

Marten Jõesaar

25,25 meetrise autorongi tasuvus ja sobivus Eestis

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut
Autotehnika eriala

Tallinn 2021

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Marten Jõesaar, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Konsultant Marko Jürimaa /allkiri ja allkirjastamise kuupäev allkirjastatud digitaalselt/

Juhendaja Aimar Lukk /allkiri ja allkirjastamise kuupäev allkirjastatud digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Marten Jõesaar, sünnikuupäev: 19.08.1997, annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose 25,25 meetrise autorongi tasuvus ja sobivus Eestis:

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

/allkiri ja allkirjastamise kuupäev allkirjastatud digitaalselt/

SISUKORD

MÕISTED, LÜHENDID JA TERMINID	5
SISSEJUHATUS.....	7
1. PIKAD AUTORONGID ERINEVATES RIIKIDES	8
1.1 Soome	9
1.2 Rootsi.....	9
1.3 Taani	12
1.4 Holland	13
2. 25,25 MEETRISTE AUTORONGIDE KOMBINATSIOONID	16
2.1 Poolhaagisega veok	16
2.2 Täishaagisega veok.....	18
2.3 C moodul	19
2.4 B moodul	20
2.5 A moodul	21
2.6 Tehnilised tingimused veoautodele	21
3. KATSED 25,25 MEETRILISE AUTORONGIGA EESTI TEEDEL.....	23
1. Liidendsõiduki andmed	23
2. Sõidukatse autorong	25
3.1 Sõidukatse asulas	26
3.1.1 Sõidukatse ringristmikel	26
3.1.2 Katsesõit asulas ja sadamates	27
3.2 Sõidukatse maanteel	28
4. KULUD JA TULUD	31
4.1 Tulud.....	31
4.2 Kulud	32
4.2.2 Kütusekulu	32
4.2.3 Hooldus ja remont	33
4.2.4 Rehvikulu	33
4.3 Arvutuskäik	34
5. SOBIVUSE JA TASUVUSE ANALÜÜS	46
5.1 Tulud.....	48
5.2 Kulud	50

5.3 Sõidukatse ja tasuvuse arvutuse analüüs	53
KOKKUVÕTE.....	54
SUMMARY	56
VIIDATUD ALLIKAD.....	58
LISAD	61

MÕISTED, LÜHENDID JA TERMINID

EMS	–ing.k. <i>European Modular System</i> . Euroopa modulaarsüsteem on programm, mis võimaldab pikemat ja raskemat autorongi koostu tingimusega, et sõiduki ja haagise mõõtmed ja teljekoormused jäävad samaks vastavalt direkriivile [1];
EMS moodul	–25,25 meetrise autorongi lühend autori poolt dokumendi teksti lihtsustamiseks;
Tavamoodul	–16,5 meetrise autorongi lühend autori poolt dokumendi teksti lihtsustamiseks;
modulaarkonseptsioon	–vt. EMS;
HCV	–ing.k. <i>High Capacity Vehicle</i> . Suuremahtuvusega autorong;
Poolhaagis	– haagis, mis on ette nähtud haakimiseks sadulvedukiga või eelikuga ja mis kannab sadulvedukile või eelikule üle olulist vertikaalkoormust [2];
Täishaagis	– haagis, millel on vähemalt kaks telge, millest vähemalt üks telg on juhitud ja: a) mille haakesead, mis saab vertikaalsuunas (haagise suhtes) liikuda ja b) mis vedukile kannab üle mitteolulist staatilist vertikaalkoormust (alla 100 kg). Poolhaagist haagituna eelikuga käsitletakse täishaagisena [2];
Kesktelghaagis	–haagis, mille tiisel on jäigalt kinnitatud haagise, millevteljed paiknevad ühtlaselt koormatud haagise raskuskeskme lähedal nii, et vedukile kantakse üle ainult väike staatiline vertikaalkoormus, mis ei ületa 10% haagise täismassist või 1000 kg, külge [2];
Eelik	–iseseisev ratastega seade, millel võib olla haakesead poolhaagise haakimiseks [2];

Täismass	–juhi, sõitjate ja veosega täisvarustuses sõiduki suurim mass, mida lubab valmistaja [2];
Tühimass	–sõiduki valmistajapoolne mass ilma raskusteta [2];
LDM	–laadimismeeter.

SISSEJUHATUS

Euroopas Liidus kehtiv direktiiv 96/53/EÜ sätestab Euroopa Liidus riikides maksimaalsed sõidukite ja haagiste mõõtmed ja kaalud vastavalt sõidukite kategooriale, millest lähtub ka majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus. Direktiivi 96/53/EÜ artikkel 4.4b samas lubab kasutada pikemaid autorongi mõõtmeid, tingimusega, et veoki ja haagise mõõtmed ja lubatud teljekoormuse väärtused säilivad, mis tavalistel autorongidel ehk modulaarkonseptsioon. Pikemate autorongidega on võimalus vedada rohkem kaupa, vähendada veokite arvu liikluses ja säästa keskkonda.

Käesolevas töös on ülesanne uurida välja, mis oleks teoreetiliselt kasum 25,25 meetriste autorongide kasutusele võtmisel. Selleks uuritakse välja kulud ja tulud ning kasum pikemate autorongide kasutamisel võrreldes hetkel lubatud autorongidega mõõtmetega.

25,25 meetriste autorongide tasuvuse analüüs ja lõputöö abistaks transpordiametil sammu lähedamale pikemate autorongide Eesti liiklusesse lubamisega.

Esimeses peatükis analüüsitakse erinevaid katseid ja uurimusi Soomes, Rootsis, Taanis ja Hollandis. Uuringu käigus selgitatakse pikemate autorongide kasutuselevõttu ja autorongide kasutamise protsessi, millest saaks Eestis 25,25 meetriste autorongide katsetamise alustusega arvestada ja õppida.

Järgmises peatükis uuritakse erinevaid 25,25 meetriste autorongide kombinatsioone ja analüüsitakse nende kombinatsioone omavahel, et leida neist optimaalsemad lahendused, mida tulevikus Eestis arvesse võtta. Võrreldakse tavaliste autorongide ja pikkade autorongide dimensioonide ja massi erinevusi, et välja tuua pikemate autorongide hüved ja nendele autorongide soovitud tehnilisest poolest.

Kolmandas peatükis analüüsitakse sooritatud katsesõitu asulas ja maanteel 25,25 meetrise autorongiga Eestis. Asulasõidu katsel leitakse, kas autorong suudab läbida kitsamaid ringteid, asulateedel sõita ohutult ja sadamates manööverdada ilma takistusteta. Maantee sõidul analüüsitakse kütusekulu.

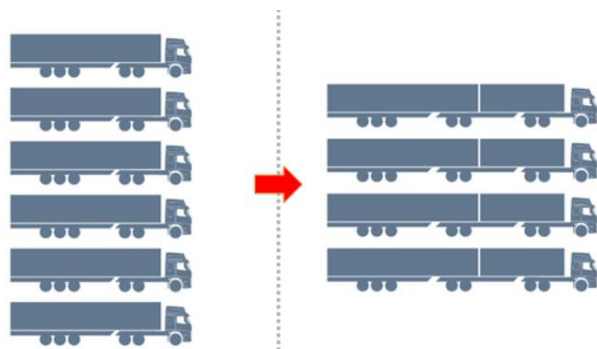
Neljandas peatükis kirjeldatakse lahti pikemate autorongide kulud ja tulud. Kulude artiklis analüüsitakse autorongi vajadust väiksemate intervallidega hoolduseks, rehvikulu suurenemist ja kütusekulu suurenemist. Töö lõpus analüüsitakse leitud andmetega 25,25 meetriste autorongide tasuvust ja sobivust Eestisse.

1. PIKAD AUTORONGID ERINEVATES RIIKIDES

Euroopa Liiduga ühinemisest alates ei ole Soomele ega Rootsile sobivad Euroopa Liidu direktiivi 96/53 kehtestatud autorongide pikkuse ja täismassi piirmäärad, kuna Soome ja Rootsi on juba eelnevalt kasutanud pikemaid autoronge, kui 18,75 meetrit, mis on direktiivis maksimaalne pikkus täishaagisega autorongile. Direktiivis on kirjutatud paragrahv 4.4b võimalikkus modulaarkonseptsioonile, mis võimaldab kasutada riigis pikemaid autoronge ja raske koorma vedamist, jäädes samas veokile ja haagisele eraldi määratud maksimaalse pikkuse, laiuse, kõrguse raamesse ja maksimaalsete teljekoormustele. [3] Soomele ja Rootsile on lisaks hakatud kasutama pikemaid autoronge näiteks Norras, Taanis, Hollandis, Austraalias, Uus-Meremaal ja Saksamaal. Modulaarkonseptsiooni kasutavate riikide arv tõuseb, kuna infrastruktuuril transpordi nõudlus kasvab, siis on vaja innovaatilist lähenemist, kuidas kaupa rohkem vedada, hoides ära teedel liikluse suurenemist ja hoides kokku saastamist keskkonnas, mis on EMS põhimõte. Kui rohkem riike lähevad üle modulaarkonseptsioonile, siis lihtsustub riikide vahel import ja eksport. Rootsis HCV Duo2 projekti pikemate autorongide hüved toodud

Tabel 1-s.

Tabel 1. HCT Duo2 projekti raames 25,25 meetriste autorongide eelised. [3]



Autorongide arv(tk)	6	4
Autorongide pikkus(m)	16,5	25,25
Kaubaruumi suurus(m3)	100	150
Kütusekulu(ml/m3km)	3,5	3,0
CO2 kogus(%)	100	85
Teekasutus(m)	499	368

Peatükis toob autor välja järgnevate riikide uurimised: Soome, Rootsi, Taani ja Hollandi.

Avalikustatud uurimised, uurimistööde ja raportite põhjal erinevates riikides näeb EMS autorongide positiivseid mõjusid ettevõtetele, riikidele, keskkonnale. Samuti tuuakse välja mitme riigi piloodiprogrammid, et analüüsida, kuidas peaks Eestis EMS autorongide teedele lubamist reguleerima. Uurimistöödest saab mõtteid, mis on EMS autorongide kulukamad pooled ja vead ning millised vigu vältida, kui alustada Eesti riigis EMS sõidukitega katseid.

1.1 Soome

Soome ja Rootsi ajalugu on sarnane pikemate autorongidega alates 1995. aastast. Piirangud kehtestati autorongi maksimaalseks pikkuseks 25,25 meetrit ja autorongi maksimaalseks täismassiks kuni 60 tonni, kusjuures maksimaalsed teljekoormused jäid samaks, mis kehtestatud euroopa direktiivis 96/85. [4]

Kuigi Soomes ei ole mainitud direktiivis ja vastupidiselt Rootsile, on Soomes võimalik kasutada 13,6 meetrilist poolhaagist 25,25 meetrilises autorongis ilma eelikuta. See on väga hinnatud Soome vedajate poolt, kes teevad riigisiseseid vedusid, kuna poolhaagis eelikuga kaalub rohkem ja võimaldab vedada vähem kaupa. Ilma eelikuta 25,25 meetrilise kombinatsiooniga autorongile on samuti hooldust kergem teha. [5]

Soomes tehtud uuringute ja katseperioodi tulemusena riigis otsustati laiendada 25,25 meetrilise autorongi täismassi piirnormi 60 tonnist 76 tonnini ilma suuremate piiranguteta. Uus regulatsioon võeti vastu Euroopa Liidu poolt ja hakkas kehtima 2013. aasta sügisest. Soomes jätkati uuringutega peale uue regulatsiooni vastuvõttu veel pikemate ja raskemate autorongide katsetamistega. 2018. aasta kevadel otsustati alustada uute regulatsioonide kehtestamistega, mis tõstaksid autorongi maksimaalse pikkuse 34,5 meetrini. See regulatsioon sai kinnituse ja jõustus 2019. aasta jaanuaris. Katsed raskemate autorongidega jätkuvad, mille täismass oleks kuni 88 tonni. [5]

1.2 Rootsi

Rootsis uuringus osalenud ettevõtted riigisiseseid veod sõidetakse EMS kombinatsiooniga, kuid nendel autorongidel on ka võimalus lisahaagis lahti ühendada. See annab võimaluse veose vedada sihtkohta, kus EMS sõidukid liigelda ei saa sõidutee kaalupiirangu tõttu või tegemist on naaberriigiga, kus EMS sõidukid ei ole lubatud. Ühendades EMS sõiduki autotongi lahti ja sõites edasi Euroopa Liidu direktiivi nõuetele, saab vedada veost edasi, kuigi veetava kauba mahtuvus jääb poole vähemaks. Rootsis rahvusvahelise kaubaveoga tegelevad ettevõtted, kes võtsid sellest uuringust osa, kirjutavad raportisse, et kauba vedamise efektiivsus ja logistika areneks kõvasti, kui EMS autorongid

oleksid lubatud terves Euroopas. See annaks võimaluse ühe pika autotongiga sõita terve marsruudi ja ei peaks mõnel juhul peatuma ja autorongi ümber korrigeerima. [6]

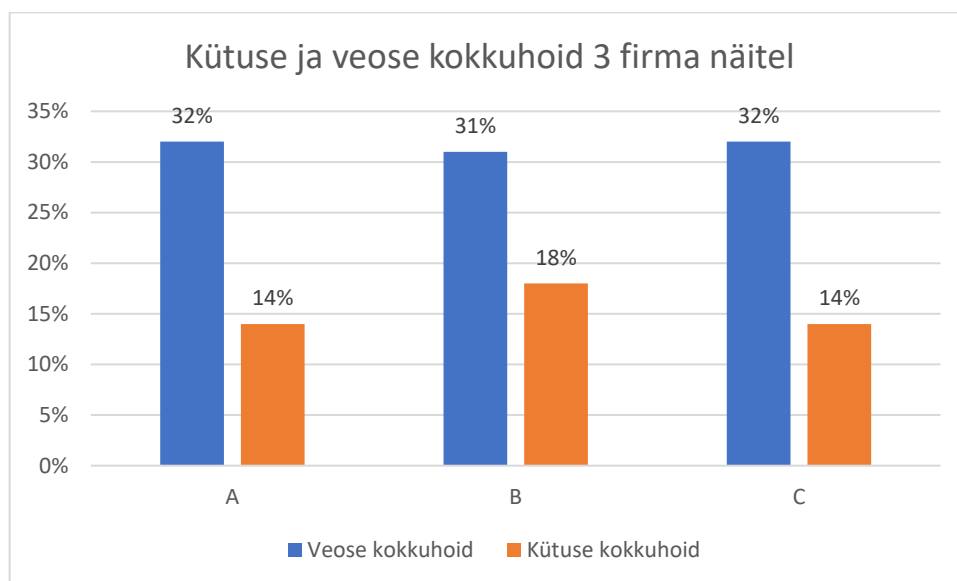
Uuring Rootsi Malmö Ülikooli poolt toob välja kütuse kokkuhoiu. 4 veokit sooritasid kõik 12 vedu samal marsruudil teel Helsinki – Helsingborg, mis teeb kokku 48 vedu. 44 vedu tehti moodul B konfiguratsiooniga, ülejäänud 4 poolhaagisega sadulveokiga. Kõigi masinate kütusekulu fikseeriti veokite juhtmoodulitest ja kütusetaset mõõdeti veoki paagi kütusetaseme anduriga. Moodul B autorongi keskmine täismass oli umbes 50,6 tonni ja poolhaagisega sadulveoki keskmine täismass ligikaudu 42,4 tonni, mis on peaaegu poolhaagisega sadulveoki maksimaalne lubatud täismass 44 tonni direktiivi EU 96/53 järgi. Katse käigus oli 3 poolhaagisega sadulveokite kütusekulu võit 20,9 liitrit 100 kilomeetri kohta. Kütusekulu arvutustabel toodud Tabel 2-s. [7]

Tabel 2. Kütusekulu kasum EMS ja tavaliste autrongidega võrreldes. [7]

Keskmine kütusekulu	
Moodul B	35,6 l/100km
Poolhaagisega sadulveok (16,5m)	30,7 l/100km
3 poolhaagisega sadulveokite kütusekulu	92,1 l/100km
2 moodul B kütusekulu	71,2 l/100km
Kütusekulu vahe	20,9 l/100km
Protsendi vahe	22%

Uuring teostatud Rootsis Transpordi- ja logistikauuringute instituudi poolt, kirjutavad raportis, et kütuse kokkuhoid ulatub 14-18%, olenedes veose eeltingimustest. See kalkulatsioon põhineb salvestatud veostele 3 erineva ettevõttega ja vastavalt euroopa liidu direktiivile lubatud autorongidega. Need autorongid asendati EMS autorongi kombinatsioonidega. Tabelis kütusekulu kokkuhoiu variatsioon kolme ettevõtte vahel tuleneb katse alguses autorongide ja mõjuvate tegurite eeltingimustest ja üks suur tegur oli kasutatud EMS autorongide kombinatsioonide erinevus. Ettevõtte B masinapargi kütusekulu kokkuhoid on 18%, see ettevõtte kasutas enamjaolt kombinatsiooni sadulveokid poolhaagistega, mille taha veel haagiti kesktelik haagis. Ettevõtted A ja C kasutasid täishaagiseid, millel poolhaagis taga ning veoki ja haagise ühendus tehti eelikuga. Ettevõtete kütuse kokkuhoid ei olnud nii suur, kui ettevõttel B, mis on ka seos nende tulemuste erisusel. Vedude arvu vähenemine oli suurepärane kõigi ettevõtte puhul. Euroopa modulaarsüsteemi printsiip seisneb selles, et 3 tavalise autorongi asemel kasutatakse kahte 25,25 meetrilist autorongi. Kui kolmest veokist ühte ei kasutata, siis 100% üks veok moodustub ca 33,3%. Katse tulemusena kõigil ettevõtetel oli vedusid ca 32% vähem, mis on väga lähedal EMS autorongi vedude vähenemise

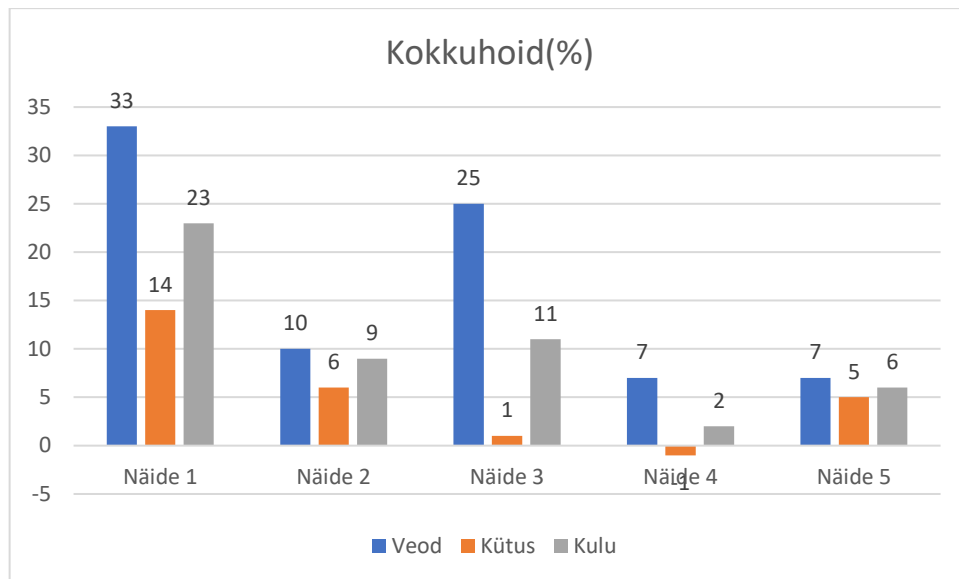
põhimõttele. Illustreeriv joonis toodud Sele 1-s. [8]



Sele 1. Kütuse ja veose kokkuhoid 3 firma näitel. [8]

NEA, Rootsis uuringuselts, kasutas samasid andmeid, mis Transpordi- ja logistikauuringute instituutki ja koostas raporti, kus minnakse raportitega rohkem süvitsi. [9] Järgnevalt koostati 5 stsenaariumi:

1. Piiranguid ei ole: tavalised autorongid asendatakse EMS autorongide kombinatsioonidega. See stsenaarium on ka kõige realistlikum, mida riigis tehakse.
2. Poolhaagisega sadulveok ei ole asendatav pikema autorongiga. Teised faktorid peale mahtuvuse võib olla põhjus selle kombinatsiooni valikul, näiteks kergem koorma laadmine või mittejagatav koorem kahe haagise vahel.
3. Kaks vedu erinevatel päevadel ei saa asendada ühe ainsa veoga pika autorongi puhul.
4. Kombinatsioon punktidest 2 ja 3.
5. Halvim situatsioon arendatud. Neljandas situatsioonis EMS autoronge kasutatakse isegi, kui mahtuvus tavalisele autotongile on piisav.



Sele 2. 5 stsenaariumi põhjal vedude, kütusekulu ja üldkulude variatsioon. [9]

Sele 2-s on koostatud tabel, kus on vedude, kütusekulu ja üldkulude kokkuhoid protsentuaalselt 5 erineva stsenaariumi korral. Esimene näide on paralleelne Sele 1 välja toodud ettevõtte A tulemusega. Samuti kõik kulud esimeses näites on kõige positiivsemad, mis teeb sellest parima stsenaariumi. Näidetes 3 ja 4 on kütusekulud näitajad kõige halvemad ja isegi neljandas näites natukene miinuses. Kuna iga modulaarsüsteemi autorong saab peale laadida rohkem kaupa, kui tavaline veok, siis kasutatavate masinate number väheneb ja toob positiivsemad näitajad enamjaolt kütusekuludes, vedudes ja kulutustes, veel täpsemalt kulud investeeringus, hoolduses, kindlustuses ja remondis.

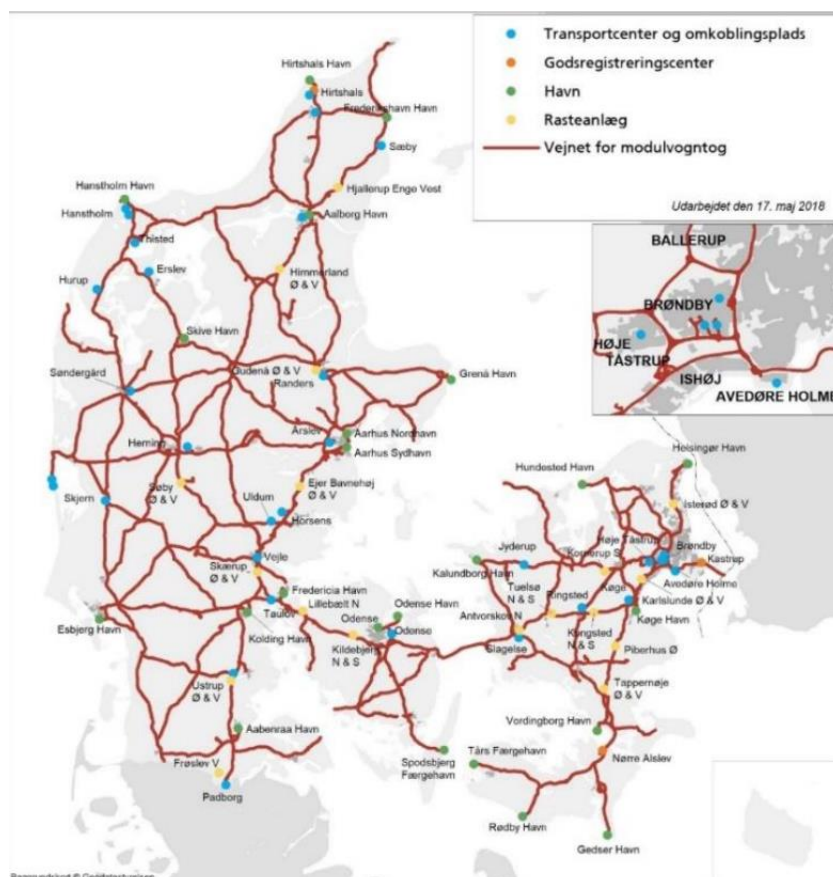
Rootsis pika autorongi veok on üldiselt eeldavalt kallim, kui tavalise autorongi veok, kui võtta arvesse, et veok maksab rohkem ja vajab rohkem hooldust. Põhiline põhjus rohkemaks hooldusvajaduseks on pikema autorongi moodustamine, kuna lisahaagis põhjustab probleeme EBS süsteemis. Probleem seisneb selles, et süsteem on programmeeritud kahe üksuse jaoks – veok ja haagis, kuigi EMS autorong koosneb kolmest üksusest. Seega pidurite reguleerimine on keerulisem. Kui viimasel haagisel on pidurid valesti kalibreeritud ja pidurdab tugevamalt, kui peaks, haagise inerts kiiresti jookseb ülejäänud autorongile selga ja haagis võib libiseda risti autoteega. [10]

1.3 Taani

Pikaajaline pilootprogramm 25,25 meetriliste autorongidega, mille täismass on lubatud kuni 60 tonni, on tehtud Taanis alates aastast 2008. Siiani ei ole kindlat otsust vastu võetud minemaks piloodiprogrammi staatusest jäädavale regulatsiooni muutusele. [5]

Taani katsed aastal 2008 limiteeritud teede võrgustikul koosnes umbes 1000 kilomeetrit riigiteedest

ja 10 kilomeetrit kohalikest teedest. Teede valik on tehtud nii, et 36 erinevat keskust oleks üksteisele kättesaadav EMS autorongide transpordiks, näiteks logistikakeskused, erinevad ettevõtete alad ja sadamad. Sellest aastast on katseid pikendatud kaks korda. Hetkel käiv katseaeg kestab kuni 2030. aastani, kuigi EMS autorongide kasutus on juba üleriigiline. 2018. aasta seisuga on Taanis peaaegu kõik riigiteed avatud EMS autorongidele sõitmiseks. Kokkuvõttes peaaegu 4200 km riigiteid ja 585 kohalikke teid on lubatud EMS autorongidele sõitmiseks, teed ühendavad 240 erinevat ala, keskust või sadamat. Teedevõrgustik välja toodud allpool Sele 3-s. [11]



Sele 3. Taanis lubatud EMS sõidukite teedevõrk. [11]

Autor soovitab Eesti transpordiametil Taani pikkade autorongide piloodiprojekti näitel Eestis piloodiprojekti alustada alguses samuti limiteeritud teede võrku, mille infrastruktuur kannataks kuni 60 tonni autoronge, teede ja ristmike laius ning ringteede suurus võimaldaks 25,25 meetriste autorongide liiklemist ja jooksvalt avada liiklemisele rohkem teesid, kui võimalik.

1.4 Holland

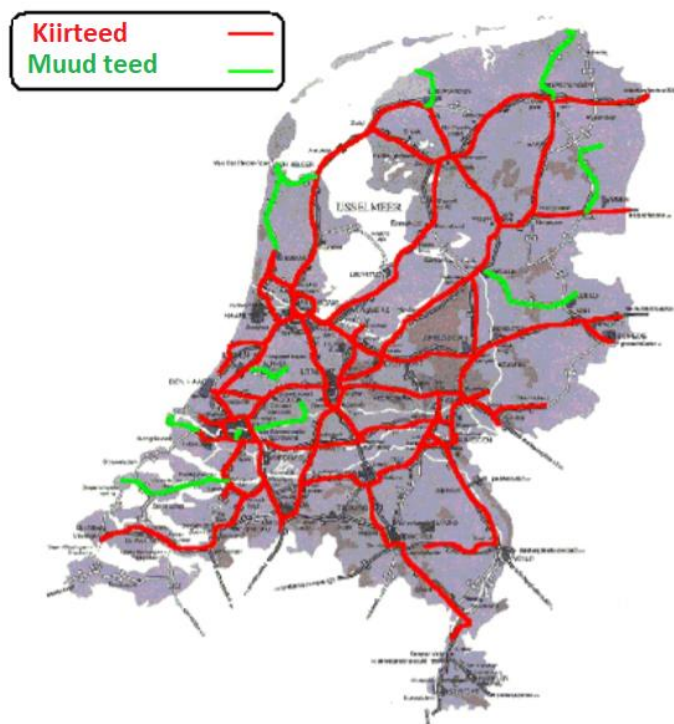
Alates 2000. aastast on Hollandis tehtud katseid pikemate ja raskemate autorongidega. Erinevaid piirkondi seoses EMS autorongidele üleminekuks on uuritud, mis koosnevad liiklusohutusest,

ökonoomia ja keskkonna tagajärgedest. Lõplik katse toimus 77 maanteeveoga tegeleva ettevõttega ja 156 EMS autorongist. Ettevõtetele lubati ligipääs tervele Hollandi kiirtee võrgule ja igale ettevõttele anti valida 10 maanteed, mis ei olnud lubatud kiirtee valikus. Valitud teed ei vajanud infrastruktuuri muudatusi, et katse läbi viia. [12] Teedevõrgustik kujutatud pealdises Sele 4.

Hollandis raskeveokid moodustavad kogu sõidukite arvust 7%, mis on ligi 8000 veokit. Katse tulemuste põhjal 8000 veokit saab asendada 6000 EMS autorongiga. [12]

See annaks järgneva tulemuse annuaalselt:

- 1,8% vähendatud transporditasu, mis on vastav umbes 216 miljonile eurole.
- Vähem hukkunuid 4 inimese võrra and 13 inimese võrra vigastusi vähem, mis on vastav umbes 9 miljonile eurole.
- Positiivsed mõjud keskkonnale, mis on vastav umbes 24 miljonile eurole.
- 0,7% vähem ummikuid, mis on vastav umbes 10 miljonile eurole.
- 0,05% suurenenud maanteevedu, vastav 266 000 tonnile ja vastavalt maanteeveo suurenemisele väheneb veetransport 0,2% ja raudtee transport 1,4%. Hollandis läbiviidud katsed kinnitavad, et on võimalik limiteeritud teevõrgustikuga saavutada positiivseid tulemusi pikema autorongiga nii liiklusohutuses, ökonoomia kui ka keskkonna heaks. Tulemused olid Hollandi transpordiameti jaoks head ja rahuldavad ning 2013. aastast on lubatud maksimaalse pikkusega 25,25 meetrilised autorongid, mille lubatud täismass on 60 tonni. [5]



Sele 4. Hollandis valitud EMS sõidukitele teedevõrgustik. [12]

2. 25,25 MEETRISTE AUTORONGIDE KOMBINATSIOONID

Eestis kehtivad piirangud, mis on sätestatud määrus nr. 42 lisa 1 ja on kooskõlas Euroopa Liidu direktiiviga 96/53/EC, et Euroopa riikide vaheliste riikide ja muude riikide vahel, kui lubatud samad sõidukite ja haagiste parameetrid oleks sõidukite ja haagiste maksimaalsed pikkused ja massid riikide vahel kooskõlas ning sõidukite import ja eksport oleks võimalik. Euroopas riigid kasutavad direktiivi 96/53/EC sätestatud piirnorme enda riikide seadustes, et põhiliste maksimaalsete pikkustega ja massidega autorongid saaksid riikide vahel sõita, kuigi samas direktiivis on ka punkt, kus Direktiivi EU 96/53 alusel koosneb autorong mootorsõidukist, mis liigub teedel omal jõul ning haagisest või poolhaagisest. Haagis on kaupade vedamiseks ehitatud ja mootorsõidukiga ühendamiseks mõeldud sõiduk. Haagisest ja mootorsõidukist koosneb autorongi tüüp – täis -või kesktelikhaagis. Poolhaagis on samuti kaupade vedamiseks ehitatud ja mootorsõidukiga ühendamiseks mõeldud sõiduk, aga poolhaagise üks osa toetub mootorsõidukile, kusjuures mootorsõiduk kannab suuremat osa poolhaagise massist.

2.1 Poolhaagisega veok

See autorongi tüüp koosneb sadulveokist ja poolhaagisest. Poolhaagise seesmised mõõdud tavapäraselt on 13,6 x 2,45 x 2,7 meetrit, kuid võib esineda variatsioone. [13] Vastavalt seesmistele mõõtudele leiab kaubaruumi mahtuvuse kasutades kaubaruumi kõrgust, laiust ja pikkust ning risttahuka ruumala valemit $S = l \times w \times h$. Kaubaruumi mahtuvus kuupmeetrites on $90m^3$.

Poolhaagise seesmise aluspinna pindala suuruse järgi saab arvutada euroaluste mahtuvuse kaubaruumis. Ristküliku kõrguseks ja laiuseks kasutatakse poolhaagise mõõtusi 2,45 x 13,6 meetrit ning pindala valemit $S = a \times b$. Poolhaagise seesmise pinna pindala on $33,32m^2$. Euroaluse pindala on $0,96m^2$. Jagades euroaluste pindala poolhaagise pinna pindalaga, saab tulemuseks ca 34,7 euroaluse mahtuvuse, kuid vastavalt autojuhtide kogemusele, ei mahu rohkem aluseid poolhaagisele, kui 33 euroalust. [14, 9] Euroaluste mahtuvus toodud Sele 5.



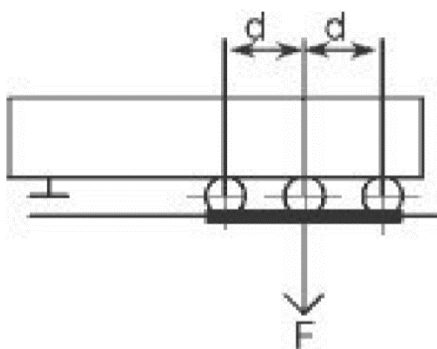
Sele 5. Euroaluste mahtuvus poolhaagisele pealtvaates. [13]

Poolhaagise maksimaalne pikkus on lubatud kuni 13,6 meetrit ja autorongi kogupikkus 16,5 meetrit. Maksimaalse lubatud täismassi 44 tonni kaaluva poolhaagise jaoks on vaja 3 või enam teljelist sadulveokit ja 3 või enam teljelist poolhaagist.



Sele 6. Sadulveok poolhaagisega külgvaade. [13]

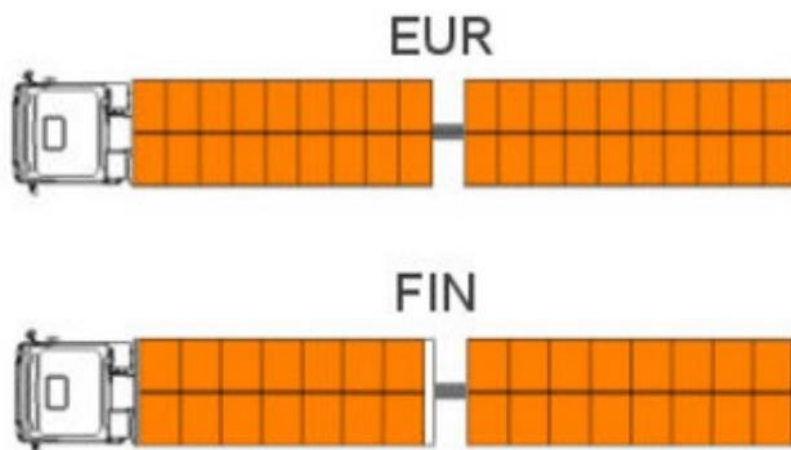
Poolhaagise maksimaalse kandejõu määrab, mitu telge on haagisel ja telgede omavahelise kaugus. Vaadates majanduse -ja kommunikatsiooniministri määrust nr. 42 punkti 1 alusel poolhaagise maksimaalset kande võimet, siis poolhaagisel peab olema 3 telge, mille telgede üksteise keskpunkti kaugus üksteisest on üle 1,3 meetri, kuid mitte rohkem kui 1,4 meetrit. Nende nõuetega on lubatud kanda kuni 24 tonni, kusjuures 1/3 järelhaagise kogukaalust kandub veoki tagumisele teljele. [1] Telgede omavahelised kaugused näidatud Sele 7.



Sele 7. Telgede omavahelised kaugused väärtusega d . [1]

2.2 Täishaagisega veok

Autorong koosneb vedukautost ja järelhaagisest ehk kahest eraldiseisvast haagise osast. Järelhaagiseks on täishaagis või kesktelik haagis. Veoki kaubaruumi mõõdud on $7,3 \times 2,45 \times 2,9$ meetrit ja järelhaagise kaubaruumi mõõdud $8,1 \times 2,45 \times 2,9$ meetrit. Kaubaruumi pikkustes võib esineda variatsioone. Kaubaruumi mahtuvus kuupmeetrites on $110 - 120 \text{ cm}^3$. Euroaluseid mahub mõlema kaubaruumi aluspinnale kokku 38 tükki, 18 euroalust veoki ja 20 euroalust järelhaagise kaubaruumi. Euroaluste mahtuvus toodud Sele 8-s. [13]



Sele 8. Euroaluste mahtuvus täishaagisele pealtvaates. [13]

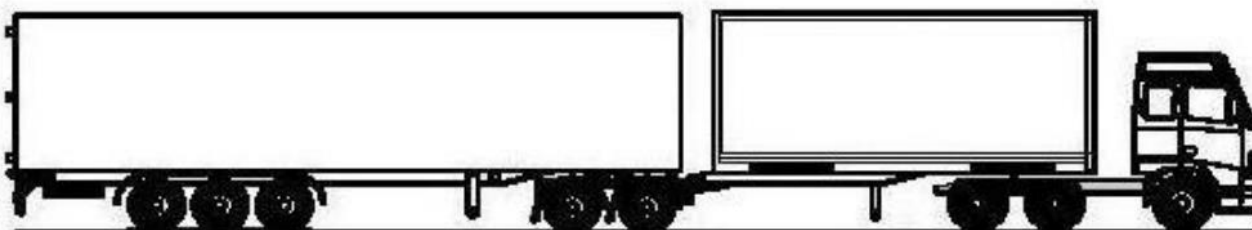
Täishaagisega veoki mõlema kaubaruumi maksimaalne pikkus on lubatud kuni 15.65 meetrit ja täishaagise kogupikkus 18,75 meetrit. Maksimaalse lubatud täismassi 44 tonni kaaluva autrongi jaoks on vaja 3 või enam teljelist veokit ja 3 või enam teljelist haagist. Lubatud kandevõime on kuni 24 tonni. [1]



Sele 9. 2-teljeline veok -ja haagis koos kaubaruumide seesmiste mõõtmetega. [13]

2.3 C moodul

EMS autorongi variatsioon C moodul ehk B-link koosneb sadulveokist, pikisuunas hüdrauliliselt pikendatava kerega haagis, millel tagapool sadulseade poolhaagise haakimiseks. Üleminekul autorongil oleks vaja B-link haagis vahelülits veoki ja teise haagise vahele. C mooduli autorongi koost kujutatud Sele 10.



Sele 10. Moodul C autorong kõrvaltvaates [6]

Situatsioonides, kus mõnele alale ei pääse pikemad, kui 18,75 meetrist pikemad autorongid, siis C mooduli eripäraks on mõlema haagise haakimine individuaalselt. Sadulveokil on sadulseade ja B-link haagisel kui ka poolhaagisel on sadulhaagise veopolt, mis tähendab, et pikalt autorongilt tuleb poolhaagis lahti haakida, käia esimese haagisega alal ära ja järgnevalt vahetada haagised ning uuesti alas maha laadida ja/või peale laadida. Teiste moodulitega selline võimalus puudub.

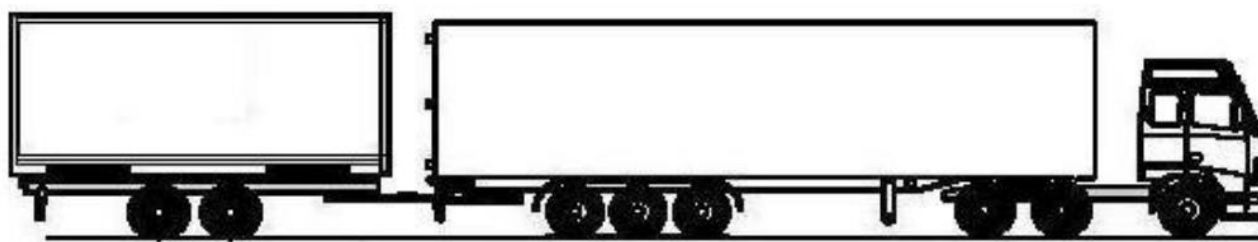
Sõltuvalt autotootjast on sadulveokite tühikaal keskmiselt 9000kg. B-link haagise tühikaal ulatub tavaliselt kuni 7300 kg ja 3 teljega poolhaagise tühikaal vastavalt 6500 kuni 7000 kg. Summeerides veoki ja kahe haagise tühikaalud, võrdub autorongi tühikaaluks umbes 22800 kuni 23300 kg.

Modulaarkontseptsiooni põhjal on autotongi täismassiks 60000 kg, mis jätab autorongi kandevõimeks 37200 kuni 37700 kg, mis on tavalise 25,25 meetrilise autorongi kandevõimele 36000 kg. Võrreldes poolhaagisega sadulveoki kandevõimega on see umbes 12000 kg ehk 50% rohkem. [15]

B-link haagise kaubaruum saab olla pikkuselt kuni 7,82 meetrit, siseruumi mahub kuni 18 euroalust ja poolhaagisele mahub 33 euroalust. Kokku on võimalik moodul C autorongil vedada 51 euroalust, mis on 18 euroalust ehk 35% rohkem, kui tavaline poolhaagisega veok. [15]

2.4 B moodul

B moodul autorong koosneb sadulveokist, mille järel poolhaagis, millele on taha kinnitatud täis- ja kesktelik haagise haakesead, et poolhaagisele järgi haakida kesktelik haagis. B mooduli ehitus välja toodud allpool Sele 11.



Sele 11. B moodul autorongi joonis kõrvalvaates. [6]

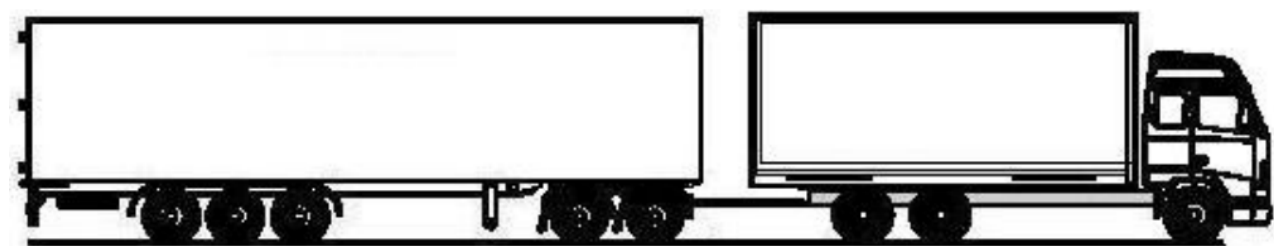
Selle kombinatsiooni puhul on halvaks pooleks see, et kesktelik haagise järele panemiseks on vaja poolhaagisele vastavat haakeseadet. Haakeseadet on võimalik poolhaagisele paigaldada, kui poolhaagise raam on sobilik paigalduse jaoks. Veduki järel poolhaagis juba on teatud nurga lõikaja oma pika kere poolest, kui B moodulil mõlema haagise sillad ei pööra, siis poolhaagise järel kesktelik haagis lõikab manööverdamisel palju nurka, mis osutub raskeks kitsamatel ristmikel ja väiksematel ringteedel. [16]

Veoki keskmine tühikaal on keskmiselt 9000 kg, 3 teljega poolhaagis kaalub tühjalt 6500 kuni 7000 kg ja kesktelik haagis 5800 kuni 6600 kg vastavalt haagise kere ehitusest ja margist. Kokku on autorongi tühikaal umbes 21300 kg kuni 22600 kg. Autorongi täismassi kuni 60 000 kg puhul võrdub kandevõime 38700 kuni 37400 kg. [17] Kuigi vastavalt telgede arvule, on maksimaalne kandevõime limiteeritud 36000 kg, lisakandevõime annab siiski varuteguri, et teljed ei oleks maksimaalselt koormatud. Antud autorongil ei ole B-link haagist ega eelikut vahel, millest tuleneb ka kaaluvõit. Samas antud kombinatsiooni kasutatakse väga harva ja kuna haakeseadmega poolhaagis ei ole

levinud kombinatsioon ja säärast poolhaagist on raske hankida, seega ei ole lisa kandevõime suurenemisest lõpuks ja järeluseks, see kombinatsioon on kõige mittevajalikum kolmest kombinatsioonist. [18]

2.5 A moodul

A moodul koosneb 10-meetrisest veokist, mille järel tiislil täishaagise haakeseadmega ja sadulseadmega eelik ning poolhaagisest. Autorongi koost kujutatud Sele 12.



Sele 12. Moodul A autorong kõrvaltvaate joonis. [6]

Nagu B moodulil võrreldes A mooduliga, haagistega sõitmine individuaalselt on võimatu. Kuigi see kombinatsioon on tõestanud ennast kõige paremini manööverdamistel, kuna mõlemad autorongi liigendid asuvad keskel ja üksteisele suhteliselt lähedal.

3-teljeline veoauto tühi mass on keskmiselt 14000 kg, eeliku tühi mass 2500 kg ja 3-teljeline poolhaagise tühi mass 6500 kuni 7000 kg. Autorongi keskmine tühi mass on 23500 kg ja kandevõime on ca 36000 kg, mis on võrdne autorongi lubatud kandevõimele vastavalt Euroopa direktiivile 96/53. [19]

2.6 Tehnilised tingimused veoautodele

Järgnevad tehnilised tingimused on soovituslikud Eestis 25,25 meetristele autorongi veoautodele.

Lähtudes Soome Traficom erivedude seadustikust, saab sealt veokile nõutud mootorivõimsuse vastavalt võimsuse ja autorongi massi suhtele kasutada Eestis 60 tonnisele autorongile minimaalse mootorivõimsuse paika panna. [20] 1 tonn massi kohta on vaja $5kW/1t$ erivõimsust. Minimaalne mootorivõimsus veokile, mille autorongi täismass on kuni 60 tonni, arvutatakse erivõimsuse valemiga (1): [21]

$$\rho = \frac{N}{m} \Rightarrow N = \rho \times m, \quad (1)$$

kus ρ -Erivõimsus(W/kg),

N -Võimsus(W),

m -Mass(kg).

$$N = \rho \times m, \quad (1)$$

$$N = 5 \times 60,$$

kus ρ – 5kW/1t,

N – 300kW,

m – 60t.

60 tonnise autorongi jaoks on vaja minimaalselt 300kW veokit. Autor soovib kindluse mõttes leitud võimsusele lisada 10% lisavõimsust, et autorong kiirendustel ei segaks liiklust ja teetõusudel oleks suurem edu sõitmisel. 10% lisavõimsusega oleks veoki minimaalne mootorivõimsuse nõue 330kW.

Ühe veoteljega 4 x 2 rattavalemiga vedukit saab kasutada kuni 56- tonnise autorongina. Kuna transpordiameti pilootprojekti raames täismass autorongil on 60 tonni, siis 4 x 2 rattavalemiga veok ei ole piisav. Ühe veotelje ja EU nõuetele vastava tõstetava abiteljega 6 x 2 rattavalemiga vedukit saab kasutada kuni 72- tonnise autorongina, mis oleks optimaalne 25,25 meetrise ja 60 tonni täismassi autorongil veoauto rattavalem. [22]

25,25 meetri pikkuse autorongi veoki EURO-heitgaasiklass võiks olla sätestatud paralleelselt liikluseaduse §34.1 punkt 8.2 järgi, mis määrab, et erivedu teostatakse autorongiga, mille veduk kuulub EURO V või vähem saastavasse EURO-heitgaasiklassi. [23] Suurema koormaga kaasneb veokile kütusekulu tõus, seega veoki heitgaasi kogus ka tõuseb, piirates lubatud vedavaid veokite heitgaasiklassi, tagatakse keskkonna kokkuvõtte ja õhu puhtuse suurenemine. [16]

3. KATSED 25,25 MEETRILISE AUTORONGIGA EESTI TEEDEL

Tõestamaks, et 25,25 meetrine autorong saab liigelda Eesti teedel, ristmikutel ja ringteedel oli vaja teostada katsesõit. Katse eesmärk on jälgida autorongi pöörete raadiusi ristmikel ja ringteedel ning välja tuua eksimuskohti, kui autorongi järel haagis hakkab liiga palju lõikama pidevjooni või ei jää enda sõidusuunda. Samuti läbi veoki süsteemis oleva telematika seadmega koguda andmeid: kütusekulu ja mootori koormus tühi- ja täismassiga, kütusekulu maanteel 80 km/h, 85 km/h ja 90 km/h. Katse tulemuse raportis autor tõestab, et 25,25 meetrise autorongiga on liiklemine võimalik, ohutu ja pikkade autorongidega on kokkuvõttes tulusam sõita, kui hetkel kehtivate seadustega autorongidega. Koostöös Stonewolf OÜ, Transpordiametiga, Haapsalu linnavalitsusega ja Tallinna Keskkonna -ja kommunaalametiga viiakse katse läbi.

1. Liidendsõiduki andmed

Tuutakse välja autorongi andmed ja kasutatud veoki, eeliku ja poolhaagise andmed. (Tabel 3)

Tabel 3. Veoki tehnilised andmed.

Mark	Scania		Lisad	Hüdrotõstuk
Mudel	R500			
Aasta	2020		Tühimass	14680kg
Kategooria	Veoauto, furgoon		Registrimass	26000kg
Mootor	12742cm ³		Täismass	28000kg
Mootori võimsus	368kW		Kandevõime	11320kg
Kütus	Diisel			
Käigukast	Automaat		Teljed	
Veoskeem	6x2		Lubatud teljekoormused	
Heitenorm	EURO VI		1.telg	9000kg
			2.telg	11500kg
			3.telg	7500kg

Tabel 4. Eeliku tehnilised andmed.

Mark	Limetec
Mudel	VPA218
Aasta	2021
Kategooria	eelik
Tühimass	2280kg
Registrimass	18000kg
Täismass	18000kg
Kandevõime	15720kg
Teljed	
Lubatud teljekoormused	
1.telg	9000kg
2.telg	9000kg



Sele 13. Limetec VPA218 eelik (autori pilt)

Tabel 5. Poolhaagise tehnilised andmed.

Mark	Schmitz
Mudel	Cargopull SCB*S3T
Aasta	2021
Kategooria	madel
Tühimass	6364kg
Registrimass	39000kg
Täismass	39000kg
Kandevõime	32636kg
Teljed	
Lubatud teljekoormused	
1.telg	9000kg
2.telg	9000kg
3.telg	9000kg

2. Sõidukatse autorong

Sõidukatse autorongi pikkus mõõdeti 25,23 meetrit. Autorongist pilt allpool Sele 14-s. Veoki omapäraks on kolmanda ehk veoki kõige viimase silla pööratavus, mis aitab kaasa 25,25 meetrise autorongi paremale manööverdamisele ristmikel ja ringteedel.



Sele 14. Sõidukatse autorong koos teljevahedega.

3.1 Sõidukatse asulas

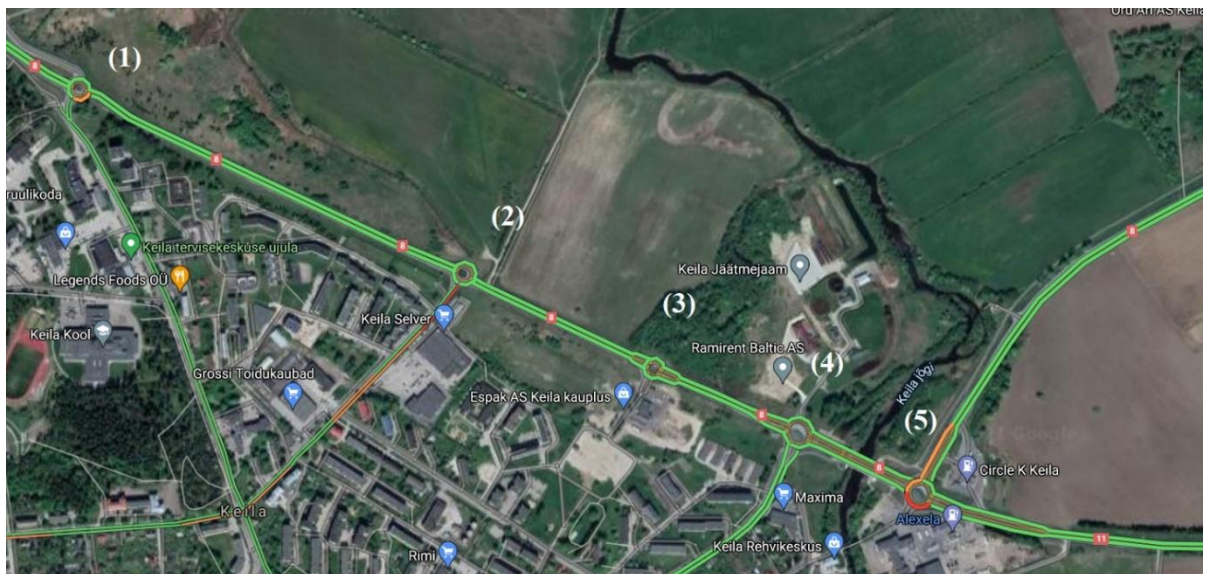
Asulas sõidukatse eesmärk oli katsetada pika autorongi võimekust osaleda Harjumaal liikluses ja vaadelda, et pikk autorong ei takistaks liiklust, samuti manööverdamisvõimet ristmikel ja ringteedel.



Sele 15. Linnasõidu marsruudi punktid Scania jälgimiskeskonnast.

3.1.1 Sõidukatse ringristmikel

Katsetuse ringteedeks valiti Keila asulas 8. põhimaantee 5 ringteed ja algavad ringteest, mis ühendab põhimaanteed 11 ja 8 ning viimasel ringteel, mis ühendab 8. põhimaanteed ja teed nr. 194. (Sele 16)

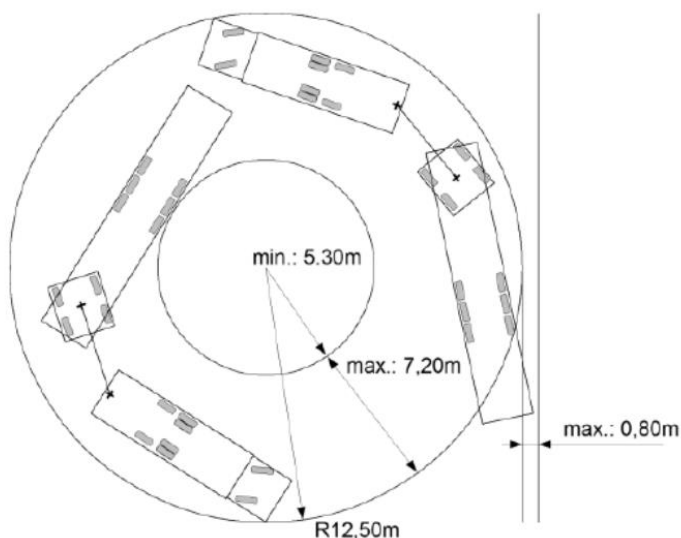


Sele 16. Valitud ringteed kujutatud satelliitkaardil. [24]

Ringteedel siseneti põhimaanteed pidi ja väljuti väljasõidul, kuhu viis põhimaantee edasi, imiteerides

piki põhimaanteed sõitu, läbides ringteed. Vaadeldi, kuidas autorong igat ringteed läbib ja autorong ei tohtinud lõigata teisi sõiduradasid, järelhaagis ei tohtinud siseneda pööramisel ringtee tsentris olevale äärekivile. Igal ringteel tehti paar täisringi imiteerides ringteel nõ. vasakpööret või tagasipööret, kehtisid samad tingimused, mis põhimaantee sõidul ringtee läbimisel. Ringteed valiti kahel põhjusel: need ringteed on oma mõõtude poolest kitsad ja esindavad Eestis kitsamad ringteid ja see teelõik ühendab Paldiski terminali ja sadamat ning ligipääsu Tallinna linna poole, mis on planeeritud üks lubatud teelõikudest 25,25 meetrise autorongile. Katse on samuti nõutud määruses nr. 42 lisa nr. 1 kood 1105, kus autorongid peavad saama liigelda ringteel, mille väline raadius on 12,5 meetrit ja sisemine raadius 5,3 meetrit, kus autorongi ükski punkt ei tohi väljuda kaugemale kui 0,8m ja kontrollimine nõutud katsesõiduga.(Sele 17) [1]

Katsesõidul autorong ei ületanud määratud 0,8 meetrit ja katsesõit ringteedel oli edukas.



Sele 17. Autorongiga ringtee läbimise mõõtmed paika pandud määruses nr. 42 lisa 1 selgitamine joonisega. [25]

3.1.2 Katsesõit asulas ja sadamates

Peale Keila katset sõideti edasi Muuga sadama poole mööda põhimaanteed nr. 8 ja seal läheduses kitsamatel teedel kaasaarvatud erinevatel kitsamatel ristmikel, et katsetada pika autorongi võimekust keerata paremale ja vasakule kitsastel ristmikel, mis läks edukalt. Autorongi manööverdamisega hätta ei jäänud ja autorong keeras ilma suurema lõikamiseta ristmikel.

Imiteeriti sadamates sõitu, kuna veoseid viiakse ja tuuakse autorongidega sadamas ja sinna suunduvat marsruuti. Autorongidega katsetati kohapeale sõitu ja territooriumil sõitu Muuga sadamas ja

Tallinnas D-terminalis. Katse eesmärk oli vaadelda, kas autorong saab hakkama sadamates ja sinna sõites manööverdamisega. D-terminali sõideti Muuga sadamast läbi Vão sõlme edasi Laagna teele, sealt Reidi teele, kust keerati D-terminali. Katsepäeval oli veel toimumas Vão sõlme ümberehitus, mistõttu teed olid kitsamad kui tavaliselt ja tekkis katsel lisatest, kuidas 25,25 meetrine autorong saaks hakkama teeremondiga. (Sele 18) Ükski kord marsruudil probleeme ei tekkinud ja sadamates autorongiga sai edukalt ringi sõita.



Sele 18. Autorong Vão sõlme ehituselt suunaga Laagna tee poole manööverdamas kitsas olukorras.

3.2 Sõidukatse maanteel

Maanteekatsel sõitis autorongi juht keskmise kiirusega 85km/h, et saada optimaalne kütusekulu. Esimene vedu oli marsruudiga Lagedi - Haapsalu, kus autorongi peal oli umbes 24-25 tonni kivimaterjali. Kauba kaal on samaväärne, mis tavalistel autorongidel suurim lubatud kandevõime. Esimese veo korral keskmine kütusekulu oli 40,3 l/100km.

Esimese kauba mahalaadimise ja teise kauba peale laadimine toimusid erinevates kohtades, sõideti marsruudil Haapsalu – Arumetsa Fibo tehasesse. Sellel marsruudil saab jälgida autorongi kütusekulu tühikaaluga. Keskmine kütusekulu oli 35,3 l/100km.

Viimane vedu oli autorongi täismassiga 60 tonni ehk kauba kaal oli umbes 34 tonni. Marsruudi Arumetsa – Tallinn Espak teekonna keskmine kütusekulu oli 38,3 l/100km.

Kütusekulu erinevus kujunes tühimassiga ja erinevate koorma masside vedamisel. 16 tonnise kivi materjali vedamisel oli kütusekulu ca 2l/100km suurem. Erinevad faktorid mõjutavad sellist kütusekulu erinevust, kuna esimest vedu alustati, kui veoauto mootori töötemperatuur ei olnud veel

optimaalne ja hommikul oli veose teekonna alguses suurem liiklus. Kõige mõjuvõimsam faktor on autorongi kaubaruumide ehitus. Nii veoauto, kui ka poolhaagise kaubaruumi ehitus on lahtise kastiga furgoonehitus, kus poolhaagisel on veel esisein ees, mis tekitab aerodünaamikas tuuletakistuse ja veoauto tahetud kiiruse saamiseks on vaja põletada rohkem kütust.

Kuna esimese veose kauba kõrgus jäi kastiseinte kõrgustega samaks, siis poolhaagise eesmine sein tekitas sõites tuuletakistuse. Järgnevalt sõideti tühimassiga järgmise kauba järele. 24 tonni kauba mõju kütusekulule oli 5l/100km võrra. Teise veose korral on kauba mass 12 tonni võrra suurem, mis on 1/3 suurem, kui esimene veose mass ja teoreetiliselt tõuseb ka kütusekulu 2,5l/100km võrra. Teise veose kauba kõrgus ja asetus muudavad autorongi aerodünaamikat. Kauba asetus ja kuju tekitasid kaubaruumis tuulekoridori ja tuuletakistus vähenes, kuigi mittetäielikult, kuna tuulesuund jookseb jätkuvalt vastu poolhaagise esiseina, aga kütusekulu võrreldes vähenes tuuletakistus siiski.



Sele 19. EMS autorong täislaadungiga ringteel.

Kuna kütusekulu 60 tonni täismassi, kaubakaaluga ligikaudu 36 tonni fibo materjali korral oli 38,3l/100km, siis lahutades 7,5l/100km saame teoreetilise autorongi tühimassi kütusekulu 30,8 l/100km ilma suurema tuuletakistuseta. Liites sellele tühimassi kütusekulule 5l/100km juurde, saab 50 tonni kaaluva autorongi kütusekuluks 35,8, mis erineb telemaatikast saadud kütusekuluga 4,5 l/100km võrra. Kasutades kinniseid kaubaruume väheneks kütusekulu veelgi, kuna see autorongi

ehitus suunaks tuulesuunda veelgi paremini ja takistus väheneks.

Maanteekatse oli edukas ja katse autorong liiklust ei seganud ning komplikatsioone ei tekkinud.

4. KULUD JA TULUD

4.1 Tulud

Peamiseks tuluks 25,25 meetrisel autorongil võrreldes konventsiooniliste autorongidega on kauba suurem mahtuvus ja raskema kauba vedamine autorongi täismassiga kuni 60 tonni. Eestis ja ka terves Euroopas on enamlevinud kaubavedajaks pigem poolhaagisega sadulveok, kui täis -või kesktelik haagisega veok, kuna poolhaagisega on kergem tagurdada, manööverdamine ja kauba laadimine on lihtsamad. Poolhaagis on võimalusel külgedelt presendiga kaetud, mis tähendab, et lisaks tagumise luugi kaudu, on võimalik kaupa ka külje pealt laadida. [26] Võrreldes poolhaagisega, mahub EMS autorongile 7,82 meetri pikkuse kaubaruumi jagu rohkem kaupa: 18 euroaluse jagu ja kuni 16 tonni võrra rohkem kaupa.

Kui terve ettevõtte masinapark läheks üle EMS sõidukitele, siis väheneks vajadus autojuhtidele, kuna veokite arv jääks vähemaks. Autojuhtide vähendamisega kaasneks ka nende juhtidele palga maksmine, mis on ettevõttele järjekordne kokkuhoid.

Kauba mahtuvust on kahte liiki kaubaruumi: mahu -ja kauba piirang. Tulude arvutamisel kasutab autor kauba mahtuvuse ühikuks LDM ehk laadimismeeter. Kauba mahtuvuse arvutuseks kasutatakse seda ühikut veoki või haagise kaubaruumi pikkuse järgi tingimusel, et kaubaruumi laius on maksimaalselt ära kasutatud. [13] Mõningal juhul, sõltuvalt kauba kõrgusest, saab kasutada kahekorruselist laadimist, kus kaubaruumis laetakse kaup kahele korrusele. Kõrgus LDM-i ei mõjuta. [18]

Poolhaagise kaubaruumi 13,6 meetri korral on 13,6 laadimismeetrit ehk 1 LDM on võrdeline 1 meetriga. Laadimismeetrile on samuti määratud maksimaalne mass, mis sõltub autorongi kandevõimest, mille määrab riigi seadusandlus. Enamlevinud kandevõime poolhaagistel on vastavalt lubatud teljekoormustele 24 000kg. Mass 1 LDM kohta arvutatakse järgnevalt valemiga (2):

$$LDM_m = \frac{m_{max}}{l},$$
$$LDM_m = \frac{24\,000}{13,6}$$
(2)

kus	LDM_m	– Laadimismeetri mass $\approx 1764,7(\text{m})$
	m_{max}	– Maksimaalne lubatud mass = 24 000(kg)
	l	– Poolhaagise kaubaruumi pikkus = 13,6(m)

4.2 Kulud

Kuluartikliteks EMS autorongi ümberehitamise korral loetakse kütusekulu suurenemist, tehnilise hoolduse erinevust tavalise kombinatsiooniga võrreldes ja rehvikulu suurenemist.

4.2.2 Kütusekulu

Veoauto kütusekulu sõltub väga paljudest faktoritest: autojuhi kogemusest, ilmastikuoludest, teepinna materjalist, tee tõusudest ja langustest. Keskmist kütusekulu määrata nende faktorite erinevates situatsioonides on väga keeruline, kuna situatsioonid on pidevas muutuses. Autojuhi ökonoomne sõit tuleneb juhi kogemusest ja tahtest kütusekulu madalal hoida. Eesti pinnad on suhtelised tasased, mis teeb keskmise kütusekulu arvutamise lihtsamaks. Siiski on aastaringselt ilmastikutingimused erinevad, tavaliselt talvel külmaga ja lumega kütusekulu on kõrgem. Jättes erinevad faktorid välja ja vaadelda kütusekulu muutust ainult vedava koorma kaalu muutusega, siis 44 tonni täismassiga tavalise autorongi kütusekulu võrreldes 60 tonni 25,25 meetrise autorongi kütusekuluga, on pikema autorongi kütusekulu tõus ca 15%. [18]

25,25 meetrise ja tavamõõtmetega autorongi keskmise kulu arvutamiseks kasutatakse ettevõtete telemaatika seadmest infot jälgimiskeskonnas. Keskmise kütusekulu leidmise tingimuseks on valida neutraalne ilmastikuoluga päev, mis ei ole talvisel ajal, ei ole suurt tuulekiirust. Valitakse ettevõttes nii palju veoautosid, kui võimalik, millel on peal maksimaalne koorem. Veoautod valitakse EURO 5 või EURO 6 heitgaasiklassis, mis on nõue ka modulaarkonseptsiooniga veokale.

Tavaliste autorongide kütusekulu keskmiseks valitakse kahe ettevõtte autopargi keskmine kütusekulu veoautodel, mis on EURO5 ja 6 heitenormidega ning vedanud ligi maksimaalse kandevõimega marsruudid. Kütusekulu võeti Scania jälgimiskeskonnast, mis eraldab auto juhtmoodulist andmeid süsteemis olevast telemaatika seadmest.

Esimese ettevõtte keskmine kütusekulu võeti nelja Euro 6 sadulveoki keskmine kütusekulu ja marsruudid valiti need, kus veeti maksimaalse lähedast koormat. Keskmiseks kütusekuluks sai jälgimiskeskonnas 28,8 l/100km. [27]

Teisele ettevõttele kehtisid samad tingimused, mis esimesele. Ettevõtte autopargi keskmine kütusekulu on 26,4l/100km. Kahe ettevõtte keskmine kütusekulu tavalistel autorongidel on 27,6l/100km, mida kasutatakse arvutuse käigus. [18]

Teine ettevõtte teeb vedusid samuti Soomes ja Rootsis 25,25 meetriste autorongidega ja Scania jälgimiskeskonnast saab ka pikemate autorongide keskmise kütusekulu. 25,25 meetrise autorongi keskmine kütusekulu on 35,2 l/100km. [18] Eestis teostatud sõidukatse maanteel keskmise kütusekulu 38,3l/100km tõttu tõstab autor arvutamisel kasutatavat kütusekulu samuti 38,3 l/100km, et arvutamisel väärtus liiga optimistlik ei oleks.

4.2.3 Hooldus ja remont

Veokitel on ette nähtud korraline hooldus umbes 75 000 km järelt DAF veoautode näitel. [28] Veokile järele pannes lisahaagise ja minnes üle tavalisest autorongi kombinatsioonist EMS autorongi kombinatsioonile, ei muutu hoolduse kulud suuresti ja intervall üldse autorongi pikenemisest hoolimata. Veoki tagumisele teljele või telgedele võib laekuda EMS kombinatsiooniga samuti maksimaalselt 11,5 tonni vedavale teljele ja mittevedavale teljele 10,5 tonni raskust kui tavalise kombinatsiooni veokile, seega lisakoormust telgedele pikema ja raskema autorongi puhul ei ole ja veoki veermik rohkem ei kulu.

Mootorile lisanduv koormus võib hooldusintervalli lühendada, kuna modernsemad ja uuemad veoautod ise arvestavad mitmete parameetrite põhjal, kui palju intervalli lühendada. 16 tonnise lisamassiga tavalisele 44 tonnisele täismassile intervalli muutus on väike ja arvesse ei võeta arvutamiskäigus. Lisaks vastavalt veondusega tegelevate ettevõtete kogemusele ei ole garanteeritud, et autorong on kogu aeg maksimaalselt koormatud. [18]

4.2.4 Rehvikulu

Tavapärase autorongi 16,5 või 18,75 meetrise autorongi ümberehitamise 25,25 meetrise autorongiks kaasab vajadust uute rehvide soetamisele, kuna ühe autorongi kohta lisandub lisahaagisega rohkem rehve, mida tuleb välja vahetada vastavalt rehvitootja soovitusel või mustri sügavuse minimaalsele piirile kulumisel. Vastavalt seadusele talvisel hooajal ajavahemikus 1. detsembrist kuni 1.märtsini, kui ei ole teisiti sätestatud, minimaalne rehvimustri sügavus 4mm ja ülejäänud aastaajal 1,6mm.

Rehvi enda kulu sõltub koormast, mis rehville toetub. 25,25 meetrisel autorongil jäävad maksimaalsed teljekoormused samaks vastavalt määruse nr. 42 lisa 1-s ettenähtule, seega lisakoormat rehville sillal ei avaldu ja rehvikulu jääb samaks ning kuludes rehvi vahetuse intervall jääb samaks, mis tavapärasel autorongil. [29]

4.3 Arvutuskäik

25,25 meetrise autorongi kasumi arvutuse põhimõte on välja selgitada, kui palju hoitakse kokku kilomeetreid pikkade autorongidega ja mis oleks kokkuhoitud kilomeetritega kasum ühes kuus, kui ka aasta jooksul erinevate ülipikkade autorongide ülemineku perioodidel.

Alustuseks kasutatakse väljaalitud põhimaanteed ja tugimaanteed nimekirja ja nende teede pikkuseid. Samuti kasutatakse transpordiameti uuemat annuaalset liiklussageduse statistika 2020. aasta loendusaruannet, et sealt saada teedel autorongide keskmine liiklussagedus ööpäevas.

Korrutades tee pikkuse ööpäevas keskmise veoautode arvuga, leiab mitme kilomeetrit sõidavad veoautod kokku. Arvutus valemiga (3):

$$tee\ pikkus(km) \times sagedus(tk) = vedude\ distants\ ööpäevas(km) \quad (3)$$

Järgnevalt korrutatakse ööpäevas keskmise veoautode arv ja ööpäevas läbitud kilomeetrid aastas keskmise kuu pikkusega. Jagades aastas päevade arvu kuudega, saab keskmise kuu pikkuseks 30 päeva. Ühes aastas saab sageduse ja kilomeetrid ööpäevas korrutades kaheteistkümnega. Kõik eelpool nimetatud väärtused antud Tabel 6-s. [26]

Tabel 6. EMS sõidukitele valitud teed, nende distantis ja liiklussagedus.

Tee nr	Tee nimi	Tee pikkus(km)	Sagedus(tk)	Vedude distantis ööpäevas(km)
1	Tallinn - Narva	212	640	135680
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	284	769	218396
3	Jõhvi - Tartu - Valga	220	270	59400
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	192	1575	302400
5	Pärnu - Rakvere - Sõmeru	185	284	52540
6	Valga - Uulu	125	181	22625
7	Riia - Pihkva	22	167	3674
8	Tallinn - Paldiski	47	425	19975
9	Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	81	218	17658
10	Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	144	120	17280
11	Tallinna ringtee	38	1922	73036
92	Viljandi - Kilingi-Nõmme	48	138	6624
13	Jägala - Käravete	53	218	11554
20	Põdruse - Kunda - Pada	28	286	8008
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	108	170	18360
49	Imavere - Viljandi	55	304	16720
60	Pärnu - Lihula	56	149	8344
	Kokku		7 836	992 274
	Kokku ühes kuus		235 080	29 768 220
	Kokku ühes aastas		2 820 960	357 218 640

Jagades ühes kuus läbitud kilomeetrid veoautode arvuga, leitakse keskmise reisi pikkuse kilomeetrites. Leitakse valemiga (4) ja tuuakse välja

Tabel 7-s. [26]

$$\frac{\text{Vedude distantis kuus(km)}}{\text{Veoautode sagedus kuus(tk)}} = \text{Keskmise distantis kuus(km)} \quad (4)$$

Järgmiseks saab LDM väärtuse ühes kuus teelõikudel sõitvate veoautode väärtuse korrutades poolhaagise pikkusega 13,5 meetrit, mis esindab valitud teede keskmise kaubamahu ühes kuus. [26] Leitakse valemiga (5) ja tuuakse välja

Tabel 7-s.

$$\text{Vedude sagedus kuus(tk)} \times \text{Poolhaagise kaubaruumi pikkus(m)} = \text{LDM}, \quad (5)$$

kus Poolhaagise kaubaruumi pikkus – 13,5(m)

Tabel 7. Leitud LDM ja keskmine distantis kuus.

Vedude distantis kuus(km)	Sagedus kuus(tk)	LDM(m)	Keskmine distantis kuus(km)
29768220	235080	3173580	127

Esimesel stsenaariumil arvestatakse ainult tavamoodulitega sõitusid, seega veoautode sagedus ei muutu. Arvutatakse ainult tavamoodulitega vajatud distantisi läbitavust LDM mahu ära vedamiseks ühe kuu ja aasta lõikes. Distantis arvutatud valemis (6) ja välja toodud Tabel 8-s. [26]

$$Distantis = keskmine distantisi pikkus \times veoautode sagedus \quad (6)$$

Tabel 8. 100% tavamoodulitega liiklussageduse ja vajaliku distantisi läbivus kuus ja aastas.

Tänapäeva liiklus		LDM	Mahtuvus(m)	Sagedus(tk)	Keskmine distantisi pikkus(m)	Distantis(km)
		3 173 580				
Tavamoodul 100%	1	3 173 580	13,5	235 080	127	29 768 220
EMS moodul 0%	0	-	21	0	127	0
			Kokku	235 080	Kokku	29 768 220
			Kokku aastas	2 820 960	Kokku aastas	357 218 640

Teises stsenaariumis tõstetakse veoautode liiklussageduses tavamoodulite asemele EMS moodulite osakaalu 5% võrra, seega LDM maht läheb moodulite vahel jagamisele vastavalt protsendiulatustele. [26] Mõlema moodulite sagedused arvutatakse valemis (7) ja kogudistantis valemis (6) ning noteeritud Tabel 9-s.

$$Sagedus(tk) = \frac{LDM(m)}{Mahtuvus(m)} \quad (7)$$

Tabel 9. 5% EMS mooduli ja 95% tavamooduli veoautode sageduse ja kogudistants.

5% EMS sõidukid liikluses		Maht LDM	Mahtuvus(m)	Sagedus(tk)	Keskmine distantsi pikkus(m)	Distants(km)
		3 173 580				
Tavamoodul 95%	0,95	3 014 901	13,5	223 326	127	28 279 809
EMS moodul 5%	0,05	158 679	21	7 556	127	956 836
			Kokku	230 882	Kokku	29 236 645
			Kokku aastas	2 770 586	Kokku aastas	350 839 736
			Kokku 10 aasta jooksul	27 705 857	Kokku 10 aasta jooksul	3 508 397 357

Tavamooduli ja EMS mooduli kogudistantsist lahutades Tabel 9-st 100% tavamooduli distantsi, leiab EMS moodulitele üleminekul kokkuhoitud kilomeetri väärtuse. Kilomeetri hind tuleneb kalkuleeritud keskmine euro valuuta ühe kilomeetri kohta. Kilomeetri hind tavamoodulil ja EMS moodulil erinevad vastavalt laadimispikkusele. [26] Mõlema mooduli keskmine kilomeetri hind arvutatakse valemis (8):

$$\begin{aligned}
 &Tavamooduli\ osakaal(\%) \times Tavamooduli\ km\ hind \\
 &+ EMS\ mooduli\ osakaal(\%) \times EMS\ mooduli\ km\ hind = \quad (8) \\
 &= Keskmine\ km\ hind
 \end{aligned}$$

Distantsi kokkuhoid ning keskmine EMS mooduli ja tavamooduli keskmine kilomeetrihind korrutatakse, et saada valuuta kokkuhoid kuus ja aastas. [26] Need väärtused toodud Tabel 10-s.

Tabel 10. 5% EMS moodulitele üleminekul distantssi ja valuuta kokkuhoid.

5% EMS sõidukid liikluses		Keskmine distantssi pikkus(m)	Distantss(km)	Distantssi kokkuhoid(km)	km hind turul(EUR)	Valuuta kokkuhoid(EUR)
Tavamoodul 95%	0,95	127	28 279 809		0,75	
EMS moodul 5%	0,05	127	956 836		0,98	
		Kokku	29 236 645	531 575	0,76	404 662
		Kokku aastas	350 839 736	6 378 904	0,76	4 855 941
		Kokku 10 aasta jooksul	3 508 397 357	63 789 043	0,76	48 559 409

Tõstes EMS moodulite vedude osakaalu veelgi, muutuvad väärtused seoses moodulite protsentuaalse osakaalu muutuse tõttu. Järgnevatel stsenaariumitel tõstetakse EMS moodulite osakaalu 10%. [26] Tuuakse välja vastavalt protsendimuutusele veoautode sagedus, distantssi kokkuhoid ja valuuta kokkuhoid kuu, aasta ja 10 aasta lõikes ja väljatoodud Tabel 11-s.

Tabel 11. EMS moodulite erinevate osakaaludega veoautode liiklussagedus, distantssi kokkuhoid ja valuuta kokkuhoid.

EMS moodul 0%	Sagedus(tk)	Distantssi kokkuhoid(km)	Valuuta kokkuhoid(EUR)
Ühes kuus	235 080	-	-
Kokku aastas	2 820 960	-	-
Kokku 10 aasta jooksul	28 209 600	-	-
EMS moodul 5%			
Ühes kuus	230 882	531 575	404 662
Kokku aastas	2 770 586	6 378 904	4 855 941
Kokku 10 aasta jooksul	27 705 857	63 789 043	48 559 409
EMS moodul 10%			
Ühes kuus	226 684	1 063 151	821 284
Kokku aastas	2 720 211	12 757 809	9 855 407
Kokku 10 aasta jooksul	27 202 114	127 578 086	98 554 071
EMS moodul 25%			
Ühes kuus	214 091	2 657 877	2 142 913
Kokku aastas	2 569 089	31 894 521	25 714 958
Kokku 10 aasta jooksul	25 690 886	318 945 214	257 149 579

Järgnevalt arvutatakse kuluartiklid juurde, milleks on tavamoodulite ümbermonteerimise kulu EMS mooduliks, kütusekulu ja rehvikulu suurenemine tavamoodulile lisahaagise lisamise tagajärjel.

100% tavamooduli kütusekulu arvutamisel leitakse kütusekulu ja eurodes ühe kuu ja aasta lõikes väärtused. Tavamooduli keskmine kütusekulu EURO 5 ja 6 sõidukitel 27,6 l/100km, mis teisaldatakse 0,276 l/km. Ühes kuus teekonnal kulutatud kütusekulu leitakse valemiga (9):

$$\text{Keskmine kütusekulu} \left(\frac{l}{km} \right) \times \text{Distsants}(km) = \text{Liitrite kogus}(l) \quad (9)$$

Tabel 12. Tavamoodulite kütusekulu distantsi peale.

Kütusekulu	Distsants(km)	kütusekulu (l/km)	Liitrid (l)
Tavamoodul 100%	29 768 220	0,276	8 216 029
EMS moodul 0%	0	0,383	0
		Kokku	8 216 029
		Kokku aastas	98 592 345

EMS moodulite protsendiulatust tõstes 5%, kaasatakse järgmises arvutuses ka selle mooduli kütusekulu ja baseeruvalt Tabel 12-s arvutatud kütusekulu liitritega leiab EMS moodulitega kütusekulu erinevuse. EMS moodulite kulutatud kütuse liitrid arvutatakse samuti valemiga (9) ja arvutatud väärtused tähendatakse Tabel 13-s.

Tabel 13. Tavamoodulite ja nendest 5% moodustuva EMS moodulite kütusekulu distantsi peale.

Kütusekulu	Distsants(km)	kütusekulu (l/km)	Liitrid (l)
Tavamoodul 95%	28 279 809	0,271	7 663 828
EMS moodul 5%	956 836	0,368	352 116
		Kokku	8 015 944
		Kokku aastas	96 191 325

Leitud on kütusekulu ainult tavamoodulitega ja EMS moodulitega. Järgnevalt tuuakse välja kütusekulu, tõstes EMS moodulite protsenti 10%-ni ja 25%-ni. Samuti arvutatakse kütusekulu kokkuhoiu võrdluses tavamoodulite kütusekuluga, lahutades ainult tavamoodulite kütusekulu leitud Tabel 12-s EMS moodulite ja tavamoodulite kütusekulust. Väärtused toodud Tabel 14-s.

Tabel 14. Kulutatud ja kokkuhoitud liitrid ühe kuu ja aasta jooksul.

	Liitrid (l)	Kokkuhoitud liitrid (l)
EMS moodul 0%		
Kokku ühes kuus	8 067 188	-
Kokku aasta jooksul	96 806 251	-
EMS moodul 5%		
Kokku ühes kuus	8 015 944	51 244
Kokku aasta jooksul	96 191 325	614 926
EMS moodul 10%		
Kokku ühes kuus	7 964 700	102 488
Kokku aasta jooksul	95 576 399	1 229 853
EMS moodul 25%		
Kokku ühes kuus	7 810 968	256 219
Kokku aasta jooksul	93 731 620	3 074 632

Järgnevalt arvutatakse rehvikulud. Haagise rehvi keskmiseks läbisõiduks määratakse maanteeõidul 110 000 km. [30] Rehvikulu suurust defineeritakse arvutamisel, kus maanteel peale keskmist hinnatavat läbisõitu rehvi vajab vahetust uue vastu. Jagades kilomeetri ulatuse läbi rehvi elueaga, leitakse, mitu rehvi kulub kilomeetrite peale. Teekonna peale vajalike rehvide arvu suurust leiab valemis (10):

$$Rehvide\ vajadus(tk) = \frac{Distant\ aastak(km)}{Rehvi\ keskmine\ läbisõit(km)} \quad (10)$$

Leitud rehvide arv korrutatakse läbi haagistele vajamineva rehvide arvuga. Tavamoodulil on seatud väärtuseks 6, mis on rehvide summa tavaliselt kolmeteljelisel poolhaagisel ja EMS moodulil väärtuseks 10, kuna moodulil on eelik 4 rehvi ja poolhaagisel 6 rehvivajadusega, mis tähendab EMS moodulile 4 rehvi võrra suuremat vajadust.

Rehvide vajaduse suuruse korrutatakse rehvi keskmise hinnaga läbi, et saada lõppväärtus eurodes ja lahutada vastava ülemineku protsendiga stsenaariumi rehvide euro väärtuse tavamooduli raha summaga, et leida rehvikulu suurenemise. Rehvi keskmine hind on erinevate rehvimüüjate rehvide keskmine hind 318 Eurot.(Tabel 15)

Tabel 15. Rehvikulu ja valuuta tõus EMS moodulitel.

Rehvikulu aastas	Distants aastas(km)	Rehvide kuluvus(tk)	Kuluvus autorongil(tk)	EUR	Lisakulu(EUR)
EMS moodul 0%	357 218 640	3247	19 485	6 196 120	-
EMS moodul 5%	350 839 736	3189	19 554	6 218 249	22 129
EMS moodul 10%	344 460 831	3131	19 624	6 240 378	44 258
EMS moodul 25%	325 324 119	2957	19 833	6 306 765	110 645

EMS moodulile üleminek kaasab ka ühekordset kulu, milleks on autorongi ümberkoostamise kulu. Ümberkoostamise suurus eurodes on keskmiselt 30 000, mis on autorongile lisalüli maksumus. [26]

Ümberkoostamist vajavate autorongide arv leitakse liiklussageduse väärtusega. Liiklussagedus on arvutatud keskmine kuu aja jooksul, jagades selle väärtuse kuus keskmise päevade arvuga, saab liiklussageduse ühe päeva jooksul. Arvestatakse, et tehakse 2 vedu päevas, seega väärtus jagatakse omakorda kahega. (Tabel 16)

Tabel 16. Autorongi ümberkoostamise kulud.

Autorongi kulud	Koostamist vajavad ühikud	Vajalikud investeeringud EUR	Eurodes kokku
EMS moodulile üleminek 5%	126	30000	3 778 071
EMS moodulile üleminek 10%	252	30000	7 556 143
EMS moodulile üleminek 25%	630	30000	18 890 357

Järgnevalt võetakse kokku kulude suurenemine EMS moodulitel võrreldes tavamoodulitega. Esimese aasta sisse arvestatakse ümberkoostamise ja rehvikulud, järgnevate aastate kulu on ainult rehvikulu, kuna ümberehitus on nõutav ühekordselt. Kütusekulu arvutusel Tabel 14-s aasta jooksul kütust hoiti kokku EMS moodulitega, seega kütusekulu arvestatakse tuluna.(Tabel 17)

Tabel 17. EMS moodulite lisakulud võrreldes tavamoodulitega.

	Ümberehitamine(EUR)	Rehvikulu(EUR)	Kokku esimene aasta (EUR)
EMS moodulile üleminek 5%	3 778 071	22 129	3 800 200
EMS moodulile üleminek 10%	7 556 143	44 258	7 600 401
EMS moodulile üleminek 25%	18 890 357	110 645	19 001 002

Tulude ja kulude tasuvuse väljaarvutamisel koostatakse viimane stsenaarium, kus planeeritakse aastate kaupa EMS moodulite üleminekuprotsenti tõsta vastavalt välja arvutatud protsentide kaupa ja leida kasum 10 aasta jooksul.

Esimesed kaks aastat planeeritakse kasutada vähemalt 5% 25,25 meetriseid autoronge liikluses ja järgnevalt tõsta kolmeks aastaks läve vähemalt 10% peale ning viimased 5 aastat hoida läve 25% ulatuses. Stsenaariumi põhjal arvutatakse välja kogu 10 aasta jooksul kasum. Kuludes kasutatakse iga aastaseid kulutusi, rehvikulu. Ümberehituskulu liidetakse kuludesse ühe väärtusega, milleks on 25% üleminekuperioodi ümberehituse kogusumma, kuna iga aasta masinaid ei koostata ümber, vaid ühe korra. [26] Kulude väärtused võetakse Tabel 16-st. 10 aasta stsenaariumi kulude ja tuludega valemis (11):

$$\begin{aligned}
 &[(5\% \text{ kulu} \times 2) + (10\% \text{ kulu} \times 3) + (25\% \text{ kulu} \times 5) \\
 &\quad + 25\% \text{ ümberehituse kulu}] \\
 &= 10 \text{ aasta stsenaarium kulu,}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

kus $5\% \text{ tulu}$ – 5% EMS moodulile ülemineku kasum(Tabel 11);

$10\% \text{ tulu}$ – 10% EMS moodulile ülemineku kasum(Tabel 11);

$25\% \text{ tulu}$ – 25% EMS moodulile ülemineku kasum(Tabel 11);

$25\% \text{ ümberehituse kulu}$ – 25% ümberehituse kulu(Tabel 11).

Tulud võetakse Tabel 11-st. Tuludesse liidetakse juurde kütuse kokkuhoid Tabel 14-st. Tulud ja kulud on läbi korrutatud antud aastatega. Arvutus valemiga (12):

$$[(5\% \text{ tulu} \times 2) + (10\% \text{ tulu} \times 3) + (25\% \text{ tulu} \times 5)] \\ = 10 \text{ aasta stsenaarium tulu,} \quad (12)$$

5% tulu – 5% EMS moodulile ülemineku kasum(Tabel 11);

10% tulu – 10% EMS moodulile ülemineku kasum(Tabel 11);

25% tulu – 25% EMS moodulile ülemineku kasum(Tabel 11).

Tulust lahutatakse kulu, et leida kasum. Stsenaarium arvutatud Tabel 18-s.

Tabel 18. 10 aasta stsenaariumi kasum.

EMS moodulile ülemineku % ja mitmeks aastaks	Tulu(EUR)	Ümberehitamise kulu(EUR)	Kulu(EUR)	Kasum(EUR)
5% kaheks aastaks	10 941 735	3 778 071	44 258	7 119 405
10% kolmeks aastaks	33 255 780	3 778 071	132 774	29 344 934
25% viieks aastaks	143 947 949	11 334 213	553 225	132 060 510
Kokku 25%-ni 10 aastat	188 145 463	18 890 357	730 257	168 524 849

Veoki keskmine kütusekulu Tabel 12-s oli määratud üldise keskmise järgi, aga reaalselt on kütusekulu väga muutuv, sõltuvalt maastikust, tasapinnast, ilmastiku oludest, õhu temperatuurist, tuule kiirusest ja suunast, autorongi ehitus, autojuhi kogemusest ja tegudest sooritada ökonoomset sõitu jpm. Kõik need faktorid muudavad ja kõigutavad kütusekulu. Ka veoki ümberehitus võib minna maksma rohkem, kui prognoositud. Järgnevates stsenaariumitest muudetakse tabelites kütusekulu vahet suuremaks, vähendades tavamooduli keskmist kütusekulu 0,25 l/100km ja EMS mooduli keskmist kütusekulu 0,42 l/100km, mis on tavamoodulil veel ökonoomse sõidu kütusekulu ja EMS mooduli puhul mingi faktori tõttu kütusekulu tõus.(Tabel 20)

Autorongi ümberkoostamise kulu tõstetakse 40 000 euro peale.(Tabel 19)

Tabel 19. Autorongi ümberkoostamise kulud suurema hinnaga.

Autorongi kulud	Koostamist vajavad ühikud	Vajalikud investeeringud EUR	Eurodes kokku
EMS moodulile üleminek 5%	126	40000	5 037 429
EMS moodulile üleminek 10%	252	40000	10 074 857
EMS moodulile üleminek 25%	630	40000	25 187 143

Tabel 20. Kulutatud ja lisaks kulutatud liitrid EMS moodulitega ühe kuu ja aasta jooksul.

	Liitrid (l)	Lisaks kulutatud liitrid (l)
EMS moodul 0%		
Kokku ühes kuus	7 442 055	-
Kokku aasta jooksul	89 304 660	-
EMS moodul 5%		
Kokku ühes kuus	7 471 823	29 768
Kokku aasta jooksul	89 661 879	357 219
EMS moodul 10%		
Kokku ühes kuus	7 590 896	148 841
Kokku aasta jooksul	91 090 753	1 786 093
EMS moodul 25%		
Kokku ühes kuus	7 810 968	368 913
Kokku aasta jooksul	93 731 620	4 426 960

Kahe mooduli kütusekulu vahe suurenemise tõttu EMS moodulite kasutuselevõtuga veoste vähenemine enam ei anna tulemuseks kütuse kokkuhoidu, vaid kütusekoguse suurenemist. Kütusekulu nüüd läheb kulude artiklisse koos rehvikuluga ja ümberehitamise kuluga.(Tabel 21)

Tabel 21. EMS moodulite lisakulud võrreldes tavamoodulitega teine stsenaarium.

Autorongi kulud	Ümberehitamine	Rehvikulu	Kütusekulu	Kokku esimene aasta	Kokku järgnevad aastad
EMS moodulile üleminek 5%	5 037 429	22 129	357 219	5 416 776	379 348
EMS moodulile üleminek 10%	10 074 857	44 258	1 786 093	11 905 208	1 830 351
EMS moodulile üleminek 25%	25 187 143	110 645	4 426 960	29 724 747	4 537 605

Tabel 21-s on annuaalsed kulud suuresti tõusnud võrreldes Tabel 17-s kuludega. Tulu ja kulu tasakaalu muutus toob muutusi ka 10 aasta stsenaariumi väärtustes.(Tabel 22)

Tabel 22. 10 aasta stsenaariumi kasu lisakuludega.

EMS moodulile ülemineku % ja mitmeks aastaks	Tulu(EUR)	Ümberehituse kulu (EUR)	Kulu(EUR)	Kasum(EUR)
5% kaheks aastaks	9 711 882	5 037 429	758 695	3 915 758
10% kolmeks aastaks	29 566 221	5 037 429	2 276 086	22 252 707
25% viieks aastaks	128 574 790	15 112 286	9 483 691	103 978 813
Kokku 25%-ni 10 aastat	167 852 893	25 187 143	12 518 472	130 147 278

5. SOBIVUSE JA TASUVUSE ANALÜÜS

Limiteeritud teede võrgustikul tänapäeval on võimalus suurte logistikakeskuste ja terminalide vahel sõidud teha EMS autorongidega. Logistikakeskused tavaliselt jäävad põhimaanteed võrgustiku lähedale, et veoautod ei peaks asulates liigselt sõitma, et liiklust mitte üle koormata. Näitena tuuakse välja DPD Eesti depood asukohad. DPD on Eesti turul üks suurimaid kullerteenuseid, kes tegelevad pakkide kohaletoimetamisega kulleritega või pakiautomaati. DPD depood ehk logistikakeskuste vahel toimub kaupade jaotamine ja kui ühest depoost teise liigub suuremahuliselt kaupaid, siis mõttekam on seda teha poolhaagisega või täishaagisega. DPD depood asuvad Jüris, Pärnus, Jõhvis, Rakveres, Saaremaal, Tartus ja Viljandis, et Eestis ükski koht ei jääks liiga kaugele. Kõik depood asukohad jääksid EMS teede võrgustikku ja EMS autorongide kasutus oleks võimalik.

EMS autorongide aktsepteerimine Eesti liiklusesse lahendaks olukorra sadamates ja terminalides, et jõuavad välismaalt EMS autorong Eesti terminali, kus haagitakse enne tolli autorong lahti ja lisaveokiga veetakse mõlemad haagised minema. Ettevõttele oleks see kütusekulu säästmine, kuna lisahaagist vedama tulev veoauto peaks sõitma eeldatavalt ettevõtte masinapargist terminali ja lisahaagisega sõitma Eestis tollist edasi sihtkohta. [16]

25,25 meetriste autorongidele on valitud sobivaks kõik 12 põhimaanteed ja 5 tugimaanteed. Valikud tehtud seoses sõidukatsele ja teede kanduvusvõimele ning teede laiusle. Teede nimekiri laieneb tulevikus veelgi, kui toestatakse katsed nimekirjast väljajäetud teedel ja analüüsitakse sobivust. [16]



Sele 20. EMS autorongidele lubatud sõiduteed. [31]

Tabel 23. Pikkade autrongide jaoks valitud teede nimekiri.

Tee nimi	Tee pikkus(km)	Tee liik
Tallinn - Narva	213	Põhimaantee
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	285	Põhimaantee
Jõhvi - Tartu - Valga	220	Põhimaantee
Tallinn - Pärnu - Ikla	192	Põhimaantee
Pärnu - Rakvere - Sõmeru	185	Põhimaantee
Valga - Uulu	125	Põhimaantee
Riia - Pihkva	22	Põhimaantee
Tallinn - Paldiski	47	Põhimaantee
Ääsmäe - Haapsalu - Rohuküla	80	Põhimaantee
Risti - Virtsu - Kuivastu - Kuressaare	144	Põhimaantee
Tallinna ringtee	38	Põhimaantee
Viljandi - Kilingi-Nõmme	48	Põhimaantee
Jägala - Käravete	53	Tugimaantee
Põdruse - Kunda - Pada	28	Tugimaantee
Tartu - Jõgeva - Aravete	108	Tugimaantee
Imavere - Viljandi	55	Tugimaantee
Pärnu - Lihula	56	Tugimaantee

5.1 Tulud

Vastavalt 2020. aasta transpordiameti liiklusaruandes veoautode keskmise liiklussagedusega ööpäevas valitud teedel leitakse teede keskmise pikkusega LDM maht. (Vt.

Tabel 7) Leitud LDM-iga leitakse tavamoodulite ja EMS moodulite kaubaveo kordade vajadus ja sealt tulenevalt valuuta kokkuvõid.

Mida suurema EMS mooduli protsendiulatuses kasutuselevõtt, seda rohkem hoiab kokku veoautode vajadust, reiseid ehk tööotsade vajadust, hoitakse kokku distantse pealt ja vähem koormust maanteedele ja samuti on välja arvatud, et vähem valuuta kulub vajaliku LDM mahu transpordiks EMS sõidukitega. Reide vajaduste vähenemise, distantse kokkuvõiu ja valuuta kokkuvõiu leiti nende tavamoodulite väärtuste lahutamise EMS mooduli väärtustest. Veokite vajaduse languse leiti järgneva valemiga (13):

$$\frac{\text{Liiklussageduse vähenemine}}{\text{Keskmine päevade arv kuus} / \text{Keskmine reide arv päevas}} = \text{Veokite kokkuvõid} \quad (13)$$

Kus *Reide vajaduse vähenemine* – EMS moodulite kasutuselevõtul liiklussageduse vähenemine (vt. Tabel 9);

Keskmine päevade arv kuus & keskmine reide arv päevas – (Vt. lk.36);

Veokite vajaduse langus – veoautode vajaduse vähenemine EMS moodulite kasutuselevõtul.

Veokite EMS moodulite kasutuselevõttuga kaasnevad hüved toodud Tabel 24-s. Tulud on toodud ühe kuu, aasta ja 10 aasta vältel näitamaks, mis võib olla tulu suurus pikaajaliselt.

Tabel 24. EMS moodulite kasutuselevõttuga kaasnevad tulud.

EMS moodul 5%	Liiklus-sageduse vähenemine	Veokite vajaduse langus(tk)	Distantsti kokkuhoid (km)	Valuuta kokkuhoid (EUR)
Kokku ühes kuus	4 198	70	531 575	404 662
Kokku aastas	50 374		6 378 904	4 855 941
Kokku 10 aasta jooksul	503 743		63 789 043	48 559 409
EMS moodul 10%				
Kokku ühes kuus	8 396	140	1 063 151	821 284
Kokku aastas	100 749		12 757 809	9 855 407
Kokku 10 aasta jooksul	1 007 486		127 578 086	98 554 071
EMS moodul 25%				
Kokku ühes kuus	20 989	350	2 657 877	2 142 913
Kokku aastas	251 871		31 894 521	25 714 958
Kokku 10 aasta jooksul	2 518 714		318 945 214	257 149 579

Distantsti kokkuhoiuga kaasneb vedude vähenemise arv ja piisavalt vedude vähenemisel vähendatakse liikluses ka veoautode arve, mis põletaks kütus keskkonnas ja eraldaks heitgaase. Heitgaasides üks põhiline komponent on CO₂ ehk süsihappegaas. Ühe liitri diisli põlemisel eraldub keskmiselt 2,615kg süsihappegaasi. EMS moodulil keskmise kütusekuluga 38,6l/100km ja tavamoodulil 27,1l/100km moodulite CO₂ heitmete massi ühe kilomeetri kohta, ühikus l/100km saab liitrid teisendada 2,615kg CO₂, arvutus toodud valemiga (14):

$$X \frac{l}{100km} = m, \quad (14)$$

kus X – autorongi kütusekulu 100km kohta(l);

l – 1 liiter diisli=2,615(kg) CO₂;

m – CO₂ mass 1km jooksul.

Tabel 25. Aasta jooksul säästetud CO2 mass.

	Aastas läbitud distsants(km)	CO2 heitmed km kohta(kg)	Keskkonna sääst CO2(kg)
100% tavamoodul	357 218 640	261 484 044	
0% EMS moodul	-	-	
	Kokku	261 484 044	
95% tavamoodul	339 357 708	248 409 842	
5% EMS moodul	11 482 028	11 596 848	
	Kokku	260 006 690	1 477 354
90% tavamoodul	321 496 776	235 335 640	
10% EMS moodul	22 964 055	23 193 696	
	Kokku	258 529 336	2 954 708
75% tavamoodul	267 913 980	196 113 033	
25% EMS moodul	57 410 139	57 984 240	
	Kokku	254 097 273	7 386 771

Veoautode ja autojuhtide vajaduse vähenemise saab arvutada, kasutades arvutamiskäiku, millega arvutati ümberehituse vajadust (vt. lk. 43) ehk liiklussagedust. Algselt arvatud liiklussagedust kuu aja jooksul saab arvutada ümber päeva lõikes vajalikuks liiklussageduseks, kasutades Tabel 11 toodud liiklussageduse väärtuseid. Väärtuse „Vahe“ reas on tavamoodulite liiklussagedusest lahutatud moodulite ülemineku vastavast protsendist liiklussagedus. Leitud väärtused Tabel 26-s.

Tabel 26. Veoautode ja autojuhtide vajaduse vähenemine vastavalt EMS moodulitele üleminekul.

Autojuhtide vajaduse vähenemine	Veoautode vajadus	Vahe
0% EMS moodul	3 918	-
5% EMS moodul	3 848	70
10% EMS moodul	3 778	140
25% EMS moodul	3 568	350

5.2 Kulud

Kütusekulu korral algselt jäi kulude hulka, kuid arvutades kütuse liitrite kulu keskmiste kütusekuludega tavamoodulitel ja EMS moodulitel, siis kütust EMS moodulitel hoiti kokku võrreldes tavamoodulitega ja tasuvuse analüüsis arvestatakse kütuse kokkuhoidu kui tulu. Ettevõtetele on kütusehind 1 eurot liitri kohta, seega kokkuhoitud liitrid on ka kokkuhoitud valuuta eurodes

Tabel 27. Kütuse kokkuhoid EMS sõidukitega ühe kuu ja aasta jooksul.

	Liitrid (l)	Kokkuhoitud liitrid (l)
EMS moodul 0%		
Kokku ühes kuus	8 067 188	-
Kokku aasta jooksul	96 806 251	-
EMS moodul 5%		
Kokku ühes kuus	8 015 944	51 244
Kokku aasta jooksul	96 191 325	614 926
EMS moodul 10%		
Kokku ühes kuus	7 964 700	102 488
Kokku aasta jooksul	95 576 399	1 229 853
EMS moodul 25%		
Kokku ühes kuus	7 810 968	256 219
Kokku aasta jooksul	93 731 620	3 074 632

Pikkade autrongide kuludeks on autorongi ümberkoostamine tavamooduist EMS mooduliks, mis tavaliselt kaasab eeliku või B-link haagise hankimist lisahaagise järele panemist veokile ja rehvide lisakulu tekkimist, kuna lisahaagis tähendab lisarehve terve autorongi peale. Autorongi ümberkoostamine on ühekordne kulu ja arvestatakse esimese aasta kuludesse, järgnevatel aastatel on kuludeks ainult rehvikulud.(Tabel 28)

Tabel 28. Ümberehitamise -ja rehvikulud vastavalt EMS moodulile ülemineku osakaalust aastas.

	Ümberehitamine(EUR)	Rehvikulu(EUR)	Kokku esimene aasta (EUR)
EMS moodulile üleminek 5%	3 778 071	22 129	3 800 200
EMS moodulile üleminek 10%	7 556 143	44 258	7 600 401
EMS moodulile üleminek 25%	18 890 357	110 645	19 001 002

Arvutatakse 10 aasta stsenaarium, mille plaan on 2 aasta jooksul kaasata 5 protsendi üleminekut EMS moodulile, järgmise 3 aasta jooksul 10 protsendi üleminekut ja viimase 5 aasta jooksul 25 protsendi ulatuses üleminekut. Vastavalt üleminekuprotsendile kaasatakse aastatele arvutatud tulude kokkuhoiu ja kütuselt kokkuhoitud valuuta, ühekordne ümberehituse kulu ja rehvikulud. Vastavalt aastate ja üleminekuprotsendile tuuakse kasum ja kogu 10 aasta kasum.(Tabel 29)

Tabel 29. 10 aasta jooksul tõstetud EMS protsendi osakaaluga kasumiarvutus.

EMS moodulile ülemineku % ja mitmeks aastaks	Tulu(EUR)	Ümberehitamise kulu(EUR)	Kulu(EUR)	Kasum(EUR)
5% kaheks aastaks	10 941 735	3 778 071	44 258	7 119 405
10% kolmeks aastaks	33 255 780	3 778 071	132 774	29 344 934
25% viieks aastaks	143 947 949	11 334 213	553 225	132 060 510
Kokku 25%-ni 10 aastat	188 145 463	18 890 357	730 257	168 524 849

Tõstes ümberehitamise kulu ja suurendades kütusekulu vahe kahel moodulil, juhtub lõpparvutuses kaks asja: kütusekulu läheb niivõrd suureks, et kütuse kokkuhoiust on saanud kütuse lisakulu ja kütuse lisakulu läheb kulude artiklisse ja ümberehituse kulu tõuseb veelgi. Kasum langeb ja saab uued tulemused pessimistlikumast vaatepunktist.(Tabel 30)

Tabel 30. 10 aasta jooksul potentsiaalne kasum lisakuludega.

EMS moodulile ülemineku % ja mitmeks aastaks	Tulu(EUR)	Ümberehituse kulu (EUR)	Kulu(EUR)	Kasum(EUR)
5% kaheks aastaks	9 711 882	5 037 429	758 695	3 915 758
10% kolmeks aastaks	29 566 221	5 037 429	2 276 086	22 252 707
25% viieks aastaks	128 574 790	15 112 286	9 483 691	103 978 813
Kokku 25%-ni 10 aastat	167 852 893	25 187 143	12 518 472	130 147 278

Kahe leitud kasumiga arvutatakse stsenaariumi keskmised kasumi tulemused, et lõpptulemustes oleks madalamad numbrid, eeldusega, et praktikas on oodata lisakulusid prognoostust.(Tabel 31)

Tabel 31. Kahe kasumi arvutuse kasumi keskmised väärtused.

EMS moodulile ülemineku % ja mitmeks aastaks	Kasum(EUR)
5% kaheks aastaks	5 517 582
10% kolmeks aastaks	25 798 821
25% viieks aastaks	118 019 661
Kokku 25%-ni 10 aastat	149 336 063

5.3 Sõidukatse ja tasuvuse arvutuse analüüs

Sõidukatse asulas ja maantee katsel õnnestusid. Asulas sõidul ringteed, ristmikud ja liiklus 25,25 meetrisele autorongile takistusi ei toonud ja vajalikud katsed vastavalt seadusele õnnestusid. Maantee katsel keskmise kiirusega 85km/h sõitnud autorongil ainuke probleem autojuhi sõnul oli kütusekulu, mis tulenes autorongi ehitusest, poolhaagise esisein, mis tekitas tuuletakistust. Sõidukatsest ja transpordiameti kinnitusest saab järeldada, et 25,25 meetri pikkused autorongid saavad sõita edukalt kõikidel põhimaanteedel.

Arvutuse käigus selgus, et kütusekulu vahe suurenemine tavalisel autorongil ja pikal autorongil võib kaasata lisakulu rehvikulule ja ümberehituse kulule, mis on ka tavaliste autorongidega aktuaalne teema, kuna kütusekulu madalal hoidmine sõltub suurest autojuhi oskusest ökonoomselt sõita. Kasumi analüüsidel selgus, et kasumi suurus on piisavalt hea, et kaaluda pikemate autorongide lubamist Eestisse, kuna lisaks kasumile aitaksid pikemad autorongid pikas perspektiivis hoida ka keskkonda puhtamana ja liiklusesageduse vähenemine säästaks teede lagunemist. Arvutuste kohaselt väheneksid põhimaanteedel veokite kogus 5% EMS autorongidele üleminekul 70 veoautot 3918st, seega ka 70 veoautot juhtivat autojuhti oleks vähem vaja, mis on ettevõttesisene kokkuhoid. Nende 70 veoautode vähenemisega väheneks ka aastas 1,5 tonni CO₂ keskkonda paiskamine.

Autori soovitus on transpordiametil alustada Tabel 23 toodud teede lubamisest EMS sõidukitele ja ajapikku peale teiste teede individuaalset analüüsi ja EMS sõidukile tee sobivuse kinnitusest anda järjest juurdepääs rohkem teedele.

KOKKUVÕTE

Soomes ja Rootsis on EMS autorongid liikvel olnud aastast 1995, aastatega modulaarkonseptsiooniga on liitunud riike, näiteks Taani, Hollandi, Norra, Saksamaa, Austraalia jne. Soomes, Rootsis, Hollandis ja Taanis on tehtud uurimisi, mis tõestavad statistika ja tõestustega, et pikemad autorongid arendavad logistikat, parendab ühe veose reisiga kasutada rohkem kaubaruumi ja rohkem massi. Samuti säästab pikemad autorongid keskkonda, kuna rohkem kaupa ühe veose peale vähendab veoautode suurust maanteedel, mille arvelt jääb vähemaks ka õhku saastavat heitekoguseid. Vähem veoautosid soodustab liikluse ja ummikute vähenemist. Taani ja Hollandi näitel saab Eestis transpordiamet paralleelselt alustada limiteeritult lubatud teede võrguga Eestis 25,25 meetriste autorongide jaoks.

Erinevad pikkade autorongide kombinatsioonid võimaldavad ligi 40% rohkem kaubaruumi suurenemist ja umbes 12 tonni rohkem kandevõimet. Autorongide ümberkoostamine tavapärasest autorongidest pikemateks autorongideks kaasab: sobiliku veoauto, millel on teljevalem vähemalt 6x2 ja soovitatavalt vähemalt 330kW mootorivõimsus ning lisahaagise haakimiseks tuleb hankida ette eelik või B-link haagis. Autor ei soovita kasutada kombinatsiooni, kus on sadulveok, poolhaagis ja kesktelik haagis haagituna poolhaagise taga olevale haakeseadmele, kuna need ei ole levinud kombinatsioonid ja haakeseadet raske saada.

Pikema autorongi veoauto hoolduse intervalli ei mõjuta palju autorongi pikenemine ja mootori võimsuse suurem kasutamine. Samuti rehvi enda kulumine ei suurene, kuna teljekoormused peavad veoautol ja haagistel jääma samaks, nagu ette nähtud määruses 42 lisa 1-s. Kuigi lisahaagise lisandumisel suureneb rehvide üldine vahetuse vajadus, kui rehvi on lõpuni sõidetud.

Arvutuse käigus selgus, et 25,25 meetrine autorong on tulusam LDM mahu vedamise poolest, kui poolhaagis, mille kogupikkus 16,5. Kütusekulu arvutusel selgus, et kütust hoitakse kokku, mitte ei kulutata rohkem etteantud mahu ära vedamisel EMS autorongidega. Praktikas ei kasutata täielikult LDM mahtu, vaid veose koorem sõltub kahest parameetrist: kauba kaalu ja mahu piirang. Arvutamisel kasutati ainult mahu piirangut. Praktikas on kasutatud kaubaruumi kahekorruselist laadimist, et ka kauba kaalu piirangut maksimaalselt ära kasutada. 5% EMS autorongile üleminekuga tähendaks arvutuste kohaselt aastas ligi 1,5 tonni CO₂ paiskamise säästmist keskkonda ja väheneks 70 veoauto ja autojuhi vajadus.

Eestis tehti sõidukatse, kus tehti linnakatse ja maanteekatse. Linnakatsel sõideti läbi suuna Paldiskisse

Tallinnast Keilas 5 ringteed, kus katsetati autorongi manööverdamisvõimet, et autorong suudaks piisavalt keerata vastavalt seaduse nõutele. Edasi sõideti Tallinna linnas kriitilisemad kohad, mis imiteerisid autorongi võimekust hakkama saada kitsematel ristmikutel, kõrvalpöigetes ja teedel. Samuti sõitis autorong kahes populaarsemas sadamas, kuna suure tõenäosusega EMS sõidukid peavad tihti seal hakkama saama. Maanteeõidul katsetati keskmise kiirusega 85km/h sõitmist, mille eesmärk oli teada saada, kas pikem autorong pidurdab oluliselt liiklust, autorongi võimekust Eesti teedel täismassiga 60 tonni ja veoauto telemaatika seadmest keskmise kütusekulu arvestamist töö arvutuskäigus. Kõik ettenähtud katsed õnnestusid.

Arvutuskäigu positiivsel tulemusel nii kasumi, kütuse kokkuhoiu ja CO₂ saastatuse vähenemise poolest, välismaal EMS autorongide edukuse ja sõidukitse eesmärkide täituvuse poolest ei ole erilisi takistusi, miks 25,25 meetriste autorongide pilootprojekti Eestis ei peaks alustama. Piiratud teedega oleks võimalus kõige parem ettevõtetele, kus kauba peale -ja mahalaadimine jääks nende lubatud teede piirkonda. EMS autorongide lubamisega kaoks probleem sadamates enne tolli, kus 25,25 meetrine autorongi lisahaagisele tuleb järgi Eestist teine veoauto ja ühe autorongi koosseis jagatakse kaheks. 25,25 meetrised autorongid on võimelised sõitma Eesti põhimaanteedel. Piiratud teede võrgustikuga saab alustada pikemate autorongidega sõitmist Eestis ja jooksvalt koostada aruandeid ja uurida nende autorongide mõju Eesti teedel. Positiivsete tulemustega saab edasi liikuda tasapisi projekti arendamise ja suurendamise suunas.

SUMMARY

HCV have been used in Finland ja Sweden since 1995, since then countries like Denmark, Netherlands, Norway, Germany, Australia etc. In Finland, Sweden, Netherlands and Denmark there have been studies that prove with statistics and proof that longer road trains improve logistics, better the haulage capacity and weight with one trip. Also, longer vehicles save environment because with more goods being transported with one trip, less trucks are needed and which means less exhaust gases polluting the environment. Less trucks also improves traffic and decreases traffic jams. Estonias pilot project with longer vehicles can parallel to Denmarks and Netherlands pilot project with limited road accessibility.

Different types of EMS combinations enable about 40% more haulage space and about 12 tonnes more carrying weight. Reconstruction of road trains from average to longer road train requires: a suitable truck, which axis formula is atleast 6x2 and it's recommended by the author to use atleast 330kW powered engine and for coupling an extra trailer there has to be dolly or B-link in the middle of the road train. The author doesn't recommend using the combination that includes a tractor, semi-trailer and centre-axle trailer. The coupling system of this combination is not common, therefore hard to get.

EMS trucks maintenance interval isn't effected by the switch to EMS road train system and increased usage of engine power. Also, tyre wear itself doesn't increase because axle weights have to remain the same for trucks and trailers like it's said in EU directive 96/53. Although with usage extra trailer the sum of tyres used is increased.

The calculation showed that 25,25 metre road train is more profitable to haul needed goods than semi-trailer, which is 16,5 metres long. With fuel consumption calculation, it turned out that fuel's being saved rather than spent with the increased usage of EMS road trains. In calculation, only the volume of the cargo was included. In practice, the load of the cargo depends on two parameters: cargo weight and volume. With 5% increased EMS road trains it would mean 1,5 tonnes of reduced CO2 gases per year and would decrease the need for 70 trucks and drivers.

There was a test drive in Estonia, where settlement and country roads were tested. Route from Tallinn to Paldiski has 5 ring roads, where road train tested its maneuver capabilities to see if road train can turn enough according to the directive. Afterwards road train drove in Tallinn citys more critical points that imitated road train capability to succeed in more narrow intersections, turns and roads. Also road

train drove in two common ports, its highly probable that EMS trains have to get by in similar ports. With average speed 85 km/h country roads were tested to absorb if EMS train slows traffic, if road trains can succeed with full train mass 60 tonnes and to get trucks average fuel consumption from its telematic system for EMS trains benefit calculation afterwards. All the tests were successful.

With the positive calculation results regarding the profit, fuel savings and reduction of CO₂ pollution, EMS road trains success in the foreign countries and success of the test drive there no mayor obstacles to allow 25,25 metre road train pilot project in Estonia. It's possible to start testing longer road trains with limited access to road network and study the results of EMS road trains in Estonia and the changes they cause to the roads, while they drive. EMS road trains would solve the problem in ports before customs, where 25,25 meter road trains extra trailer is coupled by another truck. With positive results the project can be constantly developed and expanded.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Majandus- ja kommunikatsiooniminister, „Riigi teataja, määrus nr. 42,“ 25 mai 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/120052020006?leiaKehtiv>. [Kasutatud 3 märts 2021].
- [2] Tee- ja sideminister, „Riigiteataja,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13191853>. [Kasutatud 4 mai 2021].
- [3] C. L. ja L. L., „HCT Duo2 project Gothenburg-Malmö“, Rootsi, Stockholm, 2019.
- [4] V.-P. Kallberg, „Effects on road safety of increasing the length of articulated lorries,“ VTT Communities & Infrastructure, Espoo, Finland, 1995.
- [5] International Transport Forum, „High Capacity Transport: Towards Efficient, Safe and Sustainable Road Freight,“ International Transport Forum, Paris, 2015.
- [6] R. J. Ingemar Akerman, „European Modular System for road freight transport - experiences and possibilities,“ TFK - TransportForsK AB, Stockholm, 2007.
- [7] P. Svensson, „Har längden någon betydelse?,“ Malmö University, Malmö, 2004.
- [8] H. Backman ja R. Nordström, „Improved performance of European long haulage transport,“ TFK, Stockholm, 2002.
- [9] NEA, „The impact of the Euro modular system, R20020064/59041000,“ NEA, Taani, 2002.
- [10] L. Pihlskog, J. Aurell ja C. Avedahl, „Experience from the European Modular System in Scandinavia,“ Stockholm, 2006.
- [11] CEDR, „CEDR project FALCON (2018a), Freight And Logistics in a Multimodal Context), D3.1/5/6: Definition and Validation of a Smart Infrastructure Access Policy utilising Performance-Based Standards,“ CEDR project FALCON, 2018.

- [12] C. Kampfraath, *The Dutch freeway system and one haulier's selected routes.*, Holland: Hollandi transpordi ministeerium, avalike tööde ja veetööde osakond, 2007.
- [13] ETS logistika, „ETS Logistika,“ ETS Logistika, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.etslogistika.ee/teadmiseks/veokite-ja-haagiste-mahutavus/>. [Kasutatud 04 Aprill 2021].
- [14] J. Tibu, Interviewee, *Autojuhi kogemused veokiga sõites*. [Intervjuu]. 04 Aprill 2021.
- [15] A. Tulvi, Logistika, Tallinn: AS Atlex, 2014.
- [16] M. Jürimaa, Interviewee, [Intervjuu]. 19 märts 2021.
- [17] Transpordiamet, „Sõidukite statistika,“ Transpordiamet, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/soidukite-statistika>. [Kasutatud 26 aprill 2021].
- [18] A. Laul, Interviewee, *Stonewolf ja Alonewolf OÜ kogemused EMS autorongidega Soomes ja Rootsis*. [Intervjuu]. aprill 14 2021.
- [19] Euroopa Liidu Komisjon, „Euroopa Liidu Direktiiv 96/53,“ 17 november 1996. [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996L0053&from=EN>. [Kasutatud 3 märts 2021].
- [20] Traficom, „TRAFICOM/420073/03.04.03.00/2019,“ 14 mai 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Erikoiskuljetusm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys_FI.pdf. [Kasutatud 25 aprill 2021].
- [21] E. Tempel, Füüsika 8. klassile, Tallinn, 2016.
- [22] A. Sauk, „Pikkade autorongide tehnilised tingimused Eestis,“ Tallinna Tehnikakõrgkool, Tallinn, 2020.
- [23] Riigi teataja, „Riigi teataja,“ Justiitsministeerium, 30 märts 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/130032021004>. [Kasutatud 15 aprill 2021].

- [24] Google, „Google maps,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.google.com/maps/@59.3145476,24.4266549,1280m/data=!3m1!1e3!5m1!1e1>. [Kasutatud 1 mai 2021].
- [25] U. A. Glaeser, „Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes,“ BAST, Schlussbericht, Bergisch Gladbach, 2008.
- [26] T. Hintsov, Interviewee, *25,25 meetriste autorongide tulu arvutamine*. [Intervjuu]. 19 aprill 2021.
- [27] M. Hommik, Interviewee, *Firma keskmise kütusekulu Ants Viljandi OÜ näitel*. [Intervjuu]. 10 märts 2021.
- [28] A. Lukk, Interviewee, [Interview]. 7 mai 2021.
- [29] A. Maddison, Interviewee, *Rehvikulu erinevus tavapärasel autorongil ja pikal autorongil*. [Intervjuu]. 19 aprill 2021.
- [30] Tallinna Tehnikakõrgkool, Veokorraldusjuhi käsiraamat II, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2016.
- [31] Transpordiamet, „Teeregister,“ Transpordiamet, [Võrgumaterjal]. Available: <https://teeregister.mnt.ee/reet/search>. [Kasutatud 4 aprill 2021].

LISAD

Lisa 1. Joonis 01-00-00 Veopolt.