



## ŠVARESNEŠ GAMYBOS METODŲ TAIKYMAS, MAŽINANT ATLIEKŲ DEGINIMO JĖGAINIŲ POVEIKĮ APLINKAI

Rokas Labokas<sup>1</sup>, Irina Kliopova<sup>2</sup>

*KTU APINI Aplinkos inžinerijos institutas*  
*El. p. <sup>1</sup>rokas.labokas@ktu.edu; <sup>2</sup>irina.kliopova@ktu.lt*

**Anotacija.** Vienas iš tikslų, kuriuos numato Europos Komisijos priimtas žiedinės ekonomikos dokumentų rinkinys, – iki 2035 m. sąvartynuose šalinti ne daugiau kaip 10 % visų atliekų. Vienas iš būdų, kaip galima sumažinti sąvartynuose disponuojamų atliekų kiekį, – jų tvarkymas jas sudeginant ir išgaunant šilumos bei elektros energiją. Atliekų degimo metu yra išmetamos emisijos į aplinkos orą. Vieni iš degimo metu susidaranciu teršalu – azoto oksidai. Siekiant sumažinti jų susidarymą kogeneracinėje jėgainėje, buvo atliktas švaresnės gamybos galimybių įvertinimas, naudojant Klaipėdoje eksploatuojamos kogeneracinės jėgainėje surinktus duomenis. Buvo pateiktas pasiūlymas įrengti trečiąjį amoniakinio vandens dozavimo lygį, siekiant tiekti reagentą į zoną, kurioje azoto oksidų reakcija vyktų efektyviau. Modernizavus SNKV sistemą el. energijos sąnaudos padidėtų 54 MWh per metus, tačiau amoniakinio vandens sąnaudos sumažėtų 212,531 t/m. arba 37,5 %. Atlikus selektyvaus nekatalitinio valymo aplinkosauginį ir ekonominį vertinimą buvo nustatyta, kad vienam GWh produkcijos (šilumos ir elektros energijos) pagaminti yra sunaudojama 0,93 t amoniakinio vandens ir išmetama 0,32 t azoto oksidų. Modernizavus SNKV sistemą, proceso efektyvumas padidintas 96,8 %. Vienai GWh produkcijos pagaminti sunaudojama 0,35 t mažiau amoniakinio vandens, o į aplinkos orą išmetama 9,4 % mažesnė NOx emisija.

**Reikšminiai žodžiai:** atliekų deginimas, azoto oksidai, švaresnė gamyba, energija iš atliekų, amoniakinis vanduo, SNCR.

### Įvadas

Vienas iš tikslų, kuriuos numatė Europos Komisijos priimtas žiedinės ekonomikos dokumentų rinkinys, – iki 2035 m. sąvartynuose šalinti ne daugiau kaip 10 % visų komunalinių atliekų. Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis, Lietuvoje sąvartynuose 2018 m. pašalinta 24,5 % surinktų komunalinių atliekų. Vienas iš būdų, kaip galima sumažinti sąvartynuose šalinamų atliekų kiekį, – jų deginimas. Valstybiniame atliekų tvarkymo plane (2014–2020) pažymėta, kad tolimesniam perdirbimui netinkamos, bet energetinę vertę turinčios atliekos gali būti sudeginamos, taip išgaunant šilumos ir elektros energiją, o atliekų tūrį sumažinant apie 75 %. 2018 metais Lietuvoje iš viso buvo sudeginta apie 273 tūkst. t atliekų, jas naudojant kaip kurą. Atliekų deginimo įrenginiuose yra deginamos ne tik rūšiuotos komunalinės, bet ir nepavojingos pramoninės atliekos. Didžiausią dalį sudegintų atliekų (238 tūkst. t, t. y. 87,2 %) sudarė degiosios atliekos (iš atliekų gautas kuras) ir kitos mechaninio atliekų (įskaitant medžiagų mišinius) apdorojimo atliekos.

Atliekas, kaip kurą, naudojanti kogeneracinė jėgainė UAB „Fortum Klaipėda“ yra pirmoji veikianti tokio tipo

jėgainė Lietuvoje. Ši jėgainė yra svarbi ne tik kaip atliekų tvarkytoja, bet ir kaip nepriklausoma šilumos ir elektros energijos gamintoja.

Šiuo metu Lietuvoje yra įrengiami dar du atliekas deginantys įrenginiai – Kauno ir Vilniaus kogeneracinės jėgainės. Jėgainėse sumontuoti didelio efektyvumo katilai, kartu su pažangiomis dūmų valymo ir monitoringo sistemomis, kurios turi užtikrinti, kad iš jėgainių išmetamų iri teršalų koncentracijos neviršytų teisės aktuose nurodytų ribinių dydžių (2000/76/EB).

UAB „Fortum Klaipėda“ atliekamo tyrimo tikslas – pasiūlyti sprendimus, kurių įdiegimas leistų maksimaliai išnaudoti deginamų atliekų energetinį potencialą, mažinti kogeneracinės jėgainės daroma neigiamą poveikį aplinkai.

Straipsnyje pateikti rezultatai tyrimo, kurio metu taikant Švaresnės gamybos (ŠG) diegimo pramonės įmonėse metodiką, kogeneracinėje jėgainėje nustatytos aplinkosauginės problemos, identifiikuotos jų susidarymo priežastis, pasiūlyti sprendimai ir atlikta jų įvykdomumo analizė, įvertintas aplinkosauginis veiksmingumas.

## Metodika

Siekiant įvertinti ŠG galimybes pasirinktame objekte, buvo naudojama tarptautinė ŠG diegimo pramonės įmonėse metodika. Jungtinių Tautų Aplinkos apsaugos programa *švaresnę gamybą* apibūdina kaip prevencinę ir integruotą aplinkos apsaugos vadybos strategiją, kuri turi būti nuolat taikoma gamybiniais procesams bei produktams per visą jų egzistavimo ciklą, siekiant sumažinti poveikį žmonėms ir aplinkai. Švaresnės gamybos koncepcijos taikymas – sisteminis aplinkos apsaugos problemų sprendimo būdas, kurio pagrindinis tikslas yra atliekų, teršalų prevencija bei neefektyvaus energijos resursų ir išteklių sąnaudų mažinimas ekonomiškai pagrįstais prevenciniais metodais (Staniškis ir kt., 2002, 2010).

Visų pirma buvo atliktas pirminis aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimas. Pirminio įvertinimo tikslas – nustatyti pagrindines įmonės aplinkosauginės problemas ir atrinkti procesus tolimesniai įvertinimui (Staniškis ir kt., 2002, 2010). Pirminio įvertinimo metu analizuojami įmonės medžiagų ir energijos srautai, sudaromas medžiagų ir energijos ir/ arba kuro ir energijos balansas: įmonės medžiagų srautų diagrama ir medžiagų ir energijos. Siekiant įvertinti nustatytų aplinkosauginių problemų susidarymo priežastis, buvo sudaryti medžiagų ir energijos srautų diagramos ir balansai procesų, atrinktų tolimesniai tyrimui, lygmenyje.

Vienas iš reikalavimų ŠG projektams – investicijų atsipirkimo trukmė turi būti  $\leq 3$  metai.

Duomenys, reikalingi tyrimui, buvo surinkti naudojant UAB „Fortum Klaipėda“ kogeneracinės jėgainės informacinę procesų sistemą.

## Rezultatai ir jų analizė

### *Pirminis įvertinimas*

UAB „Fortum Klaipėda“ kogeneracinėje jėgainėje gaminamos energijos srautų diagrama pateikta 1 paveiksle. Atliekos jėgainėje deginamos įmonės „Fisia Babcock Environment GmbH“ kietojo kuro katile su ardynine pakura. Atliekos – mechaninio–biologinio arba mechaninio apdorojimo įrenginiuose išrūšiuotos, energetinę vertę turinčios komunalinės atliekos (Staniškis ir kt., 2017). Jėgainės paleidimo ir stabdymo metu katile sumontuotose dujų degikliuose deginamos gamtinės dujos. Šis papildomas iškastinis kuras naudojamas tam, kad užtikinti atliekų deginimo direktyvoje (2000/76/EB) reikalaujamos 850 °C temperatūros pasiekimą bent 2 sekundėms, nes būtent tokios temperatūros sąlygomis degimo metu susi-

darę pavojingi dioksinai ir furanai suskyla į nepavojingus junginius, pvz., anglies dioksidą (CO<sub>2</sub>), vandenį (H<sub>2</sub>O) ir vandenilio chloridą (HCl). Praktiškai katile dažnai yra pasiekama aukštesnė temperatūra, negu reikalaujama Atliekų deginimo direktyvoje – apie 1050 °C.

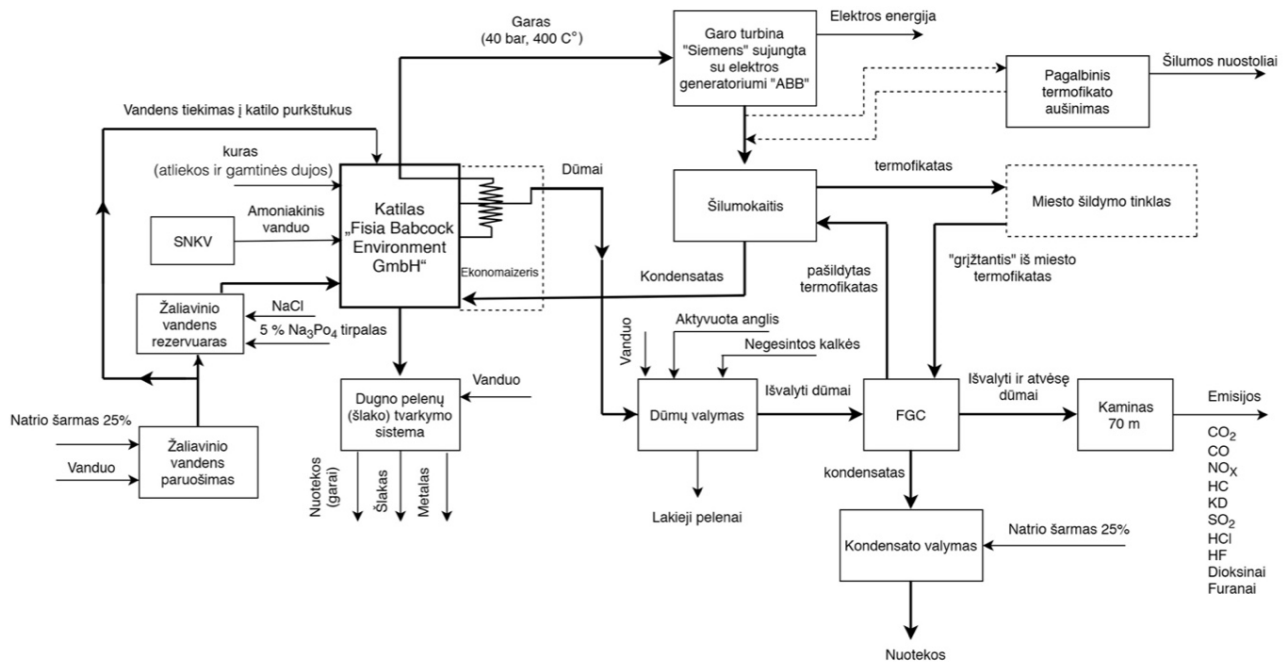
Dūmai, prieš patekdami į aplinkos orą, yra išvalomi. Jėgainėje yra įrengta pusiau sausa dūmų valymo sistema. Jėgainės paleidimo metu, deginant gamtines dujas, dūmų valymo sistemoje yra pasiekiami reikiami parametrai (temperatūra ir slėgis), kurie reikalingi tinkamai cheminių reakcijų, vykstančių dūmų valymo procese, kinetikai ir efektyviam išmetamųjų dujų išvalymui užtikrinti.

Pagamintas garas suka garo turbiną, prie kurios, per reduktorių yra prijungtas elektros generatorius. Toliau garas yra tiekiamas į termofikato sistemą, per kurią šiluma yra perduodama į centralizuotus Klaipėdos miesto šilumos tinklus.

Vasaros metu šilumos poreikis Klaipėdos mieste yra nedidelis (apie 25 MW), todėl lygiagrečiai miesto šildymo šilumokaičiams yra įrengtas pagalbinio aušinimo kompleksas, kurį šiuo metu sudaro 14 orinių „Alfa Laval“ aušintuvių. Pagalbinio aušinimo sistema yra užpildyta etilenglikolio ir vandens mišinio, nes žiemą ši sistema yra nenaudojama. Grįžtantis iš miesto termofikatas yra pašildomas kondensatoriuje (FGC) išmetamųjų dūmų srautu. Kondensatorius naudojamas tik šaltuoju metų laiku, kai šilumos poreikis mieste yra didelis.

Esant apie 1050 °C temperatūrai katile, aplinkos ore, esantis azotas oksiduojasi, suformuodamas azoto oksidus (NO<sub>x</sub>). Todėl dūmų valymo procesas prasideda jau pačiame katile, į kurį yra dozuojamas amoniakinis vanduo (25 %), kuris selektyviai redukuoja azoto oksidus, juos paversdamas į elementinį azotą (N<sub>2</sub>) ir vandens garus. Ši amoniakinio vandens dozavimo sistema yra vadinama selektyvaus nekatalitinio valymo sistema (BAT, 2017, 2019). Į iš katilo išeinančių dūmų srautą yra dozuojamos gesintos kalkės ir aktyvuota anglis, kuri suriša dūmuose esančius teršalus. Toliau dūmai nukreipiami per rankovinius filtrus kietųjų dalelių išvalymui į kondensatorių, kuriame atiduoda šiluma iš miesto grįžtančiam termofikatui. Galiausiai išvalyti ir atvėsę dūmai (žiemą dūmų temperatūra yra tik apie 40 °C) patenka į aplinkos orą per 70 m aukščio kaminą (TIPK, 2013).

Vanduo, grįždamas iš termofikato sistemos yra pašildomas įrengtame ekonomizažeryje, taip padidinant katilo efektyvumą. Degant atliekoms išsiskyrusi šiluma užvirina vandenį, jį paverčiant garu ir nukreipiant į perkaitintuvus. Taip yra gaminamas 400 °C temperatūros ir 40 bar. slėgio perkaitintas garas.



1 paveikslas. Jėgainės medžiagų ir energijos srautų diagrama

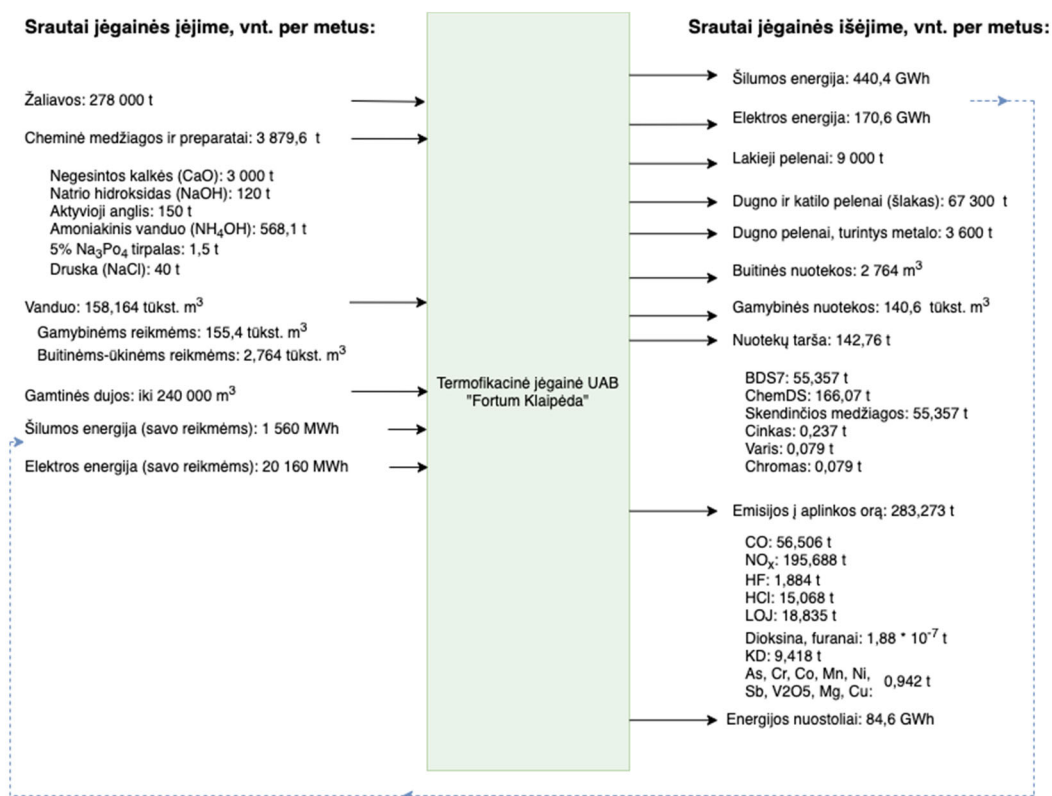
Siekiant nustatyti aplinkosaugos problemas ir atrinkti procesus detalesniam vertinimui, buvo įvertintas kogeneracinės jėgainės medžiagų ir energijos balansas (žr. 3 paveikslą). Per 2017 metus jėgainėje sudeginta 278 tūkst. t kuro, kurio žemutinė šilumingumo vertė – apie 9 MJ/kg, pagaminta 440,4 GWh šiluminės energijos ir 170,6 GWh elektros energijos. Energijos gamybos nuostoliai sudarė 84,6 GWh per metus arba 12,16 proc. Tai nėra daug, tačiau sumažinus šiuos energijos nuostolius, būtų galima padidinti bendrą kogeneracinės jėgainės efektyvumą. Didžiausi energijos nuostoliai yra patiriami vasarą, kai šilumos poreikis mieste yra mažas ir perteklinė šiluminė energija pašalinama per minėtą pagalbinio aušinimo sistemą. Atlikus literatūros analizę, buvo nustatyta, kad kitose užsienio šalyse ši perteklinė šiluminė energija yra naudojama šalčio gamybai, nes vasarą jo poreikis mieste (ir pačioje gamykloje) yra didelis. Išvelgiant galimybę panaudoti perteklinę šilumą ir sumažinti energijos nuostolius, buvo nuspręsta šį procesą pasirinkti tolimesnei analizei.

Analizuojant jėgainės medžiagų ir energijos balansą taip pat galima pastebėti, kad didžiąją dalį emisijų į aplinkos orą sudaro azoto oksidai ( $\text{NO}_x$ ). Kaip jau buvo aptarta,  $\text{NO}_x$  redukavimui yra naudojama selektyvaus nekatalitinio valymo (SNKV) sistema (BAT, 2017, 2019). Šios sistemos pagrindas – tai amoniakinio vandens (25 %) dozavimas į katilą. Per metus SNKV sistemoje

sunaudojama apie 570 t amoniakinio vandens, kurio kaina rinkoje svyruoja nuo 300 iki 400 EUR už toną.

Gaminant amoniakinį vandenį, yra išmetami teršalai ir ŠESD, kurie gali būti vertinami kaip netiesioginis poveikis aplinkos orui ir klimato kaitai. Dėl anksčiau minėtų priežasčių šis  $\text{NO}_x$  redukavimo procesas buvo pasirinktas tolimesnei analizei. Atlikus pirminį įmonės aplinkos apsaugos veiksmingumo įvertinimą, buvo nustatytos pagrindinės aplinkos apsaugos problemos ir atrinkti 2 procesai tolimesniam vertinimui:

1. Pagalbinio aušinimo procesas. Problema: mažas šilumos poreikis šiltuoju metų laiku, dėl kurio elektros generatorius negali pasiekti numatytos galios (dėl mažesnio vakuomo už garo turbinos). Esamas sprendimo būdas – vasaros metu naudojamas pagalbinis termofikato aušinimas, dėl ko susidaro didelių šiluminės energijos nuostolių (iki 30 MWh kas valandą).
2. Selektivaus nekatalitinio valymo procesas. Problema:  $\text{NO}_x$  emisijų vidutinės vertės yra priartėjusios prie ribinių (nurodytų teisės aktuose DKDI), be to, pasitaiko atvejų, kai viršijami valandiniai vidurkiai (didžiausia leistina koncentracija išlakose pagal TIPK leidimą, matuojant dūmtraukyje, yra 200 mg/Nm<sup>3</sup>). Esamas sprendimo būdas – į katilą purškiamas amoniakinis vanduo iš dalies redukuoja  $\text{NO}_x$ .

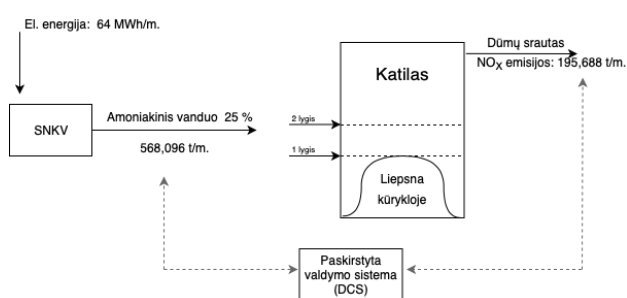


2 paveikslas. Jėgainės medžiagų ir energijos srautų diagrama, vnt. per metus, 2017 m.

### Vertinimas (detali analizė)

Atliekant šį tyrimą tolimesnei analizei buvo pasirinktas vienas iš kogeneracinėje jėgainėje vykstančių procesų: NO<sub>x</sub> išlakų neutralizavimas.

Azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) emisijos mažinimo sistemos, kurios pagrindą sudaro SNKV, medžiagų ir energijos srautų diagrama pateikta 3 paveiksle.



3 paveikslas. SNKV sistemos medžiagų ir energijos srautų diagrama

Dozuojamo amoniakinio vandens kiekis yra parenkamas pagal realiu laiku matuojamas NO<sub>x</sub> emisijas, siekiant jas kuo labiau sumažinti ir neviršyti teisės akte nustatytos vertės. Amoniakinis vanduo į katilą yra išpurškiamas per dviejuose skirtinguose lygiuose įrengtus purkštukus (8 purkštukai kiekviename lygyje). Reagentas

į katilą yra dozuojamas naudojant siurbli, kuris per metus sunaudoja 64 MWh elektros energijos.

Selektyvaus nekatalitinio valymo medžiagų ir energijos balansas bei aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimas pateikiamas 1 lentelėje.

1 lentelė. Selektivaus nekatalitinio valymo esamo aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimas

Proceso srautai įėjime ir išėjime	<sup>1</sup> Šnaudos (situacija prieš projekto įdiegimą)			
	Vnt./ m.	EUR/vnt.	tūkst. EUR/ m.	vnt./ GWh
<b>Įvediniai</b>				
Amoniakinis vanduo 25 %	568 t	349	198,2	0,93
Elektros energija	64 MWh	51	3,3	0,10
<b>Išvediniai</b>				
NO <sub>x</sub>	195,7 t	196	38,4	0,32
<b>Iš viso:</b>			<b>239,9</b>	

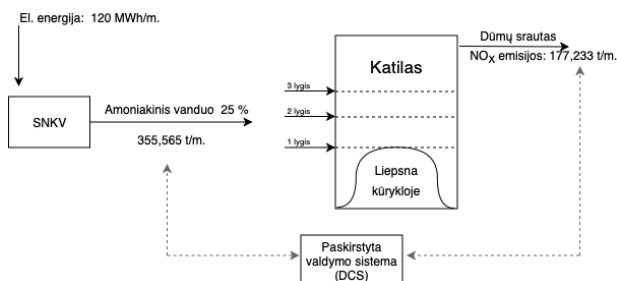
<sup>1</sup>Pastaba: 2017 m. energijos gamybos apimtys – 611 GWh.

Galima pastebėti, kad vienai GWh energijos pagaminti yra sunaudojama 0,93 t amoniakinio vandens, ir susidaro 0,32 t NO<sub>x</sub> emisijos.

Remiantis geriausiai prieinamais gamybos būdais (GPGB), didelėms kurų deginantiems įrenginiams (BAT, 2017, 2019) norint pagerinti selektyvaus nekatalitinio valymo sistemos efektyvumą ir sumažinti poveikį aplinkai, yra būtina purkšti dozuojamą amoniakinį vandenį į tą katilo vietą, kurioje liepsnos temperatūra yra labiausiai tinkama NO<sub>x</sub> redukavimui, t. y. redukcijos reakcijos greitis yra didžiausias. Kadangi kogeneracinėje jėgainėje yra deginamos atliekos, kurių sudėtis, taip pat ir žemutinė šilumingumo vertė nuolat skiriasi, liepsnos aukštis ir jos temperatūra nuolat kinta. Tuo tikslu buvo nuspręsta įrengti dar vieną (trečiąjį) amoniakinio vandens tiekimo/purškimo lygį, atsižvelgiant į GPGB (BAT, 2017, 2019) pateikiamas rekomendacijas. Esant poreikiui, iš paskirstytos nuotolinės valdymo sistemos (DCS) amoniakinio vandens srautą galima reguliuoti kiekviename lygyje.

### NO<sub>x</sub> selektyvaus nekatalitinio valymo modernizavimo alternatyvos įvykdomumo analizės rezultatai

Atsižvelgiant į GPGB (BAT, 2017, 2019), buvo pateiktas pasiūlymas įrengti trečiąjį dozuojamo amoniakinio vandens tiekimo lygį, kuriame azoto oksidų redukcijos reakcija vyktų efektyviau. Selektivaus nekatalitinio valymo sistemos medžiagų ir energijos srautų diagrama po inovacijos įdiegimo pateikiama 4 paveiksle.



4 paveikslas. SNKV sistemos medžiagų ir energijos srautų diagrama prieš įdiegiant inovacijas

Dozuojant amoniakinį vandenį trimis skirtingais lygiais, galima 37,4 % sumažinti amoniakinio vandens sąnaudas, pasiekiant geresnį NO<sub>x</sub> redukavimą, kas leistų 9,4 % sumažinti išmetamų į aplinkos orą NO<sub>x</sub> kiekį. Skaičiavimo rezultatai pateikti 2 lentelėje.

Modernizavus SNKV sistemą, amoniakinio vandens sąnaudos sumažės 212,5 t per metus. Tačiau elektros energijos sąnaudos padidės 56 MWh per metus, nes parinktas našesnis siurblys, galintis paduoti reagentą į aukštesnį lygį. NO<sub>x</sub> išlakų kiekis sumažės 18,5 t/m. Vidutinė NO<sub>x</sub> koncentracija išlakose ir iki projekto įdiegimo neviršijo TIPK leidime nustatytos ribinės vertės

(200 mg/Nm<sup>3</sup>). Įgyvendinus projektą, NO<sub>x</sub> koncentracija turėtų sumažėti iki 160 mg/Nm<sup>3</sup>.

2 lentelė SNKV sistemos modernizavimo sutaupomų lėšų ir aplinkosauginio įvertinimo rezultatas

Proceso srautai įėjime ir išėjime	Esama situacija	Planas	Sutaupoma / sumažėja (+) / padidėja (-)		
	Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.	Tūkst. Eur/m	Vnt./G Wh
Elektros energija (siurbliui), MWh	64	120	-56	-2,86	-0,09
Amoniakinis vanduo, t	568,1	355,6	212,5	74,16	0,35
NO <sub>x</sub> , t	195,7	177,2	18,5	138,4	0,03
Planuojama sutaupyti, įdiegus inovaciją:				109,70	

<sup>1</sup>Pastaba: pagal Lietuvos respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymo 5 straipsnį, įmonė, kuri sumažino teršalo išmetimą į aplinką iš stacionaraus taršos šaltinio 5 %, atleidžiama nuo šio teršalo mokesčio 3 metams.

Projekto įdiegimas leistų kasmet taupyti (S) iki 80,65 tūkst. eurų. Didžiausia ekonominė nauda (virš 74 tūkst. eurų/m.) šiame projekte būtų pasiekta sumažinus sunaudojamo reagento kiekį. Projektui įdiegti reikalingos investicijos pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. SNKV sistemos modernizacijos preliminarios investicijos

Nr.	Darbai, paslaugos, įranga	Vnt.	Kaina, tūkst. Eur
1	Amoniakinio vandens purkštukai	8	12,80
2	Amoniakinio vandens siurblys „Grundfoss CRNE64-2-2“	1	8,58
3	Siurblio montavimas, naujos vamzdžių linijos pravedimas iki 3 lygio; suspausto oro privedimas	-	9,00
Projekto investicijos be PVM:			30,38
PVM, 21 %			6,38
Projekto investicijos:			36,79

Siekiant įvertinti, ar siūloma inovaciją galima priskirti ŠG projektui, buvo apskaičiuota projekto investicijų atsipirkimo trukmė – 0,3 m.

Įgyvendinus NO<sub>x</sub> valymo sistemos modernizavimo projektą, didžiausias aplinkos apsaugos veiksmingumo efektas būtų pasiekiamas reagentų suvartojimo požiūriu – amoniakinio vandens sąnaudos sumažėtų 0,35 t vienai GWh produkcijos pagaminti, t. y. per metus būtų sutaupoma 212,5 t amoniakinio vandens. Pagrindinis šio

modernizavimo projekto trūkumas – padidėjusios elektros energijos sąnaudos, nes įgyvendinus šį NO<sub>x</sub> valymo sistemos modernizavimo projektą, 1 GWh produkcijos pagaminti reikėtų sunaudoti 0,09 MWh daugiau elektros energijos.

## Išvados

1. Kogeneracinėje jėgainėje UAB „Fortum Klaipėda“ buvo nustatytos dvi aplinkos apsaugos problemos: dideli šilumos nuostoliai (65,95 GWh/m.) pagalbinio termofikato aušinimo procese ir sunaudojamas didelis kiekis (568,1 t/m.) amoniakinio vandens (NH<sub>4</sub>OH) azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) selektyvaus nekatalitinio valymo procese (SNKV).
2. Buvo nustatyta, kad vienai GWh energijos pagaminti yra sunaudojama 0,93 t amoniakinio vandens ir išmetama 0,32 t NO<sub>x</sub>. Per metus SNKV proceso sąnaudos yra apie 240 tūkst. EUR.
3. Siekiant SNKV procese sumažinti amoniakinio vandens sąnaudas, pasiūlyta modernizuoti amoniakinio vandens padavimo į katilą sistemą, įrengiant trečiąjį dozavimo lygį. Projekto atsiperkamumo trukmė – 4 mėn.
4. Modernizavus SNKV, šio proceso efektyvumas padidės, Vienai GWh produkcijos pagaminti bus sunaudota 0,35 t mažiau amoniakinio vandens, į aplinkos orą pateks 9,4 % mažiau NO<sub>x</sub>.
5. Tokio tipo SNKV sistemos gali būti taikomos ne tik atliekų deginimo, bet ir visuose DKDĮ, kuriuose deginamas biokuras

## Literatūra

- Europos Komisija. (2015). *Žiedinės ekonomikos dokumentų rinkinys*. <https://ec.europa.eu/info/news>
- Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba. (2008). *Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2000/76/EB 2000 m. gruodžio 4 d. dėl atliekų deginimo*.
- Joint Research Centre. (2017). *Best Available Techniques (BAT)*. Reference document on waste incineration.
- Kliopova, I., & Staniškis, J. K. (2006). The evaluation of Cleaner Production performance in Lithuanian industries. *Journal of Cleaner Production*, 14(18), 1561–1575. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.04.017>
- Lecomte, T., Ferreria de la Fuente, J. F., Neuwahl, F., Canova, M., Pinasseau, A., Jankov, I., Brinkmann, T., Roudier, S., & Sancho, L. D. (2017). *Best available techniques (BAT) reference document for large combustion plants*. [https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC\\_107769\\_LCPBref\\_2017.pdf](https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC_107769_LCPBref_2017.pdf)
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2001). Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2001-09-28 įsakymas Nr. 486 „Dėl specialiųjų reikalavimų dideliems kurą deginantiems įrenginiams patvirtinimo“ (Žin., 2001, Nr. 88–3100; TAR, 2018, Nr. 9824).
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2013). UAB „Fortum Klaipėda“ taršos integruotos prevencijos ir kontrolės leidimas Nr. KL.1-3/2017, išduotas 2013-01-14.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2014). Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2014-12-01 įsakymas Nr. D1-967 „Dėl valstybinio atliekų tvarkymo 2014–2020 m. plano įgyvendinimo“ (TAR, 2014, Nr. 19099).
- Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas (Žin., 1995, Nr. 47-1469; TAR 2014 Nr. 14128; 2019 Nr. 21569).
- Neuwahl, F., Cusano, G., Benavides, J. G., Holbrook, S., & Roudier, S. (2019). *Best available techniques (BAT) Reference Document for waste incineration*. [https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/JRC118637\\_WI\\_Bref\\_2019\\_published\\_0.pdf](https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/JRC118637_WI_Bref_2019_published_0.pdf)
- Staniškis, J. K., Kliopova, I., Miliūtė-Plepienė, J., Kruopienė, J., Uselytė, R. ir Varžinskas, V. (2017). *Darni atliekų vadyba: Mokslo monografija*. Technologija. 470 p. <https://doi.org/10.5755/e01.9786090214138>
- Staniškis, J. K., Stasiškienė, Ž., Kliopova, I. ir Varžinskas, V. (2010). *Darnios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas: Mokslo monografija*. Technologija. 458 p.
- Staniškis, J. K., Stasiškienė, Ž. ir Kliopova, I. (2002). *Švaresnė gamyba: sisteminis požiūris: Monografija*. Technologija.

## APPLYING CLEANER PRODUCTION METHODS TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF WASTE INCINERATION

R. Labokas, I. Kliopova

### Summary

One of the goals of the Circular Economy Package, adopted by the European Commission in 2015, is to reduce the volume of landfilled municipal waste up to 10% of the total generated waste by 2035. One of the ways to achieve this goal is to incinerate waste after primary and secondary recycling and thus recovery the energy properties of waste.

Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) are one of the pollutants produced during combustion. In order to reduce NO<sub>x</sub> generation at the cogeneration unit in Klaipėda, an assessment of Cleaner Production (CP) possibilities was carried out. An environmental evaluation of selective non-catalytic purification of NO<sub>x</sub> has shown that 0.93 tons of ammonia water are used for one GWh of produced energy and 0.32 tons of NO<sub>x</sub> are generated. It was suggested to install a third dosing level of ammonia water for the supplying this reagent to an area where the NO<sub>x</sub> reaction is more efficient. The modernization of SNCR system will allow decreasing ammonia water consumption by 37.4%, NO<sub>x</sub> emissions – by 9.4%; energy consumption will increased by 54 MWh per year. Project pay-back period is 4 months.

**Keywords:** waste incineration, nitrogen oxides, Cleaner Production, waste to energy, ammonium water, SNCR.