



Riivo Reinmann

ESIMESE JA VIIMASE MIILI MÕJU VÕRDLUS KOGU TRANSPORDISEKTORIGA

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Autotehnika õppekava

Juhendaja: Aimar Lukk, Marko Jürimaa

Tallinn 2023

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Riivo Reinmann, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele viidatud õiguspäraselt. Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „**Esimese ja viimase miili mõju võrdlus kogu transpordisektoriga**“

- reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
- elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
- kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang,
- lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist;
- ning kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigus.

Autor: Riivo Reinmann

/allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas/

Juhendaja kinnitus

Lõputöö vastab lõputöö ja kirjalike tööde vormistamise juhendile. Lubada lõputöö kaitsmisele instituudi direktori korraldusega.

Juhendaja(-d):

1. Aimar Lukk, MSc, õppejõud,
2. Marko Jürimaa, MSc, erivedude koordinaator, Transpordiamet

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. ESIMENE JA VIIMANE MIIL	7
1.1. Esimene miil	7
1.2. Viimane miil	8
1.3. Liikluskoosseis ja kaubaruum	9
1.3.1. Maanteekaubavedu	9
1.3.2. Raudteetransport.....	12
1.3.3. Õhutransport.....	13
1.3.4. Meretransport	15
1.3.5. Kaubikuvedu	16
1.3.6. Pakiautomaat	19
1.3.7. Pakirobot	21
1.4. Esimeses ja viimases miilis kasutatavad transpordivahendid.....	22
1.5. Kauba vedamise efektiivsus erinevate sõidukitega	23
2. ESIMESE JA VIIMASE MIILI MÕJU VÕRDLUS	35
2.1. CO2 arvutamine.....	35
2.2. Esimene miil ja selle mõju transpordisektoris	35
2.3. Viimane miil ja selle mõju transpordisektoris.....	42
KOKKUVÕTE.....	46
SUMMARY	48
VIIDATUD ALLIKAD.....	50
LISAD	54
Lisa 1. Boeing 747-400F.....	54

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Riivo Reinmann, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele viidatud õiguspäraselt. Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „**Esimese ja viimase miili mõju võrdlus kogu transpordisektoriga**“

- reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
- elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
- kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang,
- lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist;
- ning kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigus.

Autor: Riivo Reinmann

/allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas/

Juhendaja kinnitus

Lõputöö vastab lõputöö ja kirjalike tööde vormistamise juhendile. Lubada lõputöö kaitsmisele instituudi direktori korraldusega.

Juhendaja(-d):

3. Aimar Lukk, MSc, õppejõud,
4. Marko Jürimaa, MSc, erivedude koordinaator, Transpordiamet

SISSEJUHATUS

Käesolevas lõputöös käsitletakse esimese ja viimase miili mõju transpordisektorile Eestis. Lõputöö teema on antud välja Transpordiameti poolt, kes eelmisel aastal teostas sarnase uuringu kuid töös uuriti raskeveokite mõju transpordisektorile ja soovib sel aastal saada parema ülevaate kaubikute mõjust ja võrrelda seda veoautodega. Lisaks soovitakse teada, kas kaubikute kaasamine transpordiahelasse suurendab või vähendab efektiivsust, sh kulu-, kütuse- tööjõuefektiivsust. Käesolevat tööd saab võtta jätkuna eelmisel aastal tehtud uuringule. Antud uuringus keskendutakse rohkem kaubikutele ja nende keskkonnamõjule ja kogu transpordisektorile.

Töö esimeses osa kirjeldatakse põhjalikult esimese ja viimase miili transpordi viise. Kirjeldamisel kasutatakse näiteid tegelikkuses aset leidnud transpordivaldkonnas ja põhjendatakse ära, miks ettevõtted just sellise transpordi viisi kasuks otsustavad.

Järgneb kirjeldus liikluskoosseisust ja kaubaruumist, kus detailselt on lahti kirjeldatud kõik kasutuses olevad transpordi viise, ja millises transpordiahela etapis neid enim kasutatakse. Põhjendatakse ka ära, miks mõningatel juhtudel eelistatakse kallimat transpordiviisi mõnele teisele, mis on odavam ja efektiivsem. Kaubaruumi osas on ka detailselt toodud näited sellest, kui palju kaubikud mahutavad nii aluste kui kaalu suhtes, sama ka veoautode ja nende haagiste kohta.

Esimese osa viimastes peatükkides keskendutakse erinevates transpordiviisides kasutatavatele transpordi vahenditele ja nende efektiivsuse võrdlusele, seletatakse ära millised transpordivahendid on kasutusel erinevates transpordiviisides. Selles peatükis samuti põhjendatakse ära ka miks keskendutakse ainult maanteevedudele. Kasutatakse kättesaadavaid andmeid, et leida sobivad võrreldavad sõidukid, mida töös mõjude võrdluses edaspidi kasutatakse. Toimub põhjalik võrdlus erinevate veoautode kui ka kaubikute vahel nii kaubikute ja veoautode tootjate poolt avaldatud andmeid kui ka logistikafirmadest pärit andmeid. Tehakse arvutusi, et leida võimalikult efektiivne sõiduk.

Järgmistes peatükkides tehakse eelnevalt kogutud andmete ja võrdluste alusel arvutusi. Mudeldatakse arvutuste kaudu erinevaid kombinatsioone, et leida efektiivne viis kauba vedamiseks, kui ette on toodud autori enda poolt seatud parameetrid. Üritatakse kasutada ka kaubikute abi, et tõsta efektiivsust esimeses miilis. Sarnaselt lähenetakse ka viimase miili mõju võrdlusele.

Töös on tuginetud teadusallikatele, Transpordiameti poolt avaldatud andmetele ja Eesti Vabriig õigusaktidele. Lisaks on kasutatud sõidukite tootjate avaldatud andmeid. Parema loetavuse huvides on lisatud graafikud oluliste andmete ja tulemuste kirjeldustesse.

1. ESIMENE JA VIIMANE MIIL

Transpordi- ja logistika valdkond on üks olulistest valdkondadest maailma majanduses. Selleks, et transport oleks jätkusuutlik, on tõhusus ja optimeerimine muutunud väga tähtsaks osaks transpordi ettevõtete edukuses. Transpordi ahelas on kaks kriitilist etappi, milleks on esimene ja viimane miil.

Esimene miil kirjeldab kauba liikumist tootjalt või tarnijalt transpordi- või logistikaettevõtte lattu, kus toimub kas kauba sorteerimine või veelkord edasi liikumine. Viimane miil kirjeldab kauba jaotusfirmast või laost transportimist kliendini.

Mõlemad etapid on üldjuhul kulukad ja keerulised, eriti siis kui kaupadeks on väga rasked esemed, näiteks mööbel. Samuti teevad selle töö keeruliseks klaasist esemed või kiiresti tarnet vajavad kaubad, milleks võivad olla näiteks meditsiinitooted või -seadmed. Esimese ja viimase miili eesmärgid ongi vähendada sõitude arvu ja sõitude pikkust ning panna sõltuvusse kaubaruum ja kauba eripära.

Mööda ei saa ka vaadata esimese ja viimase miili transpordiviisi mõju keskkonnale. Õhu- ja mürasaaste on selle transpordiviiside kõige suuremad saastetegurid, kõrvale ei saa jätta ka tervise probleemide mis tulenevad kas otseselt või kaudselt antud transpordiviisidest.

1.1. Esimene miil

Esimese miili transpordi terminit kasutatakse transpordi valdkonnas selleks, et kirjeldada esimest osa transpordi etapist, kus kaup liigub tootmisest või tehast peamisesse sorteerimiskeskusesse, keskterminali, lennujaama või bussijaama. See on transporditava kauba esimene osa transpordist mis tihtipeale hõlmab mitut erinevat transpordi viisi.

Esimese miili transporti on mitut erinevat vormi, sõltuvalt distantsist, asukohast ja taristust. Inimeste transpordi puhul kasutatakse linnatingimustes tihtipeale ühistransporti või sõidujagamisteenuseid, et saada näiteks bussijaama või terminali. Bussid, rongid ja metrood on linnades tavalised esimese miili transpordiliigid. Alternatiivselt võetakse esimeses miilis kasutusele ka isiklik auto, näiteks lennujaama minnes, kus jätkatakse edasist reisimist lennukiga. Võimalik on kasutada ka taksoteenust.

Kaup liigub esimeses miilis pigem just suurte transpordivahenditega nagu laevad, kaubalennukid, kaubarongid, veokid või suuremad kaubikud. Sõltuvalt kaubast, võidakse kasutada ka mõne odavama transpordi viisi asemel kallimat ja kiiremat kui kaup on näiteks kiiresti riknev või selle kiire tarne on hädavajalik.

Lühikeste distantside läbimiseks inimesed pigem, kas jalutavad, sõidavad jalgrattaga, kasutavad elektritõukeratast või -jalgratast. Samas kauba liigutamine eeldab ka lühikestel distantssidel mingi transpordivahendi kasutamist.

Esimese miili logistika on keeruline, eriti ettevõtetele, kes peavad liigutama suuri kaubakoguseid pikkade vahemaade taha. Üks suurimaid väljakutseid esimese miili transpordis on toodete õigeaegne ja kulutõhus transport. See vajab eriti palju tööd logistikaprotsessis osalevatelt osapooltelt, sealhulgas kaubasaatjad ja vastuvõtjad ning ka logistikateenuse pakkujalt.

Selleks, et protsessi sujuvamaks muuta kasutavad paljud ettevõtted tehnoloogilisi lahendusi. Kõige populaarsem nendest on transpordihaldussüsteem (TMS) aga ka transpordivahendite või kaubapakendite reaajas jälgimine GPS seadmete abil. Nimetatud tööriistad aitavad analüüsida ja optimeerida logistikaprotsesse, tehes iga järgneva transpordi sujuvamaks ja kuluefektiivsemaks.

Lisaks tehnoloogilistele lahendustele, otsivad paljud ettevõtted alternatiivseid transpordi lahendusi. Mõned ettevõtted kasutavad näiteks droone või isesõitvaid sõidukeid, et transportida kaupa lühikestel distantssidel. Samuti kasutatakse elektrilisi või hübriidkaubikuid ja -veokeid, et vähendada CO2 emissioone.

1.2. Viimane miil

Viimane miil on transpordi ahela viimane etapp. Kaup liigub logistikakeskusest või sorteerimiskeskusest kliendini või transporditav isik jõuab oma soovitud asukohta. Viimane miil on transpordiahelas kõige kulukam, kuna see hõlmab navigeerimist läbi ummikutega linnapiirkondade, samuti klientide keerukate individuaalsete eelistuste ja nõuete lahendamist.

Viimane miil on võimalik jagada kahte kategooriasse. Esimene on kauba ettevõttest ettevõttesse transportimine ja teine on ettevõttest tarbijani transportimine. Ettevõttelt ettevõttesse transport on tavaliselt kauba ühest laost teise lvõi teiseettevõtte asukohta liigutamine, kus seda hakatakse kasutama kas millegi tootmisel või edasi müümiseks.

Kõige suurem väljakutse selle etapi juures on säilitada efektiivsus ja kauba kuluefektiivne kohaletoimetamine. Selle väljakutsega toimetulekuks on paljud ettevõtted hakanud kasutama kauba kohaletoimetamiseks droone ja isesõitvaid väikesõidukeid nagu näiteks pakirobotid. Teised lahendused on ka teise logistikateenuse pakkuja partnerlus, kus kasutatakse rendifirmat, millel on oma töötajad ja autod, millega jaotatakse kaup laiali.

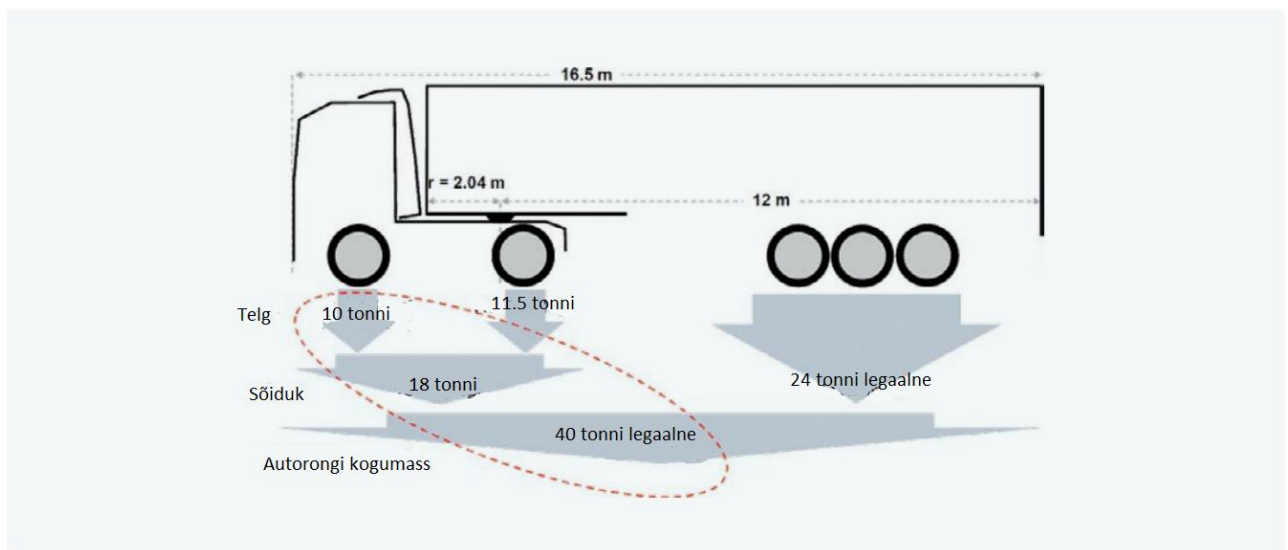
1.3. Liikluskoosseis ja kaubaruum

1.3.1. Maanteekaubavedu

Esimeses miilis, mis on kõige esimene osa kogu transpordi ahelast on enamasti kasutusel raskeveokid või sõidukid, mis on võimelised kandma suuri koguseid kaupa ja samal ajal võimelised läbima pikki distantse. [1]

Sõidukid peavad vastama seaduste nõuetele mis on kehtestatud Euroopa Liidus. Teid kasutavad raskeveokid ja bussid peavad järgima sätestatud kaalu ja mõõtmete eeskirja, mis on toodud direktiivis 96/53/EU. [2]. Selle direktiiviga kehtestatakse maksimaalsed ühised meetmed tagamaks, et ei suureneks liiklusohu ja teede, sildade ja tunnelite halvenemine ja kulumine oleks minimaalne. [1]

Kõige tüüpilisem pikamaa sõiduk Euroopas on 4x2 sadulveokist ja poolhaagisest koostatud autorong. Lubatud maksimaalne täismass sellisel veokil on 40 tonni. Mitte vedaval teljel võib olla kuni 10 tonnine koormus ja vedaval teljel kuni 11.5 tonnine. [1]



Joonis 1. Registriteljekoormuste, registrimasside ja lubatud massi joonis koos maksimaalsete kaubaruumi ja autorongi mõõtmetega.

Tühimass 4x2 konfiguratsiooniga sadulveokil ja poolhaagisel on näidissõidukil 14 900 kg ehk täismassi piirangul 40 000 kg jääb kauba lubatud massiks 25 100 kg. Juhul, kui sellise koormaga haagisel on raskusekeske keskel, jaguneb üks kolmandik haagise telgedele ning umbes viis kuuendiku vedavale teljele. Selline sadulveok suudab kanda 33 alust kaupa. [1].

Kui kogu kaup on haagisesse õigesti paigutatud ja toimub ainult vedu punktist A punkti B ei teki probleeme, kuid mitme peatusega kauba peale- või mahalaadimisel, võib tekkida olukord, kus teljed võivad peale esimest mahalaadimist olla ebaühtlaselt koormatud ja ühel teljel võib tekkida ülekoormus, mille tagajärgedeks on kahjustused veokile ja suurem oht liikluses Joonis 2. Seega peab jälgima, et kaup oleks jaotatud nii, et ühelgi teljel ei tekiks ülekoormust. Joonisel oranžiga tähistatud nool tähistab ülekoormatud telge, mis lubatud maksimaalset koormust. Näidisveokil on vedava telje maksimaalne lubatud koormus 11.5 tonni.

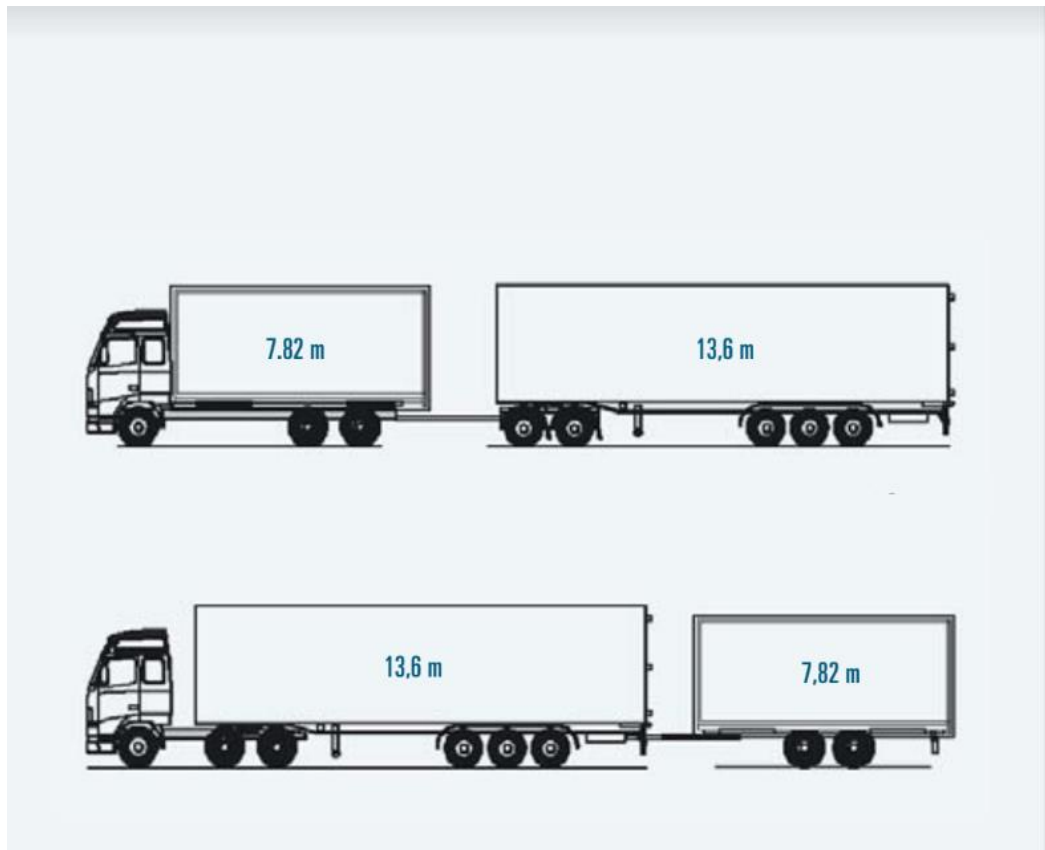


Joonis 2. Täielikult koormatud ja osaliselt koormatud veok [1].

Pikkus veoautodel on samuti reguleeritud 96/53/EU [2] direktiivi poolt Euroopas:

- veok – 12 m
- haagis – 12 m
- autorong – 16,5 m
- autorong – 18,75 (kaubaruumi pikkus on 15.65 m või 2 x 7.82m)

Direktiiv lubab kasutada ka kombinatsiooni „moodulkontseptsioon“ ehk üks lühike 7,82 m pikkune ja üks pikk 13,6 m pikkune moodul. Moodulkontseptsiooni kasutus sõltub riigis vastuvõetud seadustest. Näiteks Rootsis ja Soomes on moodulkontseptsioon lubatud Joonis 3, [3].



Joonis 3. Moodulkontsept.

Laius on EU direktiivi järgi 2,55 m ja 2,60 m isotermilise kaubaruumiga veoautodele. Mõningaid rahvusvahelisi erisusi kehtib sellele direktiivile [3].

Kõrgus on direktiivi järgi seatud 4,0 m. Mõned riigid nagu Prantsusmaa, Norra, Rootsi ja Inglismaa ei piira kõrgust [3].

Massid jaotavad veoautod eraldi gruppidesse sõltuvalt nende täismassist ja autorongi massist. Kõik üle 3,5 tonni on Euroopas raske auto ja on selle juhtimiseks on vaja vastavat juhiluba. 26 tonni on piirang ühe kolmeteljelisele veokile. 40 tonni on piirang enamus Euroopa Liidus liikevatele veokitele. [3],

Teisteks eranditeks on 48 000 kg massipiirang Taanis, 50 000 kg Norras, Hollandis ja 60 tonni Rootsis, ja Soomes on juba võimalik vedada ka 76 tonni. [3]. Eestis on erivedu kui 3 -teljelise veduki ja 3 -teljelise haagise tegelik mass ei ületa 48 000 kg. Lisaks saab ka 3 -teljeline veduk ja 4 -teljeline haagis või vastupidi vedada 52 000 kg. Eeldusel, et massid ei ületa sõidukite registrimasse. [4]

1.3.2. Raudteetransport

Raudteetransport on üks keskkonnasäästlikumaid kaubatranspordi viise. See on ilmast sõltumatu ja sellega toimetatakse suuri koguseid kaupu pikkade vahemaade taha. Selle suur eelis on madal vedude omahind ja keskkonnasõbralikkus. Puudusteks on pikad veoajad, vähene paindlikus. Samuti raudteevõrgustiku säilitamine ja ehitamine on väga kulukas ja nõuab hiigel investeeringuid kui on vaja raudtee ühendusi juurde ehitada [5].

Oluline puudus raudteetranspordis on see, et sellega on enamusjuhtudel võimatu teha ainukese miili transporti, ehk tihtipeale edasi laaditakse kaup autole, kus see läheb viimasele miilile või jätkab veel transporti, enne kui jõuab viimase miilini. Teine oluline puudus on ajakriitilisus. Vaatamata sellele, et raudteetransport on väga täpne oma kohale jõudmise ajas, siis puuduseks on selle ülipikk ja aeganõudev sihtpunkti jõudmine [5].

Eestis veetakse raudteedel põhiliselt põlevkivi, naftat, puitu, kivisütt, teravilja ja väetisi. Võrreldes maanteevedudega, muutub raudteevedu majanduslikult põhjendatuks alles siis kui distantid ületavad umbes 450 km [5].

Raudteetransport on suhteliselt keskkonnasõbralik transpordi viis. Diiselveður eraldab heitgaase veetud kaubatonni kohta peaaegu viis korda vähem kui veoauto. Elektrivedurid on eriti keskkonnasäästlikud veovahendid. Eestis kasutatakse 4- teljelisi diiselveidureid täismassiga 90-130 tonni, maksimaalse kiirusega 140 km/h [5].

Vagunite kandevõimed sõltuvad telgede arvudest:

- 8- teljelised suudavad kanda kuni 120 tonni,
- 6- teljelised 90-94 tonni,
- 4- teljelised 60-68 tonni.

Vagunite tühikaalud on 20-30 tonni. Aastate jooksul on ka vagunite pikkused suurenenud. Kui eelmise sajandi alguses toodeti 8 m pikkuseid vaguneid siis tänapäeval ulatavad vagunid kuni 25 meetri pikkusteks. Euroopa riikide raudteedel kasutatakse veerevkoosseisu ja veoste gabariitide standardit. Balti riikides, Soomes ja SRÜ riikides on lubatud laius kuni 3750 mm ja lubatud kõrgus on 5300 mm. Ülejäänud Euroopa riikides on 3250 mm laius lubatud [5].



Joonis 4. Kaubavedu raudteel [6].

1.3.3. Õhutransport

Õhutransport on sobilik esimese miili läbimiseks, eriti kui tegemist on vahemaaga, kus puuduvad muud maismaatranspordi võimalused. Õhutransport ei ole konkurentsivõimeline kui distantsid on 300-400 km või vähem. Selle transpordi viisi suurteks puudusteks on kõrged hinnad ja suur sõltuvus ilmastiku tingimustest. Õhutransport nagu ka raudteetransport ei ole üldjuhul ainukese miili transport ehk peale seda transpordi etappi lisandub kindlasti veel ka maismaatransport üldjuhul maanteevedu [7].

Lennuvedusid tehakse siis kui kauba väärtus või kauba kogus on piisavalt suur, et lendamine oleks majanduslik mõistlik ja tooks ka kasumit sisse lennufirmale. Veetav kaup lennukitega võib olla ka kiiresti riknev, seega vajab õhutransporti. Õhutranspordi õigustab ka see, kui maismaatransport nõuab liiga palju ümberlaadimisi, mille käigus tekib liiga palju lisakulutusi ja lennukiga transportimine tuleks majanduslikult otstarbekam [7].

Õhutranspordi eelisteks on:

- suur kiirus;
- madal pakendikulu;
- võimalik teha vedusid piirkondadesse, kuhu muud moodi ligi ei pääse.

Õhutranspordi puudused on:

- saadetised ei saa kaaluda eriti palju väikese kandevõime pärast;
- sõltuvus ilmastiku oludest;
- suured veotariifid.

Lennuvedusid seostatakse üldiselt väga palju reisijate veoga, käesolev töö keskendub aga rohkem kauba transpordile. Kuigi reisijate veoks mõeldud lennukid suudavad ka kaupa vedada, on siin töö osas tähelepanu suunatud kaubalennukitele.

Kõige enam kasutatavad kaubalennukid on Boeing 747F, Boeing 727F, MD 11F ja Airbus 300-600C. Antonov AN225 kavandati kosmosesüstiku veoks. See lennuk oli maailma kõige suurem kaubalennuk. See oli võimeline kandma 250 tonni kaupa ja selle kauba võimeline lendama 4000 km kaugusele Joonis 5. Lennuk on kahjuks käesolevaks ajaks hävitatud.



Joonis 5. Antonov A225 [8]

Teiste kaubalennukite kandevõimed jäävad maksimaalselt 120 tonnini ja väiksemad suudavad kanda ainult 16 tonni. Kandevõimest sõltub ka lastiruumi maht, milleks Boeing 747-400F-il on 764 m³ (kandevõimega 112 630 kg) ja kõige väiksemal kaubalennukil Boeing 727-100F on 99 m³ kandevõimega 15 650 kg. [7], Lisa 1.

1.3.4. Meretransport

Meretransport saab olla esimese miili osa ja seda eriti, kui kaupade kogus on massiivne ja suunaga teise kontingenti, kuhu lennukiga viimine on liiga kulukas.



Joonis 6. Konteiner laev [9]

Kaubalaevadel toimub kauba vedamine merekonteineritega. Laeva mahutavust mõõdetakse TEU-des. See on *twenty-foot equivalent unit*¹. 20 jalga on umbes 6,1 meetrit pikk merekonteiner. See on 1 TEU ühik. Olemas on ka 40 jala pikkused merekonteinerid mis on 12,2 meetrit pikk konteiner, aga TEU ühikutes on see juba 2- TEU-d. Standardlaid tavalisele merekonteinerile on 2,44 m. Mahutavus 20' konteineril on 33,10 m³, maksimaalne kaal, mida see konteiner saab kanda, on 27,8 tonni. 40' konteineri mahutavus on 67,54 m³ ja maksimaalne kaal 26,2 tonni [10]. Joonis 7.

¹ Merevedudel kasutatav konteineritkäibe mõõtühik.



Joonis 7. 40ft Merekonteiner [11].

1.3.5. Kaubikuvedu

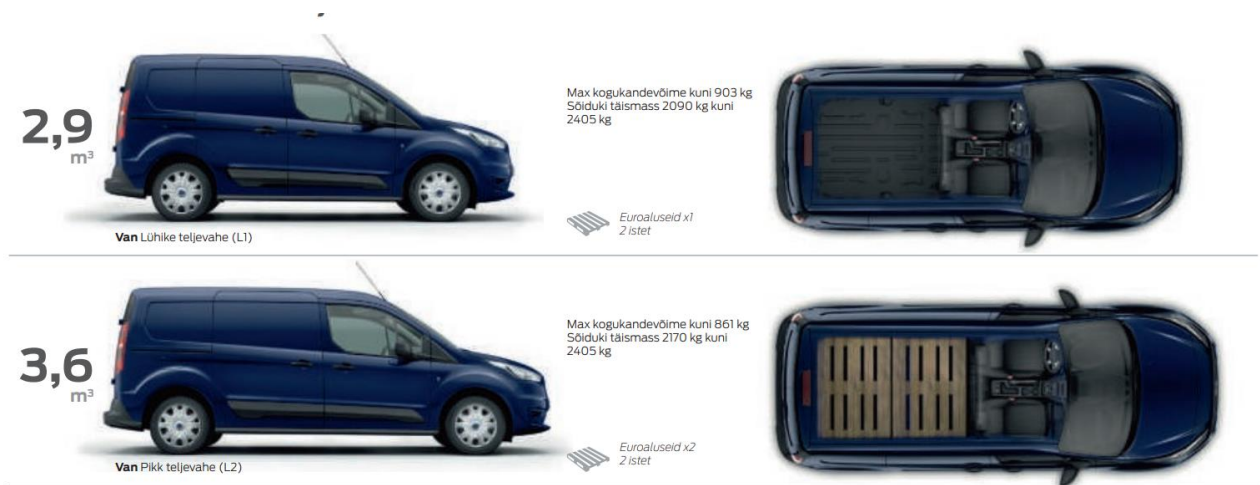
Suurem osa viimasest miilist ehk kauba kätte toimetamise osast toimub kaubikuga, kuid samuti toimub ka esimeses miilis vedusid kaubikutega. Eriti tuntud on selles valdkonnas paneelkaubikud. Väiksemate vedude ja pakide jaoks on kasutusel ka pakiautod. Kaubikud, millega viimase miili tarneid tehakse võivad olla ka üle 3,5t registrimassiga veoautod ja suure kandevõimega paneelkaubikud. Kaubikutel on kõige tähtsamateks näitajateks kandevõime ja suurus. Euroopas on kasutusel kaubavedamisel kaubaalused mis on EPAL nimetuse all ja kindlate mõõtmetega. EPAL euroaluse mõõtmed on 800 mm x 1200 mm x 144 mm [12]. Aluseid kasutatakse selle jaoks, et laadida autosse tõstukiga kaupa. Osadel töökohtadel ei kasutata aluseid vaid hoopis ettevõtte enda poolt tehtud kaste või hoiustamisvahendeid, mis on tihtipeale projekteeritud vastavalt kasutatavatele kaubikutele.

Peamised kaubiku tüübid on:

- väike kaubikud,
- keskmised kaubikud,
- suured kaubikud,
- furgoonautod,
- pikap kaubikud,
- kallurautod.

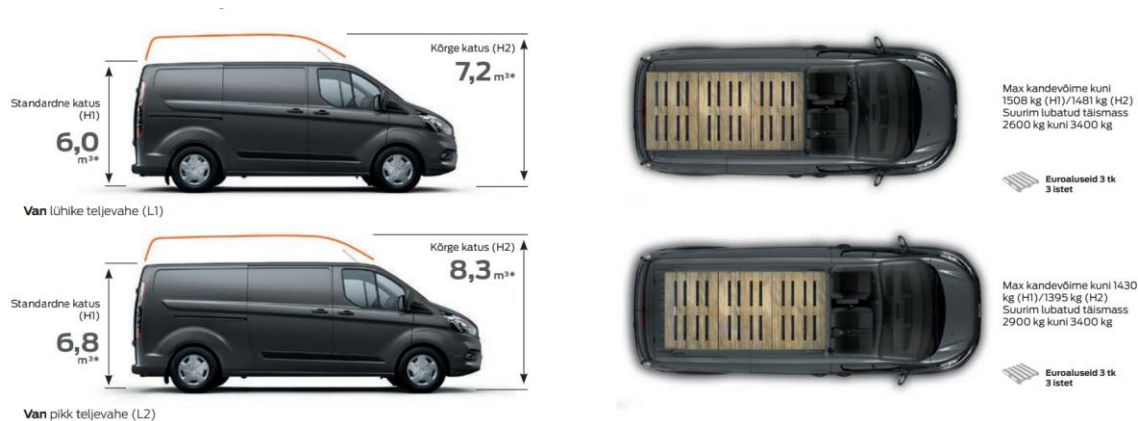
Saadaval on erineva pikkusega kaubikud ja nende pikkusest tulenevad nimetused on lühikesest kuni ekstrapikk. Neid tähistatakse L1- L4. Kaubiku laekõrgus on ka väga tähtis faktori kauba mahtuvuses. Seda liigitatakse samuti sarnase meetodiga, kus H1 on kõige madalam (standard kõrgus) ja H3 on kõige kõrgema laega, ehk ekstra kõrge [13].

Väikekaubikud on kasutusel kohtades, kus ligipääs on piiratud või kaup, mida veetakse, on väike ja kerge. Need väiksed kaubikud suudavad üldjuhul kanda 500-900kg sõltuvalt konfiguratsioonist ja mudelist. Tüüpilise väike kaubiku mõõtmed on 1,7 m pikkus, 1,5 m laius ning 1,2 m kõrgus Joonis 8 [12]. Näitena toodud Ford Transit Connect kaubikusse mahub järjestikku 2 euroalust.



Joonis 8. Väike kaubik Ford Transit Connect [13].

Keskmine kaubik on kõige populaarsem valik linnatranspordis ja kauba käest kätte toimetamisel. Selle mahutavus on piisavalt suur, et ka mööbliesemed mahuvad sinna ära. Samuti suudavad need kaubikud kanda ka 900-1500 kg raskust sõltuvalt mudelist ja konfiguratsioonist. Tüüpilise keskmise kaubiku mõõtmeteks on 2,4 m pikkus, 1,7 m laius ja 1,4 m kõrgus Joonis 9 [13]. Näidis keskmisesse kaubikusse mahub sõltuvalt kaubiku kerepikkuse valikust kas 2 või 3 euroalust.



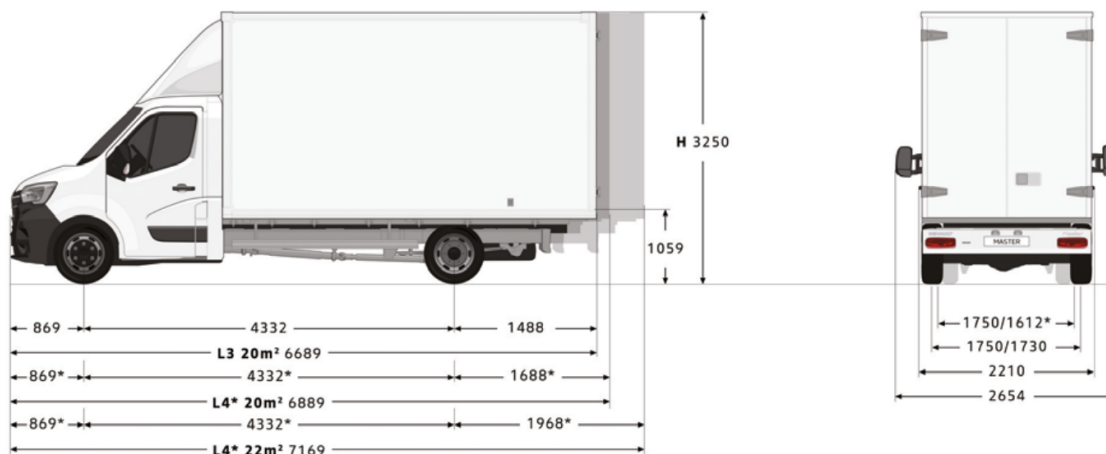
Joonis 9. Ford Transit Keskmine kaubik [15].

Suured kaubikud on samuti väga populaarsed ja on kasutusel valdkondades, kus kaup, mida veetakse, on suur ja raske. Mõned neist kaubikutest on nii suure kandevõimega, et riikides nagu Eestis on vaja sellega sõitmiseks juba C- kategooria juhiluba, sest nende täismass ületab 3500 kg. Kandevõime on näidis autol kuni 2457 kg. Selle pikkuseks on 6,7 m, 2,8 m kõrguseks ja laiuks 2,5 m. Suuri kaubikuid ehitatakse sageli ka ümber külmikuteks või muudeks sihtotstarbelisteks sõidukiteks Joonis 10. [16]. [13]. Ford Transit-i kõige mahukama variandi kaubaruumi mahub 5 euroalust.



Joonis 10. Ford Transit suur kaubik [16].

Furgoonautod on eriti populaarsed kolimisfirmadel, sest neil on kõrge katus ja üldjuhul on kaasas ka laadimisplatvorm. Nendel kaubikutel nagu ka suuretel kaubikutel on võimalik saada üle 3500 kg täismassiga konfiguratsioonis. Tüüpilise furgoonauto pikkus on 6,1 m, kõrgus 2,4 m ja laius 2,3 m Joonis 11, [13]. Sõltuvalt kaubikust mahub furgoon autodesse keskmiselt 10 euroalust.



Joonis 11. Furgoonauto [16].

1.3.6. Pakiautomaat

Eestis ja mujal Euroopas on väga populaarseks saanud pakiautomaatide kasutus nii eraisikute kui ka ettevõtete seas. Pakiautomaadiga saab klient võtta pakke vastu ja saata teise pakiautomaati. Seega pakiautomaat saab olla nii esimene kui ka viimane miil ettevõttele, kuid kliendi jaoks, kes peab saabunud pakile järgi minema, on see ainuke miil, mis läbitakse jalgsi või autoga sõltuvalt kui lähedal see automaat kliendile on.

Eestis on pakiautomaadiga paki saatmise teenuse pakkujad Itella SmartPost, Omniva, DPD ja vähesel määral ka UPS, DHL ning Venipak pildis. Kolm viimast on pigem suunamise pakiautomaadid, kuhu kaup suunatakse, kui klienti ei ole kodus või ta ei ole kättesaadav.

Pakiautomaatidel on erinevate suurustega kappe kuhu saab paki panna. Erinevatel teenuse pakkujatel on erinevate mõõtmetega kapid ja erinev hinnakiri mis sõltub valitud kapi suuruselt.

Itella pakiautomaadi mõõdud, maksimaalne kaalupiirang 35 kg [18]:

- XS kuni 50 mm x 340 mm x 420 mm
- S kuni 120 mm x 340 mm x 420 mm
- M kuni 200 mm x 340 mm x 420 mm
- L kuni 340 mm x 360 mm x 420 mm
- XL kuni 600 mm x 360 mm x 600 mm



Joonis 12. Itella pakiautomaat [19].

Omniva pakiautomaadil on maksimaalne lubatud kaal pisut madalam ehk 30 kg ja paki maksimaalsed mõõdud on ka pisut väiksemad.

Omniva pakiautomaadi kapi mõõdud:

- S kuni 90 mm x 380 mm x 640 mm
- M kuni 190 mm x 380 mm x 640 mm
- L kuni 390 mm x 380 mm x 640 mm

Samuti on Omniva on piiranud seadnud, et minimaalse paki suurus see võib olla 10mm x 90mm x 140 mm [19].

DPD on Eestis üks kõige populaarsemaid pakiautomaate ja neil on ka täiesti erinevad mõõdud konkurentidest, kaalupiirang 31.5 kg [20].

DPD pakiautomaadi kappide mõõdud:

- XS kuni 80 mm x 180 mm x 61 mm
- S kuni 80 mm x 430 mm x 610 mm
- M kuni 170 mm x 430 mm x 610 mm
- L kuni 360 mm x 430 mm x 610 mm

1.3.7. Pakirobot

Viimaseks üks populaarsust koguv transpordiviis on pakirobot. Eestis saab selle robotiga tellida toitu. Robot kaalub umbes 36 kg tühjalt ja on võimeline kandma 10 kg kaupa. Täpseid mõõtmeid kaubaruumi kohta ei ole ettevõtte avaldanud. Eestis tegutsevad robotid ainult teatud piirkondades. Tallinn on ainuke linn, kus need kasutusel on ja piirkonnad on Mustamägi, Kristiine linnaosa, kesklinn ja osa Pelgulinnast [22].



Joonis 13. Starship Technologies pakirobot [23].

Tabel 1 Transpordiliikide eelised ja puudused

	Maanteetransport	Õhutransport	Raudteevedu	Veetransport
Eelised	Kiire, paindlik, suur liikuvus	Kõige kiirem, madal pakendikulu,	Madal hind, efektiivne, suured kogused	Väga suured kaubakogused, keskkonna säästlikkus, madal veotariif
Puudused	Kulukas, keskkonda saastav, suure tööjõukulud	Sõltuvus ilmast, suured veotariifid	Väga aeglane, jäik graafik	Kõrged sadamamaksud, pikad tarneajad

1.4. Esimeses ja viimases miilis kasutatavad transpordivahendid

Esimene miil, nagu peatükis 1.1 kirjeldatud sai, on kõige esimene osa transpordiahelast. See tihtipeale hõlmab tehast või muust sarnasest kohast väga suure hulga kauba liigutamist. Selleks on ka vaja väga suurt autot või muud transpordivahendit. Mitte ainult ei pea olema transpordi vahend võimeline kandma palju kaupa, vaid läbima ka pikka vahemaad.

Esimese miili transpordivahenditeks maanteevedudel on kõige populaarsemad sadulveokid. Nende suur kandevõime ja paindlikkus liikumisel on see mis teeb nende kasutamise populaarseks. Tihtipeale on logistika firma sadulveokitega korraldatud nii, et mitu veokit liiguvad üheaegselt teel ja viivad sama või erinevat kaupa samasse kohta. Samuti on kasutusel maanteeveol mitme mahalaadimispunktiga sõidud. Sellisel sõidul on peale laaditud mitmeid erinevaid kaupu, ja kaubad laaditakse maha sõiduväلتel kuni kõige kaugema sihtpunktini. Selline viis on kasutusel, eelkõige seetõttu, et nii on sõiduki kaubaruum ja kaal kõige efektiivsemalt ära kasutatud

Kuid maanteel ei kasutata ainult esimesel miilil sadulveokeid ja muid suuri veokeid. Vahest tasub ära ka kauba vedamine tavalise kaubikuga nagu mainitud 1.3.5 peatükis, kui kauba mõõtmed ja väärtus klapivad.

Kui kaup on sorteeritud ja valmis kättetoimetamiseks kliendile, algab transpordi viimane jalg ehk viimane miil. Selles etapis on kõige populaarsem transpordiviis kaubikuga. Kui tegemist on suure kaubaga, mis ei mahu kaubikusse või tavalisse sõidukisse, siis võidakse korraldada erivedu, kus kasutatakse suuremaid või erivedudeks loodud veoki ja haagise kombinatsiooni.

Viimase miili transpordi levinum viis on piirkonniti kättetoimetamine. See tähendab, et teatud piirkonnas liiguvad kaubikud ja viivad klientidele kätte kaup. Selles etapis on eriti tähtis, kuidas kaubik laaditud on, milline kaubik seda tööd teeb ja kus seda tööd tehakse. Eesmärk on saada kogu kaup veetud võimalikult väheste kaubikutega ja võimalikult väikese läbisõiduga. Vastavalt sellele konfigureeritakse kaubik ja see on ka põhjuseks miks vastavalt peatükis 1.3.5 kirjeldatule nii palju erinevaid kaubiku konfiguratsioone olemas on.

1.5. Kauba vedamise efektiivsus erinevate sõidukitega

Enne võrdlema asumist on mõistlik teha selgeks ka erinevate sõidukite kategooriad. Eestis jaotatakse autod ja haagised 3 suurte kategooriasse. Selleks on M kategooria, N kategooria ja O kategooria. M kategooria on vähemalt neljarattaline sõiduk, mis on ehitatud reisijateveoks. N kategooria sõidukid on vähemalt neljarattalised sõidukid, ehitatud eesmärgiga kauba vedamiseks. O kategooria sõidukid on haagised [23].

- M1 kategooria on sõiduauto, millel ei ole rohkem kui kaheksa iste kohta lisaks juhile
- M2 kategooria on sõiduk, millele lisaks juhiistmele on rohkem kui kaheksa istekohta ja täismass ei ületa 5 tonni.
- M3 on sõiduk millele lisaks juhile on rohkem kui kaheksa istekohta ja täismass on üle 5 tonni.

M2 ja M3 jaotuvad ka veel omakorda klassideks kuid käesolevas lõputöös antud informatsioon siiski olulist tähtsust ei oma [23].

- N1 kategooria sõiduk: mille täismass ei ületa 3.5 tonni
- N2 kategooria sõiduk: mille täismass ei ole alla 3.5 tonni aga ei ületa 12 tonni
- N3 kategooria sõiduk: mille täismass on üle 12 tonni

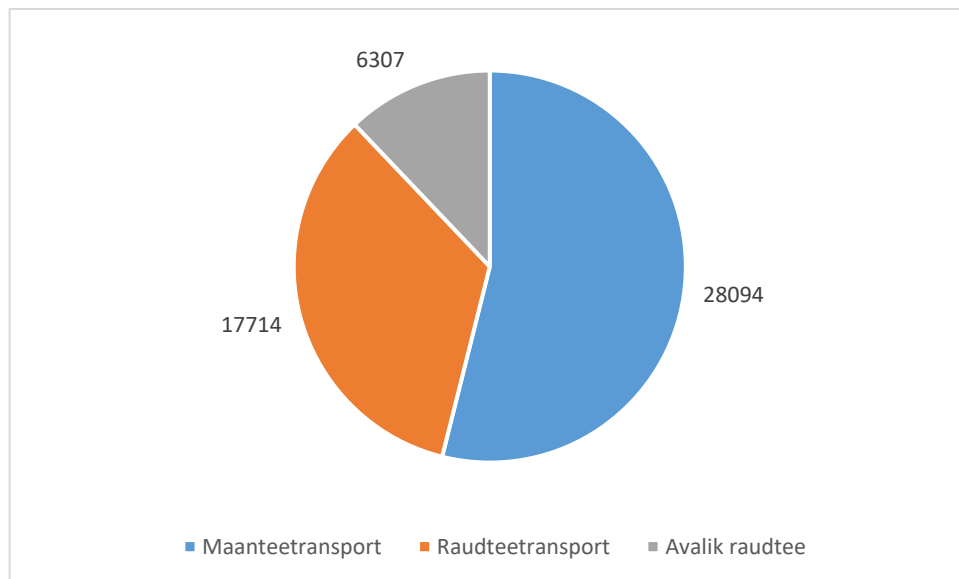
O kategooria on puhtalt haagiste kategooria [23].

- O1 on haagis, mille täismass ei ületa 750 kg
- O2 on haagis, mille täismass on üle 750 kg kuid ei ületa 3.5 tonni

- O3 on haagis, mille täismass on üle 3.5 tonni kuid ei ületa 10 tonni
- O4 on haagis, mille täismass on üle 10 tonni

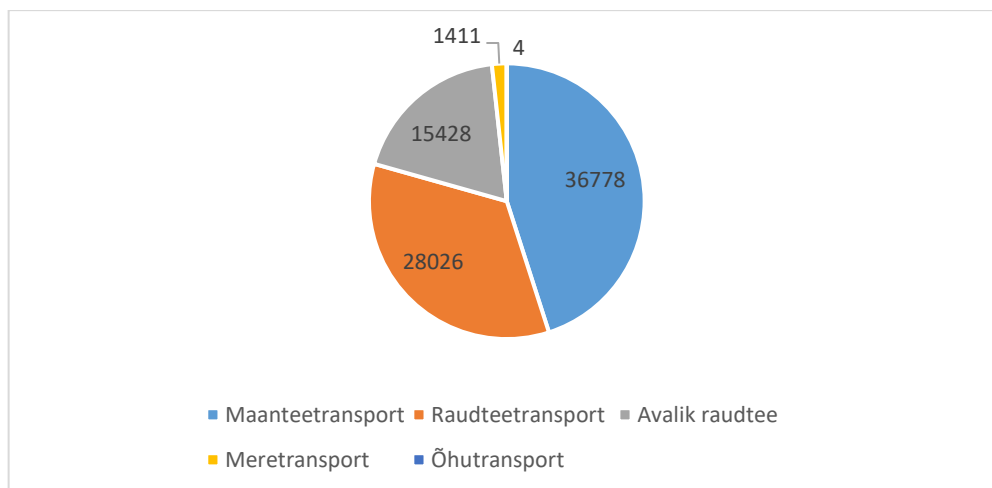
Haagiseid jaotatakse keretüüpide järgi: poolhaagis, täishaagis, kesktelghaagis ja jäiga haakeseadmega haagis. Viimane on kasutusel rohkem sõiduautodel väikehaagistena.

Eesti oma geograafilise asukoha poolest soodustab maanteevedusid üle meretranspordi ja õhustranspordi. Statistikaameti poolt avaldatud andmete järgi saab järeldada, et kõige mõistlikum oleks võrrelda maanteevedudel kasutatavaid sõidukeid ehk kaubikud ja veoautod, sest kõige suurem osa aastal 2022 kaubaveost toimus maanteedel. Avalik raudteetransport on osa raudteetranspordist kuid statistikaameti poolt on see eraldatud. Nende andmete põhjal käsitletakse käesolevas lõputöös edaspidi ainult maanteetranspordi sektorit. Sele 1



Sele 1. 2022 toimunud kaubavedu, tuhat tonni.

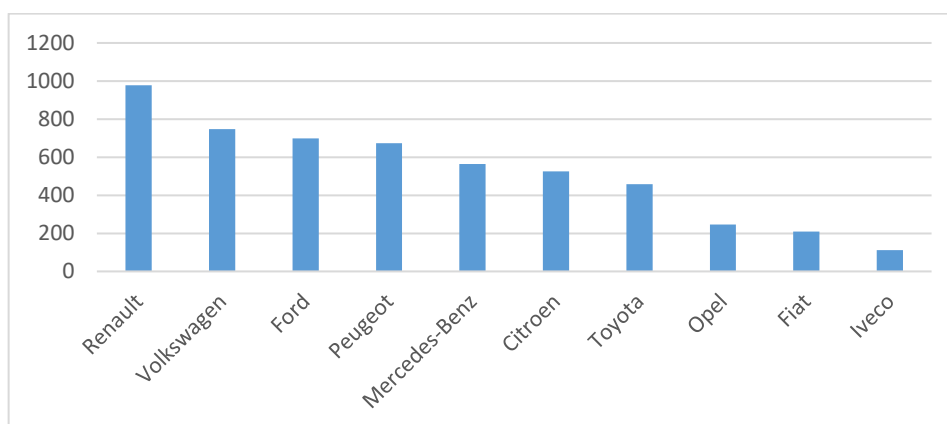
Kõige uuemad andmed meretranspordil ja õhustranspordi kohta on statistikaameti poolt avaldatud 2015 aastal. Sealt võib samuti järeldada, et kõige suurem osa transpordist toimub siiski maanteeveona. Sinna ei ole kaasatud siseveetransport, sest Eestis ei toimu riigisisest veetransporti. Sele 2.



Sele 2. 2015 aastal toimunud kaubavedu (tuhat tonni)

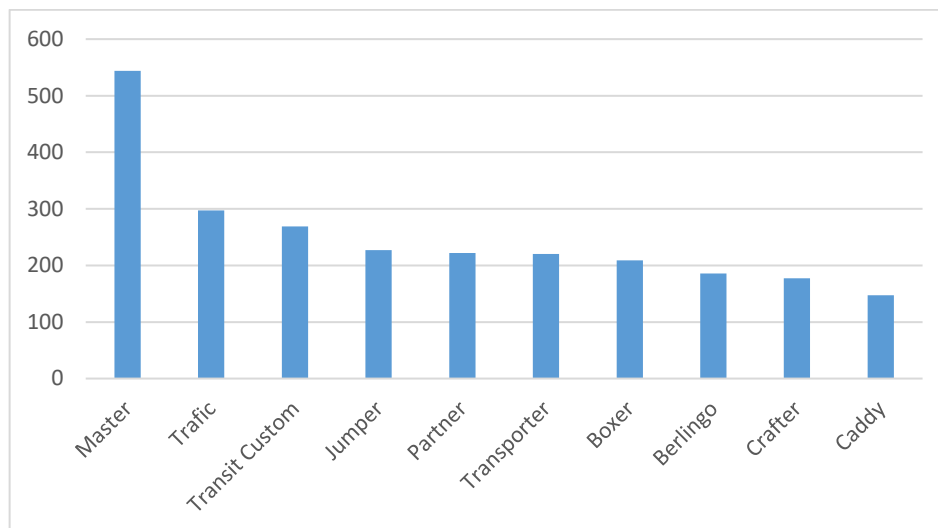
Kaubikutel ei ole Eestis tahhograafi. See tähendab, et teoreetiliselt võib kaubik sõita 24/7 ilma pausideta, kuid muidugi peab arvestama töölepingu seadusest tulenevate piirangutega.. Lisaks sellele on üle teatud kaalu sõidukiga teatud kohtades liiklemine keelatud, seega saab ka liikluses paindlikkus kannata kui võrrelda maanteevedudel kaubikut ja veoautot. Piiranguks veoautodel on ka see, et juht saab olla päevas teel 9 tundi järjest, erandina 10 tundi. [24]

Keskmine mootori võimsus Eestis registreeritud N1 kategooria on 75,4 kW. Keskmine sõiduki uuena esmaregistreerimise aeg on 2005 aastal, ehk töö kirjutamise ajal keskmine vanus N1 sõidukitel Eestis on 18 aastat. 1 Märtsi 2023 seisuga on 104 142 N1 sõidukit Eestis registreeritud. Selle statistika viib ebatäpseks asjaolu, et Maanteeameti aruanne ei näita kas, sõidukid ka reaalselt liikluses osalevad. Paljud vanad N1 kategooria sõidukid võivad olla hoopis seisma jäetud aga ikka veel registris. Seetõttu sai valitud 2022 aastal esmaregistreeritud kaubikute levinumad margid ja leitud andmete põhjal keskmine kaubiku kütusekulu ning kaubaruum. [24]



Sele 3. 10 enim esmast registreeritud sõidukit Eestis aastal 2022.

Eelneva tabeli põhjal saab teada, et kõige levinum N1 kategooria mark on Eestis Renault, sellega ei saa teada kütusekulu, kuna registreeritud on ka sinna sekka väiksemaid kaubikuid mis on märgatavalt väiksema kütusekuluga kui näiteks täispikk ja kõige kõrgema kütusega kaubik.



Sele 4. Enim registreeritud N1 mudelid 2022.

Põhjus, miks sai valitud just 2022 aastal registreeritud N1 kategooria sõidukid on see, et valdav enamus on uuemad kui 2020 ja kui sõiduk on registreeritud eelmise aasta siis on ka väga suur tõenäosus, et see sama sõiduk on ikka veel teenistuses ja osaleb igapäeva liikluses. Eelneva graafiku puhul saab siiski järeldada, et jätkuvalt domineerib aastal 2022 esmases registreerimises Renault mark. Samuti on tõusnud 2020-2022 aasta vahemikus registris olevate N1 kategooria sõidukite keskmine võimsus on tõusnud 96,69 kW-ni. Kasutades kättesaadavaid mudelite brošüüre saab leida aritmeetilise keskmise kütusekulu. Samuti on valikus erinevaid mudeleid ja kütusekulu jälgides, et tegemist on WLTP keskmise kütusekuluga ning võimalikult ligilähedase keskmise mootorivõimsusega. WLTP kütusekulu leitakse 23,25 km testlõigu pikkusel kus sõidetakse madalatel linna kiirustel kuni 56.5 km/h ja maksimaalsetes maanteetingimustes, kus sõidetakse kuni kiirusega 131,3 km/h. Lisaks sellega tuleb arvestada, et mõnedel WLTP kütusekulu mõõtmisel on auto tühi massi konfiguratsioonis juurde on ainult liidetud juhi kaal milleks on fikseeritud 75 kg [27]. mudelitel saab lisaks diisel mootorile ka bensiini- ja/või elektrimootorit, kuid osadel mudelitel ei saagi muud kui ainult diisel mootorit. Selle teadmiseiga tuleb valida sõidukiks, mida hiljem võrrelda ja mille kütusekuluga arvestada, kõikidel juhtudel diiselmootoriga mudeli keskmist kütusekulu. [24]

Tabel 2. Populaarsemate kaubikute keskmised WLTP kütusekulud [17], [15], [28], [29], [30] [31] [32].

Renault Master 100 kW	10,5 l/100 km
Renault Trafic 88 kW	7,3 l/100 km
Transit Custom 96 kW	8,1 l/100 km
Citroen Jumper 103 kW	10,7 l/100 km
Peugeot Partner 96 kW	7 l/100 km
Volkswagen Transporter 110 kW	8,7 l /100 km
Peugeot Boxer 103 kW	9,6 l/100 km
Citroen Berlingo 96 kW	6,3 l/100 km
Volkswagen Crafter 110 kW	10,6 l/100 km
Volkswagen Caddy 85 kW	5,1 l/100km
Kõige keskmine kulu	8,32 l/100km

Üleval saadud tabelist ja registreeritud eesti N1 kategooria sõidukite arvust võib järeldada, et kaubikute kütusekulu on enamasti suunaga 10 l/100 km poole trendis. Kui juurde arvestada ka seda, et WLTP testimisel on temperatuur on arvestatud 23 kraadi ja tegemist on tühimagiga, millele juurde liidetud juhi mass 75kg, siis võib julgelt väita, et keskmine kütusekulu on lubatust liiter või rohkem suurem. Sellega seoses on autor kasutanud võimalust ligipääsule kaubikute pargile, kus 2021 kuni 2022 aasta keskmine kütuse kulu on 10,7 l/100km 25 kaubiku peale kokku. Kõik kaubikud on ühesugused kuid väikeste vanusevahedega, samas ükski kaubik ei ole vanem kui 5 aastat ja kõik kaubikud on Peugeot Boxerid, HDi diiselmootor 2179 cm³ töömahuga, mis toodab 103 kW võimsust, koos 6 käigulise manuaal käigukastiga.

Tabel 2 põhjal on näha, et keskmine kütusekulu reaalsuses on üle 1 liitri suurem kui lubatud WLTP keskmine. Edaspidi selles töös realistlikkuse ja täpsuse eesmärgil kasutab autor just seda konfiguratsiooni ja mudelit võrdlusel kaubikutega, lisaks selle antud kütusekulu andmetele on suureks plussiks see, et väga vähe tühjalt sõitmist on selle kütusekulu sees ehk kaubik on enamiku ajast 0.5 koormatud.

Selleks, et võrdlema hakata maanteevedudel kasutatavaid sõidukeid, tuleb tekitada valem, mille käigus saab leida võrdlus punkti kütusekulu ja võrreldava ühiku vahel. Kütusekuluga võrdlemiseks on ühikud kauba mass, kaubaruumi maht ja kaubaaluste arv (euro alused). Lisaks neile on mõistlik võrrelda N1 kategooria sõidukite ning N2 ja N3 maksimaalset päevast läbisõitu, sest seal tuleb kaubikute peamine eelis N2 ja N3 kategooria suhtes.

Alustades N1 kategooriast võtab autor võrdlusesse eelnevalt mainitud Peugeot Boxer-i kõige pikema kerega ja keskmise kütusega ehk L4H2 konfiguratsioon. Seda kaubikut võib pidada suureks kaubikuks oma mõõtmete põhjal.

Kõige suurem N1 kategooria kaubik on furgoonauto. Oma suure kaubaruumiga mahutab see palju, kuid maksimaalne kandevõime piirang on see tõttu väga lähedal. Autoril ei ole ligipääsu ühegi autopargi andmetele, kus on kasutusel ka furgoon kaubikud, seega tuleb kasutada kütusekulu WLTP andmeid, mis on kõige ligilähedasemad reaalsusele. Kasutades kaubikute tehase andmeid mis on kättesaadavad margipõhistelt veebilehtedelt saab seal kaubaruumi ja massi andmed. [17]

Renault Trafic konfiguratsioonis on arvestatud kõige pikema ja kõrgeima variandiga. Peugeot Partner sai valitud sellepärast, et oli kõige populaarsem esmalt registreeritud väike kaubik aastal 2022. Samuti on Boxeril 2 erinevat mahtu märgitud, see on sellepärast, et reaalselt mõõdetud autori poolt ja kasutatav ruum.

Tabel 3. Võrreldatavad kaubikute andmed

	Boxer	Master	Trafic	Partner
Täismass	3500 kg	3500 kg	3010 kg	2380 kg
Mahutatavad alused	5	11	3	2
Kaubaruumi maht(Lubatud/kasutatav)	15/13,8 m ³	21,7 m ³	8,9 m ³	3,8 m ³
Kandevõime	1238 kg	848 kg	1089 kg	784 kg
Kütusekulu (WLTP/Mõõdetud)	9.6/ 10.7 l/100km	13.7 l/100km	7.3 l/100km	7 l/100km

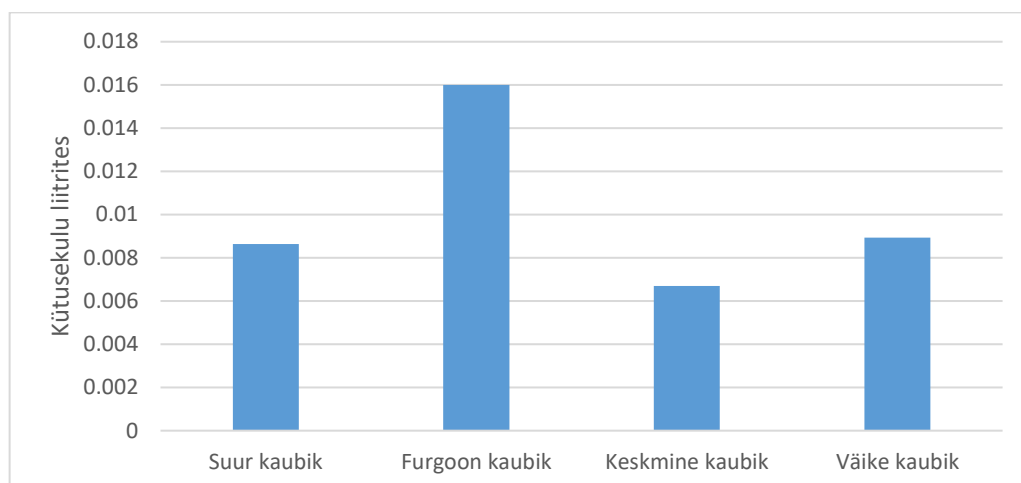
Ülaltoodud tabelis toodud andmete alusel saab arvutada kui palju kulub kütust kaubikul ühe kilogrammi kauba liigutamiseks 100 km kaugusele. Sellele lisaks saab arvutada, kui palju kulub kütust 1 m³ kauba liigutamiseks 100 km kaugusele jagades kütusekulu kandevõimega. Mahutatavate alustega saab arvutada, kui palju aluseid saab antud kütusekuluga vedada ja kui palju on kütusekulu ühe aluse kohta arvestades, et alused on võrdselt koormatud või alustel on kombineeritud kogumass kokku sama, mis kandevõime. Kõikidel arvutustel on arvesse võetud, et kaubik on juba koormatud registrimassini.

$$x = \frac{f}{y} \quad (1)$$

kus: x kütusekulu 100 km kaugusele liigutamiseks

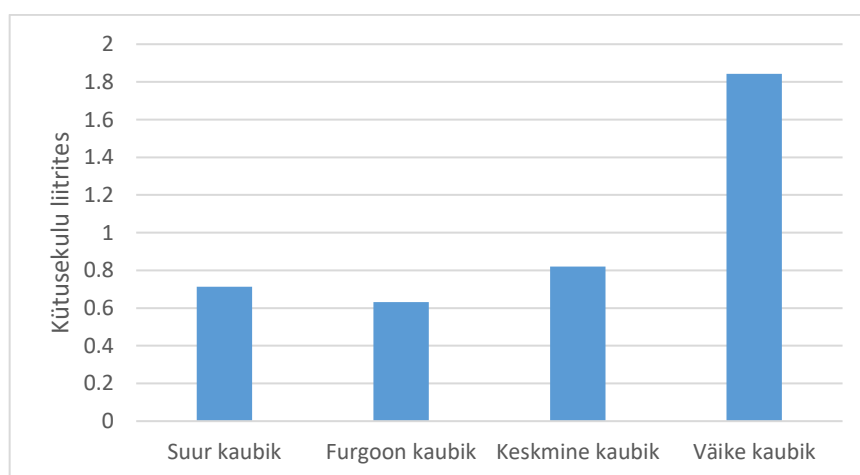
 f kütusekulu liitrit 100 km kohta

 y kandevõime, kaubaruumi maht, mahutatavad laused



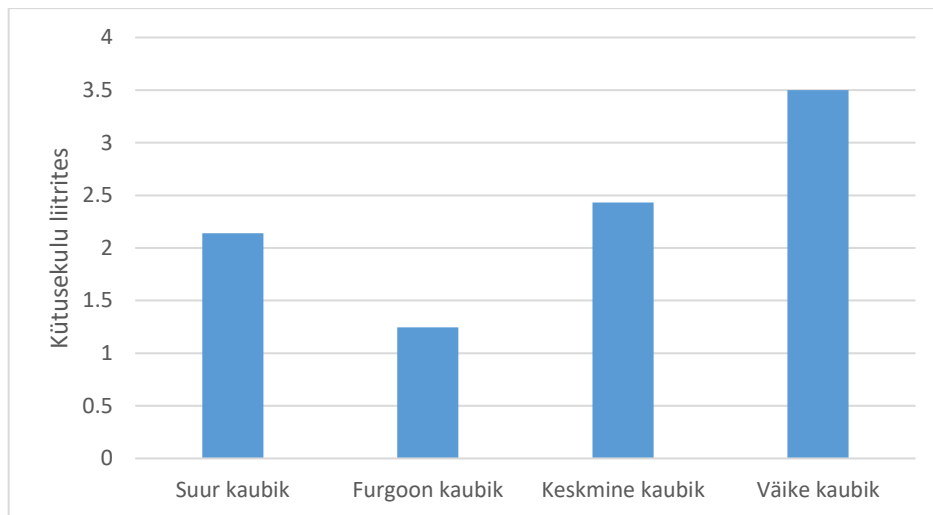
Sele 5. Kütusekulu 1kg kauba liigutamiseks 100 km kaugusele

Graafikult saab järeldada, et raskuse liigutamise poolest on keskmine kaubik kõige kuluefektiivsem ja furgoonkaubik, mille ruumala on kõige suurem neist, on kõige kehvemaga kuluefektiivsusega. See on tingitud kaubiku aerodünaamikast ja ka sellest, et tühimag on madalam kui furgoon kaubikul.



Sele 6. Kütusekulu 1 m3 liigutamiseks 100 km kaugusele

Kui vaadata millise kaubikuga on kõige kuluefektiivsem vedada võttes aluseks kaubaruumi mahu, siis graafikult saab näha, et isegi kui Furgoonkaubiku mahukat kaubaruumi täielikult ära kasutada, mida tehakse väga harva, siis ikkagi on vahe väga väike ja kokkuvõtteks võib ikka öelda, et suur kaubik on ikkagi kõige mõistlikum, kui võtta ka arvesse kandevõime. Kõige väiksem kaubik on mahu poolest kõige ebaökonoomsem, aga tõenäoliselt sellega ka suuremahulist kaupa ka ei veeta.



Sele 7. 1 täiskoormatud aluse liigutamiseks vajalik kütusekogus 100 km läbimiseks.

1 täiskoormatud alus on kõigil ülaltoodud graafikus võrreldavatel kaubikutel erinev. Kui furgoonkaubik suudab kanda 11 alust ja maksimaalne kandevõime on 848 kg, siis ühel alusel saab olla ligikaudu 57 kg kaupa ja arvestama peab ka, et euroalused kaaluvad umbes 20-24 kg sõltuvalt puu tüübist, mida on kasutatud nende valmistamisel. [12] Aga samas kõige rohkem saab vedada ühel alusel väikeses kaubikus, kuid arvestama peab alustel on ka kaalulimiit, see sõltub konkreetsest euroalusest.

Kokkuvõtteks saab N1 kategoorias kasutatavates kaubikutel saab julgelt väita, et ühte ainsat kaubikut kõige efektiivsemat kaubikut millega kaupa vedada ei ole. Logistikud ja transpordiettevõtted peavad vastavalt veetavale kaubale ja selle mahule ja kaalule valima ka õige kaubiku, kui kasutusel on ainult N1 kategooria kaubikud. Tõdema peab, et igakord kui kauba kogus või kaal muutub, ei saa osta selle jaoks uut kaubikut, mis on just selle vedamiseks kõige efektiivsem. Kui aga kaaluda kaubikut mis suudab enamjaolt igas kategoorias olla keskmine, siis on see suur kaubik, mis on igas olukorras mõistlik nii ruumi kui ka kandevõime poolelt.

Järgmiseks on vaja võrrelda erinevate veoautode efektiivsust. Võrdlus teostatakse veoki, poolhaagise, täishaagise ja EMS-i² vahel. Autor on hankinud võimalikult täpsed andmed veoautode kütusekulu andmed kontakteerudes erinevate transpordilogistika ettevõtetega.

Eelmisel aastal tehti uuring raskeveokite piirkiiruse mõju CO₂ emissioonile Eesti transpordisektoris. Tuginedes uurimistöös leitud, saame teada ka keskmise veoki Euroopas kui ka kõige populaarsema mudeli mis Eestis on, milleks on Scania R450. Logistika ettevõttest kogutud info põhjal on näha, et

² *European Modular System*- moodulkontseptsioon veoautodel

keskmiselt on veoauto keskmine kiirus 70-80 km/h kiiruse vahemikus, kui nüüd kasutada eelmisel aastal tehtud uurimistöös välja arvutatud kiiruse ja kütusekulu suhet saame keskmiseks kütuse kuluks sellistel kiirustel 27-30 l/100 km. Kui antud tulemus võrrelda ka reaalse kütusekuluga sarnasel veoautol siis vahe on vaid 1 liiter 100 km kohta, seega võib öelda, et andmed on vägagi täpsed ja edaspidi ka siinses võrdluses kasutusel. [33]

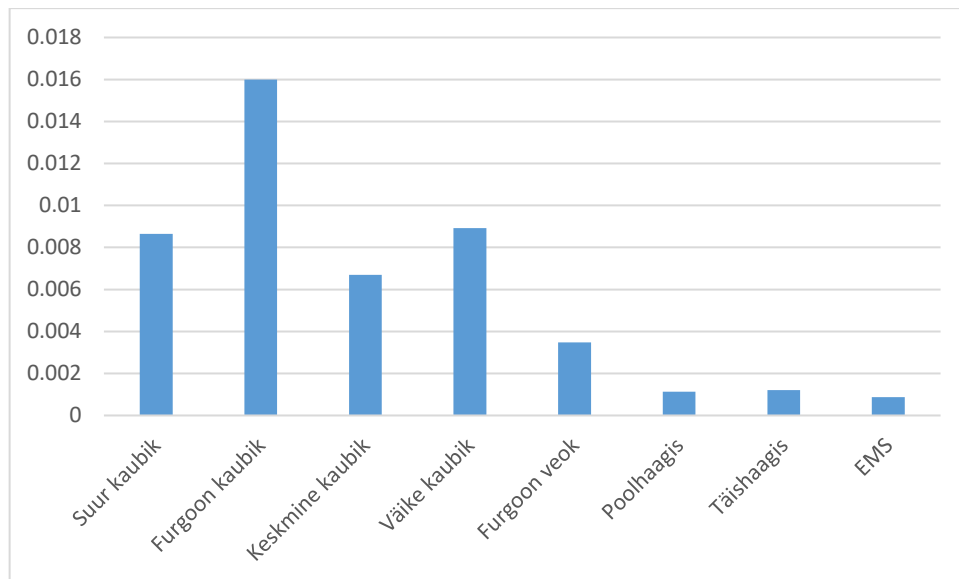
Võrdluses on tagaluukauto, poolhaagis, täishaagis ja EMS veok.

Tabel 4. Võrreldatavad andmed veoautodele [33].

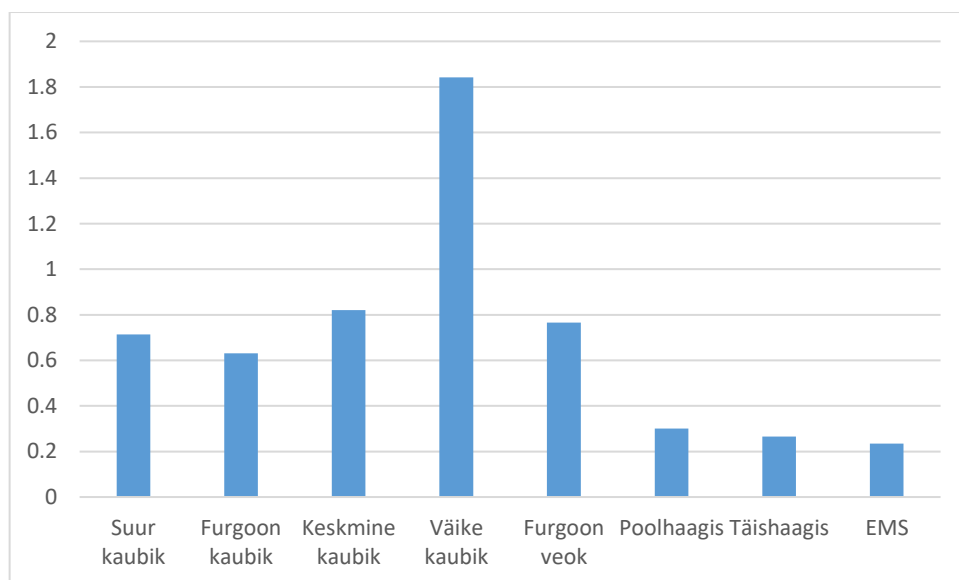
	Tagaluuk	Poolhaagis	Täishaagis	EMS
Mahutatavad alused	18	33	38	53
Kaubaruumi maht	47	89,69	109,42	149,21
Kandevõime	10335 kg	24000 kg	24000 kg	40000 kg
Kütusekulu	36 l/100km	27 l/100 km	29 l/100 km	35 l/100 km

Furgoonveoautol on suur kütusekulu tingitud sellest, et neid kasutatakse väga palju linnaliikluses, kus on palju peatumis ja kohapealt startimist. Samuti on kohapeal mootori tühikäigul töötamine mõjunud negatiivselt. Võrdluses on ka Eestis veel mitte seaduslik veoauto konfiguratsioon EMS, selle võrdlusesse kaasamine annab hea ülevaate sellest, kuidas ühe suure autoga liiklemine on kasulik, kui mitme väiksemaga [34].

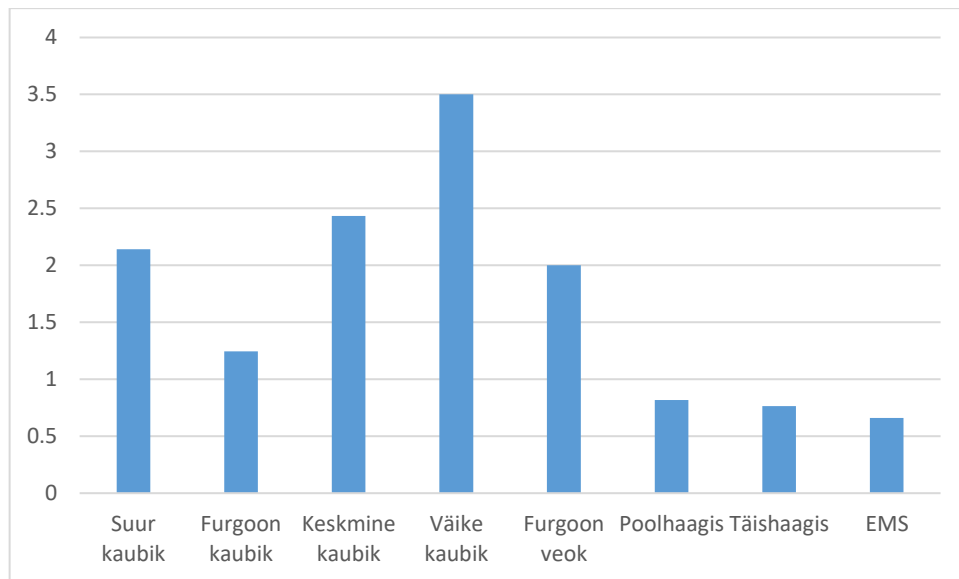
Kuigi tabelite põhjal on juba näha, milline veoauto haagise kombinatsioon on kõige efektiivsem, siis sellegi poolest on nähtuvad graafikust näha ka väikesed erinevused.



Sele 8. 1 kg liigutamiseks vajalik kütusekogus 100 km kaugusele (võrdluses ka kaubikud)



Sele 9. 1m³ liigutamiseks 100 km kaugusele vajalik kütusekogus (võrdluses ka kaubikud).



Sele 10. 1 täiskoormatud aluse liigutamiseks vajalik kütusekogus 100 km kaugusele.

Graafikute põhjal saab järeldada, et furgooniga veok on kõige kulukam, aga arvestama peab siinpuhul, et selliste veokitega tehakse väga palju linnasiseseid sõite ehk viimase miili transporti ja teistega liigeldakse rohkem maanteedel ning tehakse esimese miili vedusid. Eestis ei ole veel tehtud EMS-iga liiklemine lubatuks, kuid Transpordiameti sõnul on sellega seoses tomimus läbirääkimised. Graafikute põhjal on kõige efektiivsem igas kategoorias siiski EMS, efektiivsuselt teine on täishaagis, aga kõige populaarsem ning efektiivsuselt eelviimane haagise-veoki kombinatsioon on poolhaagis.

Eelnevalt mainitud sõiduaja piirangule lisaks ei ole N1 kategooria sõidukitel ka lubatud sõita üle 90 km/h mida üle 3500 kg registrimassiga sõidukid ei tohi.

2. ESIMESE JA VIIMASE MIILI MÕJU VÕRDLUS

Selles peatükis hakatakse võrdlema eelmises peatükis leitud andmetega esimese ja viimase miili mõju transpordisektoris. Kui eelnevates peatükkides oli kirjeldusi õhu, vee ja raudteetranspordist, siis selles peatükis jätkub ainult maantee- ja linnaveoga, sest viimases miilis on peamiselt kasutusel kaubikud ja veoautod ja ka nende võrdluses on kaubavedamine mitte inimeste vedu.

2.1. CO2 arvutamine

Enne mõju leidmist on vaja leida viis, kuidas kütusekulu põhjal arvutada CO₂ kogust toodetud kilomeetri kohta. Põhjus, miks on vaja leida CO₂ kogust on asjaolus, et see on kõige parem näitaja mõju suhtes ja annab hea ülevaate, kuidas mingi viis saastab keskkonda. Kuigi arvutades ei ole võimalik saada täpset kogust CO₂ kogust kilomeetri kohta, annab see üsna täpse ülevaate. Kütuseliigiks on võetud diisel kütus, sest see on jätkuvalt kõige populaarsem kütus transpordisektoris ja kõige lihtsamini kättesaadav. Lisaks arvesse võttes, et osad kütusekulud autori poolt logistikaettevõtetest hangitud ja seega annab kohati ka täpsema mõju kui muidu ainult WLTP keskmiste kütuse kulude pealt. Diisel toodab 2640 g CO₂-te ühe liitri põletamisel, täpne kogus oleneb kütusekvaliteedist. Diisli liiter kaalub 840 g. Mainimata ei saa jätta et CO₂ õhku paisatud kogus sõltub põletatud kütuse kogusest ja auto heitgaaside järel puhastusest. Teades neid andmeid saame arvutada alltoodud valemiga (2) CO₂ koguse ühe kilomeetri kohta. Jagades kütusekulu sajaga ja korrutades diislikütuse ühe liitri põletamisel tekkinud CO₂ koguse. [35] [36] [33]

$$x = \frac{a}{100} \cdot c \quad (2)$$

kus: x CO₂, g/km

 a kütusekulu, l

 c ühe liitri diislikütuse põletamisel CO₂ kogus, g

2.2. Esimene miil ja selle mõju transpordisektoris

Nii esimeses kui ka viimases miilis on alati aktuaalne, kuidas teha nii et on efektiivne, odav ja võimalikult väikese CO₂ emissiooniga. Raskusi tekitavad tüüpilistel juhtumitel ebaproportsionaalne või liiga suur kaubakogus, kus sihtkohast tagasi pöördudes on sõiduk peaaegu tühi. Kindlasti on ka

olukordi, kus probleemiks osutub ka kauba kaal, mis näiteks kas ületab lubatud kaalu või tekib kauba kaalu eripärasuse tõttu telje ülekoormus ning võimalikud liiklusohtlikud olukorrad.

N2 ja N3 liigituvad veoautode alla. Mõlemad peavad kinni pidama puhke seadusest ja see tõttu nende suurimaks puuduseks, ka lisaks sellele on kohustuslikud puhkepausid, mis samuti suurendavad väärtuslikku tarneaega. N1 kategooria liigitub kaubiku alla, need samuti liigituvad veel eraldi klassidesse, kuid sellele vaatamata ei pea N1 kategooria autojuht järgima autojuhi puhke seadust ega ei pea olema sõidumeerikut ja juhil ei pea olema ka sõidukaarti. Teoreetiliselt saab sõita kaubikujuht nii palju kui tahab ilma puhkamata, kuid see on ohtlik juhi tervisele ja ka teiste liiklejate suhtes. Autor on suhelnud Transpordiametiga ja on selgunud, et käivad läbirääkimised N1 kategooriale puhkeaja regulatsiooni laiendamiseks.

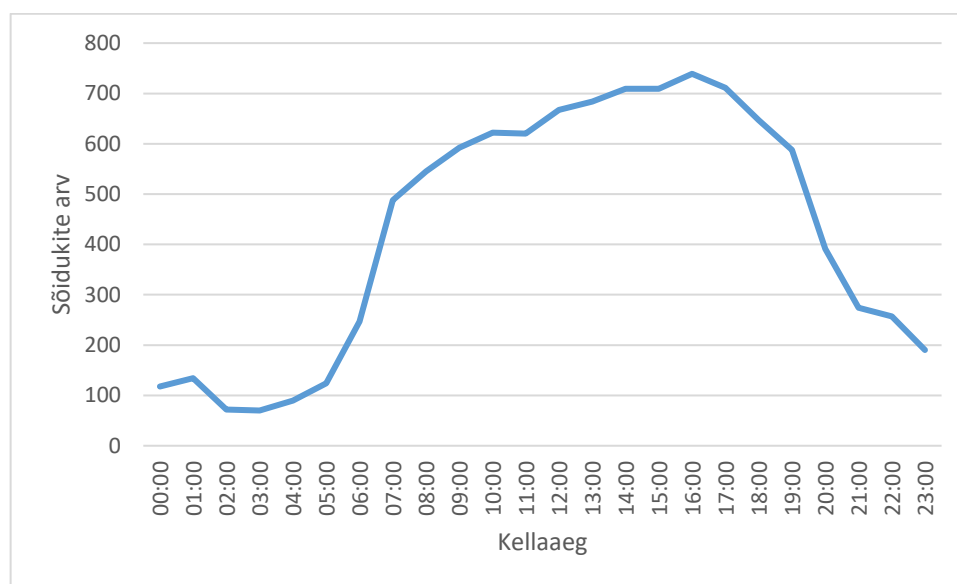
Lubatud sõiduaeg on veoautojuhil 4,5h järjestikku ja seejärel peab juht tegema 45-minutilise pausi. Seda pikemat vaheaega saab asendada 15 -minutilise vaheajaga millele järgneb vähemalt 30-minutiline vaheaeg. Nädalas võib juhi sõiduaeg kokku olla maksimaalselt 56 tundi. Ööpäevas ei tohi sõiduaeg ületada 9-t tundi. Sõiduaega võib pikendada kümne tunnini maksimaalselt 2 korda ühe nädala jooksul [36].

Võttes arvesse üleval kirjeldatud arvestame mõju arvutamisel veoautojuhi sõiduajaks 10 tundi. Autorile on logistikaettevõttest antud tagasiside veoautojuhi keskmisest päevasest läbisõidust. Kuna paljud veoautod antud ettevõttes tegelevad pikamaa veoga siis keskmine päevane läbisõit, kui isegi tegemist on 10 tunnise tööajaga, on ligikaudselt 700 km. Logistikaettevõtte juht põhjendas päevast läbisõitu sellega, et kõige suurem hulk aega kulub linnas liiklemisele, fooride ja tipptunni tõttu. Samuti lisas ta, et maksimaalselt jõutakse Eestist Poola minnes piirini ühe 10 tunnise sõiduga. Seepärast on ka veoautode keskmiseks kiiruseks logistikafirma andmetel 70 km/h. Seda mõjutab ka see, et Eestis võib sõita veoautoga linnavälisel alal 90 km/h aga alates Lätist edasi on veoautode piirkiiruseks 80 km/h. Leedu kiirteedel on lubatud veoautodel sõita ka 90 km/h aga paraku enam ei mõjuta keskmist kiirust [37].

Nagu eelnevalt mainitud, N1 kategoorial puudub puhkeaja regulatsiooni järgmise kohustus, siis saab sama marsruudi puhul olla kaubikul ajaline ja päevase läbisõidu eelis. N2 ja N3 kategooria sõidukite ees. Mainimata ei saa ka jätta, et N1 kategooria sõiduk saab sõita kiiremini kui 90 km/h. N2 ja N3 kategooria sõidukid on kas üldjuhul piiratud elektrooniliselt ja ei saa kiiremini kui 90 km/h sõita või ei ole tehniliste piirangute puudumisel lihtsalt seaduslik. Seega on vaja leida kõigepealt selliste sõidukite keskmine kiirus. Eestis korraldatakse liiklusloendusi regulaarselt ja nende põhjal tehakse

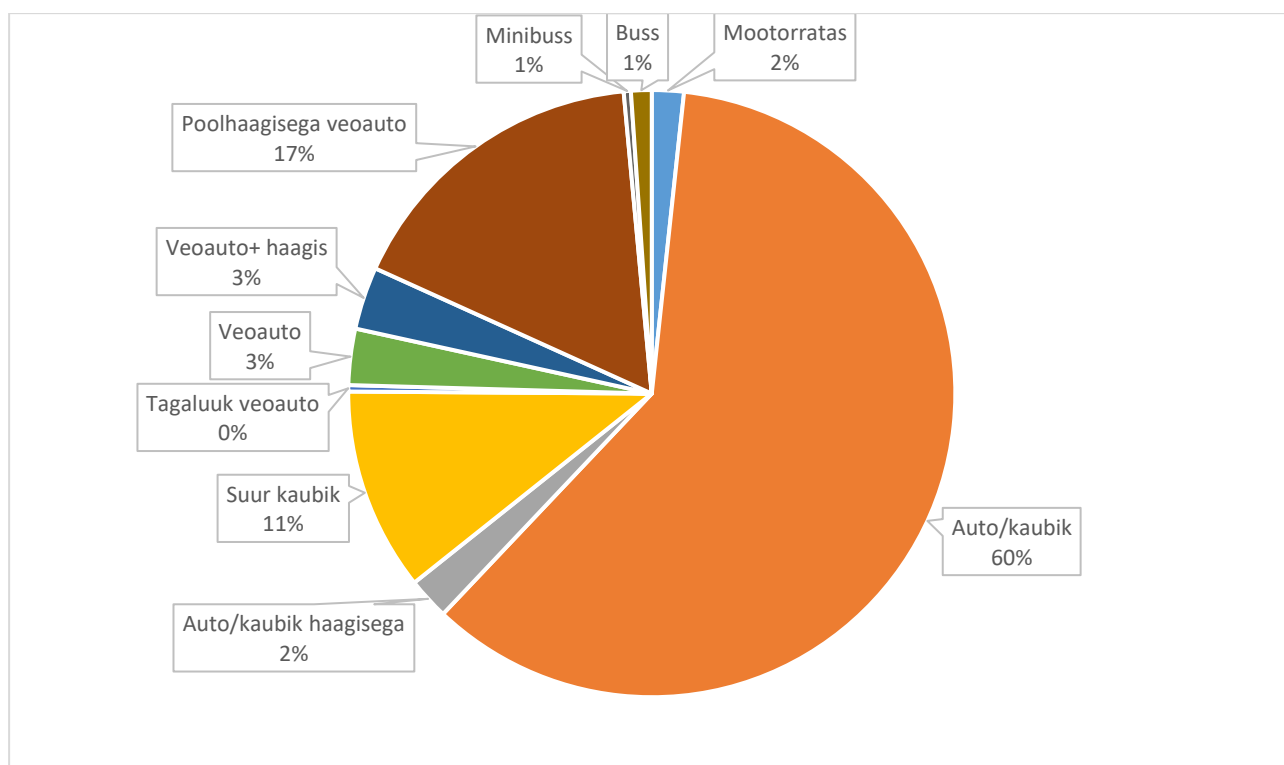
ka iga aastaseid kokkuvõtteid liiklusest. Kuna Maanteeameti enda liiklusaasta kokkuvõttes keskmist kiirust ei ole, pidi hankima allikaid mida analüüsida mujalt. Koht, kus sai allikaid on VDA-net, millest pärinevad andmed ja anti autorile läbi Maanteeameti, nende poolt on paigaldatud Eesti maanteedele liiklusloendurid ja need mõõdavad kiirust mööduvatest sõidukitest. Maanteelõik, mida analüüsida on ka samuti tähtis valik, kuna peab just analüüsima lõiku kust liigub suund kas Eestist välja või Eestisse. Üks põhimaantee, mis liigub Eestist välja ja sisse on Tallinn-Pärnu-Ikla. Sai valitud liikluseloenduri kaamera, mis asub sellel põhimaanteel Vaimõisas.

Ajavahemik, mida analüüsitakse, on aasta 2022 juuni kuust kuni juuli kuuni. Selles aja vahemikus iga täistunni tagant on keskmine autode arv ja protsentuaalselt lahti jaotatud erinevate sõidukite tüüpide kogus. Terve tabeli keskmise leidmine ei ole mõttekas kuna see muudab andmed liiga kaudseks, seega mõistlikum on võtta keskpäeva pärastlõuna kui kõik juhid on lõunalt tagasi ja uuesti liiklemas.



Sele 11. Liiklussagedus erinevatel kellaegadel kõik kombineeritud. [38]

Kõige vähem liikleb sõidukeid kella 2- 4 ajal öösel. Protsentuaalselt on sellel kellaajal kõige rohkem raskeveoautosid nimelt 39,96% kogu sellel kellaajast liiklejatest. Ülejäänud ajast domineerib autode ja kaubikute kategooria. Sele 12.

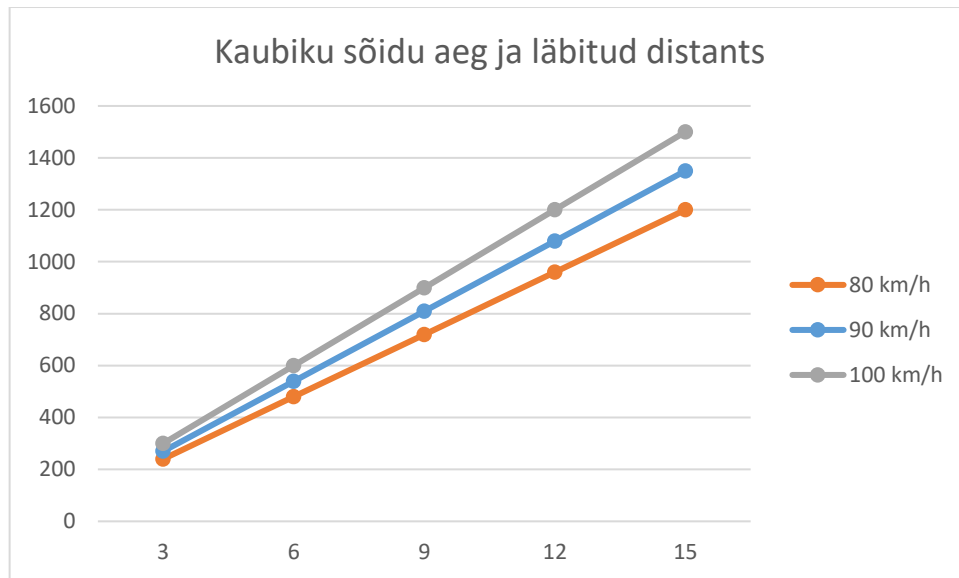


Sele 12. Kell 14-15 ajal läbinud 709-st sõidukist, sõidukite tüübid

Paralleelselt kellaaegadega ja sõidukite arvudega on ka ära toodud keskmised kiirused. Kiirused on jaotatud tabelitesse, kus on toodud protsentiilidena, mis tähendab, et kõik alla selle kiiruse liiklevad aeglasemini kui toodud kiirused. Mõõdetaval lõigul on lubatud maksimaalne kiirus, nii suvel kui talvel, 90 km/h. Nagu eelnevalt korduvalt mainitud, siis veoauto kiirusepiirajast tulenevalt ei ole veoautodel võimalik sõita üle 90 km/h aga üleval toodud Sele 12 on näha, et veoautode osakaal on märgatavalt madalam kui sõiduautodel ja kaubikutel ja ainukesed, kes saavad kiirust ületada on auto, kaubik ja mootorratas. Seega mõistlikum on valida 75 protsentiil mille keskmine kiirus on üle 90 km/h ja teeb keskmise kiiruse kõigil aegadel ja terve kuu peale kokku 97,3 km/h. 75 protsentiil tähendab, et 25% sõidukitest sõidab kiiremini kui ette antud kiirus ja 75% sõidab aeglasemini. Kuna maanteel on lubatud 90 km/h ja vahepeal toimub ka kiiruspiirangu muudatusi, näiteks 70 km/h kiiruse ala, siis ei ole mõistlik võtta kaubikute keskmiseks kiiruseks 97 km/h. Kuigi selle statistikaga ei ole võimalik täpselt teada, kui palju kiiruspiirangu muutused mõjutavad keskmist kiirust, siis mõistlikum on langetada edaspidi kasutatav keskmine kiirus 80 km/h kiiruse peale Sele 13. Kaubiku sõiduaeg ja distantis kaubikutel ja veoautodel kasutada logistika ettevõttejahi andmete põhjal 70 km/h keskmist kiirust.

Puudu on nüüd arvutamise jaoks veel kaubikjuhi sõiduaeg. Kuigi täpset aega leida, kui palju keegi roolitaga aega veedab ei ole võimalik teada, võib kindlalt öelda, et kaubikjuht pika distantssi

läbimisel veedab roolitaga rohkem aega kui veoauto juht, juba puhtalt selle pärast, et kaubikujuhtidel (N1) puudub puhkeaja seadus, on olemas töö lepingu seadus, kus on ettenähtud puhke ajad töölisele, kuid seda ei ole võimalik kaubikujuhtide puhul kontrollida nagu sõidumeerikult puhkeaegu veoautojuhtidel.



Sele 13. Kaubiku sõiduaeg ja distants

Graafikult näeb, et kui kaubikujuht peaks sõitma 15 tundi järjest keskmise kiirusega 90 km/h on saab ta läbida 1350 km. Siin puhul võib ka väita, et 15 tundi järjest sõitmine on ikkagi pingutamise ja piiride katsetamine, kindlasti on turvalisem valik 12 tundi sõiduaega, kuna siis jääb 12 tundi ka puhkeaega kaubikujuhile. Võttes arvesse kõik ülaltoodu saab edaspidi arvutada, millist mõju tekitavad keskkonnale kaubikud ja veoautod esimeses miilis

Edaspidi tuleb tekitada näiteline olukord, mis tekib ka logista ettevõttes. Kuna ükski logistika ettevõtte ei soovi avaldada külastatavaid riike ja linna siis tuleb tekitada näide iseseisvalt.

Tabel 5. Näidis parameetrid mõju arvutamiseks.

	Kaubik (Suur kaubik)	Veoauto poolhaagisega
Algus-Lõpp	Eesti DSV- Poola DSV (Gdansk)	
Distants sihtkohani	1053 km (Google Maps)	
Kauba kogus	50 alust	
Maht	5 alust	33 alust
Kütusekulu	10.7 l/100 km	27 l/100km
Päevane läbisõit	960	700
Keskmine kiirus	80 km/h	70 km/h

Antud parameetritele peale vaadates saab kohe öelda, et lõviosa kaubast veetakse ära poolhaagisega. Kuid tekib küsimus, kas kasutades kaubikut või kaubikuid ruumi puudujäägist vedamata jäänud kauba vedamiseks on efektiivsem kui tagasi sõita ja uuesti pooltühja haagisega vedada esimesest korrast maha jäänud kaup.

Kasutades CO₂ arvutamist valemit (2) saame teada kaubiku CO₂ koguse kilomeetri kohta milleks on 282,48 g/km. Seega kui kaubik peaks minema sellele reisile siis korrutades distants sihtkohani kahega saab kogu CO₂ koguse edasi-tagasi ühe sõidusuuna vahemaa kohta. Kaubiku puhul:

$$2106 \text{ km} \times 282,48 \text{ g/km} = 594\,902.88 \text{ g} = 594,902 \text{ kg}$$

Veoauto puhul samamoodi kasutades CO₂ arvutusvalemit on veoautol 712.8 g/km kohta mõju:

$$2106 \text{ km} \times 712,8 \text{ g/km} = 1\,501\,156.8 \text{ g} = 1501,156 \text{ kg}$$

Teades kui palju üks võrreldavatest toodab CO₂-te edasi-tagasi sõidu kohta saab edasi hakata võrdlema, millise kombinatsiooniga on võimalik kaup ära viia kõige efektiivsemalt. Kui kasutada kaubiku abi kauba vedamisel, siis mõlemad peavad tulema tagasi tühjalt, kui just ei oodata kohapeal kauba vedamise võimalust. Seega võib arvestada esialgselt, et tagasitulemisel on kaubaruum tühi olenemata, kas tegemist on kaubiku või veoautoga.

Tähtis on transpordis ka ajakulu. Kaubik suudab sõita sihtpunktini 13,1 tunniga. Veoautol on see pisut keerulisem. Arvestades sisse puhkeaja, milleks on 11 tundi. Seega kui veoauto suudab sõita päevas ligikaudu 700 km ja seejärel saab täis lubatud sõiduaeg, on veoautojuhil vaja veel sõita 358 km, et jõuda sihtkohani. Keskmise kiiruse juures 70 km/h on sihtkohani jõudmine 5 tundi ja 6 minutit ehk umbes pool sõiduajast on kulunud juba. Seega jääb rekajuhil veel 4 ja pooltundi sõitmiseks. Kui korrutada see keskmise kiirusega 70 km/h, jõuab reka 315 km kaugusele tagasi teel. Peale seda on kasutatud nädalas 2 korda 10 tunnised sõidud ja seejärel võib rekajuht sõita ainult 9 tundi järjest. Tagasi jõudmiseks on jäänud 743 km ja 9 tunnise sõiduajaga jääb sihtkohani jõudmiseks puudu 113 km, see tuleb läbida järgmisel päeval. Sellise ajakuluga on läheb veoautol nädal aega, et viia kaup ära. Kui veoauto peaks selle kauba koguse üksi ära viima siis edasi tagasi ots 2 korda teeb kokku 3002,312 kg CO₂-te.

Teadagi on nüüd kogu CO₂-e kogus, mis tekib, kui veoauto selle kaubakoguse üksinda ära veab. Edasi saaks abiks võtta N1 kategooriaga kaubikud, ühe kaubikuga abistada sellist kaubakogust ei ole mõistlik. Veoauto viib ära korraga 33 alust kaupa seega kaubikutele jääb ära vedada 17 alust. Seega vaja on kokku nelja kaubikut. Üks kaubik peab sõitma pool tühjalt antud kauba konfiguratsioonis.

Teades kaubiku CO₂ kogust edasi-tagasi sõidu peale siis tuleb see nelja kaubiku puhul korrutada 4-ga.

$$4 \times 594,902 = 2379,608 \text{ kg}$$

Kui liita juurde ka veoauto poolt tekitatud emissioon mis on edasitagasi sõidu peale 1501,156 kg, siis saab kokku õhku paisatud CO₂ koguseks 3880,764 kg. Kahe sarnase veoauto puhul, kui tegemist on sarnaste veoautodega, on palju mõistlikum, isegi kui üks sõidab pool tühjalt, minna kahe veoautoga. Kokku teeb kahe veoautoga kauba vedamine sama CO₂ koguse mis minna ühega, kuid kaup saab kiiremini veetud. Kui kasutada kaubikuid, siis osa kaubast saab väga kiiresti veetud. Siit saab järeldada, kui tähtis on saada kaup veetud efektiivselt ja aeg ei ole faktoriks on mõistlik vedada kaup ära ainult ühe veoautoga või kui saadaval on ka teine sarnane veoauto, siis kahega. Kui kauba vedamisel on ülitähtis ajafaktor, siis võib kasutada ka kaubikuid, kuid tegelik ajavõit on niivõrd väike, et kokkuvõttes võiks ikkagi kogu kauba ära vedada 2 veoautoga või kui puudub võimalust kasutada kahte veoautot siis ainult ühega. Lisaks suurele CO₂ kogusele mis tekib siis kui kasutada kaubikuid, et allesjäänud kaup ära vedada, on liikluses samuti on 6 sõidukit rohkem kui saaks olla, parimal juhul ainult üks. Moodulkontseptsioon, mis ei ole Eestis veel liikluses lubatud, suudaks vedada kogu kauba koguse ära ja jääks veel ruumi ülegi kuna sinna mahub 53 alust kaupa.

Kui vähendada kauba kogust 40 aluseni, siis muutub kaubiku ja veoauto kombinatsiooniga kauba vedamine mõistlikumaks. Jättes samaks kõik muud parameetrid, ainult muutes kaubamahu 50st 40ni. Siis on kokku vaja võtta kasutusele 2 kaubikut kuna veoauto viib ära 33 alust ja üle jääb 7 alust mida veavad ära kaubikud. Järjekordselt jääb üks kaubik pool tühjaks. Teades, et veoauto toodab 1501,156 kg CO₂-te siis 2 kaubikut lisaks sellele toodavad $594,902 \times 2 = 1189,804$ kg CO₂. Kokku liites saab 2690,96 kg. Nende arvutuste pealt saab järeldada, et 40 aluse puhul on mõistlik kaasata kaks kaubikut lisaks veoautole, et vähendada õhku paisatud CO₂-te, sest 2 veoautoga vedades oleks õhku paisatud CO₂ kogus 3002,312 kg. Võimalik on kauba kogust tõsta veel 3 aluse võrra kuna kahte kaubikusse mahub kokku 10 alust kaupa ja puudu jääb veoauto ruumist 7 alust. Kokku on siis liiklusesse kaasatud 3 sõidukit, kuid selle mõju emissioonidele on kokkuvõttes väiksem kui vaadata ainult kütusekulu pealt. Kui aga arvestada juurde tööjõukulud, autode kulumine, remont ja veoautodel teemaks, siis on tõenäoliselt tulemused suurema näiduga, kuid selle jaoks on vaja teha põhjalikum uurimistöö kui palju midagi kulub sõites ja seal ka sisse arvestada automaksud.

2.3. Viimane miil ja selle mõju transpordisektoris

Viimane miil on logistikutel olnud alati kõige rohkem mõtteainet tekitav transpordi etapp. Selles etapis leida efektiivset ja võimalikult väikse kuluga transpordiviisi on raske, sest kõik kohale toimetamised vajavad erinevaid lähenemisi ja osad kohaletoimetamised punktid võivad olla teekonnast väljas ja tekitavad lisa ringe, mida oleks võimalik teistsuguse planeeringu puhul vältida.

Viimases miilis ei ole suureks faktoriks sõiduaeg ja puhkeaeg. Selles etapis on üldjuhul kahte sorti tööpäevi: graafikuga ja igapäev 8-17-ni (võib varieeruda vastavalt ettevõttele) tööpäev. Viimasel ajal on hakatud eelistama ka graafikuga pakkide toimetamist, kuna see sobib tarbijale paremini kuna too ei pruugi viibida kodus kui pakki toimetatakse koju. Selles etapis on palju linnas liiklemist ja linnas on osades kohtades liiklemiskeeld, -ja on veoautoga kohaletoimetamine liiga tülikas võrreldes tavalise kaubikuga. Samuti on kasulik teada, et Vanalinnas liiklemine kaubalaadimise eesmärkidel on alates kella 11st keelatud.

Transpordiettevõtte poolt saadud andmete põhjal saab vaadata, kui palju päevas sõidetakse keskmiselt. Põhjus, miks just selle ettevõtte omad sai valitud, on asjaolu, et nende puhul toimub väga palju liiklemist linnas ja viimase miili printsiibi järgi. Erinevalt esimese miili mõju võrdlusest, ei saa võtta näitealuseks kindlat sihtkohta, kuna tegemist on kätte toimetusega ja seega asukoht varieerub pidevalt. Mõistlikum on keskmiselt läbitud kilomeetrite pealt vaadata. Viimase miilil on kõige mõistlikum võtta arvesse asukohtade arv kuhu kaup viiakse, sest asukohad on üldjuhul samas linnas.

Andmed, mida autor võrdluses kasutab on segamini koju vedavate kulleritega ja pakiautomaadi kulleritega. Enamus ajast toimub vedu Harjumaa piirkonnas. 2 ringi on muud maakonnad mis käivad Pärnu ja Lääne maakonnas.

Kasutades ligipääsu ettevõtte andmetele, saab leida keskmise läbitava kilometraaži, keskmise kauba sihtkohtade arvu ja keskmise tööpäeva pikkuse. Läbi töödeldud andmete põhjal saadi keskmiseks läbisõiduks päevas ümardatuna 257 km, keskmiseks kauba sihtkohtade arvuks 31 ja keskmiseks tööpäeva pikkuseks 13 tundi. Teada on ka selle sama ettevõtte kõigi kaubikute keskmine kütusekulu ja nüüd on ka teada keskmine läbisõit päevas, seega on võimalik arvutada kui palju kulub keskmiselt sellise läbisõidu juures kütust.

$$x = \frac{a}{100} \cdot c \quad (3)$$

kus: x kütusekogus, l

 a läbitud vahemaa

 c kütusekulu, l/100 km

Kasutades ülal toodud valemit saab vastuseks 27,49 liitrit kütust, mis kulub keskmiselt, et läbida antud vahemaa. Teades ka kui palju tekib CO₂-te ühe liitri diiselkütuse põletamisel on võimalik arvutada kui palju keskmiselt tekitatakse saasteid.

$$27,49 \text{ l} \times 2640 \text{ g} = 72\,573,6 \text{ g} = 72,57 \text{ kg}$$

Teades ettevõtte andmete põhjal on autopargis kasutusel 25 kaubikut, ettevõtte avaldas samuti, et korraga on liikluses alati vähemalt 22 kaubikut 25st. Pühapäeviti on liikluses vähendatud arv ehk 8 kaubikut.

$$22 \times 72,57 \text{ kg} = 1596,54 \text{ kg}$$

Arvutuse põhjal on näha kui palju toodab esmaspäevast laupäevani ettevõtte. Kui pühapäeval on liikvel vähemalt 8 kaubikut siis on CO₂ emissioonide kogus järgmine:

$$8 \times 72,57 = 580,56 \text{ kg}$$

Kui nädalas 6 päeva on keskmiselt CO₂ emissioon 1596,54 kg ja üks päev 580,56 kg, teeb see nädalas kokku 2177,1 kg. Ja aastas teeb see $52 \times 2177,1 = 113\,209,2$ kg.

18 kaubikut mahutab kokku 90 alust. Võrdlusmomendiks saaks tuua N2 kategooria tagaluuk veoauto. See tagaluukveoauto mahutab 18 alust ja seega võtaks üle töö kolmel ja poolel kaubikul. Kuid reaalsuse mõttes oleks mõistlik võtta 3 kaubiku töö arvesse. Eelnevalt leitud andmete põhjal on leitud, et keskmine kulu tagaluukveoautol autol on 36 l/100km ja 3 kaubikul kokku keskmine on 32,1 l/100 km. Selle arvutuse põhjal on juba võimalik öelda, et ei ole eelist võttes kasutusele suurema N2 kategooria kaubiku ja kuna selle juhtimiseks on ka vaja C kategooria juhiluba on see palju kulukam. Lisaks näiteks võetud ettevõtte puhul oleks ühele juhile see liiga suur koormus kuna keskmine tööpäeva pikkus ulatub 13 tunnini ja keskmine aeg kohapeal laadimisel on 2,3 tundi. Seega, kui tõstaks auto mahutavust, muutuks tööpäev liiga pikaks ja samuti on tööaeg piiratud N2 kategooria sõidukijuhtidel. Sama kehtib ka kui võtta võrdlusesse Furgoon N1 kategooria kaubik, töömaht suureneks liiga palju, et seda ei jõutaks ära teha ja antud momendil on kõige mõistlikum suur kaubik, mis mahutab 5 aluse jagu kaupa. Kuigi ka sellega töömaht on kohati väga suur ja tööpäevad venivad kuni 18 tunni pikkusteks. Ettevõtte on samuti katsetanud sõidukipargis ka elektrikaubikuid, kuid põhjendas selle katsetamise lühikeseks jäämist liiga väikese sõiduulatusena. Selle põhjal võib järeldada, et elektrikaubikute kasutuselevõtt antud ettevõtte näitel viibib veelgi, kuni ei ole paremaid laadimistingimusi ja paremat sõiduulatust.

Järelduseks võib öelda, et antud ettevõtte, mille põhjal viimase miili mõju uuriti on leidnud kõige mõistlikuma viisi kauba vedamiseks, kuna andmed on ühe kaubiku margi ja mudeli põhjal ning reaalsed, siis ei näe autor põhjust, miks võrrelda markide erinevust kui puudub päris keskmine kütusekulu.

Eestis on seisuga 01.05.2023 arvel 104 142 N1 kategooria sõidukit. Kahjuks ei ole teada paljud, sellest aktiivselt liiklusest osa võtavad, kuid selle põhjal on võimalik arvutada välja kaudselt, kui palju toodab transpordisektoris N1 kategooria sõidukit emissioone. 2019 aastal tootis transpordi sektor 2394,70 kt CO₂ emissioone [39]. Keskmine vanus kõigi arvel olevatel N1 kategooria sõidukitel on 17 aastat või siis esmaregistreerimise aeg 2005, siis keskmiseks kütusekuluks kokku võib umbes võtta 10 l/100km. Kui kõik need autod sõidaksid päevas 100 km siis 10 l/100 km kütuse kulu juures on CO₂ kogus 264 g/km. See teeb päevas ühe sõiduki kohta 26 400 g ehk 26.4 kg CO₂ emissiooni. Kui kõik 104 142 sõidukit arvesse võtta siis $26.4 \times 104\,142 = 2\,749\,348,8$ kg päevas. Kilotonnides teeb see 2.75 kt CO₂-te. Aastas moodustab see $365 \times 2.75 = 1003,75$ kt See moodustab 41.9 % osa transpordisektorist ja kui veel kasutusele tuleb rohkem elektrikaubikuid ning efektiivsemaid

kaubikuid muutub see number veelgi väiksemaks. Mööda ei saa ka vaadata faktist, et arvutused on umbkaudsed ja ei vasta 100% tegelikkusele kuid annavad hea arusaama milline võiks olla N1 kategooria panus emissioonidele transpordisektoris. Tegelikkuses on tulemust kajastav arv kindlasti väiksem, kuna paljud sõidukitest ei osale aktiivselt liikluses.

KOKKUVÕTE

Enne arvutuste käiku tehti uuring, kasutades Statistikaameti andmeid selle kohta, kui suure osa moodustavad erinevad transpordi liigid Eestis transpordist. Tulemuseks saadi, et domineeriv transpordi liik on maanteevedu. Leitud andmete põhjal keskenduti töös maanteevedudele.

Tarvis oli teada N1 kategooria sõidukite ligikaudset keskmist kütusekulu, et saada arvutada erinevate sõidukite efektiivsust kaubavedamisel. Keskmiseks kuluks leiti 8,32 l/100km, arvestades WLTP testimistingimusi ja seega on Eesti tingimustes on mõistlik arvestada, et reaalne kütusekulu on suurem. Autoril oli ligipääs autopargi andmetele kus on leitud, et keskmine kütusekulu 25 sõiduki peale, mis on identsed kuid väikeste esmaregistreerimise aasta vahedega, 10,7 l/100 km. Võttes arvesse eelmainitud WLTP testimise tingimusi otsustas autor täpsemate tulemuste kasuks võtta just selle keskmise kütusekulu edaspidi efektiivsuse leidmiseks.

Kaubikute efektiivsuse arvutustulemustega ei ole võimalik öelda, milline kaubik on kõige efektiivsem oma kaubaruumi või veetava raskuste suhtes. Põhjus on see, et kõik erisuurused kaubikud on loodud erinevate kaupade vedamiseks ja logistikute ülesanne on välja selgitada millises suuruses kaubik on vaja valida, et see oleks kuluefektiivne. Võrreldi ka sarnaselt veoautode efektiivsust ja saadi järelduseks, et kõige efektiivsem viis on moodulkontseptsioon veoauto, mille kütusekulu on igas olukorras kaubavedamisel kaubakoguse kohta kõige madalam.

Töös uuriti, kas veoautodega kauba vedamisel kaubikute kaasamine tõstab efektiivsust ja vähendab emissioone. Tulemuste arvutamiseks oli autoril hangitud erinevatest logistikaettevõtetest kütusekulu kui ka läbitava distantssi andmed. Samuti oli Maanteeameti poolt saadud andmetega võimalik leida kaubikute ligikaudne keskmine kiirus, milleks sai võetud 80 km/h arvestades erinevaid olukordi, mis tekivad esimest miili sõitval kaubikul. Loodi näidissituatsioon kasutades ettevõtte logistikajuhi poolt soovitatud marsruuti, mis on ligilähedane reaalsuses tekkivale situatsioonile. Võeti arvesse ka erinevaid seadusi ja keskmist kiirust nii päris andmetest kui ka liiklusloenduritest. Järelduseks saab öelda, et näidissituatsioonis kui kaubakogus ei ületa 40-t alust, on mõistlik kaasata kauba veosse kaubikud, mis toovad CO₂ koguse alla 311.35 kg võrra. Kui aga kauba kogus on kõrgem kui 40 alust, siis on mõistlikum vedada kaupa kahe veoautoga, kolmanda kaubiku kaasamisel läheks CO₂ kogus üle 2 veoauto CO₂ toodetud koguse. Selle võrdluse käigus selgus ka, et kui kaasata moodulkonseptsioon veoauto, oleks heitmetase kõige madalam.

Lisaks sellele uuriti täpsemalt, kui palju mõjutab viimane miil Eesti transpordisektorit. Autor kasutas andmeid ettevõttest, kes toimetab ainult viimase miili transpordi põhimõttel. Arvutustulemustel leiti, et ettevõtte andmete järgi tekib aastas 113 209.2 kg CO₂. Samuti sai ettevõtte näite puhul välja selgitatud, et kui võtta kasutusele suurem kaubik 3 väiksema asemel, ei vähene CO₂ heitmete kogus vaid hoopiski tõuseb. Lisaks sellele tõuseb ka koormus kullerile kui töötajale, mis on andmete põhjal juba niigi suur.

Eestis registreeritud 104 142 N1 kategooria sõidukite kohta leiti ka ligikaudne terviklik mõju Eesti transpordisektorile. Loodi näidisolukord, kus kõik N1 sõidukid liikleavad päevas 100 km keskmise kütusekuluga 10 l/100km ja saadi tulemuseks, et sellises olukorras on CO₂ saasteid aastas 1003.75 kt ja see moodustab 41.9% kogu transpordisektoris tekkinud CO₂-st.

Autori hinnangul ei ole võimalik kummaski võrreldud transpordiviisis leida täpset kogust emissioone ega mõju transpordisektorile, kuna puudu on palju andmeid ja näitajaid. Selleks, et neid andmeid saada on vaja teha eraldi uurimustöid, kus uuritakse lisaks kütusekulule veel auto kulumist ja kuluosadest tekitatud mõju. Andmed viivad veel ebatäpseks Maanteeameti registris olevad sõidukid, kus ei ole võimalik näha kui paljud tegelikult aktiivselt osalevad liikluses ja see on ka põhjus, miks Eesti keskmine N1 kategooria sõiduki vanus nii kõrge on.

SUMMARY

This thesis examines the impact of the first and last mile on the transport sector in Estonia. The topic of the thesis was assigned by the Estonian Transport Agency, which conducted a similar study last year, focusing on the impact of heavy goods vehicles on the transport sector. This year, the agency wants to gain a better understanding of the impact of vans and compare it to that of trucks. Additionally, they want to determine if including vans in the transport chain can increase efficiency. This study can be seen as a continuation of last year's research, with a greater focus on vans and their impact on the environment and the entire transport sector.

Before performing calculations, a study was conducted using Statistics Estonia's data to determine the proportion of different types of transport in Estonia. As a result, it was found that the dominant mode of transport is road transport. Based on these findings, the focus of the study was on road transport.

It was necessary to know the approximate average fuel consumption of Category N1 vehicles to calculate the efficiency of various vehicles in cargo transportation. The average consumption was found to be 8.32 liters/100km, taking into account WLTP testing conditions, and considering Estonian conditions, it is reasonable to assume that actual fuel consumption is higher. The author had access to data on the vehicle fleet, which showed that the average fuel consumption for 25 identical vehicles with small year differences was 10.7 liters/100km. Taking into account the aforementioned WLTP testing conditions, the author decided to use this average fuel consumption to find more accurate results in the future for efficiency calculations.

Efficiency calculations for vans cannot determine which van is the most efficient in terms of cargo space or weight carried. This is because all vans of different sizes are designed to transport different types of goods, and it is the task of logisticians to determine which size van to choose to make it cost-effective. Similarly, the efficiency of trucks was compared, and it was concluded that the most efficient method is the modular concept truck, whose fuel consumption per cargo volume is the lowest in any situation.

The study investigated whether including vans in the transportation of goods with trucks increases efficiency and reduces emissions. To calculate the results, the author obtained fuel consumption and distance data from various logistics companies. With data obtained from the Estonian Road Administration, it was also possible to find the approximate average speed of vans, which was taken

as 80 km/h, considering various situations that arise when a van drives the first mile transportation method. A sample situation was created using a route recommended by the logistics manager, which is similar to the situation that actually arises. Various laws and average speeds were also considered from both real data and traffic counters. It can be concluded that in a sample situation where the cargo does not exceed 40 pallets, it is reasonable to include vans in the transport of goods, which reduces CO₂ emissions by 311.35 kg. However, if the quantity of goods is higher than 40 pallets, it is more reasonable to transport them with two trucks. Including a third van would cause CO₂ emissions to exceed the total produced by two trucks. In this comparison, it was also found that using the modular concept truck would result in the lowest emission level.

In addition, a more detailed examination was carried out on how the "last mile" affects the Estonian transportation sector. The author used data from a company that operates on the principle of last mile delivery. The calculation results showed that, according to the company's data, 113,209.2 kg of CO₂ is generated annually. The company's example also revealed that if a larger van is used instead of three smaller ones, the amount of CO₂ emissions does not decrease but actually increases. Additionally, this also increases the load on the courier, which is already high according to the data.

An approximate comprehensive impact on the Estonian transportation sector was also found for the 104,142 N1 category vehicles registered in Estonia. A sample situation was created in which all N1 vehicles travel 100 km per day with an average fuel consumption of 10 l/100km. It was found that in such a situation, CO₂ emissions amounted to 1003.75 kt per year and accounted for 41.9% of the total CO₂ emissions generated in the transportation sector.

According to the author, it is not possible to find precise amounts of emissions or the impact on the transportation sector in either of the compared transportation methods due to the lack of data and indicators. To obtain this data, separate studies are needed to investigate not only fuel consumption but also the wear and tear of the vehicles and the impact of the cost of parts. The data is still imprecise due to the N1 category vehicles registered in the Road Administration, where it is not possible to see how many are actively participating in traffic. This is also the reason why the average age of N1 category vehicles in Estonia is so high.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] A. Žnidarič, "Heavy-Duty Vehicle Weight Restrictions in the EU," Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Ljubljana, 2015.
- [2] "Nõukogu direktiiv 96/53/EÜ," Euroopa Liidu Nõukogu, 25.07.1996, uuendatud 14.08.2019.
- [3] K. Lumsden, "Truck Masses And Dimensions," Euroopa Autotootjate Ühing, Brüssel, 2013.
- [4] "Transpordiamet," 14 detsember, 2022. [Online]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/eriluba-suur-voi-raskeveosega-liiklemiseks>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [5] Digar, "Raudteetransport," [Online]. Available: <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/347085>.
- [6] "Operail," [Online]. Available: <https://operail.com/pressiteated/operail-kasvatab-raudteel-veetava-vilja-hulka/>. [Accessed 23 märts, 2023].
- [7] "Õhutransport - Digar," [Online]. Available: <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/347087>. [Accessed 23 märts, 2023].
- [8] T. Patterson, "Flyingmag.com," 31 märts, 2022. [Online]. Available: <https://www.flyingmag.com/mourning-the-worlds-largest-cargo-airplane-an-225-mriya/>. [Accessed 23 märts, 2023].
- [9] Insider, "The world's biggest container ship, the Ever Ace, is continuing its maiden voyage this week and soon heading for the Suez Canal," 13 september, 2021. [Online]. Available: <https://www.insider.com/worlds-biggest-container-ship-ever-ace-maiden-voyage-2021-9>. [Accessed 23 märts, 2023].
- [10] Northern Container, "Shipping Container Dimensions," [Online]. Available: <https://northerncontainersales.ca/more-info/container-dimensions/>. [Accessed 23 märts, 2023].
- [11] Containers Direct, "Merekonteiner," [Online]. Available: <https://www.shippingcontainersuk.com/m8b0s10p1653/40ft-New-Shipping-Containers-40ft-New-ISO-Container-S2-Doors>. [Accessed 24 aprill, 2023].
- [12] L. O. Vans, "Van Sizes Explained: All Van Dimensions in Detail," [Online]. Available: <https://www.loadsofvans.com/blog/van-sizes-uk>. [Accessed 28 märts, 2023].

- [13] Ford Motor Company, "Ford Transit Connect," Info Auto, [Online]. Available: <https://ford.infoauto.ee/model/transit-connect>. [Accessed 22 aprill, 2023].
- [14] Ford Motor Company, "Ford Transit Custom," [Online]. Available: https://ford.infoauto.ee/_upload/cars/TransitCustom201975.pdf. [Accessed 22 aprill, 2023].
- [15] I.-A. AS, "Info-Auto," [Online]. Available: <https://ford.infoauto.ee/model/transit>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [16] Renault, "Renault Master Brošüür," [Online]. Available: <https://www.renault.ee/ee/CountriesData/Estonia/images/pdf/082020/RENAULT-MASTER-brochure-EE.pdf>. [Accessed 11 aprill, 2023].
- [17] "Paki saatmine," Itella Estonia OÜ, [Online]. Available: <https://itella.ee/eraklient/smartpostist/paki-saatmine/>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [18] Itella Estonia OÜ, "Toome turule uued pakiautomaadid," 31 august, 31.08.2020. [Online]. Available: <https://itella.ee/uudised/toome-turule-uued-pakiautomaadid/>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [19] "Omniva pakkide mõõdud," Omniva, [Online]. Available: https://www.omniva.ee/abi/era_teenused. [Accessed 28 märts, 2023].
- [20] DPD Eesti AS, "DPD pakiautomaadi mõõtmed," [Online]. Available: <https://www.dpd.com/ee/et/dpd-pakiautomaadi-teenus/>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [21] Starship Technologies, "Starship.xyz," Starship Technologies, [Online]. Available: https://www.starship.xyz/faqs/how-much-does-each-robot-weigh/?fbclid=IwAR2rlpB2JWlUSzZ24bXzGtOp8Qo2cnMQnvoFS9IwBg-Ydjo4wNXFxa_-N8M. [Accessed 29 märts, 2023].
- [22] "Pakiroboti pilt," [Online]. Available: <https://robootika.digipurk.ee/uritused/starship-pakirobotid/>. [Accessed 29 märts, 2023].
- [23] Transpordiamet, "Sõidukite ja masinate kategooriad," 20 mai 2022. [Online]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/soidukite-ja-masinate-kategooriad>. [Accessed 22 aprill, 2023].
- [24] Vabariigi Valitsus, "Mootorsõidukijuhi sõidu- ja puhkeaja kestuse ning arvestuse kord," [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/904789>. [Accessed 23 aprill, 2023].
- [25] Maanteeamet, "Autopargi läbisõit," Transpordiamet, Tallinn, 2019.
- [26] WLTP Facts, "WHAT IS WLTP AND HOW DOES IT WORK?," [Online]. Available: <https://www.wltpfacts.eu/what-is-wltp-how-will-it-work/>. [Accessed 1 mai, 2023].

- [27] Renault, "Renault Trafic," [Online]. Available: <https://www.platinumrenault.co.uk/pdfs/new-vans/trafic.pdf>. [Accessed 20 aprill, 2023].
- [28] Peugeot, "Peugeot Partner," [Online]. Available: <https://www.peugeot.ee/et/peugeot-mudelivalik/peugeot-soidukid/partner/tehniline-info.html>. [Accessed 20 aprill, 2023].
- [29] "Volkswagen Transporter," [Online]. Available: <https://www.volkswagen-vans.co.uk/app/local/download-brochure.html>. [Accessed 22 aprill, 2023].
- [30] Peugeot, "Peugeot Partner," [Online]. Available: <https://media.peugeot.ee/file/61/5/peugeot-partner-kataloog-2018-est.478615.pdf?lcdv16=2PK91CNMD5B0A010>. [Accessed 22 aprill, 2023].
- [31] Peugeot, "Peugeot Boxer," [Online]. Available: <https://www.peugeot.ee/et/peugeot-mudelivalik/peugeot-soidukid/boxer/tehniline-info.html>. [Accessed 22 aprill, 2023].
- [32] EPAL Worldwide, "Euro pallets," [Online]. Available: <https://www.epal-pallets.org/eu-en/load-carriers/epal-euro-pallet>. [Accessed 1 mai, 2023].
- [33] R. Mätlik, "RASKEVEOKITE PIIRKIIRUSE MÕJU CO₂ EMISSIOONILE EESTI," 2022.
- [34] "Veokite ja haagiste tüübid ning nende mahutavused," ETS logistika, [Online]. Available: <https://etslogistika.ee/teadmiseks/veokite-ja-haagiste-mahutavus/>. [Accessed 15 aprill, 2023].
- [35] Statistics Netherlands, "Weight units energy," [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/en-gb/onz-diensten/methods/definitions/weight-units-energy#:~:text=%2D%20Gas%2C%20diesel%2C%20light%20fuel,%3A%201%20litre%20%3D%200.88%20kilogram>. [Accessed 23 aprill, 2023].
- [36] Michelin, "How to calculate your fleet's carbon footprint," [Online]. Available: <https://connectedfleet.michelin.com/blog/calculate-co2-emissions>. [Accessed 23 aprill, 2023].
- [37] Euroopa Komisjon, "Suurim lubatud kiirus," 13 november 2018. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/going_abroad/lithuania/speed_limits_et.htm. [Accessed 23 aprill, 2023].
- [38] "VDA-net," [Online].
- [39] Keskkonnaministeerium, "Eesti riiklik kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuriaruanne 1990-2019," 15 april 2021. [Online]. Available: <https://unfccc.int/documents/273444>. [Accessed 3 mai, 2023].
- [40] AirBridgeCargo, "AirBridgeCargo," [Online]. Available: <https://www.airbridgecargo.com/en/page/38/boeing-747-400f>. [Accessed 23 märts, 2023].

- [41] E. keskkonnaagentuur, "the first and last mile - key to sustainable urban transport," Euroopa keskkonnaagentuur, Kopenhaagen, 2019.
- [42] "3.5T LUTON BOX VANS," [Online]. Available: <https://lcvehiclehire.com/hire/haulage/3-5t-luton-box-vans/>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [43] "Omniva pakiautomaadi pilt," <https://tasku.ee/kauplused/omniva-pakiautomaat/>, [Online]. Available: <https://tasku.ee/kauplused/omniva-pakiautomaat/>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [44] "DPD pakiautomaadi pilt," [Online]. Available: <https://raha.geenius.ee/rubriik/uudis/dpd-hakkas-100-uut-pakiautomaati-paigaldama-kasutada-saad-neid-kevadel/>. [Accessed 28 märts, 2023].
- [45] V. T. John Aurell & Thomas Wadman, "Vehicle combinations based on the modular concept," 2007.

LISAD

Lisa 1. Boeing 747-400F.

Lisa 1. Boeing 747-400F. [40]

