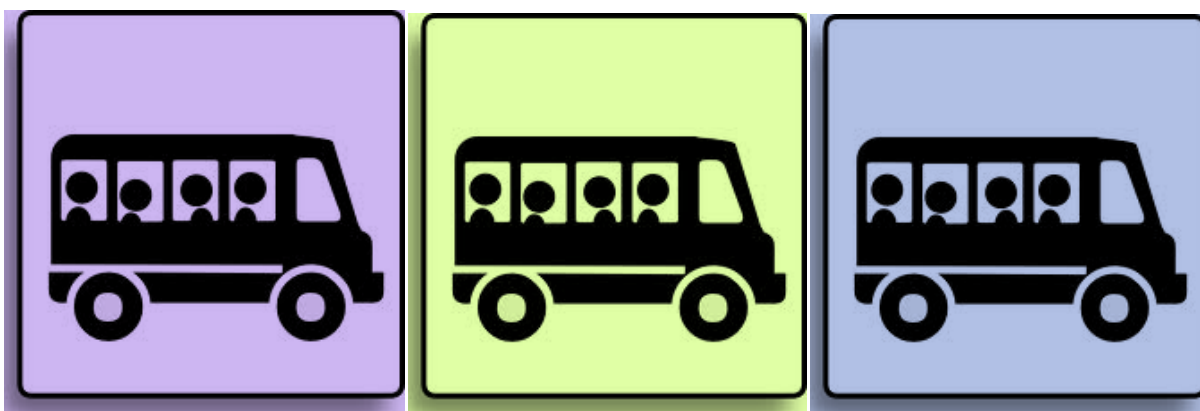




Tallinna Autobussikoondise linnaliinibusside alternatiivkütuste kasutuselevõtu asjaolude selgitamine

Uuringu lõpparuanne



Tellija: AS Tallinna Autobussikoondis

Leping nr 9.12.11

Tallinna Autobussikoondise linnaliinibusside alternatiivkütuste kasutuselevõtu asjaolude selgitamine

Uuringu lõpparuanne

Autorid: Mari Jüssi, Helen Poltimäe, Birgit Aru

SA Säästva Eesti Instituut

Lai 34

Tallinn 10133

www.seit.ee

Sisukord

Kasutatud lühendid.....	4
1 Sissejuhatus	5
1.1 Uuringu eesmärk ja töörühm	5
1.2 Materjal ja meetodika	5
1.3 Tallinna ja Eesti transpordi kasvuhoonegaaside ning energiasäästu eesmärgid	7
2 Biokütused	8
2.1 Biokütuste liigid	8
2.2 Biokütuste säästlikkuse kriteeriumid	9
3 Erinevate bussitüüpide ja kütuste õhusaaste ja kütusekulu tegurid	10
3.1 Õhusaaste ja kütusekulu tegurite lähteandmed	10
3.2 Busside kütusekulu ja kasvuhoonegaaside heitetegurid	11
3.3 Biokütuste olemusringi CO ₂ ekv jalajalg	13
3.4 Busside peenosakeste ja lämmastikoksiidide heitetegurid	13
4 TAKi busside keskkonnamõju ja väliskulude stsenaariumid	15
4.1 TAKi veeremi koosseis ja läbisõit aastatel 2010, 2015 ja 2020.....	15
4.2 TAKi veeremi stsenaariumid	15
4.3 Kütuste kulu ja kasvuhoonegaaside heitkogused TAK bussidest.....	16
4.4 Peenosakeste ja lämmastikoksiidide heide TAKi bussidest nelja stsenaariumi puhul	17
4.5 TAKi busside keskkonnamõju Tallinna transpordi kontekstis.....	19
4.6 TAKi busside kasvuhoonegaaside ja kohaliku õhusaastega seotud väliskulud.....	20
5 Lähinaabrite kogemused alternatiivtehnoloogiate kasutamisel	23
5.1 Etanoolbussid	23
5.2 Biodiiselbussid	25
5.3 Diisel-elekter-hübriidbuss	28
5.4 Erinevate bussitehnoloogiate kasutuskogemuse koondvõrdlus	29
6 Alternatiivtehnoloogia kasutuselevõtuga seotud kulud	32
6.1 Võimalik biodiisli ja etanooli hind uue energiamaksudirektiivi rakendumise puhul	32
6.2 TAKi kulutused kütusele erinevate stsenaariumite puhul	33
6.3 Normaalbussi soetus-, hooldus- ja kütusekulu erinevate tehnoloogiate puhul	34
6.4 Kasvuhoonegaaside vähendamise hind erinevate tehnoloogiate puhul.....	35
6.5 Biokütuste tootmine ja tootmise lähiperspektiivid	36
6.6 Alternatiivide valikuga seotud riskid	38
7 Koondhinnang stsenaariumitele.....	41
Kokkuvõte	46
English Summary	50
Kasutatud allikad	55
LISA 1. Uuringus kasutatud CO ₂ ekv, PM, NO _x heitetegurid ja kütusekulu tegurid	58
LISA 2. Biokütustest ja vedelatest biokütustest ning nendega võrreldavatest fossiilkütustest tulenevate kasvuhoonegaaside mõju arvutamise valemid.....	59

Kasutatud lühendid

B100	–	100% biodiisel
BtL	–	biomass vedelkütuseks (ingl <i>Biomass to Liquid</i>)
CO ₂	–	süsinikdioksiid ehk süsihappegaas
CO ₂ ekv	–	süsinikdioksiidi ekvivalent ehk kasvuhoonegaas
COPERT	–	<i>Computer programme to calculate emissions from road transport</i> (mudel maanteetranspordi õhuheitmete arvutamiseks)
DME	–	dimetüüleeter (ingl <i>dimethyl ether</i>)
ED95	–	bioetanool
EL	–	Euroopa Liit
EEA	–	Euroopa Keskkonnaagentuur
EKUK	–	Eesti Keskkonnauuringute Keskus
ETD	–	direktiiv 2003/96/EÜ, millega korraldatakse ümber energiatoodete ja elektrienergia maksustamise ühenduse raamistik (ingl <i>Energy Taxation Directive</i>)
FAME	–	rasvhapete metüülestrid (ingl <i>Fatty Acid Methyl Esters</i>)
IEA	–	Rahvusvaheline Energiaagentuur (ingl <i>International Energy Agency</i>)
KTK	–	Keskkonnaministeeriumi Keskkonnateabe Keskus
KHG	–	kasvuhoonegaas
KKM	–	Keskkonnaministeerium
LIPASTO	–	<i>Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskenta järjestelmä</i> (Soome transpordi heitgaaside ja energiatarbimise arvutusmudel)
MKM	–	Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
NO _x	–	lämmastikoksiidid
NTM	–	Network for Transport and Environment
NExBTL	–	hüdrogeenitud taimeõli (HVO), mida toodab Neste Oil
PM	–	peenosakesed
PPP	–	ostujõu pariteet (ingl <i>purchasing power parity</i>)
RED	–	direktiiv 2009/28/EÜ, taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta ning direktiivide 2001/77/EÜ ja 2003/30/EÜ muutmise ja hilisema kehtetuks tunnistamise kohta (ingl <i>Renewable Energy Directive – RED</i>)
RME	–	rapsiõli metüülester (ingl <i>Rapeseed oil Methyl Ester</i>)
SAKTRA	–	säästva arengu komisjoni transpordi raport
SKT	–	sisemajanduse kogutoodang
TAK	–	Tallinna Autobussikoondis
TTÜ	–	Tallinna Tehnikaülikool
VTT	–	VTT – Tehnologian Tutkimuskeskus (Soome riiklik tehnoloogia uurimiskeskus)

1. Sissejuhatus

1.1 Uuringu eesmärk ja tööühm

Uuringu eesmärk on selgitada välja AS Tallinna Autobussikoondise (TAK) linnaliinibusside alternatiivkütuste ja -tehnoloogiate kasutuselevõtu asjaolusid järgmise 10 aasta perspektiivis, arvestades keskkonna-, majanduslikke ja tehnilisi aspekte, naaberregioonide kogemusi ja Eesti olusid. Käesolevas uuringus püstitati järgnevad tööülesanded:

- 1) **Erinevate bussitehnoloogiate (diisel-, etanool-, biodiisel-, diisel-elekter-hübriidbuss) keskkonnamõjude võrdlemine CO₂ekv, NO_x, PM, kütusekulu ja kütusele seatud Euro-standardite lõikes.** Heitetegurite leidmine erinevate kütuste, Euro-standardite ja bussitüüpide lõikes;
- 2) **2010.a ning aastateks 2015 ja 2020 prognoositava saastemäära ning väliskulude arvutamine erinevate bussitehnoloogiate puhul.** Hinnangu andmine biokütuste võimalikust kasutusest tulenevale kasule ja väliskulude muutumisele, kuidas see aitab täita Eesti ja Tallinna rahvusvahelisi keskkonnavalaseid kohustusi jm eesmärke;
- 3) **Biokütuste ja alternatiivsete tehnoloogiate kasutuselevõtu asjaolud ja kogemused Eesti naaberregioonides** – majanduslikud, tehnilised ja poliitilised asjaolud;
- 4) **Nõuded alternatiivtehnoloogiatele;**
- 5) **Teadmiste kogumine biokütuste, biokütustel töötava veeremi ning sellega seotud infrastruktuuri hankimise ja kasutuselevõtu võimaluste ja tingimuste kohta Eestis;**
- 6) **Tallinna ühistranspordi veeremis biokütuste kasutuselevõtu ja kasutuse riskide ja takistuste analüüs.**

Uuringu tööühma kuulusid säästva transpordi ekspert Mari Jüssi (tööühma juhtimine, meetodika, aruande koostamine ja toimetamine), keskkonnaökonomist Helen Poltimäe (väliskulude ja aktsiiside arvutused), keskkonnaekspert Birgit Aru (kirjandusülevaade ning intervjuud naaberregioonide kogemustest), keskkonnaekspert Valdur Lahtvee ja Tallinna Tehnikaülikooli/WSP Rootsi keskkonnaökonomist Sirje Pädam (bussitehnoloogiate keskkonnamõju, alternatiivkütuse kogemus Rootsis).

1.2 Materjal ja meetodika

Töö ulatuse peamiseks määrajaks oli lähteülesanne, millega võeti vaadeldavateks alternatiivideks järgmised bussitehnoloogiad: diiselbuss (tavadiisel), bioetanoolbuss, biodiiselbuss ja hübriidbuss.

Töö koosnes järgnevatest etappidest:

- lähteandmete kogumine,
- stsenaariumite koostamine,
- Excel mudeli loomine ja heitkoguste, väliskulude ning otseste kulude arvutused,
- kirjandusülevaade ning intervjuud ametnike, bussiettevõtjate ning kütuste tootjatega alternatiivtehnoloogiate rakendamisesest naabermaades,
- tulemuste analüüs ja hinnangute andmine erinevatele stsenaariumitele,

- fookusgrupi ümarlaud Tallinnas tulemuste esitamiseks, riskide hindamiseks ja järelduste tegemiseks.

1. Lähteandmete kogumine:

- Ülevaate koostamise ja arvutuste tegemise baasaastaks võeti 2010, mille kohta oli käesolevat uuringut alustades (detsember 2011) kõige värskemad aasta kokkuvõtted töö tellijal olemas ja saadi 2010. a TAK-i veeremi koosseis ja läbisõit Euro-standardite, bussitüüpide ja läbisõidu lõikes;
- Kütusekulu, CO₂ekv, NOx ja PM heitetegurite leidmine normaal- ja liigenddiisibussidele Euro-eelsetest kuni Euro VI standardini ning alternatiivkütustega bussidele Euro V-st kuni Euro VI standardini¹;
- Väliskulu ühikukulude leidmine saasteainetele

2. Stsenaariumite koostamine:

- Perspektiivse veeremi koosseis ja läbisõit 2015. ja 2020. a nelja erineva tehnoloogia puhul (tavadiisibuss, etanoolbuss, biodiisibuss, hübriidbuss).

3. Arvutuste tegemine Excel mudelis

- Kütusekulu, CO₂ekv, NOx ja PM heitkoguste arvutamine neljale stsenaariumile;
- CO₂ekv, NOx ja PM heitkogustest tuleneva väliskulu kogusumma arvutamine neljale stsenaariumile.

Kütusekulu ja saasteainete koguste arvutamisel arvestati erinevate bussitüüpidega (normaal- ja liigendbuss, kütusetehnoloogia), bussi Euro-normiga, läbisõiduga keskmistes linnatingimustes ning kütuseliigiga.

Heitkoguste ja kütusekulu arvustehet võib kokkuvõtvalt väljendada järgmise valemiga:

$$E_{ska} = \sum_{b=1}^2 \sum_{m=1}^7 l_{bma} t_{bmk}$$

Valemis on kasutatud järgnevaid lühendeid:

- **E_{ska}** – summaarne saasteaine/kütusekulu heitkogus aastas
- **s** – saasteaine/kütusekulu
- **a** – aasta
- **b** – bussitüüp
- **m** – bussi mudel aastakäigu või Euro-standardi järgi
- **l** – läbisõit, km/a
- **k** – kütuseliik või tehnoloogia
- **t** – saasteaine keskmine heitetegur g/km

Väliskulude arvustehet võib kokkuvõtvalt väljendada järgmise valemiga:

$$VK_{ak} = \sum_{s=1}^3 E_{ska} \sum_{s=1}^3 E_{ska} u_{ska}$$

¹ Käesolevas uuringus ei vaadelda EEV-tüüpi (*Environmentally Enhanced Vehicle*) mootoritega busse, mis jäävad omadustelt Euro V ja Euro VI standardi vahepeale.

Kus:

- E_{ska} on summaarne saasteaine heitkogus stsenaariumi kohta aastas
- s on saasteaine
- a on aasta
- b on bussitüüp
- m on bussi mudel aastakäigu või Euro standardi järgi
- l on läbisõit, km
- k on kütuseliik või tehnoloogia
- t on saasteaine keskmine heitetegur g/km
- u on väliskulude ühikumäär, €2010/t
- VK on väliskulude summa

4. **Tulemuste analüüs ja esialgsete hinnangute andmine erinevate stsenaariumitele** tulenevalt nende keskkonnamõjust ja väliskuludest ning Tallinna transpordi keskkonnamõjude laiemast kontekstist.
5. **Lähinaabrite kogemuste ülevaade ning alternatiivtehnoloogia kasutuselevõtuga seotud kulude arvutused põhinevad** kirjandusülevaatel, Säästva Eesti ekspertide arvutustel ning personaalsetel intervjuudel Rootsi ja Soome biokütuste kasutuselevõtuga seotud asjatundjate, bussiettevõtjate, ametnike ning kütusetootjatega, kelleks olid: **Jonas Ericson**, alternatiivsõidukite ekspert Stockholmi linna keskkonna- ja terviseametist; **Clemen Rasmussen**, Biofuel Express AB president (biodiisli tootja); **Hanna Björk**, Västtrafik keskkonnajuht (Göteborgi ühistranspordi ettevõtte); **Sofie Indevall**, SEKAB BioFuels & Chemicals AB tootejuht (etanooli tootja) ja **Johan Perander**, Neste Oil OY (biodiisli tootja).

1.3 Tallinna ja Eesti transpordi kasvuhoonegaaside ning energiasäästu eesmärgid

Kohalikul tasandil võttis Tallinna linn 2009. a **Linnapeade pakti** (*Covenant of Mayors*) raames rahvusvahelise kohustuse vähendada linnas tekkivaid kasvuhoonegaase 20% aastaks 2020 (Tallinna puhul on eesmärgid seatud võrreldes 2007. aastaga). Linnapeade pakt on üleeuroopaline liikumine, mis hõlmab kohalikke ja regionaalseid organisatsioone, kes võtavad vabatahtlikult kohustuse suurendada energiatõhusust ja kasutada oma territooriumil taastuvaid energiaallikaid. Linnapeade paktist tulenevalt koostas Tallinna Keskkonnaamet **Tallinna säästva energiamajanduse tegevuskava aastateks 2011–2020**², milles on transpordivaldkonnas eesmärgiks võetud „pöörata suuremat tähelepanu ühistranspordi arendamisele ja biokütuse kasutuselevõtmisele vähemalt 10% ulatuses nii ühis- kui ka eratranspordis”. Tegevuskavas nähakse ette, et 2020. a transpordis “kütusetarbimine jääb samale tasemele kui 2007. aastal, kuid 10% transpordis kasutavast kütusest moodustab biokütus”.

Eesti on tulenevalt Kyoto protokollist ja nn EL kliimapaketist võtnud mitmeid kohustusi, mis aitaksid 2020. aastaks 20% kasvuhoonegaaside vähendamise eesmärki saavutada. Transpordivaldkonda puudutavad siin eelkõige kaks EL regulatsiooni:

² https://oigusaktid.tallinn.ee/?id=3001&aktid=119834&fd=1&q_sort=elex_akt.akt_vkp#_Toc284516131

- 1. Euroopa Parlamendi ja nõukogu otsus nr 406/2009/EÜ, milles käsitletakse liikmesriikide tegevusi, et täita ühenduse kohustust vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid aastaks 2020.** See otsus käsitleb kasvuhoonegaaside heitmekaubandusest välja jäävaid sektoreid (transport, põllumajandus, elamumajandus), mille CO₂ heitkogused peaksid aastaks 2020 Euroopas vähenema kokku 10% võrreldes aastaga 2005. Liikmesriikidele rakendub see eesmärk erinevalt ning Eestil on lubatud aastaks 2020 CO₂ heitkogustel kasvada maksimaalselt 11% võrra võrreldes 2005. aastaga. Konkreetset tegevuskava selle otsuse täitmiseks ei ole Eestis koostatud.
- 2. Taastuvenergia edendamist puudutav direktiiv 2009/28/EÜ, mille kohaselt aastaks 2020 peab 10% transpordis tarbitavast energiast olema toodetud taastuvenergiaallikatest.** Oluline erinevus senise, 2003. a vastu võetud biokütuste kasutamise edendamist puudutava direktiiviga 2003/30/EÜ seisneb selles, et eesmärgi alla käib biokütustele lisaks ka taastuvatest energiaallikatest kuluv elektrienergia, mida kasutatakse transpordis (tramm, troll, elektrifitseeritud raudtee, elektrisõidukid). Sellest direktiivist tulenevalt koostas Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium **“Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020”** (MKM 2010), kus ühe tegevusena on ette nähtud ühistranspordi üleviimine taastuvenergiale ning eeldatud, et aastaks 2020 on pool ühistranspordis kuluvast energiast taastuvenergia.

2 Biokütused

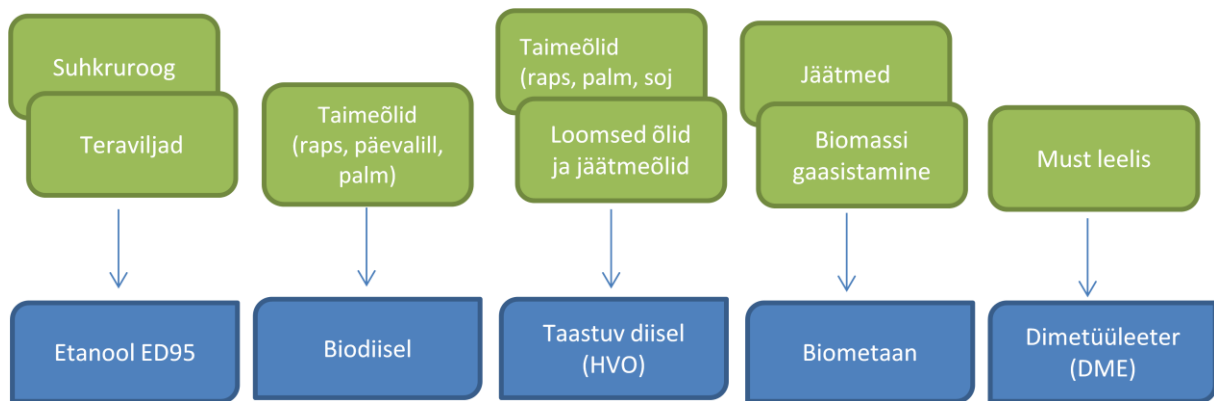
2.1 Biokütuste liigid

Biokütusteks loetakse vähemalt järgmisi tooteid (2003/30/EÜ järgi):

- a) bioetanool: biomassist ja/või jäätmete bioloogiliselt lagunevast fraktsioonist toodetud etanool, mida kasutatakse biokütusena;
- b) biodiislikütus: taimsetest või loomsetest õlidest toodetud, diislikütuse omadustega metüülester, mis on mõeldud kasutamiseks biokütusena;
- c) biogaas: biomassist ja/või jäätmete bioloogiliselt lagunevast fraktsioonist toodetud kütusegaas, mida on võimalik puhastada maagaasile vastavate omadusteni ning mis on mõeldud kasutamiseks biokütuse või puugaasina;
- d) biometanool: biomassist toodetud metanool, mis on mõeldud kasutamiseks biokütusena;
- e) biodimetüüleeter: biomassist toodetud dimetüüleeter, mis on mõeldud kasutamiseks biokütusena;
- f) bio-ETBE (etüül-tert-butüüleeter): bioetanooli põhjal toodetud ETBE. Bio-ETBE biokütusena arvatav mahuprotsent on 47%;
- g) bio-MTBE (metüül-tert-butüüleeter): biometanooli põhjal toodetud kütus. Bio-MTBE biokütusena arvatav mahuprotsent on 36 %;
- h) sünteetilised biokütused: biomassist toodetud sünteetilised süsivesinikud või sünteetiliste süsivesinike segud;
- i) biovesinik: biomassist ja/või jäätmete bioloogiliselt lagunevast fraktsioonist toodetud vesinik, mis on mõeldud kasutamiseks biokütusena;

j) puhas taimeõli: pressimise, ekstraheerimise või samalaadsete menetluste abil õlitaimedest toodetud, töötlemata või puhastatud, kuid keemiliselt modifitseerimata õli, kui see sobib kasutatava mootoritüübiga ning vastab heitmetega seotud nõuetele.

Joonisel 2.1 on välja toodud erinevate biokütuste lähteained, mis on käesoleval ajal kasutusel. Erinevate kütuste omadusi on käsitletud 5. peatükis ning biokütuste tootmist põgusalt peatükis 6. Üksikasjalikum ülevaade biokütuste standarditest ja biokütust puudutavatest õigusaktidest on koostanud TAKi tellimusel Tallinna Tehnikaülikool (TTÜ 2010).



Joonis 2.1. Erinevate biokütuste lähteained

2.2 Biokütuste säästlikkuse kriteeriumid

Tulenevalt taastuvenergia 2009. a direktiivist hakkasid EL-is kehtima alates 2010. a detsembrist biokütuste säästlikkuse kriteeriumide vastavusnõuded. Eesti keskkonnaminister on välja andnud 16.12.2010 ka määruse „Vedelkütustele esitatavad keskkonnanõuded ning biokütuste säästlikkuse kriteeriumid ja nende tõendamise kord“, mille kohaselt on biokütuste säästlikkuse peamised kriteeriumid järgmised:

- 1) biokütuse kasutamise elutsükli jooksul energiaühiku kohta tekkivate kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemine on vähemalt 35%;
- 2) biokütus ei ole valmistatud toorainest, mis on saadud kõrge loodusrikkusega maa-alalt, juhul kui ei ole tõendatud, et asjaomase tooraine tootmine ei olnud looduskaitse-eesmärkidega vastuolus käesoleva paragrahvi lõike 2 punkti 2 kohaselt, ning välja arvatud juhul, kui on tõendatud, et tooraine kogumine on vajalik lõike 2 punktis 3 nimetatud rohumaa seisundi säilimiseks;
- 3) biokütus ei ole valmistatud toorainest, mis on saadud suure süsinikuvaruga maa-alalt, välja arvatud juhul, kui tooraine hankimise ajal iseloomustas maa-ala sama seisund kui 2008. aasta jaanuaris;
- 4) biokütus ei ole valmistatud toorainest, mis on saadud maa-alalt, mis oli 2008. aasta jaanuaris turbaraba, juhul kui ei ole tõendatud, et selle tooraine viljelus ja kogumine ei too kaasa varem kuivendamata pinnase kuivendamist.

2011. a lõpu seisuga ei olnud Majandusministeeriumil ega Statistikaametil veel ülevaadet, mil määral vastavad Eestis toodetavad või imporditavad biokütused säästlikkuse kriteeriumitele, vt ptk 6.5 (MKM 2011).

3 Erinevate bussitüüpide ja kütuste õhusaaste ja kütusekulu tegurid

3.1 Õhusaaste ja kütusekulu tegurite lähteandmed

Transpordist lähtuva õhusaaste heitetegurite leidmiseks kasutati rahvusvahelisi andmebaase ja kirjandusallikaid, sest töörühm ei leidnud ühestki kättesaadavast mudelist heitetegureid kõigi bussitüüpide, Euro-standardite ja alternatiivkütuste lõikes. Kõige usaldusväärsemad andmed leiti diisibusside kohta. Alternatiivkütuste puhul, kus kõiki vajalikke heitetegurite andmeid polnud näiteks Euro VI mootori kohta saadaval, on heitetegurid osaliselt tuletatud ja eeldatud, et need vastavad vähemalt Euro VI standardile. Kuna TAKil on plaanis soetada kõik alternatiivtehnoloogiaga bussid uutena ja seega peavad need vastama vähemalt Euro V standardile, siis ei ole käesolevas töös ära toodud Euro V-st vanemate alternatiivkütusega busside heitetegureid.

Töös kasutatakse järgmisi allikaid:

Diisibusside heitetegurite lähteandmed:

- Soome VTT Lipasto mudeli linnaliinibusside andmed <http://lipasto.vtt.fi>;
- Rootsi NTM andmebaas <http://www.ntmcalc.org>;
- Euro VI tegurid on tuletatud Euroopa Komisjoni määrusest nr 582/2011³

Biodiisel- ja etanoolbusside heitetegurite lähteandmed:

- Rootsi NTM andmebaas <http://www.ntmcalc.org>;
- AEA Energy & Environment 2008 *Road Transport Emissions from Biofuel Consumption in the UK*

Diisiel-elekter hübriidbusside heitetegurite lähteandmed:

- U.S. Department Of Transportation Federal Transit Administration 2007 *Transit Bus Life-Cycle Cost and Year 2007 Emissions Estimation*
- www.Volvobuses.com

Joonistel 3.1 kuni 3.4 on ära toodud normaalbusside saasteainete heitetegurid ja kütusekulu Euro-standardite lõikes. Liigendbussi tegurid on ära toodud tabelis Lisas 1. Heitetegurid vastavad keskmistele linnaliikluse tingimustele, mille kohta tegureid oli kõige rohkem olemas (nt Lipasto mudelis on näitajad keskmise linnaliikluse kiiruse 20 km/h kohta, keskmine täituvus 18 inimest busi kohta) ja mis vastasid kütusekulu poolest kõige enam TAKilt saadud keskmistele kütusekulu näitajatele. Võrreldes mudelist saadud keskmise kütusekulu andmeid TAKi 2009.–2010. a reaalsele keskmise kütusekuluga, oli TAKi busside kütusekulu praktikas 2–3% suurem, mis võib olla osaliselt tingitud Tallinna bussiliikluse suuremast koormusest ning vaadeldud aastate lumerohketest talvedest. Arvutustes on kasutatud ülalpool loetletud andmebaasidest, mudelitest ja kirjandusallikatest saadud tegureid, mis vastavad pigem erinevate aastate keskmisele näitajale.

³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:167:0001:0168:EN:PDF>

3.2 Busside kütusekulu ja kasvuhoonegaaside heitetegurid

Diislikütusega töötavates bussimootorites tekib kütuse põlemisel kasvuhoonegaasidest peamiselt süsihappegaasi (CO₂) ning lisaks vähemal määral veel kahte kasvuhoonegaasi – metaani (CH₄) ja dilämmastikoksiidi (N₂O). CO₂ ekvivalendiga (süsihappegaasi ekvivalent, lühendina CO₂ekv) tähistatakse kütuste põletamisel tekkivat summaarset kasvuhoonegaaside heitkogust, kus erinevate kasvuhoonegaaside heitkogused korrutatakse läbi globaalse soojenemise koefitsiendiga võrrelduna süsihappegaasiga. Kuna metaanil ja dilämmastikoksiidil on massiühiku kohta CO₂-st suurem globaalse soojendamise mõju, siis väljendatakse kasvuhoonegaaside heitkogust lihtsuse huvides CO₂ ekvivalentides. Metaani puhul on CO₂ ekvivalendi kordaja 21 ja dilämmastikoksiidi puhul 310. Metaani ja dilämmastikoksiidi osa diislikütusega bussimootorite kasvuhoonegaaside heitest on võrdlemisi väike – 0,1% kogu CO₂ ekvivalendi heitest (VTT Lipasto). Mootorsõidukite puhul kasutatakse CO₂ekv heitetegurite võrdlusühikuna g/sõiduki-km või g/sõitja-km kohta. Summaarsed heitkogused näidatakse enamasti CO₂ekv tonnidenas aastas.

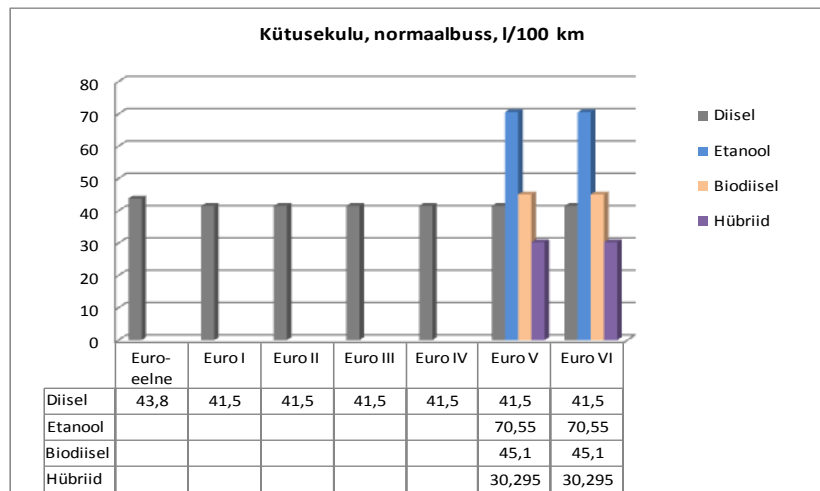
Bussi kasvuhoonegaaside heide oleneb eelkõige bussi mootoritehnoloogiast tingitud energiakulust ja kasutatavast kütusest. Erinevate tootjate toodetud sarnase konfiguratsiooniga bussidel võib kütusekulu erineda 5–15%. Lisaks bussi tehnilistele omadustele mõjutavad kütusekulu järgnevad tegurid: bussijuhi sõidustiil 5-20%, rehvitüüp ja -rõhk 5%, kasutatavad määrded 1–2%, bussi täituvus, liiklusolud ja teede hooldustase.

Joonisel 3.1 on toodud ära busside kütusekulu tegurid 100 km läbisõidu kohta. Kuigi iga järgneva uue Euro-standardi puhul on diiselbussid kohaliku õhukvaliteeti puudutavate saasteainete osas puhtamad ja keskkonnasõbralikumad kui varem kehtinud standardile vastavad bussid (vt joonis 3.4 ja 3.5), ei ole uued diiselbussid vanadest kütusesäästlikumad⁴. Paljudel tootjatel on isegi raskusi busside senist kütuse tarbimise taset hoida, sest heitgaaside puhastussüsteemid ning uued busside mugavus- ja varustusnõuded (pardaelektronika, konditsioneerid jm) suurendavad busside kütusetarvet ja tootjad otsivad muid lahendusi kütusekulu kasvu vähendamiseks. Praegu käigusolevatel uusimatel bussidel (Euro V) on sama diislikulu, mis eelnevatel. Lähtudes eeltoodust eeldatakse ka Euro VI standardile vastavate busside puhul, et nende kütuse kulu, võrreldes varasema kütuse tarbimise tasemega, ei muutu. Normaalsuurusega diiselbusside puhul tekivad kütusekulu vahed võrreldes uute bussidega seega ainult kõige vanemate ehk üle 20 a vanade busside puhul, millel on keskmiselt 5% suurem kütusekulu. Liigendbusside puhul on uuematel liigendbussidel Euro III-ga võrreldes ligikaudu 4% suurem kütusekulu. Liigendbusside tegurid on ära toodud Lisas 1.

Biodiisli kuluks mahult 100 km kohta 10% ja etanooli 70% rohkem kui tavadiislikütust nende kütuste väiksema energiasalduse tõttu. Hübriidbussi kütusekulu on nt Londoni linnavalitsuse⁵ ja mitme bussitootja andmetel 25–30% väiksem, kuid see oleneb suuresti linna liiklusoludest ja ilmaoludest. Lähimad ja uuemad aastaringised hübriidbussi katsed on tehtud Stockholmis etanooli-hübriididega, kus koos nn “start-stop” süsteemiga saavutati 21–33% kütusekulu vähenemine (Wikström 2011). Käesolevas töös on võetud nende andmete keskmine, 27%, kuid suhteliselt lühikeste ummikuperioodide ja pikemate talvede tõttu ei pruugi hübriidbussiga nii suurt kütusesäästu Tallinnas saavutada.

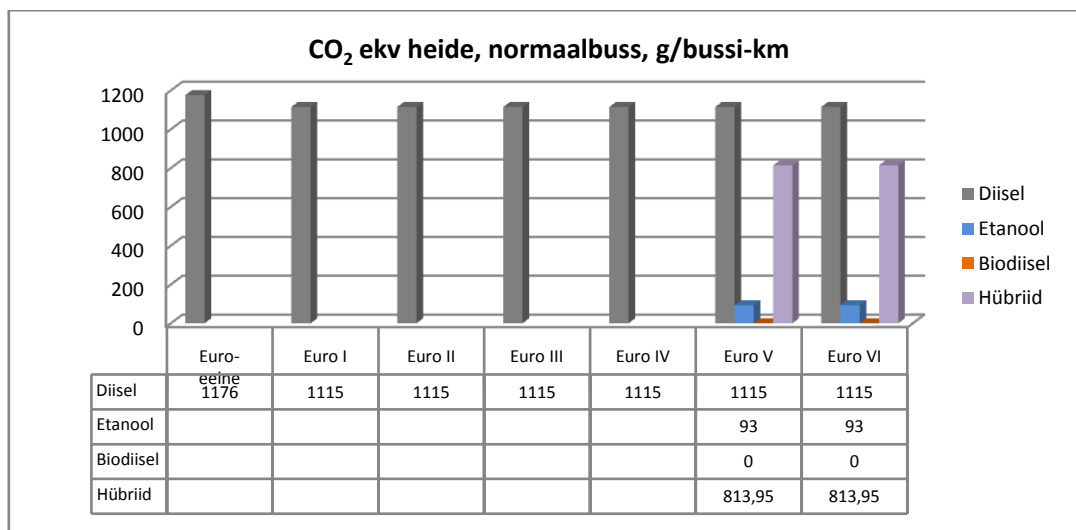
⁴ Erinevate Euro-standardite kehtimise algusaastad ning liigendbussi tegurid on ära toodud Lisa 1 tabelis.

⁵ <http://www.tfl.gov.uk/corporate/projectsandschemes/2019.aspx#benefits>



Joonis 3.1. Normaalbussi kütusekulu erinevate bussi vanuste (Euro standardite) lõikes*

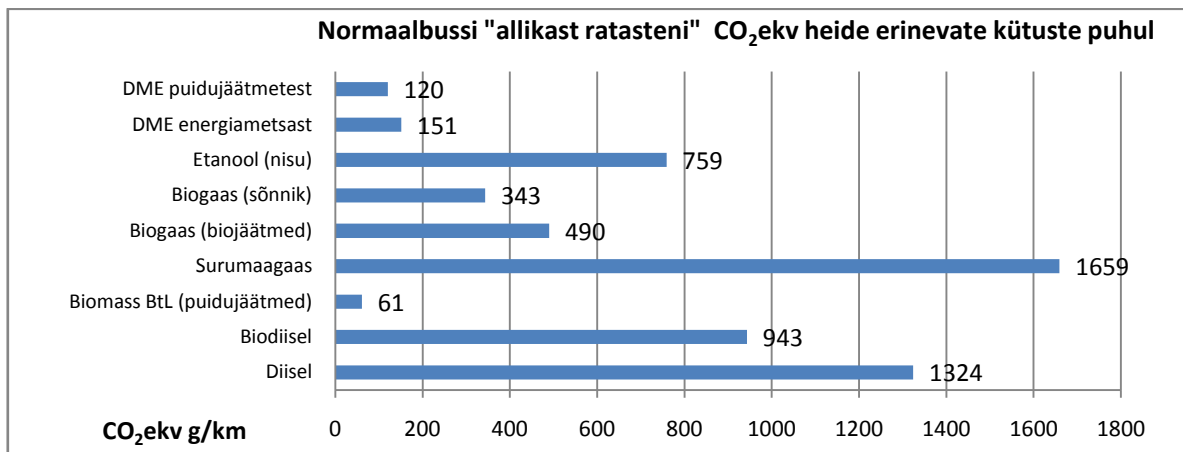
Joonisel 3.2 on ära toodud erinevate tehnoloogiate CO₂ekv heide bussi-km kohta. Fossiilkütuste puhul sõltub CO₂ekv heide otseselt tarbitud kütuse kogusest. Biokütuste puhul on CO₂ekv heide arvutamine keerulisem. Kirjandusallikad ja mudelite andmed on CO₂ekv osas kõige vastuolulisemad, sest biokütuste tootmisega seotud fossiilenergia kulu arvestamise meetodid on erinevad ja mõnel puhul arvestatakse kogu kütuste tootmise olelusringi, mõnel vaid osaliselt või üldse mitte. Enamikus arvutusmudelites loetakse biodiisli ja etanooli CO₂ekv heidet neutraalseks, ED95 puhul tekib alati ka nõ fossiilset CO₂, sest kütusele lisatakse 5% süüte parandajat (*ignition improver*), mistõttu ei ole CO₂ekv vähenemine ED95 puhul mitte 100%, vaid 92%.



Joonis 3.2. Normaalbussi CO₂ekv heide erinevate bussi vanuste (Euro-standardite) ja kütuste lõikes*

* Kuigi siin on jaotus ära toodud Euro-standardite lõikes, ei reguleerita standardiga busside kütusekulu ega ka CO₂ ekv heidet.

3.3 Biokütuste olelusringi CO₂ekv jalajälg



Joonis 3.3. Allikast ratasteni CO₂ekv heide taastuenergia direktiivi 2009/28/EÜ järgi, Euroopas toodetavate biokütuste näitel (Nylund 2012)

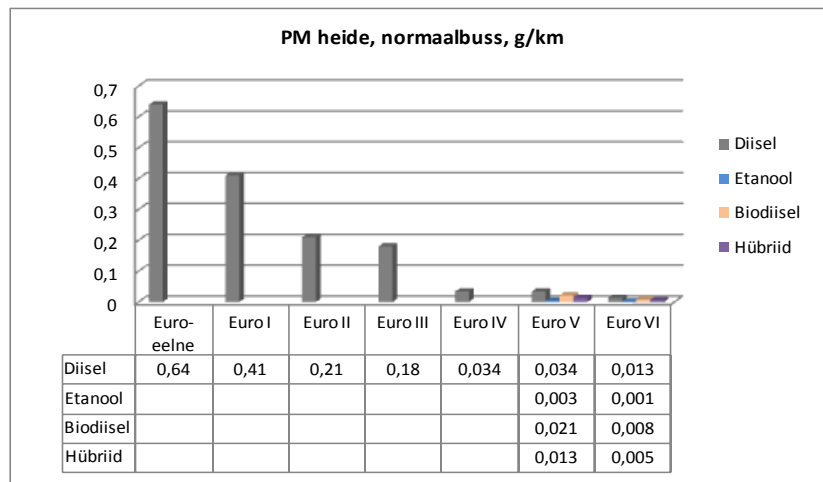
Joonisel 3.3 on välja toodud erinevate biokütuste CO₂ekv heide kogu olelusringi jooksul ehk nõ allikast ratasteni („*well-to-wheels*“) lähenemisel, mis võtab lisaks kütuse põletamisel tekkivale heitele arvesse ka biokütuste tootmisest tingitud CO₂ekv heidet. Selline lähenemine annab adekvaatsema ülevaate erinevate kütuste kogupanusest kasvuhoonegaaside heitkogustele kui ainult nõ torust tuleva heite arvestamine ja võrdlemine. Nagu jooniselt näha, tekitavad Euroopas toodetavatest biokütustest kõige vähem CO₂ uuema põlvkonna biokütuste (biomass vedelkütuseks (BtL); DME energiametsast ja puidujäätmetest) ja biogaasi tootmine ning tarbimine. Neile järgnevad esimese põlvkonna biokütused (nisuetanool, biodiisel) ja fossiilkütused.

Erinevate kütuste allikast ratasteni CO₂ekv jalajälge silmas pidades on käesolevas töös ära toodud CO₂ heitkoguste ligilähedastki vähenemist võimalik saavutada ainult kas suhkruroost toodetud etanooli või uuema põlvkonna biokütustega. (vt Lisa 2)

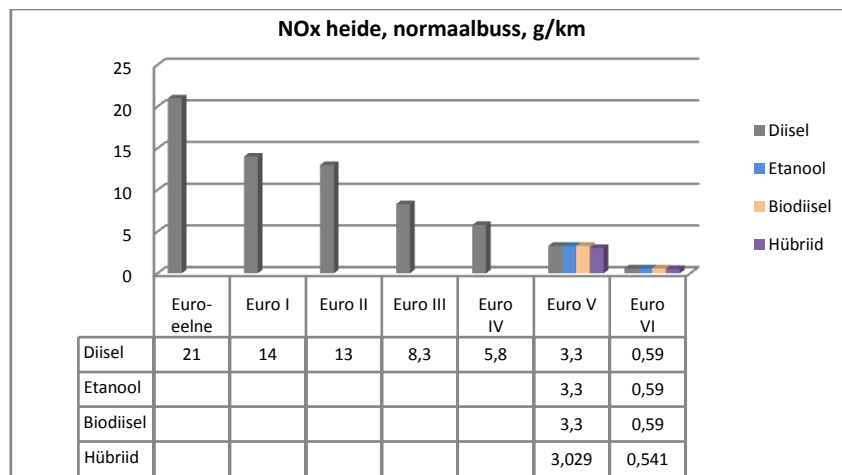
3.4 Busside peenosakeste ja lämmastikoksiidide heitetegurid

Joonisel 3.4 ja 3.5 on ära toodud normaalbussi peenosakeste (PM) ja lämmastikoksiidide (NO_x) heitetegurid. Need on kaks peamist saasteainet, mis on reguleeritud Euro-standarditega ja millega on Tallinna välisõhu kvaliteedi normide täitmisel olnud veel viimase kümne aasta jooksul probleeme (KKM ITK 2009). Euro VI standard hakkab kehtima aastal 2014, mis tähendab, et kõik registrisse kantavad uued bussid peavad vastama sellele standardile. Juba Euro III-ga (praegu 5 kuni 10 aastat vanad bussid) võrreldes on Euro V diiselbussi peenosakeste heide ligi 80% ja Euro VI puhul 95% väiksem. Peenosakeste heite poolest on kõige puhtam buss etanoolbuss.

Lämmastikoksiidide osas hakkab Euro V ja VI standardi puhul biodiisel- ja tavadiiselbussi heite tase lähenema juba etanooli kasutavate busside heitetasemetele. NO_x heite standardile vastamist peetakse biodiiselbussi kasutamise puhul probleemseks (intervjuu ja kirjavahetus J. Ericsoniga), kuid kindel on see, et ka alternatiivkütuste kasutamisel ei tohi busside heitmed ületada standardis toodud piirnorme. Samas on ka EEV-ile vastavaid etanool- ja biodiiselmootoreid, mis on Euro V-st puhtamad, kuid siis peaks võrdlusesse tooma ka tavadiisliga töötavad EEV mootorid.



Joonis 3.4. Normaalbussi peenosakeste heide erinevate Euro standardite lõikes



Joonis 3.5. Normaalbussi NOx heide erinevate kütuste ja neile seatud Euro standardite lõikes

4 TAKi busside keskkonnamõju ja väliskulude stsenaariumid

4.1 TAKi veeremi koosseis ja läbisõit aastatel 2010, 2015 ja 2020

2010. a ehk baasaasta veeremi kirjeldamisel on lähtunud TAKilt saadud andmetest selle aasta veeremi suuruse, koosseisu ja läbisõidu kohta Euro-standardi (Euro-eelne kuni Euro V) ja bussitüüpide (normaalbuss, liigendbuss) lõikes. 2010. a oli TAK busside läbisõit kokku 19,42 miljonit sõiduki-km, mis jagunes 65% normaalbusside ja 35% liigendbusside vahel.

Erinevaid kütusetüüpe sisaldavate stsenaariumite kirjeldamisel on lähtunud TAKilt saadud prognoosist busside väljavahetamise, uute busside kasutuselevõtu ning nende keskmiste aastase läbisõidu kohta. 2015 ja 2020 läbisõidu puhul on eelduseks võetud, et busside summaarne läbisõit ja liinitöö jagunemine normaal- ja liigendbusside vahel jääb samaks, mis 2010. a oli vastavalt 65% ja 35%.

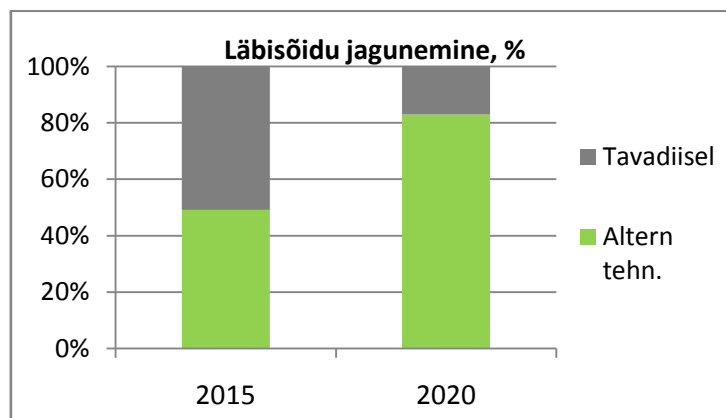
4.2 TAKi veeremi stsenaariumid

Erinevate alternatiivide hindamiseks ja baasaastaga 2010 võrdlemiseks koostati neli stsenaariumi 2015. ja 2020. a kohta, kus uute busside hankimisel otsustatakse kas uute diislbusside, uute etanoolbusside, uute biodiislbusside või hübriidbusside kasuks.

1. 100% diislikütust (uued bussid kasutavad tavadiislit e praeguse praktika jätkumine)
2. Diiseli + etanool (uued bussid kasutavad etanooli ED95)
3. Diiseli + biodiisli (uued bussid kasutavad biodiisli B100)
4. Diiseli + hübriid (uued bussid on tavadiisel + elektri hübriidajamiga)

Uuringu lähteülesandest tulenevalt ei ole vaatluse alla võetud surumaagaasi, biogaasi või teisi alternatiivkütustel töötavaid bussitehnoloogiaid.

Juhul kui kõik pärast 2010. a soetatavad uued bussid kasutavad alternatiivseid kütuseid või tehnoloogiaid, moodustaksid alternatiivtehnoloogiaga bussid aastal 2015 51% läbisõidust ja aastal 2020 83% läbisõidust, sest uute busside aastane läbisõit on 90 000–110 000 km aastas.



Joonis 4.1. Busside läbisõidu jagunemine tava- ja alternatiivtehnoloogiaga busside lõikes aastatel 2015 ja 2020

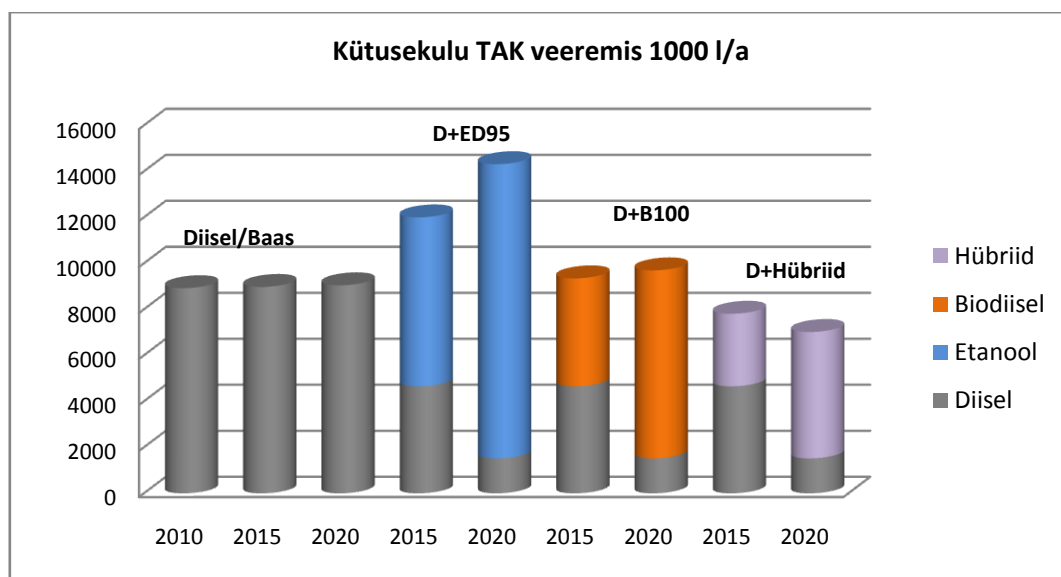
4.3 Kütuste kulu ja kasvuhoonegaaside heitkogused TAK bussidest

Diiselbussi-stsenaarium

Kuna uued tavadiiselbussid pole vanemate bussidega võrreldes kütusesäästlikumad, siis diisliga jätkates jääb sama läbisõidu puhul nii normaalbusside kütusekulu kui ka CO₂ekv heitkogused samale tasemele, mis on praeguse busside koosseisu ja läbisõidu juures. Kuna liigendbusside puhul on uuematel bussidel Euro IV-ga võrreldes ligi 4% suurem kütusekulu ja aastatel 2020 teevad Euro V ja VI liigendbussid üle 25% liinitööst, siis kütuse tarbimine isegi tõuseb 1–2%, mistõttu oleks aastal 2020 aastane kütuse tarbimine üle 9 miljoni liitri (joonis 4.2). Kuna CO₂ekv heite kogus on otseselt seotud diisli tarbimisega, siis CO₂ekv heite summaarne koguse kasvab ka 1-2% (joonis 4.3).

Etanool-, biodiisel- ja diisel-elekter-hübriidbussi stsenaariumid

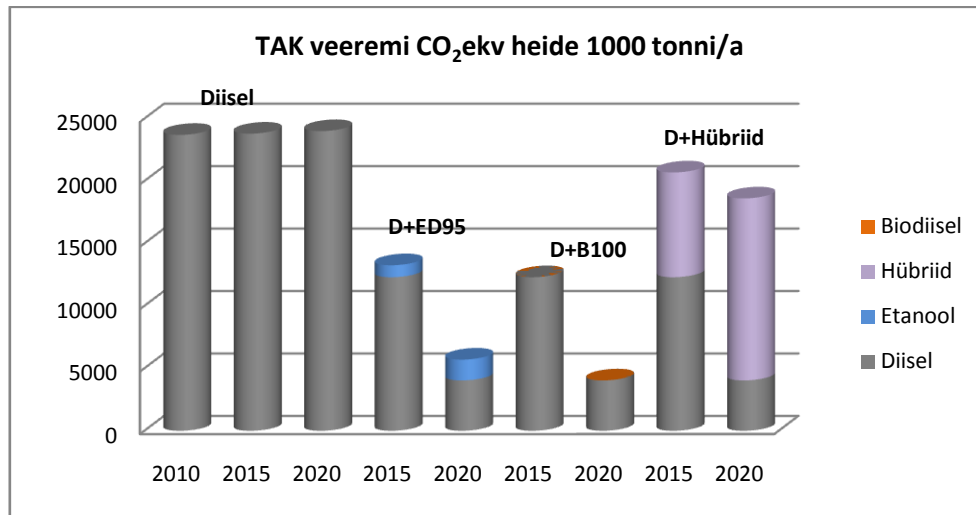
Alternatiivkütuste kasutuselevõtu puhul väheneks aastaks 2015 diisli tarbimine kogu veeremi lõikes ligi 50% ja aastaks 2020 83%. Kui eeldada, et hübriidbussid kasutavad põhikütusena diislit, siis väheneks hübriidbusside kasutuselevõtu puhul diisli tarbimine vastavalt 13% ja 22%. Kütusekulu tabel ja joonis 4.2 annab aimu alternatiivkütuste kogustest, mida TAK peaks erinevate stsenaariumite puhul hankima. Kuna ED95 energiasisaldus liitri kohta on oluliselt väiksem kui diisilil, siis suurenevad oluliselt ka hangitava kütuse kogused – etanooli stsenaariumi puhul vajatakse busside käigus-hoidmiseks aastal 2020 ligi 50% suuremat kogust kütust. Biodiisli kasutamise puhul oleks hangitava kütuse koguste vahe võrreldes tavadiisliga aastal 2020 10%.



	Diisel			D+ED95		D+B100		D + Hübriid	
	2010	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Etanool				7343	12794				
Diisel	8922	8976	9048	4657	1522	4657	1522	4657	1522
Biodiisel						4693	8175		
Hübriidbussi diisel								3153	5494
KOKKU	8922	8976	9048	12000	14316	9349	9697	7810	7016

Joonis 4.2. Kütusekulu kuni aastani 2020 erinevate stsenaariumite korral (1000 liitrit aastas). Hübriidi all peetakse silmas diisel-elekter hübriidide poolt tarbitud diislikütuse koguseid.

Kui eeldada CO₂ekv heite puhul, et biodiisel on 100% CO₂ekv neutraalne, tekiks kõige vähem heidet biodiisli-stsenaariumi puhul (83% vähem). Etanooli-stsenaariumi puhul väheneks CO₂ekv heide 2010. a võrreldes ligi 75% ja tavadiisliga sõitvate hübriidbusside stsenaariumi puhul 22% vähem. Nagu mainitud CO₂ekv heitetegureid puudutavas peatükis 3.3., on käesoleva töö tulemused kõige tundlikumad just CO₂ekv heitetegurite suhtes ja need sõltuvad valitud biokütuse tootmisviisist.



	Diisel			D+ED95		D+B100		D+Hübriid	
	2010	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Etanool				959	1666				
Diisel	23698	23796	24001	12299	4034	12299	4034	12299	4034
Biodiisel						0	0		
Hübriid								8393	14576
KOKKU	23698	23796	24001	13258	5700	12299	4034	20692	18610

Joonis 4.3. CO₂ekv heide 2015. ja 2020. a erinevate stsenaariumite korral, 1000 tonni aastas

4.4 Peenosakeste ja lämmastikoksiidide heide TAKi bussidest nelja stsenaariumi puhul

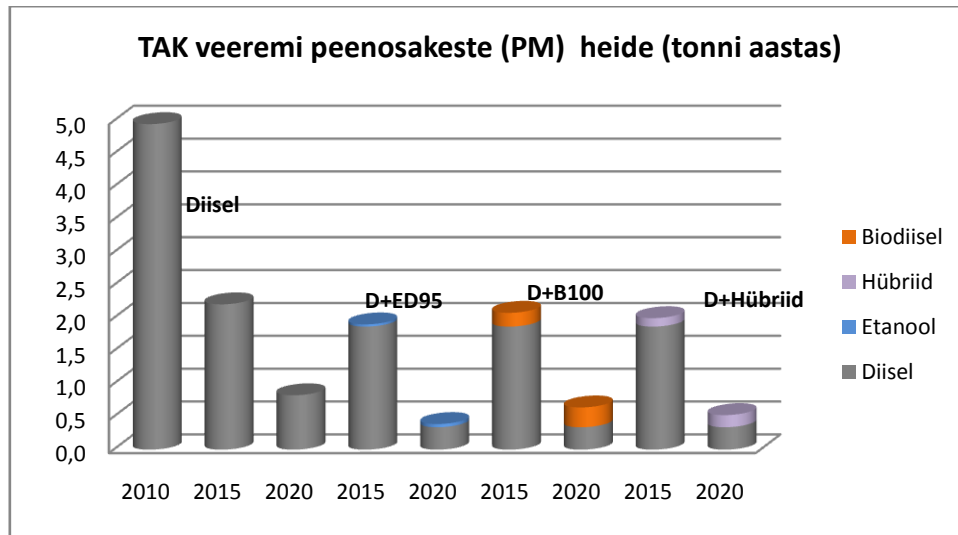
Diiselbussi-stsenaarium

Erinevalt kütusekulust ja CO₂ekv heitest, mis ei muutu, on tavadiiselbusside uuendamine kasulik eelkõige kohaliku õhukvaliteeti mõjutavate saasteainete koguheitte vähendamisel. Peenosakeste heide väheneks aastaks 2015 55% ja aastaks 2020 85%, lämmastikoksiidid vastavalt 45% ja 80% (vt joonis 3.3 ja 3.4) tänu heitmevähete mootoriga uute busside kasutuselevõtule.

Etanool-, biodiisel- ja hübriidbussi stsenaariumid

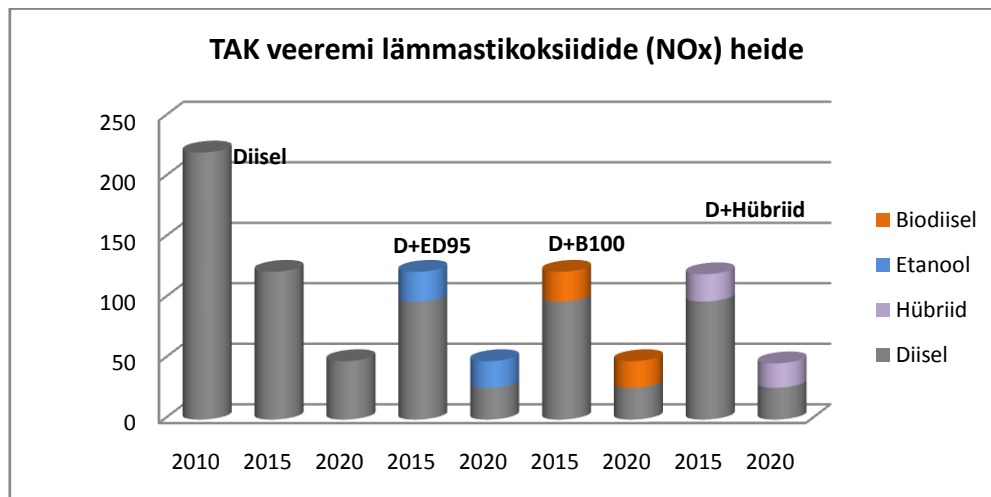
Peenosakeste heite osas oleks kütusevahetusest tulenev märgatav eelis ainult etanoolbusside puhul, heide väheneks aastaks 2020 ligi 92%; hübriidi puhul 89%.

Lämmastikoksiidide heide võrreldes diisliga alternatiivkütuste ja hübriidbussi puhul märgatavalt ei väheneks, etanooli ja biodiisli puhul jääks samaks ja hübriidi puhul väheneks marginaalselt ja seda ainult juhul, kui hübriidbuss ka Tallinna liikluses keskmiselt 27% kütusetarbimise vähenemise saavutaks.



	Diiselbuss			D+ED95		D+B100		D+Hübrid	
	2010	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Etanool				0,03	0,05				
Diisel	4,95	2,21	0,83	1,87	0,34	1,87	0,34	1,87	0,34
Biodiisel						0,21	0,30		
Hübrid								0,13	0,18
KOKKU	4,95	2,21	0,83	1,91	0,39	2,08	0,64	2,00	0,53

Joonis 4.4. Peenosakeste heide 2015. ja 2020. a erinevate stsenaariumite korral, tonni aastas

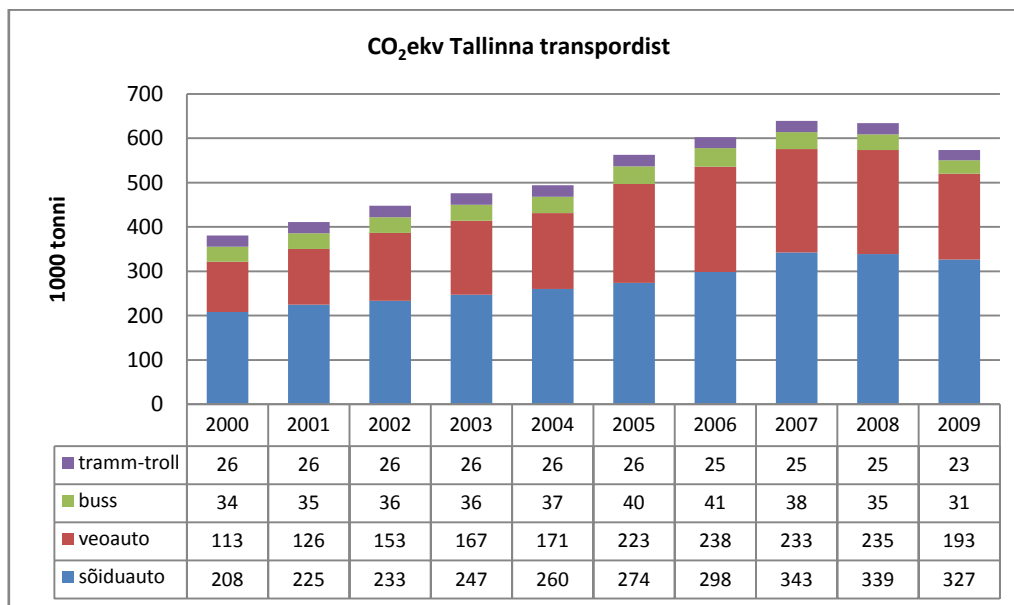


	Diisel			D+ED95		D+BD100		D+Hübrid	
	2010	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Etanool				25	22				
Diisel	221	122	48	98	26	98	26	98	26
Biodiisel						25	22		
Hübrid								23	20
KOKKU	221	122	48	122	48	122	48	120	46

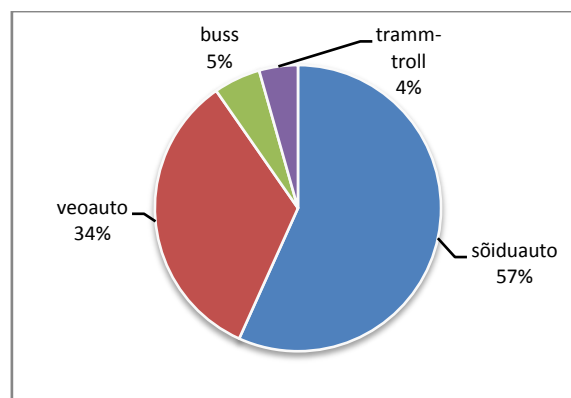
Joonis 4.5. NOx heide 2010., 2015. ja 2020. a erinevate stsenaariumite korral, tonni aastas

4.5 TAKi busside keskkonnamõju Tallinna transpordi kontekstis

Tallinna transpordis tekkis aastal 2009 574 000 tonni CO₂ekv, vt joonis 4.6 ja 4.7 (Jüssi ja Poltimäe 2011). Vaadates peatükis 3.1 saadud TAKi busside heitkoguseid võrrelduna kogu Tallinna transpordist pärineva heitega, tekitavad TAKi bussid ligi 4% kogu Tallinna transpordis tekkivast kasvuhuonegaaside heitkogusest ja ligi 75% kogu linnasisese bussiliikluse CO₂ekv heitest. Busside CO₂ekv heide on seega võrdlemisi väike ja see on viimase 10 aasta jooksul peamiselt liinitöö vähenemise tõttu ka kahanenud.



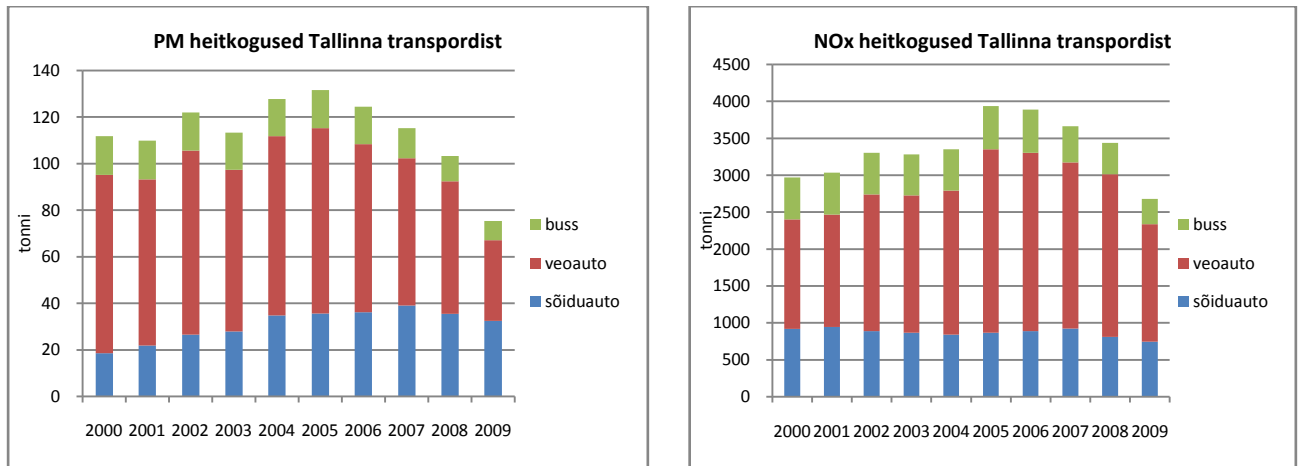
Joonis 4.6. CO₂ekv heitkogused Tallinna liiklusest (Jüssi ja Poltimäe 2011)*



Joonis 4.7. CO₂ekv heite jaotus sõidukite lõikes 2009. a (Jüssi ja Poltimäe 2011)*

Sarnane on olukord ka peenosakeste ja lämmastikoksiidide heite osas (vt joonis 4.8). TAK bussides tekkiv PM ja NO_x heide moodustab 7–8% kogu Tallinna liikluse peenosakeste ja lämmastikoksiidide õhusaastest.

* Joonise bussi andmed kajastavad kogu bussiliiklust Tallinnas, mitte üksnes TAKi andmeid. Tramm-trolli CO₂ekv on arvestatud Eesti Energia elektritootmise CO₂ekv jalajälje põhjal. Teiste elektritootjate puhul on andmed erinevad.



Joonis 4.8. Peenosakeste (PM) ja lämmastikoksiidide (NO_x) heitkogused Tallinna transpordist 2000–2009 (Jüssi ja Poltimäe 2011).

4.6 TAKi busside kasvuhooonegaaside ja kohaliku õhusaastega seotud väliskulud

TAKi busside kasutamisest tingitud väliskulude hindamise aluseks on võetud Euroopa Komisjoni poolt avaldatud väliskulude hindamise käsiraamat (IMPACT 2008). Nimetatud käsiraamatus on toodud erinevate saasteainete ühikukulu 2000. a hindades, mis on ümber arvatud 2010. a hindadesse. Käesolevas töös käsitletavat saasteained on lämmastikoksiidid (NO_x), peenosakesed (PM_{2.5}) ja kasvuhooonegaasid (CO₂ekv). Konkreetset ühikukulud on toodud tabelis 4.1.

Tabel 4.1. Käesolevas töös kasutatud saasteainete ühikukulud (€/t, 2010. aasta hinnad)

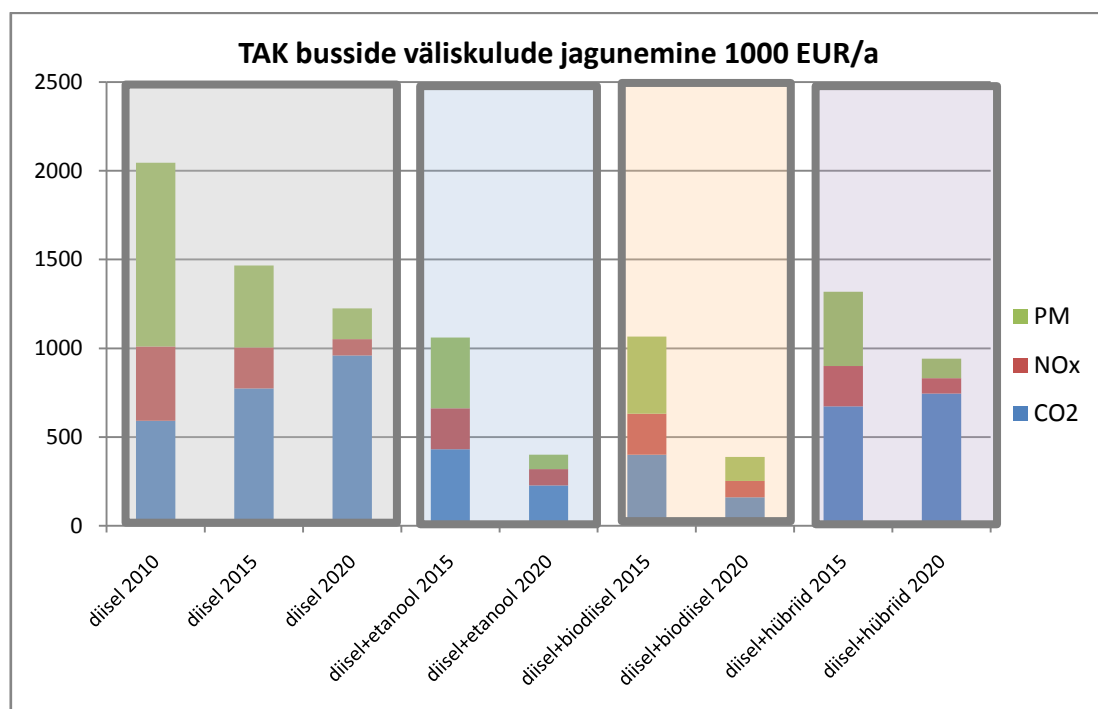
Saasteaine	€2010/tonn
NO _x	1892,9
PM _{2.5} keskmine	201084
PM _{2.5} linnas	102692
PM _{2.5} suurlinnas	299475
CO ₂	
2010	25
2020	40

Allikas: koostatud Jüssi jt (2008) ja IMPACT (2008) põhjal

Kui NO_x puhul kasutatakse ühte konkreetset ühikukulu, siis PM_{2.5} puhul sõltub ühikukulu tase linna elanike arvust. IMPACT (2008) käsiraamatu kohaselt kasutatakse linna ühikukulu juhul, kui linnas elab alla poole miljoni inimese ning suurlinna ühikukulu, kui linnas elab üle poole miljoni inimese. Suurlinna PM_{2.5} ühikukulu ületab linna oma kolmekordset. Ametlikult elas Tallinnas 1.01.2012 seisuga 416 144 inimest, mistõttu võiks lähtuda linna koefitsiendist. Samas, kui arvestada ka, et paljud Tallinna lähiümbruse elanikud töötavad või õpivad Tallinnas ja liiklevad siin iga päev, võiks

aluseks võtta ka suurlinna ühikukulu. Joonisel 4.8 kasutatakse PM puhul suurlinna ja linna teguri keskmisi ühikukulusid. CO₂ekv puhul kasutatakse IMPACT (2008) käsiraamatus toodud keskväärtusi.

Kui aastal 2010 olid TAKi busside väliskulud kokku üle 2 miljoni euro, siis aastaks 2020 väheneksid väliskulud ka tavadiiselbussidega jätkates 40% võrra, seda eelkõige rangematest Euro-standarditest tingitud väiksema peenosakeste ja lämmastikoksiidi heite tõttu (aastaks 2015 oleksid väliskulud 1,467 miljonit eurot ja aastaks 2020 1,225 miljonit eurot). Kõige vähem tekiks selles võrdluses väliskulusid, kui uued ostetavad bussid kasutaksid biodiislit (joonis 4.8, tabel 4.3). Biodiisli-stsenaariumi puhul oleksid aastaks 2015 väliskulud 1,066 miljonit eurot ja aastaks 2020 0,387 miljonit eurot, mis on ligi 80% väiksem kui praegune väliskulu. Samas pole vahe etanooliga suur – ligi 3%. Ka siin on tulemused jällegi väga tundlikud biodiisli ja etanooli CO₂ekv tegurite ja PM väliskulu määra suhtes. Juhul kui kasutada peenosakestele suurlinna väliskulu määra, siis oleksid jällegi etanooli-stsenaariumi väliskulud 3% väiksemad kui biodiisli omad ja etanooli-stsenaariumi väikseimate väliskuludega.



Joonis 4.8. TAKi busside kogu läbisõidust tingitud väliskulud aastatel 2010, 2015 ja 2020 erinevate stsenaariumite korral (PM – linna ja suurlinna väliskulu keskmise määraga)

Kui vaadata väliskulude jaotust saasteainete järgi, on näha, et enamik väliskuludest aastaks 2020 tuleneb CO₂ekv-st (tabel 4.2 ja joonis 4.8). Peenosakeste (PM) keskmist koefitsienti kasutades on diisli-stsenaariumi puhul CO₂ekv-st põhjustatud väliskulude osakaal aastaks 2020 isegi 78%, etanoolbusside puhul 56%, biodiiselbusside puhul 41%. Hübridbusside puhul on samuti CO₂ekv-st põhjustatud väliskulude tase 78%, kuid väliskulud on diiselbussidest madalamad. Ka juhul, kui kasutada PM puhul suurlinna koefitsienti, tuleneb aastal 2020 enamik väliskulust CO₂ekv-st, välja arvatud biodiisli-stsenaariumi puhul, mil 44% väliskulust tuleneb PM-ist ja 35% CO₂ekv-st.

Tabel 4.2. TAKi busside kogu läbisõidust tekitatud CO₂ekv, NO_x ja PM väliskulud erinevate stsenaariumite puhul (kasutades suurlinna ja linna keskmist PM väliskulu määra)

	Diislbussid			Diisel+etanool		Diisel+biodiisel		Diisel+hübrid	
	2010	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
(1000€)									
CO₂ekv	592,5	773,4	960,0	430,9	228,0	399,7	161,4	672,5	744,4
NO_x	417,7	231,1	91,3	231,1	91,3	231,1	91,3	227,3	87,9
PM	1036,0	462,5	173,1	398,7	81,5	435,6	134,5	418,5	110,0
Kokku	2046,1	1467,0	1224,5	1060,6	400,8	1066,3	387,1	1318,3	942,3
Erinevus %	100	72	60	52	20	52	19	64	46

Tabel 4.3. TAKi busside kogu läbisõidust tekitatud CO₂ekv, NO_x ja PM väliskulud erinevate stsenaariumite puhul (kasutades suurlinna PM väliskulu määra)

	Diislbuss			Diisel+etanool		Diisel+biodiisel		Diisel+hübrid	
	2010	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
(1000€)									
CO₂ekv	592,5	773,4	960,0	430,9	228,0	399,7	161,4	672,5	744,4
NO_x	417,7	231,1	91,3	231,1	91,3	231,1	91,3	227,3	87,9
PM	1563,3	698,0	261,3	601,6	123,0	657,3	202,9	631,6	166,0
Kokku	2573,4	1702,4	1312,6	1263,6	442,3	1288,1	455,6	1531,3	998,3
Erinevus %	100	66	51	49	17	50	18	60	39

Erinevate bussitehnoloogiate väliskulude osa võrreldes bussi soetus-, hooldus- ja kütusekuludega on ära toodu peatükis 6.3.

5 Lähinaabrite kogemused alternatiivtehnoloogiate kasutamisel

Lähinaabrite kogemuste ülevaade põhineb kirjandusülevaatel, Säästva Eesti Instituudi ekspertide arvutustel ning personaalsetel intervjuudel Stockholmi jt Rootsi biokütuste kasutuselevõtuga seotud asjatundjatega, kelleks olid: Jonas Ericson, alternatiivsõidukite ekspert, Stockholmi linna keskkonna- ja terviseametist; Clemen Rasmussen, Biofuel Express AB president (biodiisli tootja); Hanna Björk, Västtrafik keskkonnajuht (Göteborgi ühistranspordi ettevõtte) ja Sofie Indevall, SEKAB BioFuels & Chemicals AB tootejuht (etanooli tootja).

5.1 Etanoolbussid

Rootsi on ainuke riik maailmas, mis on järjepidevalt üle 20 aasta kasutanud puhast etanooli bussikütusena. Linnad, kus liinibussid sõidavad etanoolil on näiteks Stockholm, Umeå, Gävle, Örnsköldsvik, Falun ja Östersund. Stockholm alustas etanooli kasutamist bussikütusena aastal 1985 (ELTIS 2006). Enamjaolt kasutatakse Rootsis spetsiaalseid Scania poolt toodetud kahe- ja kolmeteljelisi etanoolbusse.

Etanooli kasutuselevõttu Rootsis mõjutas oluliselt see, et Örnsköldsvikis 20. saj algusest saadik töötanud keemiatööstuses tekkis kõrvalproduktina etanool, millele otsiti rakendust ja samas linnas tegutsenud automüügi-ettevõtjal Per Carstedil oli 1970.-ndatest aastatest kogemus Brasiilia etanool-autodega (Ramjerdi ja Brundell-Freij 2008).

Stockholmi ühistranspordis võeti 2000. aastate keskel eesmärgiks, et aastaks 2011 peavad pooled Stockholmi 2000-st linnaliinibussist sõitma etanooliga. Etanoolbusside nõudluse suurendamiseks ja turu arendamiseks loodi Stockholmi ühistranspordiettevõtte SL, Stockholmi linna, Stockholmi lääni, BioAlcohol Fuel Foundation ning SEKABiga koos etanoolbussi konsortsium (Nilsson 2009).

Mis kaalutlustel valis aga Stockholm peamiseks alternatiivkütuseks just etanooli? Kuningliku Tehnikakõrgkooli magistrant Michael Martin on käsitlenud seda teemat oma magistritöös (Martin 2007). Martin järeltas, et 10–15 aastat tagasi tehti Rootsis otsus etanoolbusside kasuks just madalamate kohaliku õhusaaste näitajate tõttu võrreldes tavadiisli ja biodiisliga. Nagu ilmselt käesoleva uuringu erinevate kütuste keskkonnamõju tegureid käsitlevas peatükis, on aga tänapäeval tänu paranenud mootori- ja järelpuhastustehnoloogiatele (katalüsaatorid, filtrid jne) nii diisel-, biodiisel- kui etanoolbusside saastenahtajad sarnased (vt ptk 3.2). Kuna uutele Euro standarditele vastavate busside ja uute etanoolbusside emissioonid ei erine enam suurel määral ning kuna diiselbusside ülalpidamine on odavam, siis on etanoolbusside nõudlus Rootsis mõnevõrra vähenenud. Kuid leidub ka vastupidiseid näited, näiteks Östersundis ja teistes linnades, kus on eesmärgiks võetud kasvuhoonegaaside vähendamine, kütuste varustusturvalisus ja tarneküsimused, on otsustatud etanoolbusside kasuks, hoolimata nende suuremast kulukusest (Rehnlund jt 2007).

Tuginedes Jonas Ericsoni andmetele Stockholmi Keskkonnaametist, on Rootsis SEKABi poolt seatud bioetanooli hind läbirääkimiste küsimus: firma eesmärgiks on hetkel pigem turu laiendamine kui olulise kasumi teenimine. Etanoolbusside propageerimisega üritatakse ühtlasi kasvatada inimeste

teadlikkust ja tekitada kriitilist massi etanooli ja teiste biokütuste kasutajaid, parandades seeläbi linnade keskkonnasaaste näitajaid (Ericson 2012).

BEST (Birath 2010) projekti kogemused, mis põhinevad bioetanoolbusside tutvustamisel ja mitmeaastasel jälgimisel viies erinevas linnas üle maailma (Stockholm, La Spezia, Madrid, Nanyang, Sao Paulo), on järgmised:

- Bioetanoolbusside kasutamine on võrreldes tavadiiselbusside kasutamisega kulukam suuremate hoolduskulude, bussi soetamiskulu ja kõrgema kütusehinna tõttu. Viimane sõltub eelkõige sellest, kas ja kuidas biokütuseid maksustatakse võrreldes teiste kütustega (vt erinevatest maksustamisviisidest ptk 6).
- Bussijuhtidel on väga oluline roll uue tehnoloogia edukal rakendamisel, teadmiste ja kogemuste jagamisel. BEST testlinnade bussijuhid olid 70% ulatuses väga või pigem positiivsed bioetanoolbusside kasutamise osas. Kõige positiivsemalt suhtusid nii bussijuhid kui mehhaanikud busside keskkonnanäitajate paranemisse, negatiivseima aspektina toodi välja busside vähenenud kiirendusvõime.
- Bussisõitjate seas läbiviidud küsitlused näitasid, et enamik inimestest suhtus bioetanoolbussidesse positiivselt ning suurt erinevust diiselbussiga ei märganud. Teadlikkust aitavad tõsta informeerivad kleebised busside peal või muul viisil eristuv bussi välisilme.
- Bioetanoolbusside edukaks rakendamiseks on tarvis põhjalik ettevalmistustöö bioetanooli importimise, ladustamise ja tanklate regulatsioonide osas. Samuti on vajalik tagada, et maksu- ja tollisüsteemides käsitletakse bioetanooli kui kütust (ja mitte alkoholi) ning et maksupoliitika võimaldaks bioetanoolil diisliga konkureerida (energiasisalduse või CO₂-heite põhine maksustamine).
- Bioetanoolbussid aitavad vähendada CO₂-heidet ning on keskkonnasõbralikud, kuid suuremate hooldus- ja soetamiskulude (kütusekulude) ning kesise järelturu võimaluste tõttu on nende kasutamise soodustamiseks tarvis eelkõige poliitilist tahet ja otsuseid, mis aitaksid neid kulufaktoreid vähendada. Vajalike poliitiliste otsuste tegemiseks saavad palju ära teha linnad ise biokütuseid propageerides ja valitsust mõjutades. Kohalik ühistranspordiettevõtte saab siinkohal aga kaasa rääkida näiteks hangete korraldamisel biokütustega arvestades.

Sama projekti kogemustele toetudes tuleb diislitankla ümberehitamisel bioetanoolitanklaks järgida järgmisi nõudeid:

- tankla tuleohutussüsteem vajab täiustamist (sprinklersüsteemi), sest bioetanoolil on diisliga võrreldes madalam süttimistemperatuur,
- tarvis on suurema läbilaskega kütusepumpa, mis vastaks samadele nõuetele nagu bensiini pumbad,
- tarvis on kontrollida mahuti ja pumba kõiki polümeere sisaldavad komponente,
- mahuti ei tohiks olla seest värvitud või värvida ainult alkoholiresistentsete värvidega, sest bioetanool on tugev lahusti,
- tankimine peab toimuma väljas.

Tankla ümberehituskulu 50m³ mahuti kohta on ligi 7400 € ja 20 m³ mahuti kohta 4800 €. Üks uus tankimisüksus maksab keskmiselt 5000 € (Nilsson 2009).

Rootsi biokütuste tootja SEKAB, kes on ühtlasi ED95 patendi omanik, toodab järgmise sisaldusega bioetanooli ED95:

- 92,5–96 mahuprotsenti etanooli,
- 3,5 mahuprotsendi ulatuses käivituse parandajat (*ignition improver*) (polüetüleenglükooli derivaat),
- 0,5–4,5 mahuprotsendi ulatuses denaturante (MTBE ja isobutanool), määrdeaineid ja korrosioonivastast lisandit.

Nimetatud lisandite ühisnimetus on Masterbatch, mida on võimalik SEKABilt eraldi osta ning ka Eestis kohapeal etanooliga segada suhtes 1:9. Kütus peab saama ühtlaselt segatud, eelistatult mahutis, kus on olemas segamismehhanism. Seejärel tuleb võtta proov mahuti põhjast, keskelt ja ülaosast ning kontrollida, kas segatud kütus sai homogeenne. Masterbatchi hind on 2,70–2,82 €/l, arvestamata transpordikuludid Eestisse (Indevall 2012).

Enamik bioetanoolist, ligi 85%, mida Rootsis tarbitakse, on imporditud ja valdavalt pärit Brasiiliast (Nilsson 2009), kuid Brasiilia etanooli nõudluse kasvu tõttu imporditakse järjest enam ka Euroopa Liidu tootjatelt. Viimastel aastatel on Rootsis etanooli tootmisvõimsusi kasvatatud, peamised etanoolitootjad asuvad Norrköpingis ja Örnköldsvikis (Ericson 2012).

Tabel 5.1. Aastase hoolduskordade erinevus diisel- ja etanoolbussi vahel Stockholmi liigendbussi näitel (60 000 km/a läbisõidu kohta) (Nilsson 2009)

Hooldusteenus	Diiselbuss	Etanoolbuss
Kütusepritsi vahetus	0	3
Kütusevoolikute vahetus	0	1
Kütusefiltri vahetus	1	6
Õli- ja filtrivahetus	3	6
Hooldusvälp	6	6

5.2 Biodiiselbussid

Puhta biodiisli peal sõidavad linnaliinibussid näiteks Göteborgis (Rootsi) ja Grazis (Austria). Viimases valmistatakse biodiisli lähedalolevas tehases restoranidest ja kodumajapidamistest kogutud kasutatud küpsetusõlist.

Rootsi bussifirmades kasutatavas B100-s on monoglütseriidide, vee ja osakeste sisaldus madalam võrreldes tavalise RMEga (EN14 214). Samuti on B100-s metanooli mahuprotsent madalam, maksimaalselt 0,2. Kütusesse lisatakse talvisel ajal (oktoobrist märtsini) talvelisandit, mis on juba hinna sees ning mis parandab biodiisli kasutamist kuni -20° C juures (Rasmussen 2012).

Rasmusseni järgi sõltub diislitankla ümberehitamine biodiislitanklaks tankla osade (pumbad, mahutid jne) väljavahetamise vajadusest, kuid on suurusjärgus 1130–2260 € ja uue biodiislitankla rajamine maksab 33 800–56 400 €.

Diislitankla ümberehitamisel biodiislitanklaks tuleb järgida järgmisi aspekte:

- mahuti peab seest puhastama ning seejärel kontrollima, kas mahuti sisemine kiht on sobiv biodiislile,
- tarvis on kontrollida pumpade sobivust biodiislile ja vajadusel vahetada välja biodiisliit mitte taluvad osad.

Bussides on võimalik kasutada nii 100% biodiisli (B100) kui ka erinevate mahuprotsentidega segusid (B5, B7, B20). Üldjuhul segatakse segud tankimiskohas kohapeal, tarvis on eraldi mahutit B100 jaoks ning segamisaoturit. Üle 7% sisaldusega segu (B7) kasutamiseks on tarvis saada heakskiit bussitootjalt (Björk 2012).

Suurima kuluerinevuse võrreldes diiselbussidega põhjustavad biodiiselbusside hoolduskulud, mis on B100 kasutamisel enam kui kaks korda suuremad filtrite vahetamissageduse tõttu. Lääne-Rootsi ühistranspordi ettevõtte Västtrafik keskkonnajuhi Hanna Björki sõnul esineb vähem tehnilisi probleeme uutes bussides, kus hakatakse kohe biodiisli kasutama võrreldes bussidega, kus algselt on kasutatud tavadiisliit ja seejärel üle mindud biodiislile (Björk 2012).

Veolia, mis opereerib Göteborgi ühistranspordibusse, kasutab mitut liiki biokütuseid, sealhulgas ka biodiisliit, etanooli ja biogaasi. Valiku tingisid hanke kriteeriumid, mis eeldasid kindlas ulatuses biokütuste kasutamist, kuna Rootsil on selles osas ambitsioonikad eesmärgid. Veolia on biodiisliit Göteborgis kasutanud 4 aastat ning eelistab seda etanoolile. Biodiisliga on lihtsam opereerida kui etanooliga, sest esimene sarnaneb paljuski tavadiislile. Kasutusse jäeti juba olemasolevad diiselbussid, mis läbisid vaid biodiislile vastavuse kontrolli ning vajadusel vahetati välja mõned osad. Pärast üleminekut aga sagesid hoolduskorrad ja kulud (filtrite väljavahetamine, mootori puhastamine jne). Talvisel ajal, kui temperatuur langes $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, esines Veolias probleeme busside käivitamisega: kolm või neli bussi 40st ei käivitunud. Lahenduseks oli eelkõige tanklate ja busside soojas hoidmine. Külmaoludes eelistas Veolia biodiisli segusid (B5, B10) puhtale biodiislile. Diiselbussi ümberehitamine etanoolbussiks kujunes aga kulukaks ning otsustati soetada hoopis täiesti uued Scania etanoolbussid (Hagström 2012).

Tabelis 5.2 on välja toodud bioetanooli ED95 ja biodiisli B100 tehnilised näitajad.

Tabel 5.2. Bioetanooli ED95 ja biodiisli B100 tehnilised andmed

	ED95	B100
Tootmine	Saadakse suhkru- ja tärkliserikaste teraviljade kääritamisel	Saadakse taimsetest õlidest nagu rapsiõli, päevalilleõli. Esterdamine parandab õli füüsikalisi omadusi, muutes selle sarnasemaks tavalise diisliga
Tihedus (kg/m³)	810-830	810-820
Leekpunkt (°C)	12	> 56
Aromaatide sisaldus (mahu%)	määramatu	< 5
Tsetaaniarv	10	> 50
Väävli sisaldus (mg/l)	< 1	< 10
Energiasisaldus (MJ/kg)	24,7	44,5
Energiasisaldus (MJ/l)	20,5	35,6
Energiasisaldus (kW/l)	5,7	9,9

5.2.1 Taastuv diisel – HVO

Hüdrogeenitud taimeõli (*Hydrotreated Vegetable Oil*), lühendina HVO, on vesinikuga hüdrokeemiliselt töödeldud taimeõli. Taimeõlide ja loomsete õlide hüdrogeenimine on suhteliselt uus ja alternatiivne protsess esterifikatsioonile (millega toodetakse biodiisli). HVOd võib seega lugeda biokütuste 1. ja 2. põlvkonna vahepealseks kütuseks. HVOd vastavad diislikütuse nõuetele (EN 590, ASTM D975, World Wide Fuel Charter kategooria 4) ja mitte biodiisli nõuetele (EN14214, ASTM D6751). Seetõttu nimetatakse HVOd hoopis taastuvdiisliks, mitte biodiisliks (Aatola jt 2008).

HVOd on seega süsivesinikud, mis ei sisalda aromaateid ühendeid, hapnikku ega väävli ning neil on kõrge tsetaaniarv. HVO selge eelis võrreldes biodiisliga on see, et selle kütuse kvaliteet ei sõltu otseselt toorainest ning seetõttu ei ole külma kliima jaoks valmistatav kütus limiteeritud vaid teatud toorainega. HVOd saab toota nii rapsist, sojaubadest kui palmiõlist. Kuna need ressursid võistlevad aga toidu tootmisega, siis on võimalik HVO valmistamisel kasutada ka toidutööstuse jäätmeõlisid ja loomseid õlisid.

Esimene HVO kaubanduslik tootmine käivitus 2007. aastal Neste Oil Porvoo rafineerimistehases Soomes. Euroopas on veel ka teine tehas Rotterdamis, Hollandis. Neste Oili vastava tehnoloogia nimeks on NExBTL. Tootja andmetel vastab NExBTL kõige karmimatele autotoojate nõuetele ja sobib kasutamiseks kõigis kaasaegsetes diiselmootorites ning seda on võimalik erinevates kontsentratsioonides segada tavadiisliga. Samuti peaks kütus olema täielikult sobiv olemasolevatesse jagamis- ja logistilistesse süsteemidesse ning kütuse hoiustamisomadused on tunduvalt paremad kui biodiisliil. Seega infrastruktuuri investeerimisvajadust pole. Neste Oil müügijuhi Johan Peranderi sõnul oleks NExBTL hulgihind praeguste hindade juures 1,25–1,30 €/l ilma aktsiisi- ja käibemaksuta (Perander 2012).

NExBTL kütust on Helsingis testitud kolme aasta vältel (2007–2010) uurimisprojekti OPTIBIO raames. Projektis osales ligi 300 bussi, mis kasutasid 100% NExBTL ja väiksema biokütuse sisaldusega segusid. Tulemused olid positiivsed: tõdeti, et NExBTL kütuse kasutamine aitab vähendada emissioone ning parandada õhu kvaliteeti. Osakeste heide vähenes 30% ja NOx emissioon vähenes 10%. Samuti tõdeti, et puhas NExBTL sobib hästi kasutamiseks ka vanades bussides ning külmadest talveoludes (2009/2010 ja 2010/2011 talved olid Soomes erakordselt külmad). Hooldussagedus ning hoolduskulud olid projekti jooksul samasugused nagu tavadiisli korral (OPTIBIO 2010).

Lisaks erinevate taimsete ja loomsete õlide baasil toodetavale kütusele on Soomes alustatud ka hüdrogeenimise tulemusel saadud puidujäätmete põhise biodiisli tootmist (UPM 2012).

5.3 Diisel-elekter-hübriidbuss

Hübriidbussid kasutavad jõuallikana nii diiselmootorit kui ka elektriajamit. Pikemaajalised kogemused ning ülevaated kasutuskogemustest naaberriikidest 2012. a alguse seisuga puuduvad. Seetõttu on käesolevas kokkuvõttes kasutatud peamiselt kahe põhjalikuma 2009. aasta uurimuse tulemusi Suurbritanniast ja USAst.

USAs läbiviidud uurimuses (Clark jt 2009) kasutati erinevate busside andmeid neljast linnast: New York, Seattle, Long Beach, Washington. Olulisemad uuringu tulemused on järgmised:

- Hübriidbussi soetamise hind oli ligi 64% kallim diiselbussi hinnast.
- Hübriidbussi kütusekokkuvõid võrreldes diiselbussiga jäi antud uurimuses vahemikku 14%–48% sõltudes peamiselt bussi keskmisest liikumiskiirusest ja peatuste/seisakute sagedusest. Näiteks keskmisel kiirusel 10 km/h on kütuse kokkuvõid 48% võrreldes kokkuvõiduga 14% keskmisel kiirusel 28 km/h. Kokkuvõid suureneb samuti bussi sagedaste seisakute ja peatuste korral.
- Hübriidid, mis on toodetud pärast 2007. aastat, ei kasuta enam pliiakusid. Tänapäeval on akude valikus eelkõige liitium-ioonakud ja nikkel-metallhübriidakud. Aku hinnaks on uuringus märgitud 21 000 € (2007. a USAs) ning aku vajaks vahetamist iga 4–8 aasta järel. Tootjate andmete järgi on aga hübriidbussi sisepelemismootori parandamine/asendamine võrreldes diiselbussiga 25% odavam.
- Hoolduskulud sõltuvad hübriidbussi keskmisest liikumiskiirusest ning aku elueast. Väiksema keskmise kiirusega liikuvate busside hoolduskulud on suuremad. Näiteks kahekordistuvad hoolduskulud bussi keskmise kiiruse 10km/h juures võrreldes kuludega 24km/h juures.

Suurbritannias tehtud uurimuse (Emes jt 2009) kohaselt räägib hübriidbusside kasuks lisaks väiksemale kütusekulule veel tavalisest sujuvam kiirendamine ja aeglustamine, mis peaks kaasa aitama liiklusõnnetuste vähenemisele ja reisijate mugavusele. Hübriidbussid tekitavad ka vähem müra. Vastavalt New Flyer Industries⁶ andmetele, kes on USAs hübriidbusside tootnud juba aastast 1997, on hübriidbussidel võrreldes tavabussidega 1,7 korda pikem mootori eluiga, kahekordselt pikem pidurite eluiga ning väiksemad käigukastisüsteemiga seotud remondikulud.

Müncheni linnas Saksamaal testis kohalik ühistranspordiettevõtte MVG kolme tootja, Solarise, MANi ja Mercedes-Benz'i hübriidbusside ajavahemikul august 2008 kuni aprill 2011. Testi tulemused olid aga pigem negatiivsed: tõdeti, et hübriidbussid sobivad testsõitjateks, kuid mitte igapäevaseks sõitjate veoks. Seda eelkõige sagenenud tehniliste probleemide tõttu võrreldes diiselbussidega. Kütusekokkuvõid fikseeriti 10% ulatuses, kuigi tootja poolt lubatud kokkuvõid oleks pidanud olema 30%. Siiski jätkab München hübriidbusside testimist veel järgneva kolme aasta jooksul (Münchner Verkehrsgesellschaft 2011).

Nagu eelnevast näha, on hübriidbusside eksploatatsioon alles algusjärgus ning riikide kogemused on erinevad ning mõnes aspektis vastuolulised.

⁶ www.newflyer.com

5.4 Erinevate bussitehnoloogiate kasutuskogemuse koondvõrdlus

		Etanoolbuss ja ED95 ⁷	Biodiiselbuss ja B100 ⁸ /HVO	Diisel-elekter-hübriidbuss
Majanduslikud aspektid	Bussi hind	Umbes 10% kallim kui diiselbuss, väike järelturg 220 000 €	Sama, mis diiselbussil	Umbes 55% kallim kui diiselbuss ⁹ 300 000 €
	Kütuse hind jaan. 2012 (ilma käibemaksuta ja aktsiisita)	u 0,89 €/l ¹⁰	u 1,16 €/l (hind koos talvelisandiga)	0,608 €/l
	Aktsiisimäär 2012. a	0,39292 €/l Maksustatakse kui diislit, maksuvabastust ei ole alates 1.7.2011	0,39292 €/l Maksustatakse kui diislit, maksuvabastust ei ole alates 1.7.2011	0,39292 €/l
	Võimalik aktsiisimäär uue energia-maksustamise direktiivi eelnõu järgi	0,2592 €/l (miinimum)	0,3522 €/l (miinimum)	0,39292 €/l
	Hoolduskulud	<ul style="list-style-type: none"> 65% või suuremad kulud kui diiselbussil (bussi kasutamise esimesel aastal (2007) –0,70 €/km, bussi kasutamise teisel aastal (2008) – 0,59 €/km võrreldes diiselbussi kasutamisel 2008. aastal – 0,39€/km) (Madriid, BEST) Peamised erinevused hoolduses on mootoriõli ja õlifiltrite vahetamisvajadus. Samuti on kütusepihusteid tarvis vahetada igal teisel hoolduskorral. 	<ul style="list-style-type: none"> 100% suuremad hoolduskulud ja hooldussagedus Bussitootjad tagavad garantii biodiisli kasutamisel diiselbussides, kui tootja kehtestatud hoolduse erinõuded on tagatud ja tootjalt luba saadud. Mõnel juhul tarvis lisagarantii eraldi osta.¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> Erinevad uurimused annavad hübriidbussi hoolduskulude kohta erinevad tulemusi. USAs (2009) tehtud uuring väidab, et hoolduskulud (koos akude vahetusega) on samas suurusjärgus diiselbussi kuludega. Samas viimased, Soome (2012) andmed väidavad, et hoolduskulud on kuni 30% suuremad kui diiselbussil. Hübriidbussil mootoril ja piduritel on diiselbussiga võrreldes pikem eluiga ja esineb vähem käigukasti probleeme.¹² Akud vajavad väljavahetamist iga 4–8 aasta tagant ja nende hind sõltub aku tüübist, kuid maksab ligi 21 000 €. ¹³

⁷ Andmed ED95 kohta antud dokumendis pärinevad järgmisest projektist: Bioethanol for Bus Transport (BEST) project. BEST D2.1-D2.2 Experiences from introduction of ethanol buses and ethanol fuel stations (2007). BEST D2.08 The BEST experiences with bioethanol buses (2010). NB! Projekti raames kasutati Euro IV busse. Koduleht <http://www.best-europe.org/>

⁸ Andmed B100 kohta pärinevad intervjuust ja kirjavahetusest Biofuel Express AB presidendi Clemen Rasmussen'iga (Jaanuar 2012)

⁹ Transit Bus LifeCycle Cost and Year 2007 Emissions Estimation (USA 2007). http://www.proterra.com/images/WVU_FinalReport.pdf

¹⁰ Indevall, S. Kirjavahetus. Jaanuar 2012. SEKAB BioFuels & Chemicals AB tootejuht

¹¹ Biofuel cities. Vehicle warranties and the use of biofuels. (Utrecht 2008). http://www.biofuel-cities.eu/fileadmin/template/projects/biofuels/files/Publications/Vehicle_warranties_and_the_use_of_biofuels.pdf

¹² Modelling the costs and benefits of hybrid buses from a whole-life perspective (UK 2009). <http://cser.lboro.ac.uk/papers/S01-11.pdf>

		Etanoolbuss ja ED95 ⁷	Biodiiselbuss ja B100 ⁸ /HVO	Diisel-elekter-hübriidbuss
				<ul style="list-style-type: none"> Hoolduskulud sõltuvad eelkõige akude väljavahetamise sagedusest ning busi keskmisest sõidukiirusest.¹⁴
	Rikete sagedus	Rikete sagedus ning kulud ligi 20% väiksemad kui diiselbussil (rikete sagedus kordades: busi kasutamise esimesel aastal (2007) –1,27/1000 km; busi kasutamise teisel aastal (2008) – 1,31/1000 km võrreldes diiselbussi kasutamisel 2008. aastal – 1,62/1000 km) (Madriid, BEST).	Ei ole kirjandusest kättesaadav.	Rikete esinevus mõnevõrra suurem kui diiselbussil. Kulud ligi 7% suuremad. ¹⁵
	Investeeringud tanklas	Tankla ümberehituskulu 50m ³ mahuti kohta on 7400 € ja 20m ³ mahuti kohta 4800 €. Üks uus tankimisüksus maksab 5000 €. ¹⁶ Tanklal samad ohutusnõuded, mis bensiini tankimise puhul – vajab sprinklersüsteemi.	Ümberehitamise hind sõltub osade väljavahetamise vajadusest, kuid peaks jääma vahemikku 1130–2260 €. Täiesti uue tankla rajamine võiks maksta 33 800– 56 400 €. Tanklal samad ohutusnõuded, mis diisli puhul.	Lisainvesteeringuid tanklaga seoses pole tarvis, kui kasutatakse tavadiisliit.
Tehnoloogilised aspektid	Tehnoloogiate kättesaadavus	Scania	Scania, Volvo, MAN jne	Scania, Volvo 7700,7900, MAN, Solaris jne
	Kütusekulu	u 70% suurem kui diiselbussil	u 10% suurem kui diiselbussil	<ul style="list-style-type: none"> U 20-30% väiksem kui tavabussil. Kütusekulu sõltub peamiselt sõidustiilist ja liiklusoludest. Suurim kütusekokkuvõtte on tihedas linnaliikluses, kus buss sõidab väikse keskmise kiirusega ning sagedased on seisakud. Sel juhul võimalik kuni 48% väiksem kütusekulu kui diiselbussil.¹⁷

¹³ Assessment of Hybrid-Electric Transit Bus Technology (Washington, D.C. 2009). Transit Cooperative Research Program. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_132.pdf

¹⁴ Ibid

¹⁵ Ibid

¹⁶ Nilsson, R. 2009. Svenska erfarenheter av bussar med förnybara drivmedel. Grontmij. Energi Syd 2009

¹⁷ Assessment of Hybrid-Electric Transit Bus Technology (Washington, D.C. 2009). Transit Cooperative Research Program. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_132.pdf

		Etanoolbuss ja ED95 ⁷	Biodiiselbuss ja B100 ⁸ /HVO	Diisel-elekter-hübriidbuss
				<ul style="list-style-type: none"> Pikematel, harvemate peatustega vahemaadel kütusekulu kokkuhoid alla 18%.¹⁸
	Kütuste saadavus Eestis	2012. a alguse seisuga Eestis ei toodeta. Lähimad tootjad Rootsis. CO ₂ vähenemise saavutamiseks vaja nn teise põlvkonna etanooli. ED95 tootja ja patendiomanik on SEKAB.	2012. a alguse seisuga Eestis ei toodeta. Lähimad tootjad Rootsis (B100, RME) ja Soomes (NExBTL). CO ₂ vähenemise saavutamiseks vaja nn teise põlvkonna biodiisli.	Saab kasutada tavadiisli.
	Tankimisaeg	Sama, mis tavadiiselbussil	Sama, mis tavadiiselbussil	Lühem kui tavadiiselbussil
	Tankimissagedus	Ligi 2 korda sagedamini	Mõnevõrra sagedasem	Harvem või sama sagedus
	Hooldussagedus	Kahekordistub võrreldes diiselbussiga. Iga 10 000 km järel tarvis vahetada mootoriõli ja õlifiltrid. Samuti on igal teisel hooldusel tarvis vahetada kütusepihusti.	Kahekordistub võrreldes diiselbussiga	Ei ole kirjandusest kättesaadav.
	Märkused	<ul style="list-style-type: none"> Bioetanool kuulub I ohutusklassi ning seda tuleb käsitleda samamoodi nagu bensiini. ED95 on võimalik valmistada ka kohalikust etanoolist segades sinna SEKABi ED95 lisandite segu Masterbatch, mis koosneb käivituse parandajast, määrdeainest ja korrosiooni vastasest lisandist. 		<ul style="list-style-type: none"> Liitiumakusid tuleks eelistada pliiakudele. Bussi kaalu suurenemine mõjutab koheselt kütusekulu.
Talveolud		Talvetingimustes ei ole täheldatud mingeid probleeme ED95 kasutamisel (SEKAB 2012 ¹⁹).	B100-l on väga madal veesisaldus, seega sobiv talvetingimustes ka kuni -20 C° juures, Rootsi tootja lisab talvelisandit oktoobrist kuni märtsini.	Põhjamaade kohta andmed puuduvad, mitmed katsetamised hetkel Stockholmis ja Helsingis pooleli (alustati detsembris 2011).

¹⁸ Hybridbus-Test: MVG zieht Zwischenbilanz – Fahrzeuge praxistauglich, aber nicht serienreif (München, 2011). http://www.mvg-mobil.de/presse/2011-11-30_mvg-pressemeldung.pdf
A.Giambone. Toronto Bus operations. Slideshow (Toronto, 2011). http://www.unhabitat.org/downloads/docs/7997_98920_Adam%20Giambone%20Toronto.pdf

¹⁹ Indevall, S. Kirjavahetus. Jaanuar 2012. SEKAB BioFuels & Chemicals AB tootejuht

6 Alternatiivtehnoloogia kasutuselevõtuga seotud kulud

6.1 Võimalik biodiisli ja etanooli hind uue energiamaksudirektiivi rakendumise puhul

Üks suurimaid bussiveeremi kuluartikleid on kütus ja sellega seotud maksud. Vedelate biokütuste aktsiisivabastus lõppes Eestis 1.7.2011 ja Eesti pole taotlenud aktsiisivabastuse taaskehtestamist. Samas on tõenäoline, et mootorikütuste maksustamise põhimõtted muutuvad lähiaastatel kogu Euroopa Liidus. Euroopa Komisjon on teinud 2011. aastal ettepaneku muuta direktiivi 2003/96/EÜ (*Energy Taxation Directive – ETD*), mis puudutab energiatoodete ja elektri maksustamist. Nimetatud ettepaneku järgi muudetakse aktsiisimaksu miinimummäärasid selliselt, et võetakse arvesse kahte komponenti: CO₂ ja energia. CO₂ maksumääraks on ette nähtud 20 €/t CO₂ alates aastast 2013 ning energia maksumääraks 9,6 €/GJ aastaks 2018, sealjuures tõstetakse mõne kütuse puhul seda energiamaksu järk-järgult. Biokütustele CO₂ komponenti maksumäära arvutamisel ei rakendataks. Selle ettepaneku kohaselt on käesolevas töös käsitletud kütustest kõrgeima miinimummääraga diislikütus: 389,9 €/1000 l, suhteliselt sarnane on ka biodiisel: 355,2 €/1000 l, ning madalama määraga on bioetanool: 259,2 €/1000 l (Tabel 6.1). Siinkohal tuleb siiski rõhutada, et tegemist on ettepanekuga, mida Euroopa Nõukogu veel heaks kiitnud pole.

Tabel 6.1. Diisli, bioetanooli ja biodiisli aktsiisi miinimummäärad Euroopa Komisjoni 2011. a ettepaneku kohaselt²⁰

Kütus	Alumine kütteväärtus	Tihedus	Heite-tegur	Alumine küttev. ühiku kohta	Heite-tegur ühiku kohta	CO ₂ maksu-määr	Energia-maksu määr	CO ₂ maks	Energia-maks	Kokku maks
	GJ/t	Kg/m ³	tCO ₂ /TJ	GJ	tCO ₂	€/t	€/GJ	€/1000 l	€/1000 l	€/1000 l
	(1)	(2)	(3)	(4)=(1)x(2)/1000	(5)=(3)x(4)/1000	(6)	(7)	(8)=(5)x(6)	(9)=(4)x(7)	(10)=(8)+ (9)
Diisel	42,3	832	74	35,2	2,6	20	9,6	52,1	337,9	389,9
Bioeta-nool	27	N/A	N/A	27	N/A	20	9,6	N/A	259,2	259,2
Biodiisel	37	N/A	N/A	37	N/A	20	9,6	N/A	355,2	355,2

Allikas: autorite arvutused Euroopa Komisjon COM(2011) 169/3 põhjal

²⁰ Diislikütuse maksumäär on Euroopa Komisjoni ettepaneku kohaselt küll 389,9 €/1000 l, kuid kuna Eestis on veebruaris 2012. a kehtiv aktsiisimäär diislile 392,92 EUR/1000 l, siis on käesolevas töös kasutatud seda määra, kuna eeldame, et aktsiisimäärasid ei langetata.

6.2 TAKi kulutused kütusele erinevate stsenaariumite puhul

Kütusekulu arvutuste eelduseks on järgnevas tabelis toodud kütusehinnad, mis sisaldavad ka Euroopa Komisjoni soovitatud aktsiisimaksu miinimummäärasid. Kütusehinnad ei sisalda käibemaksu. Eeldatud on, et kütuste hinnad on praegusel tasemel, nominaalhinna muutusega ei ole siin arvestatud. Bioetanooli ja biodiisli maksuvabad hinnad on saadud hinnapakkumise alusel Rootsi ja Soome tootjalt (vt ptk 5.4).

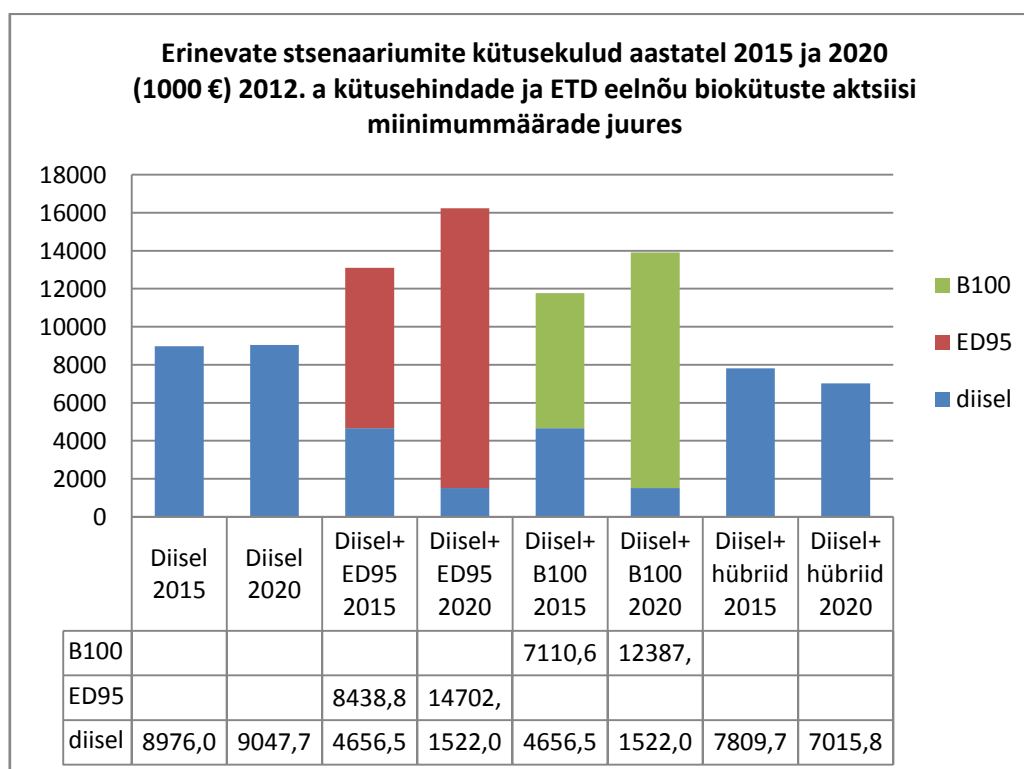
Tabel 6.2. Arvutustes kasutatud kütuste hinnad (€/l)

	Kütuse hind ilma maksudeta (2012. a jaanuar)	Aktsiisimaks ETD eelnõu järgi	Kütuse hind aktsiisiga
Diiseli	0,608	0,3929*	1,000
Bioetanool	0,89	0,259**	1,149
Biodiiseli	1,16	0,355**	1,515

* Kasutatud on praegust diisli aktsiisimäära Eestis, mis on EL miinimumist veidi kõrgem.

** Kasutatud on eelnõu miinimummaksumäära, eeldusel, et taastuvkütustele rakendatakse eelnõujärgset miinimummäära.

Tabelis 6.2 toodud kütusehindade alusel on arvutatud erinevate kütuste kasutamise stsenaariumite korral tekkivad kütusekulud (Joonis 6.1). Hübridi puhul on eeldatud, et kasutatakse tavadiislikütust.



Joonis 6.1. Erinevate stsenaariumide kütusekulud aastatel 2015 ja 2020, tuhat €, 2012. a kütusehindade ja ETD eelnõu biokütuste aktsiisi miinimummäärade juures

Jooniselt on näha, et kõige madalamad on kütusekulud hübridi bussi stsenaariumi puhul: 2015. aastal 7,8 miljonit € ja 2020. aastal 7 miljonit €. Diiseli bussi puhul on kütusekulud aastatel 2015 ja 2020 suhteliselt samal tasemel: ligi 9 miljonit €. Biodiisli-stsenaariumi puhul on kütusekulu 2015. aastal ligi

11,8 miljonit € ja 2020. aastal 13,9 miljonit €. Kõige kõrgemad on kütusekulud bioetanooli-stsenaariumi puhul: 2015. aastal 13 miljonit € ja 2020. aastal 16,2 miljonit €.

6.3 Normaalbussi soetus-, hooldus- ja kütusekulu erinevate tehnoloogiate puhul

Järgnevalt on välja toodud 700 000 km läbisõiduga (keskmiselt 10-aastane busi kasutusiga) normaalbussi soetus-, hooldus- ja kütusekulu erinevate tehnoloogiate puhul. Kõik eeldused on pikemalt ja koos allikatega loetletud peatükis 1.4. Soetuskulude puhul eeldame, et biodiislbuss maksab sama palju kui diislbuss, bioetanoolbuss on 10% kallim ja hübriidbuss 55% kallim kui diislbuss. Hoolduskulude puhul on eeldused järgmised: bioetanoolbussi hoolduskulud on 60% kõrgemad kui diislbussil, biodiisli puhul 100% kõrgemad ja hübriidbussi puhul 30% kõrgemad.

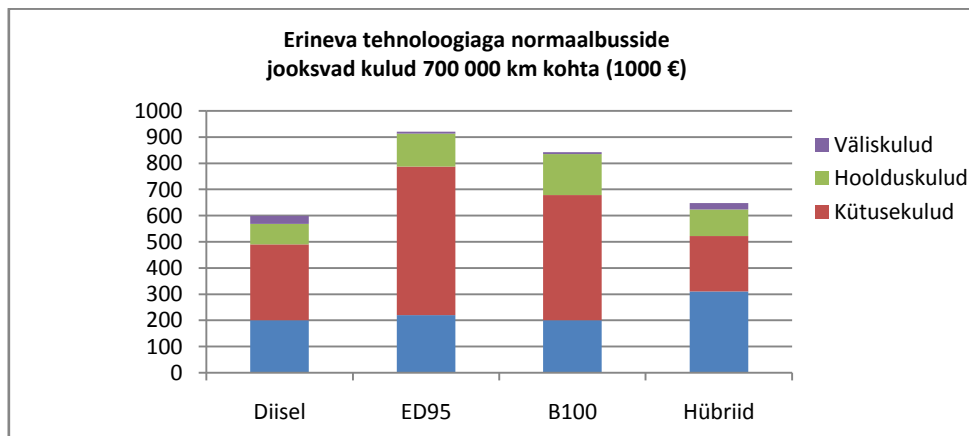
Kütusehinna puhul kasutasime tabelis 6.2 toodud hindu, s.t. kütuse hinda koos aktsiisiga, mis põhineb Euroopa Komisjoni 2011. a ettepanekul, ja ilma käibemaksuta. Samuti võtsime arvesse erinevate kütuste kulu 100 km kohta (Tabel 6.3).

Tabel 6.3. Erinevate kütuste kulu, liitrit/100 km

	Diiseli	Bioetanool	Biodiiseli	Diiseli-el. hübriidi
Normaalbuss	41,5	70,55	45,1	30,295
Liigendbuss	56	95,2	60,8	40,88

Allikas: Lipasto

Nendel eeldustel arvatud normaalbusside kulud 700 000 km kohta on toodud joonisel 6.2.



	Diiseli	ED95	B100	Hübriidi
Soetuskulud	200	220	200	310
Kütusekulud	290,5	567,5	478,3	212,1
Hoolduskulud	78,4	125,4	156,8	101,9
Väliskulud	30,2	7,0	7,5	24,4
Kulud kokku (1000 EUR)	599,1	920,0	842,6	648,4

Joonis 6.2. Normaalbusside soetus-, hooldus- ja kütusekulud koos väliskuludega 700 000 km kohta, 1000 €

Nagu jooniselt näha, on kokkuvõttes väikseimate kuludega diiselbuss (599 100 €) ning suhteliselt madalate kuludega ka hübriidbuss (648 400 €). Biodiiselbussi kulud on 842 600 € ning bioetanoolbussil 92 000 €. Seega on kokkuvõttes hübriidbuss ligi 10% kallim kui diiselbuss, bioetanoolbuss on ligi 60% kallim ja biodiiselbuss ligi 50% kallim diiselbussist. Samas on näiteks bioetanoolbussil rikkeid 700 000 km kohta mõnevõrra vähem kui diiselbussil: vastavad näitajad on 907 rikkekorda etanoolbussi ja 1134 rikkekorda diiselbussi kohta.

Käsitletud kuludest moodustab suurima osa kütusekulu: diiselbussi puhul 51% kogukuludest, bioetanoolbussi puhul 62% ja biodiiselbussi puhul 57%. Vaid hübriidbussi puhul moodustab kütusekulu vähem kui pool kogukuludest – 34%. Soetuskulud on diisel, bioetanool- ja biodiiselbusside puhul suhteliselt sarnased, kuid hübriidbussil oluliselt kõrgemad. Hoolduskulud on madalaimad diiselbussi puhul, kõrgeimad aga biodiiselbussi puhul.

6.4 Kasvuhoonegaaside vähendamise hind erinevate tehnoloogiate puhul

Sissejuhatavas peatükis tõime ära need Tallinna ja Eesti keskkonnaalased eesmärgid, mis on seotud transpordikütuste kasutamisega. Kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise meetmete tõhususe hindamisel on üheks indikaatoriks ühe tonni CO₂ vähendamise hind. Selleks hinnatakse meetme rakendamise kulu ja selle tulemusel saavutatud CO₂ vähenemist. Peatükis 4 hindasime erinevate stsenaariumite mõju CO₂ vähenemisele, ning eelmises peatükis erinevate alternatiivide rakendamise kulu normaalbussi keskmise kasutusaja jooksul. Tabelis 6.4 on ära toodud CO₂ tonni vähendamise hind kolme vaadeldud alternatiivi puhul.

Tabel 6.4. 700 000 km läbisõiduga normaalbussi CO₂ vähendamise potentsiaal ja CO₂ vähendamise hind erinevate tehnoloogiate puhul

	Kulu* €/700 000 km	Kulu vahe (€)	CO ₂ vähenemine (t)	CO ₂ vähendamise hind €/tonn
Diisel	599 200			
Etanool	919 800	320 600	721	445
Biodiisel	842 800	243 600	784	311
Hübriid	644 000	44 800	217	206

*Bussi soetamis-, kütuse- ning hoolduskuludega seostatavad muutuvkulud

(ei sisalda palga- ega püsikulusid, eeldusel, et need on erinevate tehnoloogiate lõikes samad)

ECMT aruandes „Cutting Transport CO₂ emissions“ on ära toodud mitmete transpordi CO₂-heite vähendamismeetmete hind. Näiteks sõiduautode ökonoomsuse ja CO₂-heite parandamisel loetakse kuluefektiivsust suhteliselt heaks, kui ühe tonni CO₂ vähendamise hind on 34–71 €/tonn. ECMT toob ära, et sõiduautode 20% CO₂-heite vähenemise puhul võib CO₂ hind isegi olla ainult 15 €/tonn. Mida kõrgemale CO₂-heite vähendamise eesmärki seada, seda kallimaks võib CO₂ vähendamise hind kujuneda, kuid üle 200 €/tonni kohta peetakse kalliks (ECMT 2007). Samas raportis on tõdetud, et praeguste biokütuste kaudu on CO₂ vähendamine kulukas, vahemikus 200–500 €/tonn (ECMT 2007), kuid on ka tõdetud, et uuema põlvkonna biokütuste puhul võib see kuluefektiivsemaks muutuda. Tõhusateks meetmeteks peetakse näiteks sõidukite CO₂ määra järgi diferentseeritud maksustamist, ummikumakse ja meetmeid, mis vähendavad sõiduautokasutust (ühistranspordi ja kergliikluse arendamine, liikuvuskorraldus, tõhus maakasutus jne)

6.5 Biokütuste tootmine ja tootmise lähiperspektiivid

	Arenevad biokütused			Tavapäraselt kasutatav
	Alus- ja rakenduslik T&A	Katsed, testimine	Turuküps	Laialdasemalt kasutatav
Bioetanool		Tselluloosil põhinev etanool		Suhkrust ja tärklisest toodetud etanool
Diisli tüüpi biokütused	Vetikatest tehtud biodiiseli; Suhkrubaasil süsivesinikud	Biomassist vedelik-süsivesinikeks (BtL)*	Hüdrogeenitud taimeõli (HVO)	Biodiiseli (transesterifikatsiooni abil)
Teised kütused ja lisandid	Uued kütused	Biobutanool; DME**; Pürolüüsil põhinevad kütused	Metanool	
Biometaan		Biosünteesiline gaas		Biogaas (anaeroobne lagundamine)
	■ Vedelad biokütused ■ Gaasilised biokütused			
	* Biomass to Liquid, gaasistamine + Fischer-Tropsch meetod ** Dimetüüleeter			

Joonis 6.3. Biokütuste arendustöö ja kommertstootmise seis 2009. a (IEA 2011)

Nagu näha jooniselt 6.3, on laialdasemalt tänapäeval käibel suhkrust ja tärklisest (teraviljadest) toodetud etanool, transesterifikatsiooni meetodil valmistatud biodiiseli (Standardiseeritud EN 14214; näiteks RME, FAME, 100% sisalduse korral nimetatakse B100) ja anaeroobsel lagunemisel saadav biogaas. Need (v.a biogaas) on nõ esimese põlvkonna biokütused, mille tootmisel kasutatakse suures mahus fossiilseid kütuseid. Seega on esimese põlvkonna biokütuste elutsükli (allikast ratasteni lähenemine) jooksul vähenenud CO₂ekv emissioon võrreldes tavadiisliga vähe ning elutsükli jooksul tekkinud emissioone ei saa lugeda võrdseks nulliga. Samuti konkureerivad nende biokütuste valmistamisel kasutatavad toorained inimese toiduainetega.

Esimese ja teise põlvkonna vahepealseks biokütuseks loetakse hüdrogeenitud taimeõli ehk HVOd. HVOsid valmistatakse taime- või loomaõli töötlemisel vesinikuga, mille tulemusel saadud biokütuse kvaliteet sõltub vähem toorainest ning see vastab diisli standarditele. Soome vastava HVO tehnoloogia nimetus on NExBTL, mille kommertsmahus tootmist alustati 2007. aastal. Ka metanool on turuküps, kuid võrreldes etanooliga on see korrodeerivam, energivaesem, mürgisem ning võib kahjustada mootoreid.

Teise põlvkonna biokütused on enamjaolt veel teadus- ja arendustöö faasis ning testimisel. Nende lähteained on orgaanilist päritolu lignotselluloosne biomass nagu õled, vananenud puit, puidujäägid, saepuru, väheväärtuslikud metsapuud, põllumajanduse jääkproduktid, toidujäätmed jm. Lisaks kiirestikasvavad taime- ja puuliigid, mida põldudel saab kasvatada (suured heintaimed, energiavõsa) ning kiirestikasvavad vetikad. Teise põlvkonna biokütused annavad CO₂ bilansi parandamisel oluliselt paremaid tulemusi, kuna nende tootmistehnoloogiad ei tarbi enam suures mahus fossiilseid kütuseid. Teise põlvkonna kütuste tootmisel kasutatakse tehnoloogiaid nagu gasifitseerimine, Fischer-Tropsch meetod, pürolüüs ja biokeemilised meetodid.

Biomassist toodetud kütuste tehnoloogia kannab nime Biomass to Liquid (BtL – biomassist vedelik-kütuseks). BtL tehnoloogiaga toodetud kütust võivad diiselmootorid ilma modifitseerimata kasutada

ja seda võib fossiilkütusele igas vahekorras juurde lisada. Ta on vaba aroomaatsetest ja väävlit-sisaldavatest ühenditest, tõstab kütuse tihedust, ei tekita põlemisel mootoris tahkete osiste emissiooni, mistõttu ei mürgista katalüsaatorit.

Tabel 6.5. Biodiisli ja bioetanooli toodang 2009. a Läänemere riikides (miljonit liitrit aastas)

Riik	Biodiisel	Bioetanool
Saksa	2859	750
Taani	151	0
Eesti	27	0
Soome	248	4
Leedu	110	30
Läti	50	15
Poola	374	166
Rootsi	112	175

Allikas: European Biodiesel Board, BioFuels platform, <http://www.biofuels-platform.ch>

Tabel 6.6. Taastuvenergia kasutus Eesti transpordisektoris 2009–2010 (ktoe)

Taastuvenergia liik	2009	2010
Bioetanool/bio-ETBE	0,00	0,00
Sellest biokütused vastavalt artikli 21 lõikele	0,00	0,00
Sellest imporditud	0,00	0,00
Biodiisel	0,00	0,00
Sellest biokütused vastavalt artikli 21 lõikele	0,00	0,00
Sellest imporditud	0,00	0,00
Taastuvatest energiaallikatest toodetud vesinik	0,00	0,00
Taastuvatest energiaallikatest toodetud elekter	0,91	0,76
Sellest maanteetransport	0,33	0,31
Sellest väljaspool maanteed toimuv maismaatransport	0,57	0,45
Muud (biogaas, taimeõli jt)	0,00	0,00
Sellest biokütused vastavalt artikli 21 lõikele	0,00	0,00
KOKKU	0,91	0,76

Allikas: MKM 2011

MKMi poolt esitatud aruandes (MKM 2011) tõdeti, et aruande tabelites tuli näidata vaid säästlikkuse kriteeriumidele vastava biokütuse tarbimist ning säästlikkuse kriteeriumeid kajastav keskkonnaministri määrus “Vedelkütustele esitatavad keskkonnanõuded ning biokütuste säästlikkuse kriteeriumid ja nende tõendamise kord” võeti vastu alles 22.12.2010, mistõttu vastavad andmed nii MKMil kui ka Statistikaametil puuduvad. Aruande järgi tarbiti 2010. a Eestis bioetanooli 4,56 ja biodiisli 3,18 ktoe (tonni nafta ekvivalenti).

Taastuvenergia tegevuskava rakendusplaanis on lähiaastateks paar konkreetset tegevust, mis võivad ühistranspordi üleminekut taastuvenergiale, alternatiivkütuste tarnimist ja tootmist Eestis oluliselt mõjutada:

2012. a jooksul: Vedelatele kütustele 5–7% segatud kütuse kohustuse sätestamine

- Uuringute läbiviimine maksimaalse võimaliku biokütuse osakaalu mootorikütustes leidmiseks ja rakendamiseks.

- Seaduse muudatused on ette valmistatud, kooskõlastatud ja Riigikogusse menetlemiseks esitatud.

2013. a jooksul: Ühistranspordi üleviimine taastuenergiALE

- Analüüsi läbiviimine rahastamisskeemi väljatöötamiseks k.a. kaaludes reisijate vedude hangetel riikliku dotatsiooni tingimusena taastuenergia kasutamise kohustuste seadmist.
- Investeeringutoetus ühistranspordi üleviimiseks biokütustele (ja seonduvaks infrastruktuuri arendamiseks).

2013. a jooksul: Alternatiivsete taastuvate kütuseallikate kasutamine transpordis

- Analüüsi läbiviimine alternatiivsete taastuvate kütuste kasutamise arendamiseks transpordisektoris.
- Elektriautode laadimiskohtade infrastruktuuride väljaarendamine.
- Muude alternatiivsete taastuvaid energiaallikaid kasutavate sõidukite kasutamise laiendamisele suunatud meetmete väljatöötamine ja rakendamine.

6.6 Alternatiivide valikuga seotud riskid

Uue veeremi soetamisega seotud riskid

Uue veeremi valik tähendab kõige kriitilisemat otsust, millega määratakse ära edasised kütuste valikuvõimalused. Etanoolbusside ja hübriidbusside puhul on veeremi soetamine kulukam kui tavadiisli ja biodiisli puhul. Etanoolbusside puhul on riskid kõige suuremad, sest see eeldab kindlat otsust just etanoolile üleminekuks. Alternatiivkütustega ja ökonoomsemate sõidukite tootjatepoolne pakkumine võib muutuda lähima 5 aasta jooksul mitmekesisemaks seoses võimalike ELi raskeveokite ja busside kütuseefektiivsuse nõuete kehtestamisega veeremi tootjatele. Hübriidbusside puhul on risk, et Tallinna liikluses paljude bussiliinide lõikes 25–30% kütusesäästu ei saavuta. Seetõttu on hübriidide puhul riskide maandamiseks oluline analüüsida erinevate liinide liiklusprofiile ja tagada, et bussid läheksid sellistele liinidele, kus kütuse säästupotentsiaal on hübriidbussidega kõige suurem (palju peatusi ja foore, madalamad keskmised kiirused).

Veeremi soetamise toetused:

- Taastuenergia tegevuskava rakendusplaani järgi töötab riik välja toetuskeemid alternatiivkütustega töötavate busside soetamiseks. Oht on, et riik eelistab toetuste andmisel maakonnaliine, mis pole parim lahendus keskkonnasäästu saavutamiseks, sest esmajoones on vaja keskkonnasäästlikke busse tihedama asustusega kohtadesse ja enim koormatud liinidele. Nii ELi, kvooditehingute jt riiklikud toetused ühistranspordiveeremi soetamisel hakkavad ilmselt olema seotud alternatiivkütuse või säästlikkuse nõudega. Juhul kui TAKil valmisolek alternatiivtehnoloogiate kasutuselevõtuks puudub, siis on risk nendest toetustest ilma jääda.
- Alternatiivkütustega busside toetuskeemil on oht vähendada muid ühistransporditoetusi, juhul kui seda võetakse ühistranspordi doteerimisena. Siin peaks nii riik kui ka linn selgelt eristama taastuenergia, energiasäästu ja ühistransporditoetused. Kuna taastuenergia tegevuskava järgi on oletatud, et aastal 2020 50% ühistranspordist sõidab 100%

taastuenergiaga, siis taastuenergiale ülemineku hinnavahe peaks katma avalik sektor, mitte ühistranspordikasutaja.

Kütuste hindadega seotud riskid

Kütuste, sh ka tavadiisli hinnad on prognoosimatud, mitmetel hinnangutel muutuvad kütuste hinnad maailmaturul veelgi heitlikumaks, muutes ettevõtete ja linnatranspordi kulude planeerimise keeruliseks. Üsna kindlalt võib öelda, et kütused odavamaks ei muutu, küll aga võivad biodiisel ja – etanool muutuda aktsiisipoliitika ühtlustumisel konkurentsivõimelisemaks võrreldes praeguse olukorraga.

Peamised riskid seoses kütuste hindadega on:

- Kõikide kütustealternatiivide puhul kütuste hinna kõikumine ja hindade kasv
- Naabermaades biokütuste aktsiisivabastuse jätkumine (Rootsi otsustas aprillis 2012 aktsiisivabastust jätkata) tõstab biokütuste turuhinda ja aktsiisivabastusega maades ei ole kütuste müümine atraktiivne, sest aktsiisivabastusega maades on biokütust võimalik müüa kõrgema hinnaga.
- EL energiamaksustamise direktiivi muudatuste toppamine või kokkulepete mittesaavutamine lisab ebakindlust alternatiivkütuste hindade tuleviku osas.

Riske aitavad mõnevõrra TAKi tasandil vähendada kõik meetmed, mis vähendavad kütusekulu - võimalikult väikese kütusetarbimisega veeremi eelistamine, TAKi bussijuhtide regulaarsed säästliku sõiduviisi koolitused ja kütusekulu seire, optimaalne veeremi valik vastavalt liinile, kütusesäästlikud rehvid ja rehvirõhu regulaarne kontrollimine, tühivedude minimeerimine jne.

Kütuste tootmise ja tarnimisega seotud riskid

Sarnaselt hinnakõikumistele on kõikide kütustega seotud ka tootmise ja tarnimisega seotud riskid. Diislikütuse tarneid võivad mõjutada nii poliitilised sündmused, Euroopa rafineerimistehaste võimsus kui ka nõudlus mujal maailmas (Aasia riigid impordivad järjest rohkem, USA ekspordib järjest vähem diisliit jne). Samad riskid puudutavad ka alternatiivkütuseid, mille tarned olenevalt tootmisviisist, võivad sõltuda ka hooajast, ilmastikust ja toorainetarnetega seotud muutustest. Riske aitab siin TAKil vähendada Eestis toodetud kütuste eelistamine ja võimalikult paindliku kütusega, sh elektriga töötava veeremi soetamine.

Tallinna linn saaks TAKi riske, mis on seotud biokütuste tootmise ja tarnimisega, vähendada kohalikku biokütuste tootmist toetades.

Ühistranspordi finantseerimise jätkusuutlikkusega seotud riskid

Linnamajanduse ja linnatranspordi korralduse tasandil võib praeguste arvutuste põhjal saadud alternatiivbussitehnoloogiatega opereerimise kallimat hinda arvestades tekkida risk, et a) kallima alternatiivtehnoloogia kasutamise hinna peab maksma kinni ühistranspordikasutaja, andes vale signaali tarbijale nagu ühistransport oleks suurim saastaja, või b) linn suurendab ühistranspordi toetusi ja linnal jääb vähem vahendeid ühistranspordi teenuse parandamise ja liinivõrgu arendamisega seotud kulutuste katmiseks, mis kokkuvõttes võib ühistranspordi konkurentsivõimet vähendada. Seega peaks alternatiivkütustele ülemineku hinda võrdlema teiste Tallinna transpordi

õhusaaste vähendamise, energiasäästu ja alternatiivkütustele ülemineku meetmetega ja valima nende hulgast tõhusaimad meetmed. Alternatiivkütustele üleminekuga seotud avaliku sektori lisakulutusi tuleb käsitleda keskkonnakaitse- ja energiasäästutoetusena, mitte ühistransporditoetusena.

Nii nafta kui ka alternatiivkütuste ja -tehnoloogiatega seotud riskide hajutamiseks on Tallinna Autobussikoondisel otstarbekas lähitulevikus valida mitte üks, vaid kuni kolm alternatiivset tehnoloogiat, et kõige paremini kasutada ära iga valitud tehnoloogia eeliseid (näiteks kütuse sääst hübriidide puhul, kütuse segamise paindlikkus uue põlvkonna biodiisli puhul või kohalikult toodetavad biokütused) ja hajutada riske, mis võivad tekkida juhul, kui ettevõtte valib kitsalt ühe tehnoloogia.

7 Koondhinnang stsenaariumitele

Erinevate bussitehnoloogiate alternatiivide kaalumise on ajendatud peamiselt kolmest vajadusest: 1) transpordi kasvuhoonegaaside (CO₂ekv) heitkoguste vähendamine ja taastuenergia osakaalu tõstmine transpordi energiabilansis; 2) Tallinna välisõhu kvaliteedi parandamine ning 3) kulude kokkuhoiuvajadus ja odavamini alternatiivi leidmine kallinevate ja heitlike naftahindade tõttu.

Kasvuhoonegaaside vähendamine

Tallinna linnaliinibussidest tingitud CO₂ekv heide moodustab kogu Tallinna liiklusest pärinevast CO₂ekv-st 4% ja praeguse praktika jätkudes liinibusside heitkogused ei muutu. Seega üksnes liinibusside üleminekuga alternatiivkütustele Tallinna transpordi poolt õhku paisatavate kasvuhoonegaaside heitkoguseid praktiliselt vähendada ei suudeta, sest viimase 10 aasta jooksul on kasvava autostumise tõttu CO₂ekv heite kasv olnud 3–4% aastas. Parima keskkonnamõju kasvuhoonegaaside vähendamise aspektist annab uuritud alternatiivtehnoloogiatest biodiiseli (-83%), teisel kohal on etanool (-76%) ja kolmandal hübriid (-21%). Vaatamata linnaliinibusside võrdlemise väikesele keskkonnamõjule on Tallinna Autobussikoondisel kui ühel suurel transpordiettevõttel oluline roll „kriitilise massi“ ja nõudluse tekitajana, mille hangete tulemusel hõlbustuks ka sõiduautode ja raskeveokite varustamine alternatiivkütuste ja -tehnoloogiatega.

Uuringus käsitletud bussitehnoloogiate keskkonnamõju hindamise tulemused on väga tundlikud CO₂ ekvivalendi koguste hindamise metodika suhtes, sõltudes sellest, kuidas üht või teist liiki biokütust on toodetud. Uuringus toodud CO₂ heitkoguste tulemused kehtivad ainult väikseima CO₂ jalajäljega biokütustele ja neid ei saa üldistada kõikidele praegu Euroopas müüdavatele biokütustele.

Riikliku taastuenergia tegevuskava transpordi 10% eesmärgi saavutamise meetmete juures on eeldatud, et aastal 2020 kasutaks 50% ühistranspordist 100% taastuenergiat (ei ole sõnastatud otseselt eesmärgina). Käesoleva uuringu nii biodiisli- kui etanooli-stsenaariumid oleksid vastavuses selle meetmega, sest juhul kui aastatel 2011–2020 ostetakse kõik uued bussid alternatiivkütuse tehnoloogiaga, siis aastaks 2020 oleks ligi 80% TAKi busside energiakulust kaetud biokütustega.

Biokütuste kaudu CO₂ekv heite vähendamine on võrdlemise kallis ja ebatõhus meede. Uuringus vaadeldud alternatiividest läheks ühe CO₂ekv tonni vähendamise praeguste hindade juures maksma 206 € hübriidi, 311 € biodiisli ning ligi 450 € bioetanooli puhul. Energia- ja soojamajanduses rakendatavate meetmetega võrreldes on see 10–20 korda kulukam. Transpordisektoris on mitmeid meetmeid, kus CO₂ vähendamine on võimalik saavutada hinnaga 15–70 €/t. Tõhusateks meetmeteks peetakse riigi ja linna tasandil näiteks sõidukite CO₂ määra järgi diferentseeritud maksustamist, ummikumakse ja meetmeid, mis vähendavad sõiduautokasutust (ühistranspordi ja kergliikluse arendamine, liikuvuskorraldus, tõhus maakasutus jne).

Kohaliku õhusaaste vähendamine

Kohaliku õhusaaste osas on bussidel mõnevõrra määravam osakaal: ligi 6–7% kogu Tallinna lämmastikoksiidide ja peenosakeste heitest on pärit TAKi bussidest. Keskkonnas on busside roll kohaliku õhukvaliteedi mõjutajana suurem ja iga puhtam Euro-standard ja puhtamale tehnoloogiale üleminek vähendaks õhusaastet märgatavalt. Erinevalt CO₂ekv heitest, annavad siin kiireid tulemusi ka tavadiiselbusside asendamine uute Euro V ja VI diiselbussidega. Peenosakeste heide väheneks

2010. a võrreldes aastaks 2015 55% ja aastaks 2020 ca 85%, lämmastikoksiidid vastavalt 45% ja 80%. Uute tavadiiselbussidega võrreldes oleks kõige puhtam etanoolbussi stsenaarium, heide väheneks aastaks 2020 ligi 92%; hübriidi puhul 89%. Lämmastikoksiidide heide võrreldes diisliga alternatiivkütuste ja hübriidbussi puhul märgatavalt ei väheneks, etanool- ja biodiiselbussi puhul jääks samaks ja hübriidbussi puhul väheneks marginaalselt ning seda ainult juhul, kui hübriidbuss ka Tallinna liikluses vähemalt 27% kütusetarbimise vähenemise saavutaks.

Alternatiivkütustel ja tavadiisliga sõitvate uute busside õhusaaste heitetegurite vahed on viimase 10 aasta jooksul oluliselt vähenenud ning hiljemalt 2014. aastast liinile tulevate Euro VI busside puhul vahed eri mootoritehnoloogiate heitgaaside osas juba üsna väikesed. Samas näitab kiire tehnoloogia areng ja rangemad Euro-standardite nõudmised, et linnal tasub ka kasutatud busside korral soetada Euro-standardi klassi võrra puhtamaid busse kui täna käigusolevad.

Väliskulud

Väliskulude arvutustega hinnati rahalist kaudset tervise- ja keskkonnakahjudega seotud kulu, mida TAK bussid aasta jooksul kasvuhoonegaaside, peenosakeste ja lämmastikoksiidide heitega tekitavad. 2010. a oli TAK busside väliskulud kokku üle 2 miljoni euro. Puhtamate mootoritehnoloogiate tulemusel väheneksid TAK busside väliskulud 2020. aastaks 40% isegi siis kui uued bussid oleksid tavadiiselbussid. Erinevate stsenaariumeid võrreldes osutusid kõige väiksema väliskuluga stsenaariumiks etanooli ja biodiisli stsenaariumid, mis osutasid 80% väliskulude vähenemisele. Stsenaariumite lõpptulemused on väga tundlikud CO₂ekv tegurite ja peenosakeste väliskulude arvestamismetoodika suhtes. Samas ei ole erinevate stsenaariumite väliskulude vahe nii suur, et see alternatiivtehnoloogiate rakendamise kallimat soetus- ja kütusehinnavahet kompenseeriks.

Busside soetus-, hooldus- ning kütusekulud

Erinevatele tehnoloogiatele ülemineku hinna juures arvestati uuringus busside soetus-, hooldus- ning kütusehindu. Võrreldes diisliga oleks bioetanooli bussiga opereerimine ligi 60%, biodiisliga 50% ja hübriidiga ligi 10% kallim. Biokütuste hindu on raske ennustada, sest mitmes ELi liikmesriigis kehtib veel aktsiisivabastus. Uus energiamaksudirektiiv oluliselt etanooli ja biodiisli hindu võrreldes diisliga soodsamaks ei tee, juhul kui tootjahinnad jäävad praegusele tasemele. Biokütuste lisamiskohustus, ELi aktsiisipoliitika ühtlustamine ning biokütuste tootmise arenemine võib hindu küll langetada, kuid tõenäoliselt jääb hind võrreldes naftatoodetega 10% kallimaks.

Lähiaastatel alternatiivide valikuid mõjutavad asjaolud

Lähiaastatel võivad poliitilised kokkulepped, uued regulatsioonid ja majandusolukord ühe või teise alternatiivi kasuks kiiresti muutuda. Peamiselt on muutusi oodata järgmistes valdkondades:

- Uue põlvkonna biokütuste tootmise arenemine ja biokütuste tootmise käivitamine Eestis.
- Uus energiamaksustamise direktiiv ja rangemad nõuded fossiilset päritolu kütustele (sh põlevkiviõlile) muudab biokütuste turu ühtlasemaks, hinnad stabiilsemaks ja konkurentsivõimelisemaks diisliga võrreldes. Samas on uue põlvkonna vedelate biokütuste hindu raske ennustada.
- Eestis võib hakata kehtima vedelkütustele biokütuse lisamiskohustus (5–7%).
- Riigil on plaanis töötada välja toetuskeem ühistranspordis taastuenergia osakaalu tõstmiseks ja veeremi soetamiseks.

- Sõidukite tehnoloogiad arenevad ja juhul kui raskeveokitele ja bussidele seatakse kütuseökonoomsuse nõuded, siis paraneb ka pakkumine ökonoomsemate sõidukite valikus.

Tabelis 7.1 on ära toodud koondhinnangud kõikidele vaadeldud alternatiividele kümne olulisema keskkonna, tehnilise ja majandusliku aspekti lõikes. Koondhinnangud ja hinded (skaalal -3 kuni 3 vastavalt sellele kuidas eesmärgi täitmist mõjutab) on ühiselt läbi arutatud 13. märtsil 2012 toimunud fookusgrupi ümarlaul, kus osalesid Tallinna Autobussikoondise, Tallinna Transpordiameti ja Tallinna Keskkonnaameti esindajad ning Tallinna Tehnikaülikooli ja Säästva Eesti Instituudi eksperdid.

Tabel 7.1. Erinevate bussitehnoloogiate stsenaariumite koondvõrdlus ja hinnang eesmärkide täitmisele

	Diisel	Bioetanol	Biodiisel	Diisel-el. hübriid	Järeldused/riskid
1. Kohaliku õhusaaste (PM, NO_x) vähendamine TAKi tasandil/ mõju tervisele	Rangemad Euro-nõuded vähendavad oluliselt ka tavadiiselbusside heidet – 80-85% vähem. 2	Kõige "puhtam" alternatiiv, peenosakesed vähenevad 92%, vahe tavadiisliga pole kuigi suur. Väga positiivne mõju TAKi personalile. 3	Sama, mis tavadiisli puhul. 2	Väheneb ligi 92%, samas ei pruugi väheneb nii suur olla, juhul kui Tallinna liiklusolud erinevad teistest testlinnadest. Positiivne mõju TAKi töötajatele. 3	Euro-standardi mõjul muutuvad uued bussid järjest puhtamaks. Biokütuste oluline eelis 10–20 aastat tagasi oli nende palju väiksem õhusaaste, mis Euro V ja VI puhul enam nii suurt erinevust ei tekitanud. Analüüs näitab, et ka kasutatud busside soetamisel tasub eelistada klassi võrra uuemaid busse.
2. Kohaliku õhusaaste vähendamine Tallinna tasandil	Mõju positiivne eelkõige kesklinnas. Vaatamata liikluse kasvule väheneb PM ja NO _x heide kogu liikluses. 1	Positiivne mõju eelkõige kesklinnas. 1	Positiivne mõju eelkõige kesklinnas. 1	Positiivne mõju eelkõige kesklinnas. 1	TAKi busside osakaal linnaliikluse õhusaastest ligi 6–7%, osatähtsus suurem kesklinnas. Mõju positiivne eelkõige kesklinnas. Vaatamata liikluse kasvule väheneb PM ja NO _x heide kogu liikluses. Võimalik, et ELi õhukvaliteedi nõuded karmistuvad.
3. Müra	Enamik uusi bussimudeleid on vaiksemad, kuid veeremi vananedes võib müratase suurenedada. 0	Enamik uusi bussimudeleid on vaiksemad, kuid veeremi vananedes võib müratase suurenedada. 0	Enamik uusi bussimudeleid on vaiksemad, kuid veeremi vananedes võib müratase suurenedada. 0	Mürataseme väheneb peatustes ja kiirendamisel. 1	Uue veeremi soetamine on oluline müra vähendav ja busi kasutusmugavust tõstev aspekt.
4. Kasvuhoonegaaside (CO₂ekv) vähendamine TAKi tasandil	Eeldusel, et liinitöö jääb samaks, jääb normaalbusside kütuse ja CO ₂ -heide samaks; liigendbussidel suureneb ligi 1–2%. Uued tavadiiselbussid ei ole säästlikumad kui praegu kasutus olevad bussid ja seetõttu ei ole ka nende CO ₂ heide väiksem. -1	Oleneb bioetanooli tootmisviisist – eeldusel, et kasutatakse kõige väiksema CO ₂ jalajäljega bioetanooli, on võimalik saavutada ligi 75% väheneb. 3	Oleneb biodiisli tootmisviisist – eeldusel, et kasutatakse kõige väiksema CO ₂ jalajäljega biodiisli, on võimalik saavutada ligi 83% väheneb. 3	CO ₂ väheneb ligi 22%. Tallina liikluses ei pruugi hübriid tootjate poolt märgitud kütusesäästu anda. Juhul kui hübriidbussid kasutada biodiisli, siis parim valik. 1	Praegu saadaolevad uued bussid ei ole kütusesäästlikumad kui vanad bussid. Alternatiivkütuste CO ₂ -heide oleneb kütuse tootmisviisist ja väiksem heide eeldab uuema põlvkonna biokütuste kasutamist. Enamik praegu Euroopas müüdatavatest biokütustest vähendaks CO ₂ heitkoguseid poole võrra. Võimalik, et EL kehtestab järgmise 5 a jooksul raskeveokite- ja bussitootjatele CO ₂ vähendamise nõuded, mis peaks suurendama ökonoomsemate busside mudelivalikut ja ka diiselbussid muutuvad ökonoomsemaks.
5. CO₂ vähendamine Tallinna tasandil	Praktiliselt ei mõjuta. 0	Marginaalne otsene mõju. Kaudselt võib soodustada ka teiste sõidukite üleminekut biokütusele. 1	Marginaalne otsene mõju. Kaudselt võib soodustada ka teiste sõidukite üleminekut biokütusele. 1	Praktiliselt ei mõjuta. 0	TAKi bussidest tingitud CO ₂ -heide moodustab kogu Tallinna liiklusest pärinevast CO ₂ -st 4%, biokütustega võimalik seda teoreetiliselt vähendada 1%-le, samas muust liiklusest on CO ₂ kasv olnud 3-4% aastas.
6. Taastuvenergia osakaalu suurendamine	Biokütuse 5–7% segamiskohustuse juures peab TAK automaatselt tarnima ka biodiisli lisandiga diisli. 0	Aastal 2020 oleks ligi 80% busside energiakulust pärit taastuvatest allikatest. 2	Aastal 2020 oleks ligi 85% busside energiakulust pärit taastuvatest allikatest. 2	Juhul kui kasutatakse tavadiisli, siis sama, mis diisel. Hübriidides võimalik kasutada ka biodiisli. 0	Riiklikul tasandil eesmärk 10% 2020. a. Taastuvenergia kavas eeldatud, et 50% ühistranspordist on 100% taastuvenergia. Tallinnal võimalik seda täita suuremas osas tramm- ja trollipargi ülevõimisega rohelisele energiale (TTK juba osaliselt kasutab taastuvat Läti hüdroenergiat).

	Diiseli	Bioetanool	Biodiiseli	Diiseli-el. hübriidi	Järeldused/riskid
7. Kohaliku kütuse kasutamine	Ei täida.	Säästlikkuse kriteeriumitele vastava bioetanooli tootmist pole Eestis teada.	Säästlikkuse kriteeriumitele vastava biodiisli tootmist pole Eestis teada, samas võib sarnaselt Soomele potentsiaali olla.	Ei täida.	Vaadeldud alternatiividest ei soodusta ükski kohalikult toodetud säästlikkuse kriteeriumitele vastavale biokütusele üleminekut.
8. Hind	Kuigi analüüsid on kasutatud diisli praegust hinda, jätkub ilmselt naftatoodete kallinemine ka järgmise 10 aasta jooksul. Busside soetushind tavadiisli puhul kõige soodsam. Kuigi seni ei ole uemad bussimudelid olnud vanadest kütuse-säästlikumad, võib lähiaastatel tootmisesse tulla ökonoomsemaid diiselbusse.	Kütuse hind võrreldes diisliga ligi 60% kallim. Bussi soetushind ligi 10% kallim.	Võrreldes diisliga biodiiseli 50% kallim.	10% kallim kui diiseli. Juhul kui Tallinna liikluses 25–30% kütusesäästu ei saavuta, kujuneb hind kallimaks. Tasuvus on kõige parem liinidel, kus on kõige rohkem peatusi ja seisakuid – seega hübriidi puhul oluline liine valida, et tasa teeniks. Bussi soetushind ligi 50% kallim kui tavabuss.	Biokütuste hinda raske ennustada, sest mitmes ELi riigis kehtib aktsiisivabastus. Uus energiamaksudirektiiv oluliselt biokütuste hindu võrreldes diisliga soodsamaks ei tee, juhul kui tootjahinnad jäävad praegusele tasemele. Biokütuste lisamiskohustus, ELi aktsiisipoliitika ühtlustamine ning biokütuste tootmise arenemine võib hindu küll alla tuua, kuid ilmselt jääb hind võrreldes naftatoodetega 10% kallimaks. Võimalik, et EL kehtestab järgmise 5 a jooksul raskeveokite- ja bussitootjatele CO ₂ vähendamise nõuded, mis peaks suurendama ökonoomsemate busside mudelivalikut, ka diiselbussid muutuvad ökonoomsemaks ja säästlikke busse saab soodsamalt. Nii ELi, kvooditehingute jt riiklikud toetused ühistranspordiveeremi soetamisel hakkavad ilmselt olema seotud alternatiivkütuse või säästlikkuse nõudega – kui TAKil valmisolek alternatiivtehnoloogiate kasutuselevõtuks puudub, siis võib nendest toetustest ilma jääda.
9. Tehnoloogia kättesaadavus/kasutuselevõtu lihtsus	Diisli üleuroopalise nõudluse kasvu ja pakkumise vähenemise puhul võib tekkida kütuse tarneprobleeme.	Eeldab spetsiaalsete busside soetamist, tankla muutmist ja lisainvesteeringuid tanklas, kütust Eestis ei toodeta.	Ei eelda spetsiaalsete busside soetamist, kütust Eestis ei toodeta. HVO puhul oleks seda võimalik kasutada vabalt valitud suhtes tavadiisliga.	Hübriidbussid naaberregioonis veel katsetusfaasis. Töökindlate mudelite ja nende sobivuse kohta talvetingimustes raporteid pole.	Vedelkütustele 5–7% biokütuste lisamise kohustuse kehtima hakkamise korral võib alternatiivkütuste tootmine Eestis käima minna. Hübriidide puhul võib tehnoloogia üsna kiiresti järgmise 10 a jooksul areneda. Uuemate mudelite katsetamine algas Helsingis 2011 detsembris.
10. CO₂ vähendamise hinna-kulu suhe	Ei vähenda	Praeguste hindade juures 445 €/tonn	Praeguste hindade juures 311 €/t	Praeguste hindade juures 206 €/t ja eeldusel, et kütusekulu väheneb 30%.	Biokütuste kaudu CO ₂ vähendamine üks ebatõhusamaid meetmeid. Energia- ja soojamajanduses rakendatavate meetmetega võrreldes 10–20 korda kulukam. Transpordis mitmeid meetmeid, kus võimalik CO ₂ vähendamist saavutada hinnaga 15-70 €/t. Linna tasandil oluline kaaluda teisi transpordisektori alternatiive.
Kaalumata keskmine	-0,60	-0,20	-0,20	-0,10	

Kokkuvõte

Õhusaaste ja kasvuhoonegaaside piiramine, naftast sõltuvuse vähendamine ja kohaliku tootmise edendamine on olnud peamised põhjused, miks paljud linnad ja transpordiettevõtted on viimase 20 aasta jooksul biokütuste ja alternatiivsete bussitehnoloogiate teema tõstatanud. Käesolev uuring annab ülevaate diisel-, etanool-, biodiisel- ning hübriidbusside kütusekulu ning keskkonnamõju tegurite arengust, teiste linnade kogemusest biokütuste ning hübriidbusside kasutamisel ning nende bussitehnoloogiate kasutuselevõtu otstarbekusest Tallinnas. Neljas stsenaariumis hinnati, kuidas Tallinna Autobussikoondises tehtavad valikud võivad ettevõtte keskkonnamõju vähendada ning kui suureks võib kujuneda praeguste tingimuste juures erinevate alternatiivide hind kuni aastani 2020.

Biokütuste ja alternatiivtehnoloogiate maastik on viimase 10–20 aasta jooksul mõnevõrra muutunud. Peamised asjaolud, mis näiteks 20 a tagasi Stockholmi regiooni valikuid mõjutasid olid:

- Fossiilkütustest vabanemise ja õhukvaliteedi parandamise eesmärkidest tulenenud poliitilised otsused väheste heidetega sõidukite ja alternatiivkütuste kasutuselevõtuks.
- Aktsiisivabastus biokütustele, tugev poliitiline toetus biokütuste tootmisele.
- Nõ katsetuslik turuletulek alternatiivkütustega, mis määras tavadiisliga võrreldes soodsama või vastuvõetava hinna.
- 1990. aastate lõpus ja 2000. aastate alguses oli tavadiiselbusside ja biokütustel sõitvate busside kohaliku keskkonnamõju vahed suuremad.

Endiselt on nii Eestis kui ka naabermaades eesmärk suurendada taastuvenergia osakaalu transpordis, aktuaalne on nii kasvuhoonegaaside heite vähendamine kui ka kohaliku õhukvaliteedi parandamine. Kuid võrreldes 10–20 a taguse ajaga on mõned asjaolud muutunud:

- Vedelatel biokütustel pole Eestis enam aktsiisivabastust ja kütuste maksustamispoliitika on kogu EL-is muutumas. Uus võimalik energiamaksustamise direktiiv ei muudaks oluliselt pilti biokütuste kasuks, sest eelnõus väljapakutud CO₂ komponent aktsiisimäära kujunemisel on võrdlemisi väike.
- Uued tavadiiselbussi mootori- ja heitgaaside puhastustehnoloogiad (Euro 6) on kohalikku õhukvaliteeti puudutavate komponentide (peenosakesed ja lämmastikoksiidid) osas lähenemas biodiisli ja bioetanoolibusside heiteteguritele.
- Muutunud on teadmised biokütuste CO₂-jalajäljest ja biokütuste tootmisega seotud kaudsest CO₂-heitest. Sõltuvalt tootmisviisist võivad esimese põlvkonna biokütused põhjustada rohkemgi kasvuhoonegaasiheidet kui tavadiisel. Lisaks CO₂-jalajäljele on oluline ka sotsiaalne ja loodusliku mitmekesisuse ohustamise pool – kasvavad toiduainete hinnad ja biokütusekultuuride tootmiseks raadatavad põllumaad.
- Säästlikkuse kriteeriumitele vastavate biokütuste tootmine ja turustamine Eestis puudub.

Kasvuhoonegaaside vähendamine

Tallinna linnaliinibussidest tingitud CO₂ekv heide moodustab kogu Tallinna liiklusest pärinevast CO₂ekv-st 4% ja praeguse praktika jätkudes liinibusside heitkogused ei muutu. Seega üksnes liinibusside üleminekuga alternatiivkütustele Tallinna transpordi poolt õhku paisatavate kasvuhoonegaaside

heitkoguseid praktiliselt ei vähenda, sest viimase 10 aasta jooksul on kasvava autostumise tõttu CO₂ekv heite kasv olnud 3–4% aastas. Parima keskkonnaefekti kasvuhoonegaaside vähendamise aspektist annab uuritud alternatiivtehnoloogiatest biodiisel (-83%), teisel kohal on etanool (-76%) ja kolmandal hübriid (-21%). Riikliku taastuvenergia tegevuskava transpordi 10% eesmärgi saavutamise meetmete juures on eeldatud, et aastal 2020 kasutaks 50% ühistranspordist 100% taastuvenergiat (ei ole sõnastatud otseselt eesmärgina). Käesoleva uuringu nii biodiisli- kui etanooli-stsenaariumid oleksid vastavuses selle meetmega, sest juhul kui aastatel 2011–2020 ostetakse kõik uued bussid alternatiivkütuse tehnoloogiaga, siis aastaks 2020 oleks ligi 80% TAKi busside energiakulust kaetud biokütustega.

Biokütuste kaudu CO₂ekv heite vähendamine on võrdlemisi kallis ja ebatõhus meede. Uuringus vaadeldud alternatiividest läheks ühe CO₂ekv tonni vähendamine praeguste hindade juures maksma 206 € hübriidi, 311 € biodiisli ning ligi 450 € bioetanooli puhul. Energia- ja soojamajanduses rakendatavate meetmetega võrreldes on see 10–20 korda kulukam. Transpordisektoris on mitmeid meetmeid, kus CO₂ vähendamine on võimalik saavutada hinnaga 15–70 €/t. Tõhusateks meetmeteks peetakse riigi ja linna tasandil näiteks sõidukite CO₂ määra järgi diferentseeritud maksustamist, ummikumakse ja meetmeid, mis vähendavad sõiduautokasutust (ühistranspordi ja kergliikluse arendamine, liikuvuskorraldus, tõhus maakasutus jne). Seega peaks alternatiivkütustele ülemineku hinda võrdlema teiste Tallinna transpordi õhusaaste vähendamise, energiasäästu ja alternatiivkütustele ülemineku meetmetega ja valima nende hulgast tõhusaimad meetmed. Alternatiivkütustele ülemineku seotud avaliku sektori võimalikke lisakulutusi tuleb käsitleda keskkonnakaitse- ja energiasäästutoetusena, mitte ühistransporditoetusena.

Kohaliku õhusaaste vähendamine

Kohaliku õhusaaste osas on bussidel mõnevõrra määravam osakaal: ligi 6–7% kogu Tallinna lämmastikoksiidide ja peenosakeste heitest on pärit TAKi bussidest. Keskkonnas on busside roll kohaliku õhukvaliteedi mõjutajana suurem ja iga puhtam Euro-standard ja puhtamale tehnoloogiale üleminek vähendaks õhusaastet märgatavalt. Erinevalt CO₂ekv heitest, annavad siin kiireid tulemusi ka tavadiiselbusside asendamine uute Euro V ja VI diiselbussidega. Peenosakeste heide väheneks 2010. a võrreldes aastaks 2015 55% ja aastaks 2020 ca 85%, lämmastikoksiidid vastavalt 45% ja 80%. Uute tavadiiselbussidega võrreldes oleks kõige puhtam etanoolbussi stsenaarium, heide väheneks aastaks 2020 ligi 92%; hübriidi puhul 89%. Lämmastikoksiidide heide võrreldes diisliga alternatiivkütuste ja hübriidbussi puhul märgatavalt ei väheneks, etanool- ja biodiiselbussi puhul jääks samaks ja hübriidbussi puhul väheneks marginaalselt ning seda ainult juhul, kui hübriidbuss ka Tallinna liikluses vähemalt 27% kütusetarbimise vähenemise saavutaks.

Alternatiivkütustel ja tavadiisliga sõitvate uute busside õhusaaste heitetegurite vahed on viimase 10 aasta jooksul oluliselt vähenenud ning hiljemalt 2014. aastast liinile tulevate Euro VI busside puhul vahed eri mootoritehnoloogiate heitgaaside osas juba üsna väikesed. Samas näitab kiire tehnoloogia areng ja rangemad Euro-standardite nõudmised, et linnal tasub ka kasutatud busside korral soetada Euro-standardi klassi võrra puhtamaid busse kui täna käigusolevad.

Väliskulud

Väliskulude arvutustega hinnati kaudset tervise- ja keskkonnakahjudega seotud rahalist kulu, mida TAK bussid aasta jooksul kasvuhoonegaaside, peenosakeste ja lämmastikoksiidide heitega tekitavad. 2010. a oli TAK busside väliskulud kokku üle 2 miljoni euro. Puhtamate mootoritehnoloogiate tulemusel väheneksid TAK busside väliskulud 2020. aastaks 40% ka siis kui uued bussid oleksid tavadiiselbussid.

Erinevate stsenaariumeid võrreldes osutasid kõige väiksema väliskuluga stsenaariumiks etanooli ja biodiisli stsenaariumid, mis osutasid 80% väliskulude vähenemisele. Stsenaariumite lõpptulemused on väga tundlikud CO₂ekv tegurite ja peenosakeste väliskulude arvestamismetoodika suhtes. Samas ei ole erinevate stsenaariumite väliskulude vahe nii suur, et see alternatiivtehnoloogiate rakendamise kallimat soetus- ja kütusehinnavahet kompenseeriks.

Alternatiivtehnoloogiate soetus-, hooldus- ja kütusekulud ning tehnilised aspektid

Erinevatele tehnoloogiatele ülemineku hinna juures arvestati uuringus busside soetus-, hooldus- ning kütusehindu. Võrreldes diisliga oleks bioetanooli bussiga opereerimine ligi 60%, biodiisliga 50% ja hübriidiga ligi 10% kallim. Biokütuste hindu on raske ennustada, sest mitmes ELi liikmesriigis kehtib veel aktsiisivabastus. Uus energiamaksudirektiiv oluliselt etanooli ja biodiisli hindu võrreldes diisliga soodsamaks ei tee, juhul kui tootjahinnad jäävad praegusele tasemele. Biokütuste lisamiskohustus, ELi aktsiisipoliitika ühtlustamine ning biokütuste tootmise arenemine võib hindu küll langetada, kuid tõenäoliselt jääb hind võrreldes naftatoodetega 10% kallimaks.

Alternatiivtehnoloogiatele ülemineku tehnilised aspektid ja lähinaabrite viimase 10-20 a kogemused ei ole üks-üheselt võrreldavad praeguste tingimuste ja võimalustega Tallinnas, sest enamikes linnades on alternatiivkütuste puhul tooni andnud kohalik biokütuse tootmine ja biokütuste tootmise nii linnadepoolne kui ka riiklik toetamine. Samal ajal on alternatiivtehnoloogiad kiiresti arenenud, mistõttu on busside soetamisel vaja keskenduda uusimate mudelite testikogemustele. Tehniliselt vajaks kõige enam ümberkorraldusi etanoolbussidele üleminekul – eeldades spetsiaalsete busside soetamist, investeringuid tanklase ning kütuse maaletoomist.

Lähiaastatel alternatiivide valikuid mõjutavad asjaolud ja valikutega seotud riskid

Lähiaastatel võivad poliitilised kokkulepped, uued regulatsioonid ja majandusolukord ühe või teise alternatiivi kasuks või ka kahjuks kiiresti muutuda. Peamiselt on muutusi oodata järgmistes valdkondades:

- Uue põlvkonna biokütuste tootmise arenemine ja biokütuste sh biogaasi tootmise käivitamine Eestis.
- Juhul kui EL tasandil jõutakse kokkuleppele uue energiamaksustamise direktiivi ja rangemate nõuete suhtes fossiilset päritolu kütustele (sh põlevkiviõlile), muutub biokütuste turg ühtlasemaks, hinnad stabiilsemaks ja konkurentsivõimelisemaks diisliga võrreldes. Samas on nii nafta kui ka uue põlvkonna vedelate biokütuste hindu raske ennustada ja võib eeldada, et sarnaselt naftahindadele, kõikide energiaallikate hinnad kasvavad ja biokütuste hinnad on reeglina 10% kallimad kui fossiilkütustel.
- Eestis võib hakata kehtima vedelkütustele biokütuse lisamiskohustus (5–7%), mis võib soodustada kohalike biokütuste tootmist ja muuta biokütuste kasutuselevõtu lihtsamaks.
- Riigil on plaanis töötada välja toetuskeem ühistranspordis taastuvenergia osakaalu tõstmiseks ja veeremi soetamiseks. TAKi poolt on toetuste saamiseks vaja valmisolekut energiasäästlike ja biokütustel sõitva veeremi kasutuselevõtuks.
- Sõidukite tehnoloogiad arenevad kiiresti ning juhul kui raskeveoki- ja bussitootjatele seatakse EL tasemel kütuseökonoomsuse nõuded, siis paraneb ka pakkumine ökonoomsemate sõidukite valikus ning hinnad võivad muutuda soodsamaks.

- Ühistranspordil on oluline roll uute tehnoloogiate puhul nn kriitilise massi tekitajana. Arvestades käesolevas töös vaadeldud alternatiivide oluliselt kõrgemat hinda, tuleks alternatiivkütustele üleminekuga seotud avaliku sektori lisakulutusi käsitleda laiemas keskkonnakaitse- ja energiasäästutoetusena, mitte ühistransporditoetusena, sest vastasel juhul võivad alternatiivtehnoloogia toetused hakata konkureerima ühistranspordi teenuse arendamise toetustega. Kallim piletihind võib anda tarbijale vale signaali nagu linnaliinibussid oleks kõige probleemsem transpordiliik linnas ning vähendada ühistranspordikasutust.

Nii nafta kui ka alternatiivkütuste ja -tehnoloogiatega seotud riskide hajutamiseks on Tallinna Autobussikoondisel otstarbekas lähitulevikus valida mitte üks, vaid kuni kolm alternatiivset tehnoloogiat. Nii on võimalik kõige paremini kasutada ära iga valitud tehnoloogia eeliseid (näiteks kütuse sääst hübriidide puhul, kütuse segamise paindlikkus uue põlvkonna biodiisli puhul või kohalikult toodetavad biokütused, sh biogaas). Linna tasandil on riske võimalik hajutada kohaliku biokütuse tootmise toetamisega, hangetes rangemate keskkonnanõuete esitamise ning linna transpordi keskkonnamõju vähendamiseks kõige tõhusamate meetmete väljaselgitamisega. Vaatamata linnaliinibusside võrdlemisi väikesele keskkonnamõjule on Tallinna Autobussikoondisel kui ühel suurel transpordiettevõttel oluline roll „kriitilise massi“ ja nõudluse tekitajana, mille hangete tulemusel hõlbustuks ka sõiduautode ja raskeveokite üleminek alternatiivkütustele ja -tehnoloogiatele.

English Summary

Alternative fuels for Tallinn Bus Company buses – feasibility and environmental impact of diesel, bioethanol, hybrid and biodiesel alternatives. Final Survey Report by Mari Jüssi, Helen Poltimäe, Birgit Aru – Estonian Institute for Sustainable Development, SEI-Tallinn. Study commissioned by Tallinn Bus Company, Civitas Mimosa project. May 2012

Limiting greenhouse gas emissions, reducing air pollution and dependence on oil, as well as promoting local renewable energy production are some of the main reasons that many cities and transport companies have taken an interest in biofuels and alternative technologies over the last 20 years. The current study aims to provide an overview of the development of diesel-, ethanol-, biodiesel- and hybrid-bus fuel consumption and their environmental impact factors; describe other cities' experiences in using biofuels and hybrid buses; and analyze the feasibility of using these bus technologies in Tallinn, Estonia. As a part of the assessment, four scenarios are analyzed in terms of the reduction of environmental impacts resulting from the choices to be made by the Tallinn Bus Company. Also analyzed are the costs of the alternatives up until the year 2020, taking into account the current conditions.

The status of biofuels and alternative technology has changed over the last 10 to 20 years. For example, some of the main circumstances influencing the Stockholm region's choices 20 years ago included:

- The political decisions to introduce low emissions vehicles and alternative fuels were preceded and supported by the existing goals of giving up the use of fossil fuels and improving air quality.
- Biofuel's exemption from excise duty and strong political support for the local production of biofuels.
- In order to break into the market for alternative fuels, producers set lower prices for the biofuels in order to be competitive with fossil fuels
- Until the end of 1990s, the difference in emissions between conventional diesel buses and biofuel buses was greater – i.e. ethanol and biodiesel buses had far lower emission levels than diesel buses.

Today, Estonia and its neighbouring countries continuously strive to increase the use of renewable energy in the transport sector. The reduction of greenhouse gases and the improvement of local air quality are still on the agenda of both national and local governments. Yet, when compared to the situation 10 to 20 years ago, some circumstances have changed:

- Liquid biofuels are no longer exempt from excise duty in Estonia. The EU energy taxation policy may change soon, but a potential new Energy Tax Directive would not substantially lower the duty on biofuels since the proposed CO₂ component in forming the excise duties is relatively small.

- Due to the novel diesel bus engine and exhaust gas cleaning technology (Euro VI), nitrogen oxide levels and fine particle emission factors of conventional diesel buses are similar to those of biodiesel and bioethanol buses.
- Knowledge about the CO₂ footprint of biofuels and indirect CO₂ emissions connected to the production of biofuels has improved. Depending on the production method, the first generation biofuels can generate even higher greenhouse gas emissions than conventional diesel fuels. In addition to the CO₂ footprint, it is equally important to consider the social and biodiversity aspects and issues –an increase in food prices and the impact of biofuel production on agricultural land.
- In Estonia, there is no production or marketing of biofuels which comply with the criteria for sustainability.

Reduction of greenhouse gases

Tallinn's public transport buses make up to 4% of the total Tallinn transport CO₂e emissions. If current trends continue, the amount of emissions from the buses will not increase. Tallinn transport-related carbon footprint cannot be reduced only by a transition of Tallinn city buses to alternative fuel. This is due to the 3-4% of annual growth of CO₂e emissions from the increase in car use during the last 10 years.

A comparison of alternative technologies implemented to reduce the greenhouse gases of the Tallinn Bus Company by 2020 shows that the largest reduction would come from biodiesel buses (-83%), followed by bioethanol buses (-76%) and hybrid buses (-21%). According to the Estonian National Renewable Energy Action Plan, the share of renewables should account for 10% of the energy used in the transport sector by 2020. The action plan presumes that by the year 2020, 50% of public transport would be fuelled by 100% renewable energy. The scenarios of both biodiesel and ethanol buses would comply with the measure. In the case that all of the new buses purchased between 2011 and 2020 run on sustainable biofuels, 80% of the Tallinn Bus Company buses' energy demand would be covered by biofuels.

Reducing the CO₂e emissions with a transition to biofuels is a rather costly and inefficient measure. A reduction of 1 ton CO₂e with the alternatives analyzed in the study would, at current prices, cost 206 €/ ton CO₂ reduced for hybrid fuel, 311 €/ ton for biodiesel fuel and 450 €/ ton for bio-ethanol fuel. Compared to the measures implemented in the energy and heating sector, the biofuel alternatives are 10 to 20 times more expensive. Furthermore, there are several measures in the transport sector, where the CO₂ cost-efficiency is ca. 15–70 €/ton. The taxation of vehicles based on the CO₂ emissions, congestion charging and measures that reduce the travel demand of personal cars (development of public transport, cycling, walking, mobility management, efficient land use etc.) are examples of measures that are considered to be cost-effective. Thus, the cost of transition to alternative fuels should be compared to other measures affecting Tallinn transport emissions and energy efficiency. The additional cost to the

public sector resulting from the transition to alternative fuels, must be treated as investment in environmental protection and energy-saving efficiency, rather than a public transport subsidy.

Reducing local air pollution

When it comes to local air pollutants, Tallinn city buses play slightly bigger role. Around 6% to 7% of Tallinn's nitrogen oxides and fine particle emissions result from the Tallinn Bus Company buses. In the city centre, buses generate an even larger share of these emissions. Thus, the use of cleaner buses and cleaner technology would reduce air pollution. Unlike the CO₂e emissions, fast and positive results could be achieved by replacing older diesel buses with new Euro V and VI diesel buses. Emissions of fine particles would decrease 55% by the year 2015 and 85% by the year 2020. Nitrogen oxide emissions would decrease 45% and 80% respectively. Compared to conventional diesel buses, the cleanest scenario is with ethanol buses, reducing particle emissions 92% by 2020 and 89% with hybrid buses. NO_x emissions of biodiesel and ethanol buses would be comparable to the conventional diesel buses. NO_x emissions could be reduced by using hybrid buses, as their fuel consumption is 27% lower than the other two types of biofuelled buses.

The differences in local air pollution emissions between alternative fuels and traditional diesel have significantly decreased during the last 10 years. With the introduction of Euro VI buses by 2014 at the latest, the differences in emissions between these engine types will be even smaller. At the same time it should be noted that due to rapidly developing technology and stringent Euro-standard requirements, it is more profitable for the city to prefer buses with higher Euro-standards even when purchasing second-hand buses.

External costs

The external costs of emissions, i.e. the indirect monetary costs of health- and environmental damage due to emissions of greenhouse gases, fine particles and nitrogen oxides, were assessed. The external costs for Tallinn Bus Company added up to more than 2 million Euros in 2010. Cleaner engine technologies would generate a 40% reduction of the external costs by 2020, even with conventional diesel buses. The comparison of the different scenarios revealed that ethanol and biodiesel fuels resulted in the lowest external costs, or an 80% reduction in external costs. The final results of the scenarios are sensitive to the CO₂e factors and the calculation methodology of the external costs of fine particles. At the same time, the differences in external costs between different scenarios are not so large as to compensate for the more expensive purchase and fuel costs of the alternative technology.

Purchasing, maintenance and fuel costs and technical aspects of alternative technologies

The costs for purchasing, maintenance and fuel were taken into consideration when calculating the cost of transition to different technologies. Operating with bioethanol buses would be 60% more expensive compared to the diesel bus, while bio-diesel would be 50% more expensive and the hybrid around 10% more expensive. It is difficult to predict the future costs of biofuels

because of the exemption from excise duty in several EU member states. The new Energy Tax Directive will not lower the price for biodiesel and ethanol considerably compared to diesel if production costs stay at the current levels. Biofuel blending requirements, harmonization of the EU excise duty policy, and the development of biofuel production may lower the prices, but the cost of bio-fuels will most likely remain 10% higher than fossil fuels.

The technical aspects of transition to alternative technologies and the experiences of neighbouring countries within the last 10 to 20 years are not fully comparable with today's conditions and the possibilities in Tallinn. In most of the cities, the use of biofuels has been influenced by local production, as well as a state and local support for production. Due to the rapid development of alternative technologies, focus on the newest models must be taken into consideration when purchasing new buses. In terms of the technical aspect, the largest reorganization (i.e. acquisition of special buses, fuel imports and investments in filling stations) is needed with a transition to ethanol buses.

Factors affecting the choices of alternative technology during the upcoming years and risks connected with these choices

Political agreements, new regulations and economic conditions may influence the feasibility of alternative technologies during the upcoming years. The following developments are foreseen:

- The development of a new generation of biofuels (including biogas);
- In the case there is an agreement on more rigid requirements for fossil fuels (incl. shale oil) in the new Energy Tax Directive, the biofuel market will be more harmonized and the prices will be competitive with diesel prices. At the same time, although it is relatively hard to predict the prices of biofuels, it can be assumed that similar to all energy resources, the prices will increase and bio-fuels would generally be around 10% higher in price compared to fossil fuels;
- Estonia may impose the requirement to blend biofuels (5-7%) with motor fuels, which may promote the production of local biofuels and facilitate its use;
- Estonia has planned to implement a support system to increase the share of renewable energy use in public transport and motivate the purchase of new vehicles. In order to receive the support, the Tallinn Bus Company has to be prepared to use energy efficient buses and biofuels.
- Vehicle technology develops rapidly and in case fuel-efficiency requirements are imposed to heavy duty vehicles and buses at the EU level, the supply for more fuel-efficient vehicle models will increase and prices may go down.
- Public transport plays an important role in creating a critical mass for the introduction of new technologies. Considering the substantially higher price of the alternatives analyzed in the study, the additional costs to the public sector resulting from a transition to alternative fuels, must be seen as subsidies to environmental protection and energy saving, rather than funding of public transportation. Otherwise, funding for public transport development will start to compete with funding for alternative technology.

Increased ticket prices would incorrectly signal to consumers that city buses are a highly polluting means of transport, which might, in turn, reduce the use of public transport.

In order to lower the risks connected to oil prices, alternative fuels and technology, it would be practical for the Tallinn Bus Company to choose not only one, but up to three alternative technologies. That way the bus company could fully exploit the advantages of each technology (for example fuel saving with the hybrid, flexibility to mix fuels in the new generation biodiesel buses or use locally produced bio-fuels, including biogas). On the city level, the effective way to reduce risks is to support local biofuels production, to apply more rigid environmental requirements to its procurement system and to determine the most effective measures for the reduction of the environmental impact of city transport. Regardless of the relatively low environmental impact of city buses, the Tallinn Bus Company plays an important role in creating a „critical mass“ and generating demand for both biofuels and low emission technologies, which would in turn facilitate the transition of heavy duty vehicles and cars to alternative fuel and technology.

Kasutatud allikad

- Aatola, H., Larmi, M., Sarjovaara, T. 2008. Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NO_x, Particulate Emission, and Fuel. Consumption of a Heavy Duty Engine, www.biofuelstp.eu/downloads/SAE_Study_Hydrotreated_Vegetable_Oil_HVO_as_a_Renewable_Diesel_Fuel.pdf
- AEA 2008. Road Transport Emissions from Biofuel Consumption in the UK. AEA Energy & Environment, uk-air.defra.gov.uk/reports/cat15/0901151441_NAEI_Road_Transport_Biofuels_report_2008_v1.pdf
- Birath, K. 2010. The BEST experiences with bioethanol buses. Bioethanol for sustainable transport, www.best-europe.org/upload/BEST_documents/info_documents/Best%20reports%20etc/D2.08_The_BEST_experiences_with_bioethanol_buses.pdf
- Björk, H. Veebruar 2012. Kirjavahetus Lääne-Rootsi ühistranspordi ettevõtte Västtrafik tootejuhiga.
- Clark, N. N., Zhen, F., Wayne, W. S. 2009. Assessment of Hybrid-Electric Transit Bus Technology. Transit Cooperative Research Program.
- ECMT 2007. Cutting Transport CO₂ emissions. What Progress? Summary Report. European Conference of Ministers of Transport, www.internationaltransportforum.org/Topics/pdf/07CO2summary.pdf
- ELTIS 2006. ELTIS case study: Ethanol Buses in Stockholm, www.eltis.org/PDF/generate_pdf.php?study_id=1146&lan=en
- Emes, M. R., Smith, A., Tyler, N. A., Bucknall, R. W. G., Westcott, P. A., Broatch, S. 2009. Modelling the costs and benefits of hybrid buses from a 'whole-life' perspective. 7th Annual Conference on Systems Engineering Research 2009.
- Ericson, J. Jaanuar 2012. Intervjuu ja kirjavahetus Stockholmi linna keskkonna- ja terviseameti alternatiivsõidukite eksperdiga.
- Hagström, A. 2012 Kirjavahetus Veolia Transport Sverige AB tehnilise arengu juhiga.
- IEA 2011. Technology Roadmap. Biofuels for Transport, www.iea.org/papers/2011/biofuels_roadmap.pdf
- IMPACT 2008: vt Maibach jt (2008).
- Indevall, S. Jaanuar 2012. Kirjavahetus SEKAB BioFuels & Chemicals AB tootejuhiga.
- Jüssi, M. ja Poltimäe, H. 2011. Kommunaalteenustega seotud veokite keskkonnamõju vähendamine Tallinnas. Uuringu aruanne Tallinna Keskkonnaametile.
- Jüssi, M., Anspal, S. ja Kallaste, E. 2008. Transpordi väliskulude hindamine: hindamismetoodika ja sisendandmete kaardistus. Uuringuraport Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumile.
- Jüssi, M., Poltimäe, H., Sarv, K. ja Orru, H. 2010. Säästva transpordi raport 2010. Säästva Arengu Komisjon, Tallinn.

- KKM ITK 2009. 1990.–2007. aastal õhku eraldunud saasteainete heitkogused paiksetest ja hajussaasteallikatest Eestis. Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, Tallinn.
- Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., van Essen, H. P., Boon, B. H., Smokers, R., Schroten, A., Doll, C., Pawlowska, B. and Bak, M. 2008. *Handbook on estimation of external cost in the transport sector*. Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT). Report. Delft, CE.
- Martin, M. A. 2007. Sustainable transportation with biofuelled public transport: Stockholm example and application of biofuels in a French municipality. Master of Science Thesis. Royal Institute of Technology, KTH.
- MKM 2011. Eesti Vabariigi aruanne Euroopa Komisjonile taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise ja edendamise edusammude kohta. Tallinn.
- MKM 2010. Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, www.mkm.ee/public/nreap_EE_final_101126.pdf
- Münchener Verkehrsgesellschaft 2011. Pressiteade. Hybridbus-Test: MVG zieht Zwischenbilanz – Fahrzeuge praxistauglich, aber nicht serienreif. http://www.mvg-mobil.de/presse/2011-11-30_mvg-pressemeldung.pdf
- Nilsson, R. 2009. Svenska erfarenheter av bussar med förnybara drivmedel. Grontmij. Energi Syd.
- NTM 2011. Network for Transport and Environment database accessed by Sirje Pädam/WSP-Strategy and Analyses, www.ntmcalc.org
- Nylund, N. 2012. Fuel and Technology Alternatives for buses. TransECO seminari ettekanne. www.transec.fi/files/537/Fuel_and_Technology_Alternatives_for_Buses_Nils-Olof_Nylund.pdf
- OPTIBIO 2011. Optimized usage of paraffinic renewable diesel fuel. www.nesteoil.com/default.asp?path=1;41;11991;12243;12335;14116;18301&voucher=1C73A341-1DC7-4FD7-81FD-30DD74B7D53C
- Perander, J. Veebruar 2012. Kirjavahetus Neste Oil müügijuhiga.
- Ramjerdi, F. and Brundell-Freij, K. 2008. The dynamics of the market for alternative fuel vehicles: The Swedish case study Mistra 2008 www.mistra.org/download/18.75aa40e311fe8049dfc80006929/Dynamics+of+market+alternative+fuel+vehicles_Brundell-Freij+%26+Ramjerdi.pdf
- Rasmussen, C. Jaanuar 2012. Intervjuu ja kirjavahetus Biofuel Express AB presidendiga.
- Rehnlund, B., Egebäck, K., Ryden, C. and Ahlvik, P. 2007. Bioscopes Heavy-duty ethanol engines. Final report for Lot 2 of the Bioscopes project, <http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/doc/standard/lot2.pdf>
- TTÜ 2010. CIVITAS MIMOSA projekti eeluringud ja hindamise teostamine etapp III 01.04.2010 31.08.2010 Meede 1.1 Alternatiivkütused, Teedeinsituut, Tallinna Tehnikaülikool 2010.

UPM 2012. UPM rakentaa maailman ensimmäisen puupohjaista biodieseliä valmistavan biojalostamon. UPM pressiteade 1.2.2012, www.upm.com/FI/MEDIA/Uutiset/Pages/UPM-rakentaa-maailman-ensimm%C3%A4isen-puupohjaista-biodieseli%C3%A4-valmistavan-biojalost-001-Wed-01-Feb-2012-10-05.aspx

US DoT 2007. Transit bus life cycle cost and Year 2007 Emissions estimation, U.S. Department Of Transportation Federal Transit Administration, www.fta.dot.gov/documents/WVU_FTA_LCC_Final_Report_07-23-2007.pdf

Wikström, A., Folkesson, A. and Alvfors, P. 2011. First experiences of ethanol hybrid buses operating in public transport. Conference paper. World Renewable Energy Congress 2011.

VTI 2010.

www.vti.se/Global/Om%20VTI/Remissvar/milj%C3%B6zoner%20fordon%20och%20motorredskap%20september%202010.pdf

VTT 2012, LIPASTO - A calculation system for traffic exhaust emissions and energy consumption in Finland. VTT Technical Research Centre of Finland. <http://lipasto.vtt.fi>

LISA 1. Uuringus kasutatud CO₂ekv, PM, NO_x heitetegurid ja kütusekulu tegurid

Bussitüüp	Heitgaaside standardid	CO ₂ ekv, g/km				PM g/km				NO _x g/km				Kütusekulu l/100km			
		Diiseli	Etanool	Biodiiseli	Hübriidi	Diiseli	Etanool	Biodiiseli	Hübriidi	Diiseli	Etanool	Biodiiseli	Hübriidi	Diiseli	Etanool	Biodiiseli	Hübriidi
Normaalbuss 2 telge <18 t	Euro-eelne	1176				0,64				21				43,8			
	Euro I - 91/ I	1115				0,41				14				41,5			
	Euro II - 91/ II	1115				0,21				13				41,5			
	Euro III - 2000	1115				0,18				8,3				41,5			
	Euro IV - 2005	1115				0,034				5,8				41,5			
	Euro V - 2009	1115	93	0	813,95	0,034	0,003	0,021	0,013	3,3	3,3	3,3	3,029	41,5	70,55	45,1	30,295
	Euro VI - 2014	1115	93	0	813,95	0,013	0,001	0,008	0,005	0,59	0,59	0,59	0,541	41,5	70,55	45,1	30,295
Liigendbuss 3 telge >18 t	Euro-eelne	1535				1,21				22,5				58,374			
	Euro I - 91/ I	1420				0,78				15				54			
	Euro II - 91/ II	1360				0,31				16				52			
	Euro III - 2000	1400				0,32				13				54			
	Euro IV - 2005	1420				0,074				9,4				54			
	Euro V - 2009	1460	121,8	0	1065,8	0,074	0,007	0,046	0,028	5	5	5,0	4,590	56	95,2	60,8	40,88
	Euro VI - 2014	1460	121,8	0	1065,8	0,049	0,005	0,030	0,019	1	1	1,0	0,918	56	95,2	60,8	40,88

Allikad: Soome VTT Lipasto mudel <http://lipasto.vtt.fi>; Rootsi NTM <http://www.ntmcalc.org>; Euro VI tegurid on tuletatud Euroopa Komisjoni määrusest nr 582/2011; AEA Energy & Environment 2008 Road Transport Emissions from Biofuel Consumption in the UK; U.S. Department Of Transportation Federal Transit Administration 2007 Transit Bus Life-Cycle Cost and Year 2007 Emissions Estimation

LISA 2. Biokütustest ja vedelatest biokütustest ning nendega võrreldavatest fossiilkütustest tulenevate kasvuhoonegaaside mõju arvutamise valemid.

Biokütuste tüüpilised ja vaikeväärtused, kui nende tootmisel ei teki maakasutuse muutumise tõttu süsiniku netoheiteid (Väljavõte taastuvenergia direktiivi **2009/28/EÜ** lisast V)

Biokütuse tootmisviis	KHG vähenemise tüüpiline väärtus ²¹	KHG vähenemise vaikeväärtus ²²
• Suhkrupreedist toodetud etanool	61%	52%
• Nisuetanool (tootmisprotsessis kasutatav kütus täpsustamata)	32%	16%
• Nisust toodetud etanool (tootmisel soojust ja elektri koostootmise käitises kasutatakse kütusena ligniiti)	32%	16%
• Nisust toodetud etanool (tootmisel tavalises põletuskatlas kasutatakse kütusena maagaasi)	45%	34%
• Nisust toodetud etanool (tootmisel soojust ja elektri koostootmise käitises kasutatakse kütusena maagaasi)	53%	47%
• Nisust toodetud etanool (põhk soojust ja elektri koostootmise käitises tootmisprotsessis kasutatava kütusena)	69%	69%
• Ühenduses maisist toodetud etanool (tootmisel soojust ja elektri koostootmise käitises kasutatakse kütusena maagaasi)	56%	49%
• Suhkruroost toodetud etanool	71%	71 %
• ETBE (etüül- <i>tert</i> -butüüleeter) taastuvatest energiaallikatest pärit osa	On võrdne etanooli puhul kasutatud tootmisviisi omaga	
• TAE (tert-amüül-etüüleeter) taastuvatest energiaallikatest pärit osa	On võrdne etanooli puhul kasutatud tootmisviisi omaga	
• Rapsiseemnetest toodetud biodiisel	45%	38%
• Päevalilleseemnetest toodetud biodiisel	58%	51%
• Sojaubadest toodetud biodiisel	40%	31 %
• Palmiõlist toodetud biodiisel (tootmisprotsess täpsustamata)	36%	19%
• Palmiõlist toodetud biodiisel (tootmisprotsess metaani kogumisega õlipressimisettevõttes)	62%	56%
• Taimse või loomse (*) õli jääkidest toodetud biodiisel	88%	83%
• Rapsiseemnetest toodetud hüdrogeenitud taimeõli	51%	47%
• Päevalilleseemnetest toodetud hüdrogeenitud taimeõli	65%	62%
• Palmiõlist toodetud hüdrogeenitud taimeõli (tootmisprotsess täpsustamata)	40%	26%
• Palmiõlist toodetud hüdrogeenitud taimeõli (tootmisprotsess metaani kogumisega õlipressimisettevõttes)	68%	65%
• Rapsiseemnetest toodetud puhas taimeõli	58%	57%
• Orgaanilistest olmejäätmetest toodetud biogaas, mida kasutatakse kui surumaagaasi	80%	73%
• Märjast sõnnikust toodetud biogaas, mida kasutatakse kui surumaagaasi	84%	81%
• Kuivast sõnnikust toodetud biogaas, mida kasutatakse kui surumaagaasi	86%	82%

²¹ „tüüpiline väärtus” – kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemise hinnanguline väärtus konkreetse biokütuse tootmisviisi puhul;

²² „vaikeväärtus” – tüüpilisest väärtusest eelnevalt kindlaksmääratud tegurite abil tuletatud väärtus, mida võib käesolevas direktiivis kindlaks määratud tingimustel kasutada tegeliku väärtuse asemel.

2008. aasta jaanuaris turul mitteleidunud või turul üksnes tühistes kogustes leidunud uute biokütuste prognoositavad tüüpilised ja vaikeväärtused, kui nende tootmisel ei teki maakasutuse muutumise tõttu süsiniku netoheiteid (Väljavõte taastuvenergia direktiivi 2009/28/EÜ lisast V)

Biokütuse tootmisviis	KHG vähenemise tüüpiline väärtus	KHG vähenemise vaikeväärtus
• Nisuõlgedest toodetud etanool	87%	85%
• Puidujäätmetest toodetud etanool	80%	74%
• Energiametsast saadud puidust toodetud etanool	76%	70%
• Puidujäätmetest toodetud Fischer-Tropschi diisel	95%	95%
• Energiametsast saadud puidust toodetud Fischer-Tropschi diisel	93%	93%
• Puidujäätmetest toodetud DME (dimetüüleeter)	95%	95%
• Energiametsast saadud puidust toodetud DME (dimetüüleeter)	92%	92%
• Puidujäätmetest toodetud metanool	94%	94%
• Energiametsast saadud puidust toodetud metanool	91%	91%
• MTBE (metüül-tert-butüüleeter) taastuvatest energiaallikatest pärit osa	On võrdne metanooli puhul kasutatud tootmisviisi omaga.	

Metoodika. Transpordikütuste, biokütuste ja vedelate biokütuste tootmisest ja kasutamisest tulenev kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemine arvutatakse järgmiselt:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee}, \text{ kus:}$$

E = kütuse kasutamisest tulenev koguheide;

e_{ec} = tooraine kaevandamisel või viljelusel tekkinud heitkogus;

e_l = maakasutuse muudatusest tingitud süsinikuvaru muudatustest tulenev aastapõhine heitkogus;

e_p = töötlemisel tekkinud heitkogus;

e_{td} = jaotamise ja transpordi käigus tekkinud heitkogus;

e_u = kasutatavast kütusest tulenev heitkogus;

e_{sca} = põllumajanduse parema juhtimise abil süsiniku mulda kogunemisest tulenev heitkoguste vähenemine;

e_{ccs} = süsiniku kogumisest ja geoloogilisest säilitamisest tulenev heitkoguste vähenemine;

e_{ccr} = süsiniku kogumisest ja asendamisest tulenev heitkoguste vähenemine ning

e_{ee} = koostootmisel tekkinud elektri ülejäägi kasutamisest tulenev heitkoguste vähenemine.