KESKLABOR
Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB
Estonian Environmental Research Centre

Kasvuhoonegaaside riigispetsiifiliste eriheitetegurite väljatöötamine energeetika sektoris

Tallinn 2013

Kesklabor
Central Lab

Töö nimetus:
Kasvuhoonegaaside riigispetsiifiliste eriheitetegurite väljatöötamine energeetika sektoris
Aruanne, II osa

Töö autorid
Ants Martins
Tanel Laasma
Kristina Kaar
Erik Teinemaa
Marek Maasikmets

Töö tellija:
Keskkonnaministeerium

Töö teostaja:
Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Marja 4D
Tallinn, 10617
Tel. 6112 900
Fax. 6112 901
info@klab.ee
www.klab.ee

Lepingu nr: 4-1.1/200
Töö valmimisaeg: 20.11.2013

KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS

Toetab Keskkonnainvesteeringute Keskus

Käesolev töö on koostatud ja esitatud kasutamiseks tervikuna. Töös ja selle lisades esitatud kaardid, joonised, arvutused on autoriõiguse objekt ning selle kasutamisel tuleb järgida autoriõiguse seaduses sätestatud korda. Töö omandamine, trükkimine ja/või levitamine ärilistel eesmärkidel on ilma Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ kirjaliku nõusolekuta keelatud. Töös toodud info kasutamine õppe- ja

mitteärilistel eesmärkidel on lubatud, kui viidatakse algallikale. Andmete kasutamisel tuleb viidata nende loojale.

Sisukord

1 Töö taust ... 6
2 Töö eesmärk ... 6
3 Mõõtemeetodid ja seadmed ... 9
4 Põlevkiviõli (1.A.1.A) ... 10
5 Kivisüsi (1.A.1.A) ... 12
6 Freesturvas (1.A.1.A) ... 13
7 Tahke biomass (1.A.1.A) ... 15
8 Must leelis (1.A.1.A) ... 17
9 Biogaas (1.A.1.A) ... 19
10 Maagaas (1.A.1.A) ... 20
11 Kerge kütteõli (1.A.1.A) ... 21
12 Tükkturvas (1.A.1.A) ... 23
13 Tükkturvas (1.A.4.B) ... 24
14 Turbabrikett raudahi (1.A.4.B) ... 26
15 Turbabrikett pliit (1.A.4.B) ... 27
16 Tahke biomass (1.A.4.B) ... 29
17 Poolkoksigaas ja generaatorgaas ... 30
18 Kokkuvõte ... 37
19 Kasutatud kirjandus ... 38

Tabelid

Table 1. Põlevkiviõli eriheitetegurite arvutamise metoodika 10

Table 2. Kivisöe eriheitetegurite arvutamise metoodika 12

Table 3. Freesturba eriheitetegurite arvutamise metoodika 13

Table 4. Tahke biomassi eriheitetegurite arvutamise metoodika 16

Table 5. Must leelise eriheitetegurite arvutamise metoodika 17

Table 6. Biogaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika 19

Table 7. Maagaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika 20

Table 8. Kerge kütteõli eriheitetegurite arvutamise metoodika 22

Table 9. Tükkturba eriheitetegurite arvutamise metoodika 23

Table 10. Tükkturba (raudahi) eriheitetegurite arvutamise metoodika 24

Table 11. Turbabriketi (raudahi) eriheitetegurite arvutamise metoodika 26

Table 12. Turbabriketi (pliit) eriheitetegurite arvutamise metoodika 27

Table 13. Tahke biomassi eriheitetegurite arvutamise metoodika 29

Table 14. VKG õlitehase poolkoksigaasi ja generaatorgaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika .. 30

Table 15. Kiviõli õlitehase generaatorgaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika 32

Table 16. Eesti Eneriga Õlitööstus AS 33

Table 17. VKG Oil Petroter 34

Table 18. Kiviõli TSK 500 35

1 Töö taust

Vastavalt Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni kliimamuutuste raamkonventsioonile ning selle Kyoto protokollile on Eesti kohustatud koostama, perioodiliselt ajakohastama, avaldama ja tegema kõigile konverentsi osapooltele kättesaadavaks riiklikud inventuuriandmed kõigi Montreali protokolliga reguleerimata kasvuhoonegaaside antropogeense emissiooni ja neeldumise kohta, kasutades konverentsil kokku lepitud võrreldavaid metoodikaid. Kuna Eesti on Euroopa Liidu liige, siis tuleb esitada kasvuhoonegaaside (edaspidi KHG) inventuur ka vastavalt määrusele 525/2013/EL Euroopa Komisjonile.

Energeetika sektor on Eesti peamine KHGde heitkoguste allikas. 2011. aastal tulenes KHG inventuuri andmetel ligikaudu 89% Eesti summaarsest KHG heitkogusest energeetika valdkonnast.

Kasvuhoonegaaside inventuuri koostamise käigus leitakse olulisemad valdkonnad ehk võtmekategooriad. Vastavalt kehtestatud nõuetele tuleb võtmekategooriates heitkoguste hindamisel kasutada riigispetsiifilisi eriheitetegureid.

Käesoleva ajani on riikliku KHG inventuuri koostamisel paljudes energeetika alamsektorites kasutatud KHG heitkoguste arvutamiseks IPCC[1] juhistes toodud eriheitetegurite vaikeväärtusi (nn *IPCC default values*) kuid vastavalt ÜRO Kliimamuutuste Sekretariaadi ja Euroopa Komisjoni auditite märkustele peab Eesti parandama oma riikliku KHG inventuuri kvaliteeti ja töötama võtmekategooriates välja riigispetsiifilised KHG eriheitetegurid.

2 Töö eesmärk

Töö üldeesmärk on parandada Eesti riikliku KHG inventuuri energeetikasektori heitkoguste hinnanguid.

Projekti eesmärgiks on välja töötada riigispetsiifilised eriheitetegurid KHG heitkoguste hindamiseks inventuuri energeetika sektori võtmekategooriates ja teistes olulistes kategooriates. Projekt koosneb kahest osast: 1) kütuste küttevääртused ja KHG-de riigispetsiifilised eriheitetegurid, mis on leitud arvutuslikul teel; 2) kütuste küttevääртused ja KHG-de riigispetsiifilised eriheitetegurid, mis on leitud mõõtmistulemuste alusel.

Informatsioon selle kohta, millist meetodit plaanitakse kasutada vastava eriheite väljatöötamiseks on toodud projekti vahearuandes. Töö teise osa ulatus kategooriate, kütuste ja kasvuhoonegaaside riigispetsiifiliste eriheitetegurite osas on toodud vastavalt käesoleva aruande tabelis 1. Kategooriad, kus tuli mõõtmistulemuste alusel töötada välja riigispetsiifiline eriheitetegur (ja täpsustada kütuste küttevääртused) on märgitud tähisega „**X**“.

[1] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

Tabel 1. Mõõtmistulemuste alusel leitavad eriheitetegurid

Võtmekategooria		Kütus		Süsiniku eriheitetegur (tC/TJ)	Metaani eriheitetegur (kg CH_4/TJ)	Dilämmastikoksiidi eriheitetegur (kg N_2O/TJ)
1.A.1.A	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Avalik energia- ja soojusetootmine	Vedelkütused	Vedelgaas (LPG mitte-maanteetranspordile)		X	X
			Raske kütteõli		X	X
			Põlevkiviõli	X	X	X
			Kerge kütteõli		X	X
			Diislikütus (mitte-maanteetranspordile)		X	X
1.A.1.A	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Avalik energia- ja soojusetootmine	Tahked kütused	Kivisüsi		X	X
			Freesturvas	X	X	X
			Tükkturvas	X	X	X
			Turbabrikett	X	X	X
			Põlevkivi poolkoksigaas	X	X	X
			Põlevkivi generaatorgaas	X	X	X
1.A.1.A	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Avalik energia- ja soojusetootmine	Biomass	Tahke biomass (halupuud, hakkpuit, puidujäätmed jne)		X	X
			Must leelis		X	X
			Biogaas		X	X
1.A.1.A	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Avalik energia- ja soojusetootmine	Gaaskütused	Maagaas		X	X
1.A.1.C	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Tahkekütuste	Tahked kütused	Poolkoks		X	X

Võtmekategooria		Kütus		Süsiniku eriheitetegur (tC/TJ)	Metaani eriheitetegur (kg CH_4/TJ)	Dilämmastikoksiidi eriheitetegur (kg N_2O/TJ)
	tootmine ja muud energia-tööstuse harud					
1.A.2	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Töötlev tööstus ja ehitus	Tahked kütused	Kivisüsi			
			Kivisöe koks			
			Põlevkivikoks	X		
			Turbabrikett	X		
1.A.2	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Töötlev tööstus ja ehitus	Muud kütused	Jääkõlid	X		
			Muud põletatavad plastikjäätmed	X		
			Muud fossiilsed tahked jäätmed	X		
1.A.3.B	Maanteetransport	Vedelkütused	Vedelgaas (LPG)			
			Diislikütus			
			Bensiin			
1.A.4.B	Muud sektorid/Kodumaja-pidamised	Tahked kütused	Kivisüsi			
			Tükkturvas	X		
			Turbabrikett	X		
1.A.4.B	Muud sektorid/Kodumaja-pidamised	Biomass	Tahke biomass (halupuud, hakkpuit, puidujäätmed jne)		X	X
1.A.4.B	Muud sektorid/Kodumaja-pidamised	Gaaskütused	Maagaas		X	X
1.B.2	Hajusheide	Vedelkütuste hajusheide	Naftatooted			
		Maagaasi hajusheide	Maagaas			

Tabelis 1 toodutest ei olnud võimalik mõõta järgmiste kütuste eriheiteid:

Vedelgaasi, raske kütteõli, diisli ja turbabriketi põletamisel (1.A.1.A) tekkivaid suitsugaase ei olnud võimalik mõõta eelkõige seetõttu, et antud kütuste kasutamine tööstuslikus mastaabis on marginaalne ning ei suudetud tuvastada ühtegi katlamaja, kes oleks kasutanud antud kütuseid projekti läbiviimise faasis. Rasket kütteõli ja diislit kasutatakse vaid reservkütusena. Turbabriketti teadaolevalt tänapäeval keegi Eesti katlamajdes ei kasuta.

Jääkõlisid, muid põlevaid plastikjäätmeid ja muid fossiilseid tahkeid jäätmeid kasutatakse vaid segukütusena Kunda Nordic Tsemendis ning sellest tulenevalt pole võimalik eraldi jäätmete põletamisest (1.A.2) tekkivaid eriheiteid määrata.

Põlevkivikoksi ja turbabriketi põletamisel (1.A.2) tekkivaid suitsugaase ei olnud võimalik mõõta seeõttu, et neid kütuseid tänapäeval keegi Eestis enam ei kasuta (energiabilansis samuti 0).

Kodumajapidamiste (1.A.4.B) maagaasi ei mõõdetud kuna puudus sobiv proovivõtukoht.

3 Mõõtemeetodid ja seadmed

Saasteainete proovivõtul lähtuti standarditest:

- CEN/TS 15674:2007Air quality - Measurement of stationary source emissions - Guidelines for the elaboration of standardised methods
- CEN/TS 15675:2007Air quality - Measurements of stationary source emissions - Application of EN ISO/IEC 17025:2005 to periodic measurements
- EVS-EN 15259:2007 „Air quality - Measurement of stationary source emissions - Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report“
- EN ISO 11771:2010 „Air quality - Determination of time-averaged mass emissions and emission factors - General approach (ISO 11771:2010)“
- Eesti Keskkonnauuringute Keskuse akrediteeritud standardtööjuhend STJnrÕ112.

Temperatuuri mõõtmiseks on Testo 360 varustatud termopaariga, mille mõõtevahemik on -40 ºC – 1200 ºC.

Gaasi kiirus määrati dünaamilise rõhu kaudu. Dünaamiline rõhk määratakse kuumades, niisketes ja tahkeid osakesi siasaldavates gaasides Pitot-toruga, mis on ühendatud lateksvoolikute abil mõõteseadmega Testo 400. Dünaamiline rõhk määratakse täpsusega +/- 5 Pa.

- EN ISO 16911-1:2013 „Stationary source emissions - Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts - Part 1: Manual reference method (ISO 16911-1:2013)“
- EN ISO 16911-2:2013 „Stationary source emissions - Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts - Part 2: Automated measuring systems (ISO 16911-2:2013)“

Saasteainete mõõtmiseks kasutati:

- **Multikomponentneportatiivne FTIR gaasianalüsaator** Gasmet DX-4000
- **Multikomponentne portatiivne NDIR ja EC gaasianalüsaator** Testo 360

Olulisemad parameetrid:

- Mõõtmiste põhimõte – Fourieri teisendusega infrapuna (FT-IR), non-dispersive infrapuna (ND-IR)ja elektrokeemiliste rakkude (EC) meetod.
- FT-IR analüsaator laseb vaadeldavast gaasist läbi infrapunakiirguse, millele gaasis olevad ainegrupid reageerivad kindlal lainepikkuste vahemikus.
- EC töötab ioonselektiivsuse potentsiomeetrilisel põhimõttel. Sensorid on täidetud teatud elektrolüütilise vesilahusega sõltuvalt katsest.
- ND-IR töötab lairibakiirguse põhimõttel. Radiatsioon lastakse läbi suitsugaasi lambi abil ning seejärel siseneb suitsugaas mõõterakku.
- Võimekus - Analüsaatorid on võimelised samaaegselt mõõtma kuni 50 erinevat ühendit.
- Analüsaatoritega mõõdetavatest gaasidest on olulisemad: H_2O, CO_2, CO, NO, NO_2, N_2O, SO_2, NH_3, HCl, HF, CH_4. Gasmetiga on võimalik lisaks mõõta teisi lenduvaid orgaanilisi ühendeid.

4 Põlevkiviõli (1.A.1.A)

Tabelis 1 on toodud põlevkiviõli süsiniku, metaani (CH_4) ja dilämmastikoksiidi (N_2O) eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 1. Põlevkiviõli eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **põlevkiviõli**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus	Q^r_i	MJ/kg, GJ/t
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	t/h

6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal: $Q_s = Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) [2]	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) [2]	q_{N2O}	kg/TJ
17	Põlevkiviõli süsiniku sisaldus	C^r	%
18	Põlevkiviõli arvutuslik alumine küttevääртus	Q^r_i	MJ/kg
19	Süsiniku eriheitetegur: $10 \times C^r / Q^{r'}_i$	q_{CO2}	t/TJ

Kütuse alumine küttevääртus: 40,34 MJ/kg

Kütuse täpsustatud küttevääртus: 37,95 MJ/kg *)

*) <u>Põlevkiviõli täpsustatud küttevääртus</u>

Põlevkiviõli elementaarkoostis: C^d= 83,9%; H^d= 9,76%; O^d= 5,42%; S^d= 0,8% [1]

Põlevkiviõli ülemine küttevääртus: $Q^d = 0,339 \times C^d + 1,256 \times H^d + 0,109 \times (S^d - O^d) =$

$= 0,339 \times 83,9 + 1,256 \times 9,76 + 0,109 \times (0,8 - 5,42) = 40,20$ MJ/kg

Põlevkiviõli alumine küttevääртus: $Q^r_i = 0,339 \times C^d + 1,03 \times H^d + 0,109 \times (S^d - O^d) - 0,02442 \times W^r = 0,339 \times 83,48 + 1,03 \times 9,76 + 0,109 \times (0,8 - 5,42) - 0,02442 \times 0,3 = 37,98$ MJ/kg

Toodud arvutused näitavad, et algandmetes esitatud põlevkivi küttevääртus (40,34 MJ/kg) ei ole mitte alumine, vaid ligikaudu ülemine küttevääртus.

Mõõdetud parameetrite alusel on leitud põlevkiviõli süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **0,044 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,0) = **0,274 kg/TJ**

$q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^{r'}_i$ = **21,978 t/TJ**

5 Kivisüsi (1.A.1.A)

Tabelis 2 on toodud kivisöe süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 2. Kivisöe eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **kivisüsi**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus	Q^r_i	MJ/kg, GJ/t
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	kg/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal: $Q_s = Q^r_i \times B / 3{,}6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20{,}9/(20{,}9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1)	q_{N2O}	kg/TJ

Kütuse alumine küttevääртus: 23,0 MJ/kg

Mõõdetud parameetrite alusel on leitud kivisöe CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1) = **409,054 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1) = **2,310 kg/TJ**

6 Freesturvas (1.A.1.A)

Tabelis 3 on toodud freesturba süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 3. Freesturba eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **freesturvas**		
4	Freesturba alumine küttevääртus Täpsustatud alumine küttevääртus	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	t/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal: $Q_s = Q^r_i \times B / 3{,}6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20{,}9/(20{,}9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m³)	c_{CH4}	mg/Nm³

14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,1)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,1)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Süsiniku eriheitetegur (W^r = 59,36%)	q_{CO2}	tC/TJ
18	Süsiniku eriheitetegur (W^r=35%)	q_{CO2}	tC/TJ
19	Freesturba alumine küttevääртus (W^r=35%)	Q^r_i	MJ/kg
20	Süsiniku eriheitetegur (W^r=50%)	q_{CO2}	tC/TJ
21	Freesturba alumine küttevääртus (W^r=50%)	Q^r_i	MJ/kg
22	Süsiniku eriheitetegur (W^r = 45%)	q_{CO2}	tC/TJ
23	Freesturba alumine küttevääртus	Q^r_i	MJ/kg

Kütuse alumine küttevääртus: 6,8 MJ/kg
Kütuse täpsustatud küttevääртus: 10,0665 MJ/kg *)

Nende parameetrite alusel on leitud freesturba süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,1) = **5,012 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,1) = **2,473 kg/TJ**

q_{CO2} (W^r = 45%) = 10 x C^r/ Q^r_i = **29,549 tC/TJ**

*) <u>Turba täpsustatud küttevääртus</u>

Turba all on antud juhul mõeldud freesturvast [6], kuna selle küttevääртus on väga madal 6,8 MJ/kg, mis eeldab, et kasutatud freesturba niiskusesisaldus on väga kõrge. Kontrollarvutuste läbiviimiseks leiame turba elementaarkoostise ja kuivaine keskmise tuhasisalduse [1] järgi turba kuivaine küttevääртuse Q^d_i = 20,3 MJ/kg ja süsiniku sisalduse C^d = 54,085%.

Turba niiskusesisalduse leidmiseks kasutame valemit:

$W^r = (Q^d_i - Q^r_i)/(0{,}01 \times Q^d_i + 0{,}02442) = (20{,}3 - 6{,}8)/(0{,}01 \times 20{,}3 + 0{,}02442) = 59{,}36\%$.

Freesturba tarbimisaine süsiniku sisaldus $C^r = C^d \times (100 - W^r)/100 = 54{,}085 \times (100 - 59{,}36)/100 = 21{,}98\%$

Süsiniku eriheitetegur: $q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i = 10 \times 21{,}98/6{,}8 = 32{,}3235$ tC/TJ.

Freesturba tarbimisaine niiskusesisaldus kirjandusandmete alusel on piires W^r = 35-50% [1]. Alljärgnevalt on võrdluseks toodud minimaalse (1), maksimaalse (2) ja keskmise (3) niiskusesisaldusega freesturba tarbimisaine küttevääртused, süsiniku sisaldused ja süsiniku eriheitegurite väärtused.

1.Freesturba tarbimisaine küttevääртus juhul kui W^r = 35% (minimaalne)

$Q^r_i = Q^d_i$ x (100 – W^r)/100 – 0,02442 x W^r = 20,3 x (100 – 35)/100 – 0,02442 x 35 = 12,34 MJ/kg ja

tarbimisaine süsiniku sisaldus $C^r = C^d$ x (100 – 35)/100 = 54,085 x (100 – 35)/100 = 35,155%

Süsiniku eriheitetegur: q_{CO2} = 10 x C^r/ Q^r_i = 10 x 35,155/12,34 = 28,489 tC/TJ.

2.Freesturba tarbimisaine küttevääртus juhul kui W^r = 50% (maksimaalne)

$Q^{r`}_i = Q^d_i$ x (100 – W^r)/100 – 0,02442 x W^r = 20,3 x (100 – 50)/100 – 0,02442 x 50 = 8,929 MJ/kg ja

tarbimisaine süsiniku sisaldus $C^r = C^d$ x (100 – 50)/100 = 54,085 x (100 – 50)/100 = 27,0425%

Süsiniku eriheitetegur: q_{CO2} = 10 x C^r/ Q^r_i = 10 x 27,0425/8,929 = 30,286 tC/TJ.

3.Freesturba tarbimisaine küttevääртus juhul kui W^r = 45% (keskmine ja **ka ettevõtte andmed**)

$Q^{r`}_i = Q^d_i$ x (100 – W^r)/100 – 0,02442 x W^r = 20,3 x (100 – 35)/100 – 0,02442 x 45 = 10,0665 MJ/kg ja

tarbimisaine süsiniku sisaldus $C^r = C^d$ x (100 – 50)/100 = 54,085 x (100 – 45)/100 = 29,746%

Süsiniku eriheitetegur: q_{CO2} = 10x C^r/ Q^r_i = 10 x 29,746/10,0665 = 29,549 tC/TJ.

Kui võrrelda saadud freesturba süsiniku eriheitetegureid IPCC 1996. aasta juhendites [4] toodud vastavate näitajatega, siis maksimaalse niiskuse sisalduse (50%) ja antud juhul arvutuslikult saadud freesturba niiskuse sisalduse (59,36%) juures leitud süsiniku eriheiteteguri väärtus (32,3235 tC/TJ) on oluliselt suurem kui IPCC eeskirjades toodud maksimaalne väärtus.

Kuna mõõdetud ettevõttes põletatava freesturba süsiniku eriheitetegur ja vastavalt sellele ka küttevääртus erinevad kirjanduses esitatud andmetest, siis võiks esimesel lähendusel kasutada kirjanduses toodud freesturba maksimaalse niiskuse sisalduse järgi leitud küttevääртust **8,929 MJ/kg** ja sellele vastavat süsiniku eriheitetegurit **30,286 tC/TJ**. Täpsemate andmete saamiseks oleks vaja katlamajja saabuva turba partiide niiskuse sisaldus perioodiliselt üle mõõta.

7 Tahke biomass (1.A.1.A)

Tabelis 4 on toodud tahke biomassi (hakkepuit ja turvas) süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 4. Tahke biomassi eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **hakkepuit + turvas**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus - hakkepuit - turvas	Q^r_i	MJ/kg, GJ/t
5	Kütuse kulu mõõtmiste ajal (hakkepuit – 80%; turvas – 20%)	B	m^3/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: 20,9/(20,9 – O_2)	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,1)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,1)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Kütuste segu kesk. süsiniku sisaldus	C^r_{kesk}	%
18	Kütuste segu keskmine kütteväärtus	Q^r_{kesk}	MJ/kg
19	kütuste segu süsiniku eriheitetegur	q_{CO2}	tC/TJ

Kütuse alumine kütteväärtus:

- hakkpuit: 10,25 MJ/kg
- turvas: 10,62 MJ/kg

Mõõdetud parameetrite alusel on leitud tahke biomassi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,1) = **0,104 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,1) = **0,053 kg/TJ**

Kütuse segu süsiniku eriheitetegur (q_{CO2}) =10 x C^r/ Q^r_i = **28,95 tC/TJ**.

*) Hakkepuidu ja turba segu parameetrite leidmine:

Hakkepuidu ja turba segu keskmine alumine kütteväärtus:

$Q^r_{i\ kesk}$ = (80 x 10,25 + 20 x 10,65)/100 = 10,33 MJ/kg

Hakkepuidu ja turba niiskuse sisaldused:

Hakkepuit $W^r = (Q^d_i - Q^r_i)/(0,01x\ Q^d_i + 0,02442)$ = (18,9 – 10,25)/(0,01 x 18,9 + 0,02442) = 40,53% [1]

Turvas: $W^r = (Q^d_i - Q^r_i)/(0,01\ x\ Q^d_i + 0,02442)$ = (20,8 – 10,62)/(0,01 x 20,8 + 0,02442) = 43,8%

Hakkepuidu tarbimisaine süsiniku sisaldus: $C^r = C^d$ x (100 – W^r)/100 = 49,87 x (100 –40,53)/100 = 29,66%

Turba tarbimisaine süsiniku sisaldus: $C^r = C^d$ x (100 – W^r)/100 = 55,0 x (100 – 43,8)/100 =30,91%

Hakkepuidu ja turba segu tarbimisaine keskmine süsiniku sisaldus:

C^r_{kesk} = (80 x 29,66 + 20 x 30,91)/100 = 29,91%

Hakkepuidu ja turba segu süsiniku eriheitetegur: q_{CO2} = 10 x C^r_{kesk}/ $Q^r_{i\ kesk}$ = 10 x 29,91/10,33 = 28,95 tC/TJ.

8 Must leelis (1.A.1.A)

Tabelis 5 on toodud musta leelise süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 5. Must leelise eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **must leelis**		

4	Kütuse alumine küttevääртus (aasta keskmine)	Q^r_i	MJ/kg, GJ/t
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal ρ = 1,3423 t/m^3	B	l/s m^3/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal: $Q_s = Q^r_i \times B \times \rho/3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: 20,9/(20,9 – O_2)	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08)	q_{N2O}	kg/TJ

Kütuse alumine küttevääртus: 8,13 MJ/kg

Mõõdetud parameetrite alusel on leitud musta leelise CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08) = **1,835 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08) = **0,980 kg/TJ**

*) Musta leelise parameetrite leidmine:

Musta leelise tihedus on leitud valemiga [9]: ρ = 1,007 + 0,006 x S(%) – 0,000495 x t(°C) = 1,007 + 0,006 x 57,538 – 0,000495 x 20 = 1,3423 t/m^3. Tahke aine sisaldus (S) on leitud allikas [5] toodud musta leelise kuivaine ja küttevääртuste ning ülaltoodud musta leelise küttevääртuse järgi:

S = 67,8 x 8,13/9,58 = 57,538%.

Musta leelise niiskuse sisaldus (Q^d_i = 15,29 MJ/kg) :

$W^r = (Q^d_i - Q^r_i)/(0,01 \times Q^d_i + 0,02442) = (15,29 – 8,13)/(0,01 \times 15,29 + 0,02442) = 40,379\%$.

9 Biogaas (1.A.1.A)

Tabelis 6 on toodud biogaasi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 6. Biogaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **biogaas**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus (aasta keskmine)	Q^r_i	MJ/m^3
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	m^3/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal $Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 – O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ ($\rho_{CH4} = 0,716\ kg/m^3$)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ ($\rho_{N2O} = 1,965\ kg/m^3$)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ

Kütuse alumine küttevääртus: **21,3 MJ/kg** *)

Nende parameetrite alusel on leitud biogaasi CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,0) = **554,523 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,0) = **2,011 kg/TJ**

*) Antud juhul biogaasi koostise kohta andmed puuduvad, mistõttu pakutud biogaasi küttevääртust 21,3 MJ/m^3 (algul 12 MJ/m^3) ei ole võimalik kontrollida. See küttevääртus ei erine olulisel määral varem biogaasi koostise järgi leitud küttevääртusest 22,612 MJ/m^3 [6]. Siis esimesel lähendusel võib kasutada varem saadud biogaasi andmeid.

10 Maagaas (1.A.1.A)

Tabelis 7 on toodud maagaasi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 7. Maagaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **maagaas**		
4	Kütuse alumine küttevääртus (ρ = 0,684 kg/m^3)	Q^r_i	MJ/m^3 MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	m^3/min m^3/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q_s = Q^r_i \times B / 3{,}6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm

	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: 20,9/(20,9 – O_2)	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Süsiniku eriheitetegur [6]	q_{CO2}	tC/TJ

Kütuse alumine kütteväärtus: 49,162 MJ/kg
Kütuse täpsustatud kütteväärtus: 33,627 MJ/kg *)

Nende parameetrite alusel on leitud maagaasi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **0,00004 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **0,00058 kg/TJ**

q_{CO2} [6] = **15,07 tC/TJ**.

*) <u>Maagaasi täpsustatud kütteväärtus</u>

Eestis tarbitud maagasi kütteväärtust ja süsiniku eriheitetegurit on analüüsitud lähtudes AS Võrguteenuste poolt esitatud kuuel erineval kuul Eestis tarbitud maagaasi keskmisest koostistest ja kvaliteedinäitajatest Eesti Standardi EVS-EN ISO 6976:2005 alusel.

Kuue maagaasi proovi arvutuslik keskmine alumine kütteväärtus on: Q^r = 33,627 ± 0,006 MJ/m^3.

Saadud maagaasi keskmine kütteväärtus on pisut väiksem Eesti Gaasi poolt pakutud keskmisest kütteväärtusest (-0,237 %).

11 Kerge kütteõli (1.A.1.A)

Tabelis 8 on toodud kerge kütteõli süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 8. Kerge kütteõli eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp: Veekatel Bentone b-10		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **kerge kütteõli**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	kg/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud: $Q_s = Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ

Kütuse alumine kütteväärtus: **42,503 MJ/kg** *)

Nende parameetrite alusel on leitud kerge kütteõli CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **0,074 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,0) = **0,336 kg/TJ.**

12 Tükkturvas (1.A.1.A)

Tabelis 9 on toodud tükkturba süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Valitud ettevõttes teostatud mõõtmiste tulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 9. Tükkturba eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp:		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **tükkturvas**		
4	Kütuse alumine küttevääртus	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	kg/h t/ööpäevas
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud: $Q_s = Q^r_i \times B / 3{,}6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20{,}9/(20{,}9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,06)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,06)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Tükkturba süsiniku sisaldus	C^r	%
18	Süsiniku eriheitetegur: 10 x C^r / Q^r_i	q_{CO2}	tC/TJ

Kütuse täpsustatud alumine kütteväärtus: 12,34 MJ/kg *)

Nende parameetrite alusel on leitud tükkturba süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,06) = **0,000045 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,06) = **0,00062 kg/TJ**

$q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i$ = **28,489 tC/TJ**.

*) <u>Kerge kütteõli täpsustatud kütteväärtus</u>

Kontrollarvutuste läbiviimiseks leiame turba elementaarkoostise ja kuivaine keskmise tuhasisalduse [1,8] järgi turba kuivaine kütteväärtuse Q^d_i = 20,3 MJ/kg ja süsiniku sisalduse C^d = 54,085%.

Tükkturba tarbimisaine kütteväärtus juhul kui keskmise niiskuse sisalduse W^r = 35% juures:

$Q^r_i = Q^d_i \times (100 - W^r)/100 - 0{,}02442 \times W^r = 20{,}3 \times (100 - 35)/100 - 0{,}02442 \times 35 = 12{,}34$ MJ/kg ja

tarbimisaine süsiniku sisaldus $C^r = C^d \times (100 - 35)/100 = 54{,}085 \times (100 - 35)/100 = 35{,}155\%$

Süsiniku eriheitetegur: $q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i = 10 \times 35{,}155/12{,}34 = 28{,}489$ tC/TJ.

13 Tükkturvas (1.A.4.B)

Tabelis 10 on toodud tükkturba süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. KUKi ahjulabori (raudahi) mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 10. Tükkturba (raudahi) eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp: raudahi		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **tükkturvas**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	kg/h

6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud: $Q_s = Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	kW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m³)	c_{CH4}	mg/Nm³
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m³)	c_{N2O}	mg/Nm³
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Tükkturba tarbimisaine süsiniku sisaldus	C^r	%
18	Tükkturba süsiniku eriheitetegur	q_{CO2}	tC/TJ

Kütuse alumine küttevääртus: 12,0 MJ/kg

Nende parameetrite alusel on leitud tükkturba süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08) = **88,678 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,08) = **6,737 kg/TJ**

$q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i$ = **29,93 tC/TJ** *)

*) <u>Tükkturba täpsustatud süsiniku eriheitetegur</u>

Kuna toodud tükkturba tarbimisaine alumine küttevääртus langeb antud juhul tükkturvast iseloomustava küttevääртuste vahemikku [1], siis on täpsustatud ainult süsiniku eriheitetegurit.

Kontrollarvutuste läbiviimiseks leiame turba elementaarkoostise ja kuivaine keskmise tuhasisalduse [1] järgi turba kuivaine küttevääртuse Q^d_i = 20,3 MJ/kg ja süsiniku sisalduse C^d = 54,085%.

Turba niiskusesisalduse leidmiseks kasutame valemit:

$W^r = (Q^d_i - Q^r_i)/(0{,}01x\ Q^d_i + 0{,}02442) = (20{,}3 – 12)/(0{,}01 \times 20{,}3 + 0{,}02442) = 33{,}58\%$.

Tükkturba tarbimisaine süsiniku sisaldus $C^r = C^d \times (100 – W^r)/100 = 54{,}085 \times (100 – 33{,}58)/100 = 35{,}92\%$

Süsiniku eriheitetegur: $q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i = 10 \times 35{,}92/12 = 29{,}93$ tC/TJ.

14 Turbabrikett raudahi (1.A.4.B)

Tabelis 11 on toodud turbabriketi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. KUKi ahjulabori (raudahi) mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 11. Turbabriketi (raudahi) eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp: **raudahi**		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **turbabrikett**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus - antud Täpsustatud kütteväärtus	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	kg/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3{,}6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20{,}9/(20{,}9 – O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ ($\rho_{CH4} = 0{,}716$ kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ ($\rho_{N2O} = 1{,}965$ kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3

15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Turbabriketi tarbimisaine süsiniku sisaldus	C^r	%
18	Turbabriketi süsiniku eriheitetegur	q_{CO2}	tC/TJ

Kütuse alumine kütteväärtus: 12,0 MJ/kg
Kütuse täpsustatud kütteväärtus: 16,5 MJ/kg *)

Nende parameetrite alusel on leitud turbabriketi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01) = **85,104 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01) = **10,580 kg/TJ**

$q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i$ = **28,845 tC/TJ**.

*) <u>Turbabriketi täpsustatud kütteväärtus</u>

Turbabriketi kütteväärtus on kirjanduse andmetel oluliselt kõrgem kui tükkturbal ja freesturbal ja on piires 16-17 MJ/kg olenevalt selle niiskuse sisaldusest, mis on piires 10-14% [1]. Kuna meil ei ole teada (ei ole määratud), mõõtmiste ajal põletatud turbabriketi niiskuse sisaldus, siis on ainus võimalus valida põletatud turbabriketi kütteväärtuseks ja niiskuse sisalduseks nende näitajate keskmised väärtused, vastavalt Q^r_i = 16,5 MJ/kg ja W^r =12%.

Turbabriketi tarbimisaine süsiniku sisalduse leidmisel lähtume arvutuslikult leitud turba kuivaine süsiniku sisaldusest C^d = 54,085% [1].

Turbabriketi tarbimisaine süsiniku sisaldus:

$C^r = C^d \times (100 - W^r)/100 = 54,085 \times (100 - 12)/100 = 47,5948\%$

Turbabriketi süsiniku eriheitetegur: $q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i = 10 \times 47,5948/16,5 = 28,845$ tC/TJ.

15 Turbabrikett pliit (1.A.4.B)

Tabelis 12 on toodud turbabriketi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. KUKi ahjulabori (pliit) mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 12. Turbabriketi (pliit) eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp: **pliit**		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **turbabrikett**		
4	Kütuse alumine küttevääртus – antud Täpsustatud küttevääртus	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	kg/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Turbabriketi tarbimisaine süsiniku sisaldus	C^r	%
18	Turbabriketi süsiniku eriheitetegur	q_{CO2}	tC/TJ

Kütuse alumine küttevääртus: 12,0 MJ/kg
Kütuse täpsustatud küttevääртus: 16,5 MJ/kg *)

Nende parameetrite alusel on leitud turbabriketi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01) = **50,697 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,01) = **9,273 kg/TJ**

$q_{CO2} = 10 \cdot C^r / Q^r_i$ = **28,845 tC/TJ**.

*) Turbabriketi täpsustatud küttevääртus

Turbabriketi küttevääртus on kirjanduse andmetel oluliselt kõrgem kui tükkturbal ja freesturbal ja on piires 16–17 MJ/kg olenevalt selle niiskuse sisaldusest, mis on piires 10-14% [1, 8]. Kuna meil ei ole teada (ei ole määratud), mõõtmiste ajal põletatud turbabriketi niiskuse sisaldus, siis on ainus võimalus valida põletatud turbabriketi küttevääртuseks ja niiskuse sisalduseks nende näitajate keskmised väärtused, vastavalt Q^r_i = 16,5 MJ/kg ja W^r =12%.

Turbabriketi tarbimisaine süsiniku sisalduse leidmisel lähtume arvutuslikult leitud turba kuivaine süsiniku sisaldusest C^d = 54,085% [1].

Turbabriketi tarbimisaine süsiniku sisaldus:

$C^r = C^d \times (100 - W^r)/100 = 54{,}085 \times (100 - 12)/100 = 47{,}5948\%$

Turbabriketi süsiniku eriheitetegur: $q_{CO2} = 10 \times C^r / Q^r_i = 10 \times 47{,}5948/16{,}5 = 28{,}845$ tC/TJ.

16 Tahke biomass (1.A.4.B)

Tabelis 13 on toodud tahke biomassi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. KUKi ahjulabori (raudahi) mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 13. Tahke biomassi eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp: **raudahi**		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **halupuud**		
4	Kütuse alumine küttevääртus	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal	B	kg/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3{,}6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm

8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: 20,9/(20,9 – O_2)	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times$ 0,25 ×k (k=1,06)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times$ 0,25 ×k (k=1,06)	q_{N2O}	kg/TJ

Kütuse alumine küttevääртus: 12,0 MJ/kg

Nende parameetrite alusel on leitud halupuude CH_4 ja N_2O eriheitetegur:

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,06) = **105,056 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$ (k=1,06) = **3,6245 kg/TJ**

Puidu kuivaine alumine küttevääртus Q^d =18,9 MJ/kg ja süsiniku sisaldus C^d = 50,4% [1].

Halupuude niiskusesisalduse leidmiseks kasutame valemit:

$W^r = (Q^d_i - Q^r_i)/(0{,}01 \cdot Q^d_i + 0{,}02442) = (18{,}9 - 12)/(0{,}01 \times 18{,}9 + 0{,}02442) = 32{,}331\%$.

17 Poolkoksigaas ja generaatorgaas

Tabelis 14 on toodud VKG õlitehase poolkoksigaasi ja generaatorgaasi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. VKG õlitehase mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 14. VKG õlitehase poolkoksigaasi ja generaatorgaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp:		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW

3	Kasutatud kütus: **poolkoksigaas + generaatorgaas**		
4	Kütuse alumine kütteväärtus - poolkoksigaas - generaatorgaas	Q^r_i	MJ/kg
5	Kütuse keskmine kulu mõõtmiste ajal - poolkoksigaas - generaatorgaas	B	m^3/h
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ
17		C^r	%
18	Süsiniku eriheitetegur: $10 \times C^r / Q^r_i$	q_{CO2}	tC/TJ

Poolkoksigaasi alumine kütteväärtus: 44,242 MJ/m^3

Generaatorgaasi alumine kütteväärtus: 3,586 MJ/m^3

Generaatorgaas:

$Q^{r'} = Q^r/\rho$ = 2,895 MJ/kg

$q_{CO2} = 10 \cdot C_\Sigma / Q^{r'}$ = 43,385 tC/TJ

Poolkoksigaas:

$Q^{r'} = Q^r/\rho = 33{,}725$ MJ/kg

$q_{CO2} = 10 \cdot C_\Sigma / Q^{r'} = 18{,}483$ tC/TJ

Keskmine süsiniku eriheitetegur (juhul kui põletati gaaside segu mõõtmiste ajal): q_{CO2} = **21,270 tC/TJ**

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0.25 \times k$ (k=1.0) = **0,534 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0.25 \times k$ (k=1.0) = **0,535 kg/TJ**

Tabelis 15 on toodud Kiviõli Keemiatööstuse generaatorgaasi süsiniku, CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Kiviõli mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 15. Kiviõli õlitehase generaatorgaasi eriheitetegurite arvutamise metoodika

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp:		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **generaatorgaas**		
4	Kütuse keskmine alumine kütteväärtus	Q^r_i	MJ/m^3 MJ/kg
5	Kütuse kulu mõõtmiste ajal	B	m^3/s
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3{,}6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	^oC
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s

	Arvutused		
12	Liigõhutegur: 20,9/(20,9 – O_2)	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ
17	Keskmine tarbimisaine süsiniku sisaldus	C_Σ	%
18	Keskmine süsiniku eriheitetegur	q_{CO2}	tC/TJ

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **0,201 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **0,383 kg/TJ**

*) Täpsustatud küttevääртus ja süsiniku eriheitetegur (alltoodud tulemuste alusel, täpsemad andmed on toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1)).

Viie generaatorgaasi proovi keskmine küttevääртus: 3,012 MJ/m^3 = 2,391 MJ/kg.

Viie generaatorgaasi proovi keskmine süsiniku eriheitetegur: **49,44 tC/TJ**

Tabelis 16 on toodud Eesti Energia Õlitööstus AS CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Õlitehase mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 16. Eesti Eneriga Õlitööstus AS

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp:		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **põlevkivi poolkoks**		
4	Kütuse keskmine alumine küttevääртus	Q^r_i	MJ/m^3 MJ/kg

5	Kütuse kulu mõõtmiste ajal	B	m^3/s
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m³)	c_{CH4}	mg/Nm³
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m³)	c_{N2O}	mg/Nm³
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0.25 \times k$ (k=1.0) = **549,887 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0.25 \times k$ (k=1.0) = **1,638 kg/TJ**

Tabelis 17 on toodud VKG Oil Petroter CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Õlitehase mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 17. VKG Oil Petroter

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp:		
2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **põlevkivi poolkoks**		

4	Kütuse keskmine alumine kütteväärtus	Q^r_i	MJ/m^3 MJ/kg
5	Kütuse kulu mõõtmiste ajal	B	m^3/s
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 – O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **10,671 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **1,3658kg/TJ**

Tabelis 18 on toodud Kiviõli TSK 500 CH_4 ja N_2O eriheiteteguri arvutamise metoodika. Õlitehase mõõtmistulemused on konfidentsiaalne informatsioon ja on seetõttu toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited2_KUK_Lisa1).

Table 18. Kiviõli TSK 500

Jrk. nr	Nimetus	Tähis	Ühik
	Lähteandmed		
1	Katla tüüp:		

2	Katla nominaalne soojuslik võimsus	Q_n	MW
3	Kasutatud kütus: **põlevkivi poolkoks**		
4	Kütuse keskmine alumine kütteväärtus	Q^r_i	MJ/m^3 MJ/kg
5	Kütuse kulu mõõtmiste ajal	B	m^3/s
6	Katla soojuslik võimsus mõõtmiste ajal Arvutatud $Q^r_i \times B / 3,6$	Q_s	MW
7	Lahkuvate suitsugaaside koostis:		
	- hapnik	O_2	%
	- süsinikdioksiid	CO_2	%
	- süsinikoksiid	CO	ppm
	- metaan	CH_4	ppm
	- dilämmastikoksiid	N_2O	ppm
8	Lahkuvate suitsugaaside temperatuur	t_s	°C
9	Rõhk	p	hPa
10	Suitsukäigu ristlõige :	F	m^2
11	Gaasidekiirus suitsukäigus	v_g	m/s
	Arvutused		
12	Liigõhutegur: $20,9/(20,9 - O_2)$	α	
13	CH_4 sisaldus kuivades suitsugaasides: $CH_4 \times \rho_{CH4}$ (ρ_{CH4} = 0,716 kg/m^3)	c_{CH4}	mg/Nm^3
14	N_20 sisaldus kuivades suitsugaasides: $N_20 \times \rho_{N2O}$ (ρ_{N2O} = 1,965 kg/m^3)	c_{N2O}	mg/Nm^3
15	CH_4 eriheitetegur: $c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{CH4}	kg/TJ
16	N_20 eriheitetegur: $c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0)	q_{N2O}	kg/TJ

$q_{CH4} = c_{CH4} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **878,640 kg/TJ**

$q_{N2O} = c_{N2O} \times \alpha \times 0,25 \times k$ (k=1,0) = **12,931 kg/TJ**

18 Kokkuvõte

Käesolevas töös on kasutatud Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (EKUK) poolt määratud erinevate katelde ja EKUKi oma labori põletusseadmete suitsugaaside koostiste andmeid, millede alusel on leitud metaani, lämmastikdioksiidi ja süsiniku eriheitetegurid, olenevalt põletusseadme soojuslikust võimsusest ning põletatud kütuse tüübist.

Käesoleval juhul on KUKi poolt esmakordselt määratud metaani (CH_4) ja lämmastikdioksiidi (N_2O) sisaldused kõrvuti teiste gaasiliste ühenditega (CO_2, O_2, CO) erineva soojusliku võimsusega ja erinevate kütustega töötavate põletusseadmete suitsugaasides. Gaasiliste komponentide sisalduse järgi suitsugaasides on leitud CH_4 ja N_2O eriheitetegurid. Süsiniku eriheitetegurite määramisel on lähtutud kütuste täpsustatud küttevääртustest ja süsiniku sisaldustest.

Arvutuste alusel leitud metaani ja lämmastikdioksiidi heitetegurite väärtused sõltuvad olulisel määral põletusseadme soojuslikust võimsusest ja vähemal määral põletatava kütuse liigist. Näiteks on metaani eriheitetegur kõige madalam maagaasi põletamisel 12 MW soojusliku võimsusega katlas - 0,00009 kg/TJ ja tükkturba põletamisel sama võimsusega katlas – 0,000045 kg/TJ. Seevastu kõige kõrgem on metaani eriheitetegur biogaasi põletamisel 0,5 MW soojusliku võimsusega katlas – 554,236 kg/TJ ja sama võimsas kivisöe katlas – 209,54 kg/MJ.

Lämmastikdioksiidi heitetegurid on metaani eriheiteteguritest oluliselt väiksemad. Kõige madalamad on need suurema soojusliku võimsusega katelde puhul. Nii on 12 MW soojusliku võimsusega maagaasil töötava katla N_2O eriheitetegur 0,00048 kg/TJ ja sama soojusliku võimsusega tükkturbaga köetaval katlal 0,00062 kg/TJ. N_2O eriheitetegurid on suuremad väiksema soojusliku võimsusega kateldel. Nii on kivisöel (0,5 MW), freesturbal (4,5 MW) ja biogaasil (0,15 MW) töötavate katelde puhul N_2O eriheitetegurid piires N_2O eriheitetegurid: 2,01-2,4729 kg/TJ. Kõige kõrgemad N_2O eriheitetegurid on tükkturba ja turbabriketi põletamise korral raudahjus ja pliidi koldes: 6,7367-10,577 kg/TJ.

Kütuste süsiniku eriheitetegureid ei olene otseselt põletusseadmete soojuslikust võimsusest. Kütuste süsiniku eriheitetegurid olenevad põhiliselt kütuste parameetritest.

Suitsugaasides määratud CO_2, O_2, CO sisaldused võimaldavad teha täiendavaid järeldusi testitud põletusseadmete kohta. Kõrge O_2 ja CO sisaldus suitsugaasides viitab ühelt poolt põlemisprotsessi halvale organiseerimisele (segunemine) või kütuse ja põlemisõhu ebaõigele vahekorrale ($\alpha > 2$) ja teiselt poolt piiratud kolde mahule, milles CO ei jõua lõpuni põleda.

Antud mõõtmiste puhul oli tükkturba põletamisel 12 MW katlas CO sisaldus suitsugaasides 0% (α=1,139), kuid väikese kivisöe katla (0,5 MW) suitsugaasides 26696,23 ppm (α =1,388). Kõige halvemad näitajad olid tükkturba ja turbabriketi põletamise puhul raudahjus ja pliidi koldes: CO = 562,5961-12029,11 ppm ja α = 6,51-14,888.

19 Kasutatud kirjandus

1. A.Paist, A. Poobus. Soojusgeneraatorid. TTÜ Kirjastus, Tallinn 2009. 147 lk.
2. Põlemisseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramise kord ja määramismeetodid. Keskkonnaministri 2.augusti 2004. a määrus nr 99. RTL, 12.08.2004, 108, 1724.
3. Thermal calculations for steam generators. Normative method. Energia, Moscow,1973, 292 p. (Vene keeles).
4. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy, Table 2.2 Default Emission Factors for Stationery Combustion..
5. Black Liquir as Fired at Kehra. Analyzed by Andritz OY, Karhula Finland, 2006.
6. Kasvuhoonegaaside riigispetsiifiliste eriheitetegurite väljatöötamine energeetika sektoris. II osa. Töövõtulepingu aruanne – autor A. Martins. Tallinn 2013.
7. V. Vares, Ü. Kask, P. Muiste, T. Pihu, S. Soosaar. Biokütuste kasutaja käsiraamat. TTÜ Kirjastus, Tallinn 2005. 172 lk.
8. A. Ots, A. Veski, A. Saks, A. Luberg jt. Turba energeetilise kasutamise võimalused Eestis. Tallinn 1992. 59lk.
9. http://www.tappi.org/content/events/08kros/handouts/3-1.pdf