

# SAVARTYŅŲ KASYBA IR JOS POVEIKIS APLINKAI

**J. Mickevičiūtė, vad. I. Radžiūnienė**

*Kauno technologijos universitetas, Aplinkosaugos technologijos katedra*

## Įvadas

Atliekos yra aktualus aplinkos, socialinis ir ekonominis klausimas. Dėl sparčiai besivystančių technologijų, pramonės, didėjančių gyventojų poreikių bei visuomenėje sąmoningai skatinamo vartotojiškumo susidaro didžiuliai kiekiai atliekų. Nes visa, kas pagaminama, parduodama, suvartojama, anksčiau ar vėliau tampa jomis.

Daugelyje pasaulio regionų, ypač besivystančiose šalyse, didžiosios atliekų dalies „atsikratoma“ šalinant jas sąvartynuose, kurie jau seniai vertinami kaip pigus būdas tvarkyti aplinkoje susidarančias nereikalingas medžiagas. Vien tik Baltijos regione yra apie 75 000 – 100 000 uždarytų ir vis dar veikiančių sąvartynų (Bahatnagar et. al., 2012).

Tačiau šiandieną yra labai gerai žinoma, kad toks atliekų šalinimas turi eilę neigiamų pasekmių: susidariusios dujos teršia orą, prisideda prie klimato kaitos, susidaro nemalonūs kvapai, yra pažeidžiama augalija, teršiamas dirvožemis, paviršiniai ir požeminiai vandenys. Sąvartynai mažina esančios žemės vertę, trukdo urbanizacijai ir ekosistemų vystymuisi.

Susirūpinimas aplinkos tarša, žemės ir gamtinių išteklių trūkumu lėmė susidomėjimą sąvartynais ir jų kasyba. Sąvartynų kasyba – technologija, kuri apjungia medžiagų perdirbimo ir darnaus atliekų tvarkymo koncepciją (Jones et. al., 2013, Krook et. al., 2012). Ji įgauna vis didesnę susidomėjimą dėl savo aplinkosauginio ir ekonominio reikšmingumo medžiagų perdirbime, energijos atgavime, dirvožemio rekultivacijoje ir taršos prevencijoje.

Vienas iš pagrindinių veiksnių, ribojančių sąvartynų kasybą, yra biodujų susidarymas. Esant dar aktyviam biodujų susidarymui, sąvartynų kasybos projektas gali atnešti daugiau žalos nei naudos, kadangi vykdant kasybą, yra nuimama viršutinė sąvartyno danga, sujudinami atliekų sluoksniai, dėl to padidėja emisijos į aplinką. Prieš sąvartyno kasybą metano gamyba turi baigintis arba jos gamyba turi būti sumažinta iki minimumo (Jacobs, 2008). Todėl prieš pradėdant sąvartynų kasybos projektą būtina įvertinti metano dujų susidarymą.

Tyrimo tikslas – nustatyti pasirinkto nepavojingų atliekų sąvartyno galimos kasybos pradžią ir įvertinti, kaip pasikeičia sąvartynų sukeltas poveikis aplinkai, vykdant išteklių išgavimą.

## Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektu pasirinkta Alytaus regioninio nepavojingų atliekų sąvartyno I-oji sekcija, kuri buvo eksploatuota 2008-2012 metais. Sąvartyno sekcijoje buvo šalinamos mišrios komunalinės atliekos iš 7 savivaldybių: Alytaus miesto, Alytaus raj., Druskininkų, Varėnos, Lazdijų, Birštono, Prienų. Deponuojamų atliekų kiekis sudarė 59 000 – 62 000 tonų per metus, kurių sudėties vidutinės reikšmės ir standartiniai nuokrypiai pateikti 1 lentelėje. Mišrių komunalinių atliekų sudėtis gauta atlikus atliekų sudėties tyrimų analizę ir naudojantis LCA-IWM prognostiniu modeliu.

**1 lentelė.** Mišrių komunalinių atliekų sudėtis

Atliekų frakcija	Vidutinė reikšmė, %	Stand. nuokrypis, %
Popierius ir kartonas	12,48	3,64
Stiklas	6,35	1,32
Metalai	2,15	0,21
Plastikai	8,42	2,02
Organinės atliekos	26,01	4,18
Pavojingos atliekos	2,91	1,23
Kitos nedegios	26,68	8,41
Kitos degios	15,00	2,80

Pirmame tyrimo etape, siekiant nustatyti Alytaus nepavojingų atliekų sąvartyno I-osios sekcijos galimos kasybos pradžią, buvo įvertintas teorinis metano dujų susidarymas pagal pirmo laipsnio kinetinę lygtį. Naudojantis gautais rezultatais atliktas būvio ciklo vertinimas siekiant palyginti kaip pasikeičia sąvartynų sukeliamas poveikis aplinkai po kasybos.

#### *Sąvartyno dujų susidarymas pagal pirmo laipsnio kinetinę lygtį*

Bioskaidžių medžiagų transformacija į anglies dioksidą ir metaną yra paremta keliomis grandininėmis ir lygiagrečiai vykstančiomis reakcijomis. Pilnas medžiagų skilimo modelis gali būti labai sudėtingas ir kompleksiškas, tačiau laboratoriniai ir lauko stebėjimo duomenys apie metano susidarymą rodo, kad bendras skilimas gali būti nustatomas aproksimacijos būdu pagal pirmo laipsnio kinetiką. Šis skaičiavimo metodas pagrįstas prielaida, kad bioskaidžios organinės medžiagos lėtai yra per kelis dešimtmečius, susidarant metanui ir anglies dioksidui. Jei sąlygos yra pastovios, metano susidarymo greitis priklauso tik nuo anglies likučio, esančio atliekose. Todėl pirmaisiais metais po atliekų pašalinimo sąvartyne, susidarantis metano kiekis yra didžiausias, po to jis laipsniškai mažėja, nes atliekose mažėja anglies kiekis. Bioskaidžių organinę anglį suvartoja heterotrofinės bakterijos (IPCC, 2006).

$$DDOC_{msuirusi} = DDOC_{m(0)} \cdot (1 - e^{-k \cdot t}) \quad (1)$$

čia  $DDOC_{msuirusi}$  – suiręs anaerobinėmis sąlygomis skylančios bioskaidžios organinės anglies kiekis po laiko  $t$  (tonomis),  $DDOC_{m(0)}$  – pašalintos anaerobinėmis sąlygomis skylančios bioskaidžios organinės anglies kiekis (tonomis),  $k$  – pirmos eilės greičio konstanta,  $t$  – atliekų degradacijos laikotarpis sąvartyne.

Pirmos eilės greičio konstantos  $k$  parinktos atsižvelgiant į Lietuvos klimatą, jos vertės kiekvienai atliekų frakcijai pateiktos 2 lentelėje (IPCC, 2006).

**2 lentelė.** Pirmos eilės greičio konstantos  $k$  vertės

Atliekų frakcija	Pirmos eilės greičio konstanta $k$
Popierius ir kartonas	0,06
Maisto atliekos	0,185
Kitos degios atliekos	0,03
Žaliosios atliekos	0,1

Biodujose esantis metanas apskaičiuojamas iš susidariusių sąvartyno dujų ir  $CH_4/C$  molekulinės masės santykio:

$$CH_{4(bendras)} = DDOC_{msuirusi} \cdot F \cdot 16/12$$

čia  $CH_{4(bendras)}$  – metano kiekis, susidaręs iš bioskaidžių medžiagų (tonomis),  $DDOC_{msuirusi}$  – suiręs anaerobinėmis sąlygomis skylančios bioskaidžios organinės anglies kiekis po laiko  $t$  (tonomis);  $F$  – metano dalis, susidariusiose biodujose;  $16/12$  – molekulinės masės santykis ( $CH_4/C$ ).

#### *Būvio ciklo vertinimas*

Būvio ciklo vertinimas atliktas naudojantis ISO standartu 14040: Aplinkos vadyba. Būvio ciklo įvertinimas. Principai ir sandara (ISO 14040:2006). Tyrimo tikslas – palyginti sąvartynų poveikį aplinkai dviem scenarijais – kai sąvartynas nėra kasinėjamas (bazinis scenarijus) ir kai vykdoma sąvartynų kasyba (medžiagų atgavimo scenarijus). Funkcinis vienetas – visos sąvartyno eksploatacijos metu deponuotos mišrios komunalinės atliekos – 297140 tonų, kurių sudėtis pateikta 1 lentelėje.

*Bazinis scenarijus.* Šiuo atveju medžiagų atgavimas iš sąvartynų nėra vykdomas. Sąvartynas laikomas galutine atliekų šalinimo vieta.

*Medžiagų atgavimo scenarijus.* Vykdamas kasybos projektą būtų pašalinama 50 proc. esančių atliekų. Daugiausiai būtų atgaunamos popieriaus, plastiko, stiklo, kitų degių (mediena, tekstilė) atliekų frakcijos. Atskyrus šias frakcijas, jos būtų transportuojamos tolimesniam tvarkymui ir apdorojimui. Taip pat priimama, kad atskirta smulki organinė frakcija būtų patalpinama į biologinio atliekų apdorojimo įrenginį ir po pūdymo gražinama atgal galutiniam sąvartyno uždengimui.

Atliekant sąvartynų būvio ciklo vertinimą inventorinėje analizėje be deponuotų atliekų sudėties įvertinimo labai svarbios emisijos į aplinką: sąvartyno filtratas ir sąvartyno dujos. Abiejų scenarijų atveju vertinamos tik metano emisijos iš sąvartyno 50-čiai metų nuo galimos sąvartynų kasybos pradžios.

Vertinant emisijas į aplinką, priimama, kad 20 proc. susidariusio metano oksiduoja atliekas dengiančiame grunte. Būtina paminėti, kad metano emisijos į aplinką sąvartynų kasybos proceso metu nėra vertinamos.

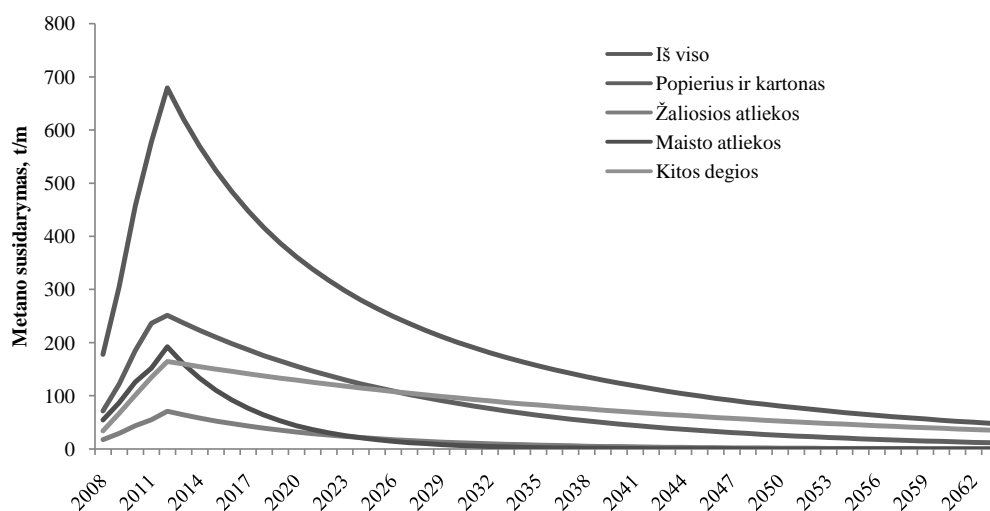
## Darbo rezultatai ir jų aptarimas

### *Sąvartynų kasybos pradžios nustatymas*

Sąvartyno dujos susidaro mikroorganizmams skaidant įvairias organines medžiagas. Jų sudėtyje yra apie 99 proc. metano ( $\text{CH}_4$ ) ir anglies dioksido ( $\text{CO}_2$ ), o kitą dalį sudaro nedideli kiekiai, dažniausiai tik procento dalys, kitų cheminių junginių – anglies monoksido, vandenilio, azoto ir deguonies.

Tyrimo atveju biodujų susidarymas skaičiuotas iš popieriaus ir kartono, maisto, žaliųjų bei kitų degių atliekų frakcijų, kadangi minėtos frakcijos daugiausiai įtakoja biodujų susidarymą. Skaičiuojant metano susidarymą, atsižvelgiama į kasmet deponuojamą ir likusį iš ankstesnių metų bioskaidžios anglies kiekį. Į paveiksle matyti, kad didžiausias biodujų kiekis susidaro iš maisto, popieriaus ir kartono atliekų frakcijų.

Gauti biodujų kiekių rezultatai yra gana artimi pateiktiems literatūroje. Apskaičiuotas dujų susidarymas iš minėtų frakcijų siekia  $233 \text{ Nm}^3/\text{tonai}$  mišrių komunalinių atliekų. Tuo tarpu literatūroje pateikiama vidutiniška vertė yra  $250 \text{ Nm}^3/\text{tonai MSW}$  (White et. al., 1995).



1 pav. Metano susidarymas sąvartyne

Prieš sąvartynų kasybą metano gamyba turi baiginėtis arba turi būti sumažėjusi iki minimumo. Siekiant pagreitinti metano gamybą, sąvartynas gali būti traktuojamas kaip biocheminis reaktorius, t.y. susidarantis sąvartyno filtratas yra praleidžiamas per sąvartyną, siekiant padidinti drėgmę, aprūpinti mikroorganizmus maistinėmis medžiagomis ir tokiu būdu sudaryti palankias sąlygas biodujų gamybai. Optimalios sąlygos metanogeninėms bakterijoms yra pasiekiamos, kai yra pakankamas kiekis bioskaidžios anglies, pH – neutralus, o filtratas atnaujinamas gana greitai (Jacobs, 2008). Kitas būdas išvengti didelių metano emisijų į aplinką – sąvartyno aeracija, kurios metu suoksiduojamos metano dujos (Cosu et. al., 2012).

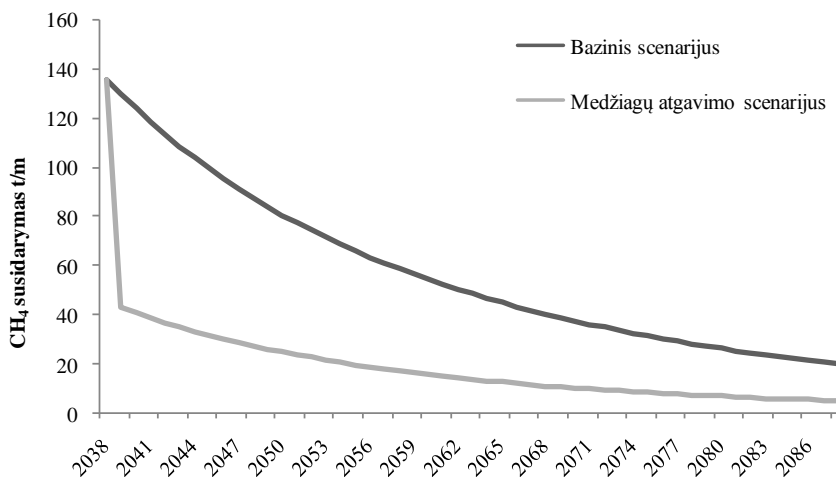
Akivaizdu, kad Alytaus nepavojingų atliekų sąvartyne metano dujų susidarymas yra vis dar aktyvus, siekia beveik 524 tonas arba  $730823 \text{ m}^3$  per metus (1 tona =  $1394,7 \text{ Nm}^3$ ). Dėl to ankstyva sąvartynų kasyba, nesiimant jokių papildomų priemonių, gali būti žalinga aplinkai. Geriausia sąvartynų kasybą pradėti ne anksčiau nei 2038 metais, kadangi tuo metu susidarančio metano kiekis artės prie minimumo.

Reikia pabrėžti, kad tai tik teoriniai skaičiavimai. Norint užtikrinti, kad sąvartynų kasybos projektas būtų sėkmingas aplinkosaugos požiūriu būtini išsamūs lauko tyrimai, kadangi biodujų susidarymas labai priklauso nuo aplinkos sąlygų sąvartyne. Pavyzdžiui, kai hidrolizės procesas yra per lėtas ir mikroorganizmams trūksta būtinų maistinių medžiagų lengvai įsisavinamomis formomis, metano susidarymo procesas vyksta lėtai, tuomet dažnai klaidingai interpretuojama, kad atliekos, esančios

sąvartyne, yra stabilizuotos. Tačiau iš tikrųjų sąvartyne yra reikšmingi organinių atliekų kiekiai, kurie ir toliau iš lėto skyla per įvairius transformacijos mechanizmus (Tansel et. al., 2011).

#### *Metano susidarymas bazinio ir medžiagų atgavimo scenarijų atveju*

Dėl sąvartynų kasybos keičiasi sąvartyno sudėtis, o tai atitinkamai įtakoja mažesnio biudžių kiekio susidarymą. Siekiant įvertinti kiek reikšmingai sumažėja biudžių susidarymas po sąvartyno kasybos, naudojantis ta pačia metodologija apskaičiuoti biudžių kiekiai pašalinus 50 proc. atliekų.



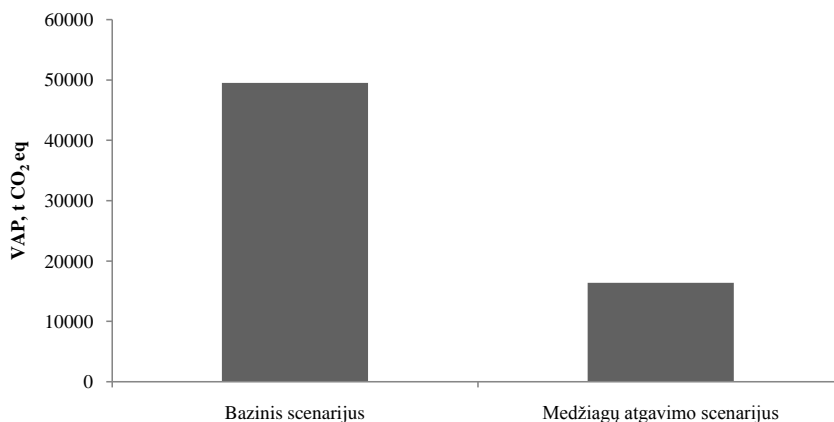
**2 pav.** Metano susidarymas skirtingiems scenarijams

Įgyvendinus medžiagų atgavimo scenarijų, metano susidarymas sąvartyne sumažėja 70 proc. (žr. 2 pav.), lyginant su baziniu scenarijumi. Sumažėjęs biudžių susidarymas įtakoja mažesnes emisijas į atmosferą ir atitinkamai mažesnę poveikį aplinkai.

#### *Poveikio aplinkai vertinimas*

Sąvartynai yra vienas iš daugelio šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo šaltinių. Šiltnamio efektą sukeliančios dujos – tai visos dujos, kurios dėl tam tikros molekulinės struktūros gali absorbuoti infraraudonuosius spindulius (šilumą). Minėtų dujų akumuliacija atmosferoje sukelia visuotinį atšilimą.

Poveikio aplinkai vertinimo dalyje, atsižvelgiant į sąvartyno metano emisijas, buvo vertinimas tik vienas kriterijus – visuotinis atšilimo potencialas. 3 paveiksle matyti, kad medžiagų atgavimo iš sąvartyno atveju visuotinis atšilimo potencialas sumažėja nuo 49506 iki 16381 tonų CO<sub>2</sub> ekvivalentų.



**3 pav.** Visuotinio atšilimo potencialas skirtingiems scenarijams

Visuotinio atšilimo potencialo sumažėjimą įtakoja sumažėjusi metano gamyba, kuri priklauso nuo sąvartyne esančios bioskaidžios anglies kiekio. Jeigu būtų atgaunamos tik plastiko, metalo ar stiklo atliekų frakcijos, tokio rezultato nepasiektume. Norint sumažinti poveikį aplinkai turi būti kreipiamas dėmesys į bioskaidžių atliekų pašalinimą.

Siekiant maksimaliai sumažinti sąvartynų poveikį aplinkai ir visiškai išspręsti taršos problemą sąvartyno teritorijoje, reikalingas pilnas esamo atliekų tūrio iškasimas. Po sąvartynų kasybos sėkmingai gali būti pertvarkyta teritorija, įkuriant parkus, golfo laukus ar kita. Tokiu būdu būtų pasiekama ir socialinė nauda.

## Išvados

1. Kasinėjant sąvartynus būtina atkreipti dėmesį į daug veiksnių, vienas iš jų - metano dujų susidarymas. Dėl to biodujų kiekių skaičiavimai, remiantis sąvartyne pašalintų atliekų sudėtimi, gali būti vienas iš pirmų teorinių žingsnių, siekiant parinkti tinkamiausią laiką sąvartynų kasybos projektų pradžiai. Alytaus regioninio nepavojingų atliekų sąvartyno atveju medžiagų atgavimo projektą galima pradėti vykdyti praėjus 26 metams po sąvartyno uždarymo.
2. Laikas, kuomet sąvartyno negalime kasinėti, priklauso nuo sąvartyno eksploatacijos trukmės bei pašalintų atliekų sudėties. Kuo didesnė trukmė ir kuo daugiau bioskaidžių medžiagų pašalinta, tuo šis laikotarpis yra ilgesnis. Norint medžiagų atgavimo projektą įgyvendinti anksčiau, reikalinga imtis papildomų techninių priemonių metano dujų suoksidavimui ar gamybos pagreitinimui.
3. Įgyvendinus medžiagų atgavimo scenarijų Alytaus regioniniame nepavojingų atliekų sąvartyne, kurio metu būtų pašalinta dalis popieriaus, plastiko, stiklo, kitų degių atliekų frakcijų, metano susidarymas sąvartyne sumažėtų 70 proc. Atitinkamai 70 proc. (nuo 49506 iki 16381 tonų CO<sub>2</sub> ekvivalentų) sumažėtų visuotinis atšilimo potencialas.
4. Pagrindinės sąvartynų keliamos taršos problemos kyla dėl sąvartyno dujų ir filtrato gamybos, kurie susiję su bioskaidžių medžiagų irimu. Todėl, norint sumažinti poveikį aplinkai, turi būti kreipiamas dėmesys minėtų atliekų frakcijų pašalinimui iš sąvartynų. Atskirtą smulkią frakciją kartu su organinėmis medžiagomis galima patalpinti į biologinio atliekų apdorojimo įrenginį ir po pūdymo šią iškastą dalį panaudoti sąvartyno uždarymui.

## Literatūra

- Bahatnagar A., Kaczala F., Kriipsalu M. et al. Closing The Life Cycle of Landfills – Landfill Mining in the Baltic Sea Region for Future. *Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium*. 30 September – 4 October 2013. Sardinia, Italy.
- Cossu R., Salieri V., Bissinella V. (2012). Urban Mining: A global cycle approach to resource recovery from solid waste. Italy: CISA Publisher. p. 355-362.
- IPPC (2006). Intergovernmental panel on climate change: 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program, London, UK.
- ISO 14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.
- Jacobs J. Accelerated methane production prior to mining. *Global Landfill Mining Conference and Exhibition*. October 9, 2008. Royal School of Arts, London. p. 20-26
- Jones P.T., Geysen D., Tielemans Y., et. al. (2013). Enhanced Landfill Mining in view of multiple resource recovery: a critical review. *Journal of Cleaner Production* 55. p. 45-55
- Krook J., Svensson N., Eklund M. (2012). Landfill mining: A critical review of two decades of research. *Waste Management* 32. p. 513-520.
- Tansel B., Yildiz B. S. (2011). Goal-based waste management strategy to reduce persistence of contaminants in leachate at municipal solid waste landfill. *Environ Dev Sustain* 13, p. 821-831
- White P.R., Franke M., Hindle P. (1995). *Integrated Solid Waste Management a Lifecycle inventory*. Malden: Blackwell Science. 139 p.