

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2019

Joonas Lumme

HCT-AJONEUVOYHDISTELMÄN POLTTOAINETALOUDELLISUUS- JA TEHOKKUUS VERTAILU

Joonas Lumme

HCT AJONEUVOYHDISTELMÄN POLTTOAINETALOUDELLISUUS JA TEHOKKUUS VERTAILU

Opinnäytetyö tehtiin Schenker Oy:lle. Schenker on panostanut HCT-yhdistelmiin eri kuljetusreiteille, ja toimeksiantaja halusi selvittää, minkälaisia eroavaisuuksia HCT-yhdistelmien käyttö tuo yhdellä tutkittavalla reitillä. Työn tavoitteena oli selvittää HCT-ajoneuvoyhdistelmän polttoainetaloudellisuutta ja tehokkuutta verrattuna tavalliseen täysperävaunuyhdistelmään. Vertailtavan HCT-yhdistelmän kuormatilojen summa oli noin 25m.

Opinnäytetyössä esitellään myös tammikuussa 2019 muuttunutta lainsäädäntöä, joka sallii näiden HCT-yhdistelmien liikennöinnin ilman erityislupaa. Työssä esitellään tämän lainsäädännön ja määräysten sisältöä.

Työ toteutettiin vertailemalla HCT-yhdistelmän ja tavallisen täysperävaunuyhdistelmän kesän ja syksyn 2019 ajoja samalla liikennöintireitillä. Vertailuun osallistui kolme autoa kahden ollessa täysin identtisiä toisilleen.

Opinnäytetyössä selvitettiin kuljetettuja tonneja, tavaramäärää lavametreissä, matkaa, kuluttua polttoainetta, käytettyä aikaa ja keskinopeutta. Polttoaineenkulutuksen, matkan, keskinopeuden ja ajan seuraamisen työkaluna käytettiin Econen ajoneuvotietokoneiden Ecoweb-selainkäyttöliittymää, mistä tiedot poimittiin ja laskennat tehtiin Microsoft Excel -laskentaohjelmalla. Reittikohtaiset polttoainekulutukset molemmilta yhdistelmätyypeiltä esitellään graafisesti keskikulutuksena sekä hyötykuorman suhteutettuna kahdella eri tavoin. Keskikulutuksena ilman hyötykuorman huomioimista HCT-ajoneuvoyhdistelmä kuluttaa enemmän polttoainetta kuin vertailtu ajoneuvoyhdistelmä. Hyötykuorma suhteutettuna HCT-yhdistelmä kuluttaa litraa/tonni-kilometri vähemmän polttoainetta kuin vertailtu ajoneuvoyhdistelmä. Hyötykuorman suhteutettuna HCT-yhdistelmä on siis polttoainetehokkaampi.

Tehokkuutta mitattiin reissussa käytetyn ajan ja kuljetetun tavarantoiminnan määrän suhteen. Kuljetusalan työehtosopimuksesta katsottiin keksitylle esimerkkikuljettajalle tuntipalkka, josta taas laskettiin työvuoron aikana kuljetetulle lavametrille ja tonnille hinta. Vertailun tuloksena saatiin, että tällä reitillä on kustannustehokkaampaa käyttää HCT-yhdistelmää sen kuljettaessa miltei samassa ajassa enemmän tavaraa.

ASIASANAT:

HCT-yhdistelmät, polttoaineen kulutus, tavaraliikenne

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation engineering

2019 | 33 pages

Joonas Lumme

A STUDY ON THE FUEL CONSUMPTION AND EFFICIENCY OF HCT TRUCKS

This thesis was commissioned by Schenker Oy and its office in Turku. Schenker has used HCT trucks in Finland in different forms and transport routes for a few years and wanted to study the differences in fuel consumption and efficiency in the use of HCT trucks compared to standard truck plus full trailer combination. The study was based on one same transport route and the transported goods were provisions. The examined HCT was a standard truck tractor with 7.2 m cargo space and a 17.5 m trailer.

This thesis also demonstrates the changed legislation in Finland which allows HCT trucks to be operated without a special permission from the traffic administration.

The thesis was executed by comparing the driving of an HCT truck and a standard truck plus trailer combination in the same route in the period of summer and autumn 2019. Three trucks were compared in this study of which two of them were identical to each other. All the truck tractors were equipped with HCT equipment and therefore all trucks were driving with a long HCT trailer and with a standard full trailer.

This thesis studied the amount of transported goods in tons and in platform meters, the length of the trip in kilometers, fuel used, time spent on a trip, and average speed of a trip. Fuel usage, the time used and driven kilometer data were picked from Econen car computers via Ecoweb Internet platform. Cargo information was picked from cargo manifests. All the calculations from the measured quantities were completed with Microsoft Excel program.

Fuel usage is shown with multiple figures in this thesis. On average without paying attention to the amount of the cargo, the HCT truck uses more fuel. When paying attention to the amount of cargo transported the HCT is more fuel efficient.

The subject of efficiency is covered by comparing the time used and the amount of cargo transported related to the driver's daily salary. This comparison reveals that it costs less to use the HCT truck on the studied transport route and therefore it is more efficient.

The results of this thesis are not universal and they are only based on one route and a particular period of time.

KEYWORDS:

Fuel consumption, road transport, logistics.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	7
2 DB SCHENKER	8
2.1 DB Schenkerin historia suomessa	8
2.2 DB Schenkerin vihreät tavoitteet ja ekologisuus	9
3 HCT-YHDISTELMIEN TEKNISET VAATIMUKSET	11
3.1 Auton, perävaunun ja niiden yhdistelmän pituus	11
3.2 Ajoneuvoyhdistelmän kääntyminen.	12
3.3 Kolminivelisen ajoneuvoyhdistelmän vakausvaatimus	13
3.4 Massavaatimukset	13
3.5 HCT-yhdistelmien turvallisuusvaatimukset	14
4 VERTAILUN AJONEUVOYHDISTELMÄT	15
5 POLTTOAINEENKULUTUKSEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ	18
6 KULUTUSVERTAILU	20
6.1 Vertailtujen yhdistelmien keskikulutus	20
6.2 Yhdistelmien ominaispolttoaineenkulutus	21
6.3 Yhdistelmien polttoaineenkulutus suhteessa lavametreihin	22
6.4 Keskinopeus.	24
7 TEHOKKUUS	25
7.1 Tehokkuus ajan suhteen	25
7.2 Lastaus- ja purkuajat	27
8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	29
9 YHTEENVETO	31
LÄHDELUETTELO	33

KAAVAT

Kaava 1. Ominaiskulutuksen kaava.	21
Kaava 2. Lavametrin kaava.	22

KUVAT

Kuva 2. Täysperävaunuyhdistelmä HCT-perävaunulla.	15
Kuva 3. HCT-yhdistelmä.	17
Kuva 4. Econen ajoneuvotietokone.	18

KUVIOT

Kuvio 1. Yhdistelmien keskikulutukset l/100km.	21
Kuvio 2. Yhdistelmien ominaiskulutukset.	22
Kuvio 3. Yhdistelmien kulutus suhteessa lavametreihin.	23
Kuvio 4. Ajoneuvoyhdistelmien keskinopeudet.	24

TAULUKOT

Taulukko 1. Auton pituus ei saa ylittää seuraavia arvoja.	11
Taulukko 2. Perävaunun pituus ei saa ylittää seuraavia arvoja.	11
Taulukko 3. Ajoneuvoyhdistelmän pituus ei saa ylittää seuraavia arvoja.	12
Taulukko 4. Uudessa asetuksessa muuttuneet sallitut massat.	13
Taulukko 5. Pitkien perävaunujen telimassat.	13
Taulukko 6. Vetoautojen tekniset tiedot.	16
Taulukko 7. Perävaunujen tekniset tiedot.	16
Taulukko 8. Laskelma ajoneuvoyhdistelmien tehokkuudesta kuljettajan palkan suhteen.	26

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää HCT-yhdistelmien hyötyjä ja eroavaisuuksia verrattuna tavalliseen täysperävaunuyhdistelmään. Opinnäytetyössä selvitettiin eroavaisuuksia tavaramäärissä, polttoaineenkulutuksessa ja käytetyssä työajassa näiden ajoneuvoyhdistelmien välillä. HCT on lyhenne sanoista *High Capacity Transport*, ja se tarkoittaa normaalia pidempää tai raskaampaa ajoneuvoyhdistelmää, joka ei kuitenkaan ole erikoiskuljetus (Traficom, 2019a). Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Schenker Oy:n Turun toimipiste. Schenker Oy on osa DB Schenker -konsernia.

HCT-yhdistelmiä on Suomessa kokeiltu eri tahojen toimesta vuodesta 2013 poikkeusluvin, mutta tammikuussa 2019 astui voimaan valtioneuvoston uusi asetus, joka sallii ajoneuvoyhdistelmän suurimmaksi pituudeksi 34,5 metriä entisen 25,25 metrin sijaan. Asetuksessa on määritetty tarkat kääntyvyys- ja vakaus vaatimukset näille pitkille yhdistelmille. Näiden lisäksi asetuksessa vaaditaan näiltä yhdistelmiltä esim. kamerajärjestelmät ajoneuvojen sivujen näkemiseksi, hätäjarrutus- ja kaistavahtijärjestelmä, elektroninen ajonvakautusjärjestelmä sekä sähköohjatut jarrut (Still, 2019a.)

Schenker Oy on liikennöinyt HCT-yhdistelmiä kokeilujaksosta alkaen ja uuden asetuksen voimaantulon jälkeen hankkinut HCT-yhdistelmiä erilaisissa muodoissaan lisää eri kuljetusreiteille. Opinnäytetyössä keskityttiin vertailemaan Turku-Pk-seutu-reitillä ajavia HCT- ja tavallisia yhdistelmiä. Meno- ja paluukuormat olivat pääasiassa samanlaisia ja kuljetusreitti vakio, joten ajot ovat hyvin vertailukelpoisia.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kuljetettuja tonneja, tavarán määrää lavametreissä, polttoainekulutusta ja kokonaismatka-aikaa. Opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää, kuinka paljon taloudellisempaa ja tehokkaampaa on kuljettaa HCT-yhdistelmällä runkokuormia verrattuna tavalliseen täysperävaunuyhdistelmään.

Työ toteutettiin tarkastelemalla ensiksi rahtikirjoista kuljetetun tavarán määrää ja paino. Nämä taulukoitiin Microsoft Exceliin, jonka jälkeen Econen Ecoweb-ohjelmasta poimittiin matkaan kohdistuvat tiedot, kuten kuljettu matka kilometreissä, polttoaineen kulutus ja työvuoron kesto, jotka myös lisättiin Exceliin. Näistä taulukoiduista tiedoista tehtiin laskelmia ja kaavioita, jotta pystyttiin vertailemaan HCT- ja tavallisen täysperävaunuyhdistelmán tehokkuutta ja polttoainetaloudellisuutta.

2 DB SCHENKER

DB Schenker on Suomen johtavia kuljetus- ja logistiikkapalveluiden tarjoajia, joka tarjoaa maa-, meri- ja lentokuljetus-, sekä sopimuslogistiikan palveluita. DB Schenker tarjoaa kappale-, paketti-,täys- ja osakuormakuljetukset sekä intermodaali-, erikois- ja lämpötilasäädellyt kuljetukset. Maailmanlaajuisesti DB Schenker on yksi maailman johtavia logistiikka-alan toimijoita työllistäen yli 75 800 työntekijää noin 2 000 toimipisteessä ympäri maailman. Euroopan maakuljetuksissa DB Schenker on alansa johtaja kuljettaen 32 000 aikataulutettua kappaletavarakuljetusta viikossa (DB Schenker, 2019a.)

Schenkerin historia alkoi 1800-luvun lopulla, kun Gottfried Schenker perustaa Itävallan Wienissä yrityksen Schenker & Co. -yhtiön. Yrityksen alussa se keskittyi rautatiekuljetuksiin Euroopassa ja 1800-luvun lopulla sillä oli haarakonttoreita jo Budapestissä, Bukarestissa ja Prahassa. Ensimmäisen maailmansodan jälkeen Schenker laajensi ja keskitti toimintaansa pikalähetyspalveluihin ja alueelliseen huoltoon. 1920-luvulla suoritetaan ensimmäiset Saksan sisäiset lentorahtikuljetukset, ja 1930-luvulla ensimmäiset merikonttikuljetukset. Toisen maailmansodan jälkeen DB Schenker on laajentanut liiketoimintaansa vuosi vuodelta, tullen yhdeksi maailman johtavista logistiikkapalveluiden tarjoajista (DB Schenker, 2019a.)

2.1 DB Schenkerin historia suomessa

Suomessa DB Schenkerin historia on vahvasti yhteydessä Kiitolinjaan joka aloitti toimintansa 1930-luvulla, sekä Oy Polar-Express Ab, joka perustettiin 1960-luvulla keskittyen kansainvälisiin kuljetuksiin. Näiden yritysten vaiheet ovat vuosikymmenten aikana erittäin vaiherikkaat, koska ne ovat vaihtaneet omistajuutta, fuusioituneet ja vaihtaneet nimiä moneen otteeseen. Vuonna 1986 Speditor Oy ostaa Polar expressin. Vuonna 1988 Speditor Oy:lle siirtyy yrityskaupassa enemmistö Kiitolinjasta ja Finnexpressistä. Speditoriin yhdistetään pakettikuljetus yritys P. Lumiaho, joka oston jälkeen muutti nimensä Cargo Express Oy:ksi. Bilspeditionin ostaessa enemmistön Autotransit Oy:sta, muuttuu yrityksen nimi Scansped Oy:ksi. Vuonna 1990 Bilspeditionin omistama Scansped Group AB ja Speditor sopivat yhteistyöstä, minkä seurauksena Scansped Oy ja Finnexpress Oy, Oy Polar-Express Ab sekä T.I.E. International Transport Ltd yhdistetään yhdeksi yhtiöksi, jonka nimeksi tulee Scansped Oy. Loppuvuodesta Bilspedition, sittemmin BTL, ostaa koko Speditorin osakannan. (DB Schenker , 2019b.) Vuoden 1997 marraskuussa BTL/ Scansped ja

saksalaisen Stinnes AG:n omistama Schenker Eurocargo aloittavat Euroopan laajuisen yhteistyön, jonka seurauksena vuonna 1998 Schenkerin ja BTL/ Scanspedin maakuljetustoiminnot yhdistyivät ja muodostui 30 Euroopan maata kattava verkosto. Scansped Oy:n nimeksi muuttui Schenker BTL Oy. (DB Schenker , 2019b.)

2000-luvun alussa monien Euroopan maiden Schenker-BTL-yhtiöiden nimet muunnetaan Schenkeriksi, kuten Suomessakin nimeksi muodostui Schenker Oy vuonna 2001. Samoina vuosina Schenker-yhtiöiden toimintoja yhdistettiin Suomessa, kuten kansainvälisiä lento,- meri,- ja näyttelypalveluita hoitava Schenker International AB Filial i Finland yhdistetään Schenker Oy:hyn. Samaan aikaan Kiitojakelu Oy:stä, Cargo Express Oy:stä ja Pakettilinjasta muodostetaan Schenker Express Oy ja Kiitoliikenne Saaresta muodostuu Schenker Cargo Oy. (DB Schenker , 2019b.)

Vuonna 2008 otettiin maailmanlaajuisesti käyttöön nimi DB Schenker, jossa konkretisoi- tuu Schenker-yhtiöiden rooli saksalaisen Deutsche Bahn -konsernin kuljetus ja logis- tiikka osiona. 2010-luvun puolivälissä kaikki Suomen eri Schenker-yhtiöt sulautetaan Schenker Oy:n alle, ja vuonna 2016 Kiitolinja-nimi jää historiaan kokonaan. (DB Schenker , 2019b.)

2.2 DB Schenkerin vihreät tavoitteet ja ekologisuus

Yhteiskunnan lisääntyneen kiinnostuksen takia ympäristöasioihin tulee myös kuljetus- sektorin antaa oma panoksensa asiaan ja ottaa ympäristöasiat vakavasti. DB Schenker haluaa olla vihreiden logistiikkapalveluiden johtava tarjoaja ja sitoutuu kehittämään jat- kuvasti ympäristöystävällisiä logistiikkaratkaisuja, jonka takia se esimerkiksi tarjoaakin Eco Solutions -ratkaisuja kaikissa kuljetusmuodoissa, ja täten asiakkaalla on mahdolli- suus vähentää tai kompensoida hiilidioksidipäästöjä koko toimitusketjussa. Eco Soluti- ons -ratkaisulla hiilidioksidipäästöjä voidaan leikata lentorahdissa jopa 20 prosenttia ja merirahdissa jopa 50 prosenttia (DB Schenker , 2019c.)

Maakuljetuksissa ympäristöystävällisiä ratkaisuja Schenker tekee Suomessa käyttä- mällä uusimpien standardien mukaista kuljetuskalustoa, joka kulkee pääkaupunkiseu- dun ja Turun jakeluliikenteessä täysin jätteistä ja tähteistä käytetyllä dieselillä, panosta- malla HCT -ja multideck-yhdistelmiin jolloin yhdellä autolla kulkee suurempi tavaramäärä ja käyttämällä energiatehokkaita ja kestäviä ratkaisuja rakennuksissaan, mistä syystä kaikki Suomen toimipisteet ovat sertifioitu ISO 14001:2015 -ympäristöstandardilla.

Vuoden 2015 jälkeen rakennetuissa Schenkerin toimipisteissä, kuten Vantaan Viinikkalassa, on hyödynnetty maalämpöä ja aurinkoenergiaa, ja sen katolla on 786 aurinkopaneelia tuottamassa tätä. (DB Schenker , 2019c.)

3 HCT-YHDISTELMIEN TEKNISET VAATIMUKSET

10.1.2019 Valtioneuvosto teki asetuksen ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen (1257/1992) muuttamisesta, jonka nojalla nykyistä pidempiä ja uudentyypisiä ajoneuvoyhdistelmiä voidaan hyväksyä käytettäväksi. Asetuksessa säädetään ajoneuvoyhdistelmille suurimmat sallitut mitat, massat, kääntyvyysvaatimukset ja ajoneuvoyhdistelmän kytkentää ja varusteita koskevia vaatimuksia. Asetukseen liittyen liikenne- ja viestintäministeriö Traficom antoi ajoneuvolain 27 a §:n 2 momentin 1 kohdan nojalla määräyksen, jossa annetaan osoittamistavat uuden kääntyvyysäännön ja vakausvaatimuksen määrittämiseen. Määräyksessä annetuilla laskukaavoilla voidaan selvittää pitkän puoliperävaunuyhdistelmän ja 2- ja 3-nivelisten yhdistelmien sisäsäde ja takakulman sivusiirtymä ulkosäteeltään 12,5-metrisessä 120 asteen käänöksessä, sekä laskukaavat ajoneuvoyhdistelmän ajonvakauden määrittämiseen. (Traficom b , 2019)

3.1 Auton, perävaunun ja niiden yhdistelmän pituus

Valtioneuvoston uudessa asetuksessa ajoneuvojen käytöstä tiellä määritellyt HCT-yhdistelmiä koskevat pituudet taulukoituna.

Taulukko 1. Auton pituus ei saa ylittää seuraavia arvoja.

muutos	vanha	uusi
muu auto kuin M2 tai M3 luokan linja-auto	12m	13m

Taulukko 2. Perävaunun pituus ei saa ylittää seuraavia arvoja.

muutos	vanha	uusi
puoliperävaunun vetotapin pysty akselista perävaunun takimmaiseen osaan	12m	18m
yli 22 metrin pituisessa ajoneuvoyhdistelmässä käytetty varsinainen perävaunu etuakseliston kääntöpisteestä perävaunun takimmaiseen osaan	12m	16m

Taulukko 3. Ajoneuvoyhdistelmän pituus ei saa ylittää seuraavia arvoja.

muutos	vanha	uusi
kuorma-auton ja puoliperävaunun yhdistelmä	16,5m	23m
auton ja keskiakseliperävaunun yhdistelmä	18,75m	20,75m
kuorma-auton ja yhden tai useamman perävaunun yhdistelmä	25,25m	34,5m
vetoauton ohjaamon takana olevien kuormatilojen sisäpituuksien summa	21,42m	29,24m

3.2 Ajoneuvoyhdistelmän kääntyminen.

Yli 18,75m pitkällä auton ja perävaunun tai useiden perävaunujen yhdistelmällä tai yli 16,5m pitkällä auton ja puoliperävaunun yhdistelmällä on kaksi eri tapaa miten sen kääntyvyys voidaan määrittää. Ensimmäisessä tavassa auton tulee olla siten kääntyvä, että uloimman etukulman kulkiessa 12,5 metrin säteisen ympyrän kaarta pitkin sisäsivu kulkee vähintään kahden metrin säteistä kaarta pitkin. Yhdistelmässä käytettävässä puoliperävaunussa tai varsinaisessa perävaunussa etäisyys vetotapista tai etuakseliston kääntöpisteestä yksiakselisen perävaunun taka-akseliin tai useampi akselisen perävaunun taka-akseliston ohjautumattomien akselien keskiviivaan saa olla enintään kahdeksan metriä ja 15 senttiä. (Finlex , 2019)

Toisessa tavassa kääntyvyys määritetään niin, että auton uloimman etukulman kulkiessa 12,5m säteistä ympyrän kaarta pitkin ja tehden 120 asteen käännöksen tulee yhdistelmän sisäsivun kulkea vähintään neljän metrin säteistä kaarta pitkin. Perävaunun takakulma ei saa siirtyä yli 0,8m ulkokaaren suuntaan lähdetessä tähän käännökseen. Perävaunun sivusiirtymän ollessa alle 0,8m saa yhdistelmän sisäsivu kulkea sen erotuksen verran neljä metrissä säteistä kaarta pienempi säteistä kaarta pitkin, kuitenkin kaaren säteen vähintään ollen 3,7m. Traficomien määräyksessä annetuilla laskukaavoilla voidaan todeta erilaisten yhdistelmien sisäsivun kaaren säteen pituus ja takakulman siirtymä. Kuljetuksessa tulee pitää mukana kääntyvyyden osoittamiseksi tarvittavat auton ja perävaunun tekniset tiedot. (Finlex , 2019)

Kuljetuksen suorittajan ja kuljettajan on varmistettava, että kuljetuksen suorittaminen käytetyllä ajoreitillä on mahdollista ilman riskiä osumisesta ajoradan sivuilla oleviin rakenteisiin, kuten kaiteisiin.

3.3 Kolminivelisen ajoneuvoyhdistelmän vakausvaatimus

ISO-standardin 14791 mukaisissa ajokokeissa tai simuloinneissa 80 kilometrin tuntinopeudella kulkeva yhdistelmä kuormattuna lattiasta 1,3m painopisteellä olevalla kuormalla on mitattava pystykiertymäkulmanopeuden vahvistumisarvoksi enintään 1,9 ja sivuttaiskiihtyvyyden vahvistumisarvoksi enintään neljä. Traficomien määräyksessä laskuttavat, miten vakausvaatimuksen täyttäminen voidaan osoittaa. Kuljetuksessa tulee pitää mukana vakausvaatimuksen osoittamiseksi tarvittavat auton tekniset tiedot. (Still b, 2019)

3.4 Massavaatimukset

Ajoneuvoyhdistelmien suurimmat sallitut massat tiellä kuljettaessa taulukoituna.

Taulukko 4. Uudessa asetuksessa muuttuneet sallitut massat.

muutos	vanha	uusi
auton ja keskiakseliperävaunun yhdistelmä	44t	50t
viisiakselinen auton ja puoliperävaunun yhdistelmä	48t	44t

Uudessa asetuksessa kymmenakselisen yhdistelmän suurimmaksi sallituksi massaksi sallittiin 74 tonnia ja yksitoista-akseliset 76 tonnia ilman paripyörävaatimusta. Asetuksessa määritettiin myös uusille pidemmille perävaunuille telimassat. (Still b, 2019)

Taulukko 5. Pitkien perävaunujen telimassat.

neli- tai useampiakselinen teli, jos peräkkäisten akselien välinen etäisyys on yli 1,3m ja äärimmäisten akselien välinen etäisyys on yli 4,7m.	30t
viisi- tai useampiakselinen teli, jos peräkkäisten akselien välinen etäisyys on yli 1,3m ja äärimmäisten akselien välinen etäisyys on yli 6,7m	36t

3.5 HCT-yhdistelmien turvallisuusvaatimukset

Yli 18,75 metrin pituisessa kuorma-auton ja puoliperävaunun yhdistelmässä, tai yli 25,25 metrin pituisessa kuorma-auton ja perävaunun tai vaunujen yhdistelmässä tulee olla sivuilla heijastavat ääriiviivamerkinnot, sekä äärivalaisimet ajoneuvoyhdistelmän viimeisessä perävaunussa. (Finlex , 2019)

Yli 25,25 metrin pituisessa ajoneuvoyhdistelmässä tulee olla vähintään 0,45 neliömetrin suuruinen ja väriltään ja heijastuvuusominaisuuksiltaan E-säännön n:o 70 mukainen kilpi, johon on vähintään 200 mm:n korkuisin kirjaimin kirjoitettu sana "PITKÄ", "LÅNG" tai "LONG". Kilvessä saa lisäksi olla musta ajoneuvoyhdistelmän kuva, jonka alla saa olla merkintä pituudesta. (Finlex , 2019)

Talviolosuhteissa yli 28 metrisessä yhdistelmässä tulee olla hiekoitin, ketjuheitin tai hydraulinen etuveto, mikäli vetäville akselille kohdistuva massa on alle 25%. Turvavarusteina yli 28 metrisessä ajoneuvoyhdistelmässä tai yli 20 metrisessä kuorma-auton ja puoliperävaunun yhdistelmässä tulee olla (Still b, 2019):

- Epäsuoran näkemisen laitteet, eli kamerajärjestelmät, joilla näkee koko yhdistelmän sisäkaarteisen puolen molempiin suuntiin kääntyessä. Kamerajärjestelmien katseluun kuljettajalla tulee olla vähintään seitsemän tuuman näyttö, ja kameroiden kuvakulma tulee olla vähintään 60 astetta. Kameran tulee sijoittaa ohjaamon sivuille tai perävaunun sivuille puolivälin etupuolelle. Vaatimuksen täyttää myös monen kameran lintuperspektiivin antava järjestelmä, joka kattaa vähintään viimeisen perävaunun molemmat kyljet.
- Vetoautossa kehittynyt kaistavahti- ja hätäjarrutusjärjestelmä
- Elektroninen ajonvakautusjärjestelmä
- Sähköohjatut jarrut kaikissa yhdistelmän ajoneuvoissa

4 VERTAILUN AJONEUVOYHDISTELMÄT

Vertailussa oli mukana 3 ajoneuvoyhdistelmää, josta kaksi vetoautoa olivat täysin identtiset. Vertailussa olevat ajoneuvot olivat kaikki varustettu ns. HCT varustuksella, eli epäsuoran näkemisen kamerajärjestelmillä ja edistyneillä turvalaitteilla, ja tässä vertailussa kaikki ajoneuvot vetivät perässään pidempää HCT kärkeä. Vertailussa ei siis ollut suoranaisesti verrokkiyhdistelmää ja HCT- yhdistelmää, vaan tämä määräytyi sillä vetikö auto perässään normaalia 13,2m perävaunua vaiko 17,5 metristä HCT kärkeä. Vertailun kaikki ajoneuvot vetivät perässään molempia perävaunutyypppejä. Kaikki kolme vetoautoa olivat alle vuoden ikäisiä, varustettu miltei saman tehomäärän moottoreilla ja massaltaan ja kantavuudeltaan miltei samanlaisia, mistä syystä ei nähty tästä olevan haittaa, että kaikki autot ovat samaa aikaa "verrokkeja" tai HCT- yhdistelmiä.



Kuva 1. Täysperävaunuyhdistelmä HCT-perävaunulla.

Vertailun vetoautoina oli kaksi umpikorista Volvon FH500 mallia ja yksi vaihtokorillinen Scania G500 vetoauto. Scaniassa käytettiin pääosin samaa FRC- luokiteltua vaihtokoria, eli tuttavallisemmin sanottuna konttia.

Taulukko 6. Vetoautojen tekniset tiedot.

	Scania G 500	Volvo FH 500
päästöluokka	Euro 6	Euro 6
moottorin tilavuus	12,8 litraa	12,8 litraa
moottorin rakenne	rivi 6	rivi 6
moottorin teho	368 kW	375 kW
moottorin vääntö	2 550 Nm	2500 Nm
vaihteisto	Scania Opticruise	Volvo I-shift
vetotapa	6x2	6x2
omapaino	10 900 (+FRC kontti 3 800 kg)	14 100 kg
ATP- tyyppihyväksyntä	FRC	FRC
Kantavuus	13 300 kg	13 900 kg

Taulukko 7. Perävaunujen tekniset tiedot.

	HCT perävaunu	Vertailu perävaunu
valmistaja	VAK	VAK
sisäpituus	17,2 m	13,45 m
omapaino	14 650 kg	11 100 kg
kantavuus	33 350 kg	30 900 kg
eurolavapaikkoja	43	33
ATP-tyyppihyväksyntä	FRC	FRC
akselien lukumäärä	6	5

HCT- perävaunu on mitoitettu niin, että sen pituus juuri pysyy muuttuneen lainsäädännön vaatimissa mitoissa. Kyseisellä täysperävaunuyhdistelmällä ei päästä täyteen 29,24m

sallittuun kuormatilojen maksimipituuteen, mutta hankintahetkellä todettiin sen kanssa toimimisen olevan helpompaa kuin kahden puoliperävaunun Duo-2 yhdistelmällä, jolla tuo maksimi mitta olisi saavutettavissa.



Kuva 2. HCT-yhdistelmä.

5 POLTTOAINEENKULUTUKSEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ

Vertailun yhdistelmät oli varustettu Econen ajoneuvotietokoneilla. Econen ajoneuvotietokoneissa on lukuisia ominaisuuksia, kuten muun muassa ajoneuvon reaaliaikainen paikannus ja polttoaineenkulutuksen seuranta. Ajoneuvotietokone on kytketty autojen CAN-väylään, joka on tiedonsiirtoväylä, jossa on esim. tässä tapauksessa yhteydessä ajoneuvon moottorinohjausyksikkö ja vaihteistonohjausyksikkö ja nämä siirtävät tietoja keskenään ja tämän tiedonsiirtoväylän kautta Econen ohjelmisto saa tietoonsa esim. polttoaineenkulutuksen, käytetyt kierrosluvut ja ajonopeuden. Econen Ajoneuvotietokoneessa on GPS- paikannus jolla se saa selville ajoneuvon kuljetun reitin ja myös reaaliaikaisen sijainnin.

Ajoneuvotietokone kerää tiedot SQL tietokantaan erilliselle palvelimelle, josta niihin pääsee käsiksi Ecoweb Manager selainkäyttöliittymästä. (econen FI, 2015) Ecoweb Manager sivuille kirjautumalla pääsee käsiksi vuorokohtaisiin tai reaaliaikaisiin tietoihin, kuten ajetut kilometrit, kulutettu polttoaine, keskikulutus jne. Kulutusvertailun ajetut kilometrit ja polttoaineenkulutus tiedot on poimittu Ecoweb Managerista ja sieltä lisätty Microsoft Excel ohjelmistoon.



Kuva 3. Econen ajoneuvotietokone.

(econen FI, 2015)

Econen ohjelmistoperhe on Schenker Oy:llä käytössä edellä mainittujen paikannus ja ajoneuvotietojen lisäksi sen takia että se muun muassa tallentaa kuljettajien ajopiirturitiedot kuljettajan nähtäville ajoneuvotietokoneeseen, sekä lain velvoittaman ajan palvelimelle, josta niitä on helppo tarkastella tietokoneella etänä. Econen ohjelmisto myös tallentaa kuljettajien työaikatiedot helposti luettavaan muotoon, josta niitä voidaan tarkastella esim. palkanmaksua varten.

6 KULUTUSVERTAILU

Kulutusta seurattiin loppu kesän ja syksyn 2019 ajan. Seurantaan ei otettu kaikkia yhdistelmillä ajettuja ajoja, vaan valittiin sellaiset, että kuormat ja reitit olisivat mahdollisimman samankaltaiset. Olosuhteissa ei ollut seurattavalla ajanjaksolla suurta vaihtelua, ja seurattava ajanjakso oli kaikilla ajoneuvoilla sama. Kuljettajat olivat vaihtuvia molemmissa yhdistelmä tyypeissä, kumminkin osan kuljettajista ajaessa molempia yhdistelmiä. Kuljettajan ajokäytöksellä on vaikutusta polttoaineenkulutukseen, mutta aikataulujen puitteissa ei tähän kiinnitetty huomiota vaan kaikki sopivat ajot kuljettajasta riippumatta otettiin mukaan vertailuun.

Vertailuun kerätyt tiedot on poimittu vuorokohtaisesti Econen Ecoweb Manager ohjelmistosta ja siirretty Microsoft Excel ohjelmistoon. Ecoweb Manager kertoo suoraan vuorossa ajettujen kilometrit, kulutetun polttoaineen ja keskikulutuksen.

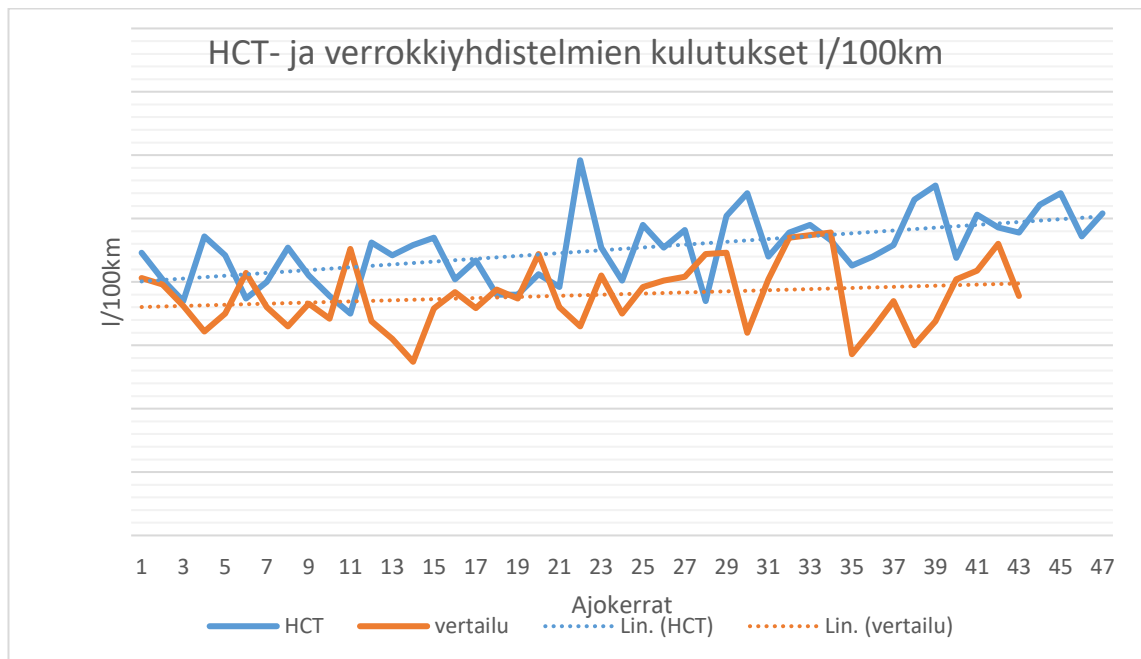
Vertailun päätarkoituksena oli selvittää kuinka suuria kulutus eroja syntyy ajettaessa HCT-yhdistelmällä verrattuna tavalliseen täysperävaunuyhdistelmään ja onko se yhdistelmän täyttöasteeseen, eli lavametreihin nähden tehokkaampaa. Luonnollisestikin kuljetettavan massan kasvun myötä ajoneuvon polttoainekulutus kasvaa auton moottorin tehden enemmän töitä sen liikuttamiseen, tällöin kulutettu polttoaine tulee suhteuttaa tavaramäärän painoon tai määrään. Vertailun aikana vertailuilla ajoneuvoilla ajettiin yhteensä yli 36 000 km ja tavaraa kuljetettiin yli 4 597 tonnin eli 4 597 000 kg edestä.

Vertailun vetoautot olivat täysin samat molemmissa yhdistelmä tyypeissä, tästä syystä oli mielenkiintoista nähdä kuinka suuri vaikutus pidemmällä kääryllä on polttoaineenkulutukseen. Polttoaineenkulutuksella on suora yhteys hiilidioksidipäästöihin ja täten ympäristöystävällisyyteen.

6.1 Vertailtujen yhdistelmien keskikulutus

Kun vertaillaan vain keskikulutusta l/100km, kuluttaa pitkää kääryä vetävä HCT-yhdistelmä hieman enemmän kuin tavallinen yhdistelmä. Tämä selittyy hieman korkeammalla omapainolla, ja täyttöasteen ollessa täysi on kokonaismassakin suurempi. HCT-yhdistelmän kasvavan kulutuksen vertailun jakson loppua kohden selittänee kaluston lisääntyminen, kun kesken vertailtavan jakson tuli kaksi uutta vetäjää ja kaksi uutta pitkää

kärryä ja täten niiden käyttö lisääntyi huomattavasti ja meno- ja paluukuormat monipuolistuivat. Menokuormien massat olivat todella vaihtelevia molemmissa yhdistelmä tyypeissä, mutta vertailun haluttaessa pitää realistisena tuli vertailuun mukaan ison massan ja kevyemmän massan kuormia molemmille yhdistelmä tyypeille. Keskiarvoina lasketuna kuluttaa HCT-yhdistelmä noin 9,4% enemmän kuin verrokkiyhdistelmä. Kaikkien ajettujen reissujen kulutukset taulukoitiin omanaan, vaikka taulukkoon tuli dramaattisia huippuja on silti tarkempi kuvaus kuin lineaariset käyrät, mitkä on lisätty tulkittavuuden helpottamiseksi. Seuraavassa kuvassa yhdistelmien keskiarvokulutukset l/100km.



Kuvio 1. Yhdistelmien keskiarvokulutukset l/100km.

6.2 Yhdistelmien ominaispolttoaineenkulutus

Rahtiliikenteessä ajoneuvon keskimääräisten kulutusten vertailu ei aina kerro koko totuutta, vaan on aiheellista suhteuttaa se johonkin muuhun hyötyyn. Tällöin voidaan polttoaineenkulutus suhteuttaa kuljetetun tavaran massaan ja laskea sille ominaiskulutus (litraa / tonni-km), joka kertoo polttoainetehokkuuden tarkemmin. Ominaispolttoaineenkulutus lasketaan seuraavanlaisella kaavalla 1.

$$bt = \frac{Vf}{sm_1}$$

Kaava 1. Ominaiskulutuksen kaava.

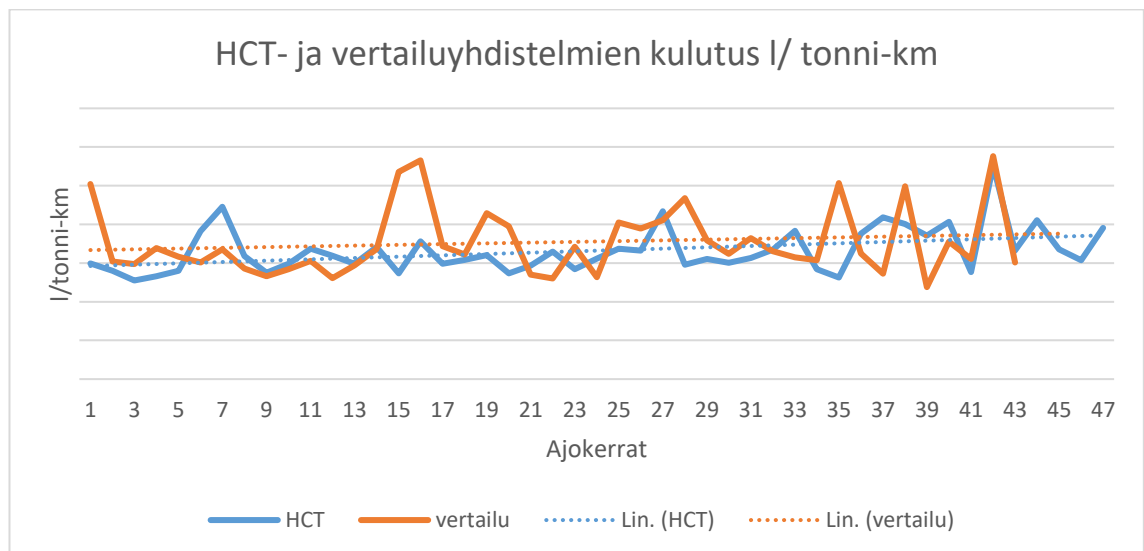
bt = ominaiskulutus (l / tonni-km)

V_f = kulutettu polttoaine (l)

s = ajettu matka (km)

m_1 = hyötykuorman massa (t)

Kuviossa 2 esitetään yhdistelmien ominaiskulutusta suhteessa kuljetettuihin tonneihin. Keskiarvoista laskettuna HCT-yhdistelmän ominaiskulutus l/tonni-km on noin 6,6% pienempi kuin vertailuyhdistelmän. Lineaarista käyrää katsomalla huomaa, että HCT-yhdistelmien ominaiskulutus kasvaa vertailtavaa jaksoa loppua kohden, mikä johtuu kuormien monipuolistumisesta ja kevenemisestä. HCT-yhdistelmän pienempi ominaiskulutus tukee väitettä sen olevan polttoainetehokkaampi kuljetettaessa täysiä kuormia.



Kuvio 2. Yhdistelmien ominaiskulutukset.

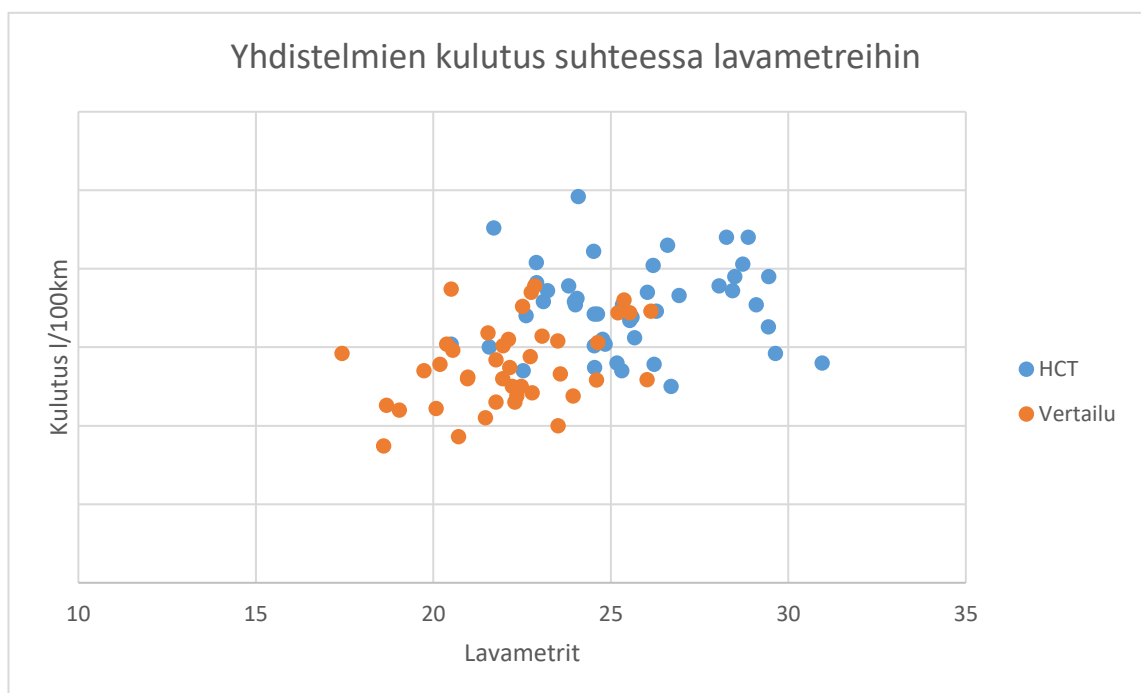
6.3 Yhdistelmien polttoaineenkulutus suhteessa lavametreihin

Lavametrit ovat hyvä tapa ilmaista kuljetetun rahdin tarvitsemaa tilaa ja sitä voidaan käyttää myös rahditusperusteena. Lavametri tarkoittaa metrin tilaa pituussuunnassa koko kuormatilan 2,4m leveydeltä. Lavametrit lasketaan seuraavasti:

$$lvm = \frac{\text{leveys } m \times \text{pituus } m}{2,4m}$$

Kaava 2. Lavametrin kaava.

eli esim. eurolavalla: $\frac{0,8m \times 1,2m}{2,4m} = 0,4\text{lv}$. Seuraavassa kuviossa 3 esitetään vertailun yhdistelmien kulutusta suhteessa lavametreihin. Tavallisen täysperävaunun laskennallinen lavametrimäärä on 20,4 lvm, mikäli tavaraa ei ole päälle lastattu ja vertailussa olevan HCT:n vastaava määrä on 25 lvm. Seuraavasta kuviosta huomataan, että tavaramäärän, eli lavametrien lisääntyessä polttoainekulutus kasvaa. Taulukosta myös huomataan, että tehokkuuden lisäämiseksi osassa kuormista molemmissa yhdistelmätyypeissä tavaraa on pinottu toistensa päälle sen ollessa mahdollista. Kuljetettavissa kuormissa on ollut paljon rullakoita ja maitorullakoita, joiden pinoaminen päällekkäin on mahdotonta ilman moni taso kuormatiloja, joita ei kyseisissä yhdistelmissä ole. Kuviosta myös voidaan päätellä, että aina ei tavaramäärän kasvu tarkoita painonkasvua ja täten kasvanutta polttoaineenkulutusta.

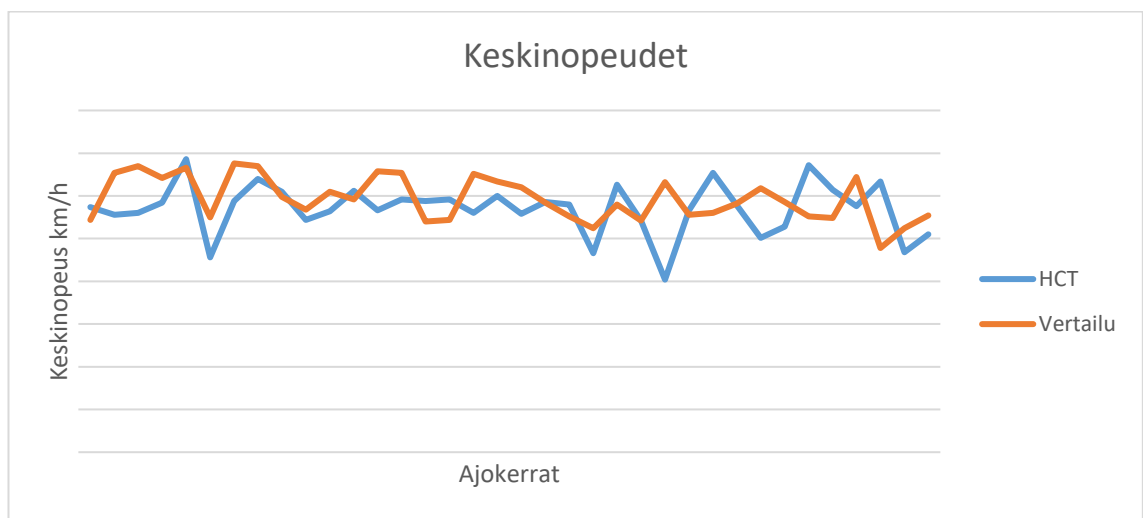


Kuvio 3. Yhdistelmien kulutus suhteessa lavametreihin.

Tällä oheisella kuvaajalla haluttiin demonstroida mistä HCT- yhdistelmän keskiarvolta n. 9% polttoainekulutus ero l/100km tavalliseen yhdistelmään johtuu, eli kasvaneesta tavaramäärästä. Tavallisen täysperävaunuyhdistelmän keskiarvoinen lavametrimäärä oli 22,1 lvm ja HCT- yhdistelmän 25,8 lvm. Pieneltä kuulostava ero on kuitenkin n. 16,8% eli melko huomattava.

6.4 Keskinopeus.

Työssä vertailtiin myös keskinopeutta, koska se kertoo hieman kuinka paljon käytännön eroa pitkällä HCT yhdistelmällä on tavalliseen täysperävaunuun ajossa. Reitin ollessa käytännössä sama haluttiin nähdä hidastaako pitkällä kärryllä toimiminen esim. risteysalueella ajoa tai täytyykö yleisesti ajaa hitaammin tietyissä tilanteissa. Suurta eroa ei vertailuissa havaittu ja suurimmat piikit selittyvät varmasti ulkoisilla tekijöillä kuten ruuhkalla tai kuorman painolla. Keskiarvoista katsottuna HCT- yhdistelmä oli keskinopeudeltaan noin 1,3 km/h hitaampi kuin vertailtu täysperävaunuyhdistelmä.



Kuvio 4. Ajoneuvoyhdistelmien keskinopeudet.

Keskinopeudet on katsottu Econen Ecoweb palvelusta suoraan joka laskee työvuoro-kohtaiset keskinopeudet käyttäen ajoneuvon moottorinohjausyksikköä ja GPS paikannusta. Vertailuun otettiin molempien aamu- ja iltavuorojen ajoja ja tällä voi olla vaikutusta vertailuun, mutta datan riittävyyden takia oli kaikki ajot otettava mukaan mistä tiedot sai. Täyttä päätelmää tuloksista ei voi täten vetää monien eri muuttujien takia, mutta varovaisesti voi päätellä, että pitkä yhdistelmä on hieman hitaampi vuoron aikana käytännön ajossa, mutta suurta eroa ei ole, koska kyseisellä reitillä ei paljoa taajama ajoja ja käännytymisiä ole.

7 TEHOKKUUS

Tehokkuus ja tässä tapauksessa tehokkuus ajan suhteen muodostui erittäin hankalaksi selvittää. Hankaloittavia tekijöitä olivat purku- ja lastausaikojen suuri vaihtelu pk- seudun päässä, koska nämä tapahtuivat suurissa tukkuliikkeissä joutui siellä välillä kuljettajasta riippumattomista syistä odottelemaan ja välillä taas nämä sujuivat paremmin. Myös aamu- ja iltavuorojen erilaisuus aiheutti päänvaivaa niiden ollessa purkupaikkojen suhteen erilaisia ja näitä ajoja pyrittiin ottamaan sekaisin molempiin vuoroihin, mutta HCT-yhdistelmien ajaessa enemmän aamuvuoroa painottuivat niiden tulokset enemmän aamu painotteisiksi millä oli varmasti pieni vaikutus työvuoron pituuteen, sekä purku- ja lastausaikojen pituuteen niiden ollessa lyhyempiä iltavuoroon verrattuna.

Toinen hankaloittava tekijä oli kuljettajien erilainen ajokäytös jossa osa kuljettajista piti satunaisesti taukoja kesken lastauksen tai purun ns. "laiturissa" ei ollut 100% varmuutta pidettiinkö tauko vai vain osa siitä niin näitä ajoja ei pystynyt vertailuun mukaan ottamaan.

7.1 Tehokkuus ajan suhteen

Vertailun tuloksena oletettiin, että HCT- yhdistelmällä ajavien kuljettajien työvuorojen pituus olisi pidempi, mutta keskiarvoista katsottuna näin ei käynyt vaan työvuorojen kesto oli molemmilla yhdistelmä tyypeillä miltei sama, jopa muutamalla minuutilla HCT- yhdistelmän hyväksi. Vaihtelua työvuorojen pituuksissa oli HCT- yhdistelmillä kuitenkin huomattavasti enemmän kuin vertailtavalla yhdistelmällä, eli muutaman nopeimman tuloksen pois jättämällä olisi tulos mahdollisesti erilainen, mutta dataa ei lähdetty manipuloimaan, vaan todettiin, että täysin totta olevaa tulosta HCT-yhdistelmän ajan lisäyksen suhteen ei pystytty toteamaan datan riittämättömyyden ja erilaisuuden takia. Ulkoiset tekijät kuten edellä mainitut odotukset ja purkupaikkojen eroavaisuudet vaikuttivat tuloksiin suuresti, mutta näitä odotuksia ei pystytty enää jälkikäteen määrittämään.

Tuloksien oikeellisuudesta huolimatta esittelen seuraavaksi hypoteettisen laskelman kuvitteellisen kuljettajan palkan TES taulukko palkan mukaisesti suhteessa kuljetettuun tavaramäärään. AKT:n TES taulukosta valittiin 4-8 vuotta työskennelleen kuljettajan tuntipalkka joka on 1.10.2019 jälkeen 14,52 e/h. (AKT, 2019)

Päästäkseen mahdollisimman lähelle totuutta datalla mikä oli kerätty valikoitiin siitä vain aamuvuoron ajot, jotta ajot olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia vaikka datan määrä tippui ja esimerkiksi vertailuajoneuvolla kuljetetut lavametrit kasvoivat verrattuna kokonaiseen kerättyyn dataan.

Taulukko 8. Laskelma ajoneuvoyhdistelmien tehokkuudesta kuljettajan palkan suhteen.

Määre	HCT	Vertailtu
Kuljettajan palkka	14,52 e/h	14,52 e/h
Työaika keskiarvona	11:16 h	11:13 h
Palkka per päivä keskiarvona	163,59 e	162,87 e
Kuljetetut lavametrit keskiarvona	25,25 lvm	23,55 lvm
Kuljetetut tonnit vuoron aikana keskiarvona	51,38 T	39,8 T
Kuljetetun lavametrin hinta	6,48 e	6,91 e
Kuljetetun tonnin hinta	3,18 e	4,09 e

Mikäli olosuhteet tavarantoimituksen, tavaramäärän, tavaralaadun ja muitten inhimillisten tekijöiden osalta olisivat identtiset olisi taulukko varmasti erilainen eikä tätä taulukkoa ja sen tuloksia voida todeta absoluuttiseksi totuudeksi. Tämänlainen tehokkuusvertailu vain haluttiin mukaan tähän opinnäytetyöhön vaikkei kerätty data sen vaihtelevuuden takia siihen täysin idyllinen ole.

Tonnien osalta on sanottava, että kuljettaja ei niitten määrään pysty paljoakaan vaikuttamaan vaan ajojärjestely suurelta osin päättää tavarantoimituksen laadun ja täten painavuuden, eli tässä kohtaa HCT- yhdistelmälle on vain sattunut painavimpia kuormia eikä se tässä kohtaa kerro sen paremmuudesta.

Taulukon perusteella HCT- yhdistelmä olisi tehokkaampi ja sitä käyttäen yhden kuljetetun lavametrin tai tonnin hinta on pienempi kuin vertailun täysperävaunuyhdistelmän. Taulukko osoittaa, että kyseisellä ajanjaksolla ja reitillä HCT- yhdistelmän käyttö tulee tehokkaammaksi, koska se kuljettaa miltei samassa ajassa enemmän tavaraa. Toisaalta on sanottava, että vaikka HCT- yhdistelmäkin on keskiarvoltaan lastattu täydeltä

kuormatilojen lattia alalta on täysperävaunuyhdistelmä ylittänyt omansa ja ollut täten täyttöasteena parempi. Yhtä syytä miksi HCT- yhdistelmään ei ole myös lastattu päällekkäin tavaraa ei ole, vaan siihen voi olla monia syitä kuten: tavaran riittämättömyys, lähettäjät saattavat laskea lähetyksensä maksimi koon 51 EUR-lavapaikan mukaan, kuljettaja tekee jo ”ylimääräistä” työtä lastatessaan noin 4 lavametriä enemmän kuin tavalliseen yhdistelmään ja iskee laiskuus, aikataulut eivät anna myöten pidemmille lastausoperaatiolle vaan vuorokausikohtaiset tai viikkotuntirajoitukset työajassa tulevat täyteen, yhdistelmän kokonaisuudessa tulee täyteen ja niin edelleen syitä on monia ja jälkikäteen vaikea niitä tunnistaa mikä ollut kyseessä.

7.2 Lastaus- ja purkuajat

Täysin luotettavaa tietoa lastaus- ja purkujajoista ei saatu, koska sen eroavaisuuksiin liittyy paljon kuljetettavan tavaran tuomia eroavaisuuksia tai inhimillisiä virheitä. Esim. vaikka kuljettajat käyttävät ajoneuvotietokoneen tauko painikkeita on ne välillä painettu väärissä paikoissa, tai paikoissa jossa tauon tunnistettavuus tauoksi on hankalaa esim. purkukohteessa.

Kuljetettavan kuorman määrällä ja laadulla on myös iso vaikutus. Kyseisen vertailun jakson pääasiallisessa purkupaikassa kuorman purkuun liittyy jatkotoimenpiteitä esim. lavojen skannausta joka ei tiettyjen kuljetettujen tuotteiden kohdalla suju niin helposti kuin toisien tuotteiden joten tästä syntyy automaattisesti viivästystä purussa. Toisia tuotteita toisessa purkupaikassa ei skannata ollenkaan vaan pudotetaan lähimmälle tyhjälle alueelle.

Työn tiedon keruu osiossa tehtiin näin jälkikäteen ajateltuna virhe kun tavaran laatua ja purkukohteen tarkkoja lisätöitä ei taulukoitu ylös vaan vain tavaran määrään kiinnitettiin huomiota. Mikäli nämä olisi taulukoitu ylös olisi voitu poimia tismalleen samanlaisilla purkuominaisuuksilla olevat kuormat ja vertailla vain niitä.

Datan määrä tässä osiossa jäi myös todella pieneksi erilaisista jo mainituista syistä johtuen tai tietoteknisistä ongelmista johtuen. Kerätyn datan mukaan työvuoron aikana tapahtuvien kahden purun ja yhden lastauksen keskiarvallisista yhteenlasketuista minuuteista laskettuna HCT- yhdistelmä olisi yhteensä kahdeksan minuuttia hitaampi kuin tavallinen täysperävaunuyhdistelmä eli siis koko työvuoron aikana tapahtuvien purkujen ja lastauksien ero kokonaisuudessaan olisi tuo 8 minuuttia. Tämä luku kuulostaa ainakin

molemmat yhdistelmät täyteen lastattuna liian pieneltä. Arvioisin että samanlaisella kuormalla ja HCT- yhdistelmän 10:llä kasvaneen eurolavapaikan myötä todellinen lukema olisi jossain 7-15 minuutin välillä per lastaus tai purku kerta, riippuen tavarasta ja purku / lastaus paikasta. Tätä ei ole tässä työssä käytännössä selvitetty tismalleen samanlaisella kuormalla ja olosuhteilla, joten tämä on vain arvio. On todettava, että tässä työssä ei pystytty toteamaan luotettavia lastaus- ja purkuaika eroavaisuuksia, näiden yhdistelmätyyppien välillä, koska muuttuvia tekijöitä jotka vaikuttivat tuloksiin oli liikaa.

8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli selvittää käytetyllä liikennöintireitillä HCT- ajoneuvoyhdistelmän polttoainetaloudellisuutta, tehokkuutta ja sen käytöstä johtuneita eroavaisuuksia verrattuna tavalliseen täysperävaunuyhdistelmään. Polttoainetaloudellisuus vertailussa mielestäni onnistuttiin ja pystyttiin osoittamaan parilla eri tavalla muodostuneita eroja. Vertailua tehdessä kuitenkin huomattiin kuinka monella tekijällä on tämänkaltaisissa kuljetuksissa eroa polttoaineenkulutukseen.

Tulosten ollessa oletettua vaihtelevampia teki se niiden tulkitsemisesta hankalaa ja pisti pohtimaan eroavaisuuksien syitä. Muuttujia ollessa runsaasti pisti se jälkikäteen miettimään, että mahdollisimman tarkkojen tulosten saamiseksi olisi datan keruu pitänyt suorittaa erilailla ja olisi siinä pitänyt ottaa huomioon sellaisia asioita joita ei nyt otettu huomioon esim. kuljetetun tavaran laatu ja sen purkamiseen / lastaukseen hidastavat tekijät. Datan keruu olisi myös pitänyt suorittaa pidemmällä aikavälillä ja kerätä aina saman tai edellisen päivän tiedot jolloin odotusajat ja muut hidastavat tekijät olisi kirjattu heti ylös vertailtavaan dataan, kun nyt taas tiedonkeruu suoritettiin syksyllä jo aikaisemmin ajetuista esim. kesällä ajetuista ajoista jälkikäteen, koska tietojärjestelmämme tämän mahdollistivat ja täten saatiin lyhyessä ajassa monien päivien ajotiedot taltioitua.

Muuttujista huomioimatta mielestäni saatiin polttoainetaloudellisuudesta melko luetettavaa tietoa ajoneuvoyhdistelmien väliltä.

Tehokkuus osiota ei saatu aivan sellaiseksi kuin haluttiin, koska purku- ja lastausaikojen eroavaisuuksia ei saatu luotettavasti todettua. Mahdollisesti tämäkin osio olisi saatu suoritettua datan keruu muutoksilla.

Tehokkuus saatiin kuitenkin todettua ajan ja kuljetetun tavaramäärän suhteen ja siitä laskemalla kuvitteellisen kuljettajan tuntipalkkaa hyödyntäen kuljetetun lavametrin tai tonnin hinta. Vaikka tätä osiota varten kokonaisdatasta jouduttiin poimimaan vain osa ajetuista ajoista pidän tätä silti hyvänä mittarina siitä, että tällä liikennöintireitillä tulee kustannustehokkaammaksi käyttää HCT- yhdistelmää tavallisen täysperävaunuyhdistelmän sijasta.

Tehokkuus ja polttoainetaloudellisuus mittausten tulosten lukemisessa tulee ottaa huomioon, että tämä opinnäytetyö kertoo vain kyseisen yrityksen kyseisen liikennöintireitin tuloksia. Reitin, tavaramäärän, purkupaikkojen ja käytetyn ajan ollessa erilaisia olisivat

tuloksetkin täysin erilaisia. Polttoainetaloudellisuusvertailua tehdessä huomattiin myös, että HCT- yhdistelmää käytettäessä tulee sen täyttöaste olla miltei täysi, että positiivisia tuloksia saadaan. Kasvaneen omamassan myötä vajaakuormia ajettaessa se muodostuu nopeammin epätaloudelliseksi kuin tavallinen täysperävaunuyhdistelmä.

Uskon, että toimeksiantajayritys saa opinnäytetyöstä hyvää konkreettista tietoa joka tukee HCT- yhdistelmien kannattavaa ajattamista vastaavanlaisilla kuljetusreiteillä. Kuitenkin tulee ottaa huomioon, että HCT- yhdistelmät eivät sovellu kaikenlaiseen käyttöön ja kasvanut pituus ja käsiteltävyys rajaa käyttökohteita.

En usko, että tämän työn perusteella toimeksiantajayritys hankkisi lisää HCT kalustoa eikä sen välttämättä tarvitsekaan, työ vain osoittaa, että niiden käyttämisestä saadaan työssä esiteltyjä etuja ja haittoja ja sitä voidaan kalustoa hankittaessa käyttää eräänlaisena tukena.

Työtä olisi voinut jatkaa täydellisellä kustannuslaskelmalla ja laskea kuinka paljon rahallista säästöä tai kasvua HCT:llä liikennöimisestä syntyy, mutta ei nähty sitä aiheelliseksi tässä kohtaa. Tärkeintä tässä työssä oli erojen tunnistettavuus.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä selvitettiin HCT- ajoneuvoyhdistelmän polttoainetaloudellisuutta ja tehokkuutta vertailtuna tavalliseen täysperävaunuyhdistelmään. Schenker Oy:llä on käytössä HCT- yhdistelmiä eri liikennöintireiteillä ja nyt haluttiin selvittää yhdellä liikennöintireitillä näitä asioita ja todeta eroavaisuuksia.

Tammikuussa 2019 muuttunut lainsäädäntö koskien ajoneuvojen käyttöä tiellä mahdollistaa HCT- yhdistelmien liikennöinnin ilman erikoislupaa joilla liikennöitiin HCT- yhdistelmiä suomessa vuosien 2013 – 2019 välillä. Lainsäädännössä on tarkkoja määräyksiä näitä yhdistelmiä koskien ja osaa niistä esitellään työssä.

Opinnäytetyössä selvitettiin työvuorokohtaisesti kuljetettua tavaramäärää tonneissa ja lavametreissä, käytettyä aikaa, kuljettua matkaa, keskinopeutta ja polttoaineenkulutusta. Ajotietojen keräämiseen käytettiin hyväksi vetoautojen Econen ajoneuvotietokoneita ja sen Ecoweb selainkäyttöliittymää ja kuljetetun rahdin tiedot katsottiin rahtikirjoista sähköisestä järjestelmästämmme.

Polttoaineenkulutusta ajoneuvoyhdistelmien välillä esitellään parin eri tavoin ja tiivistetynä voi sanoa, että ilman hyötykuorman huomioimista keskikulutuksena HCT- yhdistelmä kuluttaa enemmän polttoainetta, mutta hyötykuorman suhteutettuna HCT- yhdistelmä osoittautui reilun 6% polttoainetehokkaammaksi vertailtaessa ominaispolttoaineenkulutusta L/tonni-km.

Keskinopeuksissa ero jäi alle 1,5km/h sisälle eli melko pieneksi ja tällaisesta erosta ei uskalla vetää rajuja johtopäätöksiä onko käsiteltävyydessä suurta eroa ja täten hidastavuutta käyttöön. Työssä vertailtu HCT- yhdistelmä ylipitkällä perävaunulla ja tavallisen mittaisella vetoautolla saattaa toki olla helppo käyttöisin HCT tiukoissa käänöksissä esim. peruutustilanteissa sen ollessa vähiten erilainen HCT verrattuna tavalliseen täysperävaunuyhdistelmään.

Tehokkuus osiota ei saatu aivan sellaiseksi kuin alun perin haluttiin luotettavien ja runsaan lastaus- ja purkuaika taulukoinnin puuttuessa. Tehokkuus laskettiin kuitenkin kuljetetun tavaramäärän ja käytetyn työajan suhteen, jossa katsottiin kuljettajan työajalle työsopimuksesta taulukon mukainen tuntipalkka jonka päivittäisestä summasta laskettiin kuljetulle lavametrille ja tonnille hinta. Tämän laskelman perusteella HCT- yhdistelmä

todentui edullisemmaksi ja täten tehokkaammaksi, koska miltei samassa ajassa kuljetettiin suurempi määrä tavaraa tulee se täten yritykselle kustannustehokkaammaksi.

Täydellistä kustannuslaskelmaa ajoneuvoyhdistelmien eroista ei tehty, koska se ei ollut työn tarkoitus vaan tarkoituksena oli tunnistaa päivittäiseen toimimiseen liittyviä eroja kuten juuri aikaa ja polttoaineenkulutusta.

LÄHDELUETTELO

AKT 2019 akt.fi. [Online] 2019. [Viitattu: 10. Joulukuu 2019.]
https://www.akt.fi/site/assets/files/1713/k-a_palkat_1_10_2019.pdf.

DB Schenker 2019b dbschenker.com. [Online] 2019b. [Viitattu: 24. lokakuu 2019.]
<https://www.dbschenker.com/fi-fi/tietoja-meista/db-schenkerin-tarina/db-schenkerin-historiaa-suomessa>.

DB Schenker 2019c dbschenker.com. [Online] 2019c. [Viitattu: 24. lokakuu 2019.]
<https://www.dbschenker.com/fi-fi/tietoja-meista/kestaevae-kehitys/ympaeristoe>.

DB Schenker 2019a dbschenker.com. [Online] 2019a. [Viitattu: 24. Lokakuu 2019.]
<https://www.dbschenker.com/fi-fi/tietoja-meista/db-schenkerin-tarina>.

econen FI 2015 econen.fi. [Online] 2015. [Viitattu: 5. marraskuu 2019.]
https://www.econen.fi/pdf/Econen_FI_esite_2015_web.pdf.

Finlex 2019 finlex.fi. [Online] 10. tammikuu 2019. [Viitattu: 27. lokakuu 2019.]
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190031#Pidp447581680>.

Still, Aino 2019b traficom.fi. [Online] 17. Tammikuu 2019. [Viitattu: 28. lokakuu 2019.]
<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/LVM%20HCT%20Forum.pdf>.

Still, Aino 2019a Liikenne- ja viestintäministeriö. [Online] 10. Tammikuu 2019a. [Viitattu: 20. Lokakuu 2019.] <https://www.lvm.fi/-/ajoneuvoyhdistelmien-enimmaispiteudeksi-34-5-metria-995196>.

Traficom 2019a Traficom. [Online] 18. Tammikuu 2019a. [Viitattu: 20. Lokakuu 2019.]
<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/pidemmat-ja-raskaammat-hct-rekat>.

Traficom 2019b traficom.fi. [Online] 1. tammikuu 2019. [Viitattu: 25. lokakuu 2019.]
<https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/traficom-antanut-maarayksen-ajoneuvoyhdistelmien-teknisista-vaatimuksista>.