

BIOMETANO GAMYBOS ENERGIJOS ŠAŅAUDŲ VERTINIMAS

Justina VAZNONIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: justina.vazoniene@stud.vdu.lt

Kęstutis NAVICKAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: kestutis.navickas@vdu.lt

Santrauka

Pasaulyne praktikoje biometano gamybos ir naudojimo plėtra susijusi su vis didėjančiu poreikiu pereiti prie tvaresnės energijos, siekiant mažinti anglies dioksido (CO_2) emisijas ir priklausomybę nuo tradicinių energijos šaltinių. Biometano gamyba iš atliekų prisideda prie žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimo, skatinant išteklių efektyvumą ir mažinant atliekų kiekį. Anaerobinio skaidymo metu iš biologiškai skaidžių žaliavų susidaro biodujos, kurių sudėtyje paprastai būna 50–65 % metano (CH_4), 35–50 % CO_2 ir nedidelis, tačiau technologiškai reikšmingas, vandenilio sulfido (H_2S), vandens garų ir kitų priemaišų kiekis. Tokios sudėties biodujos negali būti tiesiogiai naudojamos kaip degalai transporto priemonėms arba švirkščiamos į gamtinių dujų sistemas. Todėl biodujos, susidariusios anaerobinio skaidymo metu, turi būti išvalomos, taikant pirminio ir antrinio valymo technologijas. Šiame darbe atliktas tyrimas, kurio metu nustatytos biometano gamybos ir sandėliavimo metu patiriamos energijos sąnaudos. Tyrimo objektu pasirinkta veikianti biodujų jėgainė, kurios metinis biodujų gamybos potencialas siekia 1,26 mln. m^3 biodujų arba 0,75 mln. m^3 biometano, kurio energinė vertė siekia 7,5 GWh. Tyrimo metu nustatyta, kad biodujų pirminio valymo procesuose, priklausomai nuo pasirinkto metodo ir technologijos, energijos sąnaudos siekia nuo 113 iki 314 tūkst. kWh biodujoms išvalyti nuo vandens garų, dulkių ir vandenilio sulfido. Energetiškai efektyviausias – biologinis metodas, kurio savitosios energijos sąnaudos siekia 0,09 kWh/ m^3 . Antrinio valymo procesuose, kurių metu pašalinamas anglies dioksidas ir dujos suslegiamos iki transportavimui reikiamo slėgio, jėgainėje būtų patirtos 491 tūkst. kWh energijos sąnaudos, pasirinkus membranine anglies dioksido atskyrimo metodą. Įvertinus visą biometano gamybos vertės grandinę, pirminiam ir antriniam valymui bei suslėgimui būtų sunaudojama nuo 604 iki 805 tūkst. kWh energijos, arba nuo 8,05 iki 10,7 % pagaminto biometano energinės vertės.

Reikšminiai žodžiai: biodujos, biometanas, pirminis valymas, antrinis valymas, biometano sandėliavimas, energijos sąnaudos.

Įvadas

Biometanas, kaip atsinaujinančios energijos šaltinis, tampa vis svarbesnis tiek Europos, tiek pasaulio energetikos ir aplinkosaugos strategijose, kadangi ieškoma alternatyvių, tvarių energijos šaltinių, kurie galėtų pakeisti iškastinį kurą. Biometano naudojimas transporte padeda sumažinti priklausomybę nuo importuojamų naftos produktų, taip didinant energetinį saugumą ir prisidedant prie tvaresnės energijos naudojimo. Pasaulyne praktikoje biometano gamybos ir naudojimo plėtra susijusi su vis didėjančiu poreikiu pereiti prie tvaresnės energijos, siekiant mažinti anglies dioksido (CO_2) emisijas ir priklausomybę nuo tradicinių energijos šaltinių (IEA, 2021). Europos Sąjunga remiasi savo tvarumo strategijomis, skatina biometano gamybą ir integravimą į nacionalinius energetikos tinklus, o taip pat į transporto sistemas, kurios tapo svarbiu komponentu švarios energijos plėtroje. Biometano gamyba iš atliekų prisideda prie žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimo, skatinant išteklių efektyvumą ir mažinant atliekų kiekį.

Remiantis CEDIGAZ 2025 m. metine ataskaita (CEDIGAZ, 2025), pasaulinė biometano gamyba 2024 m. išaugo iki 12,0 milijardų kubinių metrų, t. y. padvigubėjo lyginant su 2021 m. Didžiausia gamyba pastebima tokiose šalyse kaip Jungtinės Amerikos Valstijos (JAV), Vokietija, Švedija ir Prancūzija, kuriose yra sukurtos didelės biometano gamybos ir naudojimo infrastruktūros. Ypač reikšmingos pastangos buvo šalyse, kuriose skatinamas perėjimas prie atsinaujinančių energijos šaltinių pagal nacionalinius klimato politikos planus.

Anaerobinio skaidymo metu iš biologiškai skaidžių žaliavų susidaro biodujos, kurių sudėtis paprastai apima 50–65 % metano (CH_4), 35–50 % CO_2 bei nedidelius, tačiau technologiškai reikšmingus vandenilio sulfido (H_2S), vandens garų ir kitų priemaišų (Angelidaki et al., 2018; Scarlat et al., 2022). Dėl tokios sudėties biodujos negali būti tiesiogiai naudojamos kaip biometanas, todėl būtini nuoseklūs valymo ir gryninimo procesai.

Tyrimo metu nustatytos biometano gamybos ir sandėliavimo metu patiriamos energijos sąnaudos. Biometano gamybos vertės grandinę sudaro biodujų gamyba, biodujų pirminis ir antrinis valymas, biometano sandėliavimas. Tyrimo metu nustatytos energijos sąnaudos, patiriamos taikant tris pirminio ir keturis antrinio valymo metodus, bei suslėgimui iki 250–300 barų reikalingos energijos sąnaudos.

Tyrimo tikslas – įvertinti biometano gamybos ir sandėliavimo metu patiriamas energijos sąnaudas.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

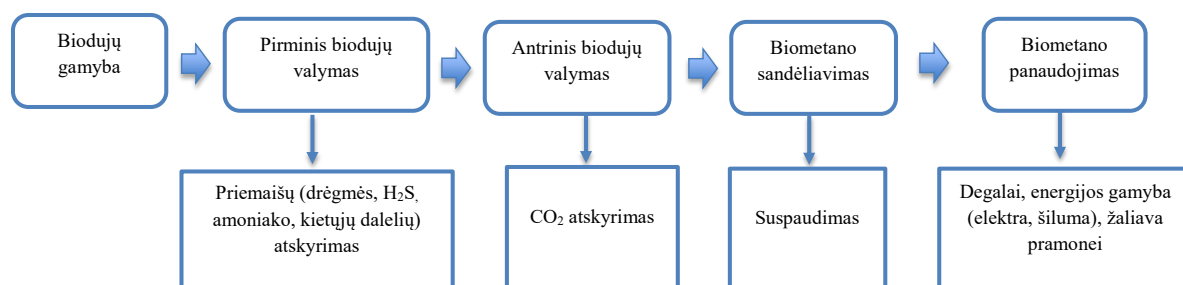
1. Nustatyti biodujų pirminio valymo energines sąnaudas.
2. Nustatyti biodujų antrinio valymo ir sandėliavimo energines sąnaudas.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektu pasirinkta veikianti biodujų jėgainė, kurios metinis biodujų gamybos potencialas siekia 1,26 mln. m³ biodujų. Tyrimo metu pasirinkta biodujų jėgainė pertvarkoma į biometano gamyklą, kurioje per metus numatyta pagaminti apie 0,75 mln. m³ biometano, kurio energinė vertė siektų 7,5 GWh. Tiriamoje biodujų jėgainėje nėra galimybės švirkšti biometaną į gamtinių dujų tinklą, todėl pagamintas dujas numatoma vežti į kitur esantį prijungimo tašką.

Biometano gamybos vertės grandinę sudaro nuosekli technologinių procesų seka, apimanti žaliavų paruošimą, anaerobinį skaidymą, pirminį biodujų valymą, biodujų gryninimą (antrinį valymą), biometano sandėliavimą ir transportavimą bei galutinį panaudojimą (žr. 1 pav.). Toks biometano gamybos procesų išdėstymas plačiai taikomas pramoninėje praktikoje ir aprašomas mokslinėje literatūroje (Angelidaki et al., 2018; Scarlat et al., 2022).

Pirminio biodujų valymo metu šalinamos technologiškai nepageidaujamos priemaišos, o antrinio valymo etape iš biodujų atskiriamas CO₂, padidinant CH₄ koncentraciją iki biometano kokybės lygio (>91 %). Tolimesniuose etapuose biometanas sandėliuojamas, transportuojamas ir panaudojamas energetikos ar transporto sektoriuose. Visa biometano gamybos vertės grandinė šiame tyrime nagrinėjama kaip integruota sistema, leidžianti kompleksiskai įvertinti jos energetinį ir aplinkosauginį efektyvumą (Rahman et al., 2022).



1 pav. Biometano gamybos vertės grandinės pagrindiniai etapai

Fig. 1. Key stages of the biomethane production value chain

Vienas svarbiausių pirminio biodujų valymo uždavinių yra H₂S šalinimas, kadangi šis junginys pasižymi korozinėmis savybėmis ir gali neigiamai paveikti biodujų transportavimo įrangą bei antrinio valymo technologijų darbą. Praktikoje H₂S šalinimui taikomi cheminiai ir biologiniai metodai, taip pat adsorbcija aktyvinta anglimi, atsižvelgiant į biodujų sudėtį ir taikomos sistemos eksploatacines sąlygas. Kitas pirminio biodujų valymo etapas yra biodujų sausinimas. Biodujuose esantys vandens garai kondensuojasi technologinėje įrangoje, sudarydami palankias sąlygas korozijai ir srautų nestabilumui, todėl drėgmė dažniausiai šalinama aušinimo, kondensavimo arba adsorbciniais džiovinimo metodais. Kartu pašalinamos ir kietosios dalelės bei aerozoliai, galintys turėti neigiamą poveikį tolesniems technologiniams etapams (Abatzoglou et al., 2009; Le Pera et al., 2024). Šiame tyrime pasirinkti trys pirminio biodujų valymo metodai: fizinė adsorbcija (aktyvuota anglimi), cheminė absorbcija (geležies oksidais) ir biologinė oksidacija.

Anglies dioksido atskyrimas yra pagrindinis antrinio biodujų valymo etapas, kurio metu iš biodujų šalinamas CO₂, siekiant padidinti CH₄ koncentraciją iki biometano kokybės, atitinkančios gamtinių dujų tinklų ir transporto sektoriaus reikalavimus. CO₂ atskyrimas grindžiamas fizikiniais arba cheminiais procesais, kurių metu išnaudojamos CO₂ ir CH₄ tirpumo, adsorbcijos, difuzijos ar cheminio reagavimo su absorbentais savybės. Pramoninėje praktikoje biodujų gryninimui plačiai taikomi vandens skruberiai, kintamo slėgio adsorbcija (PSA), membraninė separacija ir cheminė absorbcija aminių tirpalais, kurios skiriasi energijos sąnaudomis, pasiekiamu metano grynumu ir metano nuostoliais (Angelidaki et al., 2018). Šiame darbe įvertinti keturi antrinio valymo metodai: fizinė absorbcija (vandens skruberis), kintamo slėgio absorbcija, membraninis atskyrimas ir cheminė absorbcija (aminių tirpalais).

Biometano sandėliavimas ir transportavimas priklauso nuo pasirinkto jo panaudojimo būdo ir taikomų infrastruktūros sprendimų. Moksliniuose tyrimuose nurodoma, kad biometanas gali būti sandėliuojamas kaip suspaustos dujos-suspaustas biometanas (CBG)-arba kaip skystis-suskystintas biometanas (LBG). Suspaustas biometanas laikomas aukšto slėgio cilindrinuose arba modulinuose rezervuaruose, o suskystintas biometanas – kriogeniniuose rezervuaruose, palaikant žemą temperatūrą. Kaip alternatyva šiems sandėliavimo sprendimams, biometanas gali būti tiesiogiai įpurškiamas į gamtinių dujų tinklą. Tada atskiros sandėliavimo etapo poreikis gali būti sumažintas arba visai nereikalingas, užtikrinant atitiktį taikomiems dujų kokybės, sudėties ir slėgio reikalavimams. Šiame tyrime įvertintos energijos sąnaudos, patiriamos suslegiant biometaną iki 250–300 barų. Taip suslėgtos dujos gali būti transportuojamos mobiliomis transporto priemonėmis.

Pirminio biodujų valymo energijos sąnaudos šiame tyrime nustatomos taikant savitųjų energijos sąnaudų metodą, vertinant elektros energijos kiekį, sunaudotą pagrindiniams pirminio valymo procesams. Į šiuos procesus įtraukiamas H₂S, drėgmės, siloksanų ir amoniako šalinimas bei kietųjų dalelių ir aerozolių pašalinimas, kurie laikomi būtinais siekiant užtikrinti stabilų tolesnių biodujų praturtinimo technologijų darbą (Abatzoglou, Boivin, 2009). Pirminio biodujų valymo bendrosios energijos sąnaudos E_{pv} nustatytos remiantis mokslinėje literatūroje pateikiamais savitųjų pirminio biodujų valymo energijos sąnaudų intervalais, išreikštais kilovatvalandėmis vienam biodujų kubiniam metrui (kWh/Nm³), atsižvelgiant į biodujų sudėtį ir taikomą valymo technologiją (Rahman et al., 2022; Le Pera et al., 2024; Swinbourn et al., 2024). Bendrosios pirminio biodujų valymo energijos sąnaudos apskaičiuojamos pagal lygtį:

$$E_{pv} = e_{pv} \times V_{bg}, \quad (1)$$

čia E_{pv} – pirminio biodujų valymo bendrosios energijos sąnaudos, kWh; e_{pv} – savitosios pirminio biodujų valymo energijos sąnaudos, kWh/Nm³; V_{bg} – per nagrinėjamą laikotarpį išvalytų biodujų kiekis, Nm³.

Gauti energijos sąnaudų rezultatai naudojami tolesniam šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų vertinimui. Antrinio biodujų valymo energijos sąnaudos šiame tyrime nustatomos taikant savitųjų energijos sąnaudų metodą, kuris plačiai naudojamas biometano gamybos technologijų energetinio efektyvumo vertinimuose (Rahman et al., 2022). Bendrosios antrinio biodujų valymo energijos sąnaudos apskaičiuotos pagal lygtį:

$$E_{av} = e_{av} \times V_{bm}, \quad (2)$$

čia E_{av} – antrinio biodujų valymo bendrosios energijos sąnaudos, kWh; e_{av} – savitosios antrinio biodujų valymo energijos sąnaudos, kWh/Nm³; V_{bm} – per nagrinėjamą laikotarpį pagaminto biometano kiekis, Nm³.

Tais atvejais, kai taikomos biodujų praturtinimo technologijos reikalauja papildomos šiluminės energijos, pavyzdžiui, cheminės absorbcijos aminorų tirpalais metu, šiluminės energijos sąnaudos nustatomos analogišku principu:

$$E_{th} = e_{th} \times V_{bm}, \quad (3)$$

čia E_{th} – šiluminės energijos sąnaudos absorbcinio tirpalo regeneracijai, kWh; e_{th} – savitosios šiluminės energijos sąnaudos, kWh/Nm³; V_{bm} – per nagrinėjamą laikotarpį pagaminto biometano kiekis, Nm³.

Biometano sandėliavimo energijos sąnaudos šiame tyrime nustatytos taikant savitųjų energijos sąnaudų metodą, kuris plačiai taikomas biodujų ir biometano gamybos technologijų energetinio efektyvumo vertinimuose. Pagrindinės energijos sąnaudos šiame etape yra susijusios su dujų kompresorių darbu, nes biometanas prieš sandėliavimą ar transportavimą turi būti suslėgtas iki technologiniuose standartuose nustatyto slėgio. Bendrosios biometano suspaudimo ir sandėliavimo energijos sąnaudos apskaičiuotos remiantis, įvertinus specifines energijos sąnaudas ir per nagrinėjamą laikotarpį sandėliuoto biometano kiekį:

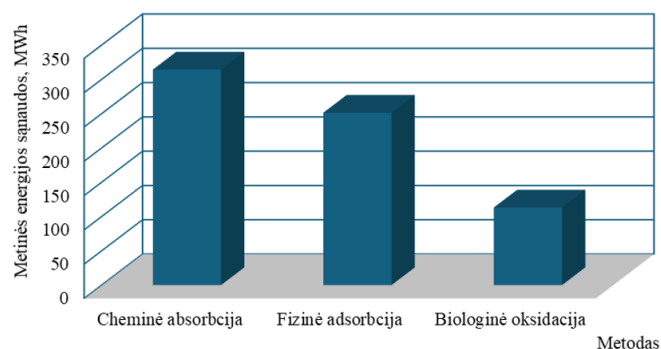
$$E_s = e_s \times V_{bm}, \quad (4)$$

čia E_s – biometano suspaudimo ir sandėliavimo energijos sąnaudos, kWh; e_s – savitosios biometano suspaudimo ir sandėliavimo energijos sąnaudos, kWh/Nm³; V_{bm} – per nagrinėjamą laikotarpį sandėliuoto biometano kiekis, Nm³.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Pirminio biodujo valymui (vandenilio sulfido, drėgmės, siloksanų, amoniako šalinimas ir kietųjų dalelių bei aerozolių pašalinimui) pasirinktos trys plačiai naudojamos technologijos: fizinė adsorbcija (aktyvuota anglimi), cheminė absorbcija (geležies oksidais) ir biologinė oksidacija. Taikant savitųjų energijos sąnaudų metodą nustatytos energijos sąnaudos, patiriamos šiuose procesuose. Tyrime pasirinktos vidutinės savitųjų energijos sąnaudų reikšmės, nesiejant jų su praktine patirtimi. Tyrimo metu nustatyta, kad didžiausios energijos sąnaudos gali būti patiriamos taikant cheminės absorbcijos metodą, kurio metu geležies oksidai gerai absorbuoja vandenilio sulfidą. Šiame procese energija daugiausia naudojama biodujų srauto transportavimui per sorbento sluoksnį ir slėgio palaikymui sistemoje, todėl pagrindinės energijos sąnaudos susijusios su kompresorių ir dujųpūčių darbu, naudojant elektros energiją (Angelidaki et al., 2018; Rahman et al., 2022). Tiriamu atveju per metus apdorojant 1,26 mln. m³ biodujų ir taikant 0,25 kWh/m³ savitųjų energijos sąnaudų vidutinės reikšmės, būtų patiriamos 314,2 MWh energijos sąnaudos. Taikant fizinės adsorbcijos metodą (aktyvuota anglimi) ir pasirinkus 0,20 kWh/m³ savitąsias energijos sąnaudų vidutinės reikšmės, būtų patiriamos 251,3 MWh energijos sąnaudos. Taikant fizinės adsorbcijos metodą energija daugiausia naudojama biodujų transportavimui per adsorbcinius filtrus ir slėgio palaikymui sistemoje, todėl pagrindinės energijos sąnaudos susijusios su kompresorių ir dujųpūčių darbu, naudojant elektros energiją (Sun et al., 2015; Angelidaki et al., 2018). Mažiausiai energijos pirminiam valymui būtų patiriama taikant biologinį metodą. Biologinės oksidacijos metu energija naudojama oro tiekimui į biologinį reaktorių ir biodujų cirkuliacijai sistemoje. Elektros energijos sąnaudos, susijusios su aeracijos ventiliatorių ir siurblių darbu, siekia 113,1 MWh, nes taikant šį metodą savitųjų energijos sąnaudų poreikis yra 0,09 kWh/m³ (žr. 2 pav.).

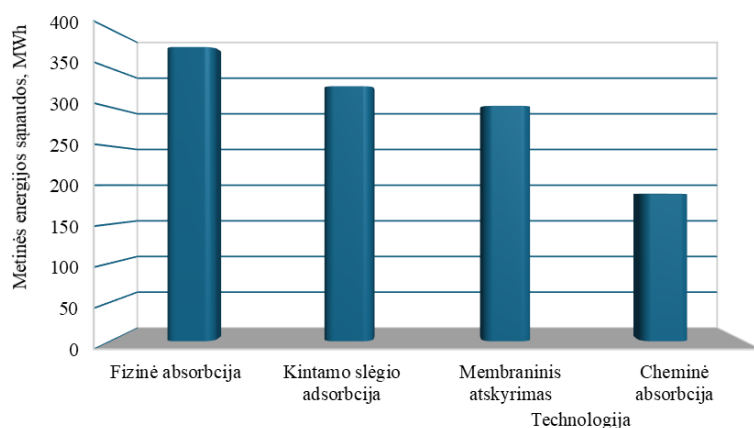
Analizuojant keturias antrinio valymo technologijas, kurių paskirtis – atskirti anglies dioksido ir metano molekules, nustatyta, kad mažiausios energijos sąnaudos patiriamos taikant cheminės absorbcijos metodą. Tiriamu atveju per metus apdorojant 1,26 mln. m³ biodujų, būtų patiriamos 377 MWh energijos sąnaudos. Cheminės absorbcijos procese elektros energija naudojama absorbcinio tirpalo cirkuliacijai ir dujų – siurblių kontaktui užtikrinti, o ji paverčiama mechanine energija (López et al., 2024; Le Pera et al., 2024). Membraninis metano ir anglies dioksido dujų atskyrimas būtų labiau energijai imlus, jo savitosios vidutinės energijos sąnaudos yra apie 0,24 kWh/m³, o metinės energijos sąnaudos siektų 301,6 MWh. Membraninio atskyrimo proceso elektros energija naudojama biodujų slėgiui membranų kolonose palaikyti, būtinam selektyviam dujų atskyrimui (Sun et al., 2015; López et al., 2024). Taikant kintamojo slėgio adsorbcijos metodą, kurio savitosios energijos sąnaudos yra apie 0,26 kWh/m³, per metus biometano gamybai jėgainėje būtų sunaudojama apie 327 MWh energijos. Kintamojo slėgio adsorbcijos procese elektros energija naudojama slėgio vyrovimams adsorbcijos kolonose sudaryti (Sun et al., 2015).



2 pav. Pirminio valymo energijos sąnaudos taikant tris valymo metodus

Fig. 2. Energy consumption of primary cleaning using three cleaning methods

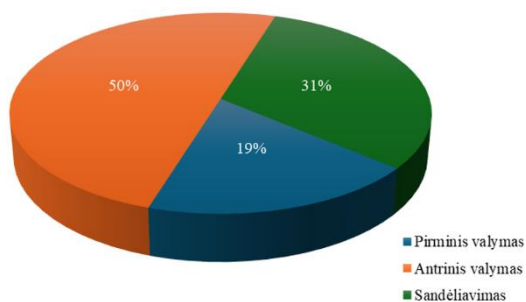
Fizinė adsorbcija su vandens skruberiais iššaukia didžiausias energijos sąnaudas, nes šio metodo savitosios energijos sąnaudos siekia $0,30 \text{ kWh/m}^3$, todėl jėgainė biometano atskyrimui turėtų sunaudoti 377 MWh (žr. 3 pav.). Šiame procese elektros energija naudojama dujų suslėgimui ir vandens cirkuliacijai skruberio sistemoje.



3 pav. Antrinio biodujų valymo technologijų energijos sąnaudos

Fig. 3. Energy consumption of secondary biogas purification technologies

Visoje biometano gamybos vertės grandinėje pirminiam ir antriam valymui bei suslėgimui būtų sunaudojama nuo 604 iki 805 MWh energijos, arba nuo 8,05 iki 10,7 % pagaminto biometano energinės vertės (žr. 4 pav.).



4 pav. Energijos sąnaudų pasiskirstymas biometano gamybos procesuose

Fig. 4. Distribution of energy use in biomethane production processes

Pirminiam valymui tektų 19 % energijos sąnaudų (taikant biologinės oksidacijos metodą), antriam valymui (taikant populiariausią membrinį atskyrimą) – 50 % ir suslėgimui – 31 %, nuo visų biometano gamybos grandinėje patiriamų energijos sąnaudų. Biometano slėgio etape elektros energija naudojama dujų slėgiui padidinti iki transportavimo ar saugojimo reikalingo lygio, todėl šis procesas yra vienas iš energetiškai intensyviausių dėl aukšto slėgio reikalavimų.

Išvados

1. Biodujų pirminio valymo nuo vandens garų, dulkių ir vandenilio sulfido procesuose, priklausomai nuo pasirinkto metodo ir technologijos, metinės energijos sąnaudos, išvalant $1,26 \text{ mln. m}^3$ biodujų, siekia nuo 113 iki 314 tūkst. kWh.

2. Antrinio valymo procesuose, pasirinkus membraninį anglies dioksido atskyrimo metodą, būtų patirtos 491 tūkst. kWh energijos sąnaudos.

3. Biodujų pirminiam ir antriniam valymui bei biometano suslėgimui būtų sunaudojama nuo 604 iki 805 tūkst. kWh energijos, arba nuo 8,05 iki 10,7 % pagaminto biometano energinės vertės.

Literatūra

1. Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., Campanaro, S., Wenzel, H., & Kougias, P. G. (2018). Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances*, 36(2), 452–466. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.01.011>
2. Global biomethane market – 2025 assessment. (2025). International Information Center on Natural and Renewable Gases.
3. Le Pera, A., Esposito, G., Frunzo, L., Panico, A., & Pirozzi, F. (2024). Energy efficiency and environmental impacts of biomethane upgrading technologies: A comparative assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 190, 114022. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114022>
4. López, J. M., Arnáiz, S., Díaz, I., Lebrero, R., & Muñoz, R. (2024). Environmental assessment of biogas upgrading technologies: Methane losses and energy demand. *Journal of Cleaner Production*, 438, 140623. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140623>
5. Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth. (2020). International Energy Agency.
6. Rahman, K. M., Melville, L., Edwards, J., Smith, R., & Murphy, J. D. (2022). Energy and environmental performance of biomethane production pathways. *Journal of Cleaner Production*, 358, 131899. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131899>
7. Scarlat, N., Dallemand, J.-F., & Fahl, F. (2022). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 191, 560–576. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.057>
8. Sun, Q., Li, H., Yan, J., Liu, L., Yu, Z., & Yu, X. (2015). Selection of appropriate biogas upgrading technology: A review of biogas cleaning, upgrading and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 521–532. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.029>
9. Swinbourn, A., Peters, J. F., & Staffell, I. (2024). Energy demand and greenhouse gas emissions of biomethane production pathways. *Applied Energy*, 355, 121987. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121987>

ASSESSMENT OF ENERGY CONSUMPTION IN BIOMETHANE PRODUCTION

Abstract

In global practice, the development of biomethane production and use is related to the increasing need to switch to more sustainable energy in order to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions and dependence on traditional energy sources. Biomethane production from waste contributes to the implementation of the principles of the circular economy, promoting resource efficiency, and reducing waste. During anaerobic digestion, biogas is formed from biodegradable raw materials, which usually contains 50–65% methane (CH₄), 35–50% CO₂ and a small, but technologically significant amount of hydrogen sulfide (H₂S), water vapor and other impurities. Biogas with such a composition cannot be directly used as fuel for vehicles or injected into natural gas systems. Therefore, biogas formed during anaerobic digestion must be cleaned using primary and secondary cleaning technologies. This work has conducted a study that determined the energy costs incurred during biomethane production and storage. The object of the study was an operating biogas power plant with an annual biogas production potential of 1.26 million m³ of biogas or 0.75 million m³ of biomethane, with an energy value of 7.5 GWh. The study found that in the primary purification processes of biogas, depending on the selected method and technology, energy consumption ranges from 113 to 314 thousand kWh to clean the biogas from water vapor, dust and H₂S. In the secondary purification processes, during which CO₂ is removed and the gas is compressed to the pressure required for transportation, the power plant would incur 491 thousand kWh of energy consumption if the membrane carbon dioxide separation method was selected. After assessing the entire biomethane production value chain, from 604 to 805 thousand kWh of energy would be consumed for primary and secondary purification and compression, or from 8.05 to 10.7% of the energy value of the produced biomethane.

Keywords: biogas, biomethane, primary treatment, secondary treatment, biomethane storage, energy consumption.