

ŠIAUDŲ – ŽALIAVOS KIETAJAM BIOKURUI – POTENCIALO TYRIMAI

Gabija BALTRAMAITYTĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: gabija.baltramaityte@vdu.lt

Egidijus ZVICEVIČIUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: egidijus.zvicevicius@vdu.lt

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamas Lietuvoje susidarantis kviečių šiaudų kiekis ir jų panaudojimo kietajam biokurui potencialas. Atlikti 'Skagen' kviečių šiaudų šilumingumo ir peleningumo tyrimai. Atlikus žeminių kviečių derliaus statistinių duomenų analizę apskaičiuota, kad pastaraisiais metais Lietuvoje kasmet susidaro vidutiniškai 4518±524 tūkst. tonų žeminių kviečių šiaudų. Dalis ūkiuose susidarančių šiaudų gali būti panaudoti energetikos srityje, kadangi jiems būdingas pakankamai aukštas šilumingumas: nustatyta, kad žeminių kviečių šiaudų viršutinis šilumingumas lygus 20,41±0,23 MJ·kg⁻¹, apatinis šilumingumas – 20,31±0,25 MJ·kg⁻¹. Taigi, sudeginus 13,5 % žeminių kviečių šiaudų derliaus (643 tūkst. tonų), išsiskirtų toks pat šilumos kiekis, kaip sudeginus apie 643 tūkst. tonų pušies medienos, apie 652 tūkst. tonų eglės medienos arba apie 715 tūkst. tonų beržo medienos. Tačiau susidarantis pelenų kiekis padidėtų iki 9,8 tūkst. tonų, vietoje 1,41 tūkst. tonų pušies medienos pelenų, 2,54 tūkst. tonų eglės medienos pelenų arba 2,86 tūkst. tonų beržo medienos pelenų.

Reikšminiai žodžiai: šiaudai, derlius, šilumingumas, peleningumas.

Įvadas

Biomasės išteklių poreikiai energijos gamybai Europoje nuo 2000 m. išaugo 150 % ir toliau nuolat didėja. Prognozuojama, kad per ateinančius 30 m. (iki 2050 m.) biomasės naudojimas bioenergijai gaminti gali padidėti dar iki 1,5 karto (Climate-KIC, 2021). Biomasės paklausą ir gamybą, kaip priklausomybės nuo iškastinių (neatsinaujančių) išteklių mažinimo būdą, taip pat didina bioekonomikos plėtra (Vitunskienė, 2019), kuri skatina vystyti naujas technologijas ir efektyviai vartoti išteklius, siekiant padidinti išgaunamos biomasės našumą ir naudojimą pramonėje bei atliekų ir antrinių produktų perdirbimą į didesnės vertės produktus (Five principles for a sustainable bioecconomy...).

Per metus žemės ūkyje susidaro apie 998 mln. tonų atliekų (Raut et. al., 2023). Įvertinant gamybos metu susidarancias atliekas ir antrinius produktus, pavyzdžiui, šiaudus, žemės ūkis yra didžiausią biomasės potencialą turinti sritis (Agrobiomass offers sustainable ... 2022 EU). Po javų derliaus nuėmimo likę šiaudai – perspektyvi žaliava energijos gamybai, alternatyva tradiciniams bioištekliams ir iškastiniams ištekliams. Per metus pasaulyje susidaro 529 milijonų tonų šiaudų (Govumoni et. al., 2013). Be to, jų kiekis nuolat didėja dėl sparčios žemės ūkio plėtros (Ma et. al. 2020).

Lietuvoje taip pat stebimas intensyvus javų pasėlių plotų augimas, vyraujanti kultūra mūsų šalyje – žieminiai kviečiai. 2023 m. Lietuvoje deklaruota 833,23 tūkst. ha žeminių kviečių pasėlių (Statistinė informacija apie...). Didėjant žeminių kviečių pasėlių plotams, prikuliama ne tik daugiau grūdų, bet taip pat susidaro daugiau šiaudų. Žeminių kviečių grūdų ir šiaudų santykis yra 1:1,1–1,2 (Arlauskienė, Velykis, 2016). Remiantis Oficialiosios statistikos portalo žeminių kviečių derliaus duomenimis (Oficialiosios statistikos portalo...), 2023 m. Lietuvos ūkiuose susidarė 4763 tūkst. tonų žeminių kviečių šiaudų. Dažniausiai jie paliekami lauke ir yra įterpiami į dirvą, siekiant papildyti ją organinėmis medžiagomis, taip pat plačiai naudojami kaip kraikas gyvulininkystės ūkiuose. Dar vienas šiaudų panaudojimo būdas – deginimas gaminant šilumą arba biokuro granules bei briketus (Feizienė, 2022).

Kviečių šiaudus sudaro celiuliozė (34–40 %), hemiceliuliozė (20–25 %) ir ligninas (20 %) (Rodriguez et. al., 2012). Lyginant su kitais antriniais žemės ūkio produktais, kviečių šiaudai pasižymi sąlyginai didele šilumine verte – 17,21 MJ·kg⁻¹, esant orausiam – 12–18 %, drėgniui (Dragusanu et. al., 2022). Šiaudai lengvai užsidega, dažniausiai turi optimalų drėgmės kiekį ir kasmet susidaro dideli kiekiai (Dragusanu et. al., 2022; Lako et. al. 2013). Tačiau šiaudai pasižymi aukštu peleningumu, dėl ko, naudojant juos deginimui, gali sumažėti katilo efektyvumas dėl pelenų nusėdimo ant krosnies sienelių ir padidėti šlako susidarymo rizika (Vassilev, et. al., 2013).

Tyrimo tikslas – nustatius kviečių šiaudų šilumingumą ir peleningumą, atlikti jų naudojimo kietajam biokurui potencialo Lietuvoje analizę.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikus statistinių duomenų analizę, apibūdinti kviečių šiaudų kiekio kitimo dinamiką Lietuvoje.
2. Nustatyti Radviliškio raj. auginamų kviečių šiaudų šilumingumą ir peleningumą.
3. Įvertinti kviečių šiaudų naudojimo kietajam biokurui potencialą.

Tyrimų objektas ir metodai

Kviečių šiaudų potencialo Lietuvoje vertinimas atliktas remiantis VĮ Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centro Paraiškų priėmimo informacinės sistemos portalo pateiktais duomenimis apie deklaruotus žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotus. Radviliškio raj. augusių kviečių šiaudų šilumingumo ir peleningumo tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Biomasės paruošimo, logistikos ir kieto kuro procesų laboratorijoje.

Šilumingumo tyrimai. Prieš pradėdant šilumingumo tyrimus, nustatomas žaliavos drėgnumas: džiovinimo spintoje esant 105 °C temperatūrai ji džiovinama iki pastovios masės. Kviečių šiaudų biomasės šilumingumo tyrimas atliktas vadovaujantis Lietuvos standartu LST EN ISO 18125 „Kietasis biokuras. Šilumingumo nustatymas“. Šilumingumui nustatyti naudotas kalorimetras IKA C2000, naudoto kviečių šiaudų ėminio masė buvo 0,05±0,01 g. Šiaudų viršutinis šilumingumas apskaičiuotas pagal formulę (Puida, 2015):

$$Q_v^s = Q_v^{an.ëm} \cdot \left(\frac{100}{100 - M_{ad}} \right), \quad (1)$$

čia: Q_v^s – sausų šiaudų viršutinė šilumingumo vertė MJ·kg⁻¹; $Q_v^{an.ëm}$ – analizuojamų šiaudų viršutinė šilumingumo vertė MJ·kg⁻¹; M_{ad} – šiaudų ėminio bendrosios analizės drėgmė, %.

Sausų šiaudų apatinis šilumingumas, įvertinant vandenilio, azoto ir deguonies kiekį kure apskaičiuojamas pagal formulę [16]:

$$Q_a^{s.k} = Q_v^s - 212,2 \cdot H - 0,8 \cdot (O + N), \quad (2)$$

čia: H – vandenilio kiekis sausuose kviečių šiauduose %; O – deguonies kiekis sausuose kviečių šiauduose %; N – azoto kiekis sausuose kviečių šiauduose %.

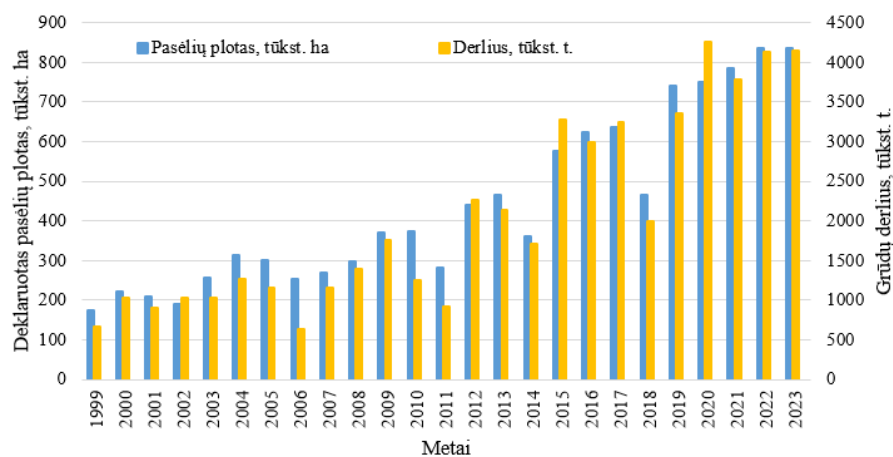
Peleningumo tyrimai. Kviečių šiaudų susmulkinimui naudotas išcentrinis malūnas ZM200. Susmulkinus žaliavą, nustatytas jos drėgnumas džiovinant 105 °C temperatūros džiovinimo spintoje iki pastovios masės. Peleningumo tyrimai atlikti vadovaujantis Lietuvos standartu LST EN ISO 18122 „Kietasis biokuras. Pelenų kiekio nustatymas“. Žaliavos svėrimui naudotos KERN ABJ 120-4m (svėrimo ribos nuo 10 mg iki 120 g, skiriamoji geba 0,1 mg) svarstyklės, peleningumo tyrimas atliktas kaitinimo spintoje NABERTHERM. Tiriamo ėminio peleningumas skaičiuotas naudojant formulę (Puida, 2015):

$$A_s = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \cdot \frac{100}{100 - m}, \quad (3)$$

čia: m_1 – tuščio indelio masė, g; m_2 – indelio masė su bandiniu, g; m_3 – indelio masė su pelenais, g; m – tyrimuose naudotų šiaudų drėgnis, %.

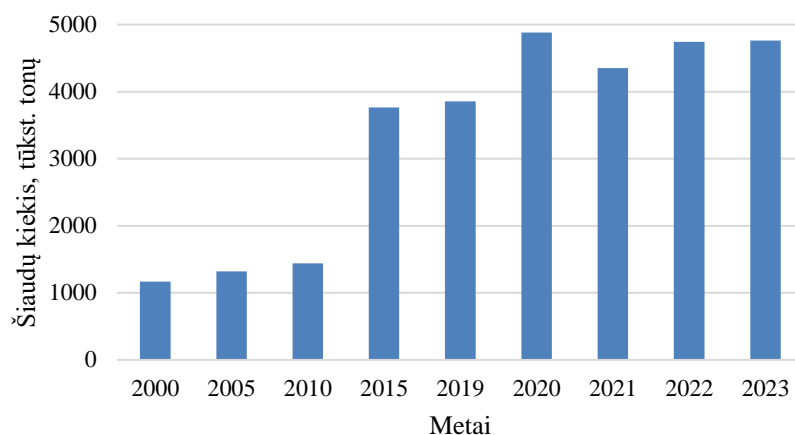
Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Lietuvoje per 24 pastaruosius metus deklaruoti žieminių kviečių plotai padidėjo beveik penkis kartus: nuo 171,69 tūkst. ha (1999 m.) iki 833,23 tūkst. ha (2023 m.) (Statistinė informacija apie...). Deklaruoti plotai kasmet didėjo (žr. 1 pav.), išskyrus 2011, 2014 ir 2018 m., kai žieminių kviečių plotai sumažėjo dėl nepalankių meteorologinių sąlygų netekus dalies pasėlių ir pavasarį atsėjus juos kitais augalais (Agrocheminių tyrimų... 2011; Feiza, 2015; Šaltėjanti žiema kol...2021).



1 pav. Deklaruoti žieminių kviečių plotai ir jų derlius Lietuvoje 1999–2023 m. [8, 10]

Didėjant žieminių kviečių plotams, padidėjo susidarantių šiaudų kiekis. Priiman, kad užauginus vieną žieminių kviečių grūdų toną vidutiniškai užauga 1,15 tonos šiaudų (Arlauskienė, Velykis, 2016), apskaičiuoti Lietuvos ūkiuose susikaupiantys žieminių kviečių šiaudų kiekiai (žr. 2 pav.). Taigi, 2023 m. Lietuvoje susidarė apie 4763 tūkst. tonų kviečių šiaudų.



2 pav. Apskaičiuotas žieminių kviečių šiaudų kiekis Lietuvoje 2000–2023 m.

Atsižvelgiant į penkių pastarųjų metų rezultatus, galima teigti, kad Lietuvoje kasmet susidaro vidutiniškai 4518±524 tūkst. tonų žieminių kviečių šiaudų. Didžioji dalis yra įterpiama atgal į dirvą kaip dirvožemio gerinimo priemonė, kuri didina derlingumą ir organinės anglies kiekį dirvoje, gerina dirvožemio struktūrą (Li et. al., 2024). Tačiau ne visi šiaudai yra paliekami lauke, kuriame jie augo. Dalis jų presuojami ir naudojami gyvulininkystės ūkiuose, o taip pat gali būti naudojami energijos gamyboje.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad 'Skagen' veislės kviečių šiaudų viršutinis šilumingumas iš natūralios masės siekė 20,41±0,23 MJ·kg⁻¹, o apatinis šilumingumas – 20,31±0,25 MJ·kg⁻¹. Šiaudų drėgnumas tyrimo metu buvo 5,87±0,36 %. Gauti rezultatai panašūs į Saskačevano universiteto (Kanada) pateiktus rezultatus, kurie nustatė 20,30 MJ·kg⁻¹ žieminių kviečių šiaudų šilumingumą (Naik et. al. 2010). Dauguma kitų tyrėjų straipsniuose pateikia žemesnes žieminių kviečių šilumingumo vertes (žr. 1 lentelę), jų vidurkis – 16,74 MJ·kg⁻¹, t. y. 21 % mažesnis nei buvo gautas rezultatas Lietuvoje. Tai galėjo nulemti tyrimuose naudotos žaliavos sudėtis ir priemonės.

1 lentelė. Šiaudų ir medienos šilumingumų palyginimas

Žaliava	Šilumingumas (MJ·kg ⁻¹)		Šaltinis	Žaliava	Šilumingumas (MJ·kg ⁻¹)		Šaltinis
	viršutinis	apatinis			viršutinis	apatinis	
Kviečių šiaudai *	20,41±0,23	20,31±0,25		Pušis	20,42±0,08	-	[27]
Kviečių šiaudų granulės	20,30±0,2	-	[21]	Eglė	20,14±0,04	18,84	[28]
	17,70	16,00	[22]	Beržas	18,14-18,57	-	[29]
Kviečių šiaudų briketai	17,67	17,53	[23]	Drebulės pjuvenų granulės	19,71±0,04	16,56±0,19	[25]
Miežių šiaudų granulės	15,7±0,3	-	[21]	Karpotojo beržo pjuvenų granulės	19,60±0,01	16,58±0,31	[25]
Kukurūzų stiebai	17,30	16,10	[24]	Paprastojo ažuolo pjuvenų granulės	19,25±0,12	16,49±0,06	[25]
Rapsų stiebai	16,60	15,30	[24]	Paprastojo ažuolo granulės	18,70±0,05	15,36±0,04	[26]
Paprastosios pušies pjuvenų granulės	20,55±0,09	17,69±0,24	[25]	Siauralapio uosio granulės	19,09±0,31	16,45±0,028	[26]
Paprastosios eglės pjuvenų granulės	19,85±0,04	17,06±0,18	[25]	Platanalapio klevo granulės	18,64±0,15	15,62±0,14	[26]

Pastaba: * Straipsnio autorių tyrimų rezultatai.

Tyrimų rezultatai rodo, kad žieminių kviečių šiaudai yra vertinga žaliava ir gali būti naudojama bioenergijos gamybai. Jie išskiriamu šilumos kiekiu artimi medienos šilumingumui, o atskirais atvejais net viršija jį: lyginant su tyrimų rezultatais, pušies pjuvenų granulių šilumingumas (20,55±0,09 MJ·kg⁻¹) (1 lentelė) yra 3,1 % mažesnis, eglės pjuvenų – 6,4 %, o beržo pjuvenų – 7,6 %.

Pagrindiniai šiaudų naudojimo deginimui privalumai: kasmet gaunami dideli žaliavos kiekiai iš vieno hektaro, lengvas užsidegimas, taip pat tai, kad nuimant derlių drėgmės kiekis dažniausiai yra palankus (apie 15%) ir nereikalauja papildomo džiovinimo [13, 14] (Dragusanu et. al., 2022; Lako et. al., 2008). Tai labai svarbu siekiant degimo proceso kokybės ir efektyvumo, mažesnių žaliavos kokybės nuostolių, mažesnės savaiminio užsiliepsnojimo rizikos (Montero et. al. 2016).

Atlikus tyrimus, 'Skagen' veislės kviečių šiaudų, augusių priesmėlio dirvožemyje, peleningumas siekė 4,42±0,33 % (esant 5,30±0,35 % drėgnumui) ir buvo 40,9 % mažesnis už literatūroje nurodomą vidutinį kviečių šiaudų peleningumą. Remiantis mokslininkų atliktais tyrimais, kviečių šiaudų peleningumas varijuoja nuo 1,3 % iki 17,4 % (2

lentelė). Teigiama, kad šiaudų peleningumui didelę įtaką turi dirvožemio tipas: mažiausias pelenų kiekis būdingas šiaudams iš pasėlių smėlingose dirvose, o didžiausias – šiaudams iš sunkesnių dirvožemių (Lako et. al., 2008).

2 lentelė. Šiaudų ir medienos peleningumų palyginimas

Žaliava	Peleningumas (%)	Šaltinis	Žaliava	Peleningumas (%)	Šaltinis
Kviečių šiaudai	4,42±0,33	Tyrimų rezultatai	Pušies mediena	0,22	[35]
	6,20	[22]	Eglės mediena	0,39±0,03	[28]
	17,04	[30]	Beržo mediena	0,30-0,50	[29]
	9,10	[13]	Drebulės pjuvenų granulės	0,86±0,01	[25]
	1,3±0,1	[21]	Karpotojo beržo pjuvenų granulės	0,37±0,01	[25]
	3,76	[31]	Paprastojos ažuolo pjuvenų granulės	0,57±0,03	[25]
Kviečių šiaudų briketai	5,70	[23]	Paprastosios pušies pjuvenų granulės	0,37±0,03	[25]
Kviečių šiaudų granulės	6,40	[23]	Paprastosios eglės pjuvenų granulės	0,32±0,05	[25]
Miežių šiaudai	9,8±0,1	[21]	Kukurūzų stiebai	4,49	[33]
Rugių šiaudai	5,70	[32]	Rapsų stiebai	6,54	[34]

Lyginant su medienos biomasės vidutiniu peleningumu (0,50±0,11 %), sudeginus žieminių kviečių šiaudus lieka beveik 9 kartus daugiau pelenų – 4,42±0,33 % (žr. 2 lentelę). Didelis pelenų kiekis ir žema jų lydymosi temperatūra gali sudaryti nuosėdas katiluose ir juos užteršti. Tai mažina degimo technologijų efektyvumą, daro žalą įrangai (Wang et. al., 2014), tačiau šiaudų pelenai gali būti tikslingai naudojami laukų tręšimui arba erozijos pažeistų dirvų gerinimui (Montero et. al., 2016).

Remiantis studijos apie šiaudų kuro naudojimo technologijų įvertinimą ataskaita (Biekša et. al., 2007), biokuro gamybai Lietuvoje galima būtų panaudoti nuo 12 % iki 15 % (vidutiniškai 13,5 %) bendro šiaudų kiekio, t. y. apie 643 tūkst. tonų šiaudų. Sudeginus tokį kiekį žieminių kviečių šiaudų, būtų galima pagaminti 13124 TJ šilumos. Tai atstotų apie 643 tūkst. tonų pušies medienos, apie 652 tūkst. tonų eglės medienos arba apie 715 tūkst. tonų beržo medienos. Tačiau deginimo metu susidarantis pelenų kiekis padidėtų. Šiaudų pelenų susidarytų vidutiniškai 4 kartus daugiau: vietoje 9,8 tūkst. tonų žieminių kviečių šiaudų pelenų apie 1,41 tūkst. tonų pušies medienos pelenų, 2,54 tūkst. tonų eglės medienos pelenų arba 2,86 tūkst. tonų beržo medienos pelenų.

Išvados

1. Nuo 1999 m. iki 2023 m. bendras Lietuvoje užaugantis kviečių šiaudų kiekis padidėjo 6 kartus: nuo 765 tūkst. tonų iki 4763 tūkst. tonų per metus.

2. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad Lietuvoje augintų 'Skagen' veislės žieminių kviečių šiaudų viršutinis šilumingumas yra 20,41±0,23MJ·kg⁻¹, t. y. vidutiniškai 21 % didesnis už kitų tyrėjų skelbiamą žieminių kviečių šiaudų šilumingumą (16,74 MJ·kg⁻¹), o jų peleningumas 4,42±0,33 %, t. y. vidutiniškai 40,9 % mažesnis už kitų tyrėjų skelbiamą žieminių kviečių šiaudų peleningumą (0,50±0,11 %).

3. Sudeginus 13,5 % žieminių kviečių šiaudų derliaus (643 tūkst. tonų), būtų galima sutaupyti apie 643 tūkst. tonų pušies medienos, apie 652 tūkst. tonų eglės medienos arba apie 715 tūkst. tonų beržo medienos.

Literatūra

1. Agrobiomass offers sustainable energy potential. 2022. European Commission. Prieiga per internetą: <https://cordis.europa.eu/article/id/442440-agrobiomass-offers-sustainable-energy-potential> (žiūrėta 2024 02 17).
2. Agrocheminių tyrimų laboratorija. 2011. Mineralinio azoto ir sieros kiekiai dirvožemyje 2011 metų pavasarį. Prieiga per internetą: http://agrolab.lt/wp-content/uploads/2014/02/Mineralinis-azotas_2011-pavasaris.pdf (žiūrėta 2024 02 18).
3. Arlauskienė A., Velykis A. 2016. Kaip skaidosi šiaudai. Mano ūkis. Prieiga per internetą: <https://manoukis.lt/manoukis-zurnalas/2016/08/kaip-skaidosi-siaudai/> (žiūrėta 2024 02 17).
4. Beuel P., Torres F., Rieker C., Bursche J., Hensel O. 2023. Effects of thermo-biological pretreatments on the combustion properties of wheat straw in a cascaded biorefinery concept. *Fuel*, Vol. 332, Part 1. <https://www.sciencedirect.com/ezproxy.vdu.lt:2443/science/article/pii/S001623612202662X>.
5. Biekša, D., Janulis, M., Plankis, V., Jaraminienė, E. 2007. Šiaudų kuro naudojimo technologijų įvertinimas ir rekomendacijų tolimesniai jų naudojimui bei biokuro briketų iš smulkių šiaudų ir žolinių augalų paruošimo

- technologijos parengimas. Studijos ataskaita.
https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Veikla/Veiklos%20sritys/Atsinaujinantys%20energijos%20%C5%A1altiniai/Moksliniai-tiriamieji%20darbai/Siaudu_kuras.pdf.
6. Butler E., Devlin G., Meier D., McDonnell K. 2013. Characterization of spruce, salix, miscanthus and wheat straw for pyrolysis applications. *Bioresource Technology*, Vol. 131, p. 202–209.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852412018688>.
 7. Dragusanu V., Lunguleasa A., Spirchez C. 2022. Evaluation of the Physical, Mechanical, and Calorific Properties of Briquettes with or without a Hollow Made of Wheat (*Triticum aestivum L.*) Straw Waste. *Sustainable Waste Management and Recycling*, Vol. 12, iss. 23. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/23/11936>.
 8. Dibdiakova, J., Wang, L., Li, H. 2015. Characterization of ashes from *Pinus Sylvestris* forest biomass. *Energy Procedia*. Vol. 75, p. 186–191.
 9. Dibdiakova J., Wang L., Li H. 2017. Heating value and ash content of downy birch forest biomass. *Energy Procedia*. Vol. 105, p. 1302–1308.
 10. Govumoni S. P., Koti S., Kothagouni S. Y., Venkateshwar S., Linga V. R. 2013. Evaluation of pretreatment methods for enzymatic saccharification of wheat straw for bioethanol production. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 91, iss. 2, p. 646–650.
 11. Feiza V. 2015. Žemės ūkio augalų pasėlių būklė ir derlingumo prognozės Lietuvoje. 2015 m. galutinė ataskaita. LAMMC. Prieiga per internetą:
https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Veiklos_sritys/Mokslas_mokymas_ir_konsultavimas/Moksliniu_tyrimu_ir_taikomosios_veiklos_darbu_galutines_ataskaitos/Derlingumo%20prognozes%201.pdf (žiūrėta 2024 02 18).
 12. Feizienė D. 2022. Šiaudų panaudojimo būdai dirvožemiams gerinti. Mano ūkis. Prieiga per internetą:
<https://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2022/08/siaudu-panaudojimo-budai-dirvozemiams-gerinti/> (žiūrėta 2024 02 18).
 13. Five principles for a sustainable bioeconomy in Nordic and Baltic countries. Prieiga per internetą:
https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Veiklos_sritys/Zemes_ir_maisto_ukis/Bioekonomika/5%20principle%20of%20BE%20in%20Nordic%20Baltic.pdf (žiūrėta 2024 02 17).
 14. Gendek A., Piętką J., Aniszewska M., Malačak J., Velebil J., Tamelova B., Krilek J., Moskalik T. 2023. Energy value of silver fir (*Abies alba*) and Norway spruce (*Picea abies*) wood depending on the degree of its decomposition by selected fungal species. *Renewable Energy*. Vol. 215. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148123008546>
 15. Herkowiak M., Mariusz A., Dworecki Z., Waliszewska B., Pilarski K., Witaszek K., Niadbala G., Piekutowska M. 2018. Analysis of the possibility of obtaining thermal energy from combustion of selected cereal straw species. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 63(4), 68–72.
 16. Ji W., Shen Z., Wen Y. 2014. A continuous hydrothermal saccharification approach of rape straw using dilute sulfuric acid. *BioEnergy Research*. Vol. 7 (4), p. 1392–1401. [h](#)
 17. Lako J., Hancok J., Yuzhakova T., Marton G., Utasi A., Redey A. 2008. Biomass – a source of chemicals and energy for sustainable development. *Environmental Engineering and Management Journal*. Vol. 7, iss. 5, P. 499–509.
 18. Li Y., Abalos D., Arthur E., Feng H., Siddique H. M. K., Chen J. 2024. Different straw return methods have divergent effects on winter wheat yield, yield stability, and soil structural properties. *Soil & Tillage Research*. Vol 238.
 19. Ma Y., Shen Y., Liu Y. 2020. State of the art of straw treatment technology: Challenges and solution forward. *Bioresource Technology*. Vol. 313.
 20. Meng X., Sun R., Ismail M. T., Zhou W., Ren X., Zhang R. 2018. Parametric studies on corn straw combustion characteristics in a fixed bed: Ash and moisture content. *Energy*. Vol. 158, p. 192–203.
 21. Montero G., Coronado A. M., Torres R., Jaramillo E. B., Garcia C., Stoytcheva M., Vazquez M. A., Leon A. J., Lambert A. A., Valenzuela E. 2016. Higher heating value determination of wheat straw from Baja California, Mexico. *Energy*. Vol. 109, p. 612–619.
 22. Naik S., Goud V. V., Rout K. P., Jacobson K., Dalai K. A. 2010. Characterization of Canadian biomass for alternative renewable biofuel. *Renewable Energy*. Vol. 35, iss. 8, p. 1624–1631.
 23. New report details way forward as future biomass demand may exceed supply. 2021. Climate-KIC. Prieiga per internetą:
<https://www.climate-kic.org/in-detail/new-report-shows-future-biomass-demand-may-exceed-supply> (žiūrėta 2024 02 17).
 24. Oficialiosios statistikos portalo duomenys apie kviečių derlių. Prieiga per internetą:
<https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=7091c578-ace6-4bb9-802f-accfaaf1a8fda#/> (žiūrėta 2024 02 17).
 25. Oremusova E., Vybohova E. 2021. Changes in gross calorific value of thermally treated scots pine (*Pinus Sylvestris L.*) and sessile oak (*Quercus Petraea L.*) wood and their explanation using FTIR Spectroscopy. *Wood research*. Vol. 66, P. 243–254.
 26. Puida E. 2015. Kietojo biokuro energetinių charakteristikų nustatymui naudojami standartai, įranga. Prieiga per internetą:
https://www.lsta.lt/files/events/2015-02-10Biokurotaisylki/Puida2_Biokuras-%20en.%20charakt.%20nustatymas-2.pdf (žiūrėta 2024 02 17).
 27. Raut A. N., Kokare M. D., Randive R. K., Bhanvase A. B., Dhoble J. S. 2023. Introduction: fundamentals of waste removal technologies. *360-Degree Waste Management*. Vol. 1, p. 1–16.

28. Rodriguez D., Lehmann L., Jensen, N. S., Bjerre A. B., Hobbey T. J. 2012. Examining the potential of plasma-assisted pretreated wheat straw for enzyme production by *Trichoderma reesei*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 166, iss. 8.
29. Statistinė informacija apie deklaruotus žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotus. VĮ Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras. Prieiga per internetą: <https://www.vic.lt/ppis/statistine-informacija/> (žiūrėta 2024 02 17).
30. Vassilev A. V., Baxter D., Andersen L. K., Vassileva C. G. 2013. An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase-mineral and chemical composition and classification. *Fuel*. Vol. 105, P. 40-76.
31. Spirchez C., Lunguleasa A., Ionescu C., Croitoru C. 2019. Physical and calorific properties of wheat straw briquettes and pellets. *MATEC Web of Conferences* 290.
32. Stolarski M. J., Stachowicz P., Dudziec P. 2022. Wood pellet quality depending on dendromass species. *Renewable Energy*. Vol. 199, p. 498–508.
33. Šaltėjanti žiema kol kas pasėlių negąsdina. 2021. Valstietis.lt. Prieiga per internetą: <https://www.valstietis.lt/ukininkuzinios/saltejanti-ziema-kol-kas-paseliu-negasdina/114661> (žiūrėta 2024 02 18).
34. Telmo C., Lousada J. 2011. Heating values of wood pellets from different species. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 35, iss. 7, p. 2634–2639.
35. Vitunskienė V. 2019. Lietuvos bioekonomikos strateginės nuostatos. 2019 m. galutinė ataskaita. Prieiga per internetą: https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/1_%20Lietuvos%20Bioekonomikos%20strategines%20nuostatos_A TASKAITA_Galutine.pdf (žiūrėta 2024 02 17).
36. Wang L., Skreiberg O., Becidan M., Li H. 2014. Sintering of rye straw ash and effect of additives. *Energy Procedia*. Vol. 61, p. 2008–2011.

RESEARCH ON THE POTENTIAL OF STRAW - RAW MATERIALS FOR SOLID BIOFUELS

Summary

The article examines the amount of wheat straw produced in Lithuania and the potential of its use for solid biofuel. Heating value and ash content studies of 'Skagen' wheat straw were carried out. After analyzing the statistical data of the winter wheat harvest, it was calculated that in recent years, an average of 4518 ± 524 thousand tons of winter wheat straw are produced in Lithuania every year. Part of the straw can be used in the energy industry, as it is characterized by a sufficiently high calorific value: it was found that the higher heating value of winter wheat straw is equal to $20,41 \pm 0,23$ MJ·kg⁻¹, the lower heating value is $20,31 \pm 0,25$ MJ·kg⁻¹. Burning 13,5% of the winter wheat straw harvest (643 thousand tons) would release the same amount of heat as burning about 643 thousand tons of pine wood, about 652 thousand tons of spruce wood or about 715 thousand tons of birch wood. However, the amount of ash generated would increase to 9,8 thousand tons, instead of 1,41 thousand tons of pine wood ash, 2,54 thousand tons of spruce wood ash or 2,86 thousand tons of birch wood ash.

Keywords: straw, yield, heating value, ash content