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, I osa

Töö autorid
Ants Martins
Tanel Laasma
Kristina Kaar
Erik Teinemaa

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: 31.05.2013

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 ... 7
2 Töö eesmärk ... 7
3 Põlevkivigaasid ... 11
3.1 Kiviõli õlitehas ... 11
3.1.1 Kiviõli õlitehase kiviter tüüpi püstretordid ... 11
3.1.2 Kiviõli Õlitehase TSK-500 retort ... 13
3.2 VKG Oil õlitehased ... 16
3.2.1 VKG Oil AS Kiviter tüüpi püstretordid ... 16
3.2.2 OÜ VKG Oil Petroter tüüpi retort ... 19
3.3 Eesti Energia Narva õlitehas ... 22
4 Maanteetransport ... 25
5 Vedelkütusted mittemaanteetranspordile (kerge- ja raske kütteõli, diisel, LPG) ... 26
6 Kivisüsi ja kivisöe koks ... 28
7 Must leelis ... 29
7.1 Musta leelise süsiniku eriheitetegur ... 30
7.2 Musta leelise CH_4 eriheitetegur ... 31
7.3 Musta leelise N_2O eriheitetegur ... 32
8 Biogaas ... 32
8.1 Biogaasi süsiniku eriheitetegur ... 33
8.2 Biogaasi CH_4 eriheitetegur ... 33
8.3 Biogaasi N_2O eriheitetegur ... 33
9 Muud kütused ... 34
10 Maagaas ... 34
10.1 Maagaasi kvaliteedi tunnused (AS Eesti Gaas Võrguteenuse andmed) ... 34

10.2 Maagaasi süsiniku eriheitetegur ja kütteväärtus 44

10.3 Maagaasi hajusheide 44

10.4 CH_4 hajusheitmete arvutamine IPCC juhendmaterjalide alusel 44

10.5 Maagaasi hajusheitmete arvutamine 46

11 Vedelkütuste hajusheide 48

11.1 Naftatooted 48

12 Kokkuvõte 52

13 Kasutatud kirjandus 54

Tabelid

Tabel 1. Arvutuslikul teel leitavad eriheitetegurid 8

Tabel 2. Kiviõli õlitehase Kiviter tüüpi püstretortide süsiniku bilansi metoodika 11

Tabel 3. Kiviõli õlitehase TSK 500 retordi süsiniku bilansi metoodika 14

Tabel 4. VKG Oil AS Kiviter tüüpi püstretortide süsiniku bilansi metoodika 17

Tabel 5. OÜ VKG Oil Petroter tüüpi retordi süsiniku bilansi metoodika 21

Tabel 6. EE Narva õlitehase süsiniku bilansi metoodika 23

Tabel 7. Maanteetranspordis kasutatavate kütuste (bensiin, diisel, LPG) Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited (CEF) 1990–2011 26

Tabel 8. Mittemaanteetranspordis kasutatavate kütuste (kerge- ja raske kütteõli, diisel, LPG) Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited (CEF) 1990–2011 27

Tabel 9. Kivisöe ja kivisöe koksi Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited (CEF) 1990–2011 28

Tabel 10. Kehra paberivabriku musta leelise kütteväärtused 2010–2012 30

Tabel 11. Maagaas 2011. a. oktoober 35

Tabel 12. Maagaas 2011. a. november 37

Tabel 13. Maagaas 2011. a. detsember 39

Tabel 14. Maagaas 2012. a. jaanuar 40

Tabel 15. Maagaas 2012. a. veebruar 42

Tabel 16. Maagaas 2013. a. jaanuar 43

Tabel 17. IPCC 1996 juhendmaterjalide gaasi ja õli metaani emissiooni eriheitetegurid 44

Tabel 18. IPCC 2006 juhendmaterjalide maagaasi aastased hajusheitmete eriheitetegurid 45

Tabel 19. Eesti 2011. a. maagaasi hajusheitmed leitud IPCC 2006 juhendmaterjalide järgi 46

Tabel 20. CH_4 eriheiteteguri arvutuskäik 47

Tabel 21. IPCC 1996 juhendmaterjalide õli metaani eriheitetegurid 48

Tabel 22. Naftatoodete metaani eriheitetegurid 50

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 otsusele 280/2004/EÜ 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 esimese osa ulatus kategooriate, kütuste ja kasvuhoonegaaside riigispetsiifiliste eriheitetegurite osas on toodud vastavalt käesoleva aruande tabelis 1. Kategooriad, kus tuli arvutuslikul teel töötada välja riigispetsiifiline eriheitetegur (ja täpsustada kütuste küttevääртused) on märgitud tähisega „**X**“.

[1] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

Tabel 1. Arvutuslikul teel 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-maanteetrans-pordile)	X		
			Raske kütteõli	X		
			Põlevkiviõli			
			Kerge kütteõli	X		
			Diislikütus (mitte-maanteetranspordile)	X		
1.A.1.A	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Avalik energia- ja soojusetootmine	Tahked kütused	Kivisüsi	X		
			Freesturvas			
			Tükkturvas			
			Turbabrikett			
			Põlevkivi poolkoksigaas	X	X	
			Põlevkivi generaatorgaas	X	X	
1.A.1.A	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Avalik energia- ja soojusetootmine	Biomass	Tahke biomass (halupuud, hakkpuit, puidujäätmed jne)			
			Must leelis		X	X
			Biogaas		X	X
1.A.1.A	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Avalik energia- ja soojusetootmine	Gaaskütused	Maagaas	X		
1.A.1.C	Kütuse põlemist hõlmavad	Tahked kütused	Poolkoks	X		

Võtmekategooria		Kütus		Süsiniku eriheitetegur (tC/TJ)	Metaani eriheitetegur (kg CH_4/TJ)	Dilämmastikoksiidi eriheitetegur (kg N_2O/TJ)
	tegevused/Energia-tööstus/ Tahke-kütuste tootmine ja muud energia-tööstuse harud					
1.A.2	Kütuse põlemist hõlmavad tegevused/Energia-tööstus/ Töötlev tööstus ja ehitus	Tahked kütused	Kivisüsi	X		
			Kivisöe koks	X		
			Põlevkivikoks			
			Turbabrikett			
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)	X	X	X
			Diislikütus	X	X[2]	X
			Bensiin	X	X	X
1.A.4.B	Muud sektorid/Kodumaja-pidamised	Tahked kütused	Kivisüsi	X		
			Tükkturvas			
			Turbabrikett			
1.A.4.B	Muud sektorid/Kodumaja-pidamised	Biomass	Tahke biomass (halupuud, hakkpuit, puidujäätmed jne)			
1.A.4.B	Muud sektorid/Kodumaja-pidamised	Gaaskütused	Maagaas	X		

[2] Vastavalt projekti vahearuandele ei leita käesoleva töö raames maanteetranspordis kasutatava diislikütuse ja bensiini metaani ja dilämmastikoksiidi eriheitetegurit kuna Eesti riikliku kasvuhoonegaaside inventuuri koostamisel kasutatakse COPERT IV mudeli andmed, mis vastavad IPCC juhendite kõige kõrgemale metoodikale – Tier 3.

Võtmekategooria		Kütus		Süsiniku eriheitetegur (tC/TJ)	Metaani eriheitetegur (kg CH_4/TJ)	Dilämmastikoksiidi eriheitetegur (kg N_2O/TJ)
1.B.2	Hajusheide	Vedelkütuste hajusheide	Naftatooted		X	
		Maagaasi hajusheide	Maagaas		X	

3 Põlevkivigaasid

3.1 Kiviõli õlitehas

3.1.1 Kiviõli õlitehase kiviter tüüpi püstretordid

Kiviõli õlitehase Kiviter tüüpi püstretortide (kui ka kõikide teiste põlevkiviõli tootjate) generaatorgaasi koosseis ja selle alusel leitud gaasi parameetrid tihedus, süsiniku sisaldus ja kütteväärtus on saadud ettevõtte käest ning tegemist on konfidentsiaalsete andmetega. Seetõttu on nimetatud andmed toodud elektroonilises Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 1). Nende parameetrite alusel on leitud generaatorgaasi süsiniku eriheitetegur.

$Q^{r'}_{gg} = Q^{r}_{gg} / \rho_{gg} = 2{,}009$ MJ/kg

$q_{c\,gg} = 10 \times C_{\Sigma} / Q^{r}_{gg} =$ **52,45 tC/TJ**

(Q^{r}_{gg} – Generaatorgaasi osakütteväärtus, MJ/nm^3; ρ_{gg} – Generaatorgaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{gg}$ – Generaatorgaasi alumine kütteväärtus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\,gg}$ – Generaatorgaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Püstgeneraatoritest väljuvat poolkoksi seni ei kasutata. Poolkoks ladustatakse mäkke (poolkoksi hoidlasse). Mäkke ladestatakse ka poolkoksis sisalduv süsinik. Ladestatud süsiniku koguse otsene määramine on raskendatud. Antud juhul on põlevkivi poolkoksis sisalduva süsiniku määramisel lähtutud püstretortide õlitootmise süsiniku bilansist.

Tabelis 2 on toodud Kiviõli Õlitehase püstretortide süsiniku bilansi metoodika, mille alusel on leitud ladestatud poolkoksi kogus, süsiniku ladestamise eriheitetegur tC/TJ ja retortide keemiline kasutegur. Arvutatud aegread on toodud elektroonilises Lisas 2 (Eriheited_KUK_Lisa2.xls, leht "Kiviõli Püstretort C bilanss").

Tabel 2. Kiviõli õlitehase Kiviter tüüpi püstretortide süsiniku bilansi metoodika

PÕLEVKIVI (PK)			
PK alumine kütteväärtus	Q^r	Tehase andmed	MJ/kg
PK niiskuse sisaldus	W^r	$W^r = 0{,}6695 \times Q^r_L + 5{,}9141$ [4]	%
Kuiva PK kütteväärtus	Q^d	$Q^d_L = (Q^r_L + 0{,}025 \times W^r)/(100 - W^r)/100$ [5]	MJ/kg
Kuiva PK tuhasisaldus	A^d	$A^d = 0{,}052 \times Q^d_L \times Q^d_L - 2{,}3049 \times Q^d_L + 68{,}929$ [4]	%
Saabuva PK tuhasisaldus	A^r	$A^r = A^d \times (100 - W^r)/100$	%
Kuiva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^d_M$	$(CO_2)^d = -0{,}112 \times (Q^d_L)^2 + 1{,}0723 \times Q^d_L + 20{,}323$ [4]	%

Saabuva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^r$	$(CO_2)^r = (CO_2)^d$ x $(100 – W^r)/100$	%
Kuiva PK savi-liiva aine	T^d	$T^d = A^d – 1,217$ x $(CO_2)^r$, % [3]	%
Saabuva PK savi-liiva aine	T^r	$T^r = T^d$ x $(100-W^r/100)$, %	%
PK näiv põlevaine	P^r	$P^r = 100 - A^r - (CO_2)^r - W^r$, % [3]	%
Püriitse väävli sisaldus	S^d_p	$S^d_p = 0,534$ x FeS^d_2 [3]	%
Püriitse väävli sisaldus savi-liiva aines	FeS^d_2	$FeS^d_2 = FeS$ x $T^d/100$; (FeS=9,3%[3])	%
Kuiva PK orgaaniline osa	R^d	$R^d = (100$ x $Q^d_i + 3,882 + CO_2^d – 13,297$ x $S^d_p)/ 34,56$ [4]	%
Saabuva PK süsiniku sisaldus	C^r	$C^r = C^d$ x $(100-W^r)/100$	%
Kuiva PK süsiniku sisaldus	C^d	$C^d = 0,7745$ x R^d [3]	%
PK kulu õli tootmiseks	B'os	$B'_{os} = B_{os}$ x Q^r_{os}	TJ
PK kulu õli tootmiseks	Bos	Tehase andmed	kt
PK CEF	$q_{c\ os}$	$q_{c\ os} = 10$ x C^r / Q^r_L [7]	tC/TJ
CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c$ x 44/12	tCO2/TJ
PK C sisaldus	C_{os}	$B_{C\ os} = q_{C\ os}$ x B'_{os} / 1000	kt
PÕLEVKIVIÕLI (PKÕ)			
Põlevkiviõli toodang	Bso	Tehase andmed	kt
Põlevkiviõli NCV	NCV	Tehase andmed	MJ/kg
Põlevkiviõli toodang	B'so	$B'_{so} = B_{so}$ x $Q_{L\ so}$	TJ
Põlevkiviõli CEF	$q_{c\ so}$		tC/TJ
Põlevkiviõli CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c$ x 44/12	t CO_2 /TJ
PKÕ C sisaldus	C_{so}	$B_{C\ so} = q_C$ x $B'_{so}/1000$	kt
GENERAATORGAAS (GG)			
GG süsiniku CEF	$q_{c\ gg}$	Arvutatud tehase andmete alusel	tC/TJ
GG CO_2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c$ x 44/12	tCO2/TJ
GG toodang	B_{gg}	Tehase andmed	Mm3
GG alumine kütteväärtus	$Q_{L\ g\ gas}$	Arvutatud tehases	MJ/Nm3
GG toodang	B'_{gg}	$B'^g_g = Bg_g$ x Qg_g	TJ
GG süsiniku sisaldus	C_{gg}	$B_{C\ gg} = B'_{gg}$ x $q_{C\ gg}/1000$	kt
GAASBENSIIN (GB)			
GB toodang	B_{pg}	Tehase andmed	kt
Gaasbensiini NCV	Q_{pg}	Bensiini kütteväärtus	MJ/kg
GB toodang	B'_{gb}	$B'_{pb} = B_{pg}$ x Q_{pg}	TJ
GB CEF	$q_{c\ pg}$	$q_{c\ pg} = q_{C\ gasoline}$	tC/TJ
GB C sisaldus	C_{pg}	$C_{pg} = B'_{pg} * q_{c\ pg}$	kt
POOLKOKS			

Poolkoksiga ladestatud süsinik	C_{SC}	$C_{sc} = C_{os} – C_{so} – C_{gg} – C_{pg}$	kt
Tuha kogus	A_{ash}	$A_{ash} = B_{OS} \times (A^r_{os} + ((CO_2)^r_M)/100$	kt
Ladestatud tuhk + C	A_{ash+C}	$A_{ash+C} = A_{ash} + C_{ash}$	kt
Poolkoksi süsiniku ladestamise eriheittegur	LCEF	$LCEF = C_{SC}/ B'_{os} \times 1000$	tC/TJ
Poolkoksi süsinikuga ladestatud soojushulk	B'_{ashC}	$B'_{ashC} = Q_C \times C_{SC}$; (Q_C = 32,80 MJ/kg)	TJ
Retortide kasutegur	η	$\eta = 100\times(B`_{SO} + B`_{scg} + B`_{pg})/B`_{os}$	%

Tabelis 2 toodud metoodika kohaselt oli Kiviõli Kiviter tüüpi tehnoloogia poolkoksi süsiniku ladestamise eriheitetegur (LCEF) 2011. aastal 1,54 tC/TJ.

3.1.2 Kiviõli Õlitehase TSK-500 retort

Kiviõli õlitehase TSK-500 tehnoloogia poolkoksigaasi koosseis ja selle alusel leitud gaasi parameetrid tihedus, süsiniku sisaldus ja küttevääртus on saadud ettevõtte käest ning tegemist on konfidentsiaalsete andmetega. Seetõttu on nimetatud andmed toodud Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 2). Nende parameetrite alusel on leitud poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur.

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{sg}/ \rho_{sg}$ =23,930 MJ/nm^3

$q_{c\ scg} = 10\times C_\Sigma/ Q^{r'}_{scg}$ = **18,594 tC/TJ**

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_Σ - Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

TSK-500 tehnoloogia poolkoksigaasi kohta saadi ka referent proovi andmed ning saadud tulemuste alusel arvutati samuti poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur. Saadud andmed on Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 3).

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{scg}/ \rho_{scg}$ = 35,615 MJ/nm^3

$q_{c\ scg} = 10\times C_\Sigma/ Q^{r'}_{scg}$ = **17,759 tC/TJ**

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_Σ – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Kiviõli Õlitehase TSK-500 retordi 2010–2011 keskmiste andmete ja referent proovi andmete alusel leitud poolkoksigaaside süsiniku eriheitetegurid on vastavalt 18,594 tC/TJ ja 17,759 tC/TJ. Siit selgub, et pikema ajavahemiku keskmisel proovil on süsiniku eriheitetegur suurem kui referentproovil.

Tabelis 3 on toodud Kiviõli Õlitehase TSK-500 süsiniku bilansi metoodika, mille alusel on leitud retordi suitsugaaside süsiniku eriheitetegur (tC/TJ), ladestatud tuha ja süsiniku kogused ning retordi keemiline kasutegur. Arvutatud aegread on toodud Lisas 2 (Eriheited_KUK_Lisa2.xls, leht "Kiviõli TSK C bilanss").

Tabel 3. Kiviõli õlitehase TSK 500 retordi süsiniku bilansi metoodika

PÕLEVKIVI (PK)			
PK alumine kütteväärtus	Q^r_{os}	Tehase andmed	MJ/kg
PK niiskuse sisaldus	W^r	$W^r = 0{,}6695 \times Q^r_L + 5{,}9141$ [4]	%
Kuiva PK kütteväärtus	Q^d_{os}	$Q^d_L = (Q^r_L + 0{,}02442 \times W^r)/(100 - W^r)/100$ [5]	MJ/kg
Kuiva PK tuhasisaldus	A^d	$A^d = 0{,}052 \times Q^d_L \times Q^d_L - 2{,}3049 \times Q^d_L + 68{,}929$ [4]	%
Saabuva PK tuhasisaldus	A^r	$A^r = A^d \times (100 - W^r)/100$	%
Kuiva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^d_M$	$(CO_2)^d = -0{,}112 \times (Q^d_L)^2 + 1{,}0723 \times Q^d_L + 20{,}323$ [4]	%
Saabuva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^r_M$	$(CO_2)^r = (CO_2)^d \times (100 - W^r)/100$	%
Kuiva PK savi-liiva aine	T^d	$T^d = A^d - 1{,}217 \times (CO_2)^d_M$ [3]	%
Saabuva PK savi-liiva aine	T^r	$T^r = T^d \times (100 - W^r/100)$	%
PK näiv põlevaine	P^r	$P^r = 100 - A^r - (CO2)^r_M - W^r$ [3]	%
Püriitse väävli sisaldus	S^d_p	$S^d_p = 0{,}534 \times FeS^d_2$ [3]	%
Püriitse väävli sisaldus savi-liiva aines	FeS^d_2	$FeS^d_2 = FeS \times T^d/100$ [3]	%
Kuiva PK orgaaniline osa	R^d	$R^d = (100 \times Q^d_{os} + 3{,}882 + (CO_2)^d_M - 13{,}297 \times S^d_p)/ 34{,}56$ [4]	%
Saabuva PK süsiniku sisaldus	C^r	$C^r = C^d \times (100 - W^r)/100$	%
Kuiva PK süsiniku sisaldus	C^d	$C^d = 0{,}7745 \times R^d$ [3]	%
PK kulu õli tootmiseks	B'_{os}	$B'_{os} = B_{os} \times Q^r_{os}$	TJ
Poolkoksikarbonaatse osa lagunemise aste	k_{CO2}	$k_{CO2} = 1 - ((CO_2)^d_{Kash}/A^d_{Kash})/ ((CO_2)^d_{KOC}/A^d_{OC})$ [8]	
PK kulu õli tootmiseks	B_{os}	Tehase andmed	kt
Karbonaatide mittelagunemise termiline efekt	ΔQc	$\Delta Qc = 0{,}0406 \times (1-k_{CO2}) \times (CO_2)^r_M$ [3]	MJ/kg

PK korrigeeritud kütteväärtus	$Q^{r'}_{os}$	$Q^{r'}_{os} = Q^{r}_{os} + \Delta Qc$ [6]	MJ/kg
PK CEF	$q_{c\ os}$	$q_{c\ os} = 10 \times (C^{r} + (12/44) \times kco_2 \times (CO_2)^{r}_{M})/Q^{r'}_{L\ os}$ [7]	tC/TJ
PK süsiniku sisaldus	C_{os}	$C_{os} = q_{C\ os} \times B'_{os} / 1000$	kt C
PK CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_{c\ os} \times 44/12$	tCO_2/TJ
PÕLEVKIVIÕLI (PKÕ)			
Põlevkiviõli toodang	B_{so}	Tehase andmed	kt
Põlevkiviõli NCV	Qos	Tehase andmed	MJ/kg
Põlevkiviõli toodang	B'_{so}	$B'_{so} = B_{so} \times Q_{L\ so}$	TJ
Põlevkiviõli CEF	q_c		tC/TJ
Põlevkiviõli CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	$t\ CO_2\ /TJ$
PKÕ C sisaldus	C_{so}	$C_{so} = q_C \times B'_{so}/1000$	kt
POOLKOKSIGAAS (PKG)			
PKG süsiniku CEF	$q_{c\ scg}$	Arvutatud tehase andmete alusel	tC/TJ
PKG CO_2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	tCO_2/TJ
PKG toodang	B_{scg}	Tehase andmed	Mm3
PKG alumine kütteväärtus	Q_{scg}	Arvutatud tehase andmete alusel	MJ/Nm3
PKG toodang	B'_{scg}	$B'_{scg} = B_{scg} \times Q_{scg}$	TJ
PKG süsiniku sisaldus	C_{scg}	$C_{scg} = B'_{scg} \times q_{C\ scg}/1000$	kt C
GAASBENSIIN (GB)			
GB toodang	B_{pg}	Tehase andmed	kt
Gaasbensiini NCV	Q_{pg}	Bensiini kütteväärtus	MJ/kg
GB toodang	B'_{pg}	$B'_{pg} = B_{pg} \times Q_{pg}$	TJ
GB CEF	$q_{c\ pg}$	$q_{c\ pg} = q_{C\ gasoline}$	tC/TJ
GB C sisaldus	C_{pg}	$C_{pg} = q_{C\ pg} \times B'_{pg}/1000$	kt
SUITSUGAASID&TUHK			
Suitsugaasides ja tuhas sisalduv süsinik	$C_{fg\ +\ ash}$	$C_{fg\ +\ ash} = C_{os} - C_{so} - C_{scg} - C_{gb}$	kt
C sisaldus suitsugaasides	C_{fg}	$C_{fg} = C_{fg+ash} - C_{ash}$	kt
Retordi suitsugaaside süsiniku eriheittegur	q_c	$q_C = C_{fg} / B'_{os} \times 1000$	tC/TJ
Tuha kogus	A_{ash}	$A_{ash} = B_{OS} \times (A^{r}_{os} + ((CO_2)^{r}_{M} \times (1-k_{CO2})))/100$	kt
Tuhaga ladestatud C kogus	C_{ash}	$C_{ash} = (A_{ash} / 0{,}99) - A_{ash}$	kt
Ladestatud tuhk + C	A_{ash+C}	$A_{ash+C} = A_{ash} + C_{ash}$	kt
Tuha süsinikuga ladestatud soojushulk	B'_{ash}	$B'_{ash} = Q_c \times C_{ash}$ (Q_C = 32,80 MJ/kg)	TJ
Retordi kasutegur	η	$\eta = 100 \times (B`_{SO} + B`_{scg} + B`_{pg})/B`_{os}$	%

Kiviõli Õlitehasest saadi andmed ka TSK-500 retordi korstnagaaside koostise kohta, et leida TSK-500 retordi süsiniku ja CH_4 eriheitetegurid. Korstnagaaside koostis on toodud Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 4). Saadud suitsugaaside koostise alusel ei ole võimalik leida nende gaaside süsiniku ja CH_4 eriheiteid, kuna tehase suitsugaaside kogused ja temperatuur ei ole määratud. Antud juhul tuli piirduda ainult retordi suitsugaaside süsiniku heiteteguriga, mis oli võimalik leida õlitehase süsiniku bilansi alusel. Suitsugaaside koguse (nm^3/h) arvutamiseks õlitehase korstnas on vajalik mõõta gaaside keskmine kiirus ja temperatuur korstna ristlõikes. Õlitehase korstna ristlõikes on vaja määrata suitsugaaside keskmine koostis, mille alusel on võimalik leida õlitehase süsiniku ja CH_4 eriheitetegurid. Antud suuruste alusel saab arvutada õlitehase CO_2 ja CH_4 heitkogused. Vastavad mõõtmised teostatakse projekti teise etapi käigus.

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 5) on toodud Kiviõli Õlitehase segugaasi 2011. aasta keskmine koostis ja selle alusel leitud segugaasi tihedus, süsiniku sisaldus, küttevääртus ja arvutatud gaasi süsiniku heitetegur. Segugaas koosneb poolkoksigaasi ja generaatorgaasi segust. Segugaasi on võimalik põletada ainult siis kui TSK-500 retort töötab. Segugaasi põletamine püstretortides gaasilise soojuskandja saamiseks on ilmselt suurendanud nende retortide keemilist kasutegurit.

$Q^{r'}_{sg} = Q^{r}_{sg} / \rho_{sg} = 3{,}003$ MJ/nm^3

$q_{c\,sg} = 10 \times C_{\Sigma} / Q^{r'}_{sg} =$ **37,315 tC/TJ**

(Q^{r}_{sg} –Segugaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{sg} –Segugaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{sg}$ – Segugaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\,sg}$ – Segugaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

3.2 VKG Oil õlitehased

3.2.1 VKG Oil AS Kiviter tüüpi püstretordid

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabelid 6 ja 7) on toodud OÜ VKG Energia Lõuna SEJ suunatud generaatorgaasi andmed vastavalt aastatel 2010 ja 2011.

$Q^{r'}_{gg} = Q^{r}_{gg} / \rho_{gg} = 2{,}094$ MJ/kg. (2010)

$q_{c\,gg} = 10 \times C_{\Sigma} / Q^{r'}_{gg} =$ **53,21 tC/TJ (2010)**

(Q^{r}_{gg} – Generaatorgaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{gg} – Generaatorgaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{gg}$ – Generaatorgaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\,gg}$ – Generaatorgaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Tehase andmed 2010

$Q^{r'}_{gg}$ = 2,741 MJ/kg

$q_{c\,gg}$ = 41,39 tC/TJ

Tihedus 1,22 kg/m^3

($Q^{r'}_{gg}$ – Generaatorgaasi alumine kütteväärtus; $q_{c\,gg}$ – Generaatorgaasi süsiniku eriheitetegur).

$Q^{r'}_{gg} = Q^{r}_{gg} / \rho_{gg}$ = 2,065 MJ/kg (2011)

$q_{c\,gg} = 10 \times C_{\Sigma} / Q^{r'}_{gg}$ = **53,455 tC/TJ (2011)**

(Q^{r}_{gg} – Generaatorgaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{gg} – Generaatorgaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{gg}$ – Generaatorgaasi alumine kütteväärtus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\,gg}$ – Generaatorgaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabelid 6 ja 7) toodud poolkoksigaaside koostised olid tehase poolt esitatud mittetäielikult. Puudus rea gaasiliste komponentide sisaldus (H_2S, N_2, O_2) ja kõrgemad küllastamata süsivesinike sisaldused ei olnud täielikult esitatud (tabelites toonitatud). Nende komponentide sisaldused on kogemuslikult valitud eelnevalt toodud täielikest gaasi analüüsidest. Seepärast tuleb esitatud andmete põhjal arvutatud generaatorgaaside süsiniku heitegureid pidada ligikaudseteks. Täpsemate andmete saamiseks on projekti teise etapi käigus planeeritud teostada kontrollmõõtmised.

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 8) on toodud varasema VKG generaatorgaasi koostise alusel läbiviidud arvutuste tulemused [1].

$Q^{r'}_{gg} = Q^{r}_{gg} / \rho_{gg}$ = 2,422 MJ/kg.

$q_{c\,gg} = 10 \times C_{\Sigma} / Q^{r'}_{gg}$ = **50,322 tC/TJ**

(Q^{r}_{gg} – Generaatorgaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{gg} – Generaatorgaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{gg}$ – Generaatorgaasi alumine kütteväärtus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\,gg}$ – Generaatorgaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Tabelis 4 on toodud VKG Oil püstretortide süsiniku bilansi metoodika, mille alusel on leitud ladestatud poolkoksi kogus, süsiniku ladestamise eriheitetegur tC/TJ ja retortide keemiline kasutegur. Arvutatud aegread on toodud Lisas 2 (Eriheited_KUK_Lisa2.xls, leht “VKG Püstretort C bilanss”).

Tabel 4. VKG Oil AS Kiviter tüüpi püstretortide süsiniku bilansi metoodika

PÕLEVKIVI (PK)			
PK alumine kütteväärtus	Q^r	Tehase andmed	MJ/kg
PK niiskuse sisaldus	W^r	W^r =0,6695 x Q^r_L +5,9141 [4]	%
Kuiva PK kütteväärtus	Q^d	$Q^d_L = Q^r_L + 0,025 \times W^r)/(100 - W^r)/100$ [5]	MJ/kg

Kuiva PK tuhasisaldus	A^d	$A^d = 0{,}052 \times Q^d_L \times Q^d_L - 2{,}3049 \times Q^d_L + 68{,}929$ [4]	%
Saabuva PK tuhasisaldus	A^r	$A^r = A^d \times (100 - W^r)/100$	%
Kuiva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^d_M$	$(CO_2)^d = -0{,}112 \times (Q^d_L)^2 + 1{,}0723 \times Q^d_L + 20{,}323$ [4]	%
Saabuva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^r$	$(CO_2)^r = (CO_2)^d \times (100 - W^r)/100$ [5]	%
Kuiva PK savi-liiva aine	T^d	$T^d = A^d - 1{,}217 \times (CO_2)^r$ [3]	%
Saabuva PK savi-liiva aine	T^r	$T^r = T^d \times (100-W^r/100)$	%
PK näiv põlevaine	P^r	$P^r = 100 - A^r - (CO_2)^r - W^r$ [3]	%
Püriitse väävli sisaldus	S^d_p	$S^d_p = 0{,}534 \times FeS^d_2$	%
Püriitse väävli sisaldus savi-liiva aines	FeS^d_2	$FeS^d_2 = FeS \times T^d/100$; (FeS=9,3%[3])	%
Kuiva PK orgaaniline osa	R^d	$R^d = (100 \times Q^d_i + 3{,}882 + CO_2{}^d - 13{,}297 \times S^d_p)/ 34{,}56$ [4]	%
Saabuva PK süsiniku sisaldus	C^r	$C^r = C^d \times (100-W^r)/100$	%
Kuiva PK süsiniku sisaldus	C^d	$C^d = 0{,}7745 \times R^d$ [3]	%
PK kulu õli tootmiseks	B'os	$B'_{os} = B_{os} \times Q^r_{os}$	TJ
PK kulu õli tootmiseks	Bos	Tehase andmed	kt
PK CEF	$q_{c\ os}$	$q_{c\ os} = 10 \times C^r / Q^r_L$	tC/TJ
CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	tCO2/TJ
PK C sisaldus	C_{os}	$B_{C\ os} = q_{C\ os} \times B'_{os} / 1000$	kt
PÕLEVKIVIÕLI (PKÕ)			
Põlevkiviõli toodang	Bso	Tehase andmed	kt
Põlevkiviõli NCV	NCV	Tehase andmed	MJ/kg
Põlevkiviõli toodang	B'so	$B'_{so} = B_{so} \times Q_{L\ so}$	TJ
Põlevkiviõli CEF	$q_{c\ so}$		tC/TJ
Põlevkiviõli CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	t CO_2 /TJ
PKÕ C sisaldus	C_{so}	$B_{C\ so} = q_C \times B'_{so}/1000$	kt
GENERAATORGAAS (GG)			
GG süsiniku CEF	$q_{c\ gg}$	Arvutatud tehase andmete alusel	tC/TJ
GG CO_2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	tCO2/TJ
GG toodang	B_{gg}	Tehase andmed	Mm^3
GG alumine küttevääртus	$Q_{L\ g\ gas}$	Arvutatud tehases	MJ/nm^3
GG toodang	B'_{gg}	$B'^g_g = Bg_g \times Qg_g$	TJ

GG süsiniku sisaldus	C_{gg}	$B_{C\,gg} = B'_{gg} \times q_{C\,gg}/1000$	kt
GAASBENSIIN (GB)			
GB toodang	B_{pg}	Tehase andmed	kt
Gaasbensiini NCV	Q_{pg}	Bensiini kütteväärtus	MJ/kg
GB toodang	B'_{gb}	$B'_{pb} = B_{pg} \times Q_{pg}$	TJ
GB CEF	$q_{c\ pg}$	$q_{c\ pg} = q_{C\ gasoline}$	tC/TJ
GB C sisaldus	C_{pg}	$C_{pg} = B'_{pg} * q_{c\ pg}/1000$	kt
POOLKOKS			
Poolkoksiga ladestatud C	C_{SC}	$C_{sc} = C_{os} - C_{so} - C_{gg} - C_{pg}$	kt
Tuha kogus	A_{ash}	$A_{ash} = B_{OS} \times (A^r_{os} + ((CO_2)^r_M)/100$	kt
Ladestatud tuhk + C	A_{ash+C}	$A_{ash+C} = A_{ash} + C_{ash}$	kt
Poolkoksi süsiniku ladestamise eriheittegur	LCEF	$LCEF = C_{SC}/ B'_{os} \times 1000$	tC/TJ
Poolkoksi süsinikuga ladestatud soojushulk	B'_{ashC}	$B'_{ashC} = Q_c \times C_{SC}$; (Q_C = 32,80 MJ/kg)	TJ
Retordi kasutegur	η	$\eta = 100\times(B`_{SO} + B`_{scg} + B`_{pg})/B`_{os}$	%

3.2.2 OÜ VKG Oil Petroter tüüpi retort

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, tabelid 9 kuni 14) on toodud OÜ VKG Oil Petroter tüüpi retordi poolkoksigaasi koostised ja nende alusel leitud gaaside tihedused, süsiniku sisaldused, kütteväärtused ja süsiniku eriheitetegurid.

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{scg}/ \rho_{scg} = 31{,}743$ MJ/nm^3

$q_{c\ scg} = 10\times C_{\Sigma}/ Q^r_{sg} =$ **19,112 tC/TJ** (Lisa 1, tabel 8 andmete põhjal)

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osakütteväärtus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine kütteväärtus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{scg}/ \rho_{scg}$ 32,627 MJ/nm^3

$q_{c\ scg} = 10\times C_{\Sigma}/ Q^{r'}_{scg}$ **19,164 tC/TJ** (Lisa 1, tabel 9 andmete põhjal)

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osakütteväärtus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine kütteväärtus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{scg}/ \rho_{scg} = 32{,}095$ MJ/nm^3

$q_{c\ scg} = 10\times C_{\Sigma}/ Q^{r'}_{scg} =$ **19,112 tC/TJ** (Lisa 1, tabel 10 andmete põhjal)

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_Σ – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{scg}/\ \rho_{scg}$ = 33,133 MJ/nm^3

$q_{c\ scg} = 10\times C_\Sigma/\ Q^{r'}_{scg}$ = **18,86 tC/TJ** (Lisa 1, tabel 11 andmete põhjal)

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_Σ – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{scg}/\ \rho_{scg}$ = 35,86 MJ/kg.

$q_{c\ scg} = 10\times C_\Sigma/\ Q^{r'}_{scg}$ = **18,784 tC/TJ** (Lisa 1, tabel 12 andmete põhjal)

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_Σ – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

$Q^{r'}_{scg} = Q^r_{scg}/\ \rho_{scg}$ = 26,363MJ/kg.

$q_{c\ scg} = 10\times C_\Sigma/\ Q^{r'}_{scg}$ = **19,858 tC/TJ** (Lisa 1, tabel 13 andmete põhjal)

(Q^r_{scg} – Poolkoksigaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_Σ – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\ scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 14) toodud VKG Oil AS Kiviteri osas aastatel 2010–2011 põletatud keskmine poolkoksigaasi koosis oli tehase poolt puudulikult esitatud. Puudus rea gaasiliste komponentide sisaldus (H_2S, N_2, O_2) ja kõrgemad küllastamata süsivesinike sisaldused ei olnud täielikult esitatud (tabelites toonitatud). Nende komponentide sisaldused on kogemuslikult valitud eelnevalt toodud täielikest gaasi analüüsidest. Seepärast tuleb esitatud andmete põhjal arvutatud poolkoksigaasi süsiniku eriheittegureid pidada ligikaudseteks. Täpsemate andmete saamiseks on projekti teise etapi käigus planeeritud teostada kontrollmõõtmised.

Erinevatel aegadel määratud poolkoksigaasi koostised erinevad teatud piirides, mis on tingitud paljudest asjaoludest – alates kasutatud põlevkivi parameetritest ja lõpetades retordi töörežiimiga.

Tabelis 5 on toodud VKG Oil Petroteri süsiniku bilansi metoodika, mille alusel on leitud retordi suitsugaaside süsiniku eriheitetegur (tC/TJ), ladestatud tuha ja süsiniku kogused ning retordi keemiline kasutegur. Arvutatud aegread on toodud Lisas 2 (Eriheited_KUK_Lisa2.xls, leht “VKG Petroter C bilanss”).

Tabel 5. OÜ VKG Oil Petroter tüüpi retordi süsiniku bilansi metoodika

PÕLEVKIVI (PK)			
PK alumine kütteväärtus	Q^r_{os}	Tehase andmed	MJ/kg
PK niiskuse sisaldus	W^r	W^r =0,6695 x Q^r_L +5,9141 [4]	%
Kuiva PK kütteväärtus	Q^d_{os}	Q^d_L =(Q^r_L + 0,02442 x W^r)/(100 – W^r)/100 [5]	MJ/kg
Kuiva PK tuhasisaldus	A^d	A^d = 0,052 x Q^d_L x Q^d_L – 2,3049 x Q^d_L + 68,929 [4]	%
Saabuva PK tuhasisaldus	A^r	A^r = A^d x (100 – W^r)/100	%
Kuiva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^d_M$	$(CO_2)^d$ = – 0,112 x $(Q^d_L)^2$+ 1,0723 x Q^d_L + 20,323 [4]	%
Saabuva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^r_M$	$(CO_2)^r$ = $(CO_2)^d$ x (100 - W^r)/100	%
Kuiva PK savi-liiva aine	T^d	T^d = A^d - 1.217 x $(CO_2)^d_M$ [3]	%
Saabuva PK savi-liiva aine	T^r	T^r= T^d x (100-W^r/100)	%
PK näiv põlevaine	P^r	P^r = 100 - A^r- $(CO2)^r_M$ - W^r [3]	%
Püriitse väävli sisaldus	S^d_p	S^d_p = 0,534 x FeS^d_2 [3]	%
Püriitse väävli sisaldus savi-liiva aines	FeS^d_2	FeS^d_2 = FeSxT^d/100;(FeS=9,3%[3])	%
Kuiva PK orgaaniline osa	R^d	R^d = (100 x Q^d_{os} + 3,882 + $(CO_2)^d_M$ – 13,297 x S^d_p)/ 34,56 [4]	%
Saabuva PK süsiniku sisaldus	C^r	C^r = C^d x (100-W^r)/100	%
Kuiva PK süsiniku sisaldus	C^d	C^d= 0,7745 x R^d [3]	%
PK kulu õli tootmiseks	B'_{os}	B'_{os} = B_{os} x Q^r_{os}	TJ
Poolkoksikarbonaatse osa lagunemise aste	k_{CO2}	k_{CO2} = 1 – $((CO_2)^d_{Kash}/A^d_{Kash})$/ $((CO_2)^d_{KOC}/A^d_{OC})$ [8]	
PK kulu õli tootmiseks	B_{os}	Tehase andmed	kt
Karbonaatide mittelagunemise termiline efekt	ΔQc	ΔQc = 0,0406 x (1-k_{CO2}) x $(CO_2)^r_M$ [3]	MJ/kg
PK korrigeeritud kütteväärtus	$Q^{r'}_{os}$	$Q^{r'}_{os}$ = Q^r_{os}+ ΔQc [6]	MJ/kg
PK CEF	$q_{c\ os}$	$q_{c\ os}$ = 10 x (C^r + (12/44) x kco_2 x $(CO_2)^r_M$)/$Q^{r'}_{L\ os}$ [7]	tC/TJ
PK süsiniku sisaldus	C_{os}	C_{os} = $q_{C\ os}$ x B'_{os} /1000	kt C
PK CO2 EF	q_{CO2}	q_{CO2} = $q_{c\ os}$ x 44/12	tCO_2/TJ

PÕLEVKIVIÕLI (PKÕ)			
Põlevkiviõli toodang	B_{so}	Tehase andmed	kt
Põlevkiviõli NCV	Qos	Tehase andmed	MJ/kg
Põlevkiviõli toodang	B'_{so}	$B'_{so} = B_{so} \times Q_{L\,so}$	TJ
Põlevkiviõli CEF	q_c		tC/TJ
Põlevkiviõli CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	t CO_2 /TJ
PKÕ C sisaldus	C_{so}	$C_{so} = q_C \times B'_{so}/1000$	kt
POOLKOKSIGAAS (PKG)			
PKG süsiniku CEF	$q_{c\ scg}$	Arvutatud tehase andmete alusel	tC/TJ
PKG CO_2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	tCO_2/TJ
PKG toodang	B_{scg}	Tehase andmed	Mm3
PKG alumine küttevääртus	Q_{scg}	Arvutatud tehase andmete alusel	MJ/Nm3
PKG toodang	B'_{scg}	$B'_{scg} = B_{scg} \times Q_{scg}$	TJ
PKG süsiniku sisaldus	C_{scg}	$C_{scg} = B'_{scg} \times q_{C\,scg}/1000$	kt C
GAASBENSIIN (GB)			
GB toodang	B_{pg}	Tehase andmed	kt
Gaasbensiini NCV	Q_{pg}	Bensiini küttevääртus	MJ/kg
GB toodang	$\mathbf{B'_{pg}}$	$B'_{pg} = B_{pg} \times Q_{pg}$	TJ
GB CEF	$q_{c\ pg}$	$q_{c\ pg} = q_{C\ gasoline}$	tC/TJ
GB C sisaldus	C_{pg}	$C_{pg} = q_{C\,pg} \times B'_{pg}/1000$	kt
SUITSUGAASID&TUHK			
Suitsugaasides ja tuhas sisalduv süsinik	$C_{fg\ +\ ash}$	$C_{fg\ +\ ash} = C_{os} - C_{so} - C_{scg} - C_{gb}$	kt
C sisaldus suitsugaasides	C_{fg}	$C_{fg} = C_{fg+ash} - C_{ash}$	kt
Retordi suitsugaaside süsiniku eriheittegur	q_c	$q_C = C_{fg}/B'_{os} \times 1000$	tC/TJ
Tuha kogus	A_{ash}	$A_{ash} = B_{OS} \times (A^d_{os} + ((CO_2)^d_M \times (1-k_{CO2})))/100$	kt
Tuhaga ladestatud C kogus	$\mathbf{C_{ash}}$	$C_{ash} = (A_{ash}/0{,}99) - A_{ash}$	kt
Ladestatud tuhk + C	A_{ash+C}	$A_{ash+C} = A_{ash} + C_{ash}$	kt
Tuha süsinikuga ladestatud soojushulk	B'_{ash}	$B'_{ash} = Q_c \times C_{ash}$;(Q_C = 32,80 MJ/kg)	TJ
Retordi kasutegur	η	$\eta = 100 \times (B`_{SO} + B`_{scg} + B`_{pg})/B`_{os}$	%

3.3 Eesti Energia Narva õlitehas

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 15) on toodud Eesti Energia Narva õlitehase poolkoksigaasi koostised (2012) ja nende alusel leitud gaaside tihedused, süsiniku sisaldused, küttevääртused ja süsiniku eriheitetegurid.

$Q^{r'}_{scg} = Q^{r}_{scg} / \rho_{scg} = 35{,}479$ MJ/kg.

$q_{c\,scg} = 10 \times C_{\Sigma} / Q^{r'}_{scg} =$ **16,63 tC/TJ**

(Q^{r}_{scg} – Poolkoksigaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3; ρ_{scg} – Poolkoksigaasi osatihedus, kg/ nm^3; $Q^{r'}_{scg}$ – Poolkoksigaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; C_{Σ} – Süsiniku sisaldus gaasis, kaalu %; $q_{c\,scg}$ – Poolkoksigaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Tabelis 6 on toodud Eesti Energia Narva õlitehase süsiniku bilansi metoodika, mille alusel on leitud ladestatud poolkoksi kogus, süsiniku ladestamise eriheitetegur tC/TJ ja retortide keemiline kasutegur. Arvutatud aegread on toodud Lisas 2 (Eriheited_KUK_Lisa2.xls, leht "Narva ÕT C bilanss").

Tabel 6. EE Narva õlitehase süsiniku bilansi metoodika

PÕLEVKIVI (PK)			
PK alumine küttevääртus	Q^{r}_{os}	Tehase andmed	MJ/kg
PK niiskuse sisaldus	W^{r}	$W^{r} = 0{,}6695 \times Q^{r}_{L} + 5{,}9141$ [4]	%
Kuiva PK küttevääртus	Q^{d}_{os}	$Q^{d}_{L} = (Q^{r}_{L} + 0{,}02442 \times W^{r})/(100 - W^{r})/100$ [5]	MJ/kg
Kuiva PK tuhasisaldus	A^{d}	$A^{d} = 0{,}052 \times Q^{d}_{L} \times Q^{d}_{L} - 2{,}3049 \times Q^{d}_{L} + 68{,}929$ [4]	%
Saabuva PK tuhasisaldus	A^{r}	$A^{r} = A^{d} \times (100 - W^{r})/100$	%
Kuiva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^{d}_{M}$	$(CO_2)^{d} = -0{,}112 \times (Q^{d}_{L})^2 + 1{,}0723 \times Q^{d}_{L} + 20{,}323$ [4]	%
Saabuva PK mineraalne CO_2	$(CO_2)^{r}_{M}$	$(CO_2)^{r} = (CO_2)^{d} \times (100 - W^{r})/100$	%
Kuiva PK savi-liiva aine	T^{d}	$T^{d} = A^{d} - 1{,}217 \times (CO_2)^{d}_{M}$ [3]	%
Saabuva PK savi-liiva aine	T^{r}	$T^{r} = T^{d} \times (100 - W^{r}/100)$	%
PK näiv põlevaine	P^{r}	$P^{r} = 100 - A^{r} - (CO2)^{r}_{M} - W^{r}$ [3]	%
Püriitse väävli sisaldus	S^{d}_{p}	$S^{d}_{p} = 0{,}534 \times FeS^{d}_{2}$ [3]	%
Püriitse väävli sisaldus savi-liiva aines	FeS^{d}_{2}	$FeS^{d}_{2} = FeS \times T^{d}/100$;(FeS=9,3[3])	%
Kuiva PK orgaaniline osa	R^{d}	$R^{d} = (100 \times Q^{d}_{os} + 3{,}882 + (CO_2)^{d}_{M} - 13{,}297 \times S^{d}_{p}) / 34{,}56$ [4]	%
Saabuva PK süsiniku sisaldus	C^{r}	$C^{r} = C^{d} \times (100 - W^{r})/100$	%
Kuiva PK süsiniku sisaldus	C^{d}	$C^{d} = 0{,}7745 \times R^{d}$ [3]	%
PK kulu õli tootmiseks	B'_{os}	$B'_{os} = B_{os} \times Q^{r}_{os}$	TJ

Poolkoksikarbonaatse osa lagunemise aste	k_{CO2}	$k_{CO2} = 1 – ((CO_2)^d_{Kash}/A^d_{Kash})/((CO_2)^d_{KOC}/A^d_{OC})$ [8]	
PK kulu õli tootmiseks	B_{os}	Tehase andmed	kt
Karbonaatide mittelagunemise termiline efekt	ΔQc	$\Delta Qc = 0{,}0406 \times (1-k_{CO2}) \times (CO_2)^r_M$ [3]	MJ/kg
PK korrigeeritud kütteväärtus	$Q^{r'}_{os}$	$Q^{r'}_{os} = Q^r_{os} + \Delta Qc$	MJ/kg
PK CEF	$q_{c\ os}$	$q_{c\ os} = 10 \times (C^r + (12/44) \times kco_2 \times (CO_2)^r_M)/Q^{r'}_{L\ os}$ [7]	tC/TJ
PK süsiniku sisaldus	C_{os}	$C_{os} = q_{C\ os} \times B'_{os} / 1000$	kt C
PK CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_{c\ os} \times 44/12$	tCO_2/TJ
PÕLEVKIVIÕLI (PKÕ)			
Põlevkiviõli toodang	B_{so}	Tehase andmed	kt
Põlevkiviõli NCV	Qos	Tehase andmed	MJ/kg
Põlevkiviõli toodang	B'_{so}	$B'_{so} = B_{so} \times Q_{L\ so}$	TJ
Põlevkiviõli CEF	q_c		tC/TJ
Põlevkiviõli CO2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	$t\ CO_2$ /TJ
PKÕ C sisaldus	C_{so}	$C_{so} = q_C \times B'_{so}/1000$	kt
POOLKOKSIGAAS (PKG)			
PKG süsiniku CEF	$q_{c\ scg}$	Arvutatud tehase andmete alusel	tC/TJ
PKG CO_2 EF	q_{CO2}	$q_{CO2} = q_c \times 44/12$	tCO_2/TJ
PKG toodang	B_{scg}	Tehase andmed	Mm3
PKG alumine kütteväärtus	Q_{scg}	Arvutatud tehase andmete alusel	MJ/Nm3
PKG toodang	B'_{scg}	$B'_{scg} = B_{scg} \times Q_{scg}$	TJ
PKG süsiniku sisaldus	C_{scg}	$C_{scg} = B'_{scg} \times q_{C\ scg}/1000$	kt C
GAASBENSIIN (GB)			
GB toodang	B_{pg}	Tehase andmed	kt
Gaasbensiini NCV	Q_{pg}	Bensiini kütteväärtus	MJ/kg
GB toodang	B'_{pg}	$B'_{pg} = B_{pg} \times Q_{pg}$	TJ
GB CEF	$q_{c\ pg}$	$q_{c\ pg} = q_{c\ gasoline}$	tC/TJ
GB C sisaldus	C_{pg}	$C_{pg} = q_{C\ pg} \times B'_{pg}/1000$	kt
SUITSUGAASID&TUHK			
Suitsugaasides ja tuhas sisalduv süsinik	$C_{fg\ +\ ash}$	$C_{fg\ +\ ash} = C_{os} - C_{so} - C_{scg} - C_{gb}$	kt
C sisaldus suitsugaasides	C_{fg}	$C_{fg} = C_{fg+ash} - C_{ash}$	kt
Retortide suitsugaaside süsiniku eriheittegur	q_c	$q_c = C_{fg} / B'_{os} \times 1000$	tC/TJ
Tuha kogus	A_{ash}	$A_{ash} = B_{OS} \times (A^d_{os} + ((CO_2)^d_M \times (1-k_{CO2})))/100$	kt

Tuhaga ladestatud C kogus	C_{ash}	$C_{ash} = (A_{ash}/0{,}99) - A_{ash}$	kt
Ladestatud tuhk + C	A_{ash+C}	$A_{ash+C} = A_{ash} + C_{ash}$	kt
Tuha süsinikuga ladestatud soojushulk	B'_{ash}	$B'_{ash} = Q_c \times C_{ash}$ (Q_C = 32,80 MJ/kg)	TJ
Retordi kasutegur	η	$\eta = 100\times(B`_{SO} + B`_{scg} + B`_{pg})/B`_{os}$	%

Eesti Energia Narva õlitehasest saadi andmed ka õlitehase suitsugaaside kohta, et leida süsiniku ja CH_4 eriheitetegurid. Korstnagaaside koostis on toodud Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 16). Saadud suitsugaaside koostise alusel ei ole võimalik leida nende gaaside süsiniku ja CH_4 eriheitetegureid, kuna tehase suitsugaaside kogused ja temperatuur ei ole määratud. Antud juhul tuli piirduda ainult retordi suitsugaaside süsiniku eriheiteteguriga, mis oli võimalik leida õlitehase süsiniku bilansi alusel.

Kui määrata suitsugaaside kogus nende keskmise kiiruse ja temperatuuri järgi õlitehase korstna ristlõikes, siis on võimalik leida suitsugaaside kogus ja koos gaaside analüüsiga ka suitsugaaside süsiniku ja CH_4 eriheitetegurid. Vastavad mõõtmised teostatakse projekti teise etapi käigus.

4 Maanteetransport

Eestis maanteetranspordis tarbitud kütuseid seni veel kohapeal ei toodeta. Eestis kasutatakse importkütustest propaani, butaani, bensiini ja diiselkütust. Nendest kütustest on olemas ainult propaani ja butaani koostise parameetrid, milledele alusel on võimalik arvutada nende kütuste süsiniku eriheitetegureid. Bensiini ja diiselkütuse vastavad parameetrid puuduvad imporditud kütuste sertifikaatides ja kohapeal neid veel ei määrata. Käesolevas töös on maanteetranspordis kasutatavate kõigi importkütuste (bensiin, diisel, LPG) süsiniku eriheitetegurid arvutatud imporditud kütuste koguste ja nendes maades kasvuhoonegaaside inventuurides kasutatavate eriheitetegurite kaalutud keskmiste väärtustena. Kuna süsiniku eriheitetegurid arvutatakse energiaühiku kohta, siis riikides (millest Eesti oma kütused impordib) kasutatavad küttevääртused mõjutavad leitavaid eriheitetegureid. Antud töös eraldi pole Eesti kaalutud keskmist küttevääртust leitud, kuna Statistikaamet esitab kasutatud kütuste kogused nii naturaalühikutes kui ka energiaühikutes, ning energiaühikutes esitatud andmetes on juba importkütuste erinevad küttevääртused arvesse võetud.

Imporditud kütuste kogused, nendes riikides kasutatavad süsiniku eriheited, ning kogu ajaperioodile 1990–2011 arvutatud Eesti riigspetsiifilised süsiniku eriheited on toodud elektroonilises Lisas 3 (Maanteetransport_eriheited_Lisa3.xls). Riikidel, millede kohta eriheited ei olnud leitavad, kasutati Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside inventuuri eriheidet (kõikide riikide keskmine eriheide).

Kasvuhoonegaaside inventuuriaruande kavandi esitamise tähtaeg Euroopa Komisjonile on iga aasta 15. jaanuaril. Heitkogused arvutatakse aastale n-2 (nt. 2013. aastal esitatud inventuuriaruandes on kõige viimane aasta, millele heitkogused on arvutatud, 2011. aasta). Kuna 2013. aasta inventuuriaruande esitamise ajaks riikide, milledest kütuseid imporditakse, inventuuriaruandeid ei olnud 2011. aasta kohta väljas, siis 2011. aasta kohta kasutati Eesti inventuuriaruandes 2010. aasta

eriheiteid. Sama põhimõtte järgi hakatakse kasutama importriikide süsiniku eriheidete alusel arvutatud Eesti riigspetsiifilisi süsiniku eriheiteid tulevikus esitatavates kasvuhoonegaaside inventuuriaruannetes (kaasa arvatud mittemaanteetranspordis kasutatavatele kütustele). See tähendab, et 2014. aastal esitatavas aruandes leitakse importriikide 2013. aasta inventuuriaruannete põhjal Eestile 2011. aasta kohta riigspetsiifilised süsiniku eriheited ning neid leitud eriheiteid kasutatakse ka 2012. aasta heitkoguste arvutamisel.

Kuna Statistikaametil puuduvad andmed impordi kohta aastatele 1990–1994, siis Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited nendele aastatele on leitud perioodil 1995–1997 suurima osakaaluga importriikide eriheidete kaalutud keskmise põhjal.

Tabel 7. Maanteetranspordis kasutatavate kütuste (bensiin, diisel, LPG) Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited (CEF) 1990–2011

	1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**
Bensiin CEF, tC/TJ	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,51	19,49	19,52	19,60	19,55	19,27
Diisel CEF, tC/TJ	20,01	20,01	20,01	20,01	20,01	20,00	20,02	20,01	20,01	20,01	20,01
LPG CEF, tC/TJ	17,48	17,48	17,48	17,48	17,48	17,72	17,79	17,44	17,21	17,10	17,10
	2001	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
Bensiin CEF, tC/TJ	19,34	19,71	19,79	19,79	19,27	19,03	19,06	19,19	19,40	19,77	19,78
Diisel CEF, tC/TJ	19,97	19,96	19,97	19,95	19,95	19,94	19,94	19,95	19,91	19,89	19,92
LPG CEF, tC/TJ	17,03	17,06	17,10	17,05	17,03	17,03	17,04	17,29	17,30	17,30	17,21

Seni kasutati Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris maanteetranspordis järgmiseid süsiniku eriheiteid (kaasaarvatud oksüdatsioonikoefitsent 0,99): Bensiin – 19,70 tC/TJ; Diisel – 20,00 tC/TJ; LPG – 17,03 tC/TJ. Nagu Tabelist 7 on näha, siis kogu ajaperioodile 1990–2011 leitud maanteetranspordis kasutatavate kütuste süsiniku eriheitetegurid erinevad aastati seni kasutatud väärtustest, kuid mitte oluliselt.

5 Vedelkütusted mittemaanteetranspordile (kerge- ja raske kütteõli, diisel, LPG)

Käesolevas peatükis leitud kütuste süsiniku eriheiteid on võimalik rakendada kõikides KHG inventuuri sektorites, mis käsitlevad kütuste põletamist, välja arvatud maanteetransport.

Eesti impordib rasket kütteõli ja kerget kütteõli erinevatest maadest. Enamikel maadel, millest Eesti nimetatud kütuseid impordib, on vastavate kütuste süsiniku eriheitetegurid olemas. Antud juhul on Eestis kasutatud raske ja kerge kütteõli süsiniku eriheitetegurid leitud Eestisse imporditud kütuste koguste ja nendes maades kasvuhoonegaaside inventuurides kasutatavate eriheitetegurite kaalutud keskmiste väärtustena. Kuna süsiniku eriheitetegurid arvutatakse energiaühiku kohta, siis riikides (millest Eesti oma kütused impordib) kasutatavad küttevääртused mõjutavad leitavaid eriheitetegureid. Antud töös eraldi pole Eesti kaalutud keskmist küttevääртust leitud, kuna Statistikaamet esitab kasutatud kütuste kogused nii naturaalühikutes kui ka energiaühikutes, ning energiaühikutes esitatud andmetes on juba importkütuste erinevad küttevääртused arvesse võetud.

Vedelkütuste mittemaanteetranspordile (kerge- ja raske kütteõli, diisel, LPG) on Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited leitud sarnaselt maanteetranspordis kasutatavate kütuste Eesti riigispetsiifilistele süsiniku eriheidetele. Erinevus seisneb selles, et võrreldes maanteetranspordis kasutatavate kütuste eriheidete leidmisega, kasutati mittemaanteetranspordis kasutatavate kütuste (kaasa arvatud kivisöe ja kivisöe koksi puhul) eriheidete leidmisel importriikide 2013. aasta inventuuriaruandeid (kuna töö teostamise ajal avaldati 2013. aasta riikide kasvuhoonegaaside inventuuriaruanded).

Imporditud kütuste kogused, nendes riikides kasutatavad süsiniku eriheited, ning kogu ajaperioodile 1990–2011 arvutatud Eesti riigspetsiifilised süsiniku eriheited on toodud Lisas 4 (Mittemaanteetransport_eriheited_Lisa4.xls). Riikidel, millede kohta eriheited ei olnud leitavad, kasutati IPCC 1996. juhendmaterjalide vaikimisi (*default)* süsiniku eriheiteid.

Kuna Statistikaametil puuduvad andmed impordi kohta aastatele 1990–1994, siis Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited nendele aastatele on leitud perioodil 1995–1997 suurima osakaaluga importriikide eriheidete kaalutud keskmise põhjal.

Tabel 8. Mittemaanteetranspordis kasutatavate kütuste (kerge- ja raske kütteõli, diisel, LPG) Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited (CEF) 1990–2011

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Kerge kütteõli CEF, tC/TJ	20,21	20,21	20,21	20,21	20,21	20,20	20,21	20,21	20,21	20,20	20,19
Raske kütteõli CEF, tC/TJ	21,22	21,22	21,22	21,22	21,22	21,20	21,22	21,22	21,21	21,21	21,18
Diisel CEF, tC/TJ	19,94	19,94	19,94	19,94	19,94	20,00	20,02	20,01	20,01	20,00	20,01
LPG CEF, tC/TJ	17,72	17,72	17,72	17,72	17,72	17,83	17,83	17,79	17,77	17,75	17,72
	2001	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
Kerge kütteõli CEF, tC/TJ	20,20	20,19	20,19	20,16	20,20	20,20	20,20	20,20	20,22	20,20	20,22
Raske kütteõli CEF, tC/TJ	21,16	21,20	21,19	21,16	21,17	21,14	21,10	21,06	21,12	21,11	21,12
Diisel CEF, tC/TJ	19,97	19,96	19,97	19,95	19,95	19,95	19,96	19,97	19,95	19,99	19,96

LPG CEF, tC/TJ	17,75	17,76	17,76	17,75	17,75	17,73	17,62	17,52	17,56	17,47	17,29

Seni kasutati Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris mittemaanteetranspordis järgmiseid süsiniku eriheiteid (kaasaarvatud oksüdatsioonikoefitsent 0,99): Kerge kütteõli – 20,00 tC/TJ; Raske kütteõli – 20,89 tC/TJ; Diisel – 20,00 tC/TJ; LPG – 17,03 tC/TJ. Nagu Tabelist 8 näha, siis suurim erinevus seni kasutatud eriheite osas on LPG-l. Kuna aga kogu perioodi 1990–2011 jooksul on LPG kasutus võrreldes teiste vedelkütustega Eestis suhteliselt väike olnud, siis suuri heitkoguste muutusi uue eriheite (Tabel 8) kasutuselevõtt kaasa ei too.

6 Kivisüsi ja kivisöe koks

Käesolevas peatükis leitud kütuste süsiniku eriheiteid on võimalik rakendada kõikides KHG inventuuri sektorites, mis käsitlevad kütuste põletamist.

Eesti impordib kivisütt ja kivisöe koksi erinevatest maadest. Enamikel maadel, millistest Eesti sütt impordib, on nende süsiniku eriheitetegurite väärtused olemas. Antud juhul on Eestis kasutatud kivisöe ja kivisöe koksi süsiniku eriheitetegurid leitud Eestisse imporditud kütuste koguste ja nendes maades kasvuhoonegaaside inventuurides kasutatavate eriheitetegurite kaalutud keskmiste väärtustena. Kuna süsiniku eriheitetegurid arvutatakse energiaühiku kohta, siis riikides (millest Eesti oma kütused impordib) kasutatavad kütteväärtused mõjutavad leitavaid eriheitegureid. Antud töös eraldi pole Eesti kaalutud keskmist kütteväärtust leitud, kuna Statistikaamet esitab kasutatud kütuste kogused nii naturaalühikutes kui ka energiaühikutes, ning energiaühikutes esitatud andmetes on juba importkütuste erinevad kütteväärtused arvesse võetud.

Kivisöe ja kivisöe koksi Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheitetegurid on leitud sarnaselt nii maanteetranspordis kui ka mittemaanteetranspordis kasutatavate kütuste Eesti riigispetsiifilistele süsiniku eriheidetele. Kogu ajaperioodile 1990–2011 arvutatud Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited on toodud Lisas 4 (Mittemaanteetransport_eriheited_Lisa4.xls).

Kuna Statistikaametil puuduvad andmed impordi kohta aastatele 1990–1994, siis Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited nendele aastatele on leitud perioodil 1995–1997 suurima osakaaluga importriikide eriheidete kaalutud keskmise põhjal.

Tabel 9. Kivisöe ja kivisöe koksi Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheited (CEF) 1990–2011

	1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**
Kivisüsi CEF, tC/TJ	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10	26,09	26,10	26,10	26,05	26,09	26,09
Kivisöe koks CEF, tC/TJ	28,61	28,61	28,61	28,61	28,61	29,01	28,95	29,00	29,63	29,17	28,94

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Kivisüsi CEF, tC/TJ	26,10	26,11	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10	26,70	26,10	26,10	26,10
Kivisöe koks CEF, tC/TJ	28,95	29,00	29,21	29,19	29,33	29,20	29,12	29,17	29,27	29,12	29,16

Seni kasutati Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris mittemaanteetranspordis järgmiseid süsiniku eriheiteid (kaasaarvatud oksüdatsioonikoefitsent 0,98): Kivisüsi – 26,24 tC/TJ; Kivisöe koks – 28,91 tC/TJ. Nagu Tabelis 9 näha, siis uus kivisöe eriheide on natukene madalam, kui senikasutatud. Kivisöe koksi puhul aga vastupidi. Kuna aga kivisöe koksi kasutus on kogu ajaperioodi 1990–2011 vältel olnud Eestis väike, siis heitkogustes uue eriheite kasutuselevõtt suuri heitkoguse muutuseid kaasa ei too.

7 Must leelis

Musta leelist kasutab Eestis energiatootmiseks ainult “Horizon” Tselluloosi ja Paberi AS Kehras. Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 17) on toodud Kehra paberivabriku ühe musta leelise proovi analüüsi tulemused (29.11.2006). Analüüsid on tehtud firmas Andritz OY, mis asub Karhulas (Soome).

Analüüsi andmete alusel leitud musta leelise küttevääртused (Leitud Andritz OY poolt):

Alumine küttevääртus (NCV): 10,36 MJ/kg

Ülemine küttevääртus (GCV): 15,29 MJ/kg

Alumise küttevääртuse arvutamise kontroll

Kui lähtuda Andritz OY poolt arvutuslikult leitud alumisest küttevääртusest, siis on see leitud järgmiselt:

$Q^r = Q^d_i \cdot (100 - W^r)/100 = 10{,}36$ MJ/kg

(Q^r – Alumine küttevääртus, MJ/kg; Q^d_i – Ülemine küttevääртus, MJ/kg; W^r – Kuivaine, %).

Tegelikult arvutatakse alumist küttevääртust järgmise valemiga [10]:

$Q^r = Q^d_i \cdot (100 - W^r)/100 - 0{,}02442 \cdot W^r = 9{,}58$ MJ/kg

(Q^r – Alumine küttevääртus, MJ/kg; Q^d_i – Ülemine küttevääртus, MJ/kg; W^r – Kuivaine, %).

Tabelis 10 on toodud Kehra paberivabriku andmed tehase musta leelise küttevääртuste kohta ajavahemikul 2010–2012.

Tabel 10. Kehra paberivabriku musta leelise küttevääртused 2010–2012

	2012	jaan.	veebr.	märts	aprill	mai	juuni	juuli	aug.	sept.	okt.	nov.	dets.	**Kesk**
Q^r	MJ/kg	7,480	7,500	7,405	8,355	8,165	8,320	7,870	8,350	8,175	7,915	7,900	7,790	7,935

2011

Q^r	MJ/kg	7,615	7,615	7,480	7,605	7,635	7,665	7,602	7,985	7,810	7,820	7,955	7,806	7,716

2010

Q^r	MJ/kg	8,450	8,260	7,810	7,755	7,880	7,890	7,984	7,520	8,065	7,725	7,725	7,540	7,884
Q^r_k	MJ/kg													**7,845**

Ülalolevas tabelis 10 toodud Kehra paberivabriku kolme aastase ajavahemiku musta leeliste keskmine alumine küttevääртus on 7,846 MJ/kg. See on oluliselt madalam kui Andritz OY-s määratud üksikproovil (9,58 MJ/kg). Alumiste küttevääртuse erinevuse põhjus on ilmselt proovide erinev niiskuse (vee) sisaldus. Võib oletada, et Soome saadetud musta leelise proovist võis osa vett välja aurustuda ebasoodsate hoiutingimuste tõttu.

Kehra paberivabriku musta leelise tegeliku niiskuse (vee) sisalduse saame leida järgmisest võrrandist (aasta 2012 kohta):

$Q^r_k = Q^d \times (100 - W^r)/100 - 0{,}02442 \times W^r$

$7{,}845 = 15{,}29 \times (100 - W^r)/100 - 0{,}02442 \times W^r$; $W^r = 42{,}0\%$.

7.1 Musta leelise süsiniku eriheitetegur

Kehra paberivabriku musta leelise süsiniku eriheiteteguri määramiseks on antud juhul mitu võimalust. Musta leelise analüüs on toodud Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 17).

1. Andritz OY-s määratud kuiva musta leelise üksikproovi süsiniku sisalduse ja ülemise kütteväärtuse järgi:

$q_{c\ ml} = 10\times(C^d/Q^d) =$ **24,00 tC/TJ**

($q_{c\ ml}$ – musta leelise süsiniku eriheitetegur, tC/TJ; C^d – süsiniku osa kuivaines, %; Q^d – musta leelise ülemine kütteväärtus, MJ/kg).

2. Andritz OY andmete alusel leitud niiske (märja) leelise üksikproovi süsiniku sisalduse ja alumise kütteväärtuse järgi:

$C^r = C^d\times(100 - W^r)/100 = 24{,}88\%$

$q_{c\ ml} = 10\times(C^r/Q^r) =$ **25,97 ≈ 26,00 tC/TJ**

(C^r – süsiniku osa märgaines, %; C^d – süsiniku osa kuivaines, %; W^r – vee sisaldus mustas leelises, %; $q_{c\ ml}$ – musta leelise süsiniku eriheitetegur, tC/TJ; Q^r - musta leelise alumine kütteväärtus, MJ/kg).

3. Andritz OY ja Kehra paberivabriku andmete alusel leitud niiske (märja) leelise üksikproovi süsiniku sisalduse ja alumise kütteväärtuse järgi:

$C^r = C^d\times(100 - W^r)/100 = 21{,}286\%$

$q_{c\ ml} = 10\times(C^r/Q^r) =$ **27,133 tC/TJ**

(C^r – süsiniku osa märgaines, %; C^d – süsiniku osa kuivaines, %; W^r – vee sisaldus mustas leelises, %; $q_{c\ ml}$ – musta leelise süsiniku eriheitetegur, tC/TJ; Q^r - musta leelise alumine kütteväärtus, MJ/kg).

Puudulike algandmete tõttu (musta leelise üksikproovi parameetrid) ei saa väita, et mõni ülaltoodud kolmest Kehra paberivabriku musta leelise süsiniku eriheiteteguri väärtustest oleks absoluutselt õige. Antud olukorras võiks õigemaks lugeda viimast süsiniku eriheitetegurit (27,133 tC/TJ), kuna selle arvutamisel on kasutatud Kehra paberivabriku musta leeliste kolme aastase keskmist alumist kütteväärtust.

Musta leelise süsiniku eriheiteteguri täpsemaks määramiseks tuleks määrata selle kvaliteedi tunnused iga aasta kvartaalses lõikes. Käesoleva projekti raames on planeeritud teostada mõõtmised musta leelise metaani ja dilämmastikoksiidi eriheiteteguri leidmiseks.

Siiani on Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris kasutatud musta leelise süsiniku eriheitegurina (kaasa arvatud oksüdatsioonikoefitsent 0,98) väärtust 29,30 tC/TJ.

7.2 Musta leelise CH_4 eriheitetegur

Musta leelise CH_4 eriheitteguri saame leida valemiga:

$q_{cH4\ ml} = c_{cH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$, (g/GJ, kg/TJ)

kus

c_{cH4} – CH_4 sisaldus suitsugaasides, mg/nm^3 (CH_4 puhul 1 ppm = 0,716 mg/nm^3);

α - liigõhutegur (α = 20,9/(20,9 – O_2));

k - parandustegur.

7.3 Musta leelise N_2O eriheitetegur

Musta leelise N_2O eriheitteguri saame leida valemiga:

$q_{N2O\ ml} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$, (g/GJ, kg/TJ)

kus

c_{N2O} – N_2O sisaldus suitsugaasides, mg/nm^3 (N_2O puhul 1 ppm = 1,963 mg/nm^3);

α - liigõhutegur (α = 20,9/(20,9 – O_2));

k - parandustegur.

Järeldus: Musta leelise CH_4 ja N_2O eriheitetegureid on võimalik määrata vastavalt üleltoodud valemitega kui eelnevalt on mõõdetud musta leelise küttel töötava seadme suitsugaasides CH_4, N_2O ja O_2 sisaldused. Mõõtmised on planeeritud teostada projekti teise etapi käigus.

IPCC 2006 juhendmaterjalides toodud musta leelise CH_4, N_2O default eriheitetegurite väärtused on väga väikesed. Järelikult tuleb nende gaaside sisalduse määramiseks suitsugaasides kasutada kõrge tundlikkusega mõõteriistu.

8 Biogaas

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabelid 19 ja 20) on toodud biogaasi koostised Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni andmete alusel. Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 20) olevate andmete alusel on leitud biogaasi süsiniku sisaldus ja alumine küttevääртus. Biogaasi süsiniku sisalduse ja küttevääртuse arvutamine on toodud Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 21).

Biogaasi alumine küttevääртus:

$Q^{r'}_{bg} = Q^{r}_{bg} / \rho_{bg}$ = **19,528 MJ/kg**

($Q^{r'}_{bg}$ – biogaasi alumine küttevääртus, MJ/kg; Q^{r}_{bg} – biogaasi osaküttevääртus, MJ/nm^3 ; ρ_{bg} – biogaasi osatihedus, kg/nm^3).

8.1 Biogaasi süsiniku eriheitetegur

Leitud biogaasi süsiniku sisalduse ja kütteväärtuse alusel saame leida biogaasi süsiniku eriheiteteguri:

$q_{c\ bg} = 10 \times C_{\Sigma}/Q^{r`}_{bg}$ = **22,621 tC/TJ**

($q_{c\ bg}$ – biogaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ; C_{Σ} – süsiniku sisaldus biogaasis, kaalu %; $Q^{r`}_{bg}$ – biogaasi alumine kütteväärtus, MJ/kg).

Ülalleitud biogaasi süsiniku eriheitetegur on määratud tegelikult ühe keskendatud gaasiproovi alusel ja vajab seetõttu täpsustamist erinevatest biogaasi allikatest võetud gaasiproovide abil. Käesoleva projekti raames on planeeritud teostada mõõtmised biogaasi metaani ja dilämmastikoksiidi eriheiteteguri leidmiseks.

Siiani on Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris kasutatud biogaasi süsiniku eriheitegurina (kaasaarvatud oksüdatsioonikoefitsent 0,99) väärtust 14,74 tC/TJ.

8.2 Biogaasi CH_4 eriheitetegur

Biogaasi CH_4 eriheitteguri saame leida valemiga:

$q_{cH4\ bg} = c_{cH4} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$, (g/GJ, kg/TJ)

kus

c_{cH4} – CH_4 sisaldus suitsugaasides, mg/nm^3 (CH_4 puhul 1 ppm = 0,716 mg/nm^3);

α - liigõhutegur ($\alpha = 20{,}9/(20{,}9 - O_2)$);

k - parandustegur.

8.3 Biogaasi N_2O eriheitetegur

Biogaasi N_2O eriheitteguri saame leida valemiga:

$q_{N2O\ bg} = c_{N2O} \times \alpha \times 0{,}25 \times k$, (g/GJ, kg/TJ)

kus

c_{N2O} – N_2O sisaldus suitsugaasides, mg/nm^3 (N_2O puhul 1 ppm = 1,963 mg/nm^3);

α - liigõhutegur ($\alpha = 20,9/(20,9 - O_2)$);

k - parandustegur.

Järeldus: Biogaasi CH_4 ja N_2O eriheitetegureid on võimalik määrata vastavalt ülaltoodud valemitega kui eelnevalt on mõõdetud biogaasi küttel töötava seadme suitsugaasides CH_4, N_2O ja O_2 sisaldused. Mõõtmised on planeeritud teostada projekti teise etapi käigus.

IPCC 2006 juhendmaterjalides toodud biogaasi CH_4, N_2O default eriheitetegurite väärtused on väga väikesed. Järelikult tuleb nende gaaside sisalduse määramiseks suitsugaasides kasutada kõrge tundlikkusega mõõteriistu.

9 Muud kütused

Jääkõlide, muud põletatavate plastikjäätmete ja muude fossiilsete tahkete jäätmete süsiniku riigispetsiifilise eriheiteteguri leidmiseks arvutuslikul teel puuduvad vajalikud andmed. Süsiniku eriheitetegureid on võimalik määrata kui eelnevalt on teostatud mõõtmised. Mõõtmiste tulemuste kasutamise teeb keeruliseks see, et eelnevalt nimetatud jäätmeid põletatakse koos ning seetõttu pole võimalik mõõta konkreetse jäätmeliigi eriheidet. Jäätmepõletamisega seotud mõõtmiste võimalikkus täpsustatakse projekti teise etapi käigus.

10 Maagaas

Käesolevas peatükis leitud kütuste süsiniku eriheiteid on võimalik rakendada kõikides KHG inventuuri sektorites, mis käsitlevad kütuste põletamist.

Käesoleva töö käigus leiti maagaasi süsiniku eriheitetegur, mida rakendatakse kõikides KHG inventuuri sektorites, kus maagaasi kasutatakse.

Eestis tarbitud maagaasi kütteväärtuse ja süsiniku eriheiteteguri arvutamiseks on kasutatud:

1. AS EG Võrguteenuse poolt esitatud kuuel erineval kuul Eestis tarbitud maagaasi keskmisi koostisi ja kvaliteedinäitajaid,
2. Eesti Standardit EVS-EN ISO 6976:2005 ja
3. maagaasi parameetrite kontrolliks kirjandusallikat.

10.1 Maagaasi kvaliteedi tunnused (AS Eesti Gaas Võrguteenuse andmed)

Tabelites 11 kuni 16 on toodud AS EG Võrguteenuse poolt esitatud kuuel erineval kuul Eestis tarbitud maagaasi keskmiste koostiste järgi leitud gaasi erikaal erikaal (ρ_{ng}, kg/m^3), süsiniku sisaldus (C_{Σ}, kaalu %) ja alumine küttevääртus (Q^r_{ng}, MJ/m^3).

Maagaasi 2011. a. oktoobri kuu

Kuu keskmine koostis		**mahu%**
metaan	CH4	97,590
etaan	C2H6	1,082
propaan	C3H8	0,347
n-butaan	n-C4H10	0,056
2-metüülpropaan	CH3CH(CH3)CH3	0,056
lämmastik	N2	0,781
süsihappegaas	CO2	0,064
2,2-dimetüülpropaan	CH3C(CH3)2CH3	0,000
2-metüülbutaan	CH3CH(CH3)CH2CH3	0,011
n-pentaan	n-C5H12	0,007
süsivesiniku fraktsioonid C6 ja kõrgemad		0,006
Kokku		100,000

- keskmine küttevääртus

a. alumine 33,73 MJ/m³ (9,370 kWh/m³)

b. ülemine 37,41 MJ/m³ (10,39 kWh/m³)

- keskmine tihedus 0,6860 kg/m³

Märkus: Maagaasi koostis ja parameetrid on gaasi temperatuuril 20 ºC ja absoluutsel rõhul 101,325 kPa.

Tabel 11. Maagaas 2011. a. oktoober

Gaasi koostis	**Sisaldus mahu %**	**C ja mooli suhe**	**Tihedus kg/m³**	**Gaasi osa-tihedus, kg/m³**	**C sisaldus gaasis, mahu %**	**C sisaldus gaasis, kaalu %**	**Gaasi kütte-väärtus, Q^r_{ng} MJ/m³**	**Gaasi osakütte-väärtus Q^r_{ng} MJ/m³**
1	2	3	4	5=2x4/100	6=2x3	7=6×4/ Σ5	8	9=2×8/100

Gaasi koostis	Sisaldus mahu %	C ja mooli suhe	Tihedus kg/m³	Gaasi osa-tihedus, kg/m³	C sisaldus gaasis, mahu %	C sisaldus gaasis, kaalu %	Gaasi kütte-väärtus, Q^r_{ng} MJ/m³	Gaasi osakütte-väärtus Q^r_{ng} MJ/m³
CO_2	0.064	12/44	1.844	0.001	0.017	0.047		
N_2	0.781		1.165	0.009				0.000
CH_4	97.590	12/16	0.667	0.651	73.193	71.364	33.367	32.563
C_2H_6	1.082	24/30	1.252	0.014	0.866	1.584	59.39	0.643
C_3H_8	0.322	36/44	1.832	0.006	0.263	0.706	84.94	0.274
*)	0.056	48/58	2.413	0.001	0.046	0.164	110.09	0.062
C_4H_{10}	0.056	48/58	2.413	0.001	0.046	0.163	110.47	0.062
**)	0.011	60/72	3.003	0.000	0.009	0.040	135.72	0.015
C_5H_{12}	0.007	60/72	3.003	0.000	0.006	0.026	136.01	0.010
Fr C_6	0.006	72/78	3.246	0.000	0.006	0.026	131.76	0.008
Kokku	**99.969**			**0.684**	**74.452**	**74.120**		**33.635**

*) 2-metüülpropaan $CH_3CH(CH_3)CH_3$

**) 2-metüülbutaan $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$

Siin ja edaspidi on maagaasi süsiniku eriheitetegurid arvutatud kahel erineval viisil:

1. Eesti Gaasi poolt esitatud maagaasi koostise alusel leitud gaasi tiheduse (kg/m³), süsiniku sisalduse (kaalu %) ja kütteväärtuse (MJ/m³) alusel (vt. Tabel 11),

2. Eesti Gaasi poolt esitatud maagaasi tiheduse (kg/nm³) ja kütteväärtuse (MJ/nm³) ning gaasi koostise alusel leitud süsiniku sisalduse (kaalu %) alusel.

1.$Q^{r'}_{ng} = Q^r_{ng/} \rho_{ng}$ = 33,635 : 0,684 = 49,174 MJ/kg

1.$q_{c\,ng} = Q^r_{ng/} \rho_{ng}$ = 10×74,12/49,174= **15,073 tC/TJ**

2.$Q^{r'}_{ng} = Q^r_{ng/} \rho_{ng}$ = 33,656 : 0,686 = 49,06 MJ/kg

2.$q_{c\,ng} = Q^r_{ng/} \rho n_g$ = 10×74,12/49,06 = **15,108 tC/TJ**

($Q^{r'}_{ng}$ – Maagaasi ülemine kütteväärtus, MJ/kg; Q^r_{ng} – maagaasi osakütteväärtus, MJ/m³; ρ_{ng} – maagaasi osatihedus, kg/m³; $q_{c\,ng}$ – maagaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Maagaasi 2011. a. novembri kuu

Kuu keskmine koostis		mahu%
metaan	CH4	97,596
etaan	C2H6	1,084

propaan	C3H8	0,320
n-butaan	n-C4H10	0,052
2-metüülpropaan	CH3CH(CH3)CH3	0,053
lämmastik	N2	0,814
süsihappegaas	CO2	0,057
2,2-dimetüülpropaan	CH3C(CH3)2CH3	0,000
2-metüülbutaan	CH3CH(CH3)CH2CH3	0,011
n-pentaan	n-C5H12	0,006
süsivesiniku fraktsioonid C6 ja kõrgemad		0,007
Kokku		100,000

- keskmine kütteväärtus

a. alumine 33,70 MJ/m³ (9,362 kWh/m³)

b. ülemine 37,38 MJ/m³ (10,38 kWh/m³)

- keskmine tihedus 0,6857 kg/m³

Märkus: Maagaasi koostis ja parameetrid on gaasi temperatuuril 20 ºC ja absoluutsel rõhul 101,325 kPa.

Tabel 12. Maagaas 2011. a. november

Gaasi koostis	Sisaldus mahu %	C ja mooli suhe	Tihedus kg/m³	Gaasi osa-tihedus, kg/m³	C sisaldus gaasis, mahu %	C sisaldus gaasis, kaalu %	Gaasi kütte-väärtus, Q^r_{ng} MJ/m³	Gaasi osakütte-väärtus Q^r_{ng} MJ/m³
1	2	3	4	5=2x4/100	6=2x3	7=6×4/ Σ5	8	9=2×8/100
CO_2	0.057	12/44	1.844	0.001	0.016	0.042		
N_2	0.814		1.165	0.009				0.000
CH_4	97.596	12/16	0.667	0.651	73.197	71.360	33.367	32.565
C_2H_6	1.084	24/30	1.252	0.014	0.867	1.587	59.39	0.644
C_3H_8	0.320	36/44	1.832	0.006	0.262	0.701	84.94	0.272
*)	0.053	48/58	2.413	0.001	0.044	0.155	110.09	0.058
C_4H_{10}	0.052	48/58	2.413	0.001	0.043	0.152	110.47	0.057
**)	0.011	60/72	3.003	0.000	0.009	0.040	135.72	0.015
C_5H_{12}	0.006	60/72	3.003	0.000	0.005	0.022	136.01	0.008
Fr C_6	0.006	72/78	3.246	0.000	0.006	0.026	131.76	0.008
Kokku	**99.993**			**0.684**	**74.448**	**74.085**		**33.627**

*) 2-metüülpropaan $CH_3CH(CH_3)CH_3$

**) 2-metüülbutaan $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$

1.$Q^{r'}_{ng}$ = Q^{r}_{ng}/ ρ_{ng} = 33,627 : 0,684 = 49,162 MJ/kg

1.$q_{c\,ng}$ = Q^{r}_{ng}/ ρ_{ng} = 10×74,085/49,162 = **15,0696 tC/TJ**

2.$Q^{r'}_{ng}$ = Q^{r}_{ng}/ ρ_{ng} = 33,70 : 0,6857 = 49,1469 MJ/kg

2.$q_{c\,ng}$ = Q^{r}_{ng}/ ρ_{ng} = 10×74,085/49,1469 = **15,0742 tC/TJ**

($Q^{r'}_{ng}$ – Maagaasi ülemine kütteväärtus, MJ/kg; Q^{r}_{ng} – maagaasi osakütteväärtus, MJ/m^3; ρ_{ng} – maagaasi osatihedus, kg/m^3; $q_{c\,ng}$ – maagaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Maagaasi 2011. a. detsembri kuu

Kuu keskmine koostis		**mahu%**
metaan	CH4	97,580
etaan	C2H6	1,092
propaan	C3H8	0,321
n-butaan	n-C4H10	0,051
2-metüülpropaan	CH3CH(CH3)CH3	0,053
lämmastik	N2	0,821
süsihappegaas	CO2	0,057
2,2-dimetüülpropaan	CH3C(CH3)2CH3	0,000
2-metüülbutaan	CH3CH(CH3)CH2CH3	0,011
n-pentaan	n-C5H12	0,006
süsivesiniku fraktsioonid C6 ja kõrgemad		0,009
Kokku		100,000

- keskmine kütteväärtus

a. alumine 33,71 MJ/m³ (9,364 kWh/m³)

b. ülemine 37,38 MJ/m³ (10,38 kWh/m³)

- keskmine tihedus 0,6858 kg/m³

Märkus: Maagaasi koostis ja parameetrid on gaasi temperatuuril 20 ºC ja absoluutsel rõhul 101,325 kPa.

Tabel 13. Maagaas 2011. a. detsember

Gaasi koostis	Sisaldus mahu %	C ja mooli suhe	Tihedus kg/m³	Gaasi osa-tihedus, kg/m³	C sisaldus gaasis, mahu %	C sisaldus gaasis, kaalu %	Gaasi kütte-väärtus, Q^r_{ng} MJ/m³	Gaasi osakütte-väärtus Q^r_{ng} MJ/m³
1	2	3	4	5=2x4/100	6=2x3	7=6×4/ Σ5	8	9=2×8/100
CO_2	0.057	12/44	1.844	0.001	0.016	0.042		
N_2	0.821		1.165	0.010				0.000
CH_4	97.580	12/16	0.667	0.651	73.185	71.331	33.367	32.560
C_2H_6	1.092	24/30	1.252	0.014	0.874	1.598	59.39	0.649
C_3H_8	0.321	36/44	1.832	0.006	0.263	0.703	84.94	0.273
*)	0.053	0.828	2.413	0.001	0.044	0.155	110.09	0.058
C_4H_{10}	0.051	48/58	2.413	0.001	0.042	0.149	110.47	0.056
**)	0.011	60/72	3.003	0.000	0.009	0.040	135.72	0.015
C_5H_{12}	0.006	60/72	3.003	0.000	0.005	0.022	136.01	0.008
C_6H_{10}	0.009	72/78	3.246	0.000	0.008	0.039	131.76	0.012
Kokku	**99.992**			**0.684**	**74.445**	**74.079**		**33.631**

*) 2-metüülpropaan $CH_3CH(CH_3)CH_3$

**) 2-metüülbutaan $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$

1.$Q^{r'}_{ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 33,631 : 0,684 = 49,168 MJ/kg

1.$q_{c\,ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 10×74,079/49,168 = **15,0665 tC/TJ**

2.$Q^{r'}_{ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 33,71 : 0,6858 = 49,154 MJ/kg

2.$q_{c\,ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 10×74,079/49,154 = **15,0708 tC/TJ**

($Q^{r'}_{ng}$ – Maagaasi ülemine küttevääртus, MJ/kg; Q^r_{ng} – maagaasi osaküttevääртus, MJ/m³; ρ_{ng} – maagaasi osatihedus, kg/m³; $q_{c\,ng}$ – maagaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Maagaasi 2012. a. jaanuari kuu

Kuu keskmine koostis		mahu%
metaan	CH4	97,598
etaan	C2H6	1,080
propaan	C3H8	0,315
n-butaan	n-C4H10	0,050
2-metüülpropaan	CH3CH(CH3)CH3	0,052
lämmastik	N2	0,825
süsihappegaas	CO2	0,055

2,2-dimetüülpropaan	CH3C(CH3)2CH3	0,000
2-metüülbutaan	CH3CH(CH3)CH2CH3	0,010
n-pentaan	n-C5H12	0,006
süsivesiniku fraktsioonid C6 ja kõrgemad		0,009
Kokku		100,000

- keskmine kütteväärtus

a. alumine 33,70 MJ/m³ (9,361 kWh/m³)

b. ülemine 37,37 MJ/m³ (10,38 kWh/m³)

- keskmine tihedus 0,6857 kg/m³

Märkus: Maagaasi koostis ja parameetrid on gaasi temperatuuril 20 ºC ja absoluutsel rõhul 101,325 kPa.

Tabel 14. Maagaas 2012. a. jaanuar

Gaasi koostis	Sisaldus mahu %	C ja mooli suhe	Tihedus kg/m³	Gaasi osa-tihedus, kg/m³	C sisaldus gaasis, mahu %	C sisaldus gaasis, kaalu %	Gaasi kütte-väärtus, Q^r_{ng} MJ/m³	Gaasi osakütte-väärtus Q^r_{ng} MJ/m³
1	2	3	4	5=2x4/100	6=2x3	7=6×4/ Σ5	8	9=2×8/100
CO_2	0.055	12/44	1.844	0.001	0.015	0.040		
N_2	0.825		1.165	0.010				0.000
CH_4	97.598	12/16	0.667	0.651	73.199	71.366	33.367	32.566
C_2H_6	1.080	24/30	1.252	0.014	0.864	1.581	59.39	0.641
C_3H_8	0.315	36/44	1.832	0.006	0.258	0.690	84.94	0.268
*)	0.052	48/58	2.413	0.001	0.043	0.152	110.09	0.057
C_4H_{10}	0.050	48/58	2.413	0.001	0.041	0.146	110.47	0.055
**)	0.010	60/72	3.003	0.000	0.008	0.037	135.72	0.014
C_5H_{12}	0.006	60/72	3.003	0.000	0.005	0.022	136.01	0.008
Fr C_6	0.009	72/78	3.246	0.000	0.008	0.039	131.76	0.012
Kokku	**99.991**			**0.684**	**74.441**	**74.073**		**33.621**

*) 2-metüülpropaan $CH_3CH(CH_3)CH_3$

**) 2-metüülbutaan $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$

$1.Q^{r'}_{ng} = Q^r_{ng/} \rho_{ng}$ = 33,621 : 0,684 = 49,1535 MJ/kg

$1.q_{c\,ng} = Q^r_{ng/} \rho_{ng}$ = 10×74,073/49,1535 = **15,0697 tC/TJ**

2.$Q^{r'}_{ng}$ = $Q^{r}_{ng/}$ ρ_{ng} = 33,70 : 0,6857 = 49,1469 MJ/kg

2.$q_{c\,ng}$ = $Q^{r}_{ng/}$ ρ_{ng} = 10×74,073/49,1469 = **15,0718 tC/TJ**

($Q^{r'}_{ng}$ – Maagaasi ülemine küttevääртus, MJ/kg; Q^{r}_{ng} – maagaasi osaküttevääртus, MJ/m^3; ρ_{ng} – maagaasi osatihedus, kg/m^3; $q_{c\,ng}$ – maagaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Maagaasi 2012. a. veebruari kuu

Kuu keskmine koostis		**mahu%**
metaan	CH4	97,619
etaan	C2H6	1,067
propaan	C3H8	0,308
n-butaan	n-C4H10	0,049
2-metüülpropaan	CH3CH(CH3)CH3	0,051
lämmastik	N2	0,829
süsihappegaas	CO2	0,054
2,2-dimetüülpropaan	CH3C(CH3)2CH3	0,000
2-metüülbutaan	CH3CH(CH3)CH2CH3	0,010
n-pentaan	n-C5H12	0,006
süsivesiniku fraktsioonid C6 ja kõrgemad		0,007
Kokku		100,000

- keskmine küttevääртus

a. alumine küttevääртus 33,69 MJ/m³ (9,357 kWh/m³)

b. ülemine küttevääртus 37,36 MJ/m³ (10,38 kWh/m³)

- keskmine tihedus 0,6854 kg/m³

Märkus: Maagaasi koostis ja parameetrid on gaasi temperatuuril 20 ºC ja absoluutsel rõhul 101,325 kPa.

Tabel 15. Maagaas 2012. a. veebruar

Gaasi koostis	Sisaldus mahu %	C ja mooli suhe	Tihedus kg/m³	Gaasi osa-tihedus, kg/m³	C sisaldus gaasis, mahu %	C sisaldus gaasis, kaalu %	Gaasi kütte-väärtus, Q^r_{ng} MJ/m³	Gaasi osakütte-väärtus Q^r_{ng} MJ/m³
1	2	3	4	5=2x4/100	6=2x3	7=6×4/ Σ5	8	9=2×8/100
CO_2	0.054	12/44	1.844	0.001	0.015	0.040		
N_2	0.829		1.165	0.010				0.000
CH_4	97.619	12/16	0.667	0.651	73.214	71.406	33.367	32.573
C_2H_6	1.067	24/30	1.252	0.013	0.854	1.563	59.39	0.634
C_3H_8	0.308	36/44	1.832	0.006	0.252	0.675	84.94	0.262
*)	0.051	48/58	2.413	0.001	0.042	0.149	110.09	0.056
C_4H_{10}	0.049	48/58	2.413	0.001	0.041	0.143	110.47	0.054
**)	0.010	60/72	3.003	0.000	0.008	0.037	135.72	0.014
C_5H_{12}	0.006	60/72	3.003	0.000	0.005	0.022	136.01	0.008
Fr C_6	0.007	72/78	3.246	0.000	0.006	0.031	131.76	0.010
Kokku	**99.993**			**0.684**	**74.437**	**74.064**		**33.609**

*) 2-metüülpropaan $CH_3CH(CH_3)CH_3$

**) 2-metüülbutaan $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$

1.$Q^{r'}_{ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 33,609 : 0,684 = 49,136 MJ/kg

1.$q_{c\,ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 10×74,064/49,136 = **15,0731 tC/TJ**

2.$Q^{r'}_{ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 33,69 : 0,6854 = 49,1538 MJ/kg

2.$q_{c\,ng} = Q^r_{ng}/\rho_{ng}$ = 10×74,064/49,1538 = **15,0678 tC/TJ**

($Q^{r'}_{ng}$ – Maagaasi ülemine küttevääртus, MJ/kg; Q^r_{ng} – maagaasi osaküttevääртus, MJ/m³; ρ_{ng} – maagaasi osatihedus, kg/m³; $q_{c\,ng}$ – maagaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

Maagaasi 2013. a. jaanuari kuu

Kuu keskmine koostis		mahu%
metaan	CH4	97,553
etaan	C2H6	1,114
propaan	C3H8	0,322
n-butaan	n-C4H10	0,051
2-metüülpropaan	CH3CH(CH3)CH3	0,053
lämmastik	N2	0,824

süsihappegaas	CO2	0,058
2,2-dimetüülpropaan	CH3C(CH3)2CH3	0,000
2-metüülbutaan	CH3CH(CH3)CH2CH3	0,011
n-pentaan	n-C5H12	0,006
süsivesiniku fraktsioonid C6 ja kõrgemad		0,008
Kokku		100,000

- keskmine kütteväärtus

a. alumine kütteväärtus 33,71 MJ/m³ (9,364 kWh/m³)

b. ülemine kütteväärtus 37,38 MJ/m³ (10,38 kWh/m³)

- keskmine tihedus 0,6859 kg/m³

Märkus: Maagaasi koostis ja parameetrid on gaasi temperatuuril 20 ºC ja absoluutsel rõhul 101,325 kPa.

Tabel 16. Maagaas 2013. a. jaanuar

Gaasi koostis	Sisaldus mahu %	C ja mooli suhe	Tihedus kg/m³	Gaasi osa-tihedus, kg/m³	C sisaldus gaasis, mahu %	C sisaldus gaasis, kaalu %	Gaasi kütte-väärtus, Q^r_{ng} MJ/m³	Gaasi osakütte-väärtus Q^r_{ng} MJ/m³
1	2	3	4	5=2x4/100	6=2x3	7=6×4/ Σ5	8	9=2×8/100
CO_2	0.058	12/44	1.844	0.001	0.016	0.043		
N_2	0.824		1.165	0.010				0.000
CH_4	97.553	12/16	0.667	0.651	73.165	71.297	33.367	32.551
C_2H_6	1.114	24/30	1.252	0.014	0.891	1.630	59.39	0.662
C_3H_8	0.322	36/44	1.832	0.006	0.263	0.705	84.94	0.274
*)	0.053	48.58	2.413	0.001	0.044	0.155	110.09	0.058
C_4H_{10}	0.051	48/58	2.413	0.001	0.042	0.149	110.47	0.056
**)	0.011	60/72	3.003	0.000	0.009	0.040	135.72	0.015
C_5H_{12}	0.006	60/72	3.003	0.000	0.005	0.022	136.01	0.008
Fr C_6	0.008	72/78	3.246	0.000	0.007	0.035	131.76	0.011
Kokku	**99.992**			**0.684**	**74.443**	**74.075**		**33.634**

*) 2-metüülpropaan $CH_3CH(CH_3)CH_3$

**) 2-metüülbutaan $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$

1.$Q^{r'}_{ng}$ = Q^r_{ng}/ ρ_{ng} = 33,634 : 0,684 = 49,1725 MJ/kg

1.$q_{c\,ng}$ = Q^r_{ng}/ ρ_{ng} = 10×74,075/49,1725 = **15,0643 tC/TJ**

2.$Q^{r'}_{ng}$ = $Q^{r}_{ng/}$ ρ_{ng} = 33,71 : 0,6859 = 49,1471 MJ/kg

2.$q_{c\,ng}$ = $Q^{r}_{ng/}$ ρ_{ng} = 10×74,075/49,1471 = **15,0721 tC/TJ**

($Q^{r'}_{ng}$ – Maagaasi ülemine küttevääртus, MJ/kg; Q^{r}_{ng} – maagaasi osaküttevääртus, MJ/m^3; ρ_{ng} – maagaasi osatihedus, kg/m^3; $q_{c\,ng}$ – maagaasi süsiniku eriheitetegur, tC/TJ).

10.2 Maagaasi süsiniku eriheitetegur ja küttevääртus

Kahel erineval viisil arvutatud maagaasi kuue proovi keskmised süsiniku eriheitetegurid:

1.$q_{c\,ng}$ = 15,06937 ≈ 15,07 tC/TJ ja

2.$q_{c\,ng}$ = 15,07745 ≈ 15,08 tC/TJ

Kuue maagaasi proovi keskmised alumised küttevääртused:

1. **Q^r = 33,627 MJ/m^3 (arvutatud) ja**
2. **Q^r = 33,707 MJ/m^3 (EG)**

Järeldus: Siiani on Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris kasutatud Venemaa inventuuris kasutatavat maagaasi süsiniku eriheidet (15,07 tC/TJ). Käesolevas töös läbiviidud arvutuste tulemuste põhjal võib öelda, et Venemaa eriheite kasutamine Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris on õigustatud, mis on ka loogiline, arvestades, et Eesti impordib kogu oma maagaasi Venemaalt.

10.3 Maagaasi hajusheide

Lisas 1 (Eriheited_KUK_Lisa1.doc, Tabel 22) on toodud AS-i Eesti Gaas gaasivõrgu torustike pikkused kategooriate ja ehitusaastate järgi. Lisaks leiab aruande lisast informatsiooni gaasivõrgu koosseisu kuuluvate gaasimõõtejaamade, gaasijaotusjaamade ning gaasi reguleerimise punktide kohta.

10.4 CH_4 hajusheitmete arvutamine IPCC juhendmaterjalide alusel

Allolevas tabelis on toodud IPCC 1996 juhendmaterjalide gaasi ja õli metaani hajusheitmete eriheitetegurid (kg/PJ) maailma erinevate piirkondade kohta [6].

Tabel 17. IPCC 1996 juhendmaterjalide gaasi ja õli metaani emissiooni eriheitetegurid

Revised Regional Emission Factors For Methane From Oil And Gas Activities Systems (kg/PJ)						
Natural Gas processing, Transport And Distribution						
Source Type	**Basis**	**Western Europe**	**US& & Canada**	**Former USSR, Central & Eastern Europe**	**Other Oil Exporting Countries**	**Rest the World**
Emissions from Processing, Transmission	Gas produced	-	-	288,000 – 628,000	288,000 (high)	288,000 (high)
and Distribution	Gas Consumed	72,000 – 133,000	57,000 – 118,000	-	118,000 (low)	118,000 (low)
Leakage at industrial plants and power stations	Non-residential Gas Consumed	-	-	175,000 – 384,000	0 – 175,000	0 – 175,000
Leakage in the residential and commercial sectors	Residential Gas Consumed	-	-	87,000 – 192,000	0 – 87,000	0 – 87,000

Allolevas tabelis on toodud IPCC 2006 juhendmaterjalide maagaasi süsteemide kadude klassifikatsioon ja aastased eriheitetegurid.

Tabel 18. IPCC 2006 juhendmaterjalide maagaasi aastased hajusheitmete eriheitetegurid

CLASSIFICATION OF GAS LOSSES AS LOW, MEDIUM OR HIGH AT SELECTED TYPES OF NATURAL GAS FACILITIES Yearly emission factors					
Facilities	**Activity data**	**Low**	**Medium**	**High**	**Units of Measure**
Production and Processing	Net gas production (i.e. marketed production)	0.05	0.2	0.7	% of net production
Transmission Pipeline Systems	Length of transmission pipelines	200	2 000	20 000	m^3/km/yr
Compressor Stations	Installed compressor capacity	6 000	20 000	100 000	m^3/MW/yr
Underground Storage	Working capacity of underground storage stations	0.05	0.1	0.7	% of working gas capacity

LNG Plant (liquefaction or regasification)	Gas throughput	0.005	0.05	0.1	% of throughput
Meter and Regulator Stations	Number of stations	1 000	5 000	50 000	m^3/station/yr
Distribution	Length of distribution network	100	1 000	10 000	m3/km/yr
Gas Use	Number of gas appliances	2	5	20	m^3/appliance/yr

10.5 Maagaasi hajusheitmete arvutamine

Seni on maagaasi hajusheitmete (CH_4) arvutamiseks kasutatud põhiliselt IPCC 1996 juhendmaterjalides toodud maagaasi hajusheitmete eriheitetegurite (Tabel 17) ligilähedasi väärtusi. Näiteks Eesti NIR 1990–2011 on kasutatud maagaasi eriheitetegurit 165 016 kg/PJ (viitega Soomele) ja hajusheitmed on toodud ühel real – distribution (jaotamine). Selle meetodi järgi arvutatakse maagaasi hajusheitmete kogused aastas tarbitud gaasikoguse (PJ) alusel.

IPCC 2006 juhendmaterjalides on sellele küsimusele lähenetud erinevalt, siin on hajusheitmete koguste arvutamise aluseks võetud gaasitorustike pikkused (Transmission, Distribution), reguleerimis- ja muude jaamade (Number of stations) ning gaasi kasutamise seadmete (Number of gas appliances) arv. Uue arvutusmudeli alusel oleneb maagaasi hajusheitmete kogus gaasitorustike pikkusest, vahejaamade arvust jne. aga mitte niivõrd tarbitud maagaasi kogusest, sest gaasi pihkmine surve all olevast torustikust võib toimuda isegi siis kui gaasi ei tarbita.

Mõlemal toodud arvutusmeetodil on ühine puudus – valitud eriheiteteguri on raske põhjendamine.

Esimene arvutusnäide

Tabelis 19 on toodud näitena AS EG Võrguteenus (EGV) maagaasitorustiku pikkuste ja gaasi mõõtmise- ja jaotusjaamade ning gaasi reguleerimise punkti arvu alusel leitud maagaasi CH_4 hajusheitmete kogus 2011. aasta kohta. EGV andmete alusel on olemasolev gaasitorustik jagatud kahte ossa: 1.Transmission(D), p>16 bar – 878,068 km ja 2. Distribution (A+B+C), p<16bar – 1439,232 km. Maagaasi keskmine CH_4 sisaldus oli aastal 2011 97,589% ja tihedus 0,667 kg/m^3 20 ºC juures.

Tabel 19. Eesti 2011. a. maagaasi hajusheitmed leitud IPCC 2006 juhendmaterjalide järgi

Maagaasi hajusheite allikas	Pikkus, km; Arv, tk.	Heitteguri mõõteühik	Heittegur (Medium)	CH_4 gaasis, %	CH_4 erikaal, kg/m^3	CH_4 kogus, Gg
	1	2	3	4	5	$6=1\times3\times4\times5/10^8$
Transmission (D), p>16 bar	878.068	m^3/km/yr	2000	97.589	0.667	1.143164

Distribution (A+B+C), p<16bar	1439.232	m^3/km/yr	1000	97.589	0.667	0.968229
Stations	39	m^3/station/yr	5000	97.589	0.667	0.126929
Gas use (appliances)	1247	m^3/applience/yr	5	97.589	0.667	0.004159
Kokku						**2.242481**

Keskmiste heitegurite läbiviidud maagaasi CH_4 hajusheitmete kogus 2011. a. kohta on 2,242481 Gg CH_4, mis on ligikaudu 36% väiksem kui Eesti NIR 1990–2011 toodud väärtus 3,50 Gg CH_4. Sellest arvutusnäitest selgub, et kahel erineval meetodil saadud tulemused on erinevad, kuid mitte eriti olulisel määral.

Kontrolli eesmärgil saame leida CH_4 hajusheiteteguri CH_4 hajusheitkoguse ja Eestisse imporditud maagaasi koguse alusel (2011):

q_{CH4h} = 10^9 × 2,242481 Gg/21242,00 TJ = **105 568 kg/PJ.**

<u>Teine arvutusnäide</u>

CH_4 hajusheitmete koguseid on põhimõtteliselt võimalik leida Eestisse imporditud ja kohapeal müüdud gaasikoguste vahe järgi.

AS EG Võrguteenus andmetel varieerub Eestisse imporditud ja müüdud gaasikoguste vahe aastast aastasse: 2009 – -318 tuh m³, 2010 – -966 tuh m³, 2011 – -4115 tuh m³ ja 2012 – 1767 tuh m³. See sõltub väga paljudest asjaoludest: võrku jäävast gaasikogusest sõltuvalt rõhust, kommertskadudest, mõõtenäitude edastamisest ja mõõteseadmete veapiirist. Imporditud ja müüdud gaasikogust vahe järgi leitud maagaasi CH_4 hajusheitmete koguseid ja eriheitetegurid on toodud tabelis 20.

Tabel 20. CH_4 eriheiteteguri arvutuskäik

Aasta	Imporditud ja müüdud gaasikoguste vahe, nm^3/a	CH_4 gaasis, %	CH_4 erikaal, kg/m^3	CH_4 kogus, Gg	Imporditud gaasi kogus, TJ	CH_4 eriheittegur, $kgCH_4/PJ$
1	2	3	4	$5=2\times3\times4/10^8$	6	$7=10^9\times5/6$
2009	318×10^3	97,60	0,667	**0,20702**	21 944	**9 434**
2010	966×10^3	97,60	0,667	**0,62886**	23 553	**26 699**
2011	4115×10^3	97,589	0,667	**2,67853**	21 255	**126 188**
2012*	1767×10^3	97,609	0,667	**1,2349**		

* 2012 aasta eriheide on võimalik arvutada, kui Statistikaamet väljastab 2012. aastal imporditud maagaasi koguse

Tabelist 20 selgub, et Eestisse imporditud ja müüdud gaasikoguste vahe alusel leitud maagaasi CH_4 hajusheitmete kogused erinevad vaadeldud aastate 2009–2012 lõikes olulisel määral: 0,207–2,679 Gg.

Kuid need on siiski konkreetsed andmed. Imporditud ja müüdud gaasikoguste vahest leitud CH_4 hajusheitmete (Gg) ja imporditud maagaasi koguste (TJ) alusel saame leida CH_4 hajusheite eriheiteteguri. Leitud CH_4 eriheitetegurid on ligilähedased Lääne Euroopa vastavate näitajatega (vt. Tabel 17), kuid on väiksemad (9 434–126 188 kg/TJ). IPCC 2006 metoodika alusel leitud CH_4 hajusheitkoguse ja tarbitud maagaasi koguse järgi leitud maagaasi hajus CH_4 eriheitetegur langeb samasse piirkonda (105 568 kg/PJ).

Imporditud ja müüdud gaasikoguste vahest on võimalik otse leida CH_4 hajusheitmete kogused (Gg) ja CH_4 eriheitetegurid, mida on võimalik kasutada kontrollarvutuste läbiviimiseks ja eriheitetegurite valiku põhjendamiseks.

Järeldus: Siiani on Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris kasutatud maagaasi metaani hajusheite arvutamisel Soome inventuuri 2009. aasta eriheite väärtust (165 016 kg/PJ). Käesolevas aruandes sai käsitletud kahte erinevat meetodit metaani hajusheite riigispetsiifilise eriheiteteguri leidmiseks. Täpsem oleks kasutada eriheitetegurit, mis on leitud Eestisse imporditud ja kohapeal müüdud gaasikoguste vahe ning imporditud maagaasi koguste alusel. AS-il EG Võrguteenus aga puuduvad vastavad andmed aastate 1990–2008 kohta. Antud meetodil leitud maagaasi CH_4 hajusheite eriheitetegurid erinevad vaadeldud aastate 2009–2012 lõikes olulisel määral ning seetõttu pole sedavõrd lühikese andmerea põhjal võimalik aegrea osas järeldusi teha. Maagaasi hajusheite riigispetsiiflise eriheiteteguri väljatöötamiseks peaks koguma vähemalt veel mõne aasta andmed ning seejärel saab aegrea (1990–2008) eriheiteteguri leida olemasolevate eriheitetegurite keskmise põhjal. Vastav soovitus tehti Eestile ka 2013. aasta inventuuri ÜRO auditi käigus.

11 Vedelkütuste hajusheide

11.1 Naftatooted

Tabelis 21 on toodud IPCC 1996 juhendite õli metaani hajusheitmete eriheitetegurid (kg/PJ) [14].

Tabel 21. IPCC 1996 juhendmaterjalide õli metaani eriheitetegurid

Rest of the World – Methane Emission Factors	
Emission Type	**Emission factor** kg/petajoule
Oil Production	290 – 4670 of Oil Produced
Crude Oil Transportation and Refining Transportation Refining Storage Tanks	 745 of Oil Tankered 90 – 1400 of Oil Refined 20 – 260 of Oil Refined

Eesti lähimaades ja Eestis naftatoodete käitlemisel tekkiva metaani eriheitetegurid, milliseid on kasutatud kasvuhoonegaaside inventuuri läbiviimisel, on toodud allolevas tabelis.

Tabel 22. Naftatoodete metaani eriheitetegurid

Riik	CH_4 tekke allikas	CH_4 eriheitetegur, kg/PJ
Soome	Refining/Storage	864.64 (880.00)
Rootsi	Transport (Loaded in tank ships)	745.00
	Refining/Storage	547.60
	Distribution of oil products	1000.00
Leedu	Transport by pipelines	108.76
	Refining	744.87
Holland	Transport by pipelines	138.64
	Refining/Storage	184.23
Taani	Refining/Storage	?
Venemaa	Transport by pipelines	147.42
	Refining/Storage	877.88
Eesti	*Transport (Oil loaded in tankers)*	*745.00*
	Refining/Storage (Storage of refined oil)	*135.00*

Kui jälgida Eesti lähiriikides kasutatud naftatoodete käsitlemise metaani eriheitetegureid, siis on nende valikul olnud enamikel juhtudel aluseks IPCC 1996 juhendmaterjalides toodud vastavad eriheitetegurid või nende keskmised väärtused. Erandiks on metaani eriheitetegurid (Leedu ja Venemaa) õli transportimisel torujuhtmetes, mille kohta andmed IPCC 1996 juhendmaterjalides puuduvad. IPCC 1996 juhendites puuduvad ka naftatoodete jaotamise metaani eriheitetegurid. Seetõttu ei ole enamikes maades (sealhulgas Eestis) leitud naftatoodete jaotamisest tekkinud metaani heitkoguseid. Üheks erandiks on Rootsi, kus naftatodete jaotamise metaani eriheiteteguriks on võetud (määratud) 1 000 kgCH_4/PJ.

Laevadega transporditud naftasaaduste puhul on nii Rootsis kui ka Eestis kasutatud otseselt IPCC 1996 juhendmaterjalides toodud metaani emissiooni eriheitetegurit 745 kg/CH_4/PJ.

IPCC 1996 juhendmaterjalides toodud õli rafineerimise keskmine metaani emissiooni eriheitetegur on (90+1 400)/2 = 745 kg/CH_4/PJ ja ladustamise keskmine CH_4 eriheitetegur (20+260)/2 = 140 kg/CH_4/PJ. Rafineerimise ja ladustamise keskmine CH_4 eriheitetegur on 745 + 140= 885 kg/CH_4/PJ.

Leedu õli rafineerimise metaani emissiooni eriheitetegur 744,87 kg/CH_4/PJ (keskmine 745 kg/CH_4/PJ).

Soome õli rafineerimise ja ladustamise CH_4 eriheitetegur 864,64 (880,00 NIR) kg/CH_4/PJ (keskmine 885 kg/CH_4/PJ). Venemaa õli rafineerimise ja ladustamise CH_4 eriheitetegur 877,88 kg/CH_4/PJ (keskmine 885 kg/CH_4/PJ).

Hollandi õli ladustamise CH_4 eriheitetegur 184,23 kg/CH_4/PJ (keskmine 140 kg/CH_4/PJ). Eesti õli ladustamise CH_4 eriheitetegur 135,00 kg/CH_4/PJ (keskmine 140 kg/CH_4/PJ).

Naftatoodete käitlemisel tekkivate metaani hajusheitmete arvutamine on ilmselt olnud üks keerukamaid ülesandeid nii IPCC juhendmaterjalide koostajatele kui ka riikide kasvuhoonegaaside inventuuri teostajatele.

Senini on võimalik kasutada ainult IPCC 1996 juhendmaterjalides toodud metaani eriheitetegureid, mis on tava kohaselt esitatud suurtes piirides, va. õlide transportimine tankerites. IPCC 2006 juhendmaterjalides on pikalt ja põhjalikult analüüsitud naftasaaduste hajusheitmete probleemi, kuid täiendavaid andmeid õlide emissiooni eriheitetegurite kohta ei ole kümne aasta jooksul jõutud tuua.

IPCC juhendmaterjalide kohaselt tuleb õlide metaani hajusheitmete arvutamisel esitada õlide kogused TJ-des ja metaani eriheitetegurid kgCH_4/PJ-des. Tabelis toodud maade inventuuriaruannetes ja ka teistes aruannetes (CRF Table 1.B.2) on metaani eriheitetegurid esitatud peale kgCH_4/PJ ka kgCH_4/Gg, kgCH_4/Mg, kgCH_4/Mt, kgCH_4/kt, kgCH_4/10^3m^3, vastavalt sellele millistes ühikutes on esitatud õli kogused, kuid mitte alati. Esineb ka vigu. Ühelt poolt võib see näidata inventuuri tegijate soovi kasutada erinevaid (oma) metaani emissiooni eriheitetegureid, teiselt poolt taanduvad need tegurid aga peale ümberarvutamist vastavateks IPCC ligilähedasteks väärtusteks. Tabelis ongi erinevalt esitatud metaani eriheitetegurid ümberarvutatud ja esitatud juhendmaterjalidele vastavalt kgCH_4/PJ-des. See võimaldab neid tegureid ka võrrelda.

Tulemus: Algselt oli projekti esimese etapi käigus plaanitud arvutuslikult leida naftatoodete metaani hajusheite riigispetsiifline eriheitetegur. Vajalike andmete puudumise tõttu oli võimalik teostada ainult Eesti lähiriikide inventuurides kasutatavate väärtuste analüüs. Tulemused näitasid, et Eesti lähiriikides kasutatud naftatoodete käsitlemise metaani eriheitetegurite valikul olnud enamikel juhtudel aluseks IPCC 1996 juhendmaterjalides toodud vastavad eriheitetegurid või nende keskmised väärtused.

Kaalumisel oli ka reaalsete mõõtmiste läbiviimine. Muuga Sadama seirejaamades mõõdetakse paralleelselt lenduvate orgaaniliste ühenditega ka metaani sisaldust välisõhus. Pikaajaliste seireridade analüüsimisel oli küll näha teatud perioodil samaaegselt süsivesinike kontsentratsiooni tõusuga välisõhus ka metaani sisalduse kasv. Samas viie aasta seireandmed andsid korrelatsioonikordajaks mõlema seirejaama jaoks ligikaudu 0,1. Seega vedelkütuste laadimisest metaani eraldub kuid ilmselt on see seotud vaid teatud produktidega. Suuremahuliste ja kõiki võimalikke produkte hõlmavate mõõtmiste korraldamine jääb siiski antud projekti raamest välja kuna töömahtu ei saa katta vaid olemasoleva eelarvega.

12 Kokkuvõte

Käesolevas töös on arvutuslikul teel välja töötatud Eestis kasutatavate erinevate kütuste süsiniku (mõnel juhul ka metaani ja lämmastikdioksiidi) eriheitetegurid ja kontrollitud nende kütuste küttevääртusi. Lisaks on analüüsitud ka maagaasi ning naftasaaduste hajusheite arvutamist.

Kategooriate lõikes arvutusliku metoodika valiku eelduseks olid varasemad andmed, mida sai kasutada eriheidete hindamisel. Sellisteks andmeteks olid näiteks varasemate mõõtmiste tulemused, teiste riikide inventuuriaruanded jne.

Töös on Eesti õlitehaste põlevkivi poolkoksigaasi ja generaatorgaasi süsiniku eriheitetegurid leitud nimetatud gaaside keemilise koostise järgi. TSK retortide suitsugaasi süsiniku eriheitetegurid ja Kiviter tüüpi püstretortide poolkoksis sisalduva süsiniku eriheitetegurid (ladestamistegurid) on määratud Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris toodud õlitehaste süsiniku bilansi alusel. Kiviõli Õlitehase Kiviter tüüpi püstretortide süsiniku ladestamise eriheitetegur on ligikaudu kolm korda väiksem kui VKG sama tüüpi reaktorite vastav näitaja. See näitab, et Kiviõli Õlitehase poolt esitatud lähteandmed on olnud ilmselt ebatäpsed.

Õlitehaste generaatorgaasi ja poolkoksigaasi põletatakse nii Narvas, Kohtla-Järvel kui ka Kiviõlis elektrijaamade aurugeneraatorite kolletes koos põlevkiviga. Ainult Kohtla-Järve VKG Energia Lõunajaamas põletatakse generaatorgaasi. Kateldes on gaasi põlemine väga täiuslik ja lahkuvad suitsugaasid metaani praktiliselt ei sisalda. Tundlike mõõduriistadega oleks seda võimalik kontrollida. Hoopis olulisem on määrata TSK tüüpi õlitehaste suitsugaaside koostise alusel nende gaaside süsiniku ja CH_4 eriheitetegurid. Narva ja Kiviõli õlitehased esitasid andmed TSK retortide suitsugaaside koostise kohta. Kohtla-Järve VKG oma Petroter retordi suitsugaaside koostise andmeid ei esitanud. Narva ja Kiviõli andmetest selgub, TSK retortidest väljuvad suitsugaasid sisaldavad CH_4-i. Kuid õlitehaste suitsugaaside koostise alusel ei ole võimalik otseselt leida nende gaaside süsiniku ja CH_4 eriheiteid, kuna tehase suitsugaaside kogused ja temperatuur ei ole määratud. Antud juhul tuli piirduda ainult TSK retortide suitsugaaside süsiniku heiteteguriga, milliseid oli võimalik leida õlitehaste süsiniku bilansi alusel. Kui määrata suitsugaaside kogus, nende keskmine kiirus ja temperatuur õlitehase korstna ristlõikes, siis on võimalik leida suitsugaaside kogus ja koos gaaside analüüsiga ka suitsugaaside süsiniku ja CH_4 heitetegurid. Ühtlasi võimaldaks see kontroolida õlitehaste süsiniku bilanssi.

Seni on Eesti õlitehaste suitsugaasidele pööratud vähe tähelepanu. Edaspidi oleks vaja neid põhjalikumalt uurida (mõõtmised teostatakse projekti teise etapi käigus). Kiiresti areneva Eesti õlitööstuse riigispetsiifilisi eriheitegureid oleks vaja igal aastal uuendada tehaste andmete alusel.

Töö läbiviimist raskendas mõningate kütuste algandmete piiratus või täielik puudumine. Kõige piiratumalt olid kättesaadavad algandmed biokütuste kohta. Kehra paberivabriku üks musta leelise proov oli analüüsitud firmas Andritz OY (Soome). Kehra paberivabriku musta leelise küttevääртused olid esitatud ajavahemiku 2010–2012 kohta. Biogaasi koostise kohta olid kasutada Eesti Biogaasi Assotsiatsioon andmed. Nende andmete alusel oli võimalik kontrollida nende kütuste küttevääртusi ja leida ligikaudsed süsiniku eriheitetegurid. Musta leelise ja biogaasi CH_4 ja N_2O eriheitegureid ei olnud aga võimalik määrata kuna puudusid CH_4, N_2O ja O_2 sisalduste väärtused nende kütuste

põlemisproduktides. Riigispetsiifiliste eriheitetegurite (CH_4 ja N_2O) väljatöötamiseks teostatakse töö järgmises etapis mõõtmised. Kuna IPCC 2006 juhendmaterjalides toodud musta leelise ja biogaasi CH_4, N_2O eriheitetegurite vaikeväärtused on väga väikesed, siis tuleb nende gaaside sisalduse määramiseks suitsugaasides kasutada kõrge tundlikkusega mõõteriistu.

Käesolevas töös leiti ka Statistikaametilt saadud ajalooliste importandmete ning teiste riikide kasvuhoonegaaside inventuuride analüüsi abil Eesti riigispetsiifilised süsiniku eriheitetegurid maanteetranspordis kasutatavatele kütustele (bensiin, diisel, LPG) kui ka mõningatele mittemaanteetranspordis kasutatavatele kütustele (kerge kütteõli, raske kütteõli, diisel, LPG, kivisüsi, kivisöe koks). Enamikel maadel, millistest Eesti kasutatavaid kütuseid impordib, on vajalike kütuste süsiniku eriheitetegurite väärtused kasvuhoonegaaside inventuurides olemas. Mõningatel juhtudel aga kas ei olnud nimetatud väärtused aruannetest leitavad või ei kuulu riik kasvuhoonegaaside inventuuri aruande esitamise kohuslaste hulka. Sellisel juhul kasutati Eesti riigispetsiifilise süsiniku eriheiteteguri arvutamisel IPCC juhendmaterjalide vaikimisi (*default*) süsiniku eriheitetegurit.

Maanteetranspordis kasutatava diislikütuse ja bensiini metaani ja dilämmastikoksiidi riigispetsiifilist eriheitetegurit käesolevas töös ei leitud. Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris on kasutusel COPERT IV mudeli andmed, mis vastavad IPCC juhendite kõige kõrgemale metoodikale – Tier 3.

AS EG Võrguteenused esitas kõige põhjalikumalt andmed Eestis kasutatava maagaasi koostise ja kvaliteeditunnuste kohta. Maagaasi koostiste alusel leitud gaasi keskmine kütteväärtus on veidi kõrgem aga süsiniku eriheitetegur on sama, mis on Eesti kasvuhoonegaaside inventuuris kasutatud vastavad näitajad.

Algandmed Eesti gaasivõrkude, mõõte- ja jaotusjaamade jt kohta ning Eestisse imporditud ja müüdud gaasi koguste kohta on saadud AS-st EG Võrguteenused. Maagaasi hajusheitmete eriheite leidmiseks kasutati kaht erinevat meetodit: 1) IPCC 2006 alusel arvutatud CH_4 hajusheitmete hulga ja imporditud gaasi koguse järgi ja 2) Eestisse imporditud ja tarbitud gaasikoguste vahe ning imporditud gaasi koguse järgi. Teise meetodi järgi on võimalik otse leida CH_4 hajusheitmete kogused (Gg) ja CH_4 eriheitetegurid, mida on võimalik kasutada arvutuste läbiviimiseks ja eriheitetegurite valiku põhjendamiseks.

Algselt oli projekti esimese etapi käigus plaanitud arvutuslikult leida naftatoodete metaani hajusheitmete riigispetsiifline eriheitetegur. Vajalike andmete puudumise tõttu oli võimalik teostada ainult Eesti lähiriikide inventuurides kasutatavate väärtuste analüüs. Tulemused näitasid, et Eesti lähiriikides kasutatud naftatoodete käsitlemise metaani eriheitetegurite valikul olnud enamikel juhtudel aluseks IPCC 1996 juhendmaterjalides toodud vastavad eriheitetegurid või nende keskmised väärtused.

13 Kasutatud kirjandus

1. A. Siirde, I. Roos, A. Martins. Estimation of carbon emission factors for the Estonian shale oil industry.Oil Shale, 2011, Vol. 28, No. 1S, p. 127 – 139.
2. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/6598.php
3. A. Ots. Põlevkivi põletustehnika. Tallinn, 2004, 768 lk.
4. H. Arro. Calculation of qualitative and quantitative composition of Estonian oil shale and its composition products. Part 1. Calculation on the basis of heating value. Fuel, 2003, 82, p. 2179 – 2195.
5. Handbook of Thermal Engineering, Editor I. Mikk.1977. Tallinn. Valgus.
6. H. Arro, T. Pihu, A. Prikk. Combustion of Estonian Oil Shale in Fluidized bed Boilers, heating Value of Fuel, Boiler Efficiency and CO_2 Emissions. Oil Shale. Vol.22, No 4, p.356 – 406.
7. A. Martins, J-M. Punning, M. Ilomets, A. Karindi, H. Roostalu. Greenhouse Gas Emissions: Recent Trends in Estonia. Ambio, Vol 26. No.8. Dec. 1997, p. 493 – 498.
8. A.Siirde, A. Martins. Vertification Report of Solid Heat Carrier Retort, 2011.
9. Black Liquor as Fired at Kehra. Analyzed by Andritz OY, Karhula Finland, 2006.
10. Rahvusvaheline Standard GOST 147-95 (ISO 1928-76). Tahkete, mineraalsete kütuste ülemise kütteväärtuse määramine ja alumise kütteväärtuse arvutamine (Vene keeles).
11. Põletusseadmetest välisõhku eralduvate heitkoguste määramise kord ja määramismeetodid. Keskkonnaministri 2. augustil 2004. a määrus nr 99. RT I 2004, 43, 298.
12. Eesti Standardid, EVS-EN ISO 6976:2005. Natural gas – Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition. Eesti Standardikeskus.
13. S. S. Kutateladze, V. M. Borišanski. Soojustehnika käsiraamat. GOSENERGOIŠDAT, Leningrad-Moskva, 1959, 414 lk (Vene keeles).
14. IPCC 1996, Energy, Chapter 1.5 Fugitive Methane Emissions, Table 1 – 8, p. 1.21.
15. IPCC 2006, Energy, Chapter 4 Fugitive Emissions, Table 4.2.8, p. 4.71.
16. Naftasaaduste laadimisel välisõhku eralduvate lenduvate orgaaniliste ühendite heitkoguste määramismeetodid. Keskkonnaministri määrus nr 96. RTL 2004, 108, 1721.