



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

EESTI TRANSPORDISEKTORIS 10%-LISE
ENERGIAALLIKATE OSAKAALU TÄITMISE
VÕIMALUSED

THE FULFILMENT POSSIBILITIES OF 10% SHARE OF RENEWABLE ENERGIES IN
THE ESTONIAN TRANSPORT SECTOR

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: A.Nõomaa

Üliõpilaskood: 143843AAHM

Juhendaja: Ü. Kask

Tallinn, 2017.a.

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201....

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Anton Nõomaa	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Eesti transpordisektoris 10% lise taastuvate energiaallikate osakaalu täitmise võimalused	
<i>Kuupäev:</i> 25.05.2017	86 Lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Inseneritaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut	
<i>Töö juhendaja(d):</i> Ülo Kask	
<p><i>Sisu kirjeldus:</i> Eesti peab täitma aastaks 2020 Euroopa Liidu 10% taastuvate energiaallikate nõuet transpordisektoris. Praeguse seisuga on seda nõuet teoreetiliselt võimalik Eestis täita järgmiste vahenditega: biometaan tootmisega, bensiini ja diislikütuse segamisega vastavalt bioetanooliga ja biodiislikütusega või elektritranspordi suurema kasutamisega. Tähtaja lõpuni on jäänud vaid 2 aastat ja seoses sellega on töös kirjeldatud juba kasutuskõlblikke ja töötavaid tehnoloogiaid, realselt kasutatavaid taastuvate energiaallikate koguseid ja taristu võimalusi.</p> <p>Töö esimeses osas antakse ülevaade Eesti transpordikütuste kasutamise hetkeseisust ja võimalikest meetmetest seda Euroopa Liidu nõuet täita. Järgmises neljas osas kirjeldatakse tehnoloogilisi, taristu ja finantsnäitajad, mis kaasneksid ühe või teise taastuva energiaallika kasutamisel.</p> <p>Viimane osa on pühendatud bioetanooli ja biodiislikütuse hinna prognoosimisele aastani 2020, kui kõige realistlikumale vahendile täita Euroopa Liidu 10% biokütuste kasutamise nõue.</p>	
<i>Märksõnad:</i> transport, direktiiv, biometaan, bioetanool, biodiisli, taastuvad, kütused	

Summary of the diploma work

<i>Author:</i> Anton Nõomaa	<i>Kind of the work:</i> Master's thesis
<i>Title:</i> The fulfilment of possibilities of 10% share of renewable energies in the Estonian transport sector	
<i>Date:</i> 25.05.2017	86 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>Faculty:</i> Power Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Ülo Kask	
<p><i>Abstract:</i> Estonia has to fulfil 10% share of renewable energies in the transport sector according European Union directive 2009/28/EÜ. This fulfilment can be theoretically achieved only by following actions by 2020: biomethane production, gasoline and gasoil blending accordingly with bioethanol and biodiesel or wider usage of electrical means of transportation. The Estonian renewable energy requirement has to be met in 2 years and due to that this master thesis is concentrating mainly on working technologies, infrastructure and real production quantities of renewable fuels.</p> <p>The first part of the master thesis describes the transport sector fuels consumption and different approaches to meet the requirements of European Union directive. The following four chapters of the thesis are describing and providing an alternative overview of several approaches that can be implemented in an areas of technology, infrastructure and how this affects the financial results.</p> <p>As the result of the master thesis the author tries to predict the price level of bioethanol and biodiesel by 2020, which are the main energy sources to meet the transport sector renewable energy requirements in European Union.</p>	
<i>Key words:</i> transport, directive, biomethane, bioethanol, biodiesel, renewable, fuels	

Sisukord

Lõputöö kokkuvõte.....	3
Summary of the diploma work.....	4
Sisukord.....	5
Lõputöö ülesanne.....	7
1. Teema põhjendus:.....	7
2. Töö eesmärk:	7
3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:	7
4. Lähteandmed:	8
Eessõna	9
Tabelite loetelu.....	10
Jooniste loetelu.....	12
Graafikute loetelu	13
Sissejuhatus	14
1. Transportkütuste tarbimine Eestis ja meetmed selle suurendamiseks	15
1.1. Olemasolev olukord ja prognoos aastani 2020	15
1.2. EV Valitsuse võimalikud meetmed Direktiivi 2009/28/EÜ täitmiseks	19
1.3. Biokütuse koguenergia osakaal tarnija poolt tarbimisse lubatud bensiini, diislikütuse ja biokütuse koguenergias	19
1.4. Meetmed biokütuste osakaalu suurendamiseks	20
1.4.1. Vedelatele kütustele 5-10% segatud kütuse kohustuse sätestamine.....	20
1.4.2. Ühistranspordi üleviimine taastuenergiale	21
1.4.3. Alternatiivsete taastuvate energiaallikate kasutamine transpordis	23
1.4.4. Sõidukite kasutamise struktuuri mõjutamine	25
1.5. Seadusandlus ja toetusmeetmed 2013-2020	26
2. Biometaan	28
2.1. Biometaan ja CNG – kasutus transpordikütusena	28
2.2. Metaankütused Eesti transpordisektoris	34
2.3. Metaankütuste kasutamise visioon ja eesmärgid transpordis	35
2.4. Rahaline kulu	37
3. Bioetanool.....	39

3.1.	Etanooli tootmine ja tarbimine maailmas	39
3.2.	Etanool mootorikütusena	42
3.2.1.	Kütusesegude kasutamine	46
3.3.	Bioetanooli toore, liigid ja tootmise tehnoloogiad.....	48
3.4.	Segamise määrad	49
3.5.	Etanooli hinnad	50
4.	Biodiislikütus	53
4.1.	Ülevaade biodiislikütuse kasutamisest Euroopas ja maailmas.	53
4.2.	Biodiislikütuse tooraine	56
4.3.	Biodiislikütuse hind ja tootmine	57
4.4.	Biodiislikütuse potentsiaali kasutamise eeldused	60
4.5.	Biodiislikütuse kasutamise keskkonna aspektid	62
5.	Elektriautod	64
5.1	ELMO - Eesti elektromobiilsuse programm.....	65
5.2	Elektriautode prognoos aastaks 2020.....	66
6.	Bioetanooli ja biodiislikütuse Euroopa Liidu tootmiste ja tarbimise stsenaariumid aastaks 2020	67
6.1	Tarbimise struktuur.....	67
6.2	Biokütuste hinnamuutused.....	69
7.	Kokkuvõte	76
8.	Kirjandus	79
Lisad.....		82

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema: Eesti transpordisektoris
10% lise taastuvate
energiaallikate osakaalu
täitmise võimalused

Üliõpilane: Anton Nõomaa,
143843AAHM

Eriala: Hajaenergeetika

Lõputöö liik: Magistritöö

Lõputöö juhendaja: Ülo Kask

Lõputöö ülesande
kehtivusaeg: 25.05.2019

Lõputöö esitamise
tähtaeg: 25.05.2017

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Instituudi direktor
(allkiri)

1. Teema põhjendus:

Seoses Eesti kuuluvusega Euroopa Liitu ta peab täitma erinevad kohustused. Üks nendest kohustustest ka direktiiv 2009/28/EU, mis kohustab kõik Euroopa liidu riigid kasutama transpordi sektoris minimaalselt 10% taastuvate energiaallikate kütuseid ja see peab olema täidetud juba 2020a. Hetkel on Eesti transpordisektori taastuvate kütuste osakaal ainult 0,4%.

2. Töö eesmärk:

Töö eesmärgiks on uurida millised tehnilised võimalused on Eestile see direktiivi kahe aastaga täita ja kui palju see maksma läheb.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- a) Vajaduste maht
- b) Biometaani võimalused ja maksumus
- c) Bioetanooli võimalused ja hinnaprognos 2020a.
- d) Biodiisli võimalused ja hinnaprognos 2020a.
- e) Elektritranspordi võimalused

4. Lähteandmed:

Euroopa Liidu dokumendid ja uuringud, teiste riikide kogemused, TTÜ ja EMÜ uurimistööd, Majandus ja Kommunikatsiooni ministeeriumi otsused, kütuste konverentsid, börsihindade analüüs, statistikaamet, firmade kodulehed ja autori töökogemus.

Eessõna

Käesolevas töös analüüsitakse võimalusi, kuidas Eesti saaks täita Euroopa Liidu 10%se taastuvate energiaallikate osakaalu nõuet transpordikütustes. Töö teema on väga aktuaalne, kuna 2020. aastani jäänud on pisut üle 2 aasta ja energeetika mõistes see on väga lühike aeg. Sellega kaasnevalt autor analüüsib juba töötavaid teiste riikide kogemusi, võrdleb kehtivaid hindu, võtab arvesse olemasolevaid tootmisvõimsusi ja tehnoloogiad.

Tallinna Tehnikaülikoolis ja Eesti Maaülikoolis on tehtud mitmeid häid eraldiseisvaid uuringuid biometaani, bioetanooli, biodiislikütuse kohta, kuid nende tulemusi ühendavat tööd seni pole tehtud.

Töö autor tegi tihedat koostööd Majandus ja Kommunikatsiooniministeeriumi spetsialistidega, et arvestada ka kõige viimaseid Eesti valitsuse otsuseid selles valdkonnas. Teema valikule aitas kaasa autori kaheaastane töökogemus ostu-logistika juhina Biodiisel Paldiski tehases ja praegune töö transpordiettevõtte juhina.

Tabelite loetelu

Tabel 1.1 2015. Aastal tarbitud bensiinija diislikütuse kogused	16
Tabel 1.2 Taastuvatest allikatest toodetud energia osakaal kütuse tarbimises transpordi valdkonnas Eestis ja Euroopa liidus, %	17
Tabel 1.3 Vedelate biokütuste piirväärtus segamisel, ktoe	20
Tabel 1.4 Taastuvatest energialallikates toodetud elektri osakaal transpordis, ktoe	24
Tabel 2.1 Euroopa riikide CNG tarbimine transpordikütusena 2014.a.	33
Tabel 2.2 Biometaani kasutuse osakaal CNG tarbimises transpordikütusena	34
Tabel 3.1 Bioetanooli ja biodiislikütuse 10 suuremat tootjamaad Euroopa Liidus	41
Tabel 3.2 Bioetanooli kasutamine ja peamised kasutajariigid ELis	42
Tabel 3.3 Euroopa Liidus kehtivad biokütuste segamise määrad	48
Tabel 3.4 Bioetanooli toorainete energeetiline väärtus ja kasvuhoonegaaside vältimise näitajad	48
Tabel 3.5 Erinevatest energiakultuuridest valmistatud bioetanooli saagis ja maksumus	49
Tabel 3.6 Biokütuste kütteväärtused võrreldes naftaproduktide kütteväärtusega	50
Tabel 3.7 Bioetanooli ja biodiislikütuse hindade võrdlus bensiiniga ja diislikütusega	51
Tabel 3.6 Bioetanooli ja biodiislikütuse tootmise ja tarbimise prognoos aastani 2022	52
Tabel 4.1 Biodiislikütuse tootmine ja tarbimine ELis, (miljonit liitrit aastas)	54
Tabel 4.2 Euroopa peamiste biodiislikütuste tootjate tootmisvõimsused 2013. aastal	55
Tabel 4.3 Bioetanooli ja biodiislikütuse tarbimine regiooniti (Mboe/d-Mboe/öp)	55
Tabel 4.4 Biodiisli tootmiskulude jaotus ja omahind 150 000 tonnise toodanguga tehase puhul	58
Tabel 4.5 Biodiislikütuse hindade võrdlus fossiilse diislikütusega 2017. aasta 1 kvartalis	58
Tabel 4.6 Kokkuvõtte Euroopa Liidu toetustest 2011. aastal	59
Tabel 4.6 Viimase aasta palmiõli ja rapsiõli hinnavõrdlus	60
Tabel 4.7 Enam levinud probleemid biodiislikütuse kasutamisel, kui selle osakaal kütuses on suurem kui 5%	62
Tabel 6.1 Kütuste tarbimise kogused ELis 2010-2020 , Mtoe	67

Tabel 6.2 Biokütuste tootmistehnoloogiate areng 2015-2020 aastal	69
Tabel 6.3 Aasta keskmised tooraine hinnad 1982-2010	71
Tabel 6.4 ARMAX mudeli tulemused	72
Tabel 6.5 Tegelikud aasta keskmised toorainete hinnad aastal 2010 ja hinnaproгноos aastateks 2015 ja 2020	73
Tabel 6.6 Kõikide stsenaariumide tootmishinnad	75
Tabel 6.7 Teise põlvkonna biokütuste tootmisvõimsused Euroopas	75

Jooniste loetelu

Joonis 2.1 Biogaasijaamade arv Euroopa riikides 2013-2014	29
Joonis 2.2 CNG sõidukeid tankla kohta Euroopa Liidu riikides (üle 100 sõidukiga riigid)	32
Joonis 2.3 CNG ja vedelkütuste sõidukite arv vastavate tanklate kohta	32
Joonis 2.4. Gaasitanklate arv Euroopa riikides	35
Joonis 3.1 Etanooli ja biodiisli tootmise kogused Maailmas 1991-2012, mln gal.	39
Joonis 3.2 Etanooli tootmise ja tarbimise kogused Maailmas 2013 ja 2020	40
Joonis 3.3 Euroopa Liidu bioetanooli tootmine ja tarbimine viimasel kümnel aastal	41
Joonis 3.4 Vingugaasi vähenemine hetgaasides etanooli kasutamisel	44
Joonis 3.5 Kasvuhoonegaaside vähenemine hetgaasides etanooli kasutamisel	44
Joonis 3.6 Naftasaaduste, vesiniku ja etanooli riskivõrdlus mootorikütusena	45
Joonis 3.7 Bioetanooli ja biodiislikütuse hinnaerinevus võrreldes bensiini ja diislikütusega 2009.ja 2014. aastal	50
Joonis 3.8 Etanooli ja bensiini hinna liikumine viimase aasta jooksul	51
Joonis 4.1 Erinevat liiki biokütuste tarbimise osakaal ELis 2012. aastal(energiasisalduse alusel)	53
Joonis 4.2 Globaalne biokütuste toodang ja selle jätkuv kasv (mld liitrit aastas)	56
Joonis 4.3 Biodiislikütuse valmistamise tooraine jaotus maailmas,%	57
Joonis 5.1 Elektriauto hetgaaside kogused vastavalt elektritootmise visile	65
Joonis 6.1 Kütuste tarbimise struktuur ELis 2010-2020	68
Joonis 6.2 Kütuste tarbimise struktuur 2000-2040	68

Graafikute loetelu

Graafik 1.1. Transpordikütuste tarbimine kütuseliigiti Eestis	15
Graafik 1.2 Viimase 10 aasta bensiini ja diislikütuse tarbimine, tuh tonni	15
Graafik 1.3 Autobensiini ja diislikütuse protsentuaalne jaotus 2015 aastal	17
Graafik 1.4 Taastuvatest allikatest energia osakaal kütuse tarbimises transpordi valdkonnas Eestis ja Euroopa Liidu riikides 2016. Aastal, %	18
Graafik 4.1 Viimase 3 aasta palmiõlist saadava biodiislikütuse ja naftast toodetava diislikütuse (gasoil) hinnaliikumised	59
Graafik 6.1 Kütuste tootmishinnad aastal 2020	74

Sissejuhatus

Biokütuste kõrge tootmishind on seni jäänud kriitiliseks barjääriks nende laialdasel levikul, kuigi asi on liikunud paremuse poole tänu uutele tootmistehnoloogiatele ja efektiivsemale tootmisele. Siiski sõltub praegu biokütuste konkurentsivõime nendele tehtud soodustustest, subsiidiumitest ja seaduse poolt kehtestatud kohustustest. Biokütuseid käsitletakse enamasti kui biomassist toodetud vedel- ja gaaskütuseid, mida kasutatakse peamiselt transpordis.

Töö esimeses osas kirjeldatakse Eesti transpordikütuste hetkeseisu ja võimalikke 10%se osakaalu nõude täitmise meetmete variante.

Teises osas võetakse lähemalt analüüsi alla biometaani tootmise, logistika, kasutamise võimalused ja maksumused. Selles oli suureks abiks üle-eelmise aasta kvaliteetne Villem Vohu TTÜs kaitstud magistritöö.

Kolmas osa käsitleb bioetanooli kasutamise võimalusi, selle maksumust ja võimalikke koguseid nii tootmisel kui ka segamiseks.

Neljandas osas analüüsitakse biodiislikütuse kasutamise võimalusi, selle maksumust, segamise määrasid ja tootmisvõimsusi. Bioetanooli ja biodiislikütuse peatükkide koostamisel olid suureks abiks mitmed Ülo Kask'i Arengufondile tehtud uurimus-arendustööd.

Viies osa puudutab lühidalt elektriautode kasutuse seisu ja nende võimalusi Euroopa Liidu nõuete täitmisel Eestis.

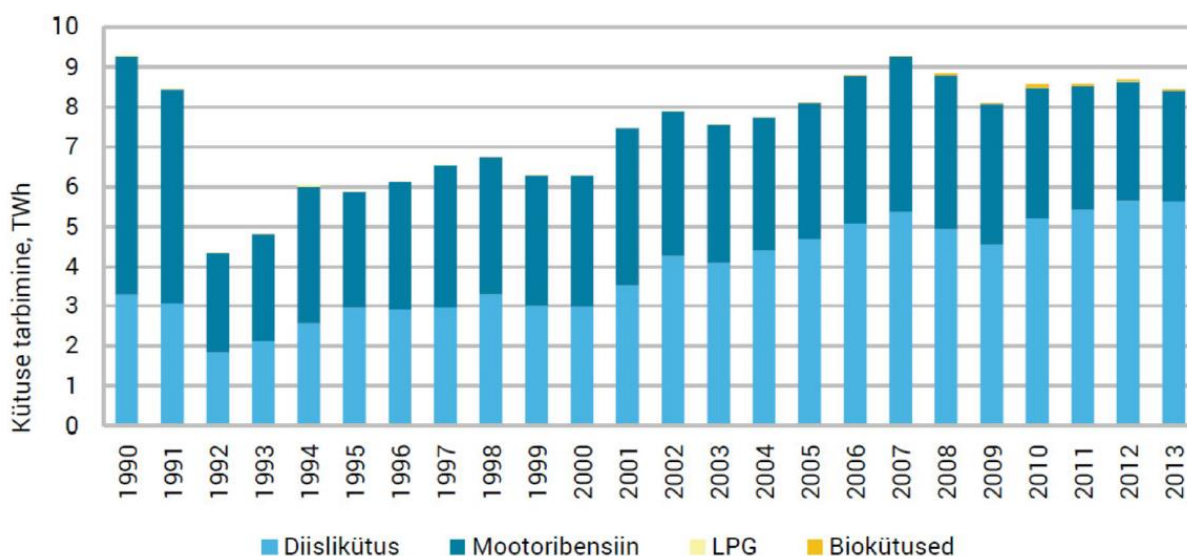
Viimases osas prognoositakse peamiste biokütuste - bioetanooli ja biodiislikütuse - hinna- ja tehnoloogia arenguid aastani 2020.

Töö eesmärgiks on erinevate näidete abil anda otsustajatele vähemalt tehnilis- majandusliku infot, milliste vahenditega saaks Eesti kahe aasta pärast saavutada 10%st taastuvenergia osakaalu transpordikütuste kasutamises. Kindlasti peavad riigi otsustajad oma tegevuses arvestama ka sotsiaal-poliitiliste argumentidega, mida antud töö ei käsitle.

1. Transportkütuste tarbimine Eestis ja meetmed selle suurendamiseks.

1.1. Olemasolev olukord ja prognoos aastani 2020

Kõik Eesti transpordiliigid on 2014. aastal tarbinud kokku 8,3 TWh energiat. Transportkütustest enam kui 99% moodustasid diislikütus ja bensiin. Üldine tendents perioodil 2007-2014 on olnud bensiini asendumine diislikütusega. Alternatiivsetest transpordikütustest kasutati 2014. aastal enim biolisanditega bensiini (0,068 TWh) maanteetranspordis, elektrit (0,030 TWh), mis kulub praktiliselt kogumahu trollide, trammide ja elektrirongide liikluseks, vähesel määral elektriautodele, surumaagaasi ehk LNGd (0,020 TWh) ja vedelgaasi ehk LPGd (0,002 TWh) maanteetranspordis[1].



Graafik 1.1. Transportkütuste tarbimine kütuseliigiti Eestis [1].

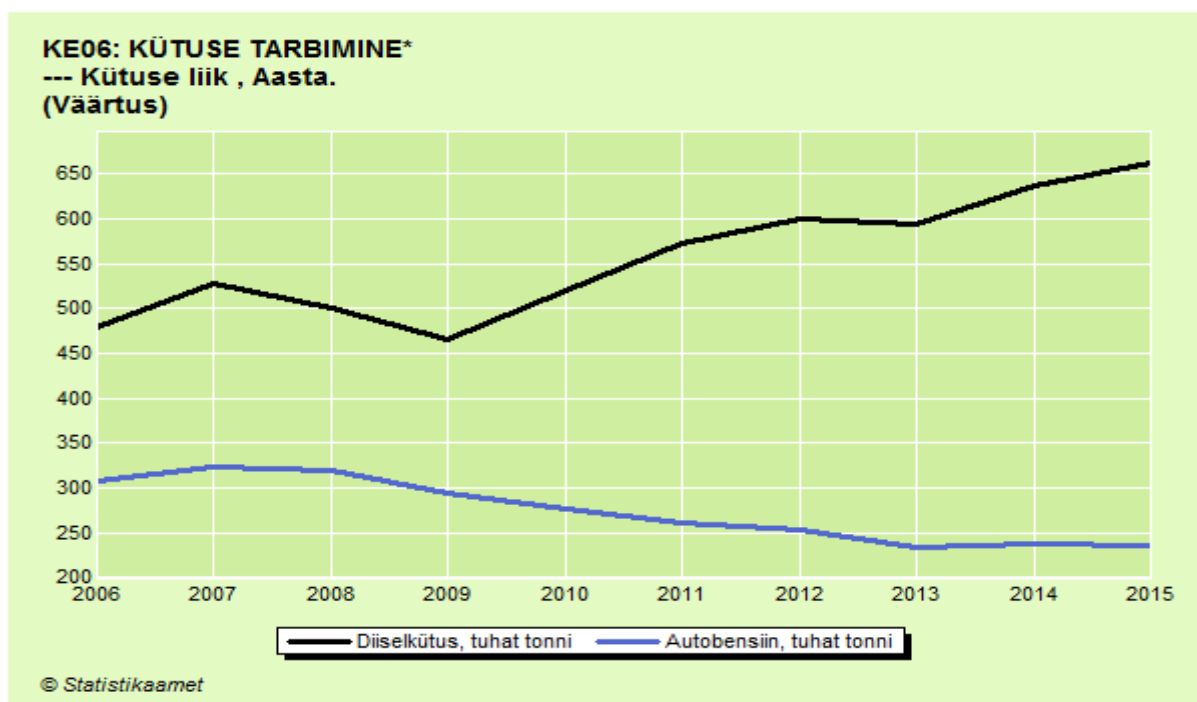
Peamised diislikütuse tarbijad Eestis olid 2014. aastal:

- transportsektor (sh reisijate- ja kaubaveoteenuste osutamine 4,9 TWh),
- põllumajandus- ja kalandussektor (1,1 TWh),
- kodumajapidamised (valdavalt eraisikute sõiduautod 0,8 TWh),
- ehitussektor (0,2 TWh),
- äri- ja avaliku teenistuse sektor (0,1 TWh).

Kõige suuremad bensiinitarbijad olid 2014. aastal:

- kodumajapidamised (2,2 TWh),
- transportsektor (0,6 TWh).

Eestis ei toodeta vedelaid transportkütuseid, mistõttu need imporditakse. Eesti saab vajaliku diislikütuse, mootoribensiini ja ka vedelgaasi Soomest Porvoo tehase, Leedust või vähesel määral ka Valgevenest, Taanist ja Rootsist. Vedelkütuste käitlemise aluseid Eestis reguleerib Vedelkütuse seadus. Seaduses on käsitletud kütusega seotud maksude laekumise korda ning mootorikütuste kvaliteedi kindlustamise nõudeid. Eestis müüdiv kütus peab vastama Euroopa standarditele, mis on kehtestatud Majandus- ja Kommunikatsiooniministri määrusega. Naftaproduktide tarbimine Eestis kasvab vaikselt viimase kümne aasta jooksul. Diislikütuse osakaal kasvab kindlalt peamiselt selle tõttu, et uute diiselmootoriga autode levik suureneb, eriti veokite segmendis [30].



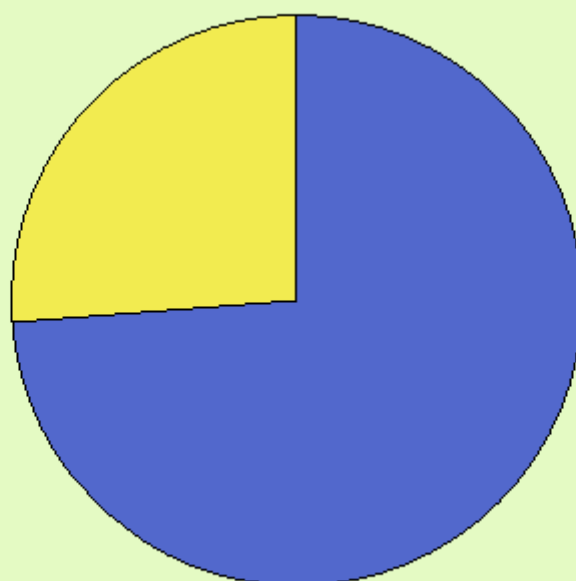
Graafik 1.2. Viimase 10 aasta bensiini ja diislikütuse tarbimine, tuh tonni [34]

Mõlemate trendide, nii kasvu stabiilsuse kui ka diislikütuse osakaalu suurenemise, jätkumist on oodata vähemalt aastani 2020. Bensiini ja diislikütuse oodatavad osakaalud aastal 2020 on vastavalt 21,3% ja 78,7% (aastal 2015 vastavalt: 26,28% ja 73,72%) [30].

Tabel 1.1. 2015. aastal tarbitud bensiini ja diislikütuse kogused [34]

KE06: KÜTUSE TARBIMINE* --- Kütuse liik ning Aasta	
	2015
Diisalkütus, tuhat tonni	662
Autobensiin, tuhat tonni	236

KE06: KÜTUSE TARBIMINE*
2015. (Väärtus)



Autobensiin, tuhat tonni 26,28 % Diislikütus, tuhat tonni 73,72 %

© Statistikaamet

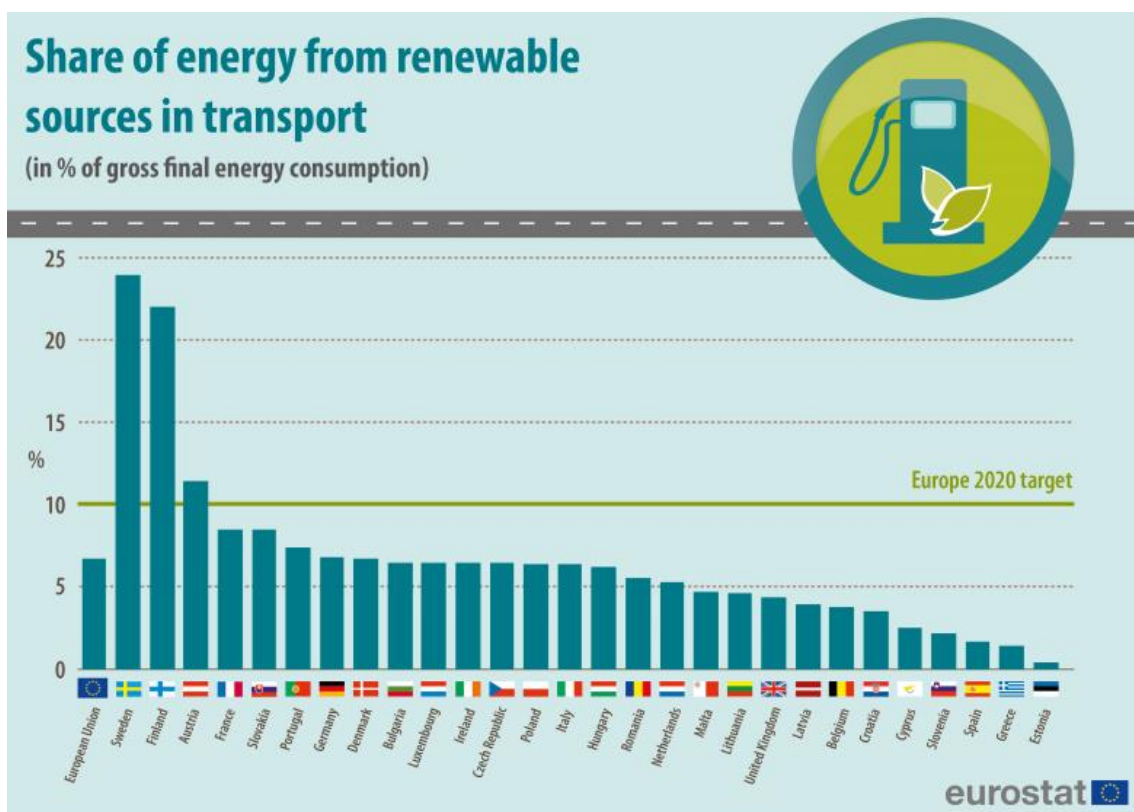
Graafik 1.3 Autobensiini ja diislikütuse tarbimise protsentuaalne jaotus 2015. aastal [34]

ELi biokütuste kasutuse suurendamise nõue, fossiilsete kütuste väidetav lõppemisoht, kasvuhoonegaaside heite liialt kiire kasv ja ülemaailmsed keskkonnakaitse regulatsioonid on viimaste aastakümnete jooksul kasvatanud erinevatest taastuvallikatest toodetud kütuste tarbimise osakaalu. Selle põhjusteks arvatakse olevat ka ebastabiilsed naftahinnad, naftavarude piiratus, riikide energiasõltumatus suurenemise soov ning kasvuhoonegaaside vähendamise vajadus [30].

Tabel 1.2. Taastuvatest allikatest toodetud energia osakaal kütuse tarbimises transpordi valdkonnas Eestis ja Euroopa Liidu riikides, % [5]

Riik	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EU (28 countries)	1,4	1,8	2,5	3,1	3,9	4,6	5,2	4	5,6	5,9	6,5	6,7
Denmark	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	1,1	3,6	6,4	6,6	6,7	6,7
Germany	2,2	4	6,8	7,5	6,4	5,9	6,4	6,6	7,5	6,9	7,3	6,8
Estonia	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
France	1,5	2,1	2,3	4	6,2	6,6	6,5	1	7,5	7,7	8,4	8,5
Latvia	2,1	2,4	2,2	1,7	1,7	1,9	4	4,1	4	4	4,1	3,9
Lithuania	0,4	0,6	1,9	3,8	4,3	4,5	3,8	3,8	4,9	4,8	4,3	4,6
Netherlands	0,5	0,5	0,8	3,1	2,9	3,8	2,6	4,8	4,9	5,1	6,2	5,3
Finland	1	0,9	1	1	2,9	4,6	4,4	1	1,1	10,2	22	22
Sweden	6,3	6,2	7,1	8	8,3	8,9	9,2	11,5	14,8	19,2	21,1	24

Taastuenergia kasutamine ELi maanteetranspordis on kasvanud ennaktempos (perioodil 2005-2015 enam kui 4,5 korda). Pea kõik riigid on aasta-aastalt suurendanud taastuenergia mahte transpordis. Energeetilises väärtuses kõige suuremad taastuenergia kasutamise mahud transpordikütustes tulevad biodiislikütusest maanteetranspordis, mis on oma kasvutempoga määranud ära ka taastuenergia kasutamise suurenemise. Euroopas on siin esirinnas kiiret kasvu näidanud Prantsusmaa. Kõik vaatluse all olevad võrdlusriigid on teinud biodiislikütuse tarbimisel kiireid edusamme olles aastaks 2015 jõudnud arvestatavale tasemele (Rootsi ja Soome on teinud kiireid arenguhüppeid). Eestis on aga biodiislikütuse tarbimine seni olematu. Mõningane biodiislikütuse kasutamine on viimastel aastatel toimunud ka Leedu, Läti ja Hollandi raudteetranspordis. Rootsi on teinud panuse biogaasile maanteetranspordis arendades seda jõudsalt. 2015. aastal oli Rootsis siiski biolisanditega bensiini tarbimine kaks korda suurem kui biogaasi tarbimine, kuid sellise bensiini tarbimise mahud on seal langustrendis (nagu ka Soomes ja Taanis). Hollandis on biolisanditega bensiinil turul võrdlemisi stabiilne koht. Leedus jäi tarbimise tipp aastasse 2008 ja Lätis 2010, pärast seda on toimunud protsentuaalselt oluline langus [5]



Graafik 1.4. Taastuvatest allikatest energia osakaal kütuse tarbimises transpordi valdkonnas Eestis ja Euroopa Liidu riikides 2016. aastal, % [5]

Taastuenergia osakaal tarbitud transpordikütustes ulatus ELis 2015. aastal 6,7%ni. Seda numbrit kergitasid kõige enam Soome (22%) ja Rootsi (24%). ELi keskmisest tasemest veidi allapoole jäid Taani (6,7%) ja Holland (5,3%), kusjuures Taani tegi läbimurde 2011. ja Soome

2013. aastal. Leedus oli see näitaja 4,6% ja Lätis 3,9%. Eesti näitaja (0,4%) oli selles kategoorias konkurentsilt ELi kõige nõrgem. [5]

1.2. EV Valitsuse võimalikud meetmed Direktiivi 2009/28/EÜ täitmiseks

Direktiiviga 2009/28/EÜ kehtestatakse üldine raamistik taastuvatest energiaallikatest toodetava energia kasutamise edendamiseks ning seatakse kohustuslikud riiklikud eesmärgid seoses taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaaluga summaarses energia lõpptarbimises ja transpordisektoris. Direktiivi 2009/28/EÜ kohaselt peab liikmesriik tagama, et taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaal kõikides transpordiliikides on 2020. aastal vähemalt 10% energia lõpptarbimisest liikmesriigi transpordisektoris. Transpordisektoris tarbitud koguenergia arvutamiseks võetakse arvesse ainult bensiini, diislikütust, maantee- ja raudteetranspordis tarbitud biokütust ja elektrienergiat. Taastuvatest energiaallikatest toodetud energia koguse arvutamisel võetakse arvesse kõikides transpordiliikides tarbitud igat liiki taastuvatest energiaallikatest toodetud energiat. Elektrisõidukites tarbitud elektrienergia panuse arvutamiseks võivad liikmesriigid kasutada kas taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrienergia keskmist osakaalu ühenduses või osakaalu oma riigis[3].

1.3. Biokütuse koguenergia osakaal tarnija poolt tarbimisse lubatud bensiini, diislikütuse ja biokütuse koguenergias

Biokütuse koguenergia osakaal B tarnija poolt tarbimisse lubatud bensiini, diislikütuse ja biokütuse koguenergias arvutatakse valemist:

$$B = 100 \cdot (Q_{\text{bio}} / Q_{\text{kütus}})$$

kus

Q_{bio} – tarnija poolt tarbimisse lubatud biokütuse koguenergia, TJ

$Q_{\text{kütus}}$ – tarnija poolt tarbimisse lubatud bensiini, diislikütuse ja biokütuse koguenergia, TJ.

Vabariigi Valitsuse 26.11.2010 korraldusega nr 452 heaks kiidetud „Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020“ (edaspidi *taastuvenergia tegevuskava*) prognoosis, et taastuvate energiaallikate nõutava osakaalu saavutamiseks transpordis tuleb aastal 2020 Eestis tarbida 93 ktoe taastuvenergiat. Olenevalt biokütuste osakaalust müüdavas mootorikütuses, mille % on määratud kütuse standarditega, võib vajalik lisapanus alternatiivsetest meetmetest olla 20..56 ktoe (praktiliselt eeldatavasti 30..35 ktoe) [3].

1.4. Meetmed biokütuste osakaalu suurendamiseks

Meetmeid biokütuse osakaalu suurendamiseks mootorikütuste hulgas kirjeldab taastuenergia tegevuskava, kokku on neid meetmeid neli:

1. Vedelatele kütustele 5-10% segatud kütuse kohustuse sätestamine.
2. Ühistranspordi üleviimine taastuenergiale.
3. Alternatiivsete taastuvate energiaallikate kasutamine transpordis.
4. Sõidukite kasutamise struktuuri mõjutamine.

Nende meetmete rakendamine sõltub olulisel määral riigipoolsetest toetustest ja maksudest. [3]

1.4.1. Vedelatele kütustele 5-10% segatud kütuse kohustuse sätestamine.

Selle elluviimine tagatakse vedelkütuse seaduse muudatuste rakendamisega. Kavandatava vedelkütuse seaduse muudatuse järgi peab kütuse tarnija poolt turule lastava kütuse kogusest minimaalselt 5% olema toodetud taastuvatest energiaallikatest. Meede 1 tervikuna ei taga Eesti transpordisektori taastuenergia eesmärgi täitmist, olenevalt taastuva komponendi sisaldusest biokütustes kujuneks nõutav lisapanus meetmetest 2 ja 3 välja alljärgnevalt (hinnanguliselt vajatakse 2020 transpordisektori taastuenergia eesmärgi täitmiseks 93 ktoe taastuenergiat).

Nõutav lisapanus meetmetest 2 ja 3, et saavutada 2020 taastuenergia osakaaluks transpordisektoris 10%, ktoe. Punase rasvase kirjaga on tabelis näidatud number, mis vastab biokütuste osakaalu ülemisele piirväärtusele tänaseks kehtestatud standardites. [3]

Tabel 1.3 Vedelate biokütuste piirväärtus segamisel, ktoe [3]

Taastuvate lisandite sisaldus diislikütuses, mahu %	Taastuvate kütuste sisaldus mootoribensiinis, mahu %		
	5%	7%	10%
5%	54,0	50,0	43,8
7%	42,7	38,7	32,5
10%	25,7	21,6	15,4

Eelnõu järgi peaks taastuvate lisandite osakaal fossiilses mootorikütuses suurenema järk-järgult, et saavutada taastuenergia direktiivi 2009/28/EÜ eesmärk transpordisektoris. Direktiivist tulenevalt peab 2020. aastaks taastuenergia osakaal moodustama 10% transpordis kasutatavast energiast. Samas on Euroopa Liidus jõutud veendumusele, et 2020 transpordi eesmärgi täitmine võib kujuneda liialt problemaatiliseks ning Euroopa Komisjon on esitanud Nõukogule ja Parlamendile aruteluks taastuenergia ja kütusekvaliteedi direktiivide muutmise ettepaneku.

Ettepaneku järgi vähendatakse 1. põlvkonna biokütuste osa transpordi taastuenergia eesmärgi täitmisel 5%ni, ülejäänud osa eesmärgi täitmisel peab tulema 2. põlvkonna biokütuste osakaalu tõusu arvelt. Muudetakse ka arvutusreegleid biokütuste osakaalu määramiseks. Eesmärgiks on oluliselt piirata I põlvkonna biokütuste kasutamist 7%lt 3,8%ni [3].

- 2030 a peab täiustatud biokütuste, jäätmepõhisete fossiilkütuste ja taastuvelektri osakaal transpordis olema minimaalselt 6,8% (1,5% aastal 2021).

- Teatud toorainest (nt jäätmed ja jäägid, vetikad, metsamaterjal) toodetud transpordikütuste puhul, on eesmärgiks kasutada minimaalselt 3,6% aastaks 2030 (0,5% aastal 2021). [3]

Vaatamata tõenäolisele muudatusele ELi õigusaktides, tuleb vedelkütuse seaduse muutmise eelnõuga edasi minna ja kehtestada Eestis segamise määrad järgnevalt:

Tarbimisse lubatud fossiilne mootorikütus peab sisaldama minimaalselt järgmise osa biokütuse komponenti:

3,1% alates maist 2018,

6,4% alates jaanuarist 2019,

10% alates 2020, kuid vähemalt 6,4% igas liitris.

Erandid

- Bensiin RON 98,
- talveperioodil tarbimisse lubatud diislikütus kuni 1. aprill 2019,
- vedelkütuse varudest tarbimisse lubatud kütus [35].

1.4.2. Ühistranspordi üleviimine taastuenergiale

Taastuenergia tegevuskavas [3] kavandati meetme raames järgmisi tegevusi:

- rahastamiskeemi väljatöötamine, k.a kaaludes reisijate vedude hangetel riikliku dotatsiooni tingimusena taastuenergia kasutamise kohustuste seadmist (2013);
- investeeringutoetus ühistranspordi üleviimiseks biokütustele (ja seonduvaks infrastruktuuri arendamiseks).

Nendest meetmetest on tänaseks jõutud kaugemale investeeringutoetustega ühistranspordi üleviimiseks alternatiivkütusele. CO₂ kvoodi müügi tulude eest on kavas soetada 7 gaasibussi ja 3 maagaasi-elektri hübriidajamiga bussi.

Alternatiivkütuse kasutamise kohustust avaliku ühistransporditeenuse hangetel on nõudnud Tartu linn, käesolevaks ajaks on Tartu linna ühistranspordis kasutusel olevast 50st bussist 5 surugaasi bussid. Need bussid kasutavad hetkel maagaasi, kuid neis saab kasutada ka biometaani.

Majanduslik kasu surugaasi kasutamisest on olnud märkimisväärne ning linn ja ettevõtjad on valmis surugaasi kasutamist jätkama.

Summaarne kütuste tarbimine bussivedudel on Eestis ligikaudu 19 ktoe (see näitaja ei kajasta tarbimist bussides, mis ei teeninda avalikke liine). Kui kaug- ja maakonnaliinide taastuenergia kasutamise arendamisel teeksid ühistranspordi korraldamise asjatundjad panuse biopäritolu vedelkütuste kasutamise ergutamisele, oleks võimalik linnaliinidel edukalt rakendada vedelkütuste kõrval ka metaankütuseid. Metaankütuste kasutuselevõtt ühistranspordis võimaldaks tekitada ka turgu biogaasile transpordis.

Kõrge biokomponendi sisaldusega biokütuste ja metaankütuse kasutuselevõttu piiravaks faktoriks on väljavahetamise kiirus. Riiklike meetmete abil on reaalne välja vahetada busse avalikel maakonnaliinidel ja linnaliinidel. Arvestades busside elueaks 17 aastat, tuleks igal aastal nendes segmentides välja vahetada 60 bussi. Seega on aastaks 2020 perspektiivne välja vahetada kuni 200 bussi (100 linnaliinidel, 100 maakonnaliinidel), mis võiksid sõita kõrge biokomponendi sisaldusega biokütuste ja biometaaniga. Nende busside kogupanus taastuenergia tarbimisse transpordis oleks siiski tagasihoidlik – ca 2,5 ktoe/a.

Alljärgnevalt iseloomustatakse detailsemalt tänast siseriiklikku bussiliinivedu ja biokütuse kasutamise võimalusi kasutades Maanteeameti andmeid bussiveondusest Eestis. [3]

Kaugliinid

Kaugliinide liiniläbisõit on ca 30 mln liinikilomeetrit aastas ning kasutusel on sõidukid väikebussidest kuni kahekorruseliste bussideni. Riiklikud dotatsioonid nendele vedudele puuduvad, motivatsioon biokütuste kasutuselevõtuks saab tekkida vaid läbi majandusliku eelise. Biokütustest oleks tõenäoliselt sobivaim kaugliinidel kasutamiseks B100 (100%line biopäritolu diislikütus) ja E85 (*FlexiFuel* sõidukites kasutamiseks mõeldud mootorikütus, mis sisaldab 85% bioetanooli ja 15% bensiini).

Arvestades busside kütusetarbimiseks 25 l/100km kohta, on summaarne kaugliinidel tarbitud kütuse kogus ligikaudu 6 ktoe[3].

Avalikud maakonnaliinid

Avalike maakonnaliinide liiniläbisõidu maht 2011. aastal oli 33,3 mln liinikilomeetrit ning kasutatavate busside arv ca 570...600. Bussipargi uuendamiseks on tehtud olulisi investeeringuid CO₂ kvoodi müügi tuludest ning jätkatakse teenuse osutamise doteerimist riigieelarvest. Biokütuse kasutuselevõtul võib E85 ja B100 kõrval sobida ka biogaasi kasutuselevõtt.

Arvestades busside kütusetarbimiseks 20 l/100km kohta, on summaarne avalikel maakonnaliinidel tarbitud kütuse kogus ligikaudu 5 ktoe[3].

Täiendavad maakonnaliinid

Kommertsalusel pakutakse bussivedu suurema nõudlusega piirkondades (Harjumaa, Tartumaa, Ida-Virumaa) avalike liinide kõrval. Kasutusel üldjuhul väikebussid ja summaarne liiniläbisõidu maht ca 12 mln liinikilomeetrit aastas. Arvestades busside kütusetarbimiseks 15 l/100km kohta, on summaarne täiendavatel maakonnaliinidel tarbitud kütuse kogus ligikaudu 1,5 ktoe[3].

Linnaliinid

Liiniläbisõidu maht suuremates linnades (Tallinn, Pärnu, Narva, Tartu, Kohtla-Järve) on mahuga ca 27 mln km (ilma trammide ja trollideta) ja kasutatavate busside arv ca 450. Arvestades busside kütusetarbimiseks 30 l/100km kohta, on summaarne linnaliinidel tarbitud kütuse kogus ligikaudu 6,5 ktoe. Tartu linn on soetanud esimesed 5 maagaasi kasutatavad bussi ja selle projekti majanduslik kasu iseloomustab selgelt metaankütuste kasutamise perspektiivikust linnatranspordis [3]. Samas Tallinn endiselt jätkab hübriidbusside soetamist ja ei taha osaleda vabariigi valitsuse programmides[3].

1.4.3. Alternatiivsete taastuvate energiaallikate kasutamine transpordis

Elektromobiilsus

Eesti elektromobiilsuse programmiga (ELMO) on Eesti teedele jõudnud ca 600 elektriautot ning programmi lõppjärgus kogu maad kattev kiirlaadijate taristu. Hinnanguliselt suurendab nende sõidukite panus taastuvate energiaallikate tarbimist transpordis ca 0,077 ktoe võrra. Tõenäoliselt puudub Eesti tarbijatel valmisolek elektriautosid riikliku toetuseta soetada, sellest tulenevalt tuleks elektriautode arvu suurendamiseks jätkata eraautode ostu toetamist. Toetuste muutmata jätmisel nõuab elektriautode toetamine 13,5 mln €/a saavutamaks elektriautodes kasutatava taastuvenergia koguse suurenemist 1 ktoe võrra (st 750 elektriauto müümist igal aastal). Kui elektriautode müügi maht kasvaks tänasega võrreldes 2 korda, oleks elektriautodes tarbitav taastuvenergia aastal 2020 0,36 ktoe, 4-kordse müügi mahu korral oleks sama arv 0,61 ktoe. Hetkeseisuga on elektromobiilsuse arendamise näol tegemist innovatsiooni edendamise, arvestatavat taastuvate energiaallikate osakaalu kasvu transpordis selle meetmega ei saavuta [3].

Elektrirongid, trammid ja trollid

Taastuvate energiaallikate panust transpordis võib suurendada rongide, trammide ja trollide elektritarbimise arvelt. Olulisi muudatusi nende sõidukite kasutamises ei ole 2020 perspektiivis

Eestis ette näha, muudatused toimuvad eelkõige sõidukite uuendamise arvelt. Hinnanguliselt tarbivad Eestis kasutusel olevad rongid, trammid ja trollid aastal 2020 kokku 0,7 ktoe taastuenergiat[3]. Seega sõltub Eesti taastuva elektritootmisest, mis on 2020 aastaks Eleringi prognoosi järgi 17,6%[36]

Aruandes Euroopa Komisjonile iseloomustati taastuenergia tarbimist rongides, trammides ja trollides alljärgnevalt.

Tabel 1.4. Taastuvatest energiallिकates toodetud elektri osakaal transpordis, ktoe [3]

Näitaja	2009	2010
Taastuvatest energiaallikatest toodetud elekter	0,90	0,76
Sellest maanteetransport (trammid, trollid)	0,33	0,31
Sellest väljaspool maanteed toimuv maismaatransport (rongid)	0,57	0,45

Metaankütused transpordis

Eesti biogaasi potentsiaal on piisavalt suur, et täita suure varuga kogu transportsektori taastuenergia eesmärk Eestis. Paraku tuleb metaankütuste kasutuselevõtuks läbi viia mahukad tegevused tootmise ja müügi taristu arendamiseks ning saavutada pikaajaline kokkulepe transpordis kasutatavate metaankütuste aktsiisi osas. EASI eestvedamisel valminud aruanne „Metaankütuste kasutamine Eesti transpordis: ettepanekud valdkonna arendamiseks“ pakub välja, et Eesti transpordisektori taastuenergia eesmärgi võiks tervikuna täita biogaasi kasutamisega sõidukites ning pakub välja järgmised meetmed antud eesmärgi saavutamiseks:

1. Biometaani tootmise edendamine;
2. Metaankütust kasutavate sõidukite ja taristu edendamine.

Meetme „Biometaani tootmise edendamine“ raames planeeritud mahuka eelarvega tegevusteks on:

- 1) Investeeringutoetuse pakkumine biometaani tootmisele KIKs või PRIAs jt rakendusüksustes järgmisel EL eelarveperioodil (põllumajanduslik toore, reoveemuda, prügilagaas) – planeeritav eelarve aastatel 2013-2020 on kokku 135 mln €;

- 2) Tegevustoetuse pakkumine biometaani tootmisele tagamaks, et biometaani müüakse tanklas sama hinnaga kui maagaasi koos aktsiisiga – planeeritav eelarve aastatel 2013-2020 on kokku 50 mln €;
- 3) Investeeringutoetuste pakkumine tööstuslikest biojätmetest biogaasi või biometaani tootmiseks – planeeritav eelarve aastatel 2013-2020 on kokku 15 mln €;
- 4) Tegevustoetuse pakkumine looduslike rohumaade korrashoiuks tingimusel, et biomassile leitakse rakendus – planeeritav eelarve aastatel 2013-2020 on kokku 10 mln €;
- 5) Investeeringutoetuse pakkumine prügilatele seotakse prügilagaasi kasutamise süsteemidesse investeerimisega ja toetust pakutakse tingimusel, et biogaas puhastatakse biometaaniks ja kasutatakse mootorikütusena – planeeritav eelarve aastatel 2013-2020 on kokku 10 mln €;
- 6) Investeeringutoetuse pakkumine biometaani tarnimiseks läbi maagaasi võrgu ja/või biogaasi tanklate rajamiseks – planeeritav eelarve aastatel 2013-2020 on kokku 10 mln €.

Meetme „Metaankütust kasutavate sõidukite ja taristu edendamine“ raames viiakse läbi tegevusi metaankütust kasutavate sõidukite arvu suurendamiseks ja korraldatakse seda toetavaid tegevusi.

Meetme raames soovitati läbi viia järgmisi mahuka eelarvega tegevusi:

- 1) Investeeringutoetus metaankütust tarbiva auto soetamiseks. Juhul kui toetatakse 2000 sõiduki soetamist 2000 – 5000 euroga, kujuneks tegevuse eelarveks aastatel 2013-2020 kokku 10 mln €;
- 2) Tarbijate ja spetsialistide teavitamise ning koolitamisega seotud programmide läbiviimine. Selle tegevuse eelarveks võib aastatel 2013-2020 hinnata kokku 4...5 mln €.

Transportsektoris metaankütuste kasutamise edendamise meetmete summaarne eelarve aastatel 2013-2020 on ligikaudu 250 mln eurot, juhul kui kogu transportsektori taastuvenergia eesmärk soovitakse täita biokütustega. Meetmete rahaline efektiivsus on ainult investeeringutoetusi vaadates ca 2,2 mln €/ktoe. Tegevustoetused biogaasi tootjatele muudavad taastuvenergia kasutuselevõtu efektiivsust mõnevõrra halvemaks, kuid tõenäoliselt ei ületaks kulud koos tegevustoetusega 3 mln €/ktoe.

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium on järgmise perioodi EL struktuurivahendite kasutamise kavandamise käigus pakkunud ühe arendusvaldkonnana välja biogaasi kasutamise edendamise transpordis. [3]

1.4.4. Sõidukite kasutamise struktuuri mõjutamine

Viimastel aastatel läbi viidud tegevustest võib esile tõsta:

- ühistranspordi infrastruktuuri uuendamine (maakonnaliinide busside uuendamine, uute reisirongide hange, CO₂ kvoodi müügi tuludest rahastatud Tallinna trammiliini 4 uuendamise projekt);
- rehvide energiamärgistuse süsteemi rakendamine Euroopa Liidus.

Samuti näeb „Vabariigi Valitsuse tegevusprogrammi 2011-2015“ osa „Energiajulgeolek“ punktis 5.c ette keskkonnaministri määruse „Uue sõiduauto kütusekulust ning eralduva süsinikdioksiidi heitkogusest kasutaja teavitamise kord“ muutmist 2012 IV kv, ülesande täitmist korraldab keskkonnaminister[3].

2009. aastal Eestis registrisse kantud keskmine sõiduk liigitub kütusekulult D (kütusetarbimine 6,1...6,9 liitrit bensiini 100 km kohta) või E (kütusetarbimine 6,9...7,6 liitrit bensiini 100 km kohta) klassi. Kui sõidukite kasutamise struktuuri õnnestuks mõjutada sellisel, et keskmine Eestis registrisse kantava sõiduki kütusetarbimine oleks klassi võrra madalam ja keskmine sõiduk liigituks kütusetarbimiselt C klassi (seniste suurte ja keskmiste keskklassi sõiduautode asemel kasutataks enam väikeseid keskklassi sõiduautosid nagu näiteks Honda Civic, Peugeot 208, Toyota Auris) ning sõidukite kasutamise maht kasvaks vastavalt sama palju, kahaneks sõidukite summaarne kütusetarbimine selle tulemusel ning säästva transpordi raportis prognoositud sõidukite kasutamise mahtude juures ligikaudu 35 ktoe võrra. Sellest tulenevalt väheneks nõutav taastuvate energiaallikate panus transpordis 3,5 ktoe võrra[3].

Veokite kütusesäästlikkuse suurendamist võimaldab sõidukite massipiirangute leevendamine, kuid senise pikaajalise arutelu tulemusena pole sobiv lahendus selles küsimuses veel välja koorunud.

Oluliselt võib taastuenergia eesmärgi suurust mõjutada veel kütuste kasutamise suurus raudteel. Varasematel aastatel on Statistikaameti andmetel kerge kütteõli tarbimine raudteel ulatunud 35 ktoe-ni. Kui kergesse kütteõlisse biokütust ei segata ja raudteel kasutataks enam kerget kütteõli, võib muudest sektoritest vajatav taastuenergia kogus aastal 2020 olla 3,5 ktoe võrra suurem. [3]

1.5. Seadusandlus ja toetusmeetmed 2013-2020

Alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadusesse tehtud muudatuste alusel tõusevad järgmistel aastatel maagaasi, diislikütuse ning mootoribensiini aktsiisimaksud.

EL Ühtekuuluvusfondi (ÜF) meetme (Alternatiivsete kütuste kasutuselevõtu suurendamine transpordis (biogaas)) tegevuste raames rahastatakse järgmisi transpordi energiakasutusega seonduvaid tegevusi: Biometaanitootmise ja transpordisektoris tarbimise toetamine (9 mln € ~1,3 mln €/a).

ÜF meetme (Linnapiirkondade jätkusuutlik areng) tegevuste raames rahastatakse järgmisi transpordi energiakasutusega seonduvaid tegevusi: Säästva linnalise liikuvuse ning inim- ja keskkonnasõbraliku avaliku linnaruumi arendamine (26 mln € -> ~3,7 mln €/a).

2013–2020 perioodi ELi sisese kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise vahenditest kavandatavatest meetmetest rahastatakse järgmisi transpordi energiakasutusega seonduvaid tegevusi:

Alternatiivsete kütuste kasutuselevõtu suurendamine transpordis (biogaas)

(35 mln € -> ~5 mln €/a).

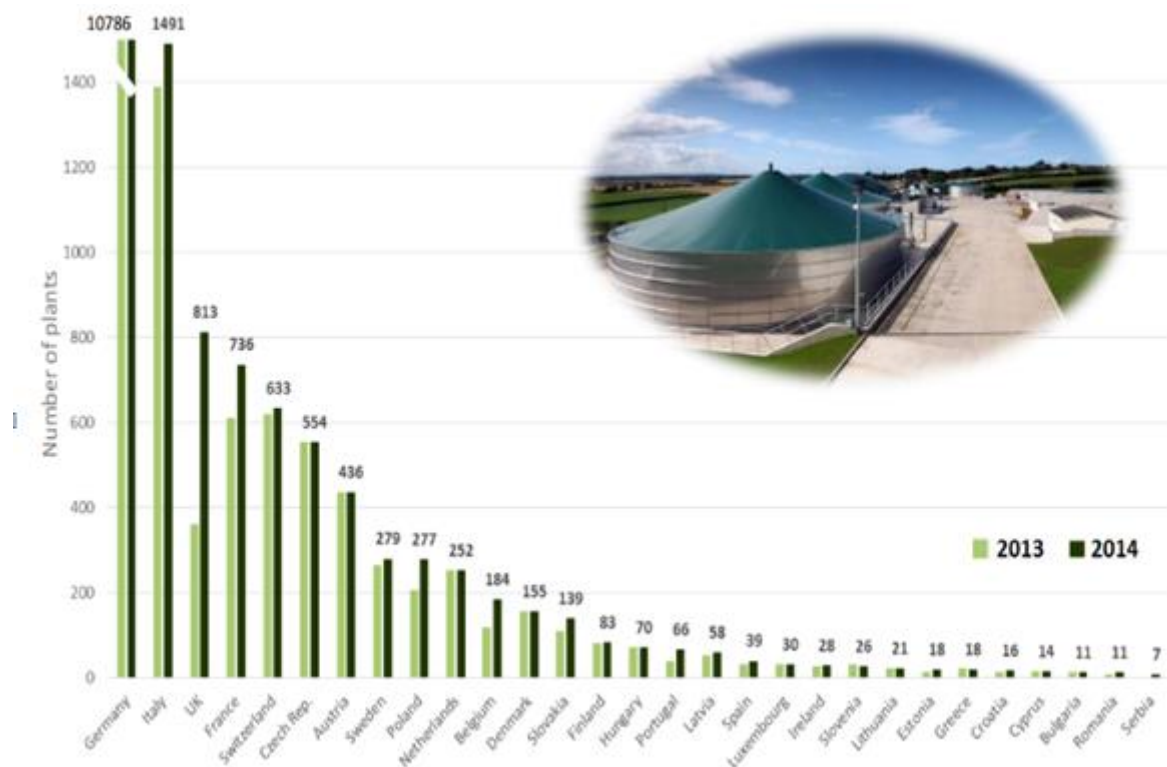
Aastal 2015 jätkus keskkonnasäästlike trammide finantseerimine 25 mln € ulatuses. [1]

2. Biometaan

2.1. Biometaan ja CNG – kasutus transpordikütusena

Biogaasi puhastamine biometaaniks on üks võimalik lahendus selles suunas, et 10% transpordis kasutatavatest kütustest pärineks kohalikest alternatiivsetest taastuvatest allikatest. Biometaani viimine maagaasivõrku on sätestatud Euroopa Parlamendi poolt direktiiviga 2003/55/EÜ, mis tagab, et puhastatud biogaasi ehk biometaani võib sisestada maagaasivõrku kõikjal Euroopa Liidus. Arvestades dokumendis “Taastuvenergia tegevuskava aastani 2020” välja toodud bioetanooli ja biodiisli prognoositavaid tootmiskoguseid, siis siin on toimunud pööre. Soovituslik kujunemiskõver, mis on kehtestatud taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu suhtes transpordisektoris 2010–2020, kui vaadata kohaliku tootmise seisukohta, on saanud biodiislikütuse ja bioetanooli tootmiskoguste suhtes tagasilöögi. Bioetanooli toodetakse Eestis vähesel määral, kuid teadaolevalt ei kasutata seda mootorikütusena. Ühtlasi on Paldiski biodiislitehas ja mõned väiksemad tootmised Lõuna Eestis lõpetanud tänaseks biodiislikütuse tootmise. Eestil on olemas märkimisväärne biogaasi ja biometaani tootmise potentsiaal. Eesmärgipärase ja suunatud kookõlalise koordineeritud koostöö kaudu avaliku ja erasektori vahel on teoreetiliselt reaalne biometaaniga saavutada kuni 10% biokütuste osakaal transpordis. Biogaasil on mitmeid eelised, võrreldes teiste taastuvenergia alternatiividega. Biogaasi saab kasutada taastuva energiaallikana elektri ja soojuse koostootmisel, puhastamisel biometaaniks ja kasutamiseks mootorikütusena, asendades fossiilkütuseid transpordisektoris, rakendada samadel eesmärkidel nagu maagaasi ja juhtida üldisesse maagaasitorustikku. Lisaks ei konkureeri biogaas toidukultuuridega põllumajandusmaa pärast, seda saab edukalt toota jäätmetest ja seetõttu on ta ka üks perspektiivsemaid kohalike biokütuseid transpordisektoris. Biometaan (sh surumaagaas) on puhtam looduslik kütus, võrreldes bensiini ja diislikütusega ja selle kasutamine autokütusena vähendab oluliselt keskkonnaheitmeid. Oluline on ka asjaolu, et gaasibuss tekitab 10-15% vähem müra kui diislibuss, selle kõige tulemusena saab linnakeskkond puhtamaks ja inimeste tervisele on parem, kui linnaõhus on vähem heitgaase ja müra. [8]

Erinevalt näiteks biodiislikütuse või bioetanooli tehastega, näitavad biogaasi jaamad tugevat kasvu peagu kõikides Euroopa riikides, mida näitab Joonis 2.1.



Joonis 2.1. Biogaasijaamade arv Euroopa riikides 2013-2014 [6].

Biogaas on bioloogilise materjali anaeroobse kääritamise teel saadud gaasiline kütus, mis koosneb 45-70 % metaanist (CH_4), 30-40 % süsinikdioksiidist (CO_2) ja teistest komponentidest nagu N_2 , O_2 , NH_4 , H_2S . Biogaas tekib looduses hapnikuvabas keskkonnas ning samade tingimuste loomisel tehnilikult biogaasi kääritus (temperatuur vähemalt $37\text{ }^\circ\text{C}$, keskkond on anaeroobne ja olemas on piisav kogus biomassi), siis saab nimetatud gaasi tehnilikult toota. [10]

Biogaasi sisendina kasutatavat biomassi saab jagada põllumaal kasvavaks biomassiks (hein, teraviljad, õlikultuurid) ja tootmises tekkivaks biomassiks (sõnnik, reoveemuda ning biojäätmel). Lisaks on biogaasi võimalik saada ka iseenesliku anaeroobse käärimise käigus prügilatest (prügilagaas). On oluline eristada bioloogilise materjali kääritamise protsessi puidu gaasistamisest, sest puitpõhine biomass ei kääri ja seega puidust anaeroobse lagundamise teel biogaasi ei saa. Puitpõhist biomassi saab termiliselt gaasistada ja gaasistamise saadusteks võib olla vingugaas (CO), vesinik (H_2) ja metaan (sünteesiline gaas ehk süngaas). Biogaasi kütteväärtus jääb enamasti vahemikku $5\text{-}7\text{ kWh/Nm}^3$. [10]

Biometaan on tehniliselt puhastatud biogaas, mille omadused vastavad loodusliku maagaasi kvaliteedile (metaani sisaldus $98\% \pm 1\%$). Biogaasi puhastamisel biometaaniks saab kasutada mitmesuguseid meetodeid (keemiline absorbeerimine, veega pesemine, surve all adsorbeerimine,

membraaneraldus, krüotehnoloogia jt). Puhastusmeetodite eesmärk on tõsta metaani sisaldust ja vähendada süsinikdioksiidi ja teiste ballastainete osa biogaasis. Süsinikdioksiidi ja teiste ainete eemaldamine biogaasi puhastamine käigus tõstab biogaasi kütteväärtust ja vähendab ühtlasi korrosiooni teket süsteemides, mida põhjustab happeliste ühendite esinemine puhastamata biogaasis. [10]

Biometaan on kasutatav kõikjal, kus kasutatakse maagaasi. See on kasutatav surugaasiautodes ilma piiranguteta nii puhtal kujul kui segus maagaasiga. Biometaani mootorikütusena kasutavad automootorid on tehniliselt täpselt samad, mis surumaagaasil töötavad automootorid. Vingugaasi heide on surugaasi ja biometaani sõidukite heitgaasides 75 % väiksem, võrreldes bensiiniautoga ja kuni 50 % vähem, võrreldes diiselautodega. Tahked osised surugaasi kasutavate autode heitgaasides praktiliselt puuduvad (alla 0,4 %). [10]

Biometaani kasutus transpordikütusena on identne surumaagaasi kasutusele, kuna biometaan on puhastatud ja rikastatud biogaas, mille kvaliteet vastab loodusliku maagaasi kvaliteedile. Biometaan on loodusliku maagaasiga segatav, ei halvenda selle kvaliteeti, transportimist ega kasutamist. [11]

Biometaani on võimalik kasutada mootorikütusena nn gaasiautodes või tavaautodes, millele on lisatud täiendavalt gaasiseadmestik ja kütusemahuti. Biometaani laialdane kasutamine mootorikütusena on veel uurimis- ja arengustaadiumis, kuid mitmetes riikides ka juba kasutusel. Biometaani kasutuselevõtu eelduseks on biogaasi puhastamine (eemaldada nt väävelvesinik - H_2S , CO_2 jm kahjulikud komponendid) ning saavutada maksimaalselt suur metaani sisaldus (95-98 %). Biogaasi puhastamine ja vääristamine biometaaniks ning selle sisestamine maagaasivõrku suurendaks biogaasi turupotentsiaali oluliselt, sest tänu sellele tekiks biogaasi (biometaanina) kasutamise võimalus sisuliselt kõigil gaasivõrku ühendatud tarbijatel. Maagaasivõrku antava gaasi kohta kehtestatud Austria, Hollandi, Prantsusmaa, Rootsi, Saksamaa ja Šveitsi riiklike standardite võrdlus näitab, et põhiliste parameetrite (süsinikdioksiidi, vesiniksulfiidi ja veesisalduse), Wobbe'i arvu (kütteväärtuse) piirväärtuste osas on nõudmised üsna sarnased. Võrku andmisel tuleb biometaan ka odoreerida, vajadusel lisatakse propaani. [11]

Seega on biometaani transpordikütusena kasutuselevõtu esimese etapina vajalik analüüsida surumaagaasi (*CNG – compressed natural gas*) turu mahtu ja toimimise põhimõtteid. Nii maagaas kui biometaan on metaankütused, mis koosnevad kuni 98 % ulatuses metaanist (CH_4) ning metaan on üks puhtamaid looduslikke kütuseid. Metaani täielikul põlemisel tekib süsihappegaas ja vesi. Kõige suuremad metaani varud Maal esinevad maagaasi näol ning nende

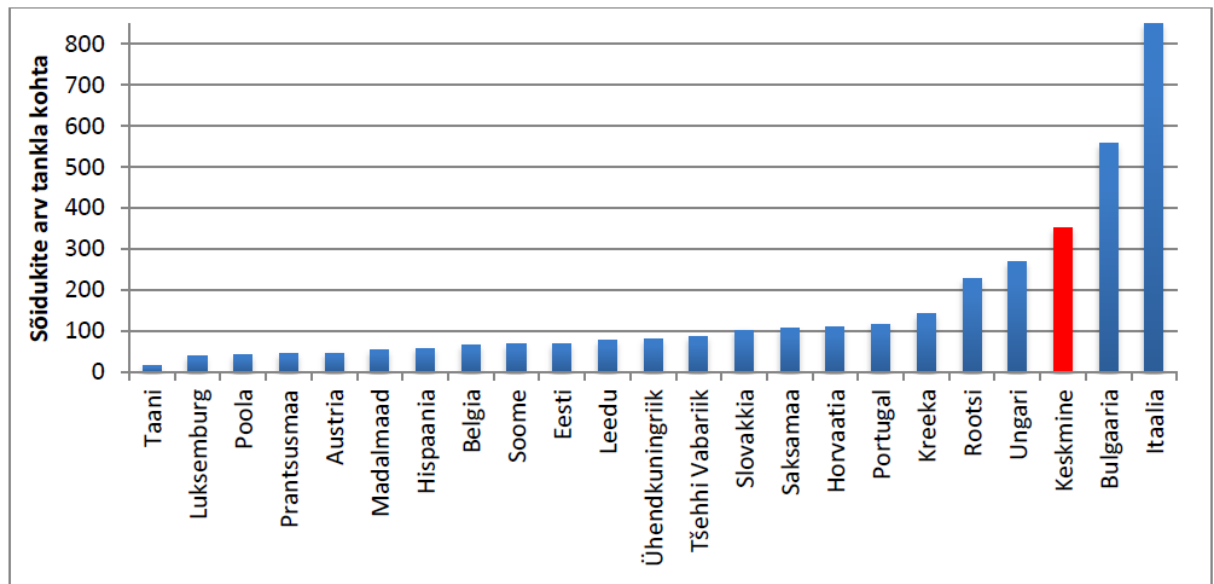
varude suurusest hinnatakse jätkuvat veel vähemalt 100 aastaks. Surugaas on transpordivahendite gaasimahutitesse tangitav maagaas, mis on täiendavalt puhastatud, kuivatatud ja komprimeeritud. Maagaas lendub ja hajub atmosfääris kiiresti, mis on oluline ohutuse seisukohalt. Maagaasi omadused[10]:

- kõrge oktaanarv – ligi 130 ROZ,
- kõrge kütteväärtus – 34 MJ/nm³,
- kõrge süttimistemperatuur – 600 °C,
- ei ole agressiivne ega mürgine,
- õhust kergem – suhteline tihedus 0,56.

Surugaasi kasutatakse Euroopas ligikaudu 1,85 mln sõidukis (sh 1,1 mln sõidukit neist asuvad EL28s). Surugaasiga sõidavad autod peamiselt Itaalias, Saksamaal, Rootsis, Austrias ja Soomes aga ka Šveitsis ja Ukrainas. Biometaani mootorikütusena kasutamise võimaluse võib kombineerida võrku andmisega või kasutada maagaasivõrgust sõltumatut tarnimist.

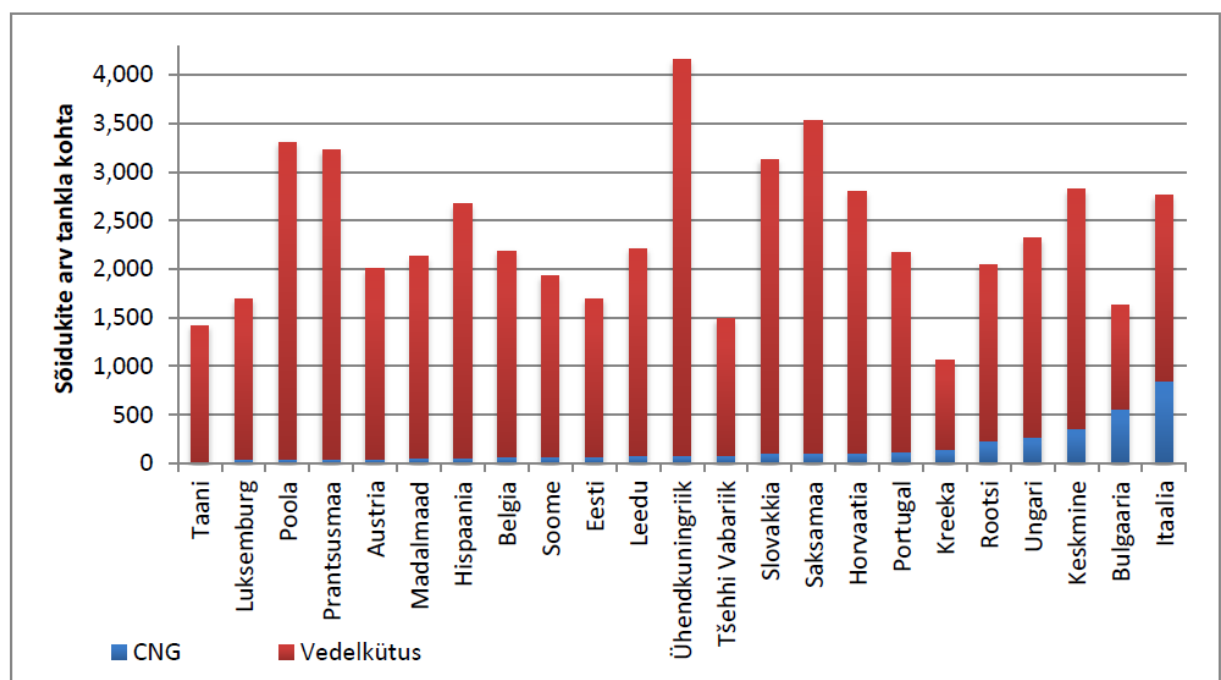
Biometaani tarbitakse sellisel juhul sõidukites, mis saavad kütusena kasutada kas veeldatud petrooleumi gaasi (LNG) või surve alla viidud maagaasi (CNG). Vastavalt kasutatakse siis lühenditena kas surubiometani (CBM, ka CBG) või veeldatud biometaani (LBM) [11].

Euroopa maa- ja biogaasi kasutavate sõidukite assotsiatsiooni (NGVA Europe) andmetel on Euroopas kokku ca 4500 CNG tanklat, millest 80 % on avalikus kasutuses. Neile lisandub ca 2600 kodukasutuses olevat kompressoriseadet (neist 1500 seadet on ühes riigis – Ungaris), millega on võimalik tankida sõidukeid maagaasivõrgust. Vaadeldes kitsalt Euroopa Liidu liikmesriikide vastavat statistikat on tanklate arv kokku 23 EL liikmesriigis (vaatluse all on vaid need riigid kus CNG'd kasutavate sõidukite arv ületab saja sõiduki piiri) 3271 CNG tanklat . Analüüsidest NGVA 2014. aasta tanklate ja sõidukite statistikat paistab silma CNG tanklate kasutamise suhteline ebatõhusus. Välistades analüüsist need Euroopa Liidu liikmesriigid kus kasutatakse alla saja metaangaasi kasutava sõiduki on keskmine gaasisõidukite arv (kõik maanteetranspordi erinevad vahendid – sõidua autod, veokid, bussid) ühe tankla kohta ca 350 sõidukit. Joonis 2.2 kirjeldab, kuidas vastav keskmine jaotub kogu vaatlusaluste riikide kogumis[11].



Joonis 2.2. CNG sõidukeid tankla kohta Euroopa Liidu riikides (üle 100 sõidukiga riigid) [9]

Enam kui pooltes Euroopa Liidu riikides teenindavad CNG tanklad vähem kui sadat sõidukit tankla kohta (13 riiki vaatlusalusest 23 riigist) ja seeläbi võib CNG jaotuskulude tase kliendi kohta olla viis kuni kaheksa korda kõrgem võrreldes Bulgaaria ja Itaalia näitega (100 sõidukit versus 550–850 sõidukit). Samas ei ole CNG sõidukite arv tankla kohta peamine kriteerium tanklavõrgu efektiivsuse hindamiseks, vaid vaadelda tuleb ka tanklavõrku tervikuna (kõikide sõidukite arv võrrelduna kõikide tanklate arvu). Joonisel (Joonis 2.3) on esitatud nii vedelkütuste kui CNG sõidukite arvud vastavate tanklate kohta eelnevas analüüsis osalenud riikide lõikes [9].



Joonis 2.3. CNG ja vedelkütuste sõidukite arv vastavate tanklate kohta [9]

Nagu jooniselt 2.3. nähtub, on enamiku analüüsitava riikide puhul ühe vedelkütuse tankla kohta keskmiselt 1500 kuni 3000 sõidukit (16 riiki analüüsitavast 23-st). Sõidukite arv tankla kohta antud riikide grupi kaalutud keskmisena on ca 2500 sõidukit. Sõidukite arv tankla kohta sõltub reast erinevatest teguritest nagu kütusetarbimisest, rahvastiku tihedusest, teedevõrgust, jne.

European Natural & bio Gas Vehicle Association (NGVA) hinnangul kasutatakse CNG'd transpordikütusena aastas (2014. a andmetel) kokku 3,29 mld Nm³ (vt Tabel 2.1) ehk 31,6 TWh (võrdluseks: Eesti 2014. a transpordisektori energiatarve oli 8,3 TWh) [14].

Tabel 2.1. Euroopa riikide CNG tarbimine transpordikütusena 2014. a. [13]

Liiklus- vahend	CNG tarbimine	Energia kogus	Kütusetarbimise proportsioon	Sõidukite arv	Sõidukite arvu proportsioon
	mld Nm ³	TWh	%	tk	%
Kokku	3,29	31,59	100	1 162 935	100
Sh					
Sõiduaudod	2,46	23,61	75	1 138 584	97,9
Bussid	0,49	4,67	15	13 522	1,2
Veokid	0,34	3,29	10	9 516	0,8
Muu	0,00	0,01	0	1 313	0,1

CNG kasutuse proportsioonide puhul on vajalik tähelepanu pöörata asjaolule, et 75 % kütusetarbimise mahust tuleb sõiduaudode kasutusest (kogu masinapargist moodustavad sõiduaudod ca 98 %) ehk oluline osa CNG kasutuse turumahust põhineb pigem lõppkasutajate (kodumajapidamiste) tarbimisotsustel. Euroopa CNG sõidukitepargist moodustab Itaalia kokku 76 % ehk väga suures osas kirjeldavad agregeeritud andmed ühte riiki ning ülejäänute roll CNG turu kujunemises on marginaalne. Samas ei ole biometaan transpordikütusena kasutamise vaates Itaalia roll märkimisväärne[9].

Tabel 2.2. Biometaani kasutuse osakaal CNG tarbimises transpordikütusena 2014 a.[13]

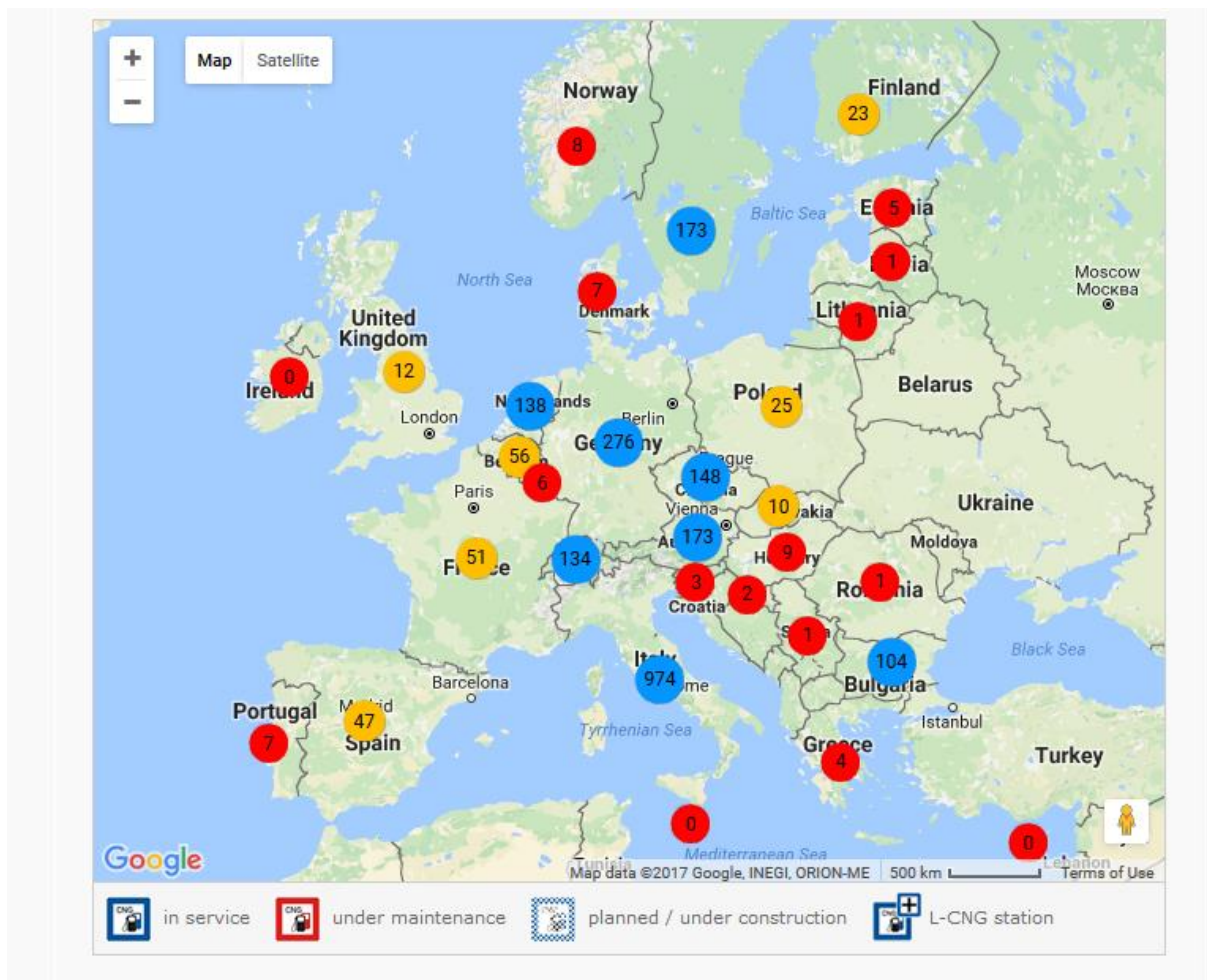
Riik	Sõidukite arv	CNG tarbimismaht	Bioetaani kasutuse proportsioon	Biometaani kasutus *	Bioetaani kasutuse proportsioon
	tk	mln Nm ³ aastas	% CNG'st	mln Nm ³ aastas	%
Madalmaad	7 573	21,4	65,0	13,9	8,7
Rootsi	46 715	132,2	61,3	81,0	50,5
Soome	1 689	4,8	35,0	1,7	1,0
Saksamaa	98 172	277,7	22,0	61,1	38,1
Prantsusmaa	13 550	38,3	3,0	1,2	0,7
Ungari	5 118	14,5	3,0	0,4	0,3
Itaalia	885 300	2504,7	0,05	1,3	0,8
KOKKU	1 058 117	2993,6	5,36	160,6	100,0

Tabelis (Tabel 2.2) esitatud andmete alusel on suurimad biometaani transpordikütusena kasutajad Rootsi ja Saksamaa. Itaalia transpordisektoris kasutatavast gaaskütusest on vaid 0,05 % biometaan, mis absoluutkoguses moodustab 1,3 mln Nm³ (sama suurusjärg Soome ja Prantsusmaa biometaani tarbimisele). Tabelis (Tabel 1.2) esitatud biometaani koguste osas tuleb arvestada, et need on arvatud kaudsel meetodil – kasutatud on Natural & bio Gas Vehicle Association (NGVA) statistikat 2014. a kohta ning samalt allikalt pärinevat infot biometaani osakaalu kohta (absoluutkogus on CNG tarbimise ja osakaalu korrutis).

Arvestades kaudset meetodit on saadud tulemus indikatiivne ja ei pruugi kajastada täpselt biometaani kasutust transpordisektoris [9].

2.2. Metaankütused Eesti transpordisektoris

ASi Eesti Gaas andmetel oli 25.04.2017 seisuga Eestis ühtekokku 500 metaankütust sh surumaagaasi kasutavat sõidukit ja 5 tanklat. Arvestades seda, et Eestis on ligi 800 000 registreeritud sõidukit, moodustavad hetkel metaankütusel sõitvad sõidukid ainult 0,06% kogu sõidukite arvust. Tänapäeval tuleb Eesti kontekstis metaankütust kasutava sõiduki all mõelda vaid surumaagaasi (CNG) kasutavat mootorsõidukit, kuna biometaani, mis oma olemuselt on surumaagaasiga identne, Eestis veel ei toodeta. Eestis on tänasel päeval võimalik surumaagaasi sõidukeid tankida 5 tanklas: Tallinnas kahes tanklas, Tartus, Narvas ja Pärnus asuvates ASi Eesti Gaas surugaasitanklates, hinnaga 0,729 €/kg (0,51 €/Nm³ või 0,51 €/liiter bensiiniekvivalendis). Lisaks on ASil Eesti Gaas plaan rajada surugaasitanklad veel Rakverre ja Viljandisse [15]. Gaasitanklate arvust Euroopa riikides annab ülevaate Joonis 2.4.



Joonis 2.4. Gaasitanklate arv Euroopa riikides [7]

Eesti esimesed metaangaasibussid sõidavad Tartus 2011. aasta märtsikuust. Esialgu kasutavad Scania bussid kütusena surumaagaasi (CNG), kuid lähitulevikus on kavas hakata bussides kasutama kütusena kohalikest jäätmetest ja muust biomassist toodetud biometaanit. Eestis on tänasel hetkel võimalik lisaks bensiinimootoriga sõidukile ka diiselmootoriga auto ümber ehitada kahesüsteemseks ehk paralleelselt bensiinile ja diislikütusele jääb sõiduk mootorikütusena kasutama surumaagaasi[9]. Diiselmootorite puhul tarbib mootor maanteel sõites 40% vedelgaasi (LPG) ja 60% diislikütust. Rasketes töötingimustes gaasi tarbimise osakaal väheneb 10%ni [Autori kogemus].

2.3. Metaankütuste kasutamise visioon ja eesmärgid transpordis

Teoreetiliselt on võimalik kasutada 117 mln Nm³ (93 ktöe, 10% aastasest transpordikütuste tarbimisest) biometaaniaastas transpordikütusena. Eestil on olemas märkimisväärne biogaasi ja biometaanitootmise potentsiaal (300 mln Nm³ biometaanina), eesmärgipärastatud ja suunatud kookõlalise koordineeritud koostöö kaudu avaliku ja erasektori vahel on teoreetiliselt reaalne

biometaaniga saavutada 2020. aastaks mootorikütuste puhul 10% suurune biokütuste kohustuslik osakaal transpordis[8].

Statistikaameti andmetel tarbiti Eestis 2015. aastal kokku 662 000 tuhat liitrit diislikütust ja 236 000 tuhat liitrit bensiini [5]. Kasutades transpordikütusena iga-aastaselt 117 mln Nm³ (=liitrit bensiiniekvivalendis) biometaani aastas, asendaks see kogus 33% 2015. aasta bensiini tarbimisest või 17% diislikütuse tarbimisest. 117 mln Nm³ biometaani tootmine aastas tähendab, et Eestisse tuleb rajada 42 biogaasijaama, reaalsed jaamad võimsused ja asukohad sõltuvad arendajatest ja tooraine paiknevusest ja kättesaadavusest [8].

Biometaani kasutamisel transpordikütusena on 4 põhilist võimalust:

- tarnida toodetud biometaan maagaasitorustiku abil lõpptarbijani,
- tarnida biometaan metaankütuste tanklasse balloonidega nendes kohtades, kus maagaasitorustik puudub,
- tarnida biometaan otse tanklasse või
- kasutada omatarbeks, näiteks põllumajandusmasinates, mille ümberehitamist toetatakse vastavalt Põllumajandusministri määrusele nr. 80, 20.07.2010 (RTI 2010, 50,311)5.

Euroopa Parlamendi Põllumajanduse ja Maaelu Arengu Komisjon tunnistas viimases 2011/2114 (INI) raportis biogaasi kui tähtsat energiaressurssi, mille tootmist tuleb kindlasti toetada ning mis aitab kaasa majanduse, põllumajanduse ja maaelu säästvate arengule ning keskkonna kaitsmisele. Euroopa Parlamendi resolutsiooni ettepanek põllumajanduslike sisendite tarneahela kohta kutsus komisjoni ja liikmesriike üles edendama seadusandlike meetmetega investeringuid energia säästmisse ja taastuenergia tootmisse ettevõtetes kohapeal või kohaliku partnerluse projektide raames, keskendudes eriti jäätmete ja kõrvaltoodete kasutamisele kohalikul tasandil, parandades energiatõhusust ja tootes kohapeal energiat taastuvatest allikatest (eeskätt biogaasi) [8].

Ettepanekud metaankütuste kasutamise edendamiseks transpordis on välja toodud alljärgnevas tabelis Lisas 1, mis põhineb biogaasi tootmise väärtusahela etappidel: biogaasi tooraine ja biogaasi tootmisel ning väärindamisel; tootmisjääkide kasutamisel; müügi - ja taristulogistikal ning turundusel ja müügil ning toetavatel tegevustel. Valik on koostatud põhimõttel, et võimalikult väikse ressursikuluga saavutada antud valdkonnas maksimaalne efekt, kuid ikkagi üldsummaks tuleb 292 mln eurot [8].

Aasta 2020 eesmärgi taastuvate transpordikütuste osas – 93 ktoe = 117 mln Nm³ kasutamine transpordikütusena tähendab näitlikult (arvutuslike keskmiste kütusekulude ja läbisõitude alusel) 9714 bensiinisõiduki (täismassiga alla 3,5 t), 1000 diislbussi ja 1714 diiselveoauto kasutusele võtmist aastaks 2020. Eeltoodud arvud ei ole mõeldud sihtarvudena, vaid taastuenergia koguse piltlikustamiseks, mida see 93 ktoe tähendab sõidukite arvus, kui see jagada toodud eelduste

kohaselt. Sellise koguse biometaani tootmine tähendab 42 biogaasi tootmisüksuse loomist, mille aastane biometaani (CH_4 on 98%) toodang on keskmiselt $2\,756\,000\text{ Nm}^3$ (võrdne biogaasijaama tarbimisega (elektrilise võimsusega) $N_{el}=1\text{ MW}$). Tartus on 5 linnaliinibussi ja mõnekümne kergeveoki aastane metaankütuse tarbimine tanklas suurusjärgus $500\,000\text{--}600\,000\text{ Nm}^3$, juhul kui tankla tarbimine oleks poole suurem, $1,2\text{ mln Nm}^3$ aastas, siis selliseid tanklaid tuleks rajada 98. Juhul kui tanklas oleks alaline tarbimine 20 busi ja enam, siis tähendab see ca 50 metaankütuse tankla rajamist. Eeltoodud näide korreleerub suurusjärgudes meie mudelmaa Rootsi numbritega: Rootsi pindala ja rahvaarv on ca 10 korda Eestist suuremad ja sealne prognoos nii sõidukite arvu kui tanklate osas on ligi 10 korda suurem eeltoodud näites toodud Eesti arvudest aastal 2014, ehk siis sõidukite arvuks Rootsis eeldatakse $120\,000$ sõidukit ja tanklate arvuks on 350 . See on ka arusaadav, on ju Rootsi võtnud väga selge strateegilise eesmärgi: kasutada transpordis aastaks 2030 100% taastuvaid kütuseid ja aastaks 2050 olla 100% taastuvaenergia allikaid kasutav Põhjala riik[8].

2.4. Rahaline kulu

Sõltumata vaadeldavast tootmismudeli tüübist on mõlemal viisil toodetud metaankütus oluliselt kallim surumaagaasist (CNGst). Hinna erinevus oleks 1,7 kuni 2 korda kallim surumaagaasist (lõpphind biometaanist toodetud surugaasil tanklas $1,376$ kuni $1,594$ eur/kg).

Kirjeldatud hinnaerinevuse ületamiseks on vajalik väärtusahela subsideerimine vastavalt $0,351$ või $0,482$ euro/ Nm^3 ulatuses ja väiksemate tootmismudelite eelistus suuremate ees toob kaasa $0,482 / 0,351 = 1,37$ kordse subsideerimisvajaduse kasvu[10].

Eesti Arengufondis 2015. aastal valminud töös on analüüsitud stsenaariume eeldusel, et biometaaniga asendatakse 9,5% Eesti summaarsest bensiini ja diislikütuse tarbimisest. Olenevalt asendatava kütuse liigist varieerub vajalik biometaani kogus $109\text{--}139\text{ mln Nm}^3$, mis moodustab 24–31% saadaolevast biometaani ressursist. Biometaani kasutuselevõtu otsesed mõjud soodsaima tegevusstsenaariumi korral: põhjustab 3,2% kütuseturu kallinemise (30 mln €/a) [10]

Biometaani kasutuselevõtu kaudsed mõjud:

- mootorikütuste parem isevarustus ja selle kaudu suurem energiajulgeolek,
- tootmistegevuse kasv ja selle kaudu positiivne mõju kogu majandusele,
- tööviljakuse paranemine põllumajandussektoris ja lisatöökohtade teke biometaani tootmises,
- tõhusam maakasutus.

Majanduslikult efektiivseim viis biometaani kasutuselevõtuks on seotud järgmiste kriteeriumitega:

- Suured tootmisüksused.

Biometaani tootmine on suure mastaabisäästuga. Kui tootmismahd kasvab $2 \rightarrow 5$ mln Nm³/a, vähenevad tootmiskulud kogu väärtusahelas 14%.

- Maagaasivõrku ühendatud biometaani jaamad.

Logistikakulude analüüs näitab, et soodsaim viis biometaani veoks kuni 50 km raadiuses on transportida rohtset biomassi kui biometaani lähtesubstraati. Eesti tingimustes tähendab see, et u 80% territooriumist on maagaasitrasside asukoha vaates mõistlikus tegevusraadiuses ja eelistada tuleks võrku ühendatud jaamade rajamist.

- Bensiinitarbimise asendamine biometaaniga[10].

Bensiini asendamine biometaaniga annab analüüsitud stsenaariumitest parima majandusmõju (CNG asendab bensiini madalama asenduskoefitsiendiga kui diislikütust). Seega tuleks soodustada üleminekut bensiinilt biometaanile, mis eeldab, et jaetarbijate (kodumajapidamised) kütusetarbimise eelistusi tuleb muuta (sh CNG tanklavõrgustiku teke) [10].

Alates 01.03.2016 on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium käivitanud ELi Ühtekuuluvusfondi rahavahendite jaotamise 9 MEUR ulatuses KIKi vahendusel.

- Gaasitanklate toetamine 3 miljonit eurot,
- Avalike bussiliinide toetamine 6 miljonit eurot.

Taotlusvoorud on avatud kuni jätkub nendest vahenditest. Ministeeriumi eesmärk on tekitada selle summaga maksimaalselt tarbijaid turul ja aidata mõne piirkonna taristulogistikat. Nagu näiteks kiiremas korras koostöös erasektoriga loodetakse saada valmis Võru maakonna gaasitankla, kuna uued gaasibussid on juba soetatud seal.

Biometaani ja maagasi hinnaerinevuse dünaamiline kompenseerimine. Biometaani ja maagaasi 50-60 EUR/MWh või 5-6 miljonit eurot aastas 10 miljoni Nm³ biometaani kohta omahinna vahe kompenseerimiseks on ministeeriumil plaanis rakendada järgmised lahendused:

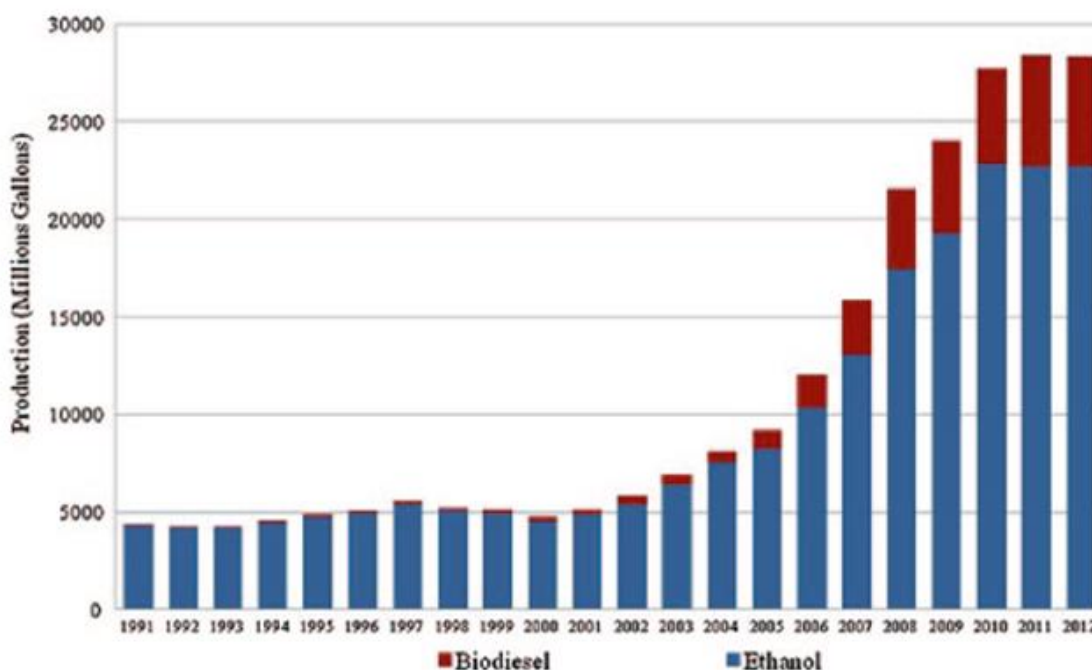
- Tarnimiskohustus,
- Feed-in Premium (FIP) vähempakkumisega,
- Fikseeritud FIP.

Vahendid 9 MEURi ulatuses nendeks meetmeteks loodetakse saada kvoodimüügi tulust[10].

3. Bioetanool

3.1. Etanooli tootmine ja tarbimine maailmas

Maailmas on kahte tüüpi vedelaid biokütuseid: alkoholid (etanool ja butanool) ning biodiislikütus, mida toodetakse taimeõlide või loomsete rasvade töötlemise põhjal. Vedelate biokütuste tootmine suurenes oluliselt 2000 aastate alguses. Sõltuvana toorainete hindadest, poliitilistest otsustest ja tehnoloogiate arengutest, toodetakse maailmas bioetanooli umbes 4-5 korda rohkem kui biodiislikütust (Joonis 3.1) [17].

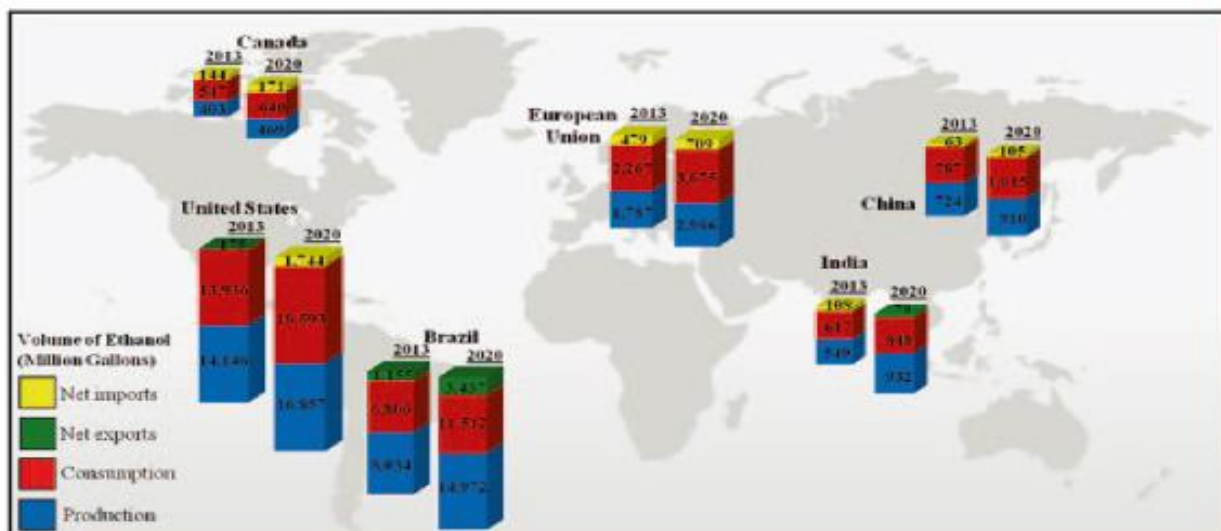


Joonis 3.1. Bioetanooli ja biodiislikütuse tootmiskogused maailmas 1991-2012, mln gal [17].

Etanooli tootmise ja tarbimise geograafiline jaotus maailmas Joonisel 3.2 sõltub paljudest faktoritest: tootmise asukoht, valitsuste poliitika, loodusressursside olemasolu ja loodushoiu regulatsioonid. Absoluutsed liidrid maailma bioetanooli nii tootmises kui ka tarbimises on USA ja Brasiilia. Aastaks 2020 soovib Brasiilia ligi kahekordistada oma tootmist praegusest 8 034 miljonilt gallonilt kuni 14 972 miljoni gallonini. Tootmist laiendatakse nii uute kasvupindalade abil, kui ka tõhusamate bioetanooli tootmistehnoloogiate abil. Samas Brasiilia plaanides on ka aastaks 2020 kolmekordistada oma tarbimist, praegusest 1 155 miljonist gallonist kuni 3 437 miljoni gallonini.

Euroopa Liit on samuti oluline bioetanooli tootja ja veel olulisem tarbija maailmaturul. Kui Brasiilia on selge bioetanooli eksportöör, siis Euroopa Liit on 27% ulatuses oma tarbimisest

sunnitud sisse tooma. See on põhjendatud piiratud maaressursiga ja kehvamate kliimatingimustega Euroopas[17].



Joonis 3.2. Bioetanooli tootmise ja tarbimise kogused maailmas 2013 ja 2020 [17].

Etanooli tootmine on väga kontsentreeritud Ameerika Ühendriikidesse ja Brasiiliasse (Tabel 3.1), kus toodetakse rohkem kui 87% maailma bioetanooli kogustest. Arvestades antud riikide arendusplaane, saavutab oma tootmise osakaal aastaks 2020 juba ligi 90% ja see mõjutab väga oluliselt bioetanooli kaubandust maailmas nii praegu kui tulevikus [17].

Euroopa Liidu tootmine saavutas 5,3 miljardi liitriga oma tippu 2014. aastal tänu madalate tooraine hindadele, impordi kaitsetollidele ja umbes samal tasemel tarbimisele. See kogus on võrdne näiteks 32,5 miljoni barreli nafta tootmisele. Aastatel 2016 ja 2017 oli bioetanooli tootmine väikeses languses, kuna on vähenemas bensiini tarbimine ja edaspidised EL plaanid kohustusliku segamise osas on ebaselged [28].

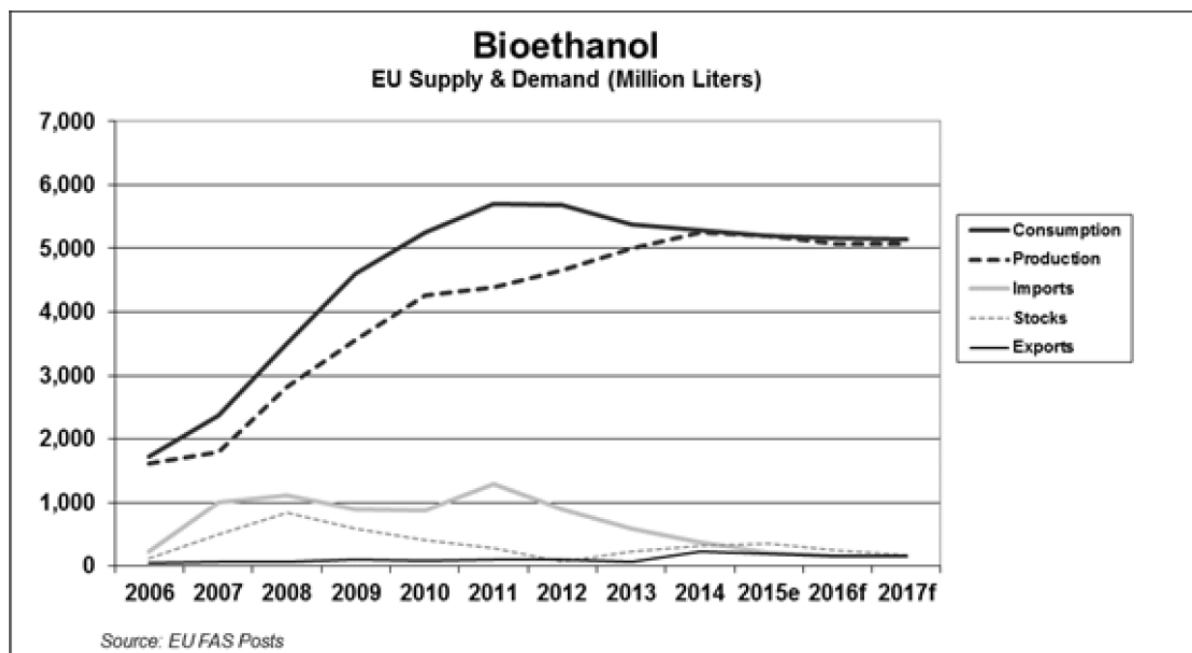
Tabel 3.1 Bioetanooli ja biodiislikütuse suuremad tootjamaad Euroopa Liidus [28].

Production & Capacity

Table 5. Fuel Ethanol Production Main Producers (million liters)								
Calendar Year	2010 ^r	2011 ^r	2012 ^r	2013 ^r	2014 ^r	2015 ^e	2016 ^f	2017 ^f
France	942	846	829	995	975	968	970	970
Germany	765	730	776	851	920	937	950	950
Hungary	190	190	291	392	456	637	640	640
Belgium	315	400	410	451	557	560	560	560
Netherlands	100	275	451	524	520	520	450	520
Spain	471	462	381	442	453	494	400	400
United Kingdom	352	89	215	278	329	253	250	250
Poland	194	167	213	235	181	214	241	253
Austria	199	216	216	223	230	235	235	235
Total	4,268	4,392	4,658	5,000	5,250	5,190	5,050	5,050

r = revised / e = estimate / f = forecast EU FAS Posts. Source: EU FAS Posts

Euroopa Liidu bioetanooli tarbimine ja tootmine on tänapäeval tasakaalus (Joonis 3.3). Import on suhteliselt marginaalne ja ta oluliselt langes peale 2011a. siise viidud tollimaksudele 151,2 EUR/1000 liitri kohta [28].



Joonis 3.3. Euroopa Liidu bioetanooli tootmine ja tarbimine viimasel kümnel aastal [28]

Euroopa Liidu tarbimine saavutas oma tippu 2011. aastal ja peale seda näidanud väikest langust.

Languse põhjusteks võib nimetada:

- vähenevat bensiini tarbimist,
- uued ILUC detektiivijärgi koguste topelt arvestus 2. põlvkonna etanooli osas,
- mõned ebasoodsad maksumuudatused, näiteks Rootsisis E85 maksustamisel,
- biokütuste tootmise tõhususe arvutus toimub aina rohkem mitte energia sisalduse järgi vaid süsiniku ja lämmastiku heitmete vähendamise järgi.

Viimaste aastate fossiilkütuste langus mõjutas biokütuste tarbimist vähe (Tabel 3.2), kuna biokütuste tarbimine Euroopas on reguleeritud enamasti kohustusliku segamisega [28].

Tabel 3.2. Bioetanooli kasutamine ja peamised kasutajariigid ELis [28]

Table 6. Fuel Ethanol Consumption Main Consumers (million liters)								
Calendar Year	2010	2011	2012	2013^r	2014^r	2015^e	2016^f	2017^f
Germany	1,475	1,568	1,581	1,532	1,557	1,487	1,455	1,390
United Kingdom	797	823	981	1,038	1,041	949	975	1,010
France	773	768	790	778	803	805	805	805
Spain	468	443	395	337	371	375	355	355
Poland	301	301	305	305	311	323	325	330
Sweden	378	399	406	354	349	329	315	305
Netherlands	263	295	244	247	253	255	255	260
Italy	306	480	463	349	215	251	250	250
Total	5,253	5,703	5,676	5,370	5,290	5,190	5,170	5,140

r = revised / e = estimate / f = forecast EU FAS Posts. Source: EU FAS Posts

Võrdluseks Eesti bioetanooli tarbimine selle segamisel bensiiniga 10% ulatuses oleks umbes 30 miljonit liitrit aastas[Autori arvutused].

3.2. Etanool mootorikütusena

Etanool ehk etüülalkohol ehk viinapiiritus (ka piiritus) ehk metüülkarbinool (valemiga CH₃CH₂OH) on üks tuntumaid alkohole.

H H

||

H — C — C — O — H

||

H H

Etanool põleb, moodustades CO₂ ja vee: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ on iseloomuliku lõhnaga kergesti lenduv tuleohtlik vedelik. Ta seguneb veega igas vahekorras. Etanooli on võimalik kasutada mootorikütusena nii puhtal kujul kui ka segus bensiiniga. Tänapäeval lisatakse etanooli bensiinile enamasti muude lisandite (plii, aromaatsed ühendid jt) asemel. Etanooli oktaanarv on väga kõrge, seetõttu suurendatakse sellega bensiini oktaanarvu. Kuni 10% etanooli sisaldav bensiin sobib tavalistele bensiinimootoritele, suurema etanoolisisaldusega bensiini korral on tarvis mootoreid ümber seadistada. Euroopas muundatakse etanool enne bensiiniga segamist ETBE-ks (etüül-terts-butüüleeter), mille oktaanarv on kõrge ning mis on vähem lenduv kui etanool. Teatud määral kasutatakse seda ka lahustina[18].

Etanooli kasutamise idee sisepõlemismootori kütusena on kaunis vana idee. Henry Fordi auto Mudel T oli disainitud etanooli kasutamiseks. Ta valis “ajutise odava lahendina” naftabensiini ja nii algas ka naftaajastu. 1921. aastal tutvustas Thomas Midgley Autoinseneride Ühingus oma ideed etanooli ja bensiinisegu kasutamiseks kõrge oktaanarvuga mootorikütusena. Nende varasemate ideede reaalseks kasutuseks andis tõuke 1970. aastate energiakriis, mille Araabiamaad põhjustasid poliitilistel motiividel. Eriti valusalt puudutas see kriis Brasiiliat, kus tollel ajal puudusid oma naftamaardlad, mis ajendas bensiini asendama suhkruroo baasil toodetava etanooliga. Etanooli tootmine suhkruroost osutus Brasiilias sedavõrd edukaks, et 2006. aastal võidi deklareerida riigi majanduse sõltumatust bensiini tarnest[18].

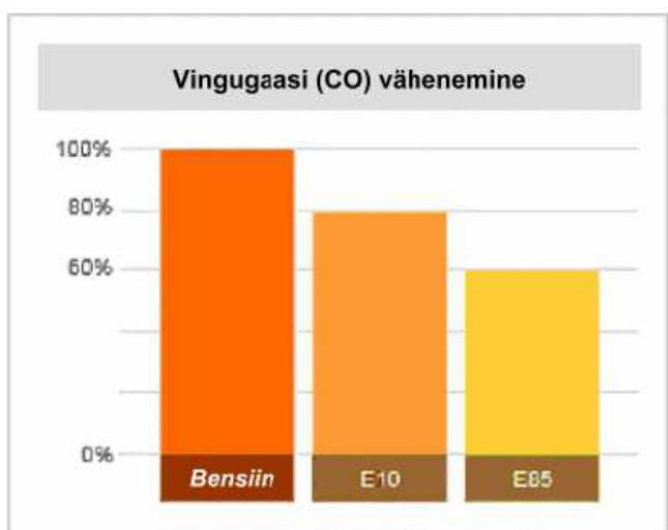
Mootorikütuseks sobivas etanoolis peab selle veesisaldust täiendavalt alandama. Tavalise destillatsiooni käigus saadakse 96 %line etanool, milles on 4 % vett. Mootorikütusena kasutamisel tohib etanool sisaldada maksimaalselt 0,5 % vett. Veesisalduse täiendav alandamine saavutatakse vettsiduvate mineraaloolade abil, mis on kordvkasutuses peale kristallvee eraldamist kuumutamise teel[18].

Etanooli kütteväärtus (energeetiline väärtus) on bensiini omast 33 % madalam, vastavalt 23 321,79 kJ/l (kilodžauli) ja 34 783,80 kJ/l (liitri) kohta. Seetõttu väidetakse, et paagitäie bensiiniga saab enam kilomeetreid läbida, võrreldes etanooliga. Tänu etanooli kõrgemale oktaanarvule aga suureneb mootori võimsus, võrreldes bensiini kasutamisega[18].

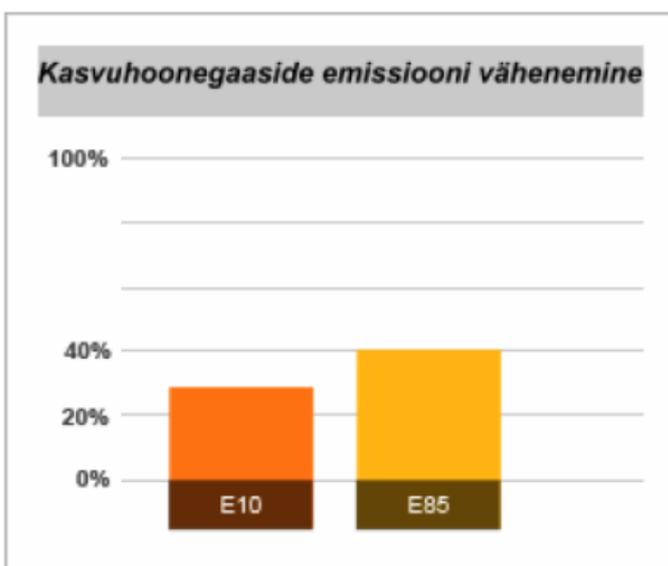
Puhast etanooli mootorikütusena ei saa inimlikel ja majanduslikel põhjustel kasutada. Ameerikas, näiteks, on kasutusel “E10” ja “E85” mootorikütused, mis sisaldavad vastavalt 10% ja 85% etanooli (99,5 %-list) ja pliivaba bensiini 90% või 15%. Mõõtmistulemused on näidanud, et näiteks turbomootoriga Rootsi automudelil Saab 9-5 BioPower suureneb E85 kasutamisel mootori võimsus 160 kilovatini, võrreldes puhta bensiini kasutamisel saavutatud 130 kilovattiga.

Hoolimata E85 bensiini 28% võrra madalamast energiasaldusest vähenes Saab 9-5 paagitäie E85 kütuse kasutamisel suurenenud mootorivõimsuse arvel läbitud kilometraaž vaid 18% võrra. Kui turbolaadimisega Saab 9-5 BioPower mootor oleks olnud optimeeritud E85 kasutamisel 130 kW peale, võinuks läbitud kilometraaž olla teoreetiliselt 30% parem – vaid 5 % väikesem, võrreldes puhta bensiini kasutamisega. E85 bensiin talub kompressiooniastet 15 või enamgi, kuid bensiini kompressiooniaste jääb alla 10[18].

Võrdluseks olgu toodud, et diiselmootorite kompressiooniaste on 13 piires ning see on üheks teguriks, miks diiselmootoritega autodel on kütusekulu väiksem, võrreldes bensiinil töötavate autodega. E85 bensiini kasutamise oluliste eeliste hulka tuleb arvestada ka vingugaasi CO ja kasvuhoone efekti põhjustavate gaaside väiksemat emissiooni (Joonis 3.4 ja 3.5).



Joonis 3.4. Vingugaasi vähenemine heitgaasides etanooli kasutamisel [18]



Joonis 3.5. Kasvuhoonegaaside vähenemine heitgaasides etanooli kasutamisel [18].

Mootorikütuse E10 kasutamisel väheneb heitgaasides vingugaasi sisaldus, võrreldes puhta bensiiniga 20% ja E85 kasutamisel 40% võrra. Kasvuhoone efekti põhjustavate gaaside sisaldus langeb E10 kasutamisel ligi 30%, ning E85 puhul 40%. Veel on leitud, et E85 alandab heitgaaside NOx sisaldust 10% ja sulfaatide emissiooni 80%. Etanooli lisamine bensiinile vähendab ka tahmaosakeste arvu heitgaasides. E10 puhul väheneb uutes autodes tahma osakeste emissioon 36 % võrra ja vanematel autodel kuni 22 %[18].

Etanooli kõrval peetakse ökoloogiliselt ohutuks tulevikukütuseks ka gaasilist vesinikku. Võrreldes naftasaaduste või etanooliga on vesiniku kasutusel enam riskitegureid. Joonisel 3.6. on toodud riskifaktorid naftasaaduste, vesiniku ja etanooli kohta.

	Nafta	Vesinik	Etanool
Energiavarustuse risk	Kõrge	Madal	Madal
Hind kilomeetri kohta	Ajas tõusev	Kõrge?	Madal
Infrastruktuuri maksumus	Madal	Väga kõrge	Madal
Tehnoloogiline risk	Väga madal	Väga kõrge	Madal
Risk keskkonnale	Väga kõrge	Madal-kõrge?	Madal
Teostuse risk	Väga madal	Väga kõrge	Madal
Huvigruppide vastuseis	Väga kõrge	Kõrge	Madal
Poliitilised raskused	?	Kõrge	Madal
Rõhu all hoidmise vajadus	Määratlemata	Väga kõrge	Madal

Joonis 3.6. Naftasaaduste, vesiniku ja etanooli riskivõrdlus mootorikütusena [18]

Jooniselt järeldub, et bioetanooli kasutamisel mootorikütusena on riskifaktorid (energiavarustuse risk, hind kilomeetri kohta, infrastruktuuri maksumus, tehnoloogiline risk, keskkonna riskid, teostuse risk, huvigruppide vastuseis, poliitilised raskused ja rõhu all hoidmise vajadus), võrreldes naftaproduktide ja vesinikuga, tervikuna kõige madalamal tasemel. Tehnoloogiline ja teostuslik risk on naftasaaduste puhul madalamad kui etanooli puhul, mis on mõistetav selle produkti kasutuse sajandipikkuse kogemuse tulemusena. Vesinikkütuse puudused seostuvad eelkõige selle hoidmises kõrge surve all, spetsiaalsete tankimisjaamade rajamise ning tootmise kõrge energeetilise kuluga. Vesiniku tootmiseks kasutatavast elektrienergiast kulub vaid 30 vesiniku saamiseks[18].

Järgnevalt on näidatud etanooli omadused, mis on olulised kui seda kasutada kütusena:

- Etanool on hügrokoopne (ümbrisevast õhukeskkonnast vee sidumisvõime) ja täielikult vees lahustuv, 10% alkoholi lisandiga kütus absorbeerib 50korda rohkem vett kuitavaline kütus.;
 - Etanooli on võimalik kasutada ka bensiini oktaanarvu tõstmiseks;
 - Etanool reageerib mitmete elastomeeride ja terasega, seetõttu tuleb materjalide ühilduvusele tähelepanu pöörata;
 - Etanool on biolagunev;
 - Etanooli kütteväärtus on ruumalapõhiselt 68% ja massipõhiselt 63% bensiini kütteväärtusest (kui bensiinis sisaldub vähe etanooli, siis on täheldatud, et sõidukite kütusetarbimine ei kasva). Etanooli kütteväärtus on 7,5 MWh/t (6,0 MWh/m³), ETBE kütteväärtus on 10,0 MWh/t (7,5 MWh/m³). Bensiini kütteväärtus on 12 MWh/t.
 - Alkoholid head lahustuvust kasutatakse tihti puhastamisel. Etanool lahustab sadestised kütusemahutites ja torudes, mille tõttu tuleb filtreid vahetada tihedasti;
 - Alkoholidel on halvad määrdomadused. Koos alkoholi puhastusomadustega võib see suurendada kütusesüsteemi osade (nt pumpade) kiiremat kulumist;
 - Alkoholid juhivad paremini elektrit kui bensiin ja diislikütus, mis tõstab galvaanilise korrosiooni tekke riski;
 - Alkoholi aurustamine vajab ligikaudu kolm korda rohkem energiat kui bensiini aurustamine, seega on lenduvusemissioon madalam, ka bensiini ja alkoholidel segudel;
- Oksüdeerumise stabiilsus sõltub säilitustingimustest nt temperatuurist. Oksüdeerumine võib viia vaigu tekkele bensiini ja etanooli segu säilitusmahutites;
- Vesi etanooli ja bensiini segudes võib tekitada kihistumist.
 - Etanool ei ole mürgine (denatureerimata kujul) ega reosta loodust ka pinnasesse sattudes.

Kuigi etanooli eelpoolnimetatud omadused võivad tekitada kahtlusi etanooli sobivuses kasutamisel kütusena, on siiski tõestatud, et etanool ja etanooli ja bensiini segu on sobivad mootorikütuseks. Kasutamine ei ole problemaatiline kui materjalide ühilduvust võetakse arvesse, ning kui välditakse setete teket mahutites ning kütuse etteandesüsteemis. Kui etanooli kasutatakse segus bensiiniga tuleb vee sisaldus hoida võimalikult madalal, et vähendada kütuse korrosiivset toimet[18].

3.2.1. Kütusesegude kasutamine

Kõrged segud

Kõrged segud, kui 10 mahuprotsenti ja enam bioetanooli segus bensiin+bioetanool, nõuavad kasutamiseks kohaldatud sõidukeid, seevastu aga madalad segud ei nõua. Kõrged segud oma suure bioetanooli sisaldusega asendavad jällegi efektiivsemalt fossiilkütuseid ja vähendavad oluliselt nende heitmeid, sõltuvalt asjaolust, kuidas on nad valmistatud. Tulenevalt mõningate fossiilkütuste ja bioetanooli omaduste erinevusest on kõrgemate segude kasutamiseks vajalikud modifitseeritud mootori ja kütusesüsteemiga sõidukid. Samuti tuleb kohaldada tankimiseks vajalikke kütusepumpasid ning-mahuteid[18].

Kõrgete küttesegude kasutamine:

- E 85-85% dehüdreeritud bioetanooli ja 15% fossiilbensiini segus. Nõuab erimärgistust ja omaette pumpa tanklas müümiseks. Kõige otstarbekam on tanklas omada ka omaette mahutit bioetanooliga, millest tankimisautomaat segab bensiinina kokku kas E-88,45 või 25 segu vastavalt ostja soovib.
- E 100-100% dehüdreerimata etanool (alkoholi mahuprotsent 93-96). Kasutatav väljaspool ELi BEST projekti raames Hiinas Nanyangi bussidel ja Sao-Paolos.
- ED 95-95,5% bioetanooli ja 3,5% keemilisi lisandeid survest süttimise kindlustamiseks. Kasutati ümberehitatud diiselmootoriga bussides (peamiselt Scania)ja ümberkohaldatud rasketes diiselveokites, peamiselt Rootsi prügiautod ja puksiirid[18].

Madalad segud

Madalad segud kätkevad endas võimalusi asendada suurel hulgal tarbitavaid fossiilkütuseid ilma mingite ümberehitusteta sõidukites või neid teenindavas taristus. Täna on üleeuroopaline standardkütus (mitte Eestis) üks vähemkulukamaid võimalusi fossiilkütuste asendamisel.

Madalaid etanooli segusid bensiinis ja diislikütuses on eriti ETBE liinis Euroopas kasutatud alates 1990. aastate algusest. 2009.a. kehtestati FQD nõuetega, et kuni 10% bioetanooli sisaldust on bensiinis standardne koosseis ja seetõttu on testitud bensiinina E5 ja E10 müüdavad üle Euroopa (Tabel 3.3). Lisaks E10 bensiinile testiti järgmisi variante:

- HE-15-katsetati Rotterdamis, sisaldab 15% dehüdreerimata etanooli ja 85% fossiilbensiini. Kasutati ümberehitamata bensiiniautodes, põhiliselt kontrollimaks Brasiilia standardit kus 25% on bensiinis minimaalne etanoolisegu. FQD ei tunnista Euroopas HE-15 bensiinina, kuid eraldi tähistades saab seda müüa. Saab sõita, kuid tema pikemaajalisem mõju küttesüsteemi seisukorrale vajaks täiendavat uurimist.

E Diisel 7,7% dehüdreerimata etanooli 0,62% nitrolisandeid ja diislikütus. Testiti võrdlussõidukis. Töötab diislikütusena kuid on diislist tuleohtlikum ja käidelda tuleb bensiini normide kohaselt.

- ED Diisel 10% bioetanooli derivaati (mitte puhas bioetanool) segatuna diislikütusega. Katsetatud kahes võrdlusbussis tavalise diiselmootoriga. Käideldi diislina[18].

Tabel 3.3. Euroopa Liidus kehtivad biokütuste segamise määrad [19].

Blending grade	EU Member State	Brief description
E10	France	Up to 10% v/v ethanol blending in gasoline
E85	Austria, Germany, France, Sweden	Up to 85% v/v ethanol blending in gasoline for so-called flexi-fuel vehicles (FFV)
B7	France	Up to 7% v/v FAME blending in diesel fuel
	Germany	Plus 3% of renewable diesel
B20	Poland	For captive fleets
B30	France	For captive fleets
	Czech Republic	For captive fleets
B100	Germany	For specially adapted vehicles

3.3. Bioetanooli toore, liigid ja tootmise tehnoloogiad

Eristatakse kahte peamist bioetanooli tootmise allikat suhkruid ja tärklisist sisaldavad taimed ja lignotselluloosed taimed. Vastavalt sellele, milliseid kasutatakse, nimetatakse saadavat bioetanooli kas esimese või teise põlvkonna bioetanooliks. Kolmanda põlvkonna bioetanooliks on hakatud nimetama seda toodet, mida valmistatakse geneetiliselt muundatud taimedest, milles sisalduvad valgud (ensüümid) on taimede hilisema töötlemise käigus võimelised tselluloosi ja hemitselluloosi lagundama suhkruteks[18].

Vastavalt Brasiilia suhkruroost valmistatud bioetanool on konkurentsituult parima energia efektiivsusega biokütus 9,3 Mj/MJ (Tabel 3.4). Samuti on see bioetanool on ka absoluutselt parima kasvuhoonegaaside (GHG) vältimise protsendiga 89%. Nii kõrget protsenti aitab saavutada ka see, et bioetanooli tootmisjäätgid (bagass) põletatakse kohalikes elektrijaamades või bioetanooli tehastes [20].

Tabel 3.4. Bioetanooli toorainete energeetiline väärtus ja kasvuhoonegaaside vältimise näitajad [20]

Raw material	Energy efficiency (Mj/MJ) ^a	GHG emissions saving (%)
Sugarcane ethanol	9.3	89 (61–91)
Cellulose residues (cane)	8.3–8.4	66–73
Manioc	1.6–1.7	63
Beet	1.2–1.8	35–56
Wheat	0.97–1.11	19–47
Com	0.6–2.0	30–38

Eestis võiksime bioetanooli tootmise lähtematerjalina (toormena) käsitleda – juurviljasid (kartul, suhkrupeet), teraviljasid (rukis, nisu, tritikale, oder), viljapõhku kui viljakasvatuse kõrvalprodukti (jäädet), looduslikel ja poollooduslikel rohumaadel kasvavat rohtu, puittaimi (peamiselt metsakasvatuse ja metsamajanduses tekkivaid jääke (metsakasvatuse jäägid,

raiejäägid), puitpõhise biomassi töötlemise kõrvalsaadusi (saepuru ja kõik muud töötlemisjäägid)) ja biojätmeid. Kui Eestis peaks mingil põhjusel lõpetatama tselluloosi ja paberi tootmine sobiks seal kasutatavat tooret töödelda 2 põlvkonna bioetanooliks (Rootsis on vastavaid näiteid). Tulevikus võiks etanooli tootmise lähtematerjalina proovida kasvatada ka (mikro-) vetikaid[18].

Kohaliku kartuli potentsiaal etanooli tootmisel on 5 050 l/ha ja energeetiline potentsiaal 107,6 GJ/ha. Kohaliku suhkrupeedi energeetiline potentsiaal etanooli tootmisel on keskmiselt 58 t/ha juurikaid, etanooli saagis 93 l/t ja saagikus 5 400 l/ha ning energeetiline potentsiaal 115,0 GJ/ha.

Kõrgeimad etanooli saagid on Eestis saadud talitritikale (Lamberto) – 3 283-4 756 l/ha ja talinisu (Bjorke) – 3 059-4 143 l/ha sortidelt. Talirukki sortide etanoolisaagid jäid vahemikku 1 840-3 216 l/ha. Kõigi suviviljade etanoolisaagid olid peaaegu poole madalamad taliviljade etanoolisaagist, jäädes vahemikku 1 444-2 252 l/ha. Uutest analüüsitud sortidest olid kõrgeima etanoolisaagiga tritikaled Kansas – 4 462 l/ha, Fidelio – 4 249 l/ha ja 4 037 – 4 188 l/ha; talinised Residence – 4 035 l/ha (Jõgeva Sordiaretuse Instituut). Järgnevas tabelis (Tabel 3.5) esitatakse välismaiseid andmeid erinevate energiakultuuride bioetanooli saagise [kg/(ha aasta)] ja selle maksumuse kohta[18].

Tabel 3.5. Erinevatest energiakultuuridest valmistatud bioetanooli saagis ja maksumus [20]

Type	Yield (t/ha/year)	Conversion rate to sugar or starch (%)	Conversion rate to bioethanol (l/ton)	Bioethanol yield (kg/ha/year)	Cost ^a (\$/m ³)
Sugar cane	70	12.5	70	4900	~160
Cassava	40	25	150	6000	700
Sweet sorghum	35	14	80	2800	200-300
Corn	5	69	410	2050	250-420
Wheat	4	66	390	1560	380-480

Märkus: sugar cane – suhkruroog, *cassava* – maniokk, sweet sorghum – magus sorgo, corn – mais, wheat – nisu.

3.4. Segamise määrad

Nii bioetanool kui ka biodiislikütus on madalama kütteväärtusega liitri kohta kui bensiin või diislikütus, mida nad vastavalt asendavad.

Suhtelised naftaproduktide ja biokütuste kütteväärtused on toodud järgnevas tabelis (Tabel 3.6).

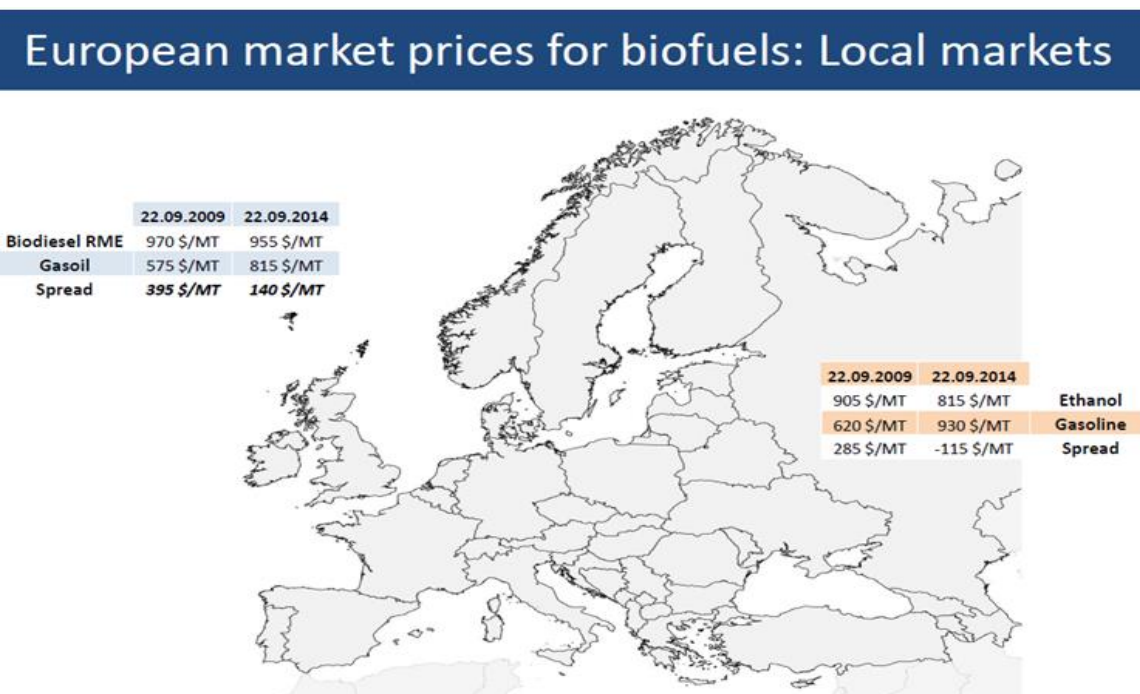
Tabel 3.6. Biokütuste kütteväärtused võrreldes naftaproduktide kütteväärtustega [21].

Fuel	Calorific Value (CV) (MJ/litre)	CV as fraction of petroleum product	Share of biofuel required to meet 10 per cent of petroleum product energy content
Ethanol	21.28	64.8%	14.6%
Biodiesel	33.10	90.5%	10.9%

Selleks, et asendada 10% kütuse energiat biokütusega on vaja, et bioetanooli mahuosakaal segus oleks 14,6%. Biodiislikütuse maht 10,9% segus on vajalik 10 protsendilise roheline energia sisaldusega segu jaoks. Mõlemal juhul segatud kütusel on väiksem kütteväärtus liitri kohta kui puhtas naftaproduktis, seega suurem maht segatud kütust on vajalik, et see vastaks energiasisalduse kohaselt. Siit võib järeldada, et kui maksud liitri kohta on võrdsed naftatoodetel ja biokütustel, siis maks energiaühiku kohta on biokütustel suurem [21].

3.5. Etanooli hinnad

Põllumajanduslikust toorainest toodetava absoluutse (100 %) bioetanooli omahinnaks oli Eestis ühe 2009. aasta uuringu kohaselt arvestatud 0,61 EUR/l ehk 0,8 EUR/kg. [18] Samas ka selle hinnaga tegevtootjaid praegu Eesti pole ja teadaolevalt ainus minitootja Kadarbiku Talu toodab etanooli hinnaga 1-1,50 EUR/l, et varustada sellega väikestes kogustes haiglaid ja laboreid. Täna sel päeval on see tootja töö lõpetanud.



Joonis 3.7. Bioetanooli ja biodiislikütuse hinnaerinevus võrreldes bensiiniga ja diislikütusega 2009. ja 2014. aastal [22].

Joonisel 3.7 on võetud vaatluse alla biodiislikütuse ja bioetanooli hinnad 2009. ja 2014. aastal, ning nende hinnaerinevus fossiilsete asendajatega: diislikütusegaga (Gasoil) ja bensiiniga

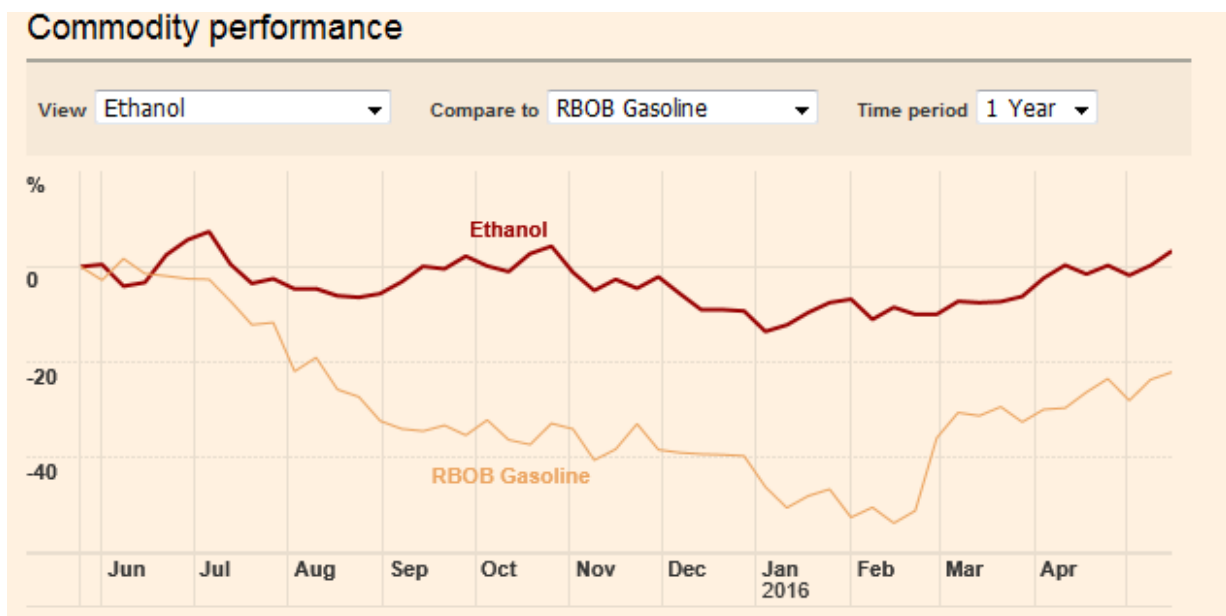
(Gasoline). Hinnavõrdlusest on näha, et biodiislikütuse konkurentsivõime on oluliselt nõrgem kui bioetanoolil [22].

Bioetanooli ja biodiislikütuse hinnaerinevus seisuga esimene kvartal 2017 esitatakse Tabelis 3.7. Segamise määrad on võetud vastavalt valitsuse otsustele punktis 1.5. ja bensiini tarbimisele 236 000 tonni aastas, ning diislikütuse tarbimisele 662 000 tonni (punkt 3.2).

Tabel 3.7. Bioetanooli ja biodiislikütuse hindade võrdlus bensiiniga ja diislikütusega [24], [25], [26], [27].

Hindade võrdlus 2017 aasta 1 kvartali seisuga , EUR			
1 Etanool (EUR sent)	0,56	Biodiisel RME (EUR sent)	0,93
2 Etanool teisaldatud energiaga (EUR sent)	0,75	Biodiisel teisaldatud energiaga (EUR sent)	1,02
3 Bensiin (EUR sent)	0,41	Diisel (EUR sent)	0,42
4 Hinnaerinevus liitri kohta (EUR sent)	0,34	Hinnaerinevus liitri kohta (EUR sent)	0,60
5 Tarbimise kogus aastas	236000	Tarbimise kogus aastas	662000
6 Eesti 2018 aastakulu segamisel 3,3%	2647920	Eesti 2018 aastakulu segamisel 3,3%	13107600
7 Eesti 2019 aastakulu segamisel 6,4%	5135360	Eesti 2019 aastakulu segamisel 6,4%	25420800
8 Eesti 2020aastakulu segamisel 10%	8024000	Eesti 2020 aastakulu segamisel 10%	39720000

Viimase aasta hinnagraafikust Joonisel 3.7. on näha, et etanooli maailma turuhind on väga lähedal bensiini maailmaturuhinnale ja ainult ekstreemne naftahinna langus alla 40 USD barrel viisid etanooli ja bensiini hinnad lahku. Samas märts-aprill 2016 on näha, et hinnagraafikud liiguvad teine teise juurde, sest ka naftahind on tõusnud tasemele 50 USD barreli eest[25].



Joonis 3.7 Etanooli ja bensiini hinna liikumine viimase aasta jooksul [25]

Kui vaadata bioetanooli saadavust, hinda, keskkonnoahutust ja 2. põlvkonna tootmistehnoloogia arenguid, siis võiks väita, et bioetanool oleks kõige ideaalsem biokütuseks, selleks et täita Eestis 10 % biokütuste Euroopa Liidu nõuet transpordisektoris. Ainukeseks suuremaks takistuseks on segamise-kasutamise piirang autofirmade poolt, mis on olunevalt autotootjast maksimaalselt 10-

15%, v.a Saab 9-5 BioPower näited punktis 3.2. Autori arvates see piirang on kahtlane, sest samad autotootjad lubavad juba praegu Brasiilias kuni 27% segamist ja see segamise % tõuseb seal oluliselt kiiremini, kui mujal maailmas. Siin võib-olla mängus autotootjate ja naftariikide kokkuleped, et pidurdada biokütuste kiiremat levikut ja kogu turu hinnataseme alanemist.

Tabel 3.6. Biotanooli ja biodiislikütuse tootmise ja tarbimise prognoos aastani 2022 [22].

OECD – Agricultural Outlook 2013 - 2022

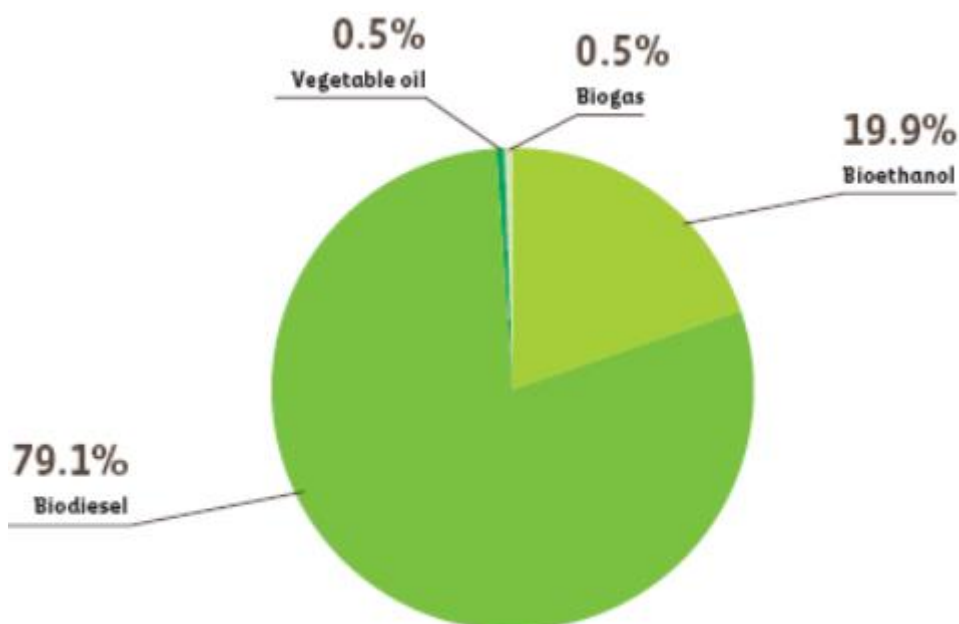
Ethanol	Biodiesel
<ul style="list-style-type: none"> • Production: 2013 - 113, 853 million litres 2022 – 167, 391 million litres <ul style="list-style-type: none"> • 32% increase • Consumption: 2013 – 113, 664 million litres 2022 – 167, 293 million litres <ul style="list-style-type: none"> • 32% increase 	<ul style="list-style-type: none"> • Production: 2013 - 28, 507 million litres 2022 – 40, 619 million litres <ul style="list-style-type: none"> • 30% increase • Consumption: 2013 – 28, 507 million litres 2022 – 40, 619 million litres <ul style="list-style-type: none"> • 30% increase

Arvestades hinnaelist, paremaid tehnoloogilisi arenguid ja tooraine kättesaadavust, OECD raport näitab ka aastaks 2022 etanoolile pisut suuremat kasvu, kui biodiislile, Tabel 3.6 [22]

4. Biodiislikütus

4.1. Ülevaade biodiislikütuse kasutamisest Euroopas ja maailmas.

Kui mujal maailmas on peamiseks transpordisektoris kasutatavaks vedelaks biokütuseks bioetanool, siis Euroopa Liidu riikides on selleks kindlalt biodiislikütus (joonis 4.1). 2012. aastal täheldati peaaegu kõikjal Euroopa Liidu territooriumil majanduskasvu, kuid samas kui 14 riigis suurenes biokütuste tarbimine (sh Prantsusmaa, Hispaania, Rootsi ja Soome), vähenes see 10 riigis (nt Suurbritannia, Poola, Ungari ja Itaalia). Ülejäänud kas ei võtnud biokütuse küsitlusest osa 2012. aastal (Malta ja Eesti) või ei täitnud küsitluslehte (Rumeenia). Tarbimise langusele mitmetes riikides võib pakkuda kaks põhjust - esiteks, et majanduskriis, mille tõttu teatud importivad riigid vähendasid oma ostusid ja teiseks teatav ebakindlus tulevaste Euroopa õigusaktide suhtes selles valdkonnas. Vedelate biokütuse tarbimise jagunemine liigiti oli enam-vähem sama kui eelnevatel aastatel, biodiislikütus moodustab 79,1% kogu tarbitavast biokütusest energiasisalduse järgi, teisena on kaugel maas bioetanool (19,9%). Puhas taimeõli ja biogaasi moodustasid 1 % kogutarbimisest (joonis 4.1) [34].



Joonis 4.1. Erinevat liiki biokütuste tarbimise osakaal ELis 2012. aastal (energiasisalduse alusel) [34].

Järgnevas tabelis 4.1 esitatakse andmed Euroopa Liidu riikide biodiislikütuse tootmise (s.h hüdrogeenitud taimeõli – HVO) ja tarbimise kohta 2012. aastal[28].

Tabel 4.1. Biodiislikütuse tootmine ja tarbimine ELis, (miljonit liitrit aastas) [28]

Table 7. Biodiesel & Renewable Diesel (HVO) (Million Liters)								
Calendar Year	2010	2011	2012^r	2013^r	2014^r	2015^e	2016^f	2017^f
Beginning Stocks	807	528	562	820	534	550	555	560
Production	10,707	11,041	11,082	11,983	13,341	13,535	13,680	14,155
<i>>of which HVO production</i>	430	467	933	1,531	2,388	2,356	2,558	2,865
Imports	2,400	3,164	3,293	1,393	632	538	530	545
Exports	117	100	116	416	183	243	320	260
Consumption	13,268	14,070	14,001	13,246	13,774	13,825	13,890	14,430
Ending Stocks	528	562	820	534	550	555	555	565
Production Capacity, Biodiesel								
Number of Biorefineries	250	266	267	250	238	237	237	238
Nameplate Capacity	23,201	24,727	26,384	25,852	25,440	24,927	24,927	25,495
Capacity Use (%)	44.3%	42.8%	38.5%	40.4%	43.1%	44.8%	44.6%	44.3%
Production Capacity, HVO								
Number of Biorefineries	1	4	4	5	10	11	11	13
Nameplate Capacity	430	1,610	1,610	1,745	2,748	2,863	2,863	4,260
Capacity Use (%)	100.0	28.9	58.0	87.7	86.9	82.5	89.6	67.4
Feedstock Use for Biodiesel + HVO (1,000 MT)								
Rapeseed oil	6,700	6,660	6,100	5,750	6,100	5,880	5,680	5,800
UCO	500	700	740	1,080	1,800	2,060	2,210	2,300
Palm oil	690	700	1,430	2,000	1,580	1,700	1,790	1,940
Soybean oil	1,085	950	740	860	890	800	880	930
Animal fats	300	340	360	415	920	970	980	1,000
Sunflower oil	140	280	300	300	320	330	300	305
Other (pine oil, fatty acids)	10	90	140	145	170	175	200	205
Market Penetration, Biodiesel + HVO (Million Liters)								
Biodiesel+HVO, on-road use	13,268	14,070	14,001	13,246	13,774	13,825	13,890	14,430
Diesel, on-road	192,156	192,919	189,046	189,022	194,022	194,780	195,380	195,990
Blend Rate (%)	6.9	7.3	7.4	7.0	7.1	7.1	7.1	7.4
Diesel, total use	267,656	261,954	257,768	257,095	256,065	256,000	256,000	256,000

HVO – hydroteated vegetable oil – hüdrogeenitud taimeõli, s.o teise põlvkonna biodiislikütus.

Järgnevas tabelis 4.2 tuuakse ära Euroopa Liidu suuremate biodiislikütuse peamised tootjad ja tootmisvõimsused.

Tabel 4.2. Euroopa peamiste biodiislikütuse tootjate tootmisvõimsused 2013. aastal (tonni) [34].

Capacity of Major Biodiesel Plants in Europe – Year 2013

	Plants	Capacity (mt)	Capacity (million gallons)
Diester	France (5), Germany (1), Italy (1), Belgium (1)	2,500,000	750
Neste Oil	Finland (2), Netherlands (1)	1,180,000	354
Biopetrol Industries	Germany (2), Netherlands (1)	1,000,000	300
ADM Biodiesel	Germany (3)	975,000	293
Infinita (Musim Mas)	Spain (2)	900,000	270
Marseglia Group	Italy (2)	560,000	168
Verbio	Germany (2)	450,000	135
Cargill/Agravis	Germany (2)	250,000	75
Petrotec	Germany (2), Spain (1)	185,000	56
	Total	8,000,000	2,400

Euroopa Liidu riikidest suurimad biodiislikütuse kasutajad transportsektoris olid 2012. aastal Prantsusmaa (2,3 Mtoe) ja Saksamaa (2,2 Mtoe), kus ka kogu kasutatav biodiislikütus on sertifitseeritud ja jätkusuutlikkuse kriteeriumidele vastav. Suured tarbijad on ka Hispaania ja Itaalia, kuid need ei kasuta sertifitseeritud ja jätkusuutlikkuse kriteeriumidele vastavat biodiislikütust (või puuduvad selle kohta usaldusväärsed andmed, Itaalia) [34].

Tabel 4.3. Bioetanooli ja biodiislikütuse tarbimine regiooniti (Mboe/d – Mboe/öp) [34].

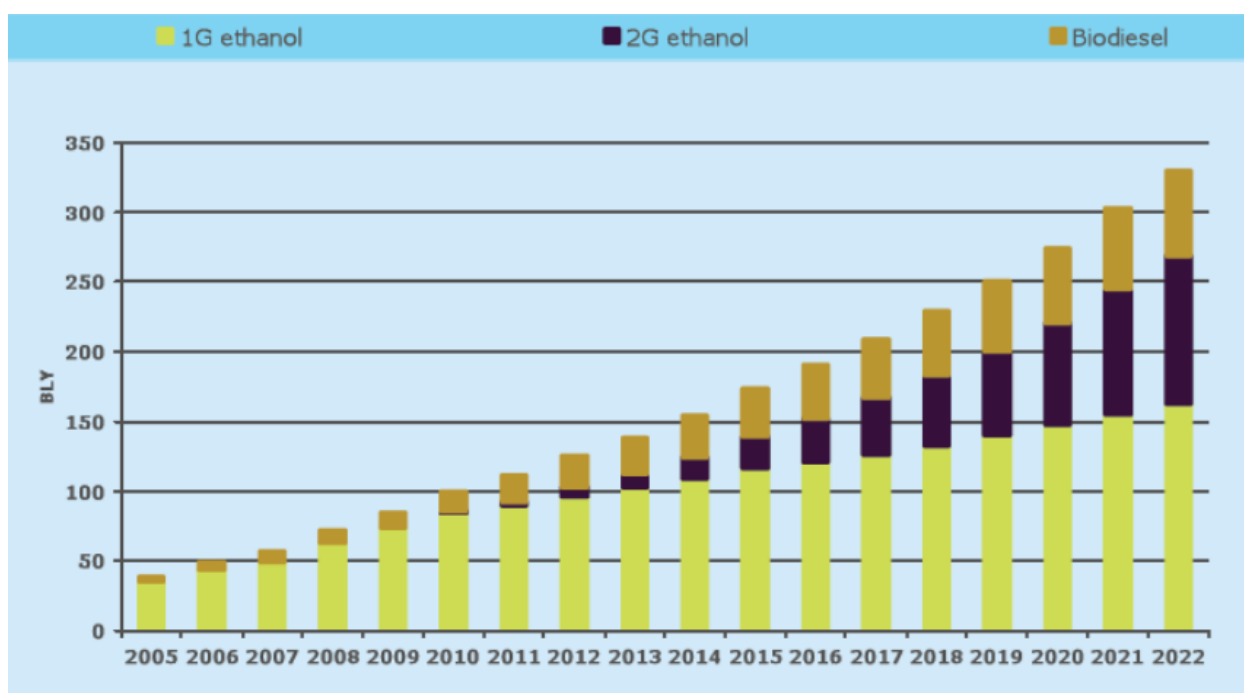
	Ethanol		Biodiesel		Total biofuels		Share of road transport	
	2010	2035	2010	2035	2010	2035	2010	2035
OECD	0.6	1.7	0.2	0.8	0.8	2.5	4%	13%
Americas	0.6	1.5	0.0	0.2	0.6	1.7	4%	15%
United States	0.6	1.4	0.0	0.2	0.6	1.7	5%	19%
Europe	0.0	0.2	0.2	0.5	0.2	0.7	4%	13%
Non-OECD	0.4	1.7	0.1	0.3	0.5	2.0	3%	6%
E. Europe/Eurasia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1%	2%
Asia	0.0	0.7	0.0	0.1	0.1	0.8	1%	4%
China	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1%	5%
India	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0%	5%
Latin America	0.3	0.9	0.1	0.1	0.4	1.0	12%	22%
Brazil	0.3	0.8	0.0	0.1	0.3	0.9	22%	37%
World	1.0	3.4	0.3	1.1	1.3	4.5	3%	8%
European Union	0.0	0.2	0.2	0.6	0.2	0.8	4%	16%

Märkus: Mboe/ööpäev – miljonit barrelit õli-ekvivalenti ööpäevas).

Maailma mastaabis on etanool jätkuvalt peamine biokütus, mis moodustab umbes kolm neljandikku biokütuste varust kogu perioodil ja tarbimine tõuseb 1,0 Mboe/ööpäev 2010. aastal 3,4 Mboe/ööpäevas 2035. aastal (Tabel 4.3).

Biodiislikütuse pakkumine suureneb 0,3 Mboe/ööpäev 2010. aastal 1,1 Mboe/ööpäevas 2035. aastal. Biodiislikütus omab potentsiaali eriti raskete kaubavedude vajaduse rahuldamisel, kuid tema võimalused asendada seal fossiilseid vedelkütuseid on palju piiratumad kui kergetes mootorsõidukites. Biodiislikütuse kasutamine on praegu veel vähe laiemalt toetatud ja kaasaegsemate biodiislikütuse valmistamise tehnoloogiate juurutamine kulgeb aeglaselt. Ameerika Ühendriikides on endiselt suurim biokütuste turg, kus nõudlus kasvab 0,6 Mboe/öp 2010. aastal 1,7 Mboe/öp 2035. aastal [34].

Joonisel 4.2. tuuakse ära biokütuste toodangu dünaamika kuni aastani 2022.



Joonis 4.2. Globaalne biokütuste toodang ja selle jätkuv kasv (mld liitrit aastas) [34].

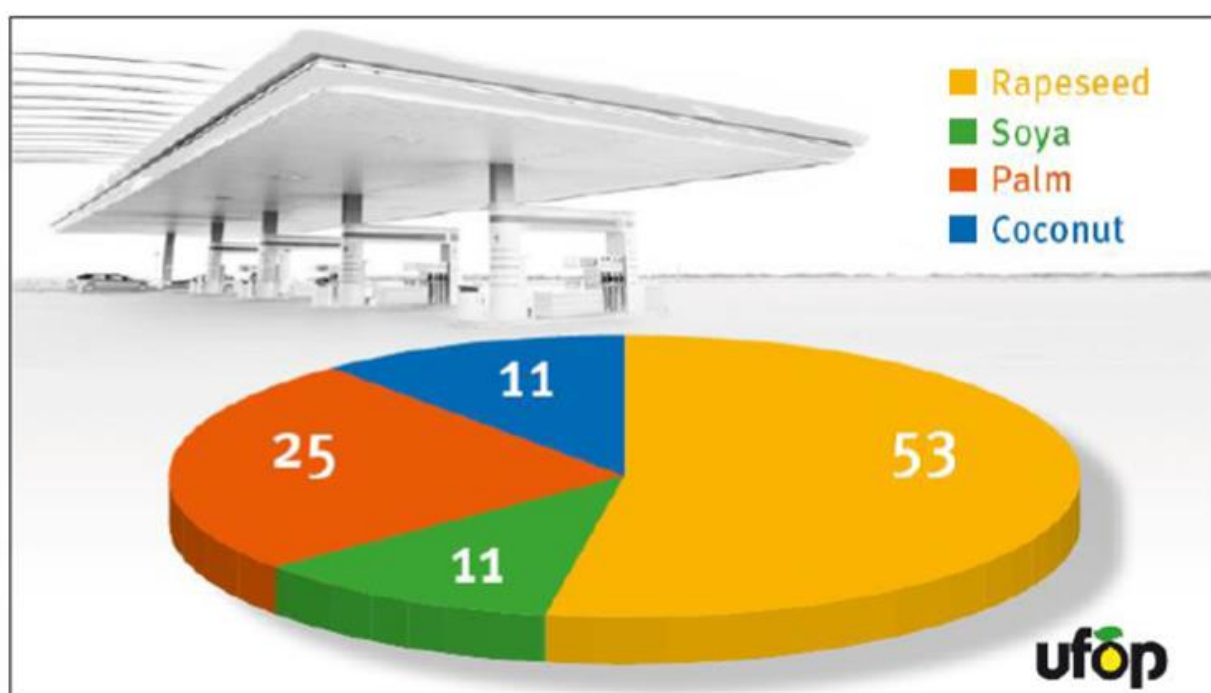
4.2. Biodiislikütuse tooraine

Alates biokütuste kasutuselevõtust on neid peetud CO₂ neutraalseteks kütusteks. Uuematel andmetel on selgunud, et mõnede tootmine on osutunud siiski üsna CO₂ mahukaks, eriti kui vaadelda kogu elukaart ja mõnede arvutuste järgi peetakse neid CO₂ heite seisukohast isegi kahjulikumateks kui fossiilseid kütuseid [34].

Euroopas toodetakse biodiislikütust ehk rasvhapete metüülestrit (FAME) peamiselt rapsiõlist. See peab vastama standardile EN 14214. Mujal maailmas kasutatakse toormena ka soja, Jathropa

palmi vilju, kookospähkleid jms (joonis 4.3). Oma keemilistelt omadustelt on biodiislikütus tavadiislikütusega sarnane. Teda kasutatakse enamasti fossiilse diislikütusega segus. Biokütus on ka külmpressitud taimeõli aga see ei sobi mootorikütuseks ilma sõiduki mootorit ümber ehitamata. Tavadiislikütusega võrreldes on biodiislikütuse energiasisaldus väiksem (vastavalt 43 MJ/kg ja 37 MJ/kg) [34].

Biodiislikütuse põhitooraineks Euroopas on rapsiõli, mille ostuhinnast sõltub valmistoodangu hind 79 % ulatuses. Mõnevõrra odavam oleks biodiislikütust toota sisseveetavast sojaõlist või palmiõlist, kuid Euroopas kehtiv biodiislikütuse standard sätestab joodarvu, mis sojaõlist valmistatud biodiislikütuse puhul ei vasta standardile (EN 14214), ning palmiõli biodiisel (PME) läheb tahkeks juba + 5+10 C kraadi puhul ja ei sobi meie Põhjamaa kliimasse[34].



Joonis 4.3. Biodiislikütuse valmistamise tooraine jaotus maailmas, % [34].

4.3. Biodiislikütuse hind ja tootmine

Alates 27.07.2005 kehtis Eestis biokütuste aktsiisivabastus, mis 2011. aastal kaotas kehtivuse. See võimaldas biodiislikütusel paremini konkureerida tavalise diislikütusega. Teisest küljest on Balti riikides diislikütus Euroopa maadest kõige odavam, mistõttu vaatamata aktsiisivabastusele biodiisli turustamine ei olnud väga rentaabel. Eestis toodetava biodiisli turustamine oleks võimalik riikides, kus on kõrge fossiilse diislikütuse hind ja kehtib aktsiisivabastus. Potentsiaalsed eksporditurud biodiislikütusele oleksid eelkõige aktsiisivabastusega riigid[34].

Tabel 4.4 Biodiisli tootmiskulude jaotus ja omahind 150 000 tonnise toodanguga tehase puhul [17]

Cost Item	USD \$	%
Annual rate of depreciation	2,064,459.53	1.19
Management and maintenance plant cost	15,941,280.00	9.19
Biomass cost (rapeseed oil)	137,493,540.00	79.28
Other costs	1,992,660.00	1.15
Processing cost	12,952,290.00	7.47
Transportation costs	2,988,990.00	1.72
Total production cost	173,433,219.53	100.00
Production cost per ton (USD/ton)	1,155.74	

Hinnakalkulatsioon Tabelis 4.4 tehtud ühe Itaalia 150 000 tonnise võimsusega biodiisli tehase kohta, mis kasutab oma toorainena rapsiõli. Aastal 2010 selle tehase rapsi biodiisli omahind oli umbes 1 EUR/kg. Seoses turgude madalseisuga, 2016 aasta rapsiõli turuhind on oluliselt madalam 0,74 EUR/kg, kuid ikkagi oluliselt kallim, kui on naftast toodetud diisel, tabel 4.5. Arvestades Euroopa Liidu 10% nõuet taastuvate kütuste osas, Eesti koguste jaoks oleks see tänastes hindades kulu 39 720 000 EURi. Lähteandmeteks on võetud Eesti aastane diisli tarbimine 662 000 tonni[Autori arvutused].

Tabel 4.5. Biodiislikütuse hindade võrdlus fossiilse diislikütusega 2017. aasta 1 kvartalis [24], [25], [26], [27].

Hindade võrdlus 2017 aasta 1 kvartali seisuga , EUR	
Biodiisel RME (EUR sent)	0,93
Biodiisel teisaldatud energiaga (EUR sent)	1,02
Diisel (EUR sent)	0,42
Hinnaerinevus liitri kohta (EUR sent)	0,60
Tarbimise kogus aastas	662000
Eesti 2018 aastakulu segamisel 3,3%	13107600
Eesti 2019 aastakulu segamisel 6,4%	25420800
Eesti 2020 aastakulu segamisel 10%	39720000

Võrdluseks Tabelis 4.6. võib tuua Euroopa Liidu 2011. aasta keskmise hinnangulise toetuse liitri kohta vahemikus 0,32-0,39 EUR/l kusjuures kogu toetuste summa oli 4,6-5,6 mld EURi.

Heaks elavaks hinnaindikaatoriks on Eesti tanklates alates 20.04.2017 Neste uus diislikütus Pro Diesel, mis sisaldab vähemalt 15 protsenti taastuvtoorainest toodetud teise põlvkonna biokomponenti HVO. Hinnaerinevus liitri kohta on 7 EUR/senti, mis teeks 236 000 tonnise kogutarbimise kohta 16,5 MEURi lisakulu aastas [24].

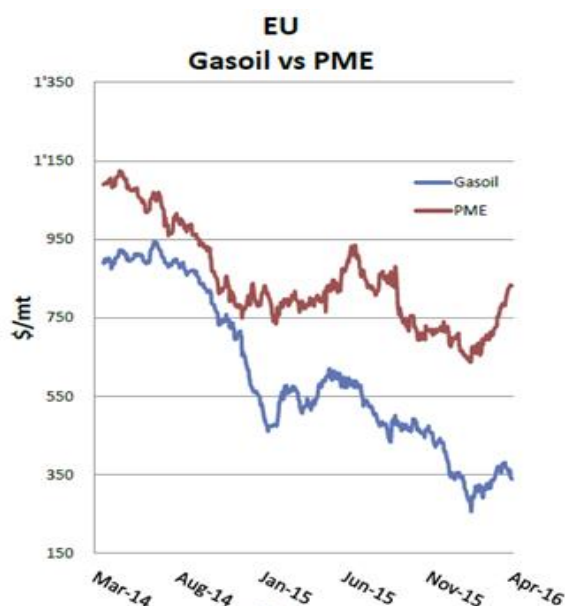
Tabel.4.6. Kokkuvõte Euroopa Liidu toetustest 2011. aastal [34].

TOTAL, EUROPEAN UNION	UNITS	
Subsidy to Ethanol	€ millions	906 - 1,324
Subsidy to Biodiesel	€ millions	4,608 - 5,571
Total Subsidy	€ millions	5,514 - 6,895

Euroopa suurima, Saksamaa, biodiisli tööstus töötab ainult 50%lise 2010. aasta koguvõimsuste koormatusega, Euroopa biodiislikütuse tootmisvõimsus on 20 mln tonni aastas, kusjuures vajadus on vaid 10-11,5 mln tonni käesoleval ajal[34].

Teisest küljest on biodiislikütuse nõudlus tasapisi kasvanud, mida toetavad EL riikide võetud 10% eesmärgid biokütuste segamise kohta fossiilsete mootorikütustega. Praegusel ajal on Euroopas ka teravilja ja õlikultuuride ületoodang, mida aitaks leevendada selle muundamine vedelateks biokütusteks[34].

Eestis on praktiliselt kõik seni töötanud ja mingis arendusjärgus olevad biodiislikütuse tehased oma töö või arenduses peatunud või pankrotistunud. Veel 2010. aastal töötas Eestis üks biodiislikütuse tehas ja tootis sel aastal 994 tonni (1,13 mln liitrit) biodiislikütust. Eestis puudub praegusel ajal nõudlus biodiislikütusele. Seoses selle nõudluse tekkega aastal 2017, mõni vanem Eesti tootmisvõimsus võiks oma tegevust taasalustada ja kasutada ära oma logistilise eelise välismaa tootjate ees[34].



Graafik 4.1. Viimase 3 aasta palmiõlist saadava biodiislikütuse ja naftast toodetava diislikütuse (gasoil) hinnaliikumised [22].

Graafikult 4.1 on näha, et ka kõige odavama palmiõli biodiisli (PME) konkurentsivõime võrreldes tavadiislikütusega (Gasoil) on väga halb. Viimased kuud on hinnavahe lausa üle 100%. Kui võtta sellesse võrdlusse rapsiõlist valmistatav biodiislikütus (RME) (Tabel 4.6), oleks see hinnavahe veelgi suurem. Isegi sügavate naftakriiside ajal, hoiab taimsete õlide hinnataset kukkumisest toiduainete turunõudlus. Tooraine hinnasõtluvus on oluliselt väiksem 2. põlvkonna biodiislikütusel, sest siis ta ei konkureeri toiduainete turuga[22].

Tabel 4.6. Viimase aasta palmiõli ja rapsiõli hinnavõrdlus [23].

Month	Palm oil Price (US Dollars per Metric Ton)	Rapeseed Oil Price (US Dollars per Metric Ton)
Oct 2015	530.25	805.18
Nov 2015	503.16	778.37
Dec 2015	520.60	810.67
Jan 2016	531.62	777.90
Feb 2016	595.90	778.94
Mar 2016	633.07	767.37
Apr 2016	681.08	804.60

4.4. Biodiislikütuse potentsiaali kasutamise eeldused

Biokütustele kehtinud aktsiisivabastus Eestis ei täitnud oma otstarvet, see vabastus lõpetati ja ei ole lähitulevikus ette näha, et biokütuste aktsiisivabastus taastataks. Keskkonna ja inimese tervise huvides on kehtestatud nõuded ja standardid kütustele. Standardi EN 590 kohaselt ei tohi diislikütus sisaldada mahuliselt rohkem kui 5% biodiislikütust (energiasisaldus 4,6%)[34].

Eestis on kehtestatud vedelkütustele esitatud nõuded Keskkonnaministri 19. mai 2005. a määrusega nr 38 „Vedelkütustele esitatavad keskkonnanõuded ning biokütuste säästlikkuse kriteeriumid ja nende tõendamise kord“ (lisaks on vastu võetud määrus „Keskkonnaministri 19. mai 2005. a määruse nr 38 „Vedelkütustele esitatavad keskkonnanõuded ning biokütuste säästlikkuse kriteeriumid ja nende tõendamise kord“ muutmine. Vastu võetud 29.05.2012 nr 19), mis sätestab, et biokütuseid sisaldavad mineraalõlide derivaadid peavad vastavama kvaliteedistandarditele EVS-EN 228 (pliiivaba bensiin) ja EVS-EN 590 (diislikütus), siis on lubatud nende riiki sisse vedamine ja müümine. Biodiislikütust võib sisse vedada ja müüa 100%-lises kontsentratsioonis, kui see vastab standardile EVS-EN 14214:2004. Samuti on määratud

kütuste müümisel kehtivad nõuded. Kui mineraalõlide derivaatidesse on segatud biodiislikütust või bioetanooli rohkem kui 5%, tuleb müügipunktides kasutada bensiniidil märgistust E ja diislikütustel märgistust BIO, millele lisatakse biokomponendi arvuline sisaldus protsentides.

Standard EVS-EN 14214:2004 esitab nõuded ja katsemeetodid turustatavale ja tarnitavale rasvhappe metüülestrile (FAME), mida kasutatakse kas 100%-lises kontsentratsioonis autodiiselmootorikütusena või autodiiselmootori kütuse ekstendina vastavalt EN 590 nõuetele. 100% FAME standard kütusele, mida kasutatakse 100%-lise FAME jaoks konstrueeritud või hiljem kohandatud diiselmootoriga autodes [34].

Biodiislikütuse kasutamisel fossiilse diislikütuse asemel on rida puudusi:

- biodiislikütusel on väikeses kontsentratsioonis parem määrimisvõime ja ta säästab mootorit, kuid 100%-line biodiislikütus kahjustab tavapäraseid kummist detaile;
- nõuab filtrite ja õli kaks korda sagedamat vahetust;
- biodiislikütuse viskoossus on $7,4 \text{ mm}^2/\text{s}$ võrreldes fossiilse diislikütuse näitajaga $4 \text{ mm}^2/\text{s}$, mis raskendab mootori käivitamist temperatuuril alla 0°C (reguleeritav lisanditega);
- kergesti vahutav (reguleeritav lisanditega);
- biodiislikütusel on väiksem energiasisaldus kui fossiilsel diislikütusel;
- nõuab eritingimusi hoiustamisel, sest on vahem stabiilne, võrreldes tavadiislikütusega;
- vanade mootorite kütusesüsteemid ei ole biokütusesegule sobivad;

Biodiislikütuse leektäpp on palju suurem, kui tavalisel diislikütusel ja seetõttu on teda ohutu hoida ja käsitleda. Pinnasesse või vette sattudes ta laguneb üsna ruttu. Tema viskoossus ja süttimisomadused on lähedased tavalise diislikütuse omadega. Biodiislikütuses olev alkoholi komponent sisaldab hapnikku, mis soodustab kütuse täielikku põlemist. Probleemiks on, et seistes biodiislikütus oksüdeerub. Tema hoidmisel tuleb kasutada stabiliseerivaid lisandeid. Biodiislikütusel on mõned lahustitega sarnased omadused. Seetõttu ta võib lahustada plastikust ja kummist detaile nagu tihendid, kütusevoolikud (Tabel 4.7.). See võib põhjustada probleeme mootorites, mis pole biodiislikütusele kohandatud. Kui mootor on töötanud pikka aega tavalise diislikütusega ja siis kasutada biodiislikütust lahustab ja leotab see lahti sette kütusepaagis, ummistub kütusefilter. Üle 20% biodiislikütust sisaldava segu kasutamisel tuleks mootoris asendada mõned biodiislikütuse lahustavale omadusele tundlikud detailid[34].

Pikaajalisel säilitamisel (mõned kuud, sõltuvalt säilitamise tingimustest) võib tekkida seente kasv. Kokkupuude veega vähendab biodiislikütuse kvaliteeti ja säilivusaega. Biodiislikütuse oksüdeerumise tõttu langeb kütuse kvaliteet õhuga kokkupuutel[34].

Tabel 4.7. Enam levinud probleemid biodiislikütuse kasutamisel, kui selle osakaal kütuses on suurem kui 5% [34].

Probleem	Võimalik lahendus
Tihendite lühike eluiga	Eriti uuematel sõidukitel tuleks asendada tavalised kummi- ja plastmassosad spetsiaalsetega, selleks on olemas teatud tihendikomplektid.
Biodiislikütus hangub, kui temperatuur on alla $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$	Standardi kohaselt tuleb kütusesse lisada teatud kemikaali. Kasutada talvel fossiilset diislikütust.
Sõidukitootjate garantii kaotamine (v.a kui biolisandit on kuni 5%)	See on probleemiks eelkõige uute sõidukite puhul, kuid näiteks Eestis kasutatavad ühissõidukid (sh bussid) on enamasti vanad.
Elektrooniliste seadmetega sõidukid ei ole töökindlad	See on probleemiks eelkõige uute sõidukite puhul, kuid näiteks Eestis kasutatavad ühissõidukid (sh bussid) on enamasti vanad.
Kontroll kütusesegu üle ei pruugi olla tagatud	Riik rakendab meetmeid, et kontrollida aktsiisiladusid ja tagada laborite olemasolu

4.5. Biodiislikütuse kasutamise keskkonna aspektid

Biodiislikütus on:

- bioloogiliselt kergesti lagunev, ei ohusta õnnetuste korral pinnast ning põhjavett,
- toodetakse taastuvatest ressurssidest,
- põletamisel paiskub atmosfääri ligikaudu samapalju CO_2 , kui taimed, millest toorõli toodetakse oma eluea jooksul on endasse sidunud,
- on väävlivaba (alla 0,001%),
- tahmaemissioon väheneb kuni 50%,
- ei sisalda bensooli ega ka teisi aromaateid ühendeid.
- on biolagundatav, 28 päeva jooksul laguneb vees 88% biodiislikütusest. [34]

Euroopa Komisjon soovib kasutada järgmisi iLUC (indirect land use change) tegureid:

- tärklis sisaldavad toorained: 12 g CO_2 eq/MJ,
- suhkruid sisaldavad toorained: 13 g CO_2 eq/MJ,
- taimeõlid (raps, soja, palmiõli): 55 g CO_2 -eq/MJ,
- biokütused jäätmetest ja jääkidest: 0g CO_2 eq/MJ. [34].

Näeme, et biodiislikütuse tootmise ekvivalentne CO_2 heide, kaudse maakasutuse muutuse järgi, on suurem kui bioetanoolil, mistõttu oleks viimast mõistlikum toota[34].

Biodiislikütus ei ole mürgine. Suukaudsel manustamisel surmatoov doos (LD50) on suurem kui 17,4 grammi ühe kilogrammi kehakaalu kohta. Võrdluseks võib tuua, et keedusool (NaCl) on peaaegu 10 korda mürgisem[34].

24-tunnine test inimese nahal on näidanud, et lahjendamata biodiislikütus põhjustab väga vähest ärritust. Põhjustatud ärritus oli väiksem, kui sama test sooritati 4% seebiveelahusega[34].

5. Elektriautod

Elektriauto on auto, mis liigub elektrimootori jõul. Elektriautot käitab üks või mitu elektrimootorit, mille toiteallikateks on akud või kütuseelemendid.

Elektri auto eelised sisepõlemismootoriga auto ees:

- keskkonda ei saasta otseselt heitgaasid, küll aga kaudselt,
- elektriautod on väiksemad,
- pidurdamisel saab osa elektrienergiast taas akudesse laadida, kui kasutada mootorit elektrigeneraatorina,
- elektriauto kilomeetri hind on mitu korda odavam kui sisepõlemismootoriga autol, (15-20 kWh/100 km ehk u 1,5-2 €/100 km),
- elektriautol on hea kiirendusvõime [29].

Elektriautode puudused sisepõlemismootoriga autoga võrreldes:

- akud on suure massiga;
- akude laadimine kestab kaua – kiirlaadimisega ca 30 minutit, tavalaadimisega 8-10 tundi;
- ühe laadimisega saab sõita 60-180 km (sõltuvalt mudelist ja ilmastikuoludest);
- auto hind (ilma toetuseta) on kõrgem kui võrreldaval bensiini- või diiselmootoriga mudelil;
- auto põhikomponent aku on väga kallis kõrgtehnoloogiline seade, mille mahtuvus väheneb ajas (5 aasta pärast 80% algsest);
- akude tootmisel kasutatakse materjale, mis keskkonda ladestudes on mürgised [29].

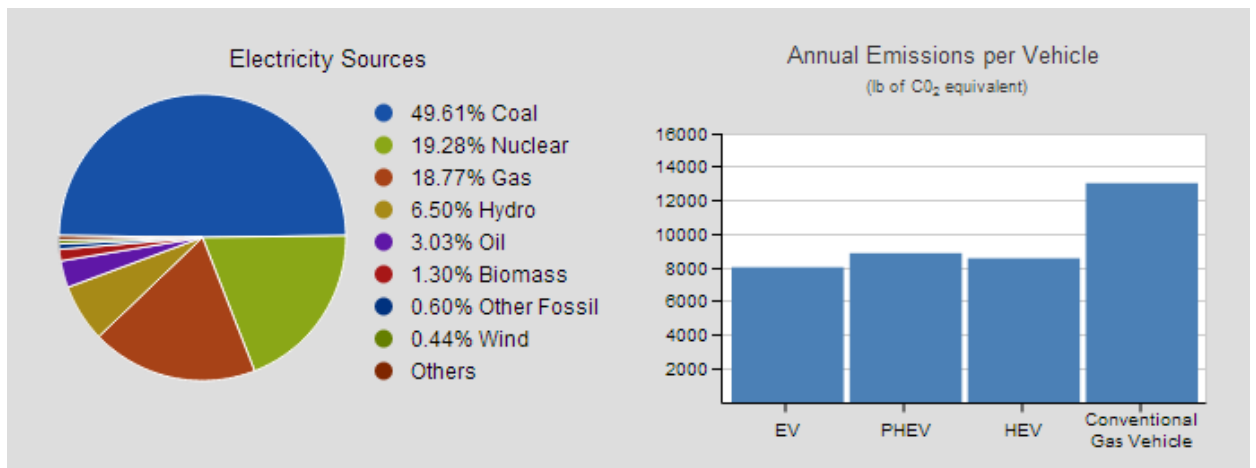
Elektriauto heitgaasid

Eelmises alajaotises oli välja toodud, et elektriautod ei saasta keskkonda otseselt. Sõidu ajal ei välju autost õhku heitgaase, kuid nad tekivad kaudselt ehk elektritootmisel, mida auto kasutab energiaallikana (nn kütusena).

Elektritootmisel on Eestis põhiliseks kütuseks põlevkivi, mille osakaal on umbes 85%.

Heitgaaside koguste poolest on põlevkivi võrreldav kivisöega. Kuigi vanad tolmpõletuskatlad on suures osas välja vahetatud keevkihtkatelde vastu, mis paiskavad õhku vähem heitmeid, siiski ei saa rääkida „puhtast“ energiast, mida elektriauto kasutab.

Joonisel 5.1 on välja toodud elektriauto heitgaaside kogused, võttes arvesse elektritootmist, mis on võetud USA näitel, kuna Eesti riigisisest statistikat selliste andmete kohta käesoleval hetkel ei eksisteeri[30].



Joonis 5.1. Elektriauto heitgaaside kogused vastavalt elektritootmise viisile [30].

Erinevate elektrisõidukite aastased emissioonide hulgad (EV- elektriauto; PHEV – pistik tüüpi hübriidauto; HEV – hübriidauto).

Mõõtuhiuks on välja toodud naeltes aastased süsihappegaasi kogused. Samuti kivisöe osakaal on umbes 50% elektritoodangust, samas Eesti põlevkivi osakaal on ligi 90%. Päris üks-ühele ei ole andmed viidavad üle Eesti tingimustesse, kuid siiski võib saada hea ettekujutuse, kui suuri heitgaasi koguseid elektriauto „toodab“, võrreldes tavalise bensiiniautoga. Jooniselt on näha, et erinevus süsihappegaaside kogustes on umbes 30% [30].

Võib arvata, et elektriauto väljastab kaudselt vähem heitgaase, kui bensiini- või diiselauto, kuid arvesse on veel võtmata ka akude tootmine, mille tarbeks kasutatakse liitiumi. Seega võib oletada, et tegelikkuses elektriauto heitgaaside kogused ei erine sugugi või on isegi kõrgemad võrreldes bensiini- või diiselautoga [30].

5.1 ELMO - Eesti elektromobiilsuse programm

Vabariigi Valitsus sõlmis 2011. aasta märtsis Mitsubishi Corporationiga lepingu 10 miljoni EURi ulatuses saastekvoodi müügiks, et algatada Eesti elektromobiilsuse programm. Programm koosnes kolmest osast:

- Sotsiaalministeeriumi poolt võeti näidiskasutusse 507 Mitsubishi iMiev elektriautot,
- Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt töötati välja toetuskeem eraisikutele ja juriidilistele isikutele elektriautode ostu toetamiseks ning
- rajati kogu riiki kattev elektriautode laadimistaristu. Ostutoetuse jagamist ning kiirlaadimisvõrgu haldamist korraldas SA KredEx [29].

Programmi eesmärgiks oli kiirendada elektriautode kasutuselevõtmist Eestis ja aidata kaasa riigi poolt võetud eesmärgi täitmisele taastavenergia kasutuse suurendamisel transpordis aastaks

2020. Toetust elektriautode ostuks sai taotleda alates 18.07.2011 kuni 06.08.2014. Elektriautode kiirlaadimisvõrgu rajas Eestisse ABB. ELMO programmi vahenditest toetati 657 elektriauto ja laetava pistikhübriidi soetamist Programmi perioodiks oli 2011-2014, mis vastab Kyoto protokollil alusel toimuva saastekvoodi kaubanduse perioodile. Ajavahemikus 2011-2014 on SA KredEx eraldanud toetusi kogumahas 10,5 miljonit eurot, keskmine toetuse summa ühe auto kohta 16 500 eurot. Elektriautode ostutoetuse abil on Eesti teedele tulnud üle 650 elektriauto [29].

5.2 Elektriautode prognoos aastaks 2020

Peale ELMO programmi lõppemist Eestis müüdi 2015 aastal kokku vaid 34 elektriauto ja langus oli koguni 90%, võrreldes 2014. aastaga, vahendas Autode Müügi- ja Teenindusettevõtete Eesti Liit (AMTEL) [31].

Elektriautode müügi kukkumise põhjuseks võib pidada CO₂ kvootide müügist teenitud raha lõppemist, misjärel riik enam elektriautode soetamist ega tarbimist ei toeta. Transpordi arengukavas on seoses elektriautodega ainus meede see, et tagatakse kiirlaadijate võrgu toimimine. Erinevad pehmed meetmed, nagu tasuta parkimine ja luba sõita ühistranspordi real elektriautode ostutegevust ei mõjuta piisavalt.

Tänaseks, Autode Müügi- ja Teenindusettevõtete Eesti Liit (AMTEL) andmetel, sõidab Eestis 1200-1300 elektriauto. See teeb umbes 0,1-0,15% autode üldarvust. Kokku on Eestis 829 000 registreeritud sõidukit[31]. Arvestades eelmise 2015 aasta registreeritud elektriautode arvu (34) ja sellega langustendentsi 90% ulatuses, siis on raske ette kujutada kuni 1% st elektriautode osakaalu Eestis aastaks 2020, mida Majandus-Kommunikatsiooni Ministerium oma ettekannetes loodab.

6. Bioetanooli ja biodiislikütuse Euroopa Liidu tootmiste ja tarbimise stsenaariumid aastaks 2020

6.1 Tarbimise struktuur

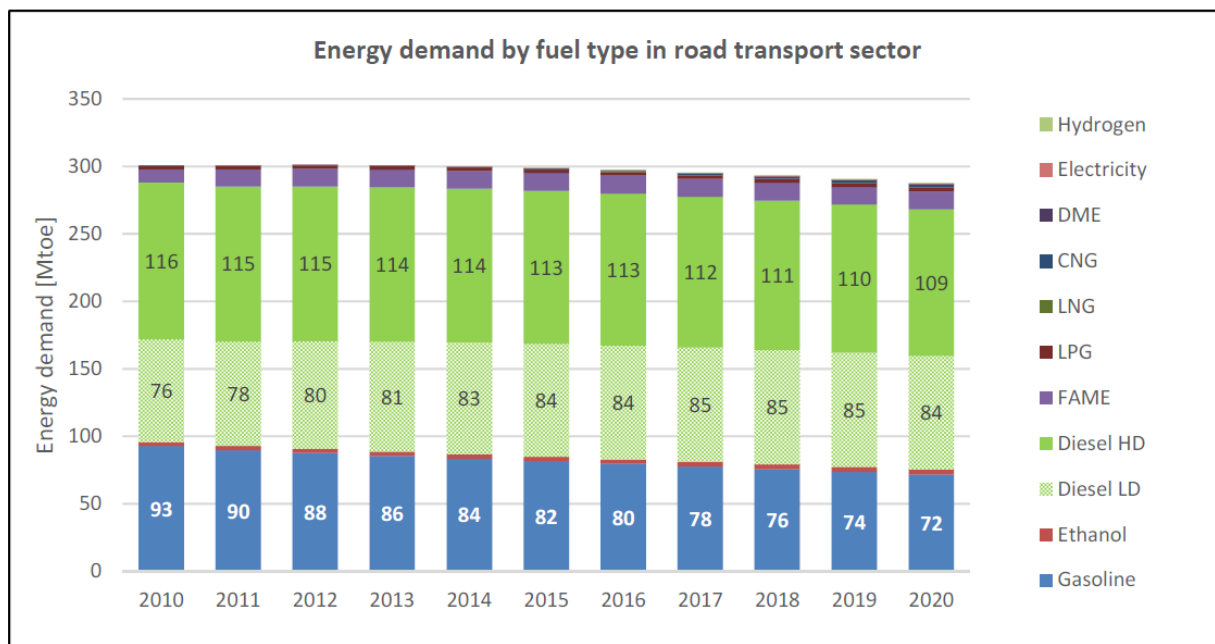
Tabeli 6.1. ja Joonise 6.1. analüüs näitab meile, et Euroopa Liidu bensiini tarbimine langeb väärtuselt 93 Mtoe 2010. aastal kuni väärtuseni 72 Mtoe aastaks 2020, ehk - 23%. Diislikütuse üldtarbimine kümne aastaga ei muutu ja jääb 190 Mtoe ringi. Bensiini asemele aastaks 2020 tulevad väikses mahus bioetanool 3,7 Mtoe, surugaas CNG 2,4 Mtoe, vedelgaas LPG/LNG 3,4 Mtoe ja diislikütusesse segatuna biodiislikütuse komponent FAME 13 Mtoe. Kokku on fossiilkütuste kogus 261 Mtoe ja alternatiivkütusteid ainult 27 Mtoe, ehk umbes 10% ja see on koos CNG/LPG/LNGga ja elektriautodega[19].

Tabel 6.1. Kütuste tarbimise kogused ELis 2010-2020, Mtoe [19].

Road fuel (Mtoe)	2010	2015	2020
Gasoline fossil to Car	91	79	69
Gasoline fossil to LCV	2.5	2.8	3.0
Sum fossil Gasoline	93	82	72
Diesel fossil to Car	76	83	83
Diesel fossil to LCV	28	26	22
Diesel fossil to HD	88	86	85
Sum fossil Diesel	192	195	189
Fossil Diesel to Gasoline ratio (road only)	2.1	2.4	2.6
CNG	0.2	0.8	2.4
<i>Of which CBG</i>	<i>0.0</i>	<i>0.1</i>	<i>0.5</i>
LPG	2.5	2.5	3.0
LNG	0.1	0.2	0.4
H2	0.0	0.0	0.0
FAME	9.8	13.2	13.0
HVO/co-processing	0.4	2.3	3.0
BTL	0.0	0.0	0.4
Butanol	0.0	0.3	0.3
Adv. DME	0.0	0.0	0.1
Total Ethanol	2.9	3.2	3.7
<i>Of which food/energy based</i>	<i>2.6</i>	<i>2.6</i>	<i>3.0</i>
<i>Of which non-food/energy based</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6</i>	<i>0.7</i>
Electricity	0.0	0.1	0.3
<i>Of which Renewable Electricity</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>
Sum road	301	299	288

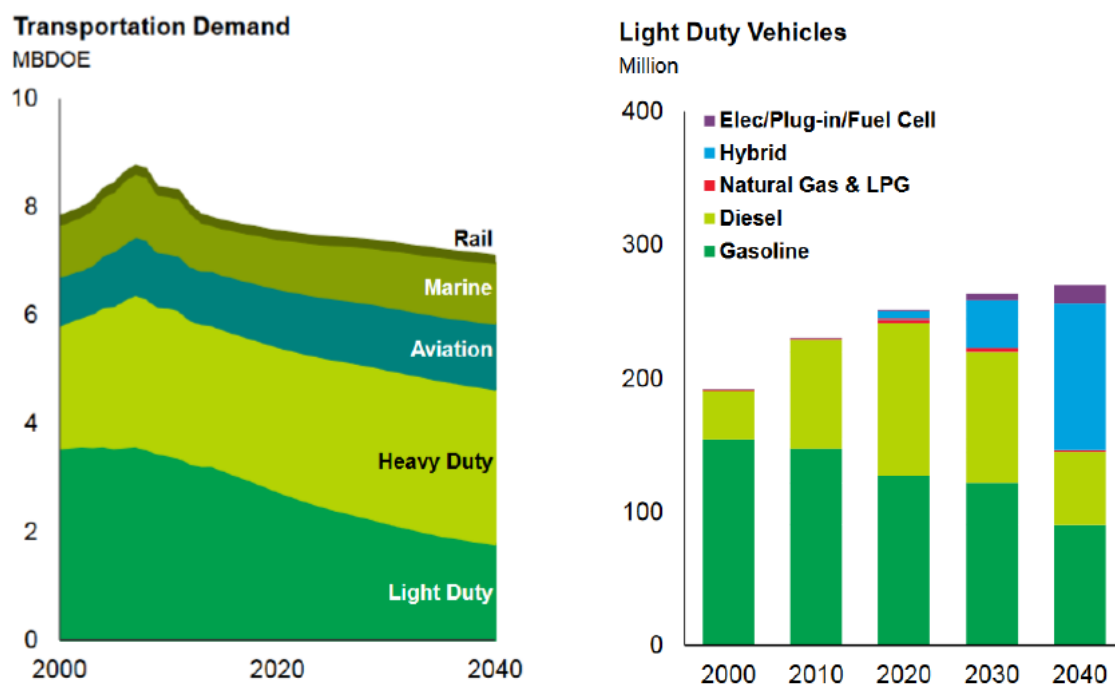
Alternatiivkütused nagu CNG, LPG ja LNG on kahe aasta pärast ikkagi väga marginaalsed. Selleks, et täita 10 % taastuvat kütust transpordis on endiselt vaja suures koguses esimese

põlvkonna biodiislikütust FAME, sest teise põlvkonna biokütused HVO, BTL näitavad väga marginaalset tõusu [19].



Joonis 6.1. Kütuste tarbimise struktuur ELis 2010-20120 [19].

Joonised 6.1. ja 6.2. näitavad meile küll mõningast fossiilkütuste tarbimise langust diislikütuse ja bensiini näol, kuid aastaks 2020 on endiselt nende osakaal tugevalt üle 95%. Kuna tugevat tõusu järgmiseks kümneks aastaks näitab hübriidmootoriga autode kasv, siis see seletab ka transpordi kasutatud üldenergia kasutamise langust [19].



Source: ExxonMobil 2016 Outlook for Energy

Joonis 6.2. Kütuste tarbimise struktuur 2000-2040 [32].

6.2 Biokütuste hinnamuutused

Praegune biokütuste doteerimine ja kohustusliku segamise nõue peaks ükskord lõppema. Selleks, et see juhtuks, peavad biokütuste tootmishinnad konkureerima fossiilkütuste hindadega. Kui hästi või halvasti need biokütuste hinnad konkureerivad 3-4 aasta pärast fossiilsete kütustega sõltub:

- tehnoloogiate arengutest,
- toorainete hindadest,
- inimkonna majandusarengutest, sisemajanduse koguprodukti kasvust (SKP),
- fossiilkütuste hinnast, eeskätt naftahinnast[33].

On juba selge, et aastaks 2020 on turul endiselt enamuses esimese põlvkonna bioetanool ja biodiislikütus (Joonis 6.1.). Teise põlvkonna arvestavad tootmiskogused võivad tulla mõnedest hüdrogeenimise protsessi kasutatavatest õlitehastest (HVO), kus toodanguks biomassist toodetud vedelkütused (BTL) ja lignotselluloose fermenteerimise protsessina toodetud bioetanool (Tabel 6.1) [33].

Biofuel	Raw material	Scale											
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
First generation ethanol	Maize												
First generation ethanol	Wheat												
Second generation ethanol	Waste lignocellulose												
First generation biodiesel	Rapeseed oil												
First generation biodiesel	Palm oil												
Second generation biodiesel	Waste oil												
HVO	Palm oil												
BTL	Wood												

Tabel 6.2. Biokütuste tootmistehnoloogiate areng 2015-2020 aastal [33]

Biokütuste toorainete hinnad on kriitilise tähtsusega tasuvuse arvutamisel. Biokütuste tasuvus sõltub nende toorainest ja ka nafta hinnast, mis on peamine konkureeriv toode. Biokütuste tooraine hindade ennustamisel kasutatakse kolmeastmelist lähenemist:

Esiteks on hinnatud naftahinna mõju igauhe biokütuse liigi tootmisel. Teiseks, on arvatud kõik määramata väärtused (ehk koefitsiendid) aastateks 2015 ja 2020. Seoses sellega, et on huvi vaadata, kuidas mõjutavad erinevad naftahinna väärtused toorainete hindadele on pakutud kolm stsenaariumi aastaks 2020[33].

Kolmandaks, hinnangu tulemused ja koefitsiendid olid korrutatud stsenaariumite tulemustega biokütuste hindade aastatel 2015 ja 2010 saamiseks[33].

Tooraine hinna prognoosimisel esimese sammuna võetakse arvesse erinevate komponentide suhted ja nende muutused ajas.

$$pB_{k,t} = \alpha + \beta_{1,k} pO_{t-1} + \beta_{2,k} pA_{t-1} + \beta_{3,k} pGDP_{t-1} + \chi_{1,k} POP_{t-1} + \chi_{2,k} GDP/POP_{t-1} + \chi_{3,k} EN/POP_{t-1} + \varepsilon_{k,t}$$

$pB_{k,t}$ - antud valemis on otsitav maisi hind; pO - nafta hind, (Brent EUR/barrel); pA - põllumajandus saaduste index; POP - maailma populatsiooni kasv; GDP/POP - sissetulek inimese kohta; EN/POP - energia tarbimine inimese kohta; $pGDP$ - maailma inflatsioon; t - ajaindeks kuudes; α - constant; β ja χ - leitavad parameetrid; ε - ajakestus; k - vea tingimus[33].

Tabel 6.3. Aasta keskmised tooraine hinnad 1982-2010 [33]

Year	Crude oil		Maize	Wheat	Rapeseed oil	Palm oil	Wood	
	[€/barrel]	[€/t]	[€/t]	[€/t]	[€/t]	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]
1982	29	362	98	146	380	333	172	286
1983	31	217	141	163	525	435	179	298
1984	34	239	159	179	807	704	228	380
1985	34	243	141	170	683	524	198	331
1986	14	98	86	111	350	206	176	294
1987	15	107	62	93	286	233	219	364
1988	12	84	86	117	431	290	214	356
1989	15	109	95	144	406	247	278	464
1990	17	120	81	101	319	178	269	449
1991	15	106	83	99	320	215	285	474
1992	14	99	76	111	296	238	308	513
1993	14	99	85	117	385	260	433	722
1994	13	94	90	125	517	362	467	779
1995	13	93	94	135	482	410	396	661
1996	16	112	127	161	436	362	407	678
1997	17	120	103	140	495	431	419	699
1998	12	84	92	114	568	541	344	573
1999	17	121	84	105	399	350	422	703
2000	31	218	95	123	373	280	476	793
2001	27	193	100	141	437	266	430	717
2002	27	189	106	157	509	379	421	701
2003	26	183	94	130	537	365	372	619
2004	30	217	90	127	576	351	366	610
2005	43	306	79	122	578	295	392	654
2006	51	365	97	153	678	332	433	721
2007	52	369	120	186	737	524	412	686
2008	65	463	151	220	961	578	406	676
2009	44	314	119	161	614	462	394	657
2010	59	423	140	168	760	646	426	709

Toorainete hinnad Tabelis 6.2 on võetud juhtivatelt maailma börsidelt, kasutades portaali Index Mundi. Tooraine hinnavalemi komponendid on kalkuleeritud ARMAX modelleerimise abil. ARMAX modelleerimine on töövahend, mis kasutades ajaloolisi andmeid ja tuleviku trende kalkuleerib tulemuste liikumisi vaadeldavate aastate jooksul [33].

Tabel 6.4. ARMAX mudeli tulemused [33]

	Maize		Wheat		Rapes		Palm		Wood	
	Coeff.	Std.E.	Coeff.	Std.E.	Coeff.	Std.E.	Coeff.	Std.E.	Coeff.	Std.E.
pO	0.58	0.11 ***	0.78	0.17 ***	3.88	0.83 ***	3.65	0.66 ***	1.19	0.30 ***
pA	0.61	0.10 ***	0.56	0.15 ***	2.86	0.61 ***	1.79	0.45 ***		
pGDP	4.93	2.55 *	9.51	2.52 ***	21.98	17.47	24.52	17.31	18.66	6.22 ***
POP	-0.02	0.06	-0.03	0.04	-0.10	0.33	0.21	0.31	0.42	0.12 ***
GDP/CAP	0.05	0.05	0.11	0.03 ***	0.40	0.29	-0.01	0.27	-0.21	0.11 *
EN/CAP	-0.11	0.17	-0.29	0.11 **	-0.89	1.10	-0.83	0.87	-0.48	0.36
Const	41	104	123	56 **	78	503	192	419	-424	292
ar(L1)	0.01	171	0.02	38	0.01	110	0.02	37	1.00	0.00 ***
ma(L1)	0.31	0.16 *	0.38	0.06 **	-0.08	0.04 **	0.52	0.04 ***	0.02	0.09
ma(L12)	-1.02	0.28 ***	-0.12	0.31	-0.67	0.17 ***	-0.03	0.46	-0.82	0.14 ***
Sigma	4.57	0.68 ***	8.86	0.46 ***	35.10	2.61 ***	30.27	0.90 ***	12.45	0.92 ***
LogLikelihood		-1,225		-1,333		-1,890		-1,791		-1,545
No. observ.		361		361		361		361		361

Tabel 6.3 näitab arvutuste tulemusi. Statistika järgi nafta hind näitab olulist mõju toorainete hindadele. Rapsi ja palmiõli sõltuvad naftahindadest kõige rohkem, teisest küljest maisi ja nisu hinnad sõltuvad naftast kõige vähem. Puidu hinna sõltuvus on keskmine[33].

Teises sammus olid määratud kõik peamised muutuvad väärtused (s.h. pO, pA, pGDP, gPOP, GDP/POP ja EN/POP) aastateks 2015 ja 2020. Toornafta (pO) stsenaariumid on võetud tasemele 50 EUR, 100 EUR, 150 EUR ja 200 EUR barreli kohta. Teised näitajad tulevad Maailma Arengu raportist: (POP) rahvastiku kasv kasvaks 1 % aastas, ühe elaniku kohta koguprodukti kasv 2,5% aastas (GDP/POP), energia tarbimise kasv 1,25% aastas (GDP/POP), põllumajandus saaduste hinnakasv 5% aastas (pA) ja maailma inflatsioon 6% aastas (pGDP) [33].

Kalkuleerimise näitena on välja toodud maisi hind aastal 2020, kui toornafta hind on 50 EUR/barell:

$$pB_{maize,2020} = 40.847 + 0.58054 \cdot 50 + 0.60792 \cdot 184.68 + 0.04907 \cdot 7809 + \\ -0.01642 \cdot 7582 + 4.9345 \cdot 6.0 + -0.11149 \cdot 2136$$

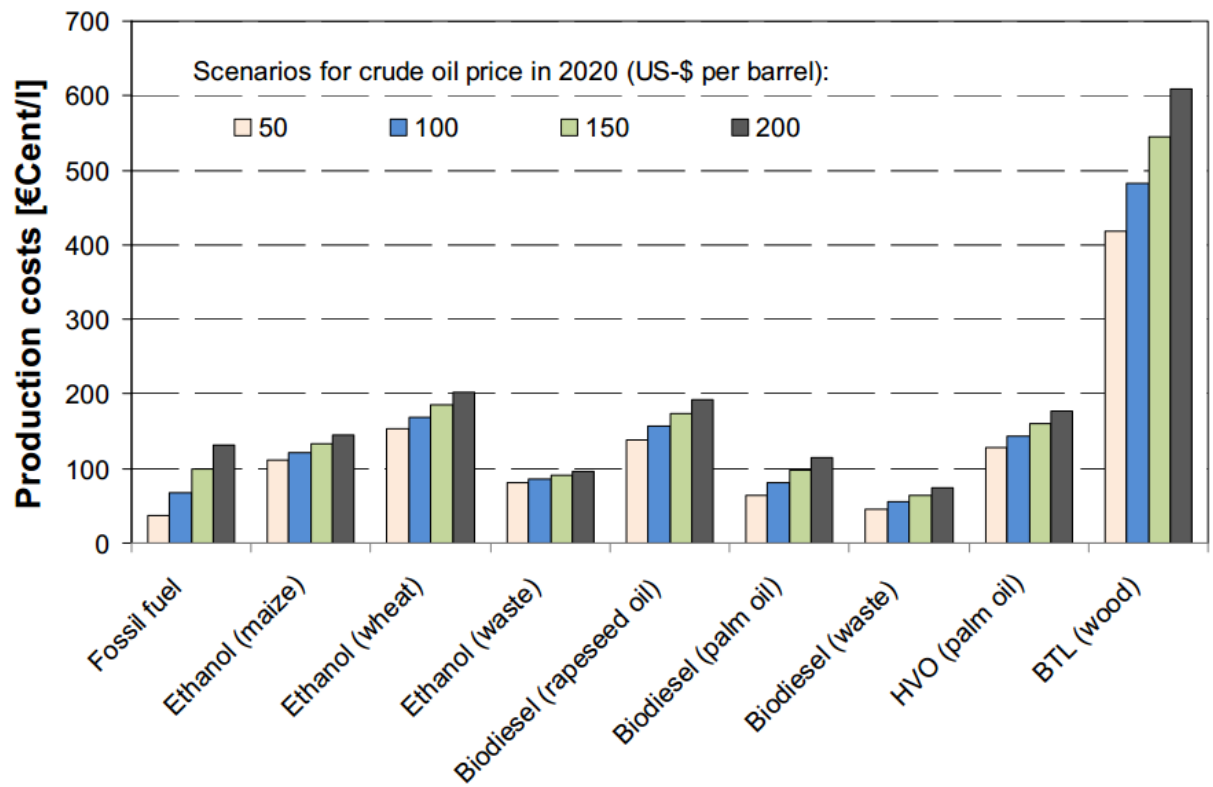
Tabel 6.4. näitab kalkuleeritud tuleviku hindu aastateks 2015 ja 2020, ning reaalsed ja kalkuleeritud hinda aastaks 2010. Nagu näha 2010 aastata näitajate osas, et reaalsed hinnad on madalamad, kui on kalkuleeritud hinnad. See on seotud sellega, et 2009. oli hindade suur kukkumine, seoses finants pekulatsioonidega toorainete turul. [33]

Tabel 6.5. Tegelikud aasta keskmised toorainete hinnad aastal 2010 ja hinnaprognos aastatele 2015 ja 2020 [33]

Year		Crude oil		Maize	Wheat	Rapeseed oil	Palm oil	Wood	
		€/barrel	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/m3	€/t
2010	actual	59	423	140	168	760	646	426	709
	predicted	59	423	159	211	910	591	468	780
2015		50	356	184	245	1,079	548	381	635
		100	712	213	284	1,273	731	441	734
		150	1,068	242	323	1,467	913	500	834
		200	1,425	271	362	1,661	1,095	560	933
2020		50	356	232	317	1,405	582	286	476
		100	712	261	356	1,599	764	345	576
		150	1,068	290	395	1,793	947	405	675
		200	1,425	319	434	1,987	1,129	465	775
2020		- rate of change (%) over actual level in 2010 -							
		50	-16	66	89	85	-10	-33	-33
		100	68	87	112	110	18	-19	-19
		150	153	108	135	136	46	-5	-5
	200	237	129	159	161	75	9	9	

Lisaks tooraine hindadele ja arvestades viimaseid tehnoloogilisi arenguid on eelnevasse tabelisse lisatud tootmiskulud (Conversation costs) ja fossiilkütuste tootmise kulud [33].

Nagu tulemustest (Tabel 6.5. ja Graafik 6.1) on näha, et hinna poolest oleksid konkurentsivõimelised biodiislikütus mis on toodetud jäätmetest (Waste), palmiõlist (Palm Oil) ja lignotselluloosest toormest toodetud etanool (Waste). Kahjuks esimene lahendus ei sobi seoses jääkõlde mitte piisavate koguste pärast ja palmiõlist biodiislikütus ei sobi meie kliimavööndisse, kuna muutub tahkeks juba +5°C juures. Bioetanooli tootmine on otstarbekas ainult juhul kui toornafta hind on üle 100 EUR barreli. Praeguste teadmiste juures on Eestile sobilik rapsist tehtud biodiislikütus (RME), mis tänaste toornafta hindadega on üle kahe korra tavadiislikütusest kallim[33].



Graafik 6.1. Kütuste tootmishinnad aastal 2020 [33]

Tabel 6.6. Kõikide stsenaariumide tootmishinnad [33]

(Bio-) Fuel	Raw material	Conversion [t/t]	Crude oil price [€/barrel]	Raw material costs [€/Cent/l]		Conversion costs [€/Cent/l]		Total costs [€/Cent/l]		Energy density [MJ/l]	Total costs [€/Cent/l]	
				2015	2020	2015	2020	2015	2020		2015	2020
Fossil fuel	Crude oil	---	50	31.45	31.45	5.00	5.00	36.45	36.45	33.65	36.45	36.45
			100	62.89	62.89	5.00	5.00	67.89	67.89		67.89	67.89
			150	94.34	94.34	5.00	5.00	99.34	99.34		99.34	99.34
			200	125.79	125.79	5.00	5.00	130.79	130.79		130.79	130.79
Ethanol (maize)	Maize	400	50	45.96	58.06	20.37	11.42	66.33	69.49	21.14	105.58	110.61
			100	53.21	65.32	20.37	11.42	73.58	76.74		117.13	122.16
			150	60.47	72.58	20.37	11.42	80.84	84.00		128.68	133.71
			200	67.73	79.83	20.37	11.42	88.10	91.26		140.23	145.26
Ethanol (wheat)	Wheat	375	50	65.32	84.63	20.37	11.42	85.69	96.06	21.14	136.40	152.90
			100	75.73	95.04	20.37	11.42	96.10	106.46		152.96	169.46
			150	86.13	105.44	20.37	11.42	106.50	116.87		169.53	186.02
			200	96.54	115.85	20.37	11.42	116.91	127.27		186.09	202.59
Ethanol (waste)	Ligno- cellulosic waste material	250	50	18.38	23.22	80.46	28.00	98.84	51.22	21.14	157.34	81.54
			100	21.29	26.13	80.46	28.00	101.75	54.13		161.96	86.16
			150	24.19	29.03	80.46	28.00	104.65	57.03		166.58	90.78
			200	27.09	31.93	80.46	28.00	107.55	59.93		171.20	95.40
Biodiesel (rapeseed oil)	Rape seed oil	1100	50	98.07	127.77	17.26	8.10	115.33	135.86	33.03	117.49	138.41
			100	115.70	145.40	17.26	8.10	132.96	153.50		135.46	156.38
			150	133.34	163.04	17.26	8.10	150.60	171.14		153.43	174.35
			200	150.97	180.68	17.26	8.10	168.24	188.77		171.39	192.32
Biodiesel (palm oil)	Palm oil	1100	50	49.84	52.93	17.26	8.10	67.11	61.03	32.26	70.00	63.66
			100	66.41	69.50	17.26	8.10	83.68	77.60		87.28	80.94
			150	82.98	86.07	17.26	8.10	100.24	94.16		104.56	98.22
			200	99.55	102.64	17.26	8.10	116.81	110.73		121.85	115.50
Biodiesel (waste)	Waste oil	1000	50	27.41	29.11	32.59	15.02	60.00	44.13	32.68	61.78	45.44
			100	36.53	38.22	32.59	15.02	69.12	53.25		71.17	54.83
			150	45.64	47.34	32.59	15.02	78.23	62.36		80.55	64.21
			200	54.75	56.45	32.59	15.02	87.34	71.47		89.93	73.59
HVO (palm oil)	Palm oil	1100	50	49.84	52.93	170.51	77.32	220.36	130.25	34.3	216.18	127.78
			100	66.41	69.50	170.51	77.32	236.93	146.82		232.44	144.04
			150	82.98	86.07	170.51	77.32	253.50	163.39		248.69	160.29
			200	99.55	102.64	170.51	77.32	270.07	179.96		264.95	176.55
BTL (wood)	Wood	158	50	401.72	301.46	421.31	114.74	823.03	416.21	33.45	827.95	418.69
			100	464.69	364.43	421.31	114.74	885.99	479.17		891.29	482.03
			150	527.65	427.39	421.31	114.74	948.96	542.13		954.63	545.37
			200	590.61	490.35	421.31	114.74	1011.92	605.10		1017.97	608.72

Praegune Euroopa biokütuste tööstus põhineb ikkagi 1. põlvkonna tehnoloogiat kasutavatel tehastel. Tabelis 6.6. on välja toodud 2. põlvkonna tehnoloogiat kasutavad biokütuste tehased. Nende tootmismahd kokku on 4 575 miljonit liitrit, siis kui kogu Euroopa vedelate biokütuste tootmismahd on 19 295 miljonit liitrit. Kokku on Euroopa Liidu tarbimine on 416 000 miljonit liitrit. Samas on 2. põlvkonna osakaal suurenenud viimased 2-3 aastat kümnetes protsentides, millele aitab kaasa topelt arvestuse süsteem RED direktiivi järgi [28].

Tabel 6.7. Teise põlvkonna biokütuste tootmisvõimsused Euroopas [28].

Table 11. Advanced Biofuels Plants in the EU					
Country	Process	Biofuel	Feedstock	Capacity (million liters per year)	Year of opening
Thermochemical					
Finland	H	HVO	Oils and fats	430 (2 lines)	2007
The Netherlands	P/FT	Methanol	Glycerin	250	2010
Spain	H	HVO	Oils and fats	700 (7 plants)	2011
The Netherlands	H	HVO	Oils and fats	1,280	2011
Italy	H	HVO	Palm Oil	465	2014
Finland	H	HVO	Tall Oil	115	2015
Italy	H	HVO	Oils and fats	680	2017
France	H	HVO	Oils and fats	570	2017
Biochemical					
Italy	HL/F	Ethanol	Wheat straw	75	2013
Finland	HL/F	Ethanol	Saw dust	10	2016

Source: EU FAS Posts BtL=Biomass to Liquid, DME=Dimethyl Ether, F=fermentation, FT=Fischer Tropsch synthesis, G=gasification, H=hydrogenation, HVO=Hydrogenated Vegetable Oils, HL=hydrolysis,

7. Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli anda ülevaade mis võimalused on Eestil täita 10% Euroopa Liidu taastuvate energiaallikate nõue transportsektoris aastaks 2020.

Kuna aastani 2020 on jäänud ainult kaks ja pool aastat ja see on energeetika valdkonna jaoks väga lühike aeg, siis autor analüüsis ainult töötavaid tehnoloogiaid, olemasolevaid taristuvõimalusi, tootmist ja hindas praegust turuolukorda hindade osas. Analüüsiks olid võetud: biometaani võimalused, etanooli segamine, biodiislikütuse segamine ja elektriautode kasutamine. Kõikide nende võimalike meetmete kohta on tehtud mitmeid uuringuid ja nüüd on riigile vaja teha nendest valik, et see 10% line kohustuse määr oleks täidetud ja optimaalsete kuludega, kuna ükski nendest 4 vahendist ei ole konkurentsivõimeline fosiilkütuste hindadega vabal turul.

Biometaani laialdasem tootmine ja kasutamine on kindlasti kõige atraktiivsem vahend, kui võtta arvesse üle 10 aasta perspektiivis ka sotsiaal-majanduslikke aspekte. Samas 3 aasta perspektiivis 10%ne bensiini ja diislikütuse asendamine biometaaniga on ebareaalne. Vaatamata ligi kahekordsele hinnavahele maagaasil sõitvaid (biometaani kasutamise eeldus) autosi on Eestis umbes 500 ringis, mis teeb autode koguarvust ainult 0,06%. Puudulik taristu ainult 5 tankla näol, väike ebamugavus tankimisel, kallim auto või vajadus ümber ehitada ja ebakindlus maagaasi maksustamise osas, teeb nii tarbijad kui autoärimehed ettevaatlikuks gaasiautode suuremal levikul Eestis. Kuni 1% biometaani tarbimist oleks reaalne saavutada läbi ühistranspordi kasutamise, kuid ka seal tulevad omad poliitilised takistused nagu näiteks Tallinna linnajuhtide riiklike plaanide ignoreerimine ja järjekordsete hübriidbusside soetamine. Viimane, riiklik 2016. aasta biometaani toetusprogramm 9 MEUR näol, katab ainult mõne uue tankla rajamise ja hinnaerinevuse kompenseerimine mõnes maakonnas, kui nad kasutaks biometaani. Sellised ettevaatlikud sammud ei soodusta ka biogaasi puhastusseadmete rajamist, et puhastada biometaaniks vähemalt see biogaasi kogus - 20 mln Nm³ -, mida praegused 18 biogaasijaama Eestis toodavad. Praeguste hindadega oleksid aastased biometaani ja maagaasi hinnavahe kompensatsiooni kulud 30 MEURi ringis ja investeeringu vajadused taristusse ja sõiduvahenditesse vahemikus 250-290 MEURi.

Kõige soodsam ja ka kõige reaalsem taastuvenergia liik transpordikütustes on tänase seisuga 1. põlvkonna bioetanooli kasutamine segatuna bensiiniga. Selle tootmise omahind Brasiilias on juba umbes 0,20 EUR/liiter ja isegi Euroopa Liidu tollimaksuga 0,19 EUR/liiter, ning transpordikuluga umbes 0,15 EUR/liiter, on bioetanool praeguse turuhinnaga 0,51 EUR/liiter kõige odavam biokütus turul. Lisaks hinnale on bioetanool biodiislikütusest puhtam ja

keskkonnasäästlikum nii tarbimisel kui ka tootmisel. Võrreldes biometaani bioetanooliga pole suuri probleeme taristuga ja selle turustamisel. Suuremaks takistuseks selle laialdasemal kasutamisel on seadusandlikud ja tehnilised põhjused, mis ei luba üle 10%si etanooli küttesegusid tavasõidukites kasutada. Lisaks sellele on bioetanooli turg piiratud sellega, et diislikütuse tarbimine on ligi 2/3 kogu transporditurust ja see on pigem veel suurenemas bensiini kahjuks. Selles küsimuses võib oodata lähiajal seaduseleevendusi, sest Brasiilias on hetkel lubatud 27%ne bensiini-etanooli segu. Eesti aastane kulu 10% etanooli segamisel bensiiniga oleks 8 MEURi. Eestis transpordi tarbeks bioetanooli tootmist ei ole ja selle rajamine aastaks 2020 on juba ebareaalne.

Euroopa kõige levinum transpordi biokütus on biodiislikütus, mida enamasti ka toodetakse koduturul, kuid nii Euroopa kui ka paljuski muu maailma toorainest. Võrreldes bioetanooliga on biodiislikütuse hind oluliselt kallim. Biodiislikütuse liitri hind praegu on 1,02 EURi, siis kui tavadiislikütuse hind maksudeta on 0,42 EURi liiter. Selline hinnavahe teeb Eestile 10% segamisel aasta kuluks 39,7 MEURi. Euroopas on suured lootused 2. põlvkonna biodiislikütusele, mis viiks omahinna alla ja tõstaks konkurentsivõimet võrreldes bioetanooliga, mis on paljuski imporditud. Eestis on kõik 1. põlvkonna tehnoloogial rajatud biodiislikütuse tehased on oma tootmise lõpetanud pankrottidega ja 2. põlvkonna tehaseid ei ole veel rajatud. Biodiislikütuse kasutamine kõrgemate segudega ja ka kuni 100%se biodiislikütuse kasutamine on rohkem levinud ja vähem piiratud nii seadustega kui ka autotootjate poolt.

Viimaseks võimaluseks biokütuste 10% nõude täitmisel oleksid elektriautod, mis kasutaks taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrit. Täna seisab Eestis umbes 1200-1300 elektriautot ja see teeb umbes 0,1-0,15% autode üldarvust. Arvestades 2015. aastal registreeritud elektriautode arvu 34 ja sellega langustendentsi 90% ulatuses, võrreldes 2014. aastaga, kui oli ligi 40% ulatuses ostutoetus, siis on raske ette kujutada kuni 1%st elektriautode osakaalu Eestis aastaks 2020, mida Majandus ja Kommunikatsiooni Ministeerium oma ettekannetes loodab. Seoses ELMO programmiga on Eestisse rajatud korralik kiirraadijate võrk, kuid tulenevalt elektriautode kõrgest hinnast, väikese ühe laadimisega võimalikust kilometraazist ja akude mitte piisava elueaga ei ole elektriautod väga tõsine alternatiiv aastaks 2020.

Kuna autori arvates, vedelatest biokütustest biodiislikütus ja bioetanool on kõige reaalsemad vahendid, kuidas Eesti võiks täita seda Euroopa Liidu biokütuste 10%st nõuet, siis on tähtis teada, mis juhtub tehnoloogiatega ja hindadega aastaks 2020 ja kuidas nad konkureerivad fossiilkütustega. Viimase osa analüüsid ja arvutused näitavad, et selleks ajaks on endiselt turul domineerimas 1. põlvkonna biodiislikütus ja bioetanool. Teise põlvkonna lignotselluloosist

toormest etanooli tootvad tehased ja hüdrogeenimise protsessi kasutavad õlitehased (HVO) on alles turule sisenemas ja kogused ei ole piisavad, et mõjutada hinda. Esimese põlvkonna biokütuste hinnad pigem tõusevad, sest nad kasutavad oma tootmisel peamiselt toiduaineid ja seoses maailma elanikkonna kasvuga toidu hind tõuseb. Kõik need hinnad on otseselt seotud ka naftahinnaga maailmas.

Kindlasti Eestil on võimalus täita transpordisektoris 10%ne taastuvate energiaallikate osakaalu nõue, kuid autori arvutusel see maksab tarbijatele umbes 40-50 MEURi aastas ja kasu riigi majandusele on kaheldav, sest ühtegi transportsektori biokütuste tootmist Eestis hetkel ei ole .

Ülilühike kokkuvõte Eesti tegutsemise kohta transpordi biokütuste valdkonnas on: „Tark ei torma“.

8. Kirjandus

[1] Eesti energiamajandus. Arengufondi uuring 2015

http://www.arengufond.ee/wpcontent/uploads/2015/11/EAF_Eesti_energiamaajandus_2015.pdf

[2] <https://www.riigikogu.ee/pressiteated/majanduskomisjon-et-et/majanduskomisjon-otsustas-lukata-biokutuse-noude-aasta-vorra-edasi/> Kasutatud 08.04.2017

[3] Riigikogu, 28.01.2015, "Vedelkütuse seaduse ja välisõhu kaitse seaduse muutmise seadus 675 SE", Lisa 4 <http://www.riigikogu.ee/ru/deyatelnost/zakonoproekty/eelnou/da929829-584b-495f-b983-4a949eff5f2b/Vedelk%C3%BCtuse%20seaduse%20ja%20v%C3%A4lis%C3%B5hu%20kaitse%20seaduse%20muutmise%20seadus/> Kasutatud 08.04.2017

[4] Riigikogu, 28.01.2015, "Vedelkütuse seaduse ja välisõhu kaitse seaduse muutmise seadus 675 SE", Seletuskiri <https://www.riigikogu.ee/ru/deyatelnost/zakonoproekty/eelnou/da929829-584b-495f-b983-4a949eff5f2b/Vedelk%c3%bctuse%20seaduse%20ja%20v%c3%a4lis%c3%b5hu%20kaitse%20seaduse%20muutmise%20seadus> Kasutatud 08.04.2017

[5] Eurostat, 29.03.2017, http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsd_cc340 Kasutatud 08.04.2017

[6] MTÜ Eesti Biogaasi Assotsiatsioon <http://eestibiogaas.ee/uudiskirjad/>, Uudiskiri | Nr 1 | 2016

[7] NGVA Europe, the Natural & bio Gas Vehicle Association <https://www.ngva.eu/get-directions>, Kasutatud 09.04.2017

[8] A. Oja, "Metaankütuste kasutamine Eesti transpordis" Eesti Biogaasi Assotsiatsioon, https://energiatalgud.ee/img_auth.php/7/7c/EAS_metaankytused_8_Lyhike_oja_280512.pdf 2012.

[9] V. Vohu, „Eesti biometaani ressursside kasutuselevõtu analüüs,“ Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2015.

[10] Energiatalgud. Biogaas ja biometaan <http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Biogaas&menu-47>

[11] CNG autokütusena. Eesti Gaas AS <http://www.gaas.ee/surugaas/surugaas-autokutusena/>, 15.04.2017

- [12] Eesti tingimustesse sobivate biogaasi metaaniks puhastamise tehnoloogiate rakendatavus ning keskkonna majanduslikud mõjud. Laiendatud kokkuvõte. TTÜ Soojustehnika Instituut. http://www.eby.ee/BIO/Laiendatud_kokkuvote_2014.pdf
- [13] Natural & Bio Gas Vehicle Association (NGVA). <https://www.ngva.eu/> Statistika 2014
- [14] Energiatööstuse transpordisektoris. Energiatööstus. Eesti Arengufond http://www.energiatööstus.ee/index.php?title=Energiatööstuse_transpordisektoris
- [15] Eesti Gaas AS, Surugaasi hind, <http://www.gaas.ee/surugaas/surugaasi-hind/>
- Võrgumaterjal, Kasutatud 15.04.2017.
- [16] Kütuseturu Aastakonverents, 27.04.2016, <https://pood.aripaev.ee/kutuseturu-aastakonverents-2016> Siim Meliste ettekanne Majandus-Kommunikatsiooni ministriumist.
- [17] Pery Francisco Assis Shikida, Adele Finco, Bárbara Françoise Cardoso, Valdir Antonio Galante, Daliane Rahmeier, Deborah Bentivoglio, Michele Rasetti, “A Comparison Between Ethanol and Biodiesel Production: The Brazilian and European Experiences“, London 2014.
- [18] Ü. Kask, „Bioetanooli kasutamise eeldused ja võimalused Eestis“, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2013.
- [19] Heather D.C. Hamje, Heinz Hass, Laura Lonza, Heiko Maas, Alan Reid, Kenneth D. Rose, Tom Venderbo, “EU renewable energy targets in 2020: Revised analysis of scenarios for transport fuels“, Institute for Energy and Transport, Ispra (VA), Italy, 2014.
- [20] Domingos Padula, A., Silveira dos Santos, M., Benedetti Santos, O.I., Borenstein, D. (Eds.) “Liquid Biofuels: Emergence, Development and Prospects”. London 2014
- [21] C. Charles, I. Gerasimchuk, R. Bridle, T. Moerenhout, E. Asmelash, T. Laan „Biofuels At What Cost? A review of costs and benefits of EU biofuel policies“, https://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/biofuels_subsidies_eu_review.pdf, 2013
- [22] http://www.starcb.com/Libraries/Presentations/Biofuels_International_Sept_2014_Tracking_Ethanol_Biodiesel_Prices.sflb.ashx Kasutatud 15.04.2017
- [23] http://www.starcb.com/Libraries/Presentations/Biofuels_International_Conference_Sep_2016.sflb.ashx Kasutatud 15.04.2017
- [24] <https://www.neste.ee/ee/content/neste-t%C3%B5i-esimesena-eestis-turule-taastuvkomponendiga-diislik%C3%BCtuse-pro-diesel>, Kasutatud 22.04.2017

- [25] <https://markets.ft.com/data/commodities/tearsheet/summary?c=Ethanol>, Kasutatud 22.04.2017
- [26] <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=diesel>, Kasutatud 22.04.2017
- [27] <https://www.neste.com/en/corporate-info/investors/market-data/biodiesel-prices-sme-fame>, Kasutatud 22.05.2017
- [28] EU Biofuels Annual 2016, Bob Flach, Sabine Lieberz, Marcela Rondon, Barry Williams and Candice Wilson. USDA Foreign Agricultural Service 29.06.2016
- [29] ELMO - EESTI ELEKTROMOBIILSUSE PROGRAMM <http://elmo.ee/elektriauto/>, Kasutatud 23.04.2017
- [30] S.Štõkov, „Erinevate kütuste konkurentsivõimelisus Eesti transpordisektoris“, Bakalaureusetöö, TTÜ, 2014.
- [31] Autode Müügi- ja Teenindustevõtete Eesti Liit (AMTEL), <http://www.amtel.ee/uute-autode-muugistatistika-0>, Kasutatud 23.04.2017
- [32] The Role of Petroleum Fuels in the Future of Transport, Fuels Conference -Tallinn, 23 March 2017, Alessandro Bartelloni
- [33] Gunter Festela, Martin Würmseherb, Christian Rammerd, Eckhard Bolese, Martin Belloff, „Modelling Production Cost Scenarios for“, Centre for European Economic Research, Fuerigen, 2013.
- [34] Ü. Kask, „Biodiisli tootmise ja kasutamise võimalused Eestis“, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2013.
- [35] Eesti statistika. http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KE06&ti=K%DCTUSE+TARBIMINE+K%DCTUSE+LIIGI+J%C4RGI%2A&path=../Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/01Aastastatistika/&lang=2, Kasutatud 01.05.2017
- [35] Kütuseturu aastakonverents 2017. Majandus-ja kommunikatsiooniministeerim. Rein Vaks, 27.04.2017.
- [36] <http://elering.ee/taastuvenergia/>, Kasutatud 13.05.2017

Lisad

Biometaani tootmise edendamise meetmed				
Tegevus(ed)	Tulemused	Maksumus (mln €)	Rahastamisallikas	Märkused
		2012 – 2020 prognoos		
1. Tooraine				
1.1 Määratleda eelistoetatavad biogaasi tootmise toorained.	Eelistoetatavad biogaasi tootmise tooreained on määratletud PM ja KKM määrustega.	0	RE	Tegevused on KKM ja PM vastutusalas
1.2 Luua biogaasi tooraine nimistud mille kääritusjääki üksikult või kooskasutamisel võib kasutada väetisena.	Tooraine nimistud, sh biolagunevate jäätmete anaeroobse kääritamise kord ja kääritusjäägi kasutamise tingimused on välja töötatud vastava KKM määrusega	0	RE	Tegevused KKM ja PM vastutusalas
1.3 Viia sisse rohumaaade toetused, kus looduslike rohumaaade korrashoiu toetus siduda kohustusega leida biomassile rakendus. Toetusega kaetakse täiendavad kulud, mis tekivad biomassi kasutamisel biometaani tootmiseks (näiteks transpordi, ladustamise, jmt kulud).	PRIA üldise pindala toetuse korda on täiendatud vastava kriteeriumiga	10	EL SF	PM, PRIA
1.4 Töötavatel, sulgemisel ja suletud prügilatel siduda toetused prügilagaasi kasutamise süsteemidesse investeerimisega, sellisel juhul kui biogaas puhastatakse biometaaniks ja kasutatakse mootorkütusena. (eesmärk on vältida biogaasi põletamist küünalpõletis)	Prügilate sulgemisele antavad toetused on seotud kohustusega puhastada prügilagaas biometaaniks.	10	EL SF	
2. Tootmine ja väärimine	40% biometaani aastasest kogusest (92 ktoe) jätkub 10 % biokütuste osakaalu saavutamiseks mootorkütusena	0	RE	MKM, Sel juhul ei ole vaja vedelaid import biokütuseid blendida*
2.1 Määratleda NREAP-is biometaan kui eelisarendatav biokütus				
2.2 Täiendada NREAP2020 rakenduskava	NREAP-s on toodud uued	0	RE	MKM

biogaasi ja biometaan sihtarvudega aastaks 2020 117 miljonit Nm ³ /a (92 kt ^{oe} , 10% biokütuste mootorkütuste lõpptarbimisest, s.o. 40% aastases biometaan kasutatavast kogusest, mis on 300 mln Nm ³ ehk 236 kt ^{oe}).	biogaasi sihtarvud;			
2.3 Toetada biometaan tootmist, toetuse suurus on sõltuvalt puhastamise astmest. (toetus toodangu müügile kuni sihtarvude saavutamiseni). Täiendada maagaasiseadust biometaan osaga, biometaan tootjale toetus, et osaliselt kompenseerida biogaasi puhastusjaamade opereerimiskulusid biometaan müümisel maagaasivõrku või lokaalses tanklas	Biometaan müüakse tanklas sama hinnaga kui maagaasi koos aktsiisiga,.	50	RE	biometaan omahind on kallim maagaasi müügihinnast tanklas, toetus seisneb tootjale CNG müügihinna ja biometaan omahinna vahe tasumises ja see tasu tuleb CNG aktsiisist alates 2022 aastast
2.4 Viia sisse biometaan tootmise ja väärdamise seadmete investeeringutoetus kuni 50% kuni 92 kt ^{oe} taseme saavutamiseni (tööstuslikud biojäätmel)	Vastav toetusmeede on välja töötatud, 40% tööstuslikest biojäätmel on kasutatud biometaan tootmiseks	15	EL SF	
2.5 Suurendada, laiendada ja luua põllumajanduse - ja keskkonna investeeringutoetuse meetmed biometaan tootmisele KIK-s, PRIA-s jt. rakendusüksustes järgmisel EL eelarveperioodil (põllumajanduslik toore, reoveemuda, prügilagaas). Täiendada Maaelu Arengukava 2014+	Meetme 1.4.2. rakendamise määrust „Loomakasvatusehitise investeeringutoetuse saamise nõuded, toetuse taotlemise ja taotluse menetlemise täpsem kord“ ³ on täiendatud selliselt, et investeeringutoetused (lautade ehitamine, sõnnikuhoidlate ehitamine) teatud suurusel loomakasvatustarvitajatele seotakse kohustusega ehitada välja põllumajandusjäätmel biogaasi tootmise, kogumise ja puhastamise seadmed..	135	EL struktuurifondid	määruse § 5. „Toetatavad tegevused“ uue punktiga 8) üle 200 pealise veisefarmi või üle 500 pealise seafarmi juurde peab kuuluma biogaasijaam ja kaetud sõnnikuhoidla ja/või kaetud kääritusjäagi hoidla
2.6 Töötada välja biometaan kvaliteedi standard ja sellele standardile vastava biometaan maagaasitorustikku sisestamise protseduur, asjaosaliste õigused ja kohustused 2.7 muuta maagaasi kvaliteedi standardit selliselt, et selle metaanisaldus oleks vahemikus 95-98%	Maagaasi kvaliteedi standardit on muudetud nii, et metaanisaldus selles võib olla vahemikus 95-98% või on välja töötatud biometaan standard	0	RE, EBA Gaasiettevõtte d	
3. Jäädid 3.1 Luua täpne reeglistik kääritusjäagi kasutamiseks väetisena või muul kasulikul	Biomassi anaeroobse kääritamise ja kääritusjäagi kasutamist reguleeriv KKM	0	RE,	EBA, KKM, PM, MKM koostöös

otstarbel. (sh luua biogaasi tootmise sisendite nimistud, mille kääritusjääki võib kasutada väetisena, vt p. 1.2)	määrus on rakendatud.			
4. Müügi- ja taristologistika e. biogaasi ladustamine ja transport	Maagaasiseaduse täiendused on vastu võetud, mis võimaldab biometaani edastamiseks kasutada maagaasitorustikku	0	RE	
4.1 Luua regulatsioon, mis kohustab gaasivõrgu haldajaid vastu võtma standardile vastavalt puhastatud biogaasi (biometaani)				
4.2 Töötada välja biometaani võrguühenduste ja/või tanklate rajamise toetus	Eraldi meede investeeringute toetamiseks kuni 50% ulatuses on rakendatud	10	EL SF	
Metaankütust kasutavate sõidukite ja taristu edendamise meetmed				
Tegevus(ed)	Tulemused	Maksumus (mln €)	Rahastamisallikas	Märkused
		2012 – 2020 prognoos		
5. Turundus ja müük				
5.1 Sõidukite ümberehituse soodustamiseks metaangaasi paralleelseks kasutamiseks bensiini või diiselauga mitte tösta transpordikütusena kasutatavate metaankütuste aktsiisi kõrgemaks tänasest maagaas aktsiisist enne 2022. aastat.	Maagaasi aktsiis ei tõuse enne 2022 aastat või enne sihtarvude saavutamist (92 ktoe taastuvkütuseid transpordis)			
5.2 Luua metaankütust tarviva auto soetamist soodustav pakett eraisikutele turu loomiseks.	Eraisikutele, kuni 2000 esimese uue metaankütuse sõiduki soetamise toetus 2000-5000 €/sõiduki kohta kuni 2020	10	EL SF	
5.3 Luua tasuta parkimise võimalus surumaagaasi ja biometaaniga sõitvatele sõidukitele, sh eraldi piirkonnad ainult alternatiivkütuste sõidukite parkimiseks (vastava märgise ostmisel).	KOV-d on sisse viinud vastava täienduse oma parkimist sätestavatesse aktidesse	0	KOV	
5.4 Metaankütuste soodustamine ühistranspordis: muuta vastavaid sätteid ühistranspordiseaduses ⁹ § 17: "Toetus ühissõidukite soetamiseks või nende ümberkohandamiseks" ja § 18. "Toetus ühistranspordi infrastruktuuri objektide rajamiseks ja uuendamiseks". Muuta linna ühistranspordi reisijateveo hankekonkursi tingimusi nii, et see soodustaks üleminekut metaankütusele	Surugaasi/biometaani (metaankütuste) kasutamine ühistranspordis on hoogustunud	0	RE	lisada KOV liiniveohangetesse metaankütuste busside nõue näiteks 10% ulatuses kogu bussipargist.
5.5 Teha ettepanek KOV-idele soetada kõikidel transpordivahendite hangetel metaankütuseid kasutavaid sõidukeid..	Metaankütuste sõidukite kasutamine on lisandunud, kohalikud omavalitsused näitavad positiivset eeskujulist metaankütust oma ametisõidukites kasutades	0	RE	Hanketingimustes se lisatakse metaankütuste sõidukite hankimise kriteerium.
5.6 Säilitada aktsiisierisus	Surugaasi fikseeritud	0	RE	Transpordikütuse

transpordikütusena kasutatavale surugaasile (CNG), (säilitada ja tagada aktsiisivabastus biometaanile). Aktsiis surugaasile mootorikütusena (CNG) ei tõuse enne 2022. aastat ja pärast seda hakkab astmeliselt. Täiendada vastava sättega ATKAS-st.	aktsiisimäär 10 aastaks loob kindluse metaankütuste kasutamiseks transpordis.			na kasutatava surumaagaasi aktsiisimäär seatakse selliselt alates 2023 aastast, et lõpptarbijale jääb surumaagasi hind 20-30% väiksemaks fossiilsete vedelkütuste lõpphinnast.
5.7 Töötada välja näidiskriteeriumid hangetele (rohelistel hanked) eelistustega alternatiivkütustele, sh metaankütustele.	Metaankütuste kriteeriumid rohelistele riigihangetele on edukalt rakendatud	0	RE	
6. Toetavad tegevused				
6.1 Biogaasialase koolituse ja täienduskoolituse, biogaasi juhtimise- ja tehnoloogiaalase koolituse käivitamine. Poliitikutele, rahastajatele ja ametnikele koolituse läbiviimine biogaasi kasulikkusest.	Metaankütuste alane teadlikkus on tõusnud	40	EL SF	
6.2 Metaankütuste konverentside sarja jätkamine sagedusega 2 korda aastas, toetada meediaväljundite tegemist metaankütuste propageerimiseks.	Järjepidev metaankütuste alaste teavituste ja konverentside toimumine	1	EI SF	
6.3 Eestikeelse Biometaani käsiraamatu välja andmine, mis kasutaks valdavalt eesti tingimusi, õppetunde, kogemusi, näidis (tasuvus)arvutusi, bioenergiaühistu loomist ja muid biometaani kasutamise praktikaid mootorikütusena (sh ohutus võrdlus teiste kütuseliikidega, jne), eesti kogemuste puudumisel on eelistatud kliimaatilist lähedasemate Põhjamaade kogemused ja praktikad.	Euroopa juhtivate metaankütusteid transpordis kasutavate maade koolituskogemuste kohandamine eesti oludele	1	RE, SF	
6.4 Metaankütuste sõidukite maaletoojate ja edasimüüjate teadlikkuse tõstmine läbi koolituse, seminaride ja turundustoe	Sõidukite maaletoojad teevad ise metaansõidukite turundust	3	RE, SF	
6.5 Autode maaletoojate / kindlustusettevõtete suhtumise muutmine koolituse kaudu, et nad ei võtaks sõidukitelt ära garantiid, kui see on ümber ehitatud metaankütust paralleelselt kasutavaks või lisagarantiide andmine ümberehitatud metaansõidukitele	Metaankütustele ümberehitatud sõidukitel on jätkub tehase garantii ja gaasiseadmetel on gaasiseadme tarnija garantii	5	RE SF	
6.6 Viia ellu teavitusprogramm ja koolitus kääritusjäägi kasutamisest Eesti tingimustes investoritele, ettevõtjatele, omavalitsuste esindajatele, energeetikaettevõtetele, (toidu)jäätmete tekitajate ja kääritusjäägi kasutajatele ja tarbijatele (sh põllumeestele);	anaeroobse kääritusjäägi e. digestaadi kasutamise strateegia ja rakenduskava on välja töötatud, mille osa on koolitus- ja teavituskava	2	RE, SF	PM, KKM ja MKM koostöös
KOKKU		292 miljonit €		

Country	Bioethanol	Biodiesel	Other biofuels**	Total consumption	% certified as sustainable
Germany	805 460	2 190 767	22 093	3 018 321	100%
France	417 600	2 299 800	0	2 717 400	100%
Spain	208 675	1 718 649	0	1 927 325	0%
Italy	98 667	1 263 734	0	1 362 401	n.a.
Poland	144 635	755 006	0	899 641	n.a.
United Kingdom	388 722	499 713	0	888 435	83%
Sweden	207 564	307 929	71 394	586 887	91%
Austria	57 124	449 024	13 141	519 289	83%
Belgium	48 366	281 026	0	329 393	n.a.
Netherlands	123 818	202 374	0	326 192	n.a.
Portugal	2 833	284 209	0	287 042	4%
Czech Republic	59 965	221 169	0	281 134	100%
Finland	85 268	169 461	0	254 729	n.a.
Denmark	70 528	159 006	0	229 534	100%
Romania***	47 721	138 746	9 721	196 188	n.a.
Greece	0	124 606	0	124 606	0%
Slovakia	23 789	76 566	502	100 856	94%
Ireland	28 710	54 665	62	83 436	n.a.
Hungary	27 236	30 835	23 429	81 500	n.a.
Lithuania	8 707	51 810	0	60 517	100%
Slovenia	5 290	46 337	0	51 627	100%
Luxembourg	1 286	45 582	119	46 987	100%
Latvia	6 703	12 514	0	19 217	0%
Cyprus	0	16 136	0	16 136	0%
Bulgarie	0	9 809	0	9 809	n.a.
Estonia	0	0	0	0	0%
Malta	0	0	0	0	0%
Total EU 27	2 868 669	11 409 473	140 462	14 418 603	57%