eri automerkkien välillä havaittuja polttoaineen kulutuseroja selvästi. (Nylund, Erkkilä & Söderström 2005.)

Verrokkiyhdistelmän polttoaineen kulutusfunktion kulmakerroin on HCT-yhdistelmän vastaavaa arvoa hieman suurempi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ajoneuvon kokonaismassan kasvaessa polttoaineen kulutus kasvaa verrokillä hieman enemmän kuin HCT-yhdistelmällä. HCT:n verrokkiyhdistelmää suurempi polttoaineen kulutus alhaisilla kokonaispainoilla on hyvin luonnollista ja ymmärrettävää. Lähtökohtaisesti HCT:llä on suurempi ajovastus kuten myös vierintävastus. HCT-yhdistelmä on 20 cm verrokkiyhdistelmää korkeampi. HCT-yhdistelmän ajovastus on verrokkiyhdistelmää epäedullisempi myös rakenteensa puolesta. HCT:n kaksi perävaunua tekee yhdistelmään enemmän epäjatkuvuuskohtia kuin verrokillä, joka muodostuu kuorma-autosta ja yhdestä perävaunusta. HCT-yhdistelmässä on enemmän akseleita ja sen myötä myös renkaita on enemmän kuin normaalissa täysperävaunuyhdistelmässä.

Verrokkiyhdistelmän polttoaineen keskikulutus (l/100 km) pysyy aina 58 tonniin saakka pienempänä kuin HCT:n. Tämä tarkoittaa sitä, että jos tavaraa on yhdellä kerralla kuljettavana noin 34 tonnia, ei HCT-yhdistelmä tuo vielä tällä lastimäärällä liikuttaessa mitään hyötyä. Oikeastaan HCT on vielä tässä vaiheessa hieman jäljessä energiatehokkuudessa, sillä sen omamassa on hieman verrokkiyhdistelmää suurempi. Jos yhdistelmien omamassojen erot otetaan huomioon, niin vasta 39 tonnin lastimäärällä HCT on yhtä energiatehokas kuin normaali täysperävaunuyhdistelmä. Näin raskaisiin lasteihin ei kuitenkaan kappaletavaraliikenteessä yllätä kuin harvoin.

Kun kappaletavaraliikenteessä autojen kuljetuskapasiteetti ei tonnien puolesta ole yleensä rajoittava tekijä vaan kuormatilan koko, ei ole kovin hyödyllistä tarkastella HCT-yhdistelmän tuomaa säästöä vain kuorman painon pohjalta. Kuorman painoa ei kuitenkaan voida jättää pois, sillä polttoaineen kulutus riippuu nimenomaan kuorman painosta eikä kuorman tilavuudesta.

Teoreettisesti voidaan kuitenkin edellä tehdyn tarkastelun pohjalta laskea HCT:n tuomaa polttoaineen kulutuksen säästöpotentiaalia. Kun verrattavilla yhdistelmillä on polttoaineen kulutus tietyssä regressiosuoran kohdassa sama, niin merkitseväksi seikaksi tulee kuormatilojen tilavuus. HCT-yhdistelmässä on 38,5 % enemmän lavapaikkoja ja kuormatilojen tilavuus on peräti 46,7 % suurempi. Nämä prosenttiluvut eivät kuitenkaan anna täysin oikeaa kuvaa, sillä jos kummatkin yhdistelmät ovat täynnä tilavuus-painosuhteeltaan samanlaista tavaraa, eivät yhdistelmien kokonaismassat kuitenkaan ole samalla tasolla. Tämä esimerkki osoittaa, miten hankala kappaletavaraliikenteessä, jossa kuljetetaan pääsääntöisesti niin sanottua tilavuustavaraa, on laskea syntyviä polttoaineen kulutuksen säästöjä erilaisten yhdistelmien osalta. Joka tapauksessa tämä laskelma antaa suuntaa antavia tuloksia HCT-yhdistelmän tuomasta polttoaineen kulutuksen säästöpotentiaalista. Todellisuudessa näin korkeisiin säästöihin ei päästä, koska sekalainen kappaletavara ei terminaalien välisessä liikenteessä ole kovin painavaa. Vaikka autot ovat täynnä, ei niiden kantavuudesta ole käytetty kuin noin puolet. Auramaan HCT-yhdistelmien kuljettamien lastien paino on keskimäärin yhdellä matkalla ollut noin 26 tonnia.

HCT:n ja verrokkiyhdistelmän osalta laskettuja polttoaineen kulutusfunktioita voidaan käyttää apuna, kun selvitetään kuinka paljon HCT-yhdistelmä on säästänyt polttoainetta vuoden aikana Turun ja Vantaan terminaalien välisessä liikenteessä toteutuneilla keskimääräisillä lasteilla. HCT-yhdistelmän kuorman keskipaino terminaalien välisessä liikenteessä on sen ensimmäisenä liikennöintivuotena ollut 25 693 kg. Tällä kuorman painolla



HCT-yhdistelmän keskipolttokulutus on kuvion 12 polttoaineen kulutusfunktion pohjalta lasketuna 46,61 l/100 km. HCT:n täyttöaste lavapaikoilla mitattuna on 91 %, jolloin matkalla on keskimäärin 65,5 EUR-lavaa, lavapainon ollessa 392,3 kg. Käytettäessä verrokilla samaa täyttöastetta (91 %), saadaan verrokkiyhdistelmän kuljettamaksi lavamääräksi yhdellä matkalla 47,3 lavaa, joka tekee koko yhdistelmän kuorman painoksi 18 556 kg. Tällä kuorman painolla verrokkiyhdistelmä kuluttaa polttoainetta 42,77 l/100 km. Kun HCT liikennöi Turun ja Vantaan välillä tehden arkipäivisin kaksi edestakaista reissua, tulee vuodessa yhteensä 1000 yhdensuuntaista matkaa (laskettu 250 arkipäivän mukaan). Tällöin kulkee 65 500 EUR-lavallista tavaraa ja polttoainetta kuluu 170 000 kilometrillä 79 237 litraa. Oletettaessa, että sama tavaramäärä kuljetettaisiin normaalilla 64-tonnisella yhdistelmällä eli nyt tarkastellulla verrokilla, tarvitsisi sillä tehdä 1385 matkaa. Tästä syntyisi yhteensä vuodessa 235 450 ajokilometriä ja polttoainetta kuluisi 100 702 litraa, joka on noin 27 % enemmän kuin HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutus.

Jos edellä tehty laskelma tehdään kääntäen, eli lasketaan siten, että vuotuinen tavaramäärä kuljetetaan verrokin sijaan HCT-yhdistelmällä, saadaan polttoaineen kulutussäästökseksi 21,3 %. Ajetut kilometrit vähenevät HCT:n myötä 65 450 kilometrillä (27,8 %) ja normaalien yhdistelmien matkojen määrä vähenee 1385 matkasta 1000 matkaan vuodessa. Tässä laskelmassa on käytetty oletusta, että HCT liikennöi 250 arkipäivänä vuodessa ja tekee kaksi edestakaista reissua päivässä. HCT on tehnyt ensimmäisen vuoden aikana hieman vähemmän matkoja. Tämä johtuu muun muassa siitä, että HCT on ollut muutamina päivinä esittelytilaisuuksissa, esimerkiksi Turun Navigate-messujen yhteydessä järjestetyssä Liikennepäivän seminaarissa, jonka järjesti Turun Kauppakamari. HCT-yhdistelmä on ollut myös koulutus- ja testikäytössä.

Laskelmien pohjalta voidaan HCT-yhdistelmän todeta olevan huomattavasti täysperävaunuyhdistelmää energiatehokkaampi. Vuodessa polttoainetta on säästynyt HCT-yhdistelmän myötä yli 20 000 litraa. Tämä on alentanut kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi. Hiilidioksidipäästön (CO<sub>2</sub>) aleneman voidaan laskea olevan 57,1 tonnia vuodessa.

HCT:n tuomaksi polttoainekulutuksen säästökseksi saatiin edellä noin 21 %. Laskelman perustietojen pohjalta voidaan arvioida, missä vaiheessa verrokkiyhdistelmän käyttö polttoaineen kulutuksen suhteen muodostuisi kannattavaksi. Jos verrokkiyhdistelmällä päästäisiin jatkuvasti polttoaineen kulutuksessa tasolle 33,7 litraa sadalla kilometrillä, olisi verrokkiyhdistelmä yhtä energiatehokas kuin HCT. Kulutuslukema on niin alhainen, ettei siihen oikein päästä täysperävaunuyhdistelmällä edes tyhjänä ajettaessa.

Auramaan HCT:n liikenteen pohjalta laskettu polttoaineen säästö vaikuttaa realistiselta, kun sitä vertaa esimerkiksi Ruotsin vastaavaan HCT-kokeiluun (DUO2). Suomessa Trafi on raportoinut, että HCT:n tuoma säästö polttoaineen kulutuksessa on kappaletavaraliikenteessä 8-20 %:n välillä, tyypillisen säästön ollessa 10–12 % (Lahti, Salminen & Tantt 2017). Auramaan HCT-yhdistelmällä voidaan tämän tutkimuksen pohjalta todeta päästävän suurempaan säästöön. Tämä johtuu varmaan siitä, että Auramaan HCT on Turun ja Vantaan terminaalien välisessä runkoliikenteessä, jossa lasteja on hyvin kumpaankin suuntaan. Muut Suomessa olevat kappaletavaraliikenteen HCT-yhdistelmät ovat vuosina 2015 ja 2016 olleet pääosin päivittäistavarakaupan ajossa, jossa osa autoista kulkee aina toiseen suuntaan vajaana tai tyhjänä. Ensimmäisessä Trafin seurantaraportissa (Lahti & Tantt 2016a) kerrottiin päivittäistavarakaupan runkokuljetuksissa päästyn kuitenkin 25 %:n säästöön. Osassa päivittäistavarakaupan HCT-yhdistelmissä on käytössä rullakoiden kaksikerroslastaus, joka lisää HCT:n tehokkuutta.

Todellisuudessa Auramaan HCT-yhdistelmän tuoma säästö voi olla edellä laskettua lukemaa (noin 21 %) suurempi, sillä HCT-yhdistelmän korkeus on 4,4 metriä ja kaikki perävaunut on rakennettu kaksikerroslastaukseen soveltuviksi. Perävaunuissa on mekaaniset välipankot. Kaksitasolastausmahdollisuus välipankkoineen käy ilmi kuvasta 30.



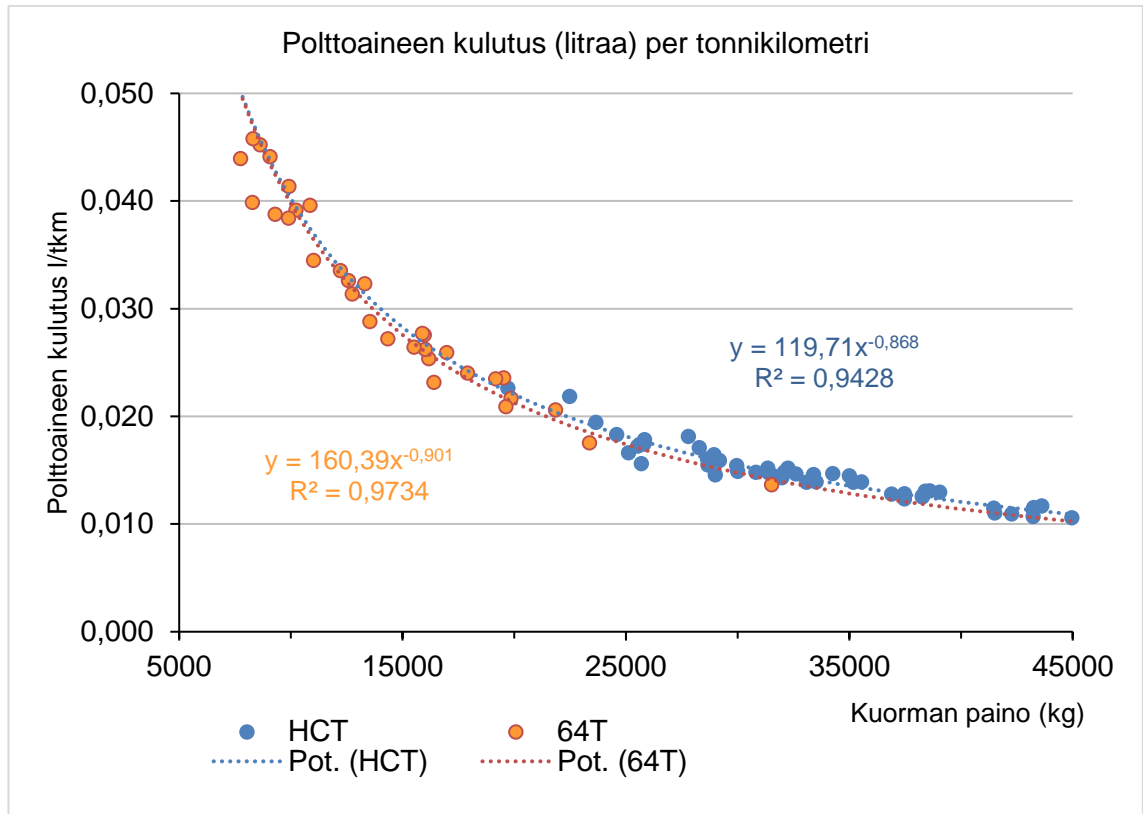
Kuva 30. Auramaan HCT-yhdistelmän perävaunun lastitilan esittely Alastarolla.

Auramaan HCT-yhdistelmän tuomaa polttoaineen säästöä voidaan arvioida laskennallisesti myös kuormatilan tilavuustietojen pohjalta samalla tavalla kuin edellä laskettiin

kuormalavojen osalta. HCT:n kahden perävaunun kuormatilojen tilavuus on yhteensä 220 m<sup>3</sup>. Otettaessa laskennan perustaksi Auramaan HCT:n keskimääräinen laskennallinen täyttöaste (67 %) ensimmäisen vuoden aikana saadaan yhden matkan kuorman tilavuudeksi 147,4 m<sup>3</sup> ja kuorman kuutiopainoksi 174,3 kg. Käytettäessä näitä tietoja verrokkiyhdistelmän lastimäärän määrittämiseen saadaan verrokin lastin tilavuudeksi 100,5 m<sup>3</sup> ja kuorman painoksi 17 517 kg. Tällä kuorman painolla polttoaineen keskikulutus on 42,46 l/100 km. Verrokkille syntyy näillä tiedoilla matkoja vuodessa 1467 ja ajokilometrejä 249 333 km sekä polttoainetta kuluu 105 867 litraa/vuosi. Tällä laskentamenetelmällä HCT-yhdistelmä säästää polttoaineen kulutuksessa suhteessa verrokkiyhdistelmällä liikennöintiin 25,2 %.

Polttoaineen kulutussäästöä voidaan tarkastella myös tonnikilometrien pohjalta. Kuljetusalalla yleisesti käytetty mittari on tonnikilometrit (tkm), jossa otetaan huomioon kuljetutun lastin todellinen paino sekä kuljetusetäisyys. Tonnikilometrien ja polttoaineen kulutuksen pohjalta voidaan laskea vertailtaville yhdistelmille polttoaineen ominaiskulutuskertoimet. Näin voidaan helpommin vertailla erilaisten ajoneuvojen ja yhdistelmien energiatehokkuutta.

Kuviossa 13 on esitetty kerätyn aineiston pohjalta muodostetut polttoaineen ominaiskulutuskäyrät, litraa per tonnikilometri kuorman painon suhteen. Ominaiskulutuskäyrien funktiot on ratkaistu Excel-taulukkolaskennan avulla. Parhaiten polttoaineen ominaiskulutuksen (l/tkm) suhdetta kuorman painoon sopii mallintamaan potenssifunktio. Kuvioon laitettujen funktioiden pohjalta voidaan laskea, että HCT-yhdistelmän ominaiskulutuskerroin vuoden keskimääräisellä kuorman painolla (25 693 kg) antaa arvoksi 0,0178 (l/tkm). Jos verrokkiyhdistelmän kuorman paino muodostetaan HCT:n täyttöasteen pohjalta kuten edellä, saadaan verrokkiyhdistelmän ominaiskulutuksen arvoksi 18 556 kg:n lastimäärän mukaan 0,0229 litraa/tkm. Tämän ominaiskulutustarkastelun pohjalta voidaan laskea HCT:n olevan polttoainekulutuksen osalta 22,2 % tehokkaampi kuin normaali täysperävaunuyhdistelmä.



Kuvio 13. HCT:n ja verrokkiyhdistelmän (64T) polttoaineen kulutus per tonnikiometri kuorman painon mukaan.

Tehdyissä HCT:n ja verrokkiyhdistelmän säästölaskelmissa ei ole huomioitu sitä, että talviaikana polttoaineen kulutus on suurempaa kuin kesällä. Ajoneuvoyhdistelmien polttoaineen kulutusfunktiot perustuvat vain kesäkuukausien liikenteeseen. Ilman tarkempia tutkimuksia on vaikea arvioida, mitkä olisivat todelliset säästöt, jos talvikauden ajan polttoaineen kulutus otettaisiin huomioon. Oletettavasti HCT:n tuoma säästö hieman supistuisi, mutta se olisi varmaan edelleen huomattavan suuri. Näin voidaan päätellä muun muassa Trafin HCT-seurantaryhmän julkaisemien raporttien sekä Ruotsissa tehtyjen HCT-tutkimuksien perusteella.

Trafin seurantaryhmän tuottamassa ensimmäisessä talvikauden koosteraportissa todettiin, että HCT-yhdistelmät kuluttavat polttoainetta talviaikana verrokkiyhdistelmiin nähden 1-4 l/100 km enemmän kuin kesäaikaan. Syytä eroon ei varmuudella tiedetä, mutta sen on arveltu johtuvan siitä, että HCT-yhdistelmillä ajetaan todennäköisesti varovaisemmin kuin verrokkiyhdistelmillä muun muassa hiljentäen alamäkiin. HCT-yhdistelmien energiatehokkuuden on kuitenkin todettu pääsääntöisesti olleen verrokkiyhdistelmiä parempi kaikkina vuodenaikoina, mutta ero on todettu olevan pienempi talvella. (Lahti & Tantt

2016b.) Asiaa ei ole voitu täysin luotettavasti vielä selvittää. Trafín uusimman HCT-liikenteen koosteraportin mukaan talviajan polttoaineen kulutukseen on saatu hieman täsmennystä. Kahden viime talven tulosten perusteella polttoaineen kulutuksen nousu on HCT-yhdistelmillä ollut 2-4 prosenttiyksikköä suurempaa kuin normaalikokoisilla yhdistelmillä (Lahti & Tanttú 2017).

Talviajan vaikutusta syntyviin säästöihin olisi ollut mielenkiintoista selvittää Auramaan HCT-liikenteen osalta. Luotettavan selvityksen tekeminen edellyttää kuitenkin pitkän ajan seurantaá verrokkiyhdistelmiltä. Talviaikana ajokelit vaikuttavat polttoaineen kulutukseen paljon, jolloin polttoaineen kulutusfunktioiden muodostaminen massan suhteen vaatisi tiedot huomattavasti useammalta reissulta kuin kesäajalta tehtävä seuranta.

Tässä tutkimuksessa laskettuihin kesäajan polttoaineen kulutusfunktioihin massan suhteen on suhtauduttava tietyllä varovaisuudella. Vaikka vertailussa matkoja eri yhdistelmillä oli melko paljon, niin silti näin pienessä aineistossa muutamat poikkeukselliset arvot voivat muuttaa polttoaineen kulutusfunktiota kokonaismassan suhteen melko herkästi. Etenkin verrokkiyhdistelmän polttoaineen todellista kulutusta eri kuorman painoilla olisi ollut hyvä selvittää laajemman aineiston avulla. Nyt vertailuanalyysiin valikoitui paljon sellaisia verrokkiyhdistelmän matkoja, joissa kuorman painot ovat olleet melko alhaisia.

Tässä tutkimuksessa käytetyn verrokin polttoaineen kulutus on jonkin verran suurempaa kuin VTT:n tekemissä tutkimuksissa, joissa 60-tonnisen yhdistelmän polttoaineen kulutukseksi on saatu keskimäärin esimerkiksi 18 tonnin kuorman painolla noin 35–41 litraa sadalla kilometrillä moottoritieajossyklissä. Tässä on kuitenkin hyvä huomioida, että VTT:n polttoaineen kulutusmittaukset RakeTruck- ja TransSmart-tutkimushankkeissa on tehty laboratorio-olosuhteissa alustadynamometrillä. (Nylund 2006; Laine ym. 2015.) Alustadynamometrillä on simuloitu moottoritieajoa, joka on mallinnettu todellisessa ajo-tilanteessa Helsingin ja Lahden väliseltä moottoritieosuuden pätkältä, jossa tien mäki-syys (tien korkeusprofiili, gradientti) näyttäisi olevan vähäisempää kuin Auramaan HCT:n käyttämällä reitillä. Tien gradientin on todettu VTT:n tutkimuksissa vaikuttavan merkittävästi polttoaineen kulutukseen (Nylund 2006). Lisäksi on huomioitava, että Turun ja Vantaan terminaalien välinen matka ei ole kokonaan moottoritietä, vaan matkalla on myös tavallisempaa tieosuutta sekä Turun päässä (Turun kehätie) että pääkaupunkiseudulla (Kehä III).

Se, että tämän tutkimuksen vertailuanalyysiin valikoitui paljon sellaisia verrokkiyhdistelmän matkoja, joissa kuorman painot ovat olleet melko alhaisia, voi kuvastaa valitsevaa

tilannetta ihan todellisuudessakin, sillä täysperävaunuyhdistelmää ei saada aina lastattua yhtä täyteen kuin HCT.

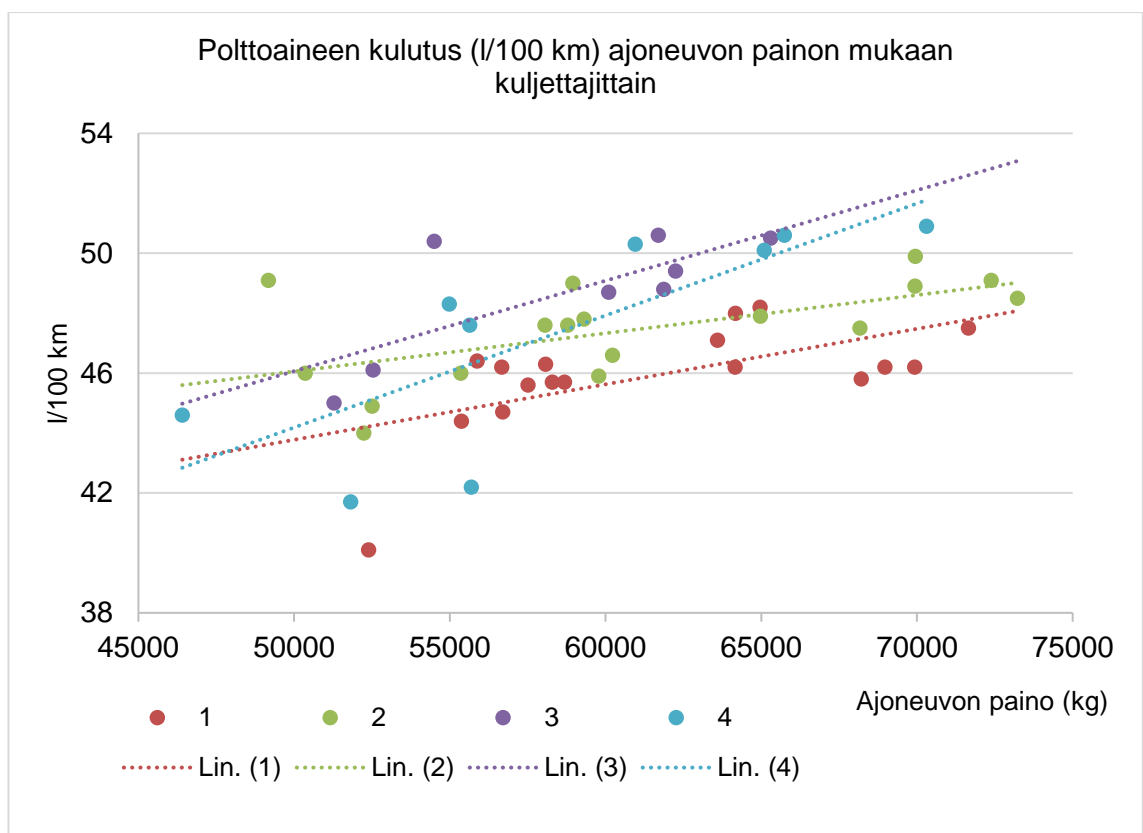
Auramaan HCT:n logistiikkajärjestelmä koostuu rekkaveturista ja kuudesta perävaunusta, jolloin lähtökohtaisesti on aina kaksi perävaunua terminaaleissa lastauksessa kahden perävaunun ollessa matkalla. Näin perävaunut voidaan lastata rauhassa terminaalihenkilöstön toimesta mahdollisimman täyteen esimerkiksi hyödyntämällä perävaunujen kaksikerroslastausmahdollisuutta. Täysperävaunuyhdistelmän vetoauton lastitilan lastaa terminaalissa yleensä kuljettaja, jolloin on mahdollista, että kyytiin tulee ”napatuksi” vain sopivat kollit, jolloin vetoauton täyttöaste jää terminaalihenkilökunnan suorittamaa lastausta heikommaksi. Tämä olisi kiintoisa jatkotutkimusaihe: minkälaiset ovat todellisuudessa HCT:n ja normaalin täysperävaunuyhdistelmän polttoainetehokkuus ja energian säästö sekä kuljetusten taloudellisuus, kun otetaan huomioon toimintakonseptien erot. Tämä vaatisi paljon seikkaperäistä tiedonkeruuta muun muassa terminaaleista. Jotta HCT-yhdistelmän kuljetustehokkuudesta päästäisiin täysin selville, vaatisi se koko kappaletavaraaliikenteen logistiikkaketjun selvittämistä.

Tässä tutkimuksessa ei ole otettu huomioon erilaisten logistiikkakonseptien vaikutusta polttoainetalouteen, vaan laskelmat on tehty olettaen, että verrokkiyhdistelmät liikkuvat samalla kuormausasteella ja täyttötehokkuudella kuin HCT-yhdistelmät. Näin ei asia kuitenkaan välttämättä todellisuudessa ole kuten edellä todettiin, vaan HCT:n täyttöaste on todennäköisesti suurempi, jolloin polttoaineen kulutussäästöt muodostuisivat vieläkin suuremmiksi kuin mitä tässä tutkimuksessa on erilaisin laskentamallein selvitetty. Jos näkökulmaksi otettaisiin vielä kuljetustalous, muodostuisi vertailu HCT:n ja täysperävaunuyhdistelmän välillä kiintoisaksi, sillä tarkastelu olisi ulotettava kuljettajien toiminnasta myös terminaalihenkilökunnan tekemään työhön. Lisäksi olisi otettava huomioon kaluston käytön tehokkuus.

## 5.6 Kuljettajan vaikutus HCT:n polttoaineen kulutukseen

Edellä esitettiin arvio, että heinäkuussa HCT:n polttoaineen kulutus on kasvanut osin siitä syystä, että HCT-yhdistelmää ovat ajaneet kahden vakiokuljettajan lisäksi heidän loma-aikanaan sijaiset, joita on ollut kaksi. Kuviossa 14 on esitetty vertailuun valittujen 51 matkan osalta polttoaineen kulutus HCT-yhdistelmän kokonaispainon mukaan neljän eri kuljettajan osalta. Yleisesti ottaen HCT:n vakiokuljettajat (nro 1 ja nro 2) näyttävät

selvinneen matkoista hieman pienemmillä polttoaineen kulutuksilla kuin heidän sijaisensa (nro 3 ja nro 4). Tässä aineistossa on kuitenkin niin vähän sijaisten ajamia matkoja, että luotettavien johtopäätösten tekeminen ei ole kovin luotettavaa. Joka tapauksessa tarkastelu osoittaa, että kuljettajien välillä on eroja polttoaineen kulutuksessa. Auramaan HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutuserot kuljettajien välillä eivät ole kuitenkaan suuria. VTT:n tutkimusraportin (Nylund 2006) mukaan ero hyvän ja huonon kuljettajan välillä voi olla jopa 30 % polttoaineen kulutuksessa, kun tässä HCT:n kuljettajien väliset keskimääräiset erot näyttävät olevan yleisimmin noin 2-4 litraa sadalla kilometrillä, joka vastaa noin 5-10 prosenttia.



Kuvio 14. Polttoaineen kulutus ajoneuvon painon mukaan kuljettajittain kesäajan liikenteessä.

Tarkasteltaessa kahta vakiokuljettajaa huomataan, että toinen kuljettaja (nro 1) on melkein kaikissa ajoneuvoyhdistelmän painoluokissa selvinnyt pienemmällä polttoaineen kulutuksella kuin toinen HCT:n vakiokuljettaja (nro 2). Kuljettajien kulutustietojen pohjalta piirrettyjen regressiosuorien välinen ero on vakiokuljettajilla noin 1-2 litraa/100 km. Ero

johtuu mitä ilmeisimmin siitä, että toisella kuljettajalla (nro 2) on hieman ”raskaampi kaasujalka”. Kuljettajan nro 2 keskinopeus on matka-ajossa ollut keskimäärin tarkastelupe-riodilla 75,1 km/h, kun taas kuljettajalla nro 1 vastaava keskinopeus on ollut 72,9 km/h.

## 5.7 Liikenneturvallisuus

Auramaan HCT-yhdistelmän liikenneturvallisuutta on seurattu kuljettajaraportointijärjes-telmän sekä vetoautoon asennetun kameran avulla. Lisäksi opinnäytetyöntekijä on mat-kannut HCT:n kyydissä Turun ja Vantaan välisellä reitillä.

Kesäkauden aikana reitillä oli jatkuvasti asfaltointeja. Yhdistelmä pääsi kulkemaan pää-osiin hyvin reitillä poikkeamista riippumatta, mutta muutaman kerran jouduttiin ajamaan vaihtoehtoista reittiä. Tällaisia tilanteita olivat esimerkiksi suljetut tunnelit, jolloin yhdis-telmä ohjattiin kiertoreittiä. Auramaan HCT-yhdistelmän kuljettajat ovat toimineet jo pit-kään raskaan kaluston kuljettajina ja heidän ammattitaitonsa on poikkeustilanteissa avainasemassa. Kuljettajat ovat osanneet arvioida hyvin mahdollisten kiertoteiden so-veltuvuutta yhdistelmälle ja he ovat osanneet toimia tilanteissa pääasiallisesti ilman ajo-järjestelyn apua.

Myös muiden HCT-liikennettä harjoittavien luvanhaltijoiden kuljettajien kokemukset kier-toteista ovat pääosin olleet positiiviset. Tietyömailla ongelmia on aiheutunut eniten ajo-kaistojen kapeudesta sekä liian tiukista mutkista. Nämä tiedot käyvät ilmi HCT-seuran-taryhmän tuottamista koosteraporteista.

Talvikauden liikennöinti sujui Auramaan HCT-yhdistelmällä pääsääntöisesti hyvin. Talvi-kausi oli sääolosuhteiltaan verrattain leuto, joten eteläisessä Suomessa ei ensimmäisen liikennöintivuoden aikana ollut kovia pakkasia tai suuria lumimääriä. Muutamana päivänä sääolosuhteet koettiin Auramaalla kuitenkin niin haastaviksi, että toinen peräkärry jätet-tiin terminaalille.

Trafin talvikauden 2016 – 2017 raportissa (Lahti & Tantt 2017) kerrotaan, että luvan-haltijoiden mielestä talvikauden liikennöinti on sujunut yhtä hyvin kuin normaaliyhdistel-milläkin. Kevättalvella 2017 Trafi toteutti laajan nettipohjaisen kuljettajakyselyn. Kuljetta-jien kokemusten mukaan HCT-yhdistelmät ovat kuormattuina jopa tavallisia yhdistelmiä vakaampia. Perävaunuja on jätetty talvikauden aikana matkasta muuallakin kuin Aura-maalla, ja joinakin päivinä HCT:llä liikennöinti oli jätetty kokonaan väliin erittäin huonojen



keliolosuhteiden vuoksi. Suurin osa luvanhaltijoista on maininnut haasteena teiden huonon kunnossapidon.

Liikenneturvallisuuden kannalta Auramaan HCT-yhdistelmän käyttö on sujunut ongelmitta. Poikkeavista tilanteista johtuvia vaaratilanteita ei ole ollut, eikä muiden autoilijoiden suhtautuminen yhdistelmään ole ollut poikkeavaa. Reitti kulkee pääosin moottoritietä, joten ohitusmahdollisuudet ovat hyvät.

HCT-yhdistelmille ei Suomessa ole sattunut juurikaan onnettomuuksia. Trafin kesäkauden 2016 raportissa (Lahti, Salminen & Tantt 2017) mainitaan yhden HCT-yhdistelmän joutuneen onnettomuuteen kesällä 2016. Ohjausvirheen seurauksena yhdistelmä ajautui osittain pientareelle, eikä kuljettaja onnistunut enää saamaan yhdistelmää ajoradalle, vaan takimmainen peräkärri kaatui kyljelleen ojaan. Onnettomuudesta ei aiheutunut henkilövahinkoja eikä vaaratilannetta. Kuljettajakyselyiden tuloksina on todettu, että useimmat vaaratilanteet ovat johtuneet muiden tielläliikkujien tekemistä vaarallisista ohituksista. Kaiken kaikkiaan kesäkauden kokemusten perusteella HCT-yhdistelmät eivät ole joutuneet tavallisia yhdistelmiä useammin vaaratilanteisiin.

Trafin talvikauden 2016-2017 (Lahti & Tantt 2017) raportissa kerrotaan yhden HCT-yhdistelmän joutuneen osalliseksi vakavaan liikenneonnettomuuteen. Henkilöauto oli ajanut suoraan HCT:n keulaan sillä seurauksella, että henkilöauton kuljettaja oli menehtynyt onnettomuudessa. HCT:n kuljettaja ei ollut ehtinyt reagoida yllättävään tilanteeseen juuri lainkaan. Yhdistelmä pysyi kuitenkin tiellä, eikä tilanne aiheuttanut vaaraa yhdistelmän kuljettajalle tai muulle liikenteelle.

Osana opinnäytetyötä tehtyjen kuljettajahaastattelujen myötä ilmeni myös sellaisia seikkoja, joita ei päiväkohtaisissa kuljettajaraportoinneissa ole tullut esiin. Vaikka Auramaan HCT:n kuljettajat ovatkin täyttäneet tunnollisesti raportteja aina ajovuorojensa päätteeksi, ei jokaista ongelmakohtaa muisteta välttämättä aina mainita. Kuljettajilta kuitenkin saadaan ensiarvoisen tärkeää tietoa ongelmakohtista ja myös hyviä ideoita sujuvaan liikennöintiin. Näistä syistä, kehitysehdotuksena kuljettajaraportointiin ja yleisesti liikennöinnin ongelmakohtien tunnistamiseksi, voisi kuljettajien säännölliset haastattelut olla hyvä lisä kuljettajaraportoinnin tueksi.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin osana Kuljetusliike Y. Auramaa Oy:n ja Turun ammattikorkeakoulun välistä yhteistyöprojektia. Projektin tarkoituksena on sen alkuvaiheessa ollut Auramaan HCT-yhdistelmän liikennöintiin liittyvän raportoinnin kehittäminen sekä tutkia yhdistelmän soveltuvuutta terminaalien väliseen kappaletavaraliikenteeseen. Soveltuvuutta on tarkasteltu polttoainetehokkuuden ja liikenneturvallisuuden kannalta.

Turun ammattikorkeakoulussa projekti aloitettiin pienen opiskelijaryhmän voimin. Huhtikuussa 2016 Auramaa järjesti Alastarolla koeajotilaisuuden, jossa oli mukana myös Turun ammattikorkeakoulun opiskelijaryhmä. Opiskelijat avustivat päivän aikana käytännön järjestelyissä, kuten liikenneympyrän mallintamisessa.

Projekti jatkui Trafille tehtävän raportoinnin kehittämisellä. Raportoinnin tavoitteina olivat Trafin vaatimusten huomiointi sekä informaation helppo saatavuus Auramaalle. Raportointia varten luotiin raporttipohja kuukausiraportointia varten, johon yhdistelmän tiedot saatiin siirrettyä melko helposti Auramaalla käytössä olevasta AC Panther-järjestelmästä. Päiväkohtaista kuljettajaraportointia varten ideoitiin seurantakohteita, kuten sääolosuhteet, poikkeustilanteet ja tarve katsoa videotallennetta.

Liikennöinnin alettua Turun ammattikorkeakoulun tehtävänä oli seurata päiväkohtaisia kuljettajaraportteja sekä tutkia yhdistelmän polttoainetehokkuutta ja liikenneturvallisuutta. Kuljettajaraporttien kautta seurattiin liikenneturvallisuutta vuorokausitasolla, sekä mahdollisia poikkeustilanteita reitillä, mitkä voisivat vaikuttaa polttoaineen kulutukseen. Polttoainetehokkuutta seurattiin AC Pantherista saatavien aineistojen avulla. Kuormatietojen kerääminen osoittautui melko haastavaksi ja työlääksi tehtäväksi, sillä tietoja ei saada yhdestä tietojärjestelmästä suoraan vaan tiedot tulee poimia useammasta tietokannasta. Tämä aiheuttaa pientä epävarmuutta lastitietoihin. Kappaletavaraliikenteessä on aina hieman epävarmuutta lastitiedoissa, sillä kappaletavaraliikenteessä kuormat koostuvat useiden asiakkaiden lähetyksistä, jotka ovat kooltaan ja painoltaan hyvin erilaisia.

HCT-yhdistelmän liikenteestä tehtiin sen ensimmäisen liikennöintivuoden osalta kehitystarkastelu, missä seurattiin kuukausittain erilaisia kuljetussuoritteita, kuten ajettujen kilometrien kertymistä, polttoaineen kulutusta sekä keskimääräisen lastin painon ja rahdipainon kehittymistä. Ensimmäisen vuoden seuranta-analyysin yhteydessä tehtiin

myös vertailu Ruotsin HCT-liikenteeseen kappaletavarakuljetusten osalta. Tuloksena voidaan todeta, että Auramaan HCT on liikkunut selvästi energiatehokkaammin kuin lähes vastaavanlainen ruotsalainen yhdistelmä. Ruotsin HCT-yhdistelmän kulutus on noin 30 tonnin lastilla ollut keskimäärin vähän yli 50 litraa sadalla kilometrillä, kun Auramaan HCT:n kulutus vastaavalla lastimäärällä on jäänyt sen ensimmäisenä liikennöintivuotena selvästi alle 50 litran. Myös polttoaineenominaiskulutuksen (litraa/tkm) todettiin olevan Auramaan hoitamassa HCT-liikenteessä alhaisempi kuin sitä vastaavassa liikenteessä Ruotsissa. Tämä osoittaa, että Auramaan HCT-yhdistelmä on hyvin energiatehokas. Polttoaineen keskikulutus on Auramaan HCT-yhdistelmällä ollut sen ensimmäisenä liikennöintivuotena 46,3 litraa sadalla kilometrillä lastin keskipainon ollessa noin 26 tonnia.

Vertailu Ruotsin HCT-liikenteeseen ei kuitenkaan anna lopullista vastausta siihen, kuinka paljon Auramaan HCT-yhdistelmä on tuonut polttoaineen kulutussäästöjä ja vähentänyt hiilidioksidipäästöjä. Jotta säästöt voidaan selvittää, tulee Auramaan HCT-yhdistelmää verrata samalla reitillä ja samoissa olosuhteissa liikkuviin normaaleihin täysperävaunuyhdistelmiin.

Polttoainesäästöt selvitettiin siten, että valittiin kaksi normaalia moduulimittaista yhdistelmää verrokeiksi. Niiden osalta selvitettiin polttoaineen kulutus, kuormatiedot sekä keskinopeus. Kerättyjen tietojen pohjalta luotiin polttoaineen kulutusfunktiot ajoneuvoyhdistelmien kokonaispainon mukaan sekä HCT- että verrokkiyhdistelmälle. Polttoaineen kulutusfunktioiden avulla voitiin laskea HCT-yhdistelmän tuomat polttoaineen kulutussäästöt.

Kun kappaletavaraliikenteessä saavutetun hyödyn todentaminen on haastavaa, selvitettiin saavutettuja hyötyjä erilaisilla laskentatavoilla. Laskelmissa hyödynnettiin kuorman todellisten massojen ohella myös rahduspainoja, jotka kuvaavat bruttopainoa paremmin kuormatilojen täyttöastetta. HCT-yhdistelmän tuomat hyödyt vaihtelevat käytettävän laskentamenetelmän mukaan. Kuormalavapohjainen laskenta osoitti, että HCT-yhdistelmä säästää polttoainetta 21,3 %. Ajetut kilometrit vähenisivät 27,8 %, ja matkojen määrä vähenesi 28 %. Vuoden aikana polttoainetta laskettiin säästyvän yli 20 000 litraa, mikä alentaa myös kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi, lähes 60 tonnia vähemmän CO<sub>2</sub> päästöjä vuodessa. Tarkasteltaessa polttoaineen kulutusta kuormatilan tilavuuden perusteella saatiin HCT:n tuomaksi säästöksi 25,2 %. Tonnikilometreihin perustuvan ominaiskulutustarkastelun pohjalta HCT:n laskettiin olevan 22,2 % energiatehokkaampi kuin normaalimittaisen täysperävaunuyhdistelmän. Erilaisin laskentamenetelmin voitiin

HCT-yhdistelmän todeta säästävän polttoainetta Turun ja Vantaan terminaalien välisessä kappaletavaraliikenteessä 21-25 % suhteessa normaalilla täysperävaunuyhdistelmällä liikennöintiin.

Auramaan HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutussäästön todettiin olevan suurempi kuin mitä Trafin HCT-seurantaryhmän tuottamissa koosteraporteissa on mainittu kappaletavaraliikenteen osalta. Seurantaryhmän tuottamissa julkaisuissa HCT:n tuomaksi polttoaineen säästöiksi on ilmoitettu 8-20 %, tyypillisen säästön ollessa 10-12 %. Tutkimuksessa tätä eroa selitettiin muun muassa sillä, että Auramaan HCT on sellaisessa runkoliikenteessä, jossa lasteja on hyvin kumpaankin suuntaan, jolloin HCT:n tuomat edut tulevat tehokkaasti hyödynnettyä. Muilla kappaletavaraliikenteen HCT-yhdistelmillä ei tilanne ole välttämättä näin suotuista, vaan autot ajavat osin vajaassa lastissa toiseen suuntaan. Erot saattavat johtua myös siitä, että polttoaineen kulutussäästöt on laskettu erilaisin perustein. Trafin seurantaryhmän koosteraporteissaan ilmoittamia polttoaineen kulutussäästöjen laskentameteodeista ei ole tarkempaa tietoa. Säästöt voidaan kappaletavaraliikenteessä laskea hyvinkin erilaisilla tavoilla. Ehkä HCT-liikenteen tuomia polttoaineen kulutussäästöjen laskentamalleja pitäisi kehittää yhdessä ja HCT-yhdistelmien vertailua tulisi suorittaa yli yritysrajojen.

Tässä tutkimuksessa laskettuihin Auramaan HCT-yhdistelmän tuomiin polttoaineen kulutussäästöihin on suhtauduttava tietyllä varovaisuudella, sillä HCT:n ja verrokkien analyysi tehtiin vain kesäajan liikenteen osalta. Lisäksi verrokkiyhdistelmän matkoja oli mukana tarkastelussa melko vähän. HCT-yhdistelmän energiatehokkuuden selvittämistä tulee jatkaa. Verrokkiyhdistelmän matkoja on hyvä olla enemmän, myös talviajalta. Lisäksi tulee selvittää erilaisten logistiikkakonseptien vaikutus yhdistelmien täyttöasteeseen ja sen vaikutukseen polttoaineen kulutussäästöihin. Tässä tutkimuksessa ei otettu huomioon esimerkiksi sitä, että HCT:n täyttöaste saattaa olla huomattavastikin parempi kuin normaalilla täysperävaunuyhdistelmällä liikennöitäessä terminaalien välillä. Nyt tehdyt laskelmat on tehty sillä oletuksella, että HCT:n ja verrokkiyhdistelmän täyttöasteessa ei olisi eroja. Myös kuljettajan vaikutus polttoaineen kulutukseen olisi hyvä saada otettua huomioon. Kuljettajien erilaisilla ajotavoilla on joskus hyvinkin huomattava vaikutus polttoaineen kulutukseen. Tähän Auramaalla on hyvät mahdollisuudet, sillä osa kuljettajista ajaa HCT:n ohella myös tavallisilla yhdistelmillä, jolloin kuljettajan vaikutus polttoaineen kulutukseen voidaan eliminoida, jos ei aivan kokonaan niin ainakin merkittävältä osin.

Liikenneturvallisuuden näkökulmasta voidaan todeta, että HCT-yhdistelmä on soveltunut hyvin terminaalien väliseen kappaletavaraliikennöintiin. Kaluston reitti kulkee pääosin

moottoritiellä, jolloin sen mitoitus ei ole muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta aiheuttanut ongelmia. Poikkeustilanteistakin on selvitty hyvin joko kuljettajien omalla tilannekohtaisella arvioinnilla, tai viimeistään ajojärjestelyn avustuksella. Muiden tienkäyttäjien suhtautuminen HCT-yhdistelmään ei ole poikennut kuljettajakokemusten perusteella yleisestä suhtautumisesta raskaaseen kalustoon liikenteessä.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että Auramaan HCT soveltuu hyvin terminaalien väliin kappaletavaraliikennöintiin. Kun HCT:ssä on lavametrejä noin 7,5 metriä enemmän kuin normaalissa täysperävaunuyhdistelmässä, ja kun HCT:n omamassa ei ole merkittävästi normaalia yhdistelmää suurempi, on HCT suuren hyötykuorman omaavana hyvin energiatehokas kuljetusratkaisu. Polttoainetta säästyy merkittävästi. Tarkkoihin säästölukuihin ei tässä tutkimuksessa kuitenkaan päästy. Laskentamallit kuten lähtötiedotkin osoittautuivat hieman haasteellisiksi kuljetettavan tavarantoiminnan luonteen vuoksi. Lisäksi vuoden tarkastelujaksosta kertynyt aineisto on vielä melko suppea. Useamman vuoden seuranta tasaa aineistossa esiintyviä poikkeamia, jolloin analysointi muuttuu luotettavammaksi. Joka tapauksessa HCT-yhdistelmän polttoaineen kulutuksesta ja polttoaineen säästöistä vertailuyhdistelmään saatiin riittävän tarkka kuva. Lisäksi tässä tutkimuksessa luotiin käyttökelpoisia laskentamalleja energiatehokkuuden tarkasteluun.

Suomessa on käynnissä useita tutkimuksia HCT-yhdistelmiin liittyen. HCT-lupaa tavoitteleville liikennöitsijöille tämä tuo haasteita, sillä kokeiluluvan yhtenä tärkeimmistä myöntämisperusteista on tutkimusperuste. Trafi ei myönnä HCT-poikkeuslupaa useammalle samankaltaiselle tutkimushankkeelle. Mielenkiintoisena tutkimusaiheena olisi esimerkiksi terminaalitoimintojen vaikutus kokonaiskustannuksiin ja HCT:n tuomiin polttoaineen kulutussäästöihin kappaletavaraliikennöinnissä. Metsäteho ja Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu tutkivat yhteistyössä terminaalien roolia logistiikassa ainespuu-, energia- ja sahahekekuljetuksissa. Kappaletavaraliikenteen osalta tällaista tutkimusta ei ole tehty. Trafian asiantuntijat Otto Lahti ja Anneli Tanttua ovatkin HCT-liikenteen talvikauden 2016 – 2017 koosteraportissaan tuoneet esille ongelmakohdan raportoinnin hajanaisuudesta. Luvanhaltijoiden itsenäiset projektit ovat kokonaiskuvaan nähden pieniä, ja tulokset vaikeasti yhdistettävissä luvanhaltijoiden välisestä vähäisestä yhteistyöstä johtuen. Kaikki kertynyt data on kuitenkin tutkimuksen kannalta tärkeää, mutta tulosten tehokas yhdistettävyys olisi tärkeää kokeilujen hyödyllisyyden kannalta.

## LÄHTEET

AC-Sähköautot Oy 2017a. AC Panther kuljetusliikkeille: Älykästä ajamista. Viitattu 6.6.2017 <https://www.acev.fi/kuljetusliikkeille>

AC-Sähköautot Oy 2017b. AC Panther –ajoneuvotietokoneet. Viitattu 6.6.2017 <http://www.acev.fi/products>

Ajolinja –lehti 2017. VR Transpointin maantiejuna. Facebook –kirjoitus. Viitattu 16.6.2017 <https://www.facebook.com/147678842002334/photos/a.147681118668773.18369.147678842002334/933602223409988/?type=3>

Auramaa-yhtiöt 2017. Viitattu 9.6.2017. <http://www.auramaa.fi/>

Autoalan tiedotuskeskus 2017. Autoala ja ilmastonmuutos. Viitattu 15.2.2017 [http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/ymparisto/autoala\\_ja\\_ilmastonmuutos](http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/ymparisto/autoala_ja_ilmastonmuutos)

Blomberg Olli & Santala Jouko 2014. Huomiseksi perille. Tavaralinjaliikennettä vuodesta 1906. Logistiikkayritysten Liitto ry.

Cider Lennart & Börjesson Fredrik 2012. ETT, modulsystem för skogen & DUO2. Forskningsprojekt för ökad transporteffektivitet. Volvo. Viitattu 3.6.2017 [http://www2.vinnova.se/PageFiles/605258335/10%2011%2012%20Duo2+ETT\\_20120823.pdf](http://www2.vinnova.se/PageFiles/605258335/10%2011%2012%20Duo2+ETT_20120823.pdf)

Cider Lennart & Ranäng Sara 2013a. ETT, modulsystem för skogen & DUO2 Forskningsprojekt för ökad transporteffektivitet. Volvo. Viitattu 3.6.2017 <http://www2.vinnova.se/PageFiles/751290580/DUO2%20mfl.pdf>

Cider Lennart & Ranäng Sara 2013b. Slutrapport Duo2-Trailer. FFI Fordonsstrategisk Forskning och Innovation. Viitattu 6.6.2017 [http://www2.vinnova.se/PageFiles/751290063/2010-02849\\_publiceringsrapport\\_SV.p](http://www2.vinnova.se/PageFiles/751290063/2010-02849_publiceringsrapport_SV.p) Duo-trailer ekipaget rullar åter mellan Malmö och Göteborg

DB Schenker 2016. Duo-trailer ekipaget rullar åter mellan Malmö och Göteborg. Nyheter, publiceringsdatum: 2016/01/27. Viitattu 21.6.2017 [http://www.dbschenker.se/log-se-se/press/arkivintervju/10491504/Duo\\_Trailer\\_2015.html](http://www.dbschenker.se/log-se-se/press/arkivintervju/10491504/Duo_Trailer_2015.html)

DUO2 2017. DUO2 – Klimatsmarta transporter. Viitattu 13.6.2017 <http://duo2.nu>

ELY-keskus 2010. Erikoiskuljetusten huomioiminen suunnittelussa. Viitattu 20.10.2016 [http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetuset\\_esite\\_2010\\_erikoiskuljetusten\\_huomioiminen\\_suunnittelussa.pdf/41dc967f-2866-4c5b-b9e4-ccd0c9244fec](http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetuset_esite_2010_erikoiskuljetusten_huomioiminen_suunnittelussa.pdf/41dc967f-2866-4c5b-b9e4-ccd0c9244fec)

ELY-keskus 2015. Tavaraliikennelupa. Viitattu 26.10.2016 <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/tavaraliikennelupa#.WBDOR8k4jBw>

ELY-keskus 2016. Erikoiskuljetukset. Viitattu 20.10.2016 <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/erikoiskuljetukset#.WAjna8k4jBw>

EMS 2017. EMS, European Modular System, Green & Lean Transport. Viitattu 18.6.2017 [http://www.modularsystem.eu/en/facts\\_and\\_figures/](http://www.modularsystem.eu/en/facts_and_figures/)

ESS 2015. Lahden alueen tavoite on olla Suomen ympäristötehokkain - Nyt tuli lisää ekorekkoja liikenteeseen. Etelä-Suomen sanomat, julkaistu 7.7.2015. Viitattu 15.6.2017 <http://www.ess.fi/yrityselamaa/2015/07/07/lahden-alueen-tavoite-on-olla-suomen-ymparistotehokkain---nyt-tuli-lisaa-ekorekkoja-liikenteeseen>

European Environment Agency 2008. Adaptation of transport to climate change in Europe. Viitattu 15.2.2017 <http://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

Heinonen Tommi 2016. High Capacity Transport -ajoneuvoyhdistelmien vaikutukset liikennevirtaan. Aalto-yliopisto, Diplomityö. Viitattu 3.6.2017 [https://aalto.fi/bitstream/handle/123456789/21032/master\\_Heinonen\\_Tommi\\_2016.pdf?sequence=1](https://aalto.fi/bitstream/handle/123456789/21032/master_Heinonen_Tommi_2016.pdf?sequence=1)

Hermikoski Juho, Auramaa-yhtiöt, 2016. HCT-projektin Kick-Off- luento, Turun AMK.

Ikonen Markku 2013. Aja taloudellisesti, ajoneuvon, kuljettajan ja olosuhteiden vaikutus polttoainenkulutukseen. Transeco ja Turun ammattikorkeakoulu. Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 80. Viitattu 15.6.2017 <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163936.pdf>

Interaction 2007. Interaction-toimenpideselvitys – Kuorma-autokuljetusten energia-, ympäristö- ja kustannustehokkuuden parantaminen. Motiva ja WSP. Viitattu 5.6.2017 [https://www.motiva.fi/files/876/INTERACTION-toimenpideselvitys\\_17.12.2007.pdf](https://www.motiva.fi/files/876/INTERACTION-toimenpideselvitys_17.12.2007.pdf)

Kaleva 2016. 92 tonnia painavassa jättirekassa kolme perävaunua. Kaleva –lehden artikkeli ja kuvakooste. Viitattu 15.6 <http://www.kaleva.fi/uutiset/galleriat/92-tonnia-painavassa-jattirekassa-kolme-peravaunua/9589/3114113>

Karhunen Jouni, Pouri Reijo & Santala Jouko 2008. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Suomen Logistiikkayhdistys ry.

Kaukokiito.fi. Lähetysten rahdittaminen. Viitattu 13.6.2017 [http://www.kaukokiito.fi/static/fi/Ohjeistus\\_lahetyksen\\_rahdittamiseen\\_2015.pdf](http://www.kaukokiito.fi/static/fi/Ohjeistus_lahetyksen_rahdittamiseen_2015.pdf)

Kaukokiito 2017. Viitattu 9.6.2017. <http://www.kaukokiito.fi/#p/kaukokiito/oin>

Kekki Sanna, Kaukokiito 2016. HCT-yhdistelmä – kaksikymmentäkuusi pyörää. Viitattu 8.6.2017 <http://paivinoin.fi/hct-yhdistelma-kaksikymmentakuusi-pyora/>

Keskisuomalainen 2016. Kulkee kuin veturi HCT on ihan uusi, joten rakkaalle lapselle ei ole vielä keksitty parempaa nimeä. Autot ja liikenne –teemanumeron artikkeli 12.8.2016.

Kiitosimeon 2015. HCT-tutkimushanke tuo turvallisuutta teille. Lehdistötiedote, Viitattu 15.6.2017 [http://www.kiitosimeon.fi/wp-content/uploads/2015/12/2015\\_67tn\\_HCT\\_hanke.pdf](http://www.kiitosimeon.fi/wp-content/uploads/2015/12/2015_67tn_HCT_hanke.pdf)

Konepörssi 2015. Kesko mukaan HCT-kokeiluihin. Julkaistu 13.3.2015. Viitattu 15.6.2017 <http://www.koneporssi.com/uutiset/kesko-mukaan-hct-kokeiluihin>

Konepörssi 2017. Viisi miljoonaa kilometriä HCT-rekoilla. Kuljetuskaluston ja työkoneiden ammattilehti. Viitattu 13.6.2017 <http://www.koneporssi.com/uutiset/viisi-miljoonaa-kilometria-hct-rekoilla>

Kuukasjärvi Iiris 2017. HCT- yhdistelmät ja soveltuvuus kiviaineskuljetuksiin. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, logistiikan tutkinto-ohjelma, opinnäytetyö, Insinööri (AMK). Viitattu 18.6.2017 <https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/131167/IirisKuukasjarviOpinnaytetyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kääriäinen Seppo 2015. Puukuljetusten jätti säästää euroja ja luontoa. Metsähallitus. Viitattu 13.6.2017 <http://www.metsa.fi/documents/10727/0/104+tn+puutavara-auton+esittelyn+mediaaineistot/9f073fa8-8f04-4abc-8544-64716330f1e6>

Kytö Matti, Erkkilä Kimmo & Nylund Nils-Olof (toimittajat) 2009. Raskas ajoneuvokalusto: Turvallisuus, ympäristöominaisuudet ja uusi tekniikka ”RASTU”. Yhteenvetoraportti 2006-2008. VTT. Viitattu 6.6.2017 [https://www.motiva.fi/files/2278/RASTU-loppuraportti\\_2006-2008.pdf](https://www.motiva.fi/files/2278/RASTU-loppuraportti_2006-2008.pdf)

Ladec (Lahden seudun kehitys Oy), 2013. Ekorekka vähentää päästöjä jopa 40 prosenttia. Viitattu 27.6.2017 [https://www.ladec.fi/ajankohtaiset/317/ekorekka\\_vahentaa\\_paas-toja\\_jopa\\_40\\_prosenttia](https://www.ladec.fi/ajankohtaiset/317/ekorekka_vahentaa_paas-toja_jopa_40_prosenttia)

Lahti Otto, Trafi, 2016. Superrekkojen kokeilujen eteneminen Turun liikennepäivä 23.5.2016. Seminaariluento.

Lahti Otto & Tanttu Anneli 2016a. HCT-liikenteen kesäajan raportti 2015. Viitattu 26.10.2016. [http://www.trafi.fi/filebank/a/1453359017/9994eb4fca6d9c1489cf8ec939fbe1e3/19562-HCT-ohjausryhman\\_kesaajan\\_raportti\\_120116.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1453359017/9994eb4fca6d9c1489cf8ec939fbe1e3/19562-HCT-ohjausryhman_kesaajan_raportti_120116.pdf)

Lahti Otto & Tanttu Anneli 2016b. HCT-liikenteen talviajan raportti 2015-20. Viitattu 6.6.2017 [https://www.trafi.fi/filebank/a/1467372730/2008f1b278f892e24598745a70f3cbd0/22017-HCT-ohjausryhman\\_talviajan\\_raportti2206.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1467372730/2008f1b278f892e24598745a70f3cbd0/22017-HCT-ohjausryhman_talviajan_raportti2206.pdf)

Lahti Otto, Salminen Jussi & Tanttu Anneli 2017. HCT-liikenteen kesäkauden 2016 raportti. Viitattu 23.5.2017 <https://www.trafi.fi/filebank/a/1485326771/2c6cceb806e9a43e7ebfc8ddf68e88fe/23915-HCTkesaraportti2016.pdf>

Lahti Otto & Tanttu Anneli 2017. HCT-liikenteen talvikausi 2016-2017. 4. Kausiraportti. Viitattu 18.6.2017 <https://www.trafi.fi/filebank/a/1497524242/8be0009bd40e8b32ed9dce9e94b68a1c/26214-HCTtalviraportti1617.pdf>

Laine Petri, Murtonen Timo, Rautalin Jan, Karjalainen Panu & Rönkkö Topi 2015. Vuoden 2014 TransSmart ajoneuvotutkimus Trafille. Raportti Trafian vuonna 2014 TransSmart-ohjelman puitteissa rahoittamasta toiminnasta. Tutkimusraportti VTT-R-01720-15. Viitattu 10.5.2017 [http://www.transsmart.fi/files/230/Vuoden\\_2014\\_TransSmart\\_ajoneuvotutkimus\\_Trafille\\_Tutkimusraportti\\_VTT-R-01720-15.pdf](http://www.transsmart.fi/files/230/Vuoden_2014_TransSmart_ajoneuvotutkimus_Trafille_Tutkimusraportti_VTT-R-01720-15.pdf)

Laitinen Kaisu, ELY-keskus, 2014. Erikoiskuljetukset. Viitattu 20.10.2016 <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/KaisuLaitisenEsitys20140409/51661031-4db8-4e85-949f-533fcb6a233c>

Larsson Lena, Volvo, 2014. Gothenburg showcase. Viitattu 6.6.2017 <http://19343a27nxv1ifure2nq0aw.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/sites/4/2015/05/Duo-Trailer.pdf>

Lehtonen Sonja & Vehmas Anne 2008. Pilottikokeilu nopeuden alentamisen vaikutuksista polttoaineen kulutukseen ammattiliikenteessä. Ajoneuvohallintokeskus, Tutkimuksia ja selvityksiä 7/2008. Viitattu 7.6.2017 <https://www.trafi.fi/filebank/a/1321969261/f8472739610436b3598b17250931ff3c/1324-AKE0708Kokeilunopeudenalentamisesta.pdf>

Leskinen J. 2013. Ruotsin isojen yhdistelmien kokeilut. Ely-keskus. Powerpoint-esitys.

Liikennejärjestelmä 2016. Kotimaan tavaraliikenne. Viitattu 15.2.2017 <http://liikennejarjestelma.fi/palvelutaso/liikennetyypit/kotimaan-tavaraliikenne/>

Liikennevirasto 2016a. Tieverkosto. Viitattu 26.10.2016 <http://www.liikennevirasto.fi/tieverkko#.WBGEM8k4gfQ>

Liikennevirasto 2016b. Kestävämpää liikennettä ja väylänpitoa – Katse kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Liikennevirasto. Viitattu 11.6.2017 [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lr\\_2016\\_kestavampaa\\_liikennetta\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lr_2016_kestavampaa_liikennetta_web.pdf)

Liimatainen Heikki, Rauhamäki Harri & Liedes Matti 2009. Kuljetusalan energiatehokkuuden hallinta- ja kannustinjärjestelmät. Tampereen teknillinen yliopisto, Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos, Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät, tutkimusraportti 74. Viitattu 7.6.2017 <https://www.motiva.fi/files/957/kuljetusalan-energiatehokkuuden-hallinta--ja-kannustinjarjestelmat.pdf>

Liimatainen Heikki & Nykänen Lasse 2016. Impacts of increasing maximum truck weight – case Finland. International Colloquium on Green logistics management: balancing environmental and shareholder priorities. 29.-30.9.2016 Naples. Viitattu 9.6.2017 <http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/LiimatainenNyk%C3%A4nen.pdf>



Liimatainen Heikki & Viri Riku 2017. Liikenteen päästötavoitteiden saavuttaminen 2030 – politiikkatoimenpiteiden tarkastelu. Suomen ilmastopaneeli, raportti 2/2017. Viitattu 11.6.2017 [http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset\\_lausunnot/Ilmastopaneeli\\_Liikenne\\_2017.pdf](http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Ilmastopaneeli_Liikenne_2017.pdf)

Logistiikan Maailma 2016. Maantiekuljetukset. Viitattu 26.10.2016 <http://www.logistiikanmaa-ilma.fi/wiki/Maantiekuljetukset>

Motiva 2017a. Kuorma-autojen energiatehokkuus. Viitattu 2.5.2017 [https://www.motiva.fi/files/2093/Kuorma-autojen\\_energiatehokkuuden\\_parantamisessa\\_huomioitavia\\_asioita.pdf](https://www.motiva.fi/files/2093/Kuorma-autojen_energiatehokkuuden_parantamisessa_huomioitavia_asioita.pdf)

Motiva 2017b. Taloudellinen ajaminen – älykäs ajotapa. Viitattu 2.5.2017 [https://www.motiva.fi/files/2130/Taloudellinen\\_ajaminen\\_-\\_alykas\\_ajotapa.pdf](https://www.motiva.fi/files/2130/Taloudellinen_ajaminen_-_alykas_ajotapa.pdf)

Motiva 2017c. Raskas ajoneuvokalusto: Turvallisuus, ympäristöominaisuudet ja uusi tekniikka. Viitattu 7.6.2017 [http://www.transec.fi/files/56/Raskas\\_ajoneuvokalusto\\_Turvallisuus\\_ymparistoominaisuudet\\_ja\\_uusi\\_tekniikka.pdf](http://www.transec.fi/files/56/Raskas_ajoneuvokalusto_Turvallisuus_ymparistoominaisuudet_ja_uusi_tekniikka.pdf)

Murto Pekka, SKAL Ry, 2016. Tavaraliikenteen markkinaehtoiset muutokset - Miten superrekat vaikuttavat kuljetusmarkkinoihin. Turun Liikennepäivä 23.5.2016, seminaariluento.

Nykanen Kimmo 2011. Lähetyskohtaisen hiilijalanjäljen määrittäminen kappaletavaraliikenteessä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, logistiikan koulutusohjelma, opinnäytetyö, Insinööri (AMK). Viitattu 15.6.2017 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27466/Nykanen\\_Kimmo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27466/Nykanen_Kimmo.pdf?sequence=1)

Nylund Nils-Olof, Erkkilä Kimmo & Söderström Christer, VTT, 2005. RAKETRUCK 2004. Euro 3 kuorma-autojen polttoaineen kulutus ja pakokaasupäästöt. Viitattu 6.6.2017 [https://www.motiva.fi/files/1036/HD-energia\\_RAKETRUCKVuosirap2004.pdf](https://www.motiva.fi/files/1036/HD-energia_RAKETRUCKVuosirap2004.pdf)

Nylund Nils-Olof (toimittanut), VTT, 2006. Raskaan ajoneuvokaluston energiankäytön tehostaminen ”HDEnergia” Yhteenvetoraportti 2003-2005. Viitattu 6.6.2017. [https://www.motiva.fi/files/1026/HDEnergia\\_yhteenvetoraportti\\_lopullinen\\_viim.pdf](https://www.motiva.fi/files/1026/HDEnergia_yhteenvetoraportti_lopullinen_viim.pdf)

Orpe. Lupa suuren hyötykuorman (HCT) yhdistelmälle. Viitattu 13.6.2017 <http://www.orpekuljetus.fi/orpe/?p=746>

Rajamäki, Riikka 2014. Ammattimaisen tieliikenteen kuvaus. Trafifin julkaisuja 26/2014. Viitattu 7.6.2017 [https://www.trafi.fi/filebank/a/1422107511/dca3fe4125ed047c1380ae4791986f85/16687-Trafin\\_julkaisuja\\_26-2014\\_-\\_Ammattiliikennekuvaus.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1422107511/dca3fe4125ed047c1380ae4791986f85/16687-Trafin_julkaisuja_26-2014_-_Ammattiliikennekuvaus.pdf)

Raskaskalusto -lehti. Vähälä Yhtiöt aloittaa liikennöimään vapun jälkeen uudella HCT yhdistelmällään. Instagram. Viitattu 15.6.2017 [http://www.imgrum.org/media/1503054534116037593\\_4269728061](http://www.imgrum.org/media/1503054534116037593_4269728061)

Raskaskalusto -lehti 2017. Kuljetusliike K. Huhtala 100 tn. Instagram . Viitattu 15.6.2017 [http://www.imgrum.org/media/1482810376558113273\\_4942431735](http://www.imgrum.org/media/1482810376558113273_4942431735)

Raskassarja 2017. Euroopan suurin hakeyhdistelmä ajaa valtatie 8:lla. Raskassarja -lehti 2/2017. Viitattu 17.6.2017 [https://issuu.com/raskassarja/docs/raskassarja-lehti\\_2\\_2017](https://issuu.com/raskassarja/docs/raskassarja-lehti_2_2017)

Sveriges Regeringskansliet 2017. 74 tons lastbilar för klimatsmartare transporter och fler jobb 74. Näringsdepartement, pressmeddelande. Viitattu 22.6.2017 <http://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2016/10/74-tons-lastbilar-for-klimatsmartare-transporter-och-fler-jobb>

Tilastokeskus 2017. Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenteen tavarankuljetukset 2016. Helsinki: Tilastokeskus - Kuorma-autoilla kuljetettiin tavaraita vuonna 2016 hieman enemmän kuin edeltävänä vuonna. Viitattu 6.6.2017 [http://www.stat.fi/til/kttav/2016/kttav\\_2016\\_2017-04-28\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/kttav/2016/kttav_2016_2017-04-28_tie_001_fi.html)

Trafi 2008. Katsastajan käsikirja. Viitattu 2.5.2017 <https://www.trafi.fi/file-bank/a/1325147177/5b3f290101b3430d21e273b03487d636/4733-KatsastajankasikirjaVersio20.pdf#page=15>

Trafi 2017. HCT-rekat. Viitattu 15.2.2017 [http://www.trafi.fi/tieliikenne/luvut\\_ja\\_hyvaksynnat/hct-rekat](http://www.trafi.fi/tieliikenne/luvut_ja_hyvaksynnat/hct-rekat)

Trafikverket 2017. Årsrapport High Capacity Transport 2016. Ett Fol-program inom Closer vid Lindholmen Science Park. Viitattu 13.6.2017 [https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport\\_hct\\_2016.pdf](https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2016.pdf)

Vehotrucks. Kuljetusliike R. Tarkkonen Oy:n 83,4 tonnin Mercedes-Bens. Uutisia. Viitattu 16.6.2017 <http://www.vehotrucks.fi/uudet-autot/uutisia/kuljetusliike-r.-tarkkonen-oy-n-835-tonnin-mercedes-benz-arocs-hct-yhdistelma-aloittanut-liikennoinnin/>

Vehviläinen Matti, ELY-keskus 2016. Raskaan kaluston uudet massat ja mitat - Miten tiet todellisuudessa toimivat superrekkujen alla? Turun liikennepäivä 23.5.2016. Seminaariluento.

Venäläinen Pirjo 2015. HCT-ajoneuvoyhdistelmien vaikutus puutavarakuljetusten tehostamisessa, esiselvitys. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 30/2015.

Volvo 2014. ETT-bilen (En Trave Till) på 90 ton går i pension och blir en del av Volvo Museum. Viitattu 28.5.2017 <http://www.volvomuseum.com/se/ett-volvo-museum/>

Vähälä. Vähälä Yhtiöt. Viitattu 15.6.2017 <https://www.facebook.com/Vahalayhtiot/>

Vähäkangas Ville 2017. HCT-ajoneuvoyhdistelmän polttoaineen kulutusvertailu runkoreiteillä. Oulun ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, auto- ja kuljetustekniikka, opinnäytetyö. Viitattu 18.6.2017 [http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/129398/Vahakangas\\_Ville.pdf?sequence=1](http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/129398/Vahakangas_Ville.pdf?sequence=1)

Wilde Johanna, Chalmers University of Technology, 2014. Long trucks are involved in fewer severe crashes than short ones. Viitattu 26.10.2016 <http://www.chalmers.se/en/news/Pages/Long-trucks-are-involved-in-fewer-severe-crashes-than-short-ones.aspx>

YLE Uutiset 2017. Tekniikka seuraa tarkasti kuljetusyriyten autojen kulkua – Harva puhuu kytäysmentaliteetista. Yle Uutiset Kotimaa 23.1.2017. Viitattu 7.6.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-9405729>