

Töödeldud puidu põletamisel tekkivate õhuheitmete
arvutusmetoodika

Tallinn 2008

Lepingu nr: 18-20/575
Tööde algus: 01.09.2008
Tööde lõpp: 15.12.2008

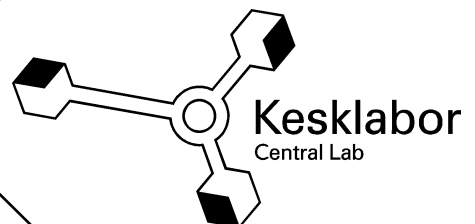
Kinnitas:

Margus Kört
Juhatuse esimees

Aruande koostajad:

Erik Teinmaa
Õhukvaliteedi juhtimise osakonna juhataja

Marek Maasikmets
Õhukvaliteedi juhtimise osakonna nõunik



Sisukord

<u>Töö lähteülesanne.....</u>	<u>3</u>
<u>Kasutatav meetodika.....</u>	<u>4</u>
<u>Arvutustabelite kirjeldus.....</u>	<u>4</u>
<u>Kokkuvõte.....</u>	<u>7</u>
<u>Kasutatud kirjandus.....</u>	<u>8</u>

Töö lähteülesanne

Töötada välja meetodika jäätmepõletusmääruse lisa 1 punktis 3 ja lisa 3 nimetatud raskmetallide (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Hg, Tl, Cd) ja halogeenide (Cl, F) sisalduse (mg/m^3) arvutamiseks liipripuidu põletamisel tekkivas õhuheites lähtudes:

- (a) nimetatud elementide sisaldusest liipripuidus (analüüsiandmete alusel);
- (b) elementide jagunemisest puidu põletamisel tahke tuhafraktsiooni ja põlemisgaaside vahel;
- (c) gaasipuhastusseadmete olemasolust ja tõhususest;
- (d) muudest võimalikest olulistest faktoritest.

Metoodika praktiline rakendus (valemid, algoritmid) esitada soovitatavalt tabelarvutuse (nt MS Excel, OpenOffice.org Calc) vormis.

Kasutatav metoodika

Antud töös kasutati Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt lepingu nr K-12-1-2006/2330 raames teostatud uuringu andmeid raskmetallide ja halogeenitud orgaaniliste ühendite sisalduse kohta töötlemata puidus. Andmed raskmetallide (Pb, Hg, Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Cd, Tl) ja halogeenühendite (Cl, F) sisestati MS Excel programmi ning töötati välja tabelid, mille alusel on võimalik teostada arvutusi leidmaks sobiv suhe töödeldud puidumassi kohta selliselt, et ei ületataks kehtestatud piirnorme väljuvates gaasides. Arvutustabelid võimaldavad leida sobivat raskmetallide maksimaalset sisaldust (mg/kg) töödeldud puidus kui kasutatakse väljuvate gaaside puhastamisel elektrifiltrit või tsüklonit.

Arvutustabelite kirjeldus

Arvutustabeli (elektrifiltri, tsükloni) koostamisel arvestati nii A kui B piirnormi täitmise vajadusega. Raskmetallide sisalduse piirväärtusena vaadeldi jäätme põletusmääruse lisa 1 punktis 3 ja lisa 3 nimetatud raskmetallide (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) sisalduse summaarset väärtust ning halogeenitud orgaaniliste ühendite piirväärtusena samuti nende sisalduse summaarset väärtust või kui määratakse vaid orgaaniliste ühendite koostises olevate halogeenide (Cl, F) sisaldust. Tabelisse (vt näidis tabel 1) lisati elementide jagunemine puidu põletamisel tahke tuhafraktsiooni ja põlemisgaaside vahel ning lisati puhastusseadmete efektiivsusprotsent. Lisaks on toodud lendtuhaga välisõhku mineva elemendi kogus protsentuaalselt. Eelnevalt nimetatud andmeid kasutatakse arvutamisel vaikeväärtustena. Muudetav parameeter tabelis on elementide sisaldus (mg/kg) töödeldud puidus, mille kohta saadakse andmed vastavalt analüüsitulemustele. Peale elementide sisalduse (mg/kg) sisestamist arvutatakse välisõhku mineva elemendi protsentuaalne osa, vastavalt kasutatavale puhastusseadmele. Seejärel leitakse tabelis automaatselt töödeldud puidu kütteväärtuse (MJ/kg) ja mahtkulu (m^3/MJ) põhjal, puidu põletamisest tekkiv gaasikogus (m^3/kg). Järgnevalt leitakse saasteainete kontsentratsioon suitsugaasides (mg/m^3) töödeldud puidu põletamisel, lähtudes gaasipuhastusseadmete efektiivsusest. Tabelis 2 näidatakse automaatselt, kas taolise elementide sisaldusega puidu põletamine tagab vastavuse piirnormidele või mitte.

Tabel 1. Arvutustabel raskmetallide sisalduse kohta väljuvates gaasides

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	koldetuhk	tsüklon	elektrifilter	lendtuhk	puidus	tsükloniga	filter	tsükloniga	filter		piirnorm
	Ef %	Ef %	Ef %	%	mg/kg	jääk %	jääk %	mg/m3	mg/m3		mg/m3
Cd	6,4	47	36	10,7	0,5	46,7	10,70	0,0143	0,0033	Cd	0,05
Tl	11,7	34,2	41,7	12,4	0,01	54,1	12,40	0,0003	0,0001	Tl	
Hg	0,8	7,6	70,7	20,9	0,05	91,6	20,90	0,0028	0,0006	Hg	
Sb	11,7	34,2	41,7	12,4	0,2	54,1	12,40	0,0066	0,0015	Sb	0,5
As	51,6	32,2	12,5	3,7	1	16,2	3,7	0,0099	0,0023	As	
Pb	11,7	34,2	41,7	12,4	10	54,1	12,40	0,3311	0,0759	Pb	
Cr	72,6	19,7	5,9	1,8	10	7,7	1,80	0,0471	0,0110	Cr	
Co	68,2	26,1	4,4	1,3	0,6	5,7	1,3	0,0021	0,0005	Co	
Cu	61,9	21,7	12,6	3,7	10	16,3	3,7	0,0998	0,0226	Cu	
Mn	64,7	30	4,1	1,2	375	5,3	1,2	1,2163	0,2754	Mn	
Ni	58,7	31,5	7,6	2,3	10	9,9	2,3	0,0606	0,0141	Ni	
V	71,5	22,8	4,4	1,3	2	5,7	1,30	0,0070	0,0016	V	
F	7,2	63,5	22,6	6,7	5	29,3	6,70	0,0897	0,0205	F	4
Cl	7,2	63,5	22,6	6,7	300	29,3	6,7	5,3794	1,2301	Cl	60

Tabel 2. Arvutustabel piirnormidele vastavuse/mittevastavuse kohta

	Tsüklon	El.filter	Vastavus tsüklon	Vastavus el.filter
Summa RM (v.a Cd, Tl, Hg)	1,7805	0,4049	Ei vasta	Vastab
Summa Cd, Tl	0,0146	0,0034	Vastab	Vastab
Summa Hg	0,0028	0,0006	Vastab	Vastab
F	0,0897	0,0205	Vastab	Vastab
Cl	5,3794	1,2301	Vastab	Vastab

Arvutuskäik:

1. Tulpades B kuni E on sisestatud elementide jagunemine puidu põletamisel koldetuha ja lendtuha fraktsiooni vahel ning puhastusseadmete (tsüklon, elektrifilter) efektiivsusprotsent. Antud andmed on esitatud vaikeväärtustena ning pärinevad keskmistatuna kirjandusallikatest (Narodslawsky et al. 1996, Obernberger et al. 1997, Vervaeke et al. 2005);
2. Sisesta tulpa F elemendi sisaldus (mg/kg) töödeldud puidus;
3. Tulpades G ja H on toodud elementide sisalduse % väljuvates gaasides vastava puhastusseadme kasutamise korral. Tsükloni (tulp G) kasutamise korral on välisõhku mineva elemendi sisaldus leitav elektrifiltri puhastusefektiivsuse ja lendtuhaga välisõhku mineva elemendi summast (Tsüklon = El.filter_{ef} (%) + lendtuhk (%)). Elektrifiltri (tulp H) kasutamise korral on välisõhku mineva elemendi sisaldus leitav lendtuhaga välisõhku mineva elemendi sisaldusest (El.filter = lendtuhk (%)). Antud andmed on esitatud vaikeväärtustena ning arvutustes neid muutma ei pea;
4. Tulpades I (tsükloni kasutamisel) ja J (elektrifiltri kasutamisel) on leitud iga üksiku saasteaine kontsentratsiooni väljuvates gaasides, milleks kasutatakse järgmist valemit:

$$C_{\text{puhastusseade}} = \frac{(C_{\text{puidus, mg/kg}} \times C_{\text{väljuvates gaasides, \%}}) \div 100}{Q^k \times V_1}$$

kus:

$C_{\text{puidus, mg/kg}}$ on puidus sisalduva elemendi kontsentratsioon

$C_{\text{väljuvates gaasides, \%}}$ on puhastusseadmest (tsüklon, elektrifilter) välisõhku lenduva elemendi osa protsentides

Q^k on puidu keskmine kütteväärtus (MJ/kg), milleks on keskmiselt 19 MJ/kg (Paist et al. 2001);

V_1 on töötemperatuuril 400 °C tekkiv gaaside mahtkulu (m³/MJ), milleks antud juhul 0,86 m³/MJ;

5. Tabelis 2 näed saasteainete summeeritud vastavust piinormile.

Kokkuvõte

Andmed raskmetallide (Pb, Hg, Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Cd, Tl) ja halogeenühendite (Cl, F) sisestati MS Excel programmi ning töötati välja tabelid, mille alusel on võimalik teostada arvutusi leidmaks sobiv suhe töödeldud puidumassi kohta selliselt, et ei ületataks kehtestatud piirnorme väljuvates gaasides. Arvutustabelid võimaldavad leida sobivat raskmetallide maksimaalset sisaldust (mg/kg) töödeldud puidus kui kasutatakse väljuvate gaaside puhastamisel elektrifiltrit või tsüklonit.

Mangaani puhul võib piirnormi saavutamine olla probleem ka puhta puidu põletamisel kui võtta aluseks publikatsioonis AP-42 toodud mangaani eriheide. Arvutustes vaadeldi tsüklonite või elektrifiltritega varustatud põletusseadmetest väljuvate suitsugaaside vastavust kehtivatele raskmetallide ja halogeenühendite piirnormidele.

Kasutatud kirjandus

1. Jäätmepõletustehase ja koospõletustehase rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded, Keskkonnaministri 4. juuni 2004. a määrus nr 66
2. Narodoslowsky M, Obernberger I. From waste to raw material--the route from biomass to wood ash for cadmium and other heavy metals, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 50, Issues 2-3, 157-168 (1996)
3. Obernberger, I., Biedermann, F., Widmann, W, Riedl, R. Concentrations of inorganic elements in biomass fuels and recovery in the different ash fractions, *Biomass and Bioenergy*, Volume 12, Issue 3, 211-224, (1997)
4. Paist, A., Nuutre, M., Aluvee, R. Puitkütuste omadused. Ehituskaar nr. 9-10, 32-35 (2001)
5. Põletusseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramise kord ja määramismeetodid, Keskkonnaministri 2. augusti 2004. a määrus nr 99
6. Teinemaa, E. 2007. Liiprite põletamisel põlemisgaasidega välisõhku väljutatava heite piirväärtuste arvutuslik kontroll sõltuvalt raskmetallide ja halogeenitud orgaaniliste ühendite sisaldusest liiprites. Eesti Keskkonnaministeeriumi tellimus vastavalt lepingule K-12-1-2006/2330.
7. Vervaeke, V., Tack, F.M.G., Navez, F., Martin, J., Verloo, M.G., Lust, N. Fate of heavy metals during fixed bed downdraft gasification of willow wood harvested from contaminated sites, *Biomass and Bioenergy*, Volume 30, Issue 1, 58-65 (2006)