

Mažųjų biokuro katilinių oro taršos ir darbo aplinkos kenksmingų veiksmų tyrimai

Agnė Sadauskaitė, Ričardas Butkus

Aleksandro Stulginskio universitetas

Deginant biokurą dėl nepilno kuro sudegimo išsiskiria įvairūs teršalai, pvz., anglies monoksidas (CO), nesudegę angliavandeniliai, o taip pat teršalai susidarę po pilno kuro sudegimo, t.y. azoto oksidai (NO_x), pelenai ir kiti teršalai. Tyrimo metu apskaičiuoti teršalų kiekiai deginant įvairias kuro rūšis ir nustatyta, kad mažiausia tarša deginant šiaudus. Šiaudų rulonus deginančioje katilinėje mikroklimato parametrai, o ypač temperatūra operatoriaus darbo vietoje nepalanki, dulkių kiekiai bei triukšmo lygiai normų neviršija.

Katilinės, aplinkos tarša, šiaudų deginimas, darbo aplinka

Įvadas

Brangstant tradiciniam kurui ir didėjant šiltnamio efektui, tiek visame pasaulyje, tiek Lietuvoje pradėta statyti vis daugiau biomasės katilinių. Šių katilinių diegimas turi privalumus tokius kaip: aplinkosauginis (biomasė yra beveik neutrali CO₂ išmetimams, pelenai gali būti naudojami žemės ūkyje kaip trąša), ekonominis (mažinamas brangus iškastinio kuro importas) bei socialinis (kuriamos naujos darbo vietos). Didėjant darbuotojų skaičiui biomasės katilinėse reikia atkreipti dėmesį į jų darbo aplinką, nes kiekvienam darbuotojui turi būti suteiktos tinkamos ir nekenksmingos darbo sąlygos.

Daugiausiai tyrimų yra apie deginių emisijas į aplinką. Bendrieji išmetamųjų deginių, deginant įvairias kuro rūšis, sudėties ir kiekių tyrimų rezultatai aprašyti I. Gimbutaitės ir Z. Venckaus (2007). Jie nustatė, kad deginant medieną išmetama mažiausiai azoto oksidų ir sieros dioksido. Pagal išmetamą anglies dioksido kiekį medienos kuras yra artimas kitoms kuro rūšims, išskyrus dujas (jas deginant išsiskiria 1,8 karto mažiau CO₂).

J. Uscilaitė ir A. Genutis (2011) savo tyrimų metu nustatė, kad pagrindiniai degimo produktai išmetami į aplinką yra: CO, NO_x. Tirtame pramoniniame katile anglies viendeginio didžiausias kiekis buvo 5546 mg/m³, o pagal normatyvą turi būti 2500 mg/m³, azoto oksidų kiekis buvo 116 mg/m³, o leidžiamas 50-125 mg/m³.

A. Jasinskas, I. Ulozevičiūtė ir V. Kučinskas (2014) savo tyrimų analizėje teigia, jog deginant energetinius augalus į aplinką išmetamos tokios medžiagos: CO, NO, NO_x, SO₂. Nustatyta, kad kenksmingų medžiagų emisijos į aplinką mažiausios deginant tuopas bei hibridines drebulės.

T. Ališausko, G. Viselgos ir A. Jasinsko (2012) eksperimentiniais tyrimais nustatyta drėgnio įtaka aplinkos taršai, kietojo kuro katile deginant pjuvenas. Jų tyrimuose deginių temperatūra, deguonies kiekis ir pagrindinių teršalų – CO, NO_x, SO₂ – koncentracijos dūmuose buvo išmatuotos dujų analizatoriumi „TESTO-350“. Nustatyta, kad drėgniui padidėjus nuo 30 % iki 70%, anglies monoksido emisija padidėja net 13 kartų.

R. Ambrulevičius (2010) ištyrė, kad akmens anglį keičiant biomase, kietųjų dalelių emisiją galima sumažinti iki 10 kartų. Tyrimo metu pastebėta, kad bendras emisijų lygis priklauso nuo katilo reguliavimo ir kuro savybių.

Aplinkos oro tarša reglamentuojama Lietuvos Respublikos ministro įsakymu „Aplinkos oro užterštumo

sieros dioksidu, azoto dioksidu, azoto oksidais, benzenu, anglies monoksidu, švinu, kietosiomis dalelėmis ir ozonu“ (2010).

Norint užtikrinti tinkamą darbo aplinką biomasės katilinėse, didžiausias dėmesys turi būti skiriamas darbo vietos mikroklimatui bei triukšmui. Pagal Lietuvos Respublikos reikalavimus darbuotojų darbo klimatas yra reglamentuojamas HN 69:2003, o triukšmas - pagal „Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų“ (2005) reikalavimus.

Tyrimų tikslas – apskaičiuoti mažoje katilinėje išmetamus teršalus ir išmatuoti darbo aplinkos mikroklimato ir triukšmo veiksmus, deginant šiaudų rulonus.

Tyrimų metodika

Tyrimo objektu pasirinktos mažos galios biomasės katilinės, kūrenamos kietu medienos kuru ir šiaudų rulonais bei pastarosios operatorių darbo aplinka.

Teoriniai išmetamų į aplinką teršalų skaičiavimai atlikti atsižvelgiant į pagaminamos energijos kiekį, kuro rūšis bei emisijos faktorius. Išmetamų teršalų kiekiai apskaičiuoti atsižvelgiant į pagamintą energiją bei emisijos faktorius taip:

$$T_x = \frac{Q_m \cdot E_x}{1000} \quad \text{t/metus} \quad (1)$$

čia Q_m – visa pagaminta energija (įskaitant nuostolius), GJ.

Analizuojamoji mažoji katilinė pagamina 14100 GJ;

E_x - atitinkami emisijos faktoriai, kg/GJ.

1 lentelė. Emisijos faktoriai pagal įvairias kuro rūšis.

Table 1. Emission factors according to different types of fuel.

Kuro rūšis <i>Fuel type</i>	Emisijos faktoriai E_x , kg/GJ		
	SO ₂	NO _x	CO
Akmens anglis <i>Coal</i>	0,71	0,2	2,6
Mediena <i>Wood</i>	0,13	0,1	2,5
Šiaudai <i>Straw</i>	0,13	0,13	0,16
Durpės <i>Peat</i>	0,30	0,14	1,18

Darbo aplinkos tyrimų matavimai atlikti šiaudų rulonus deginančiose katilinėse trijose pagrindinėse operatorių darbo vietose: prie šiaudų kūryklų (tyrimų taškas Nr. 1), katilinės patalpose prie šilto vandens siurblių (Nr. 2) bei patalpose, kuriose yra automatinio valdymo įranga (Nr. 3). Matavimai buvo atliekami darbo dienomis

kai buvo maišoma biomasė, reguliuojamas šilto vandens lygis, atliekami automatikos priežiūros darbai.

Dulkių koncentracijos ir dalelių kiekio matavimai atlikti pagal HN 23:2011 reikalavimus. Matavimai kartoti ne mažiau kaip du kartus, būdingojo darbo proceso metu taikant 1 minutės mėginių ėmimo ir duomenų integravimo trukmę. Kietųjų dalelių (dulkių), ne didesnių kaip 10 µm, koncentracija buvo išmatuota prietaisu *DustTrack* 8520. Dalelių kiekiui nustatyti buvo naudojamas prietaisas *Fluke* 953, kuris skiria šešis dalelių dydžio diapazonus (iki 0,3 µm; nuo 0,3 iki 0,5 µm; nuo 0,5 iki 1,0 µm; nuo 1,0 iki 2,0 µm; nuo 2,0 iki 5,0 µm; nuo 5,0 iki 10,0 µm).

Mikroklimato parametrai (aplinkos oro temperatūra, santykinis oro drėgnis, oro judėjimo greitis) iširti pagal HN 69:2003 reikalavimus, o anglies monoksido (CO) koncentracija – pagal HN 23:2011. Tyrimai atlikti prietaisu *TESTO* 445.

Tiriant darbo aplinkos triukšmą, buvo atsižvelgiama į „Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų“ reikalavimus (Butkus R. ir kt., 2005). Tyrimuose panaudotas garso slėgio lygio matuoklis – analizatorius *DELTA OHM HD* 2010, nustatomi ekvivalentiniai A svartiniai garso slėgio lygiai $L_{A,eq}$ ir didžiausieji akimirkiniai C svartiniai lygiai $L_{C, peak}$. Triukšmo matavimas buvo atliktas dviejose triukšmingiausiose darbo vietose: prie katilo ir siurblynėse, nes patalpoje su automatizavimo įranga triukšmo praktiškai nėra.

Rezultatai ir aptarimas

Aplinkos oro taršos skaičiavimų rezultatai pagal pagaminamą šiluminę 14000 GJ energiją ir emisijos faktorius aprašyti 2 lentelėje.

2 lentelė. Apskaičiuotieji teršalų kiekiai pagal įvairias kuro rūšis
Table 2. Calculated pollutant levels of different fuel

Kuro rūšis <i>Fuel type</i>	Teršalai <i>Pollutant</i> , t/metus t/year		
	SO ₂	NO _x	CO
Akmens anglis <i>Coal</i>	10,01	2,82	36,66
Mediena <i>Wood</i>	1,833	1,41	35,25
Šiaudai <i>Straw</i>	1,83	1,83	2,26
Durpės <i>Peat</i>	4,23	1,99	16,64

Daugiausiai teršalų išsiskiria deginant akmens anglį – apie 50 t per metus, o mažiausiai deginant šiaudus – apie 6 tonas. Deginant šiaudus apskaičiuotieji NO_x, CO, SO₂ kiekiai buvo, atitinkamai, apie 1,83 t, 2,26 t ir 1,83 t per metus.

Mikroklimatas operatoriaus darbo aplinkoje labai keitėsi (3 lentelė), nes operatoriaus darbo vietos yra tiek

patalpose, tiek lauke, todėl oro temperatūra kito nuo 6,7°C iki 32 °C, santykinis oro drėgnis kito nuo 35,6 % iki 63,4%, oro judėjimo greitis – nuo 0,03 m·s⁻¹ iki 0,93 m·s⁻¹.

3 lentelė. Mikroklimato tyrimo rezultatai
Table 3. Microclimate measuring results

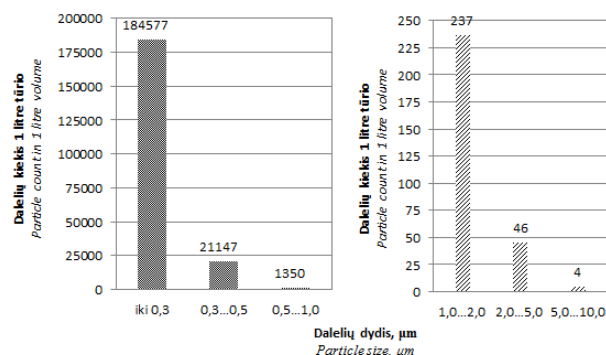
Matavimo taško Nr. <i>Measurement point</i>	CO, ppm	Oro temperatūra t, °C	Santykinis drėgnis φ, %	Oro judėjimo greitis v, m·s ⁻¹
1.	1,94	6,8	62,9	0,92
2.	0,94	32	35,6	0,03
3.	0,93	19,4	46,6	0,03

Palyginus gautus duomenis su HN 69 pateiktomis normomis, 1-ame taške oro temperatūra buvo beveik tris kartus mažesnė nei nustatyta, santykinis drėgnis viršytas apie 12%, oro judėjimo greitis - beveik 5 kartus. 2-ame taške oro temperatūra 13 °C didesnė, santykinis drėgnis kiek mažesnis nei norma. CO koncentracijos buvo iki 1 ppm patalpose ir apie 2 ppm prie kūryklos ir norminių HN 23 verčių (35 ppm) neviršijo.

Atlikus kietųjų dalelių (dulkių) koncentracijos tyrimus matyti, kad didžiausios koncentracijos yra lauke prie šiaudais kūrenamų kūryklų.

Dulkių koncentracija neviršija HN 23 nustatytos normos (ilgalaikio poveikio ribinis dydis yra 5 mg/m³).

Ištyrus kietųjų dalelių kiekius pagal jų dydžius matyti, kad daugiausiai yra mažiausių dalelių iki 0,3 µm, didesnių kaip 2 µm dalelių kiekis labai mažas (2 pav.).



2 pav. Dulkių dalelių kiekiai pagal jų dydį
Fig.2 Dust particles by size

Bendrieji dulkių kiekiai nedideli ir darbuotojo sveikatai žalos neturėtų sukelti.

4 lentelė. Dulkių koncentracijos ir dalelių kiekio tyrimų rezultatai
Table 4. Results of measurement of the concentration and count of PM10

Tyrimo taškas <i>Measurement point</i>	KONCENTRACIJA mg·m ⁻³			Dalelių dydžio diapazonai <i>Particle size</i> µm					
	Vid. Average	Max.	Min.	iki 0,3	0,3...0,5	0,5...1,0	1,0...2,0	2,0...5,0	5,0...10,0
				DALELIŲ SKAIČIUS <i>Particle count</i> vienetais 1 litre					
1	0,085	0,085	0,061	202460	25847	1506	147	18	3
2	0,071	0,072	0,071	170544	16538	1031	158	26	1
3	0,069	0,073	0,070	162845	16358	1360	496	122	12

Atlikus triukšmo matavimus pastebėta, kad triukšmo lygis pirmame taške $L_{A,eq}$ buvo 49,1 dBA, didžiausias akimirkinis L_{Cpeak} buvo 83 dBC, antrajame taške $L_{A,eq}$ buvo 66,1 dBA, didžiausias akimirkinis L_{Cpeak} buvo 82,9 dBC. Rezultatai rodo, kad triukšmo poveikis darbuotojų sveikatai gali būti tik labai minimalus ir papildomų priemonių darbuotojų saugai gerinti nebūtina.

Atlikus tyrimus katilinės operatoriaus darbo vietoje, didelių nukrypimų nuo normų nepastebėta, tačiau dideli temperatūros pokyčiai darbo procesų metu gali sukelti peršalimo ligas.

Išvados

1. Atlikus aplinkos taršos skaičiavimus mažos galios (14000 GJ šiluminės energijos) katilinėje nustatyta, kad santykinai didžiausi SO_2 kiekiai susidaro deginant akmens anglį – apie 10 t/metus, mažiausi deginant medieną ir šiaudus – 2 t/metus. CO didžiausi kiekiai deginant medieną ir akmens anglį – 36 t/metus, o mažiausi šiaudus – 2 t/metus. NO_x kiekiai susidaro vienodi deginant visas kuro rūšis apie 2 t/metus.

2. Atlikus mažos galios biomasės katilinės operatoriaus darbo aplinkos kenksmingų veiksnių tyrimus nustatyta dideli temperatūrų skirtumai (nuo 6,8°C iki 32 °C), drėgnio ir oro judėjimo greičio (nuo 0,03 m s⁻¹ iki 0,92 m s⁻¹) skirtumai, kuriuos operatorius patiria dėl būtinybės atlikti darbus lauke ir patalpose.

3. Atlikus triukšmo, dulkių koncentracijos ir dalelių kiekio tyrimus darbo aplinkoje operatoriumi kenksmingi lygiai ar kiekiai nenustatyti.

Agnė Sadauskaitė, Ričardas Butkus

Research of air pollution and harmful factors in the work environment of small biomass boiler

Summary

Burning biofuels due to incomplete combustion of fuel feature various pollutants, for example carbon monoxide (CO), unburned hydrocarbons as well as pollution resulting from the complete combustion of fuel to, for example nitrogen oxides (NO_x), ash and other pollution. Calculated amounts of pollutants by burning different fuels and found that the minimum pollution by burning straw. Microclimate parameters are in operator workstations of the boiler of straw bales burns, in particular, temperature unfavorable, the particle matter and noise levels do not exceed the norms.

Boilers, environment pollution, straw burning, work environment

Gauta 2015 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2015 m. balandžio mėn.

Agnė SADAUSKAITĖ. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Biomasės inžinerijos programos magistrantė. Adresas: Kalno g. 43, Gelgaudiškis, Šakių raj. Tel. 869323938, el. paštas: agnes.sadauskaites@gmail.com

Agnė SADAUSKAITĖ. Master student of Biomass Engineering program at the Faculty of Agricultural Engineering of Aleksandras Stulginskis University. Address: Kalno g. 43, Gelgaudiškis, Šakių raj. Tel (+37069323938), e-mail: agnes.sadauskaites@gmail.com

Ričardas BUTKUS. Aleksandro Stulginskio universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto docentas, technologijos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel (37) 752376, el. paštas: Ricardas.Butkus@asu.lt

Ričardas BUTKUS. assoc. prof. at Aleksandras Stulginskis University (Institute of Agricultural Engineering and Safety), doctor of technology sciences, Address: Studentu 15, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel (37) 752376, e-mail: Ricardas.Butkus@asu.lt

Literatūra

1. ALIŠAUSKAS T., VISELGA G., JASINSKAS A. 2012. Biomasės deginimo tyrimai Vaidotų katilinėje // Mokslas – Lietuvos ateitis 2012, Nr. 4(6): P. 519–522.
2. AMBRULEVIČIUS R. 2010. Biomasės deginimas mažos bei vidutinės galios katilinėse ir emisijų problemos // Energetika, T. 56. Nr. 2. P. 103–109.
3. BUTKUS R., DEIKUS J., MERKEVIČIUS S., ŠARLAUSKAS A. Praktinės rekomendacijos darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatams taikyti. Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministerija, 2005, 71 p.
4. DARBUOTOJŲ apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. - Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
5. GIMBUTAITĖ I., VENCKUS Z. 2007. Medienos atliekų naudojimo energetikoje pranašumai palyginti su kitomis kuro rūšimis // VGTU 10-oji jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas–Lietuvos ateitis“, P. 349 – 358.
6. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
7. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. V.Ž. 2011, Nr. 112-5274.
8. JASINSKAS A., ULOZEVIČIŪTĖ I., KUČINSKAS V. 2014. Katilo efektyvumo ir kenksmingų medžiagų emisijos įvertinimas deginant energetinius augalus // Žmogaus ir gamtos sauga 2014. I dalis, P. 52-54.
9. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos ministro įsakymas. *Dėl aplinkos oro užterštumo sieros dioksidu, azoto dioksidu, azoto oksidais, benzeno, anglies monoksidu, švinu, kietosiomis dalelėmis ir ozonu normų patvirtinimo*, 2010 m. [Žiūrėta 2015-02-23]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=378076&p_query=&p_tr2=2
10. USCILAITĖ J., GENUTIS A. 2011. Tradicinių ir pramoninių biokuro katilinių emisijos tyrimai // Agroenergetika ir inžinerija, Nr. 16, P. 257- 263.