

**VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS**  
*Vytautas Magnus University*

**ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA 2024**

Mokslo straipsnių rinkinys

***HUMAN AND NATURE SAFETY 2024***

*Selected papers*



Kaunas, 2024

## Apie leidinį

### ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA

ISSN 1822-1823 (spausdintas)

ISSN 2538-9122 (internetinis)

<https://doi.org/10.7220/2538-9122.2024>

#### VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS

Mokslo straipsnių rinkinys.

Išėina 1 kartą per metus.

Spausdinta versija leidžiama nuo 2000 m., internetinė versija – nuo 2016 m.

Straipsniai recenzuojami.

Rinkinyje publikuojamų straipsnių kalba neredaguota. Už straipsnių kalbą atsakingi autoriai.

Rinkinyje spausdinami originalūs straipsniai, kuriuose pateikiami tarpusavyje susijusių žmogaus saugos ir sveikatos bei gamtos apsaugos tyrimų rezultatai ir (ar) jų problemų sprendiniai.

Pagrindinė leidinio tematika:

- tausojančios gamybos ir perdirbimo technologijos;
- aplinkosaugos inžinerija, ergonomika, profesinė sauga;
- aplinkos įtakos žmonių sveikatai tyrimai;
- ekologija ir bioįvairovės išsaugojimas, darnioji miškininkystė.

Straipsnių rinkinio leidimą kuruoja Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedra.

Straipsniai referuojami duomenų bazėje „Central & Eastern European Academic Source“ (EBSCO).

Bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos integralios bibliotekų informacinės sistemos (LIBIS) portale *ibiblioteka.lt*.

## About Journal

### HUMAN AND NATURE SAFETY

ISSN 1822-1823 (Print)

ISSN 2538-9122 (Online)

<https://doi.org/10.7220/2538-9122.2024>

#### VYTAUTAS MAGNUS UNIVERSITY

*Selected papers.*

*Published annually.*

*Printed version available since 2000, online – 2016.*

*Articles are peer reviewed.*

*Language of the manuscripts is not edited. Authors are responsible for the language quality.*

*The collection contains original articles that present the results of research and/or solutions for human safety and health and environmental protection.*

*Topics of the publication are as follows:*

- *sustainable production and processing technologies;*
- *environmental engineering, ergonomics, occupational safety;*
- *research of environmental impact on human health;*
- *ecology and biodiversity conservation, sustainable forestry.*

*Publication of the articles is supervised by the Department of Agricultural Engineering and Safety of VMU Agriculture Academy.*

*Publications are abstracted in EBSCO Central & Eastern European Academic Source (full text).*

*Bibliographic information is available on the Lithuanian Integral Library Information System (LIBIS) portal *ibiblioteka.lt*.*

Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija,  
Gamtos mokslų fakultetas, Botanikos sodas  
Tel: +370 37 75 23 57, el. p. [zmogaus.sauga@vdu.lt](mailto:zmogaus.sauga@vdu.lt)  
Interneto svetainė: <https://zgs.vdu.lt>

*Vytautas Magnus University Agriculture Academy,  
Faculty of Natural Sciences, Botanical Garden  
Tel. +370 37 75 23 57, e-mail: [zmogaus.sauga@vdu.lt](mailto:zmogaus.sauga@vdu.lt)  
Website: <https://zgs.vdu.lt>*

Mokslo straipsnių rinkinio  
„Žmogaus ir gamtos sauga 2024“

**REDAKCINĖ KOLEGIJA**

**EDITORIAL BOARD**

*of the selected papers*

„Human and Nature Safety 2024“

**Vyr. redaktorius akad. prof. dr. Egidijus Šarauskis** (Lithuania)  
*Editor-in-chief*

**Redaktoriaus pavaduotojas dr. Gediminas Vasiliauskas** (Lithuania)  
*Vice editor-in-chief*

**Nariai / Members**

Akad. prof. habil. dr. **Juozas Augutis** (Lithuania)

Prof. dr. **Vitas Marozas** (Lithuania)

Dr. **Aivars Aboltins** (Latvia)

Akad. prof. habil. dr. **Audrius Sigitas Maruška**  
(Lithuania)

Prof. dr. **Laima Česonienė** (Lithuania)

Prof. habil. dr. **Witold Pazdrowski** (Poland)

Asoc. prof. dr. **Rolandas Domeika** (Lithuania)

Dr. **Juozas Pekarskas** (Lithuania)

Prof. habil. dr. **Regina Gražulevičienė** (Lithuania)

Prof. habil. dr. **Ona Ragažinskienė** (Lithuania)

Prof. dr. **Julija Kiršienė** (Lithuania)

Prof. habil. dr. **Nijolė Savickienė** (Lithuania)

Prof. dr. **Savelii Kukharets** (Ukraine)

Akad. prof. dr. **Dainius Steponavičius** (Lithuania)

Straipsnių rinkinio ŽMOGAUS IR GAMTOS  
SAUGA 2024 išleidimą rėmė:

*The release of the selected papers HUMAN AND  
NATURE SAFETY 2024 supported by:*

VDU Žemės ūkio akademijos Inžinerijos  
fakultetas,  
VDU Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos  
fakultetas

*Faculty of Engineering of VMU Agriculture  
Academy,  
Faculty of Forest Sciences and Ecology of VMU  
Agriculture Academy*

**Mokslo straipsnių recenzentai / *Reviewers of the articles***

Doc. dr. I. Adamonytė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
I. Bručienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. S. Buragienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. L. Česonienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. L. Česonienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Čingienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Habil. dr. R. Daubaras	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. A. Dėdelė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. A. Gavenauskas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. E. Jarienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. A. Jasinskas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. E. Jotautienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. N. Jurkonis	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. Z. Kriaučiūnienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. K. Lekavičienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. V. Marozas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Mioldažys	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. V. Naujokienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. J. Pekarskas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. A. Radzevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. habil. dr. O. Ragažinskienė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Prof. dr. K. Romaneckas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. D. Savickas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Skominas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. J. Stankevičiūtė	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Akad. prof. dr. E. Šarauskis	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. E. Vaiciukevičius	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Doc. dr. R. Vaisvalavičius	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>
Dr. G. Vasiliauskas	Vytauto Didžiojo universitetas	<i>Vytautas Magnus University</i>

## Turinys

BIOSISTEMŲ INŽINERIJA <i>BIOSYSTEM ENGINEERING</i>	8
Palydovu „Copernicus Sentinel-2“ fiksuotų žeminių kviečių NDVI ir grūdų derliaus priklausomybių nustatymas <b>Laimonas Pabijonavičius, Dainius Steponavičius, Marius Kazlauskas, Dainius Šišlavas</b>	9
Mechaninė piktžolių kontrolė naudojant rotacines akėčias <b>Vidmantas Jarockis, Egidijus Šarauskis, Sidona Buragienė</b>	16
Juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašinos darbo procesų vertinimas auginant žeminius rapsus <b>Vytautas Gričius, Egidijus Šarauskis</b>	22
Mineralinių trąšų srauto ant sklaidomųjų diskų pokyčio įtakos granuliu sklaidai tyrimai <b>Eimantas Dovidaitis, Edvardas Vaiciukevičius, Algirdas Jasinskas</b>	28
Autotransporto sukeliama triukšmo tyrimas rytinio ir vakarinio piko laikotarpiais Kauno priemiesčių gatvių aplinkoje <b>Osvaldas Steponaitis, Gediminas Vasiliauskas</b>	34
Autotransporto sukeliama triukšmo mažinimo triukšmo užtvaramis tyrimas ir modeliavimas <b>Mykolas Vidžiūnas, Gediminas Vasiliauskas</b>	39
Telemetrinių sistemų panaudojimas logistikos kompanijų veiklai optimizuoti <b>Valdas Anciūnas, Antanas Juostas, Eglė Jotautienė</b>	45
Telematikos duomenys javų kombainų darbo laiko efektyvumui didinti <b>Andrius Pauliukaitis, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas</b>	51
Dulkėtumo grūdų sandėliavimo įmonėje tyrimas <b>Vida Kazlauskienė, Ramūnas Mioldažys</b>	57
Maisto pramonės įmonės oro taršos valdymas <b>Justina Tylaitė, Rasa Čingienė</b>	62
Privačiai ir mėgėjiškai dirbančiųjų medienos apdirbimo srityje saugos ir sveikatos valdymo tyrimas <b>Skirmantas Jonikas, Gediminas Vasiliauskas</b>	67
Grūdų kokybės užtikrinimas elevatoriuje <b>Audrius Malinauskas, Rasa Čingienė, Aušra Steponavičienė</b>	72
Technologinių procesų galvijų tvartuose triukšmo tyrimas <b>Agnė Rakauskienė, Gediminas Vasiliauskas, Lina Saldukaitė-Sribikė</b>	77
Pavėsinių kiečių paruošimas ir naudojimas deginti bei poveikio aplinkai tyrimas <b>Ilona Sederevičiūtė, Algirdas Jasinskas, Edvardas Vaiciukevičius</b>	82
Oro taršos azoto oksidais iš transporto priemonių ir jų poveikio ozono koncentracijos lygiui vertinimas <b>Vaida Vasiliauskienė</b>	88
Lygiavertės dozės galios pokyčių VTDK patalpose vertinimas <b>Milda Pečiulienė, Kristina Višnevskienė</b>	95
Dirbtinės kilmės radionuklidų Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje ir dugno nuosėdose liekamojo užterštumo analizė <b>Asta Daunaravičienė</b>	101
Traktorinės puspriekabės naudojimo saugos didinimas tiriant lingės laikiklį <b>Aistis Miknevičius, Sigitas Petkevičius</b>	106

Dyzelinio variklio efektyvumo rodiklių tyrimas naudojant dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus mišinius	112
<b>Paulius Montvydas, Tomas Mickevičius</b>	
Effectiveness of Biological Agents and Enzymatic Catalysis in Wastewater Treatment	119
<b>Mindaugas Rutalė, Marina Valentukevičienė</b>	
UAB „Kaišiadorių vandenys“ tvaraus nuotekų dumblo kompostavimo panaudojant kitas komunalines atliekas analizė	125
<b>Algirdas Radzevičius, Laurynas Stulginskas</b>	
Grauzės III tvenkinio hidromazgo gelžbetoninių plokščių tyrimai naudojant atitrūkusius betono gabalus	132
<b>Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius</b>	
APLINKA IR SVEIKATA	138
<i>ENVIRONMENT AND HEALTH</i>	
VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus vaistinių augalų kolekcijų mokslinė ir praktinė raida (1924–2024)	139
<b>Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis, Erika Šeinauskienė, Karolina Jackevičienė</b>	
The Attitudes and Experiences in Container Gardening: Practical and Aesthetic Implications	144
<b>Mindaugas Rutalė, Inga Jančiauskienė</b>	
Pagalbinių medžiagų įtaka <i>p</i> -kumaro rūgšties tirpimo iš kapsulių kinetikai	149
<b>Vakarė Jokubaitytė, Monika Jokūbaitė, Kristina Ramanauskienė</b>	
EKOLOGIJA, DARNIOJI MIŠKININKYSTĖ	155
<i>ECOLOGY, SUSTAINABLE FORESTRY</i>	
Pupinių šeimos išėlių poveikis kukurūzų vystymuisi ir produktyvumui	156
<b>Martynas Jonikas, Austėja Švereikaitė, Rasa Kimbirauskienė, Aušra Sinkevičienė, Jovita Balandaitė, Kęstutis Romaneckas</b>	
Fenologinių indikatorių fenofazių ir vėlyvųjų šalnų pavasarį susidarymo dėsningumai Lietuvoje	162
<b>Danuta Romanovskaja, Eugenija Bakšienė</b>	
Holistinių tyrimų metodų taikymas nacionalinės kokybės kopūstų kokybės tyrimuose	167
<b>Laura Kuprytė, Daiva Šileikienė, Laima Česonienė</b>	
Nacionalinės maisto kokybės sistemos technologijų poveikis valgomųjų svogūnų ( <i>Allium Cepa</i> ) savybėms	173
<b>Naira Šimkuvienė, Daiva Šileikienė, Laima Česonienė</b>	
Lietuvoje gaminamo juodosios plokščiamusės ( <i>Hermetia Illucens</i> ) zookomposto savybių tyrimai	178
<b>Juozas Pekarskas</b>	
Skirtingų organinių komponentų ir kompostavimo sąlygų įtaka komposto kokybiniams rodikliams ir indikaciniams augalams	184
<b>Domantė Razulevičiūtė, Jūratė Aleinikovienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė</b>	
Skystų biologinių preparatų, pagamintų iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, įtaka ekologiškai auginamiems augalams ir dirvožemio savybėms	189
<b>Juozas Pekarskas, Bertoldas Gumbargis, Algirdas Gavenauskas</b>	
Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka valgomųjų morkų ( <i>Daucus sativa</i> L.) produktyvumui ir kokybiniams rodikliams	195
<b>Karolina Jackevičienė, Aušra Sinkevičienė, Kęstutis Romaneckas, Rasa Kimbirauskienė, Augustas Sederevičius, Inesa Sinkevičiūtė</b>	

Sėjomainos įtaka organinės anglies ir mikroskopinių grybų gausumui paprastųjų kukurūzų ( <i>Zea mays</i> L.) pasėlio dirvožemyje	202
<b>Saulius Mileris, Nijolė Maršalkienė, Lina Skinulienė</b>	
Organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka piktžolių sėklų kiekiui valgomųjų morkų ( <i>Daucus sativa</i> L.) pasėlyje	208
<b>Karolina Jackevičienė, Aušra Sinkevičienė, Nerijus Jurkonis, Alfredas Sinkevičius, Rasa Kimbirauskienė</b>	
Aplinkos sąlygų įtaka <i>Trichoderma</i> genties grybų antagonistiniam aktyvumui	214
<b>Dominykas Liukpetris, Vita Raudonienė, Jurgita Švedienė, Danguolė Bridžiuviene</b>	
Aukštumalos pelkės pietvakarinės dalies hidrologinės būklės vertinimas	219
<b>Živilė Simutyte</b>	
Sėjos laiko įtaka žieminių kviečių pasėliui	224
<b>Darija Jodaugienė, Ilona Vagusevičienė, Lukas Aukselis</b>	
Skirtingo žemės dirbimo poveikis žirnių pasėliui	229
<b>Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Karolis Vaičys</b>	
Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka žieminių kviečių produktyvumui ir grūdų kokybei	235
<b>Ilona Vagusevičienė, Darija Jodaugienė</b>	
Vandens telkiniuose gyvenančių vėžių ligas sukeliančių mikroskopinių grybų paieška	241
<b>Jurgita Švedienė, Gintautas Vaitonis, Vita Raudonienė, Algimantas Paškevičius</b>	
Negyvos medienos kiekybinis vertinimas įvairaus amžiaus ir rūšinės sudėties miškuose	245
<b>Ingrida Kezienė, Žydrūnas Preikša, Laima Česonienė</b>	
Rudųjų lapių ( <i>Vulpes vulpes</i> ) mitybos įvairovė vakarų ir vidurio Lietuvos regionuose	251
<b>Giedrius Kurpeikis, Renata Špinkytė-Bačkaitienė</b>	
Pilkųjų žąsų ( <i>Anser anser</i> L.) populiacijos dinamika ir teritorijų naudojimas mitybai Žuvinto biosferos rezervate	257
<b>Regimantas Vabuolas, Gediminas Brazaitis</b>	
Migruojančių žąsų įtaka žieminiams kviečiams ir pievoms	262
<b>Dalia Kančauskaitė, Kastytis Šimkevičius, Gediminas Brazaitis</b>	

**BIOSISTEMŲ INŽINERIJA**

*BIOSYSTEM ENGINEERING*



# PALYDOVU „COPERNICUS SENTINEL-2“ FIKSUOTŲ ŽIEMINIŲ KVICIŲ NDVI IR GRŪDŲ DERLIAUS PRIKLAUSOMYBIŲ NUSTATYMAS

Laimonas Pabijonavičius, Dainius Steponavičius, Marius Kazlauskas, Dainius Šišlavas

Vytauto Didžiojo universitetas

Žemdirbystė yra itin svarbi ūkio šaka, kuri ne tik aprūpina žmones maistu, bet taip pat yra pajamų šaltinis kaimo vietovėse gyvenantiems ir žemę dirbantiems ūkininkams bei žemės ūkio bendrovėms, auginančioms javus. Dėl nuolat svyruojančių javų grūdų supirkimo kainų javų augintojai sudaro sutartis su grūdų supirkėjais ir fiksuoja grūdų supirkimo kainas, išsipareigodami supirkėjams pristatyti tam tikrą kiekį grūdų nuėmę javus. Javų augintojams nepavykus prikulti reikiamo kiekio grūdų, kyla problemų dėl sutarties neįvykdymo. Tam, kad būtų įvykdyta sutartis ir į ją būtų įtrauktas kuo artimesnis javų laukuose esantis grūdų derliaus kiekis, reikalinga kuo tiksliau ir kuo anksčiau nustatyti potencialų grūdų derlių. Šiame tyrime buvo tiriamos palydovu „Copernicus Sentinel-2“ fiksuotų žieminių kviečių augalų skirtingų augimo tarpsnių NDVI indekso sąsajos su 2021–2023 metais gautu grūdų derliumi. Tyrimai buvo atliekami Panevėžio r. Naujamiesčio sen. ūkininko ūkyje. Lauko plotas – 22,4 ha. Tiriamajame lauke buvo atliktas dirvos elektrinio laidumo tyrimas. Pagal šio tyrimo duomenis, priklausomai nuo dirvožemio, laukas buvo suskirstytas į penkias zonas, kuriose parinktos 62 matavimo vietos. Tose vietose, nuimant javų derlių, kombaine įrengta matavimo įranga buvo fiksuojamas grūdų derlius. Tyrimais nustatyta, kad žieminių kviečių vegetacijos indeksas (NDVI) priklauso nuo jų augimo sąlygų (dirvožemio ir maisto medžiagų) bei javų brendimo fazės. Visais trimis tyrimų metais (2021–2023) NDVI didėjo iki liepos pradžios (BBCH60 kviečių brendimo tarpsnio), vėliau viso lauko NDVI vidurkis pradėjo mažėti, o skaitinių reikšmių sklaida – didėti. Žieminių kviečių grūdų derliaus prognozavimo tikslumas priklauso nuo augalų augimo stadijos (brendimo laipsnio). Tiksliausiai prognozuoti kviečių grūdų derlių, panaudojus augalų NDVI stebėjimo iš palydovo duomenis, galima maždaug BBCH65 žieminių kviečių stadijoje. Tuomet grūdų derliaus ir NDVI koreliacijos koeficientas siekia 0,723–0,886.

Žieminiai kviečiai, augimo tarpsnis, augalų skenavimas, grūdų derliaus prognozavimas.

## Įvadas

Kviečiai yra viena iš pagrindinių javų veislių, kuri auginama plačiai pasaulyje. Lietuvoje 2023 metais, NMA duomenimis, buvo deklaruota 833 225,2 ha žieminių kviečių. Kiekvienas javų augintojas, auginantis javus, skirtus parduoti, suinteresuotas kuo daugiau iš jų uždirbti. Vienas iš būdų kuo geresnėmis kainomis parduoti javus yra fiksuoti javų kainas prieš jų nuėmimą, sudarant sutartis su grūdų supirkėjais. Javų augintojas gali apie būsimą derlių spėti remdamasis praėjusių metų derliumi, bet tokiu atveju rizikuoja, kad nuėmus javus užaugintas javų kiekis bus mažesnis už planuotą. Gavus mažesnę derlių, negu suderinta sutartyje, javų augintojas rizikuoja netesybomis. Užauginamų javų derlingumas svarbus ir supirkėjams, nes, žinodami potencialų būsimą derlių, jie gali numatyti javų supirkimo kainas.

Tikslus išankstinis būsimų javų grūdų derliaus įvertinimas yra labai svarbus priimant pagrįstus sprendimus tiksliojoje žemdirbystėje. Javų derlingumas gali būti prognozuojamas remiantis normalizuoto augalijos skirtumo indekso (NDVI) vertėmis (Panek, Gozdowski, 2020). NDVI apskaičiuojamas pagal augalijos atspindį raudonojoje ir artimojoje infraraudonojoje elektromagnetinio spektro juostose. Augalai, sugeriantys daugiau raudonos šviesos ir atspindintys daugiau artimosios infraraudonosios spinduliuotės, yra gyvybingesni, jų NDVI vertė didėja, o kartu didėja ir tikėtinas grūdų derlius. Todėl NDVI gali būti naudojamas kaip augalų sveikatos būklės ir biomasės rodiklis. Manoma, kad NDVI yra pakankamai jautrus, kad leistų aptikti gana neženklius augmenijos pokyčius. Nustatyti augalų NDVI reikšmių intervalai gali būti naudojami planuojant tręšti ar kuriant naujas tręšimo strategijas (Aranguren et al., 2020). Taigi, NDVI dinamikos stebėjimas visą javų vegetacijos laikotarpį gali padėti prognozuoti grūdų derlių jį nuimant. Panek ir Gozdowskio (2020) gauti rezultatai rodo, kad pagal NDVI galima prognozuoti javų grūdų derlių, likus trims keturiems mėnesiams iki derliaus nuėmimo, o tai svarbu planuojant maisto politiką (Panek, Gozdowski, 2020). Aranguren ir kt. (2020) augalų būklę siūlė vertinti suminiu NDVI (ΣNDVI). Jie teigė, kad šis suminis NDVI nuo GS30 iki GS65 kviečių augimo tarpsnio paaiškina apie 80 % kviečių derliaus kintamumo.

Augalų NDVI gali būti nustatomas naudojant antžeminius jutiklius (angl. *proximal sensors*), dažniausiai pritvirtinamus prie traktorių ar kitų žemės ūkio mašinų. Be to, gali būti naudojamos ir palydovinio nuotolinio stebėjimo sistemos (angl. *satellite-based remote sensing*), pvz., „Landsat“ (Ulfa et al., 2022). Pastaraisiais metais plačiai naudojamos palydovinės sistemos, pavyzdžiui, „Sentinel-2“ (S2), tačiau jų vaizdų prieinamumas priklauso nuo oro sąlygų. Savo ruožtu „Sentinel-1“ (S1) grįžtamosios sklaidos duomenys žemės ūkyje

naudojami rečiau dėl sudėtingo jų interpretavimo ir apdorojimo, tačiau oro sąlygos jiems turi mažiau įtakos. Uribeetxebarria ir kt. (2023) atliktame tyrime nagrinėjo galimybę derinti S1 ir S2 duomenis, sukuriant grūdų derliaus prognozavimo algoritmą („CatBoost“).

Tyrimų tikslas – nustatyti žieminių kviečių grūdų derliaus priklausomybę nuo palydovu „Copernicus Sentinel-2“ nustatytų NDVI indekso reikšmių skirtingais javų augimo tarpsniais.

## Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2020–2023 m. laikotarpiu Panevėžio r. Naujamiesčio sen. ūkininko ūkyje. Tyrimų lauko koordinatės – 55.674734, 24.145607, plotas – 22,4 ha. 2020 m. rugpjūčio 11 d. lauke buvo išmatuotas dirvožemio elektrinis laidumas ( $EC$ ,  $mS\ m^{-1}$ ), naudojant įrenginį „Geonics Limited EM-38“ (1 pav.). Jis buvo traukiamas visureigiu dirvos paviršiumi kas 24 m tarp gretimų važiavimų. Dirvožemio elektrinis laidumas buvo skenuojamas nuo 0 iki 1,5 metro dirvos gylio sluoksnyje. Atlikus  $EC$  tyrimą, tiriamasis laukas suskirstytas į 5 elektrinio laidumo zonas (2 pav.). Trejus metus iš eilės tiriamajame lauke tiesioginės sėjos sėjama buvo sėjami ‘Skagen’ veislės žieminiai kviečiai. Pavasarinis tręšimas, kintama trąšų norma, vykdytas 05 09, 05 22 ir 06 09 (2021 m.); 05 27 ir 06 08 (2022 m.); 04 29, 05 10 ir 05 31 (2023 m.). Visus trejus metus meteorologinės sąlygos skyrėsi (1 lentelė). Ypač ženkliai mažu kritulių kiekiu balandžio–gegužės mėn. išsiskyrė 2023 metai.

1 lentelė. Meteorologinės sąlygos

Table 1. Meteorological conditions

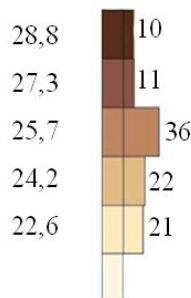
Mėnuo	Krituliai, mm			Vidutinė temperatūra, °C		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Kovas	20,6	3,1	40,8	1,7	1,2	2,5
Balandis	41,4	51,6	23,8	6,2	5,8	8,5
Gegužė	130,6	85,5	13,2	11,3	10,9	12,3
Birželis	23,4	111,5	41,4	19,6	17,4	17,5
Liepa	69,2	104,9	49,7	22,4	17,9	17,6
Rugpjūtis	94,2	70,3	99,6	16,0	20,4	19,7
<b>Vidurkis</b>	<b>63,2</b>	<b>71,2</b>	<b>44,8</b>	<b>12,9</b>	<b>12,3</b>	<b>13,0</b>



1 pav. Dirvožemio elektrinio laidumo įrenginys  
Fig. 1. Soil electrical conductivity device

$EC$ ,  
 $mS \cdot m^{-1}$

Dalis  
lauke, %



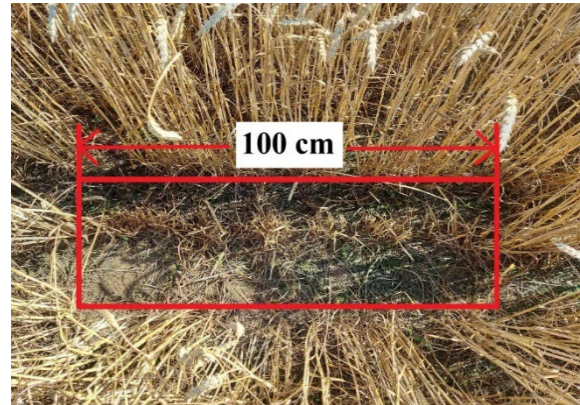
2 pav. Dirvožemio elektrinio laidumo žemėlapis  
Fig. 2. Field electrical conductivity map

Remiantis 2 pav. pavaizduotu žemėlapiu tiriamajame lauke buvo pasirinkti 62 taškai, kuriuose buvo imamas biologinis žieminių kviečių derlius prieš pat javų nuėmimą 2021–2023 metų laikotarpiu ir nustatomos NDVI indekso vertės kiekvienais tyrimo metais po keturis kartus. Pasirinkti taškai buvo sužymėti žemėlapyje (3 pav.) programoje „Google Earth“, turinčioje prieigą prie palydovo teikiamos informacijos. Tiksliai ėminių taško vietai nustatyti buvo naudojamas išmanioju telefonu, kuriame fiksuojamos GPS koordinatės. Kiekvienais tyrimų metais kviečių grūdų derlius buvo nustatomas nuimant derlių (2021-08-01, 2022-08-19 ir 2023-08-01) javų kombaine „Case IH 9230 Axial Flow“ įrengta derlingumo matavimo sistema. Paskui kompiuterine programa SMS buvo sudaryti kviečių grūdų derlingumo žemėlapiai. Lygiagrečiai, kaip

referencinis metodas kviečių grūdų derliui nustatyti, buvo naudojamas rankinis biologinio derliaus surinkimas iš tyrimo vietų. Tam, prieš kombainu nuimant javus, iš kiekvieno charakteringo lauko taško buvo išpjauama 1 m ilgio žieminių kviečių eilutė (4 pav.), nuo dirvos paviršiaus paliekant 5 cm aukščio ražieną. Laboratorijoje kviečių ėminiai buvo iškulti kūlimo mašina „Wintersteiger“, atskirtos priemaišos, pasverti grūdai ir nustatytas žieminių kviečių grūdų derlius kiekviename charakteringame lauko taške ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Kiekvienas tyrimas pakartotas 5 kartus, apskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai, jų pasikliauties intervalai, medianos ir variacijos koeficientai.



**3 pav.** Žemėlapis su charakteringais lauko taškais  
*Fig. 3. Map with main field points*

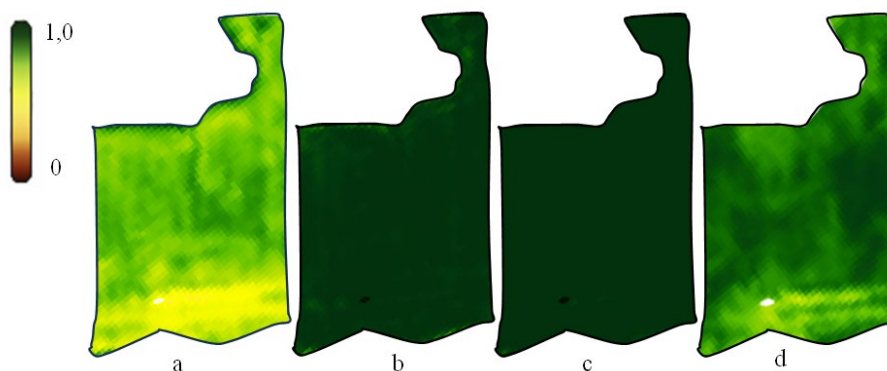


**4 pav.** Kviečių derliaus nustatymas lauke  
*Fig. 4. Wheat yield estimation in field*

Skirtingais žieminių kviečių augimo tarpsniais nuo pavasarį prasidedančios augalų vegetacijos pradžios interneto svetainėje *OneSoil.com* iš palydovu „Copernicus Sentinel-2“ nuskenuoto tiriamojo lauko žemėlapis išrenkamos NDVI indekso vertės iš charakteringų lauko taškų (iš viso 62 vnt.). Analizuojant kiekvieną tyrimą, iš šių 62 NDVI reikšmių apskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai, jų pasikliauties intervalai, medianos ir variacijos koeficientai. Taškinėse diagramose atvaizduojamos žieminių kviečių derliaus priklausomybės nuo NDVI indekso. Be to, nustatomos minėtų priklausomybių koreliacijos koeficientų  $R^2$  skaitinės vertės.

## Rezultatai ir aptarimas

Naudojant palydovo „Sentinel-2“ duomenis, 2021 metų balandžio 26, gegužės 9 ir liepos 3 dienomis charakteringuose bandomojo lauko taškuose (iš viso 62 vnt.) buvo nustatytos kviečių pasėlio NDVI indekso vertės.



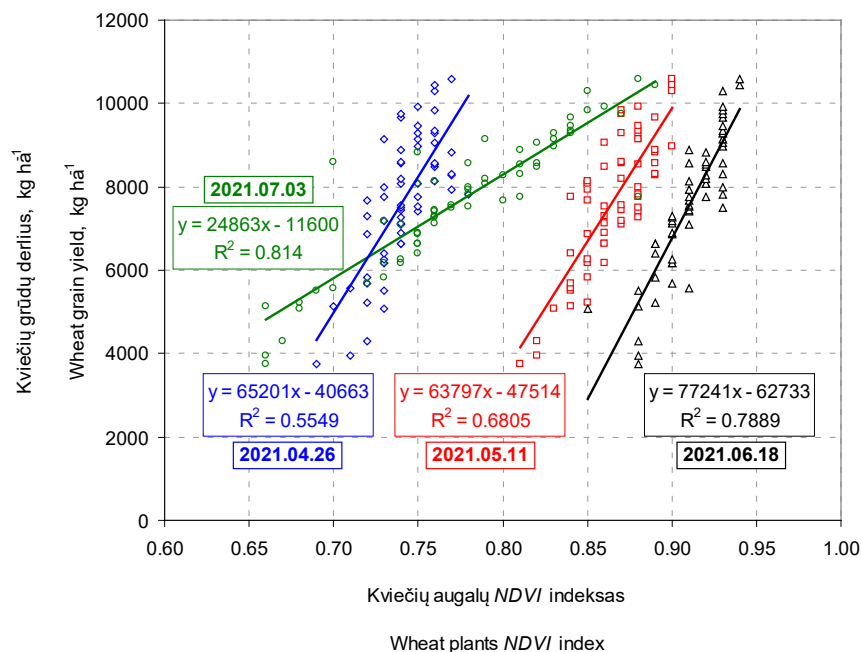
**5 pav.** Skirtingais 2021 m. laikotarpiais palydovu nustatytų kviečių lauko NDVI reikšmių žemėlapiai  
*Fig. 5. Maps of the NDVI index in the field at different time periods (2021)*

Pastaba: a – 2021-04-26, b – 2021-05-11, c – 2021-06-18, d – 2021-07-03.  
Note: a – 26.04.2021, b – 11.05.2021, c – 18.06.2021, d – 03.07.2021.

Iš nustatytų NDVI reikšmių sudaryti žemėlapiai (5 pav.), kurie vizualiai atspindi augalų būseną. Išanalizavus duomenis nustatyta, kad NDVI kito nuo 0,69 iki 0,78 (vidurkis  $0,74 \pm 0,01$ ) (2021-04-26), nuo

0,81 iki 0,90 ( $0,87\pm 0,01$ ) (2021-05-11), nuo 0,85 iki 0,94 ( $0,91\pm 0,01$ ) (2021-06-18) ir nuo 0,66 iki 0,89 ( $0,78\pm 0,02$ ) (2021-07-03). Iš šių duomenų matyti, kad augalų NDVI priklauso nuo jų tręšimo ir brandimo fazės. Iki 2021-06-18 NDVI didėjo, o liepos pradžioje, augalams pasiekus BBCH60 brandimo tarpsnį, viso lauko NDVI sklaida padidėjo (variacijos koef. 7,52 %), o vidurkis sumažėjo iki  $0,78\pm 0,02$ .

Išanalizavus visų 62 matavimo vietų duomenis, nustatyta, kad 2021 m. kviečių grūdų derlius kito nuo  $3\,761\text{ kg ha}^{-1}$  iki  $10\,573\text{ kg ha}^{-1}$  (vidurkis siekė  $7\,680\pm 408\text{ kg ha}^{-1}$ , mediana –  $7\,785\text{ kg ha}^{-1}$ , o variacijos koeficientas – 20,9 %). Pagal šiuos duomenis buvo sudarytos žieminių kviečių grūdų derliaus tiesinės priklausomybės nuo NDVI indekso (6 pav.). Vertinti keturi kviečių vystymosi laikotarpiai nuo 2021-04-26 iki 2021-07-03. Dviejų dydžių ryšio (priklausomybės) stiprumas vertinamas koreliacijos koeficientu  $R^2$ . Augalus tręšiant ir jiems vystantis, tiek NDVI, tiek koreliacijos koeficiento  $R^2$  skaitinės reikšmės didėja. Tokia tendencija stebima iki 2021-06-18. Tačiau 2021-07-03 tyrimų lauke dėl dirvožemio nevienalytiškumo pradėjo ryškėti ženklesni skirtumai tarp bręstančių augalų (5 pav., d). Tai turėjo įtakos ir koeficientui  $R^2$ , kurio skaitinė reikšmė padidėjo iki 0,814. Skenuoti javų pasėlių ir nustatyti NDVI reikšmes dar vėlesniuose kviečių augimo tarpsniuose netikslinga, nes augalai ima sparčiai gelsti, NDVI reikšmės greitai mažėja ir vienodėja. Iš gautų tyrimų rezultatų galima daryti išvadą, kad tiksliausiai prognozuoti kviečių grūdų derlių, panaudojus augalų NDVI stebėjimo duomenis, galima maždaug BBCH65 žieminių kviečių stadijoje.



**6 pav.** Žieminių kviečių grūdų derliaus priklausomybės nuo skirtingais 2021 m. laikotarpiais palydovu nustatytų kviečių lauko NDVI reikšmių

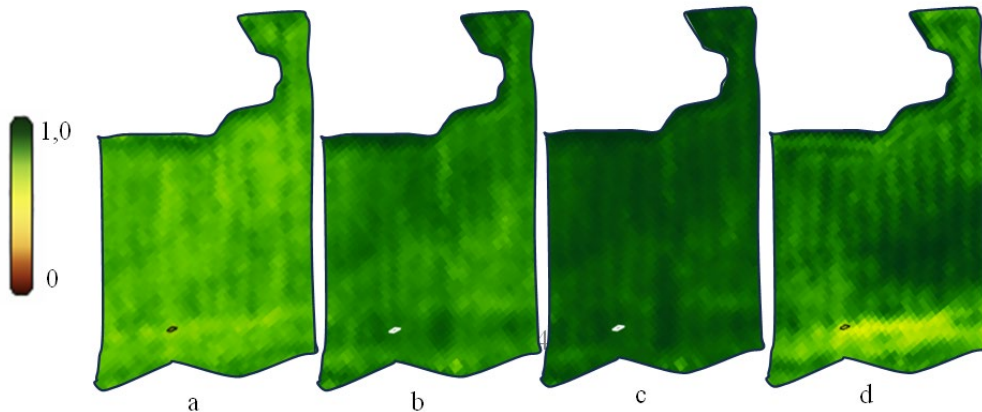
**Fig. 6.** Interaction between grain yield and NDVI index in the field at different time periods (2021)

2022 m. NDVI indekso vertės charakteringuose bandomojo lauko taškuose buvo nustatytos gegužės 16, gegužės 24 ir birželio 5 dienomis (7 pav.). Tais metais kviečių grūdų derlius kito nuo  $4\,868\text{ kg ha}^{-1}$  iki  $12\,624\text{ kg ha}^{-1}$  (8 pav.) (vidurkis siekė  $8\,055\pm 397\text{ kg ha}^{-1}$ , mediana –  $8\,056\text{ kg ha}^{-1}$ , o variacijos koeficientas – 19,4 %). 2022 m. stebėtos labai panašios tendencijos kaip 2021 m. Didžiausia priklausomybė ( $R^2 = 0,7228$ ) nustatyta 2022-07-20, kai buvo BBCH65 kviečių augimo stadija. Tuomet NDVI kito nuo 0,67 iki 0,81 (vidurkis  $0,73\pm 0,01$ ).

2023 m. NDVI indekso vertės charakteringuose bandomojo lauko taškuose buvo nustatytos gegužės 1, birželio 3 ir birželio 25 dienomis (9 pav.). Kadangi augimo sąlygos nebuvo palankios, kviečių grūdų derlius buvo mažiausias per visus trejus tyrimo metus ir kito nuo  $1\,191\text{ kg ha}^{-1}$  iki  $6\,610\text{ kg ha}^{-1}$  (vidurkis siekė  $4\,399\pm 351\text{ kg ha}^{-1}$ , mediana –  $4\,523\text{ kg ha}^{-1}$ , o variacijos koeficientas – 31,4 %). Išanalizavus duomenis nustatyta, kad NDVI kito nuo 0,60 iki 0,71 (vidurkis  $0,66\pm 0,01$ ) (2023-05-01), nuo 0,61 iki 0,79 ( $0,72\pm 0,01$ ) (2023-06-03), nuo 0,48 iki 0,73 ( $0,63\pm 0,01$ ) (2023-06-28) ir nuo 0,45 iki 0,63 ( $0,56\pm 0,02$ ) (2023-07-05). Iki 2023-06-03 NDVI didėjo, paskui pradėjo mažėti. Didžiausia koreliacijos koeficiento skaitinė reikšmė ( $R^2 = 0,8856$ ) nustatyta 2023-07-05, kai buvo BBCH60 kviečių augimo stadija (10 pav.).

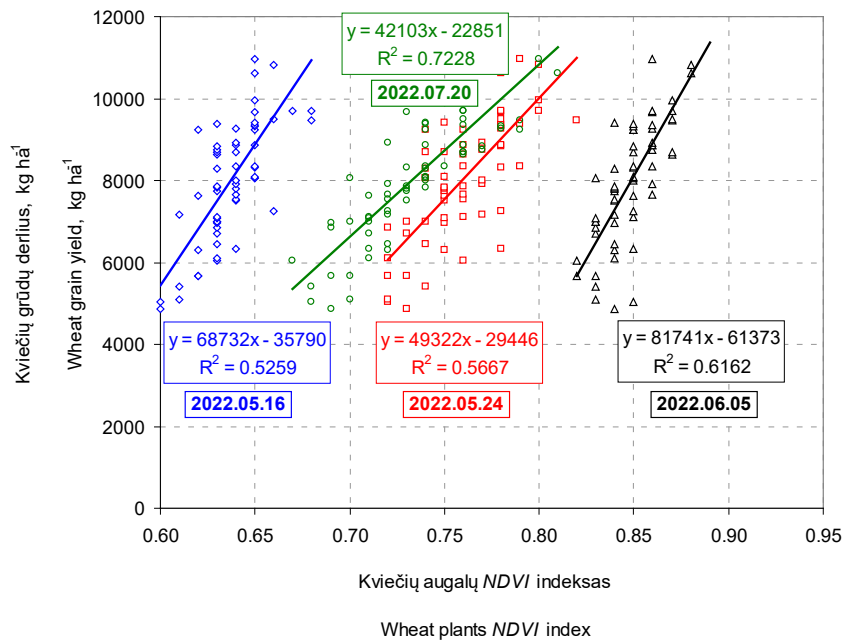
Lyginant šio tyrimo rezultatus su kitų tyrėjų gautais rezultatais pastebėta, kad NDVI ir grūdų derliaus tarpusavio ryšio stiprumui ženkliai įtaką turi tręšimo technologija (Aranguren et al., 2020). Šiame tyrime tręšta

kintama trąšų norma, t. y. priklausomai nuo augalų apsirūpinimo azotu. Panek ir Gozdowskio (2020) tyrime, kuriame kviečiai buvo tręšiami pastovia trąšų norma, stipriausias NDVI ir grūdų derliaus ryšys nustatytas balandžio mėn.



**7 pav.** Skirtingais 2022 m. laikotarpiais palydovu nustatytų kviečių lauko NDVI reikšmių žemėlapiai  
**Fig. 7.** Maps of the NDVI index in the field at different time periods (2022)

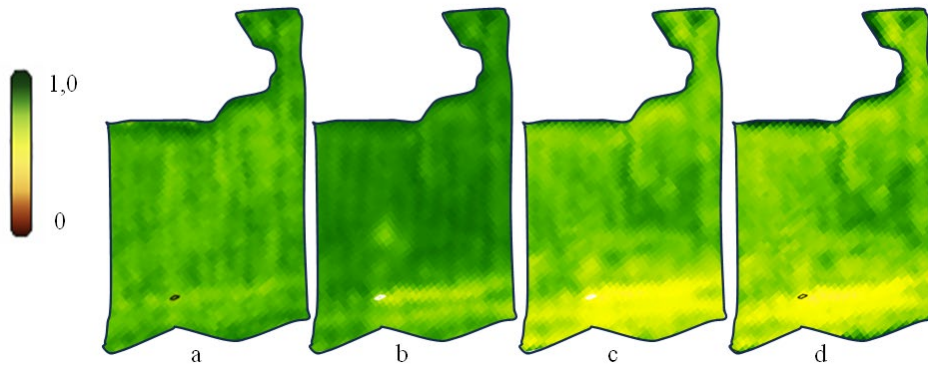
Pasataba: a – 2022-05-16, b – 2022-05-24, c – 2022-06-05, d – 2022-07-20.  
 Note: a – 16.05.2022, b – 24.05.2022, c – 05.06.2022, d – 20.07.2022.



**8 pav.** Žieminių kviečių grūdų derliaus priklausomybės nuo skirtingais 2022 m. laikotarpiais palydovu nustatytų kviečių lauko NDVI reikšmių

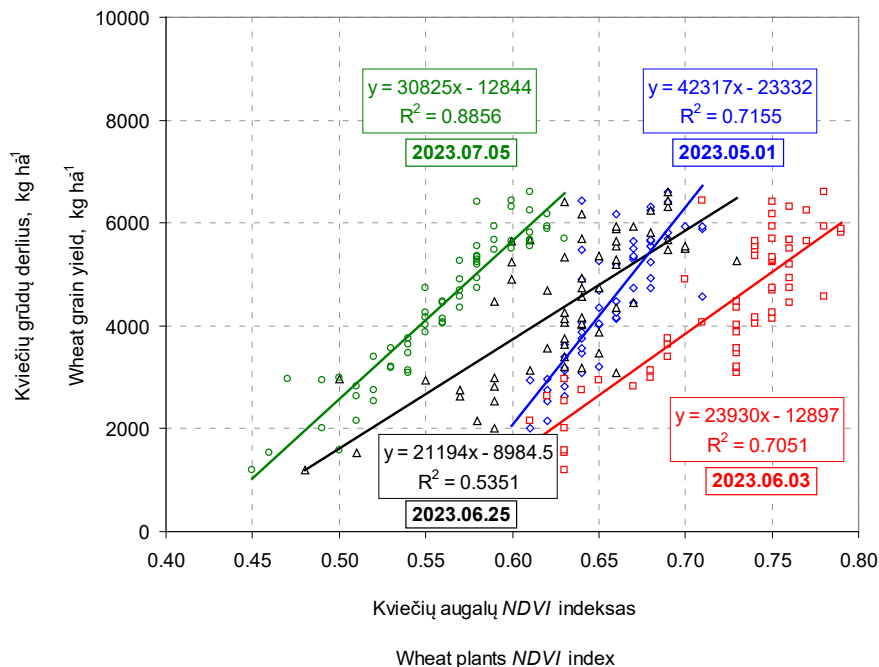
**Fig. 8.** Interaction between grain yield and NDVI index in the field at different time periods (2022)

Vienas iš didžiausių augalų skenavimo ir NDVI reikšmių nustatymo iš palydovo trūkumų yra debesuotumas.



**9 pav.** Skirtingais 2023 m. laikotarpiais palydovu nustatytų kviečių lauko NDVI reikšmių žemėlapiai  
**Fig. 9.** Maps of the NDVI index in the field at different time periods (2023)

Pasataba: a – 2023-05-01, b – 2023-06-03, c – 2023-06-25, d – 2023-07-05.  
 Note: a – 01.05.2023, b – 03.06.2023, c – 25.06.2023, d – 05.07.2023.



**10 pav.** Žieminių kviečių grūdų derliaus priklausomybės nuo skirtingais 2023 m. laikotarpiais palydovu nustatytų kviečių lauko NDVI reikšmių

**Fig. 10.** Interaction between grain yield and NDVI index in the field at different time periods (2023)

## Išvados

1. Žieminių kviečių vegetacijos indeksas (NDVI) priklauso nuo jų augimo sąlygų (dirvožemio ir maisto medžiagų) ir javų brandimo fazės. Visus trejus tyrimų metus (2021–2023) NDVI didėjo iki kviečių brandimo tarpsnio (BBCH60), vėliau viso lauko NDVI vidurkis pradėjo mažėti, o skaitinių reikšmių sklaida – didėti.
2. Žieminių kviečių grūdų derliaus prognozavimo tikslumas priklauso nuo augalų augimo stadijos (brandimo laipsnio). Tiksliausiai prognozuoti kviečių grūdų derlių, panaudojus augalų NDVI stebėjimo iš palydovo duomenis, galima maždaug BBCH65 žieminių kviečių augimo stadijoje. Tuomet grūdų derliaus ir NDVI koreliacijos koeficientas siekia 0,723–0,886.

## Literatūra

1. Aranguren, M., Castellón, A. and Aizpurua, A. (2020). Wheat yield estimation with NDVI values using a proximal sensing tool. *Remote Sensing*, 12(17), 2749.

2. Panek, E. and Gozdowski, D. (2020). Analysis of relationship between cereal yield and NDVI for selected regions of Central Europe based on MODIS satellite data. *Remote Sensing Applications*, 17, 100286.
3. Ulfa, F., Orton, T. G., Dang, Y. P. and Menzies, N. W. (2022). Developing and testing remote-sensing indices to represent within-field variation of wheat yields: Assessment of the variation explained by simple models. *Agronomy*, 12(2), 384.
4. Uribeetxebarria, A., Castellón, A. and Aizpurua, A. (2023). Optimizing wheat yield prediction integrating data from Sentinel-1 and Sentinel-2 with CatBoost algorithm. *Remote Sensing*, 15(6), 1640.

**Laimonas Pabijonavičius, Dainius Steponavičius, Marius Kazlauskas, Dainius Šišlavas**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Determination of the Relationship between Grain Yield of Winter Wheat and NDVI Sensed by Copernicus Sentinel-2 Satellite**

Due to the constantly fluctuating purchase prices of cereal grain, cereal growers conclude contracts and fix purchase prices with grain buyers, committing themselves to delivering a certain quantity of grain to the buyers after harvest. In order to ensure that the contract is fulfilled and that the contract includes as close as possible to the quantity of cereals available in the cereal fields, it is necessary to determine the potential cereal harvest as accurately and as early as possible. This study investigated the correlation of the NDVI index of the different growth stages of winter wheat plants recorded by the Copernicus Sentinel-2 satellite with the resulting grain yield in 2021–2023. The research was carried out in Panevėžys district. The grain yield was recorded at the time of harvest using a measuring device installed in the combine harvester. The studies showed that the vegetation index (NDVI) of winter wheat depends on the growing conditions (soil and nutrients) and the maturity phase. In all three years, the NDVI increased until the beginning of BBCH60 (wheat maturity), after which the mean NDVI for the whole field started to decrease and the dispersion of the NDVI to increase. The accuracy of the prediction of winter wheat grain yield depends on the stage of plant growth. The most accurate prediction of wheat grain yield using satellite NDVI observations of the plants can be made at around the BBCH65 stage of wheat. The correlation coefficient between grain yield and NDVI is then 0.723–0.886.

Winter wheat, growth stage, plant remote sensing, grain yield prediction.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Laimonas PABIJONAVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 672 62776, el. paštas: laimonas.pabijonavicius@vdu.lt

Laimonas PABIJONAVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 672 62776, e-mail: laimonas.pabijonavicius@vdu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 674 27721, el. paštas: dainius.steponavicius@vdu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 674 27721, e-mail: dainius.steponavicius@vdu.lt

Marius KAZLAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros doktorantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 612 40119, el. paštas: marius.kazlauskas@vdu.lt

Marius KAZLAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, PhD student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 612 40119, e-mail: marius.kazlauskas@vdu.lt

Dainius ŠIŠLAVAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros asistentas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 686 33043, el. paštas: dainius.sislavas@vdu.lt

Dainius ŠIŠLAVAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assistant. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 686 33043, e-mail: dainius.sislavas@vdu.lt

# MECHANINĖ PIKTŽOLIŲ KONTROLĖ NAUDOJANT ROTACINĖS AKĖČIAS

Vidmantas Jarockis, Egidijus Šarauskis, Sidona Buragienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Griežtėjant aplinkos apsaugos reikalavimams žemės ūkiui, ypač didelis dėmesys skiriamas piktžolių kontrolei. Didėjančios išlaidos technikai išlaikyti ir brangstantys herbicidai verčia naudoti mechaninės piktžolių kontrolės mašinas. Šio darbo tikslas buvo ištirti rotacinių akėčių efektyvumą dirbant skirtingu greičiu žieminių kviečių pasėlyje. Eksperimentiniai lauko tyrimai buvo atlikti taikant minimalaus žemės dirbimo technologiją ir trejopą rotacinių akėčių važiavimo greitį (10, 15 ir 20 km·h<sup>-1</sup>). Pravažiavus buvo įvertinta piktžolių kontrolė ir augalų pažeidimas, išmatuota dirvožemio temperatūra, elektrinis laidumas bei drėgnis. Efektyviausiai piktžolės buvo naikinamos važiuojant didžiausiu (20 km·h<sup>-1</sup>) greičiu. Piktžolių kontrolės efektyvumas tuomet siekė 81 %, augalų derlingumas buvo statistiškai didesnis, lyginant su 10 km·h<sup>-1</sup> greičiu.

Mechaninė piktžolių kontrolė, rotacinės akėčios, važiavimo greitis, dirvožemio savybės, derlingumas.

## Įvadas

Pastaruosius 20 metų Europos Sąjunga vis labiau riboja cheminių augalų apsaugos produktų naudojimą. ES šalys turi mažinti herbicidų bei kitų augalų apsaugos priemonių naudojimą, nes didelis cheminių augalų apsaugos priemonių kiekis kelia pavojų gamtai ir žmonių sveikatai. Prie herbicidų naudojimo mažinimo prisideda ir vis labiau skatinamas ekologinis ūkininkavimas. Tokiuose ūkiuose galima tik mechaninė piktžolių kontrolė (Pannacci, 2018).

Efektyvi piktžolių kontrolė yra viena iš svarbiausių efektyvaus ekologinio ūkininkavimo problemų. Taikant tinkamą sėjomainą, kai kurių piktžolių galima išvengti, tačiau visišką jų išnaikinimą galima tik naudojant tam tinkamas mechanines priemones (Mattsson, Sandström, 1994; Rasmussen, Ascard, 1995).

Sėkminga piktžolių kontrolė visada buvo reikalinga norint gauti stabilius ir didelius derlius. Efektyvi piktžolių kontrolė yra itin svarbi ankstyvaisiais augalų augimo tarpsniais (Mehrtens et al., 2005). Oerkė (2006) nustatė, kad be efektyvios piktžolių kontrolės pasaulyje prarandama apie 43 % derliaus priedo.

Javams akėti ekologiniuose ūkiuose gali būti naudojamos rotacinės akėčios. Jos pirmiausia pažeidžia piktžoles, po to jas iš dalies uždengia dirvožemiu. Šių akėčių naudojimas didžiausią efektyvumą pasiekia tada, kai piktžolės dar jaunos (Lötjönen, Mikkola, 2000). Rotacinės akėčios gali dirbti nuo 3 iki 4 kartų greičiau negu pirštinių akėčios (Cloutier et al., 1996). Rotacinės akėčios naudojamos plačiaėliuose augaluose, ypač JAV. Tačiau mokslinių tyrimų, kai naudojamos rotacinės akėčios, trūksta. Buvo atlikti vos keli tyrimai, leidę įvertinti tokių mašinų darbą (Mohler, Frisch, 1997).

Žvelgiant į ateitį, vis griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai spartins tausojančių technologijų taikymą, todėl vis didesniuose žemės ūkio augalų plotuose bus naudojamos mechaninės piktžolių kontrolės mašinos. Tačiau norint tinkamai jas naudoti būtina turėti kuo daugiau informacijos apie tokių mašinų darbo efektyvumą, gaunamą ekonominę naudą. Šio darbo tikslas buvo ištirti rotacinių akėčių efektyvumą dirbant žieminių kviečių pasėlyje ir taikant skirtingą važiavimo greitį.

## Tyrimų metodika

Tyrimai buvo atlikti 2023 m. Radviliškio rajone, Skėmių seniūnijoje, Pociūnėlių kaime, ūkininkų laukuose auginamų žieminių kviečių pasėliuose. Tyrimų lauko koordinatės – 55.575025, 23.866285. Žieminiai kviečiai buvo pasėti naudojant minimalaus žemės dirbimo technologiją.

Tyrimo metu laukas buvo suskirstytas į atskirus 6 metrų pločio laukelius (1 pav.). Nuo lauko krašto buvo paliktas 6 metrų pločio ruožas, kuriame eksperimentiniai tyrimai nebuvo atliekami. Piktžolių kontrolei pasėlyje vykdyti buvo naudojamos rotacinės akėčios „Kaplys“ (2 pav., a). Šios mašinos darbinis plotis – 5,5 m, ji buvo kabinama prie traktoriaus „Fendt Farmer 312“. Eksperimentiniams tyrimams atlikti buvo pasirinktas trejopas važiavimo greitis, kuriuo dažniausiai judama dirbant rotacinėmis akėčiomis: 10 km·h<sup>-1</sup>, 15 km·h<sup>-1</sup> ir 20 km·h<sup>-1</sup>. Taip pat buvo paliktas rotacinėmis akėčiomis nepaveiktas ruožas, kuriame buvo atliekami kontroliniai tyrimai.





**1 pav.** Eksperimentinių tyrimų lauko planas: 1 –  $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 2 –  $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 3 –  $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 4 – kontrolė  
**Fig. 1.** Experimental field design: 1 –  $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 2 –  $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 3 –  $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 4 – control

Prieš akėjant paselį rotacinėmis akėčiomis, naudojant dirvožemio savybių nustatymo prietaisą „HH2 Moisture Meter“ (2 pav.), 5 cm gylyje buvo išmatuota dirvožemio temperatūra, drėgnis ir elektrinis laidumas. Matavimai buvo atliekami kiekviename laukelyje po 10 kartų atsitiktinėse laukelių vietose. Piktžolės ir augančių augalų pažeidimai buvo skaičiuojami naudojant  $0,5 \times 0,5 \text{ m}$  rėmelį. Jis buvo metamas atsitiktinai einant laukeliu. Rėmelyje buvo suskaičiuotos piktžolės ir augantys augalai. Kiekviename laukelyje buvo daroma po 10 pakartojimų.



a)



b)



c)

**2 pav.** Tyrimams naudota įranga: a – rotacinės akėčios „Kapllys“; b – dirvožemio savybių nustatymo prietaisas „HH2 Moisture Meter“; c – rėmelis piktžolėms skaičiuoti

**Fig. 2.** Equipment used for the measurements: a – rotary harrow “Kapllys”; b – soil property meter “HH2 Moisture Meter”; c – weed counting frame

Rotacinės akėčios pirmą kartą buvo panaudotos 2023 m. balandžio 12 d. Praėjus 1 valandai po akėjimo buvo dar kartą matuojama dirvožemio temperatūra, drėgnis ir elektrinis laidumas. Praėjus 3 paroms (2023-04-15) buvo skaičiuojamos likusios piktžolės ir pažeisti augalai, taip pat vėl matuojamos dirvožemio fizikinės savybės. Tie patys matavimai buvo atliekami ir po 13 dienų (2023-04-25).

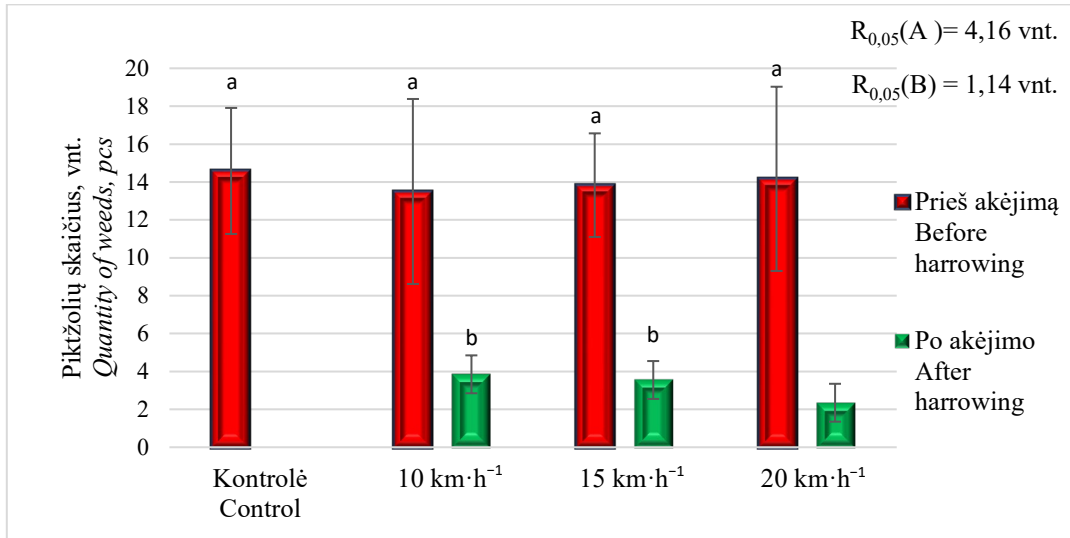
Žieminių kviečių grūdų derlingumui išanalizuoti buvo paimti javų mėginiai. Jie buvo imami iš  $0,25 \text{ m}^2$  plotelio. Iš kiekvieno laukelio buvo imama po 3 mėginiai. Naudojant specialią laboratorinę kūlimo įrangą, grūdai buvo iškulti, pasverti, taip pat apskaičiuotas žieminių kviečių derlingumas esant 14 % drėgnumui.

Išmatuoti ir apskaičiuoti tyrimų duomenys buvo užfiksuoti ir surašyti programa „MS Excel“. Ją naudojant duomenys buvo apdoroti, taikant vieno faktoriaus ANOVA ir dviejų faktorių su pakartojimais ANOVA funkcijas. Skaičiuojant Stjudento T testą priimtina, kad reikšmingumo skirtumas buvo  $p < 0,05$ .

## Rezultatai ir aptarimas

Rotacinių akėčių, kaip ir kitų mechaninės piktžolių kontrolės mašinų, pagrindinis tikslas yra tinkama piktžolių kontrolė. Eksperimentinių tyrimų metu buvo įvertinta rotacinių akėčių darbo naikinant piktžoles

kokybė. Pirminis piktžolių skaičius buvo nustatytas prieš įdirbant laukelius rotacinėmis akėčiomis (3 pav.). Praėjus 3 paroms nuo rotacinių akėčių panaudojimo buvo suskaičiuotos likusios piktžolės.

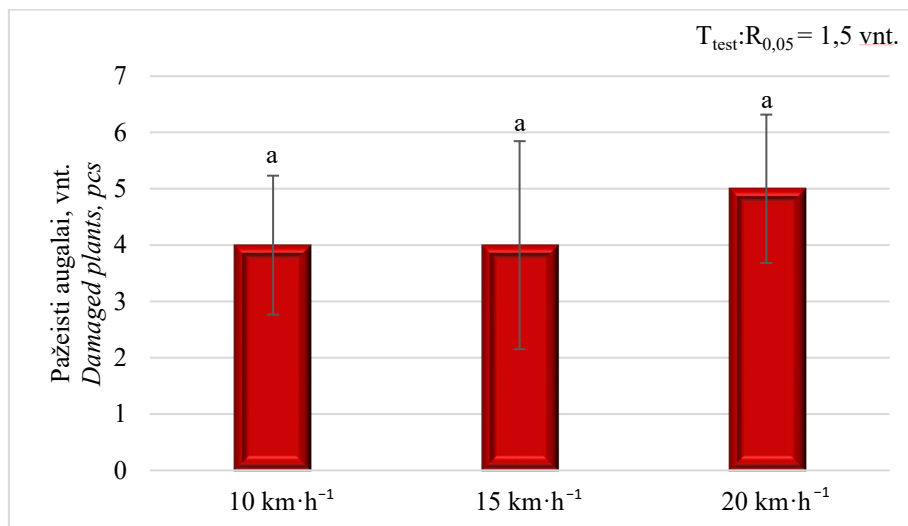


**3 pav.** Piktžolių skaičius (vnt. 0,25 m<sup>2</sup>) prieš akėjimą ir po jo: A – prieš akėjimą; B – po akėjimo. Tarp tokia pačia raide pažymėtų stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo skirtumo

**Fig. 3.** Weed quantity before and after harrowing: A – before harrowing; B – after harrowing. There is no statistically significant difference between the mean values of the columns marked with the same letter

Visame tyrimų lauke prieš įdirbant pasėlį rotacinėmis akėčiomis buvo suskaičiuota vidutiniškai apie 14 piktžolių. Rotacinės akėčios „Kaplys“ piktžolių skaičių sumažino vidutiniškai apie 80 %. Taip pat pastebėta, kad važiuojant didžiausiu – 20 km·h<sup>-1</sup> greičiu likusių piktžolių skaičius siekė 2 vnt. 0,25 m<sup>2</sup> plotelyje. Lyginant maksimalų akėjimo greitį su 10 km·h<sup>-1</sup> ir 15 km·h<sup>-1</sup> važiavimo greičiu, likusių piktžolių skaičius skyrėsi esmingai.

Mašinos dirbant taip pat gali būti neišvengiamai pažeidžiami ir žeminių kviečių augalai (4 pav.). Naudojant rotacines akėčias spygliai įsminga tiek į dirvą, tiek į augančius augalus.

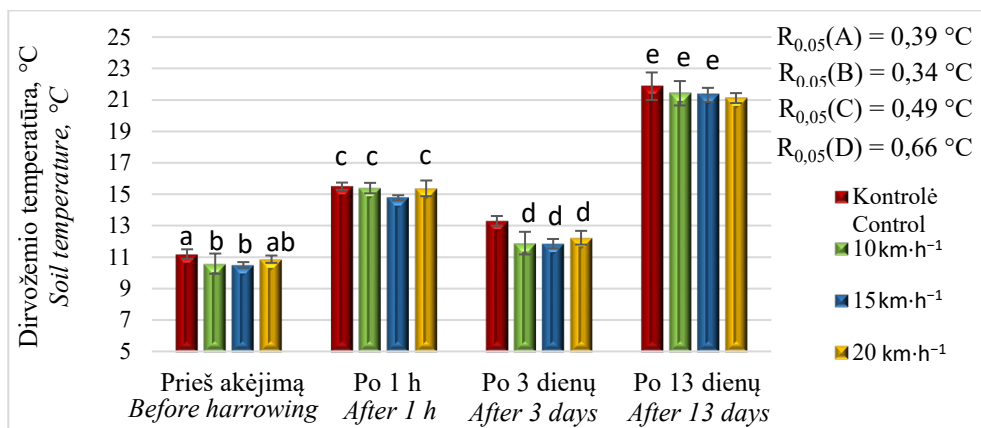


**4 pav.** Pažeistų augalų skaičius. Tarp tokia pačia raide pažymėtų stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo skirtumo

**Fig. 4.** Number of damaged plants. There is no statistically significant difference between the mean values of the columns marked with the same letter

Ekspimentiniais tyrimais nustatyta, kad važiavimo greitis neturi reikšmingos įtakos pažeidžiamų augalų skaičiui. Vis dėlto didžiausias pažeistų augalų skaičius buvo nustatytas važiuojant didžiausiu – 20 km·h<sup>-1</sup> greičiu. Tada augalų, kurie buvo pažeisti, skaičius buvo lygus 5 vnt. 0,25 m<sup>2</sup> plotelyje. Taip pat pastebėta, kad, atliekant eksperimentinius tyrimus po 13 parų, šie augalai nebeturėjo vizualiai pastebimų pažeidimų.

Pavasarij naudojant bet kokias žemės ūkio mašinas jau augančių augalų pasėlyje labai svarbu įvertinti, kaip jos paveikia viršutinį dirvožemio sluoksnį. Vienas iš dirvožemio parametrų, kurį šios rotacinės akėčios gali gana greitai paveikti, yra dirvožemio temperatūra. Pavasarį, po ilgo žiemos laikotarpio dirvožemis gali būti sukietėjęs, sunkiau įšyla. Kitų mokslininkų (Onwuka et al., 2018) tyrimais nustatyta, kad dirvožemio temperatūra daro didelę įtaką augalų vystymuisi. Tyrimų metu buvo stebima, kaip rotacinės akėčios keičia dirvožemio temperatūrą.

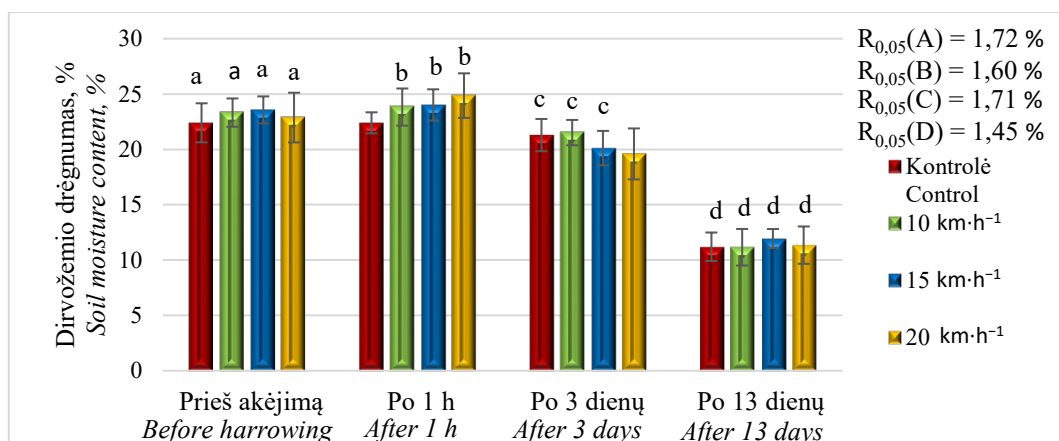


**5 pav.** Dirvožemio temperatūra prieš akėjimą ir po akėjimo: A – prieš akėjimą; B – po 1 h; C – po 3 dienų; D – po 13 dienų. Tarp tokia pačia raide pažymėtų stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo skirtumo, esant 95 % pasikliauties tikimybės lygiui

**Fig. 5.** Soil temperature before and after harrowing: A – before harrowing; B – after 1 h; C – after 3 days; D – after 13 days. There is no statistically significant difference between the mean values of the columns marked with the same letter

Dirvožemio temperatūra po 1 valandos statistiškai skyrėsi tik važiuojant 15 km·h<sup>-1</sup> greičiu, lyginant su kontrole. Praėjus 1 valandai po lauko apdorojimo, statistiškai patikimas skirtumas buvo pastebėtas važiuojant 15 km·h<sup>-1</sup> greičiu. Po 3 dienų esminis skirtumas buvo pastebėtas tik neapdorotame plote. Po 13 dienų plote, kuris buvo apdorotas 20 km·h<sup>-1</sup> greičiu, buvo pastebėtas skirtumas.

Dirvožemio drėgnumas (6 pav.) yra tiesiogiai susijęs parametras su žemės dirbimu ir aplinkos temperatūra. Esant sausiems orams, būtina drėgmę dirvožemyje išlaikyti kuo ilgiau.



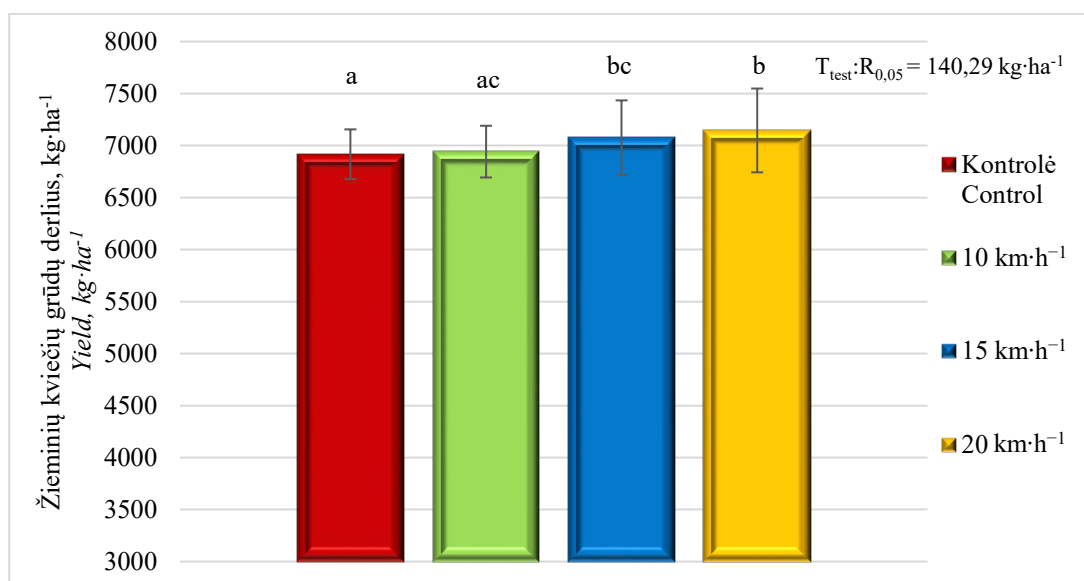
**6 pav.** Dirvožemio drėgnumas prieš akėjimą ir po akėjimo: A – prieš akėjimą; B – po 1 h; C – po 3 dienų; D – po 13 dienų. Tarp tokia pačia raide pažymėtų stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo skirtumo, esant 95 % pasikliauties tikimybės lygiui

**Fig. 6.** Soil moisture content before and after harrowing: A – before harrowing; B – after 1 h; C – after 3 days; D – after 13 days. There is no statistically significant difference between the means of the columns with the same letter at the 95% confidence level

6 pav. galima matyti, kad prieš pasėlio akėjimą dirvožemio drėgnumas buvo apie 23 %. Praėjus 1 valandai po akėjimo skirtingu greičiu, drėgnumas kontroliniame ruože nepakito, tačiau tarp kontrolės ir visų variantų, kuriuose važiuota skirtingu greičiu, buvo pastebėtas esminis skirtumas. Važiuojant 20 km·h<sup>-1</sup> greičiu, drėgnumo skirtumas siekė net 4 %. Po 3 dienų esminis skirtumas buvo pastebėtas tik važiuojant 20 km·h<sup>-1</sup>

greičiu ir siekė apie 3 %, lyginant su kontrole ir kitu važiavimo greičiu. Po 13 dienų bendras dirvožemio drėgnumas smarkiai sumažėjo. Statistiškai patikimas dirvožemio drėgnumo skirtumas nebuvo pastebėtas.

Mechaninės piktžolių kontrolės mašinos gali daryti įtaką javų derliui. Išakėjus pasėlius rotacinėmis akėčiomis ir nuėmus žieminių kviečių derlių, buvo nustatytas poveikis žieminių kviečių grūdų derliui (7 pav.).



**7 pav.** Žieminių kviečių grūdų derliaus priklausomybė nuo rotacinių akėčių važiavimo greičio. Tarp tokia pačia raide pažymėtų stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo skirtumo, esant 95 % pasiklaidies tikimybės lygiui

**Fig 7.** The effect of driving speed on winter wheat yield. There is no statistically significant difference between the means of the values of the columns marked with the same letter at the 95% confidence level

Taikant minimalaus žemės dirbimo technologiją ir su rotacinėmis akėčiomis dirbant 20 km·h<sup>-1</sup> greičiu, buvo gautas didžiausias žieminių kviečių grūdų derlius – 7 145 kg·ha<sup>-1</sup>. Statistiškai patikimas grūdų derliaus skirtumas buvo nustatytas tarp kontrolės ir 20 km·h<sup>-1</sup> bei 15 km·h<sup>-1</sup>.

Endresas ir kt. (1997) nustatė, kad, dirbant su rotacinėmis akėčiomis ir didinant važiavimo greitį, didėja ir jų efektyvumas, tačiau daugėja ir pažeistų augalų. Šių tyrimų metu buvo pastebėta, kad, didinant greitį, pažeistų piktžolių daugėjo, tačiau esmingų skirtumų nenustatyta.

## Išvados

1. Daugiausiai (apie 81 %) piktžolių žieminių kviečių pasėlyje buvo sunaikinta dirbant rotacinėmis akėčiomis 20 km·h<sup>-1</sup> greičiu.
2. Praėjus 13 dienų po darbo rotacinėmis akėčiomis, dirvožemio temperatūra esmingai (apie 4 %) skyrėsi tik važiuojant 20 km·h<sup>-1</sup> greičiu, lyginant su kontrole.
3. Esminis dirvožemio drėgnumo skirtumas tarp kontrolės ir 20 km·h<sup>-1</sup> greičio buvo pastebėtas praėjus 3 dienoms po akėjimo rotacinėmis akėčiomis. Tada dirvožemio drėgnumas siekė apie 19,6 %.
4. Didinant rotacinių akėčių darbo greitį, didėjo žieminių kviečių grūdų derlius. Didžiausias grūdų derlius (7 145 kg·ha<sup>-1</sup>) buvo nustatytas dirbant rotacinėmis akėčiomis 20 km·h<sup>-1</sup>. Esminis skirtumas buvo lyginant su kontrole ir 10 km·h<sup>-1</sup> greičiu.

## Literatūra

1. Cloutier, D. C. and Leblanc, M. L. (2001). Mechanical weed control in agriculture. In: Physical Control Methods in Plant Protection, pp. 191–204. Springer, Berlin, Heidelberg.
2. Endres, G., Berglund, D. R., Dexter, A. and Zollinger, R. (1999). Mechanical weed control with a harrow or rotary hoe. NDSU, W-1134, pp. 1–5.
3. Lötjönen, T. and Mikkola, H. J. (2000). Three mechanical weed control techniques in spring cereals. Agricultural and Food Science, 9(4), 269–278.
4. Mattsson, B. and Sandström, M. (1994). Icke-kemisk bekämpning i stråsad och oljeväxter. Sveriges lantbruksuniv.
5. Mehrstens, J., Schulte, M. and Hurlle, K. (2005). Unkrautflora in Mais: Ergebnisse eines Monitorings in Deutschland. Gesunde Pflanzen, 57, 206–218.

6. Mohler, C. L., Frisch, J. C. and Pleasant, J. M. (1997). Evaluation of mechanical weed management programs for corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 11(1), 123–131.
7. Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31–43.
8. Onwuka, B. and Mang, B. (2018). Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Adv. Plants Agric. Res.*, 8(1), 34–37.
9. Pannacci, E., Tei, F. and Guiducci, M. (2018). Evaluation of mechanical weed control in legume crops. *Crop Protection*, 104, 52–59.
10. Rasmussen, J. and Ascard, J. (1995). Weed control in organic farming systems. In: Glen, D. M., Greaves, M. P. and Anderson, H. M. (Eds.). *Ecology and Integrated Farming Systems: Proceedings of the 13th Long Ashton International Symposium*, Wiley, Chichester, 49–67.

**Vidmantas Jarockis, Egidijus Šarauskis, Sidona Buragiėnė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Mechanical Weed Control Using Rotary Harrows**

As environmental requirements in agriculture become more stringent, weed control is receiving increased attention. Increasing maintenance costs and rising herbicide prices are forcing the use of mechanical weed control equipment. The aim of this work was to investigate the efficiency of rotary harrows at different speeds in a winter wheat crop. Experimental field studies were carried out using minimal tillage technology and three different rotary harrow driving speeds (10, 15 and 20 km·h<sup>-1</sup>). Weed killing and crop damage were assessed after passage, and soil temperature, electrical conductivity and moisture were measured. Weeds were most effectively killed at the highest speed (20 km·h<sup>-1</sup>). The effectiveness of weed control then reached 81%, and the crop yield was statistically higher compared to the speed of 10 km·h<sup>-1</sup>.

Weed control, rotary harrows, driving speed, soil properties, yield.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. kovo mėn.*

---

Vidmantas JAROCKIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 674 58047, el. paštas: vidmantas.jarockis@vdu.lt

Vidmantas JAROCKIS. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 674 58047, e-mail: vidmantas.jarockis@vdu.lt

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752357, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: egidijus.sarauskis@vdu.lt

Sidona BURAGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros vyresnioji mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752357, el. paštas: sidona.buragiene@gmail.com

Sidona BURAGIENĖ. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, senior research fellow. Address: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: sidona.buragiene@gmail.com

# JUOSTINIO ŽEMĖS DIRBIMO IR SĖJOS MAŠINOS DARBO PROCESŲ VERTINIMAS AUGINANT ŽIEMINIUS RAPSUS

Vytautas Gričius, Egidijus Šarauskis

Vytauto Didžiojo universitetas

Tradicinis žemės dirbimas ir sėja naudojant dvi atskiras technologines operacijas reikalauja didelių energijos ir laiko sąnaudų, be to, daro neigiamą poveikį dirvožemiui ir aplinkai. Todėl būtina ieškoti agroinžinerinių sprendimų, kaip sujungti šias technologines operacijas, kad jos būtų ekonomiškesnės ir palankesnės aplinkai. Šio darbo tikslas buvo ištirti ir palyginti dvi skirtingas žemės dirbimo ir sėjos technologijas auginant žieminius rapsus. Eksperimentinių tyrimų metu buvo taikomi du skirtingi variantai: TŽDS – tradicinis žemės dirbimas ir sėja tradicine sėjama (tarpueilis 12,5 cm), JŽDS – juostinis žemės dirbimas ir sėja nauju agregatu (tarpueilis 36,3 cm). Palyginus žieminių rapsų sėklų biometrinius ir derliaus struktūros parametrus, nustatyta, kad taikant JŽDS variantą rapsai užaugino daugiau šoninių stiebų ir rapsų derlius buvo apie 2,5 t ha<sup>-1</sup>. Įvertinus degalų sąnaudas gauta, kad taikant JŽDS buvo sutaupyta 13,0 l ha<sup>-1</sup> dyzelinių degalų, lyginant su TŽDS. Naudojant JŽDS agregatą energijos sąnaudos buvo 1,3 karto mažesnės negu taikant TŽDS technologiją.

Juostinis žemės dirbimas, tradicinis žemės dirbimas, dyzeliniai degalai, energijos sąnaudos, žieminiai rapsai.

## Įvadas

Neariamojo žemės dirbimo technologijos leidžia taupyti degalus ir darbo laiką (Saldukaitė-Sribikė, 2023), todėl jos labiau paplitusios didesniuose ūkiuose, kuriuose darbo laikas yra labai svarbus rodiklis. Neariamojo žemės dirbimo technologijos kelia aukštesnius reikalavimus sėjomainai negu tradicinės, nes yra labiau susijusios su ligomis, plintančiomis per šiaudus, ir savaime įsisėjančių augalų sėklomis.

Jaskulska ir kt. (2020) teigia, kad, naudojant juostinį žemės dirbimą ir sėją, mažinama dirvožemio erozija, nes žemė įdirbama ne visa, o tik jos juostos. Taip gerinama vandens infiltracija ir leidžiama kauptis drėgmei neįdirbtame dirvos paviršiaus ruože. Vienu važiuoimu yra išdirbama dirva ir joje įterpiama sėkla. Taip sumažinamos darbo laiko sąnaudos.

Žemės dirbimas gali turėti įtakos dirvožemio struktūrai kitimui. Dėl per intensyvaus dirvos purenimo atsiranda dirvos erozija, kuri kenkia dirvos struktūrai. Mažėja augalui naudingų elementų ir dirvožemyje esančios organikos. Naudojant tausojančią žemės dirbimo technologiją, tokią kaip juostinis žemės dirbimas, mažėja dirvos erozija, nes purenama ne visa dirvos dalis, o tik juostos, kuriose įterpiamos sėklos (Al-Kaisi et al., 2014).

Anot Kogos ir kt. (2003), dideli sudeginami degalų kiekiai turi įtakos aplinkos taršai, todėl visos su žemės dirbimu susijusios operacijos, įskaitant arimą ir sėklų dirvos paruošimą, gali sudaryti net 23–44 proc. visos CO<sub>2</sub> emisijos iš žemės ūkio mašinų, vertinant visas technologines operacijas, reikalingas augalams auginti. Taikant tausojančias neariamojo žemės dirbimo technologijas mažinamas degalų kiekis, tad atitinkamai mažinama CO<sub>2</sub> emisija, išmetimas į aplinką. Priklausomai nuo žemės dirbimo technologijų, klimato kaitą skatinančių anglies dvideginio emisijas galima sumažinti net iki 3 kartų (Koga et al., 2003). Lyginant dvi skirtingas žemės dirbimo ir sėjos technologijas, pastebėta, kad, taikant juostinį žemės dirbimą ir sėją, reikia apie 38 proc. mažiau darbo laiko, apie 30 proc. mažiau dyzelinių degalų, be to, apie 18 proc. mažiau ekonominių išlaidų ir apie 19 proc. mažiau energijos sąnaudų, lyginant su įprastine žemės dirbimo ir sėjos technologija (Lekavičienė ir kt., 2022).

Juostinis žemės dirbimas ir sėja gali būti atliekami taikant vieną arba dvi technologines operacijas. Pastaruoju metu vis labiau plinta kombinuotos juostinio žemės dirbimo ir sėjos mašinos, galinčios vienu važiuoimu įdirbti žemės juostas ir įterpti sėklas. Tačiau tokios mašinos ganėtinai brangios ir mažesniems ūkiams jų įsigyti nėra paprasta (Saldukaitė-Sribikė, 2023). Galimas ir kitas būdas patobulinti esamas žemės dirbimo mašinas, tokias kaip noraginiai skutikai, prikonstravus sėjos noragėlius. Tokia mašina atitinka JŽDS technologinius reikalavimus, kaip ir naujos gamyklinės mašinos. Todėl būtina atlikti eksperimentinius tyrimus, naudojant tokias mašinas, ir įvertinti jų privalumus, lyginant su tradicinėmis žemės dirbimo ir sėjos mašinomis.

Šio darbo tikslas buvo eksperimentiniais bandymais ištirti ir palyginti juostinio žemės dirbimo bei sėjos ir tradicinio žemės dirbimo bei sėjos technologijas pagal energijos sąnaudų ir derlingumo rodiklius, auginant žieminius rapsus.

## Tyrimų metodika

Tyrimų objektas – žieminių rapsų auginimas taikant skirtingas žemės dirbimo ir sėjos technologijas. Tyrimų vieta ir laikas – 2022–2023 m., ūkininko ūkis Radviliškio rajone (koordinatės – 55°46'56.9" šiaurės platumos ir 23°45'09.7" rytų ilgumos).

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti naudojant dvi skirtingas žemės dirbimo ir sėjos technologijas. Naudojant pirmąją technologiją, žieminiai rapsai (veislė – INV 1024, norma – 3,8 kg ha<sup>-1</sup>) buvo sėjami tradicinėmis žemės dirbimo ir sėjos (TŽDS) mašinomis, t. y. ariant verstuviniu plūgu („Kverneland ES85“), išlyginant kultivatoriumi („Laumetris LLT-6“) ir sėjant įprastine sėjamąja („Fiona SR3“). Antroji technologija buvo juostinis žemės dirbimas ir sėja (JŽDS), kurią taikant žieminiai rapsai sėti tiesiai į neįdirbtą ražieną. JŽDS technologijai įgyvendinti buvo sukonstruota nauja kombinuota mašina, sujungiant noraginį skutiką su smulkių sėklų sėjamąja, turinčia diskinius sėjos noragėlius (1 pav.). Sėjant tradicine sėjamąja, tarpueilis tarp rapsų eilučių buvo 12,5 cm, o sėjant juostinio JŽDS agregatu – 36,3 cm.



1 pav. Juostinio žemės dirbimo ir sėjos agregatas

*Fig. 1. Strip tillage and seeding machine*

Eksperimentinių tyrimų laukas (20 ha) buvo padalintas pusiau. Vienoje lauko dalyje buvo taikyta TŽDS, o kitoje – JŽDS technologija (2 pav.). Po žieminių rapsų sėjos praėjus 55 dienoms, buvo nustatytas sudygusių augalų tankumas. Analogiški tyrimai buvo atliekami ir pavasarį. Buvo skaičiuojamas vieno metro ilgio eilutėje esančių augalų skaičius. Kiekvienos technologijos atveju buvo atsitiktinai pasirenkama 10 skirtingų vietų.



2 pav. Žieminių rapsų tyrimų laukas:

kairėje – pasėlis rudenį; dešinėje – pasėlis pavasarį (1 – JŽDS; 2 – TŽDS)

*Fig. 2. Winter oilseed rape research field: on the left – the autumn crop; on the right – the spring crop (1 – strip-till technology; 2 – traditional technology)*

Augalo šoninių stiebų (šakelių) skaičiui nustatyti buvo išpjaujami 5 atsitiktiniai žieminių rapsų augalai ir skaičiuojami ant jų esantys šoniniai stiebai, paskui apskaičiuojamas vidutinis šoninių stiebų skaičius.

Nustatant žieminių rapsų derlingumą buvo iš vieno metro ilgio išpjunami visi žieminių rapsų augalai ir, iškūlus rapsų sėklas bei pasveriant svarstyklėmis, nustatoma mėginio masė. Įvertinus tarpueilių plotį, šią masę (kg) perskaičiavus norimu ploto vienetu (ha), buvo apskaičiuotas žieminių rapsų derlingumas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) kiekvienos technologijos atveju.

*Technologijų energijos sąnaudų vertinimas.* Įdirbant dirvą ir sėjant skirtingomis mašinomis, sunaudojamas nevienodas energijos kiekis, todėl buvo apskaičiuotos energijos sąnaudos taikant abi žemės dirbimo ir sėjos technologijas. Visi žemės dirbimo ir sėjos darbai buvo atlikti su vienu ir tuo pačiu traktoriumi „Massey Ferguson 8s265“ – tai leido geriau palyginti energijos sąnaudų skaičiavimus. Skaičiavimams reikalingos dyzelinių degalų sąnaudos buvo nustatomos traktoriuje naudojama techninių rodiklių stebėjimo programa „MF Connect“. Atlikus skaičiavimus, buvo nustatytos bendros energijos sąnaudos ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ), energijos produktyvumas ir savitoji energija. Energijos ekvivalentai buvo paimti iš literatūros (Šarauskis ir kt., 2019). Energijos produktyvumas apskaičiuotas pagal šią formulę (Buragienė, 2014):

$$E_n = \frac{Y}{E_s}, \quad (1)$$

čia  $E_n$  – energijos produktyvumas ( $\text{kg MJ}^{-1}$ ),

$Y$  – žieminių rapsų derlius ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),

$E_s$  – bendros energijos sąnaudos ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ).

Savitoji energija apskaičiuojama pagal formulę:

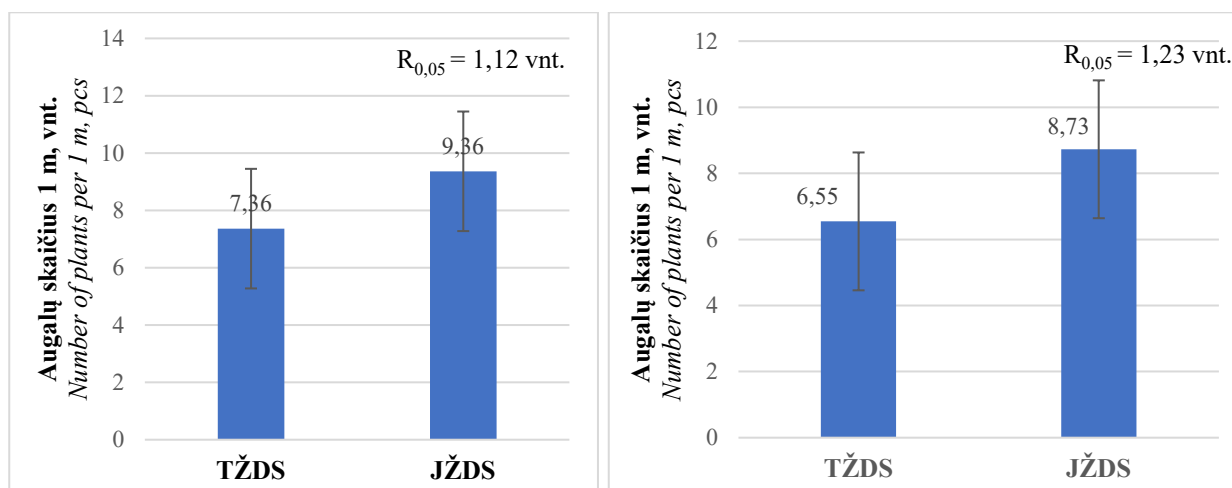
$$E_{sn} = \frac{E_s}{Y}, \quad (2)$$

čia  $E_{sn}$  – savitoji energija ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ).

Gautų duomenų imčių vidurkiams palyginti buvo naudojamas dispersinės analizės programa ANOVA (angl. *Analysis of Variance*) ir T testas, kuriame Stjudento t kriterijumi įvertinami imčių tūriai (bandymų pakartojimų skaičius) ir bandymų pakartojimų sklaida. Gautų duomenų patikimumas įvertintas esant 95 % pasikliauties intervalui.

## Rezultatai ir aptarimas

Augalų tankumo skaičiavimais nustatyta, kad žieminiai rapsai vieno metro eilutėje sudugo tankiau ten, kur buvo sėjama juostiniu žemės dirbimo ir sėjos agregatu (3 pav.). Esmingai mažiau augalų rasta ten, kur taikyta TŽDS technologija. Tam įtakos galėjo turėti tai, kad taikant JŽDS technologiją tarpueilis buvo 36,3 cm, o taikant TŽDS – 12,5 cm.



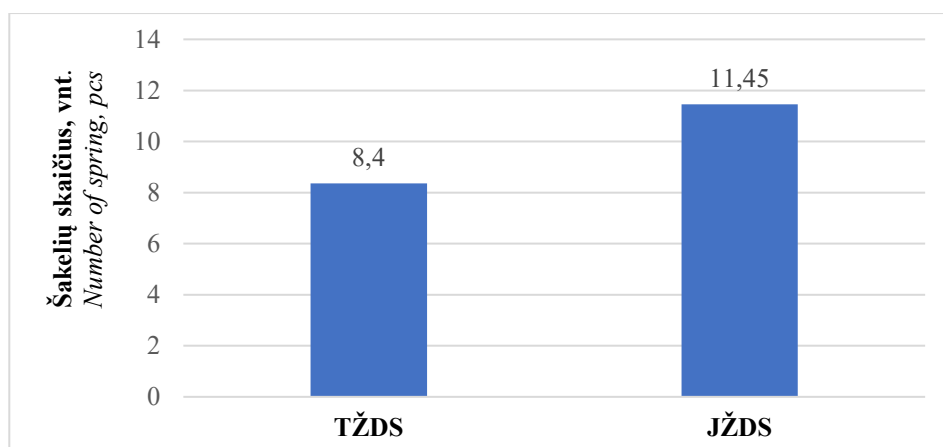
3 pav. Žemės dirbimo ir sėjos technologijų įtaka žieminių rapsų augalų skaičiui 1 m: kairėje – rudenį, dešinėje – pavasarį

Fig. 3. Influence of tillage and seeding technologies on the number of winter oilseed rape plants in 1 m length: left – autumn, right – spring

Perskaičiavus augalų tankumą viename kvadratiname metre buvo gauta, kad žieminių rapsų pasėlis buvo tankesnis taikant TŽDS technologiją, kai tarpueiliai buvo siauresni.



Prieš nuimant derlių buvo nustatytas žieminių rapsų šakelių skaičius ant augalo. Eksperimentinių tyrimų rezultatai parodė, kad, auginant pagal JŽDS technologiją, buvo gautas didesnis rapsų šakelių skaičius, lyginant su TŽDS technologija. Šakelių skaičius ant augalo lyginamuosius rezultatus galima matyti 4 pav.

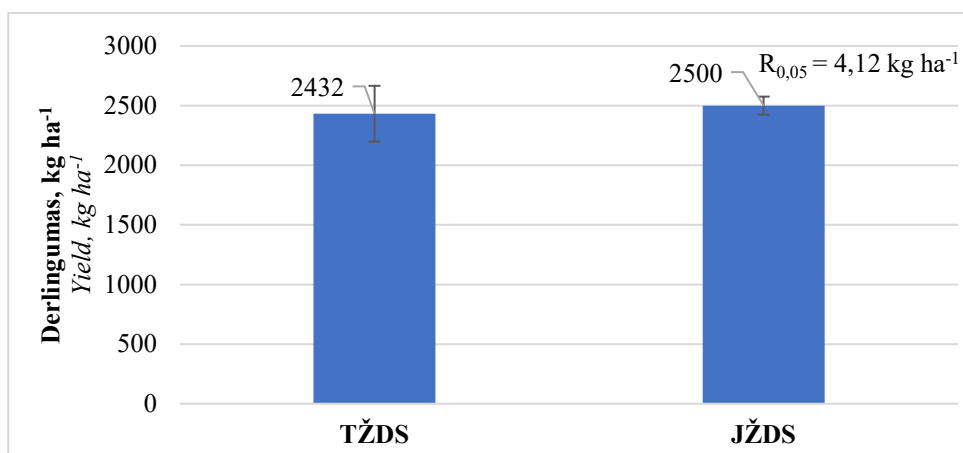


4 pav. Žemės dirbimo ir sėjos technologijų įtaka vidutiniam žieminių rapsų šakelių skaičiui

**Fig. 4.** Influence of tillage and seeding technologies on the average number of springs of winter oil seed rape

Rezultatai rodo, kad, sėjant į ražieną juostinio žemės dirbimo ir sėjos agregatu, vidutinis rapsų šakelių skaičius buvo 17,5 % didesnis (11,4 vnt.) negu sėjant tradiciškai (9,4 vnt.). Šie tyrimų rezultatai leidžia manyti, kad rapsų augalai labiau išsišakojo, kai rapsai buvo sėjami platesniais tarpueiliais.

Atlikus žieminių rapsų derlingumo skaičiavimus buvo nustatyta, kad derlingumas esmingai nesiskyrė (5 pav.), nors buvo šiek tiek didesnis JŽDS technologijos atveju.



5 pav. Žemės dirbimo ir sėjos technologijų įtaka žieminių rapsų derlingumui

**Fig. 5.** Influence of tillage and seeding technologies on winter oilseed rape yield

Nors pasėlio tankumas buvo didesnis TŽDS technologijos atveju, dėl didesnio išsišakojimo ir drauge didesnio šoninių stiebų ant vieno augalo skaičiaus JŽDS technologija leido pasiekti geresnį žieminių rapsų derlingumą.

Žinant visas žemės dirbimo ir sėjos technologines operacijas ir analizuojant traktoriuje „Massey Ferguson 8s265“ esančią stebėjimo programą „MF Connect“, buvo apskaičiuotos traktoriaus degalų sąnaudos, reikalingos kiekvienai operacijai. Šie duomenys pateikti 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Degalų sąnaudos ( $l\ ha^{-1}$ ) taikant skirtingas žemės dirbimo ir sėjos technologijas**Table 1.** Fuel consumption ( $l\ ha^{-1}$ ) using different tillage and seeding technologies

Technologija <i>Technology</i>	Arimas <i>Ploughing</i>	Dirvos kultivavimas <i>Soil cultivation</i>	Tradicinė sėja <i>Traditional seeding</i>	Sėja juostinio žemės dirbimo ir sėjos agregatu <i>Strip-till seeding</i>	Iš viso <i>Total</i>	Degalų sąnaudos, reikalingos lauko plotui* / Fuel consumption per field area
JŽDS	-	-	-	11,2	11,2	112
TŽDS	10,2	6,8	7,2	-	24,2	242

\* Pastaba: viso lauko plotas – 20 ha, TŽDS – 10 ha, JŽDS – 10 ha.

\* Note: total field area 20 ha, TŽDS – 10 ha, JŽDS – 10 ha.

Naudojant TŽDS technologiją, žieminiams rapsams pasėti buvo reikalingos 3 technologinės operacijos, o sėjant pagal JŽDS technologiją užteko vienos technologinės operacijos. Degalų sąnaudų vertinimo rezultatai parodė, kad taikant JŽDS technologiją visam darbui (žemės dirbimas + sėja) buvo sunaudota  $11,2\ l\ ha^{-1}$  degalų, t. y. 2,1 karto mažiau negu taikant TŽDS technologiją ( $24,2\ l\ ha^{-1}$ ).

Žinant įvairių technologijų energijos sąnaudas ir jų vertes, galima palyginti bendras energijos sąnaudas, gautas auginant rapsus pagal skirtingas žemės dirbimo ir sėjos technologijas. Visos operacijos buvo atliekamos viename lauke, dėl to žieminių rapsų pasėlių priežiūros technologinės operacijos ir naudojamos medžiagos buvo pasirinktos vienodos abiejų technologijų atvejais. Abiem atvejais buvo atlikta po 2 tręšimus azotu ( $64\ kg\ ha^{-1}$  veikliosios medžiagos), 1 tręšimą prieš sėją kompleksinėmis trąšomis ( $32\ kg\ ha^{-1}$  azoto N,  $32\ kg\ ha^{-1}$  fosforo P,  $32\ kg\ ha^{-1}$  kalio K), 6 purškimus pesticidais ( $4\ l\ ha^{-1}$  herbicidų,  $4,5\ l\ ha^{-1}$  insekticidų ir  $2,2\ l\ ha^{-1}$  fungicidų) ir sėja veislės INV 1024 sėkla ( $3,8\ kg\ ha^{-1}$ ). Energijos sąnaudų rezultatai pateikti 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Energijos sąnaudos auginant žieminius rapsus pagal skirtingas technologijas**Table 2.** Energy consumption during winter oilseed rape cultivation according to different technologies

Technologinės sąnaudos <i>Technological inputs</i>	Energijos ekvivalentas <i>Energy equivalent</i>	TŽDS ( $MJ\ ha^{-1}$ )	JŽDS ( $MJ\ ha^{-1}$ )
Darbo laikas / <i>Working time</i>	( $1,96\ MJ\ h^{-1}$ )	15,54	5,5
Degalų sąnaudos / <i>Fuel consumption</i>	( $39,6\ MJ\ l^{-1}$ )	958,3	443,5
Žemės ūkio mašinų darbas / <i>Agricultural machinery work</i>	( $357,2\ MJ\ ha^{-1}$ )	1 071,6	357,2
Rapsų sėkla / <i>Oilseed rape seed</i>	( $20,1\ MJ\ ha^{-1}$ )		76
Insekticidai / <i>Insecticide</i>	( $115\ MJ\ l^{-1}$ )		517,5
Herbicidai / <i>Herbicide</i>	( $85\ MJ\ l^{-1}$ )		340
Fungicidai / <i>Fungicide</i>	( $295\ MJ\ l^{-1}$ )		649
N trąšos / <i>N fertilizer</i>	( $40\ MJ\ kg^{-1}$ )		6 400
P trąšos / <i>P fertilizer</i>	( $15,8\ MJ\ kg^{-1}$ )		505,6
K trąšos / <i>K fertilizer</i>	( $9,3\ MJ\ kg^{-1}$ )		297,6
Iš viso: / <i>Total:</i>	( $MJ\ ha^{-1}$ )	10 831,14	9 591,9

Naudojant juostinį žemės dirbimo ir sėjos agregatą, bendros energijos sąnaudos visam darbui buvo  $9\ 591,9\ MJ\ ha^{-1}$ . Analizės rezultatai parodė, kad, taikant JŽDS, dėl mažesnio darbo laiko, degalų sąnaudų ir mašinų darbo patiriamos energijos sąnaudos buvo apie 1,13 karto mažesnės, lyginant su TŽDS technologija, kurią taikant bendros energinės sąnaudos visam darbui sudarė  $10\ 831,14\ MJ\ ha^{-1}$ .

Technologijų energijos produktyvumo ( $E_n$ ) vertinimas parodė, kad naudojant TŽDS technologiją  $E_n$  buvo  $0,224\ kg\ MJ^{-1}$ , o naudojant JŽDS technologiją –  $0,26\ kg\ MJ^{-1}$ . Tyrimai liudija, kad JŽDS leidžia ne tik sumažinti bendras energijos sąnaudas, bet ir pasiekti didesnę energijos produktyvumą, lyginant su TŽDS.

Įvertinus savitąją energiją, gauti rezultatai demonstruoja, kad pagal JŽDS technologiją vienam kilogramui žieminių rapsų derliaus užauginti sunaudojama  $3,83\ MJ$ , t. y. 14 % mažiau savitosios energijos, lyginant su TŽDS ( $4,45\ MJ\ kg^{-1}$ ).

Buvo palyginti šio tyrimo metu gauti energijos sąnaudų rodikliai su anksčiau Lietuvoje atliktų tyrimų metu gautais žieminių rapsų, augintų pagal įvairias žemdirbystės technologijas, energijos sąnaudų rezultatais. Ankstesni tyrimai parodė, kad energijos produktyvumas svyravo nuo  $0,15$  iki  $0,19\ kg\ MJ^{-1}$ , o savitoji energija varijavo nuo  $5,34$  iki  $6,64\ MJ\ kg^{-1}$  (Šarausis ir kt., 2019).

## Išvados

1. Žieminių rapsų pasėlio tankumo tyrimais nustatyta, kad, sėjant sukonstruotu nauju JŽDS agregatu, augalų skaičius nors ir buvo didesnis eilutėje, vis dėlto 1 m<sup>2</sup> plote buvo 25 % mažesnis, lyginant su TŽDS.
2. Žieminių rapsų biometrinių ir derliaus parametrų rezultatai parodė, kad platesniame tarpueilyje (JŽDS) rapsų augalai užaugino apie 17 % daugiau šoninių stiebų ir davė šiek tiek didesnę derlių (apie 2,5 t ha<sup>-1</sup>), lyginant su TŽDS (apie 2,4 t ha<sup>-1</sup>).
3. Įvertinus energijos sąnaudas paaiškėjo, kad, naudojant JŽDS agregatą, visame darbe buvo sutaupyta apie 130 litrų degalų. JŽDS technologija sumažina energijos sąnaudas apie 1,13 karto, lyginant su TŽDS.

## Literatūra

1. Al-Kaisi, M. M., Douelle, A. and Kwaw-Mensah, D. (2014). Soil microaggregate and macroaggregate decay over time and soil carbon change as influenced by different tillage systems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69(6), 574–580.
2. Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D. and Wojewódzki, P. (2020). A strip-till one-pass system as a component of conservation agriculture. *Agronomy*, 10(12), 1–18.
3. Koga, N., Tsuruta, H., Tsuji, H. and Nakano, H. (2003). Fuel consumption-derived CO<sub>2</sub> emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 99(1–3), 213–219.
4. Lekavičienė, K. ir Šarauskis, E. (2022). Juostinė sėja prieš įprastinę: nuo guoliavietės paruošimo iki energinio vertinimo. *Mano ūkis*, 2, 50–52.
5. Saldukaitė-Sribikė, L. (2023). Juostinio žemės dirbimo ir tiesioginės sėjos įtaka aplinkosauginiams aspektams žieminių kviečių ir rapsų auginime. *Daktaro disertacija, technologijos mokslai, aplinkos inžinerija T 004*.
6. Šarauskis, E., Masilionytė, L., Juknevičius, D., Buragienė, S. ir Kriauciūnienė, Z. (2019). Energy use efficiency, GHG emissions, and cost-effectiveness of organic and sustainable fertilisation. *Energy*, 172, 1151–1160.

## Vytautas Gričius, Egidijus Šarauskis

Vytautas Magnus University, Lithuania

### Evaluation of Strip Tillage and Seeding Machine Work Processes in Winter Oilseed Rape Production

Traditional tillage and seeding, which are two separate technological operations, require a lot of energy and time and have a negative impact on the soil and the environment. Therefore, it is necessary to look for agro-technical solutions to combine these technological operations in a more economical and environmentally friendly way. The aim of this work was to study and compare two different tillage and seeding technologies for winter oilseed rape. Experimental studies were carried out with two different options: TŽDS – traditional tillage and seeding with a traditional seeder (row spacing 12.5 cm), JŽDS – strip tillage and seeding with a new aggregate (row spacing 36.3 cm). After comparing the biometric and yield structure parameters of winter oilseed rape, it was found that the JŽDS variant produced a higher number of side stems and pods. After the fuel consumption evaluation, it was found that 13.0 l ha<sup>-1</sup> of diesel fuel was saved by using JŽDS compared to TŽDS. Energy consumption was 1.3 times lower with JŽDS than with TŽDS.

Strip tillage, conventional tillage, diesel fuel, energy consumption, winter oilseed rape.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

Vytautas GRICIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 647 73656, el. paštas: vytautas.gricius@vdu.lt

Vytautas GRICIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 647 73656, e-mail: vytautas.gricius@vdu.lt

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752357, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt

Egidijus ŠARAUSKIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: egidijus.sarauskis@vdu.lt

# MINERALINIŲ TRĄŠŲ SRAUTO ANT SKLAIDOMŲJŲ DISKŲ POKYČIO ĮTAKOS GRANULIŲ SKLAIDAI TYRIMAI

Eimantas Dovidaitis, Edvardas Vaiciukevičius, Algirdas Jasinskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Maisto medžiagos auginamų augalų plote pasiskirsto nevienodai, todėl dirvožemiai skiriasi derlingumu, užaugintų augalų derliumi bei kokybe. Tyrimais nustatyta, kad sudėtinga paskirstyti trąšas kintama norma, atsižvelgiant į maisto medžiagų pasiskirstymą atskiruose lauko ploteliuose, skleidžiant trąšas pagal agrotechninius reikalavimus. Mineralinėms trąšoms skleisti plačiai naudojamos išcentrinės mineralinių trąšų barstomosios. Efektyviam trąšų paskirstymui turi įtakos ne tik trąšų granuliu savybės, aplinkos sąlygos, bet ir trąšų barstomosios konstrukcija bei nustatymai.

Česlovo Dovidaičio ūkyje buvo tiriama trąšų sklaida tręšiant augalus dvidiske mineralinių trąšų barstomąja „Strumyk“. Buvo atlikti trąšų granuliu sklaidos skersine ir išilgine kryptimis tyrimai, keičiama skleidžiamų trąšų norma trąšų barstomosios darbo metu. Nustatyta, kad keičiant skleidžiamų trąšų normą nuo 160 iki 240 kg ha<sup>-1</sup>, trąšos tolygiai pasiskirsto skersine ir išilgine kryptimis, trąšų barstomąja nuvažiavus apie 8 m, kai nusistovi trąšų barstomosios darbo procesas.

Trąšų granulės, srautas, trąšų granuliu sklaida.

## Įvadas

Augalai gali užaugti ir sunokti natūraliai, pasisavindami organines ir mineralines medžiagas iš dirvožemio. Dirvožemiai skiriasi derlingumu, todėl nederlinguose kraštuose natūralu suteikti augalams naudingųjų medžiagų tręšiant dirvas ir taip siekti geriausių rezultatų. Tręšdami pasėtus laukus siekiame išauginti didesnę derlių. Vis dėlto ne visada investuojant į tręšimą pasiekiami geriausi rezultatai, nes siekiant geriausio rezultato tręšimu yra daugybė reikšmingų faktorių, kuriuos reikia žinoti ir jais vadovautis (Zhang et al., 2021).

Atliekama daugybė bandymų, susijusių su tręšimu, nes tai yra vienas aktualiausių klausimų žemės ūkyje, turintis įtakos ne tik derliui, bet ir užaugintos produkcijos savikainai. Trąšų barstytuvų gamintojai nuolatos konkuruoja tarpusavyje, kurdami ir tobulindami trąšų barstomųjų konstrukciją ir veikimo principus, kad jos leistų išgauti geriausius rezultatus (Bulgakov et al., 2023). Siekiant norimų rezultatų atliekami įvairūs tyrimai, susiję su trąšų barstomųjų efektyvumu (Bulgakov et al., 2021).

Remiantis modernių ūkių praktika, būtina atlikti dirvožemio tyrimus ir, pasinaudojant jų rezultatais, išvengti didžiausios problemos – neracionalaus trąšų išbarstymo. Siekiant išvengti pertręšimo arba per mažo trąšų kiekio išbarstymo, moderniuose ūkiuose naudojamos išmaniosios trąšų barstymo sistemos. Tačiau net ir išmaniosios trąšų barstymo sistemos, dirbdamos pagal dirvožemio tyrimų žemėlapius, negarantuoja tikslių rezultatų (Gyldengrena et al., 2020; Przywara et al., 2020; Thaper et al., 2022).

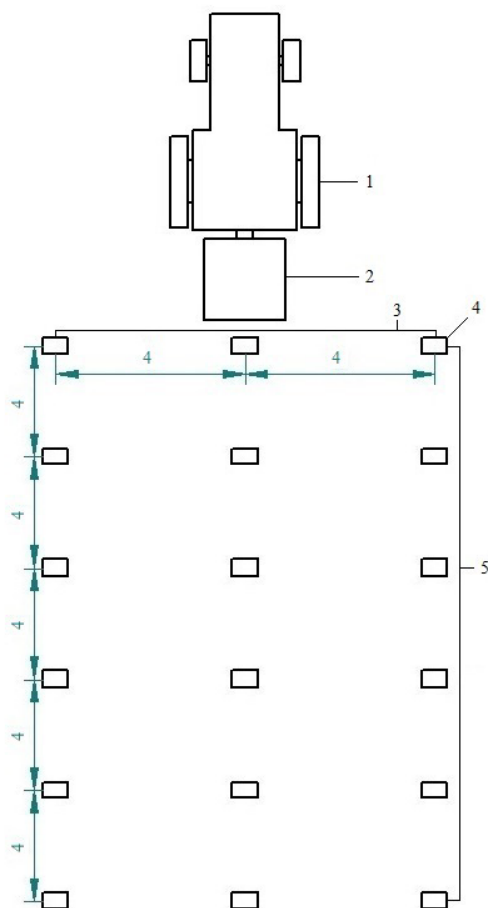
Tyrimo tikslas – nustatyti trąšų granuliu skersinį ir išilginį pasiskirstymą keičiant trąšų barstomosios važiavimo greitį ir trąšų granuliu srautą ant skaidomųjų diskų barstomosios darbo metu.

## Tyrimų metodika

Mineralinių trąšų srauto ant skaidomųjų diskų pokyčio įtakos granuliu sklaidai tyrimai buvo atlikti Č. Dovidaičio ūkio bandymų laukeliuose. Trąšų granulėms skleisti buvo naudojamas traktorius „John Deere 6430“ su dviejų diskų mineralinių trąšų barstomąja „Strumyk“ (1 pav.). Trąšų granuliu sklaidos eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti lauko sąlygomis.

Mineralinės trąšos buvo skleidžiamos bandymų laukeliuose pagal sudarytą dėžučių išdėstymo schemą (2 pav.). Dėžutės trąšų granuliu sklaidai skersine kryptimi nustatyti buvo išdėstytos 2 m atstumu (5 dėžutės), išilgine kryptimi – 4 m atstumu (3 dėžutės).





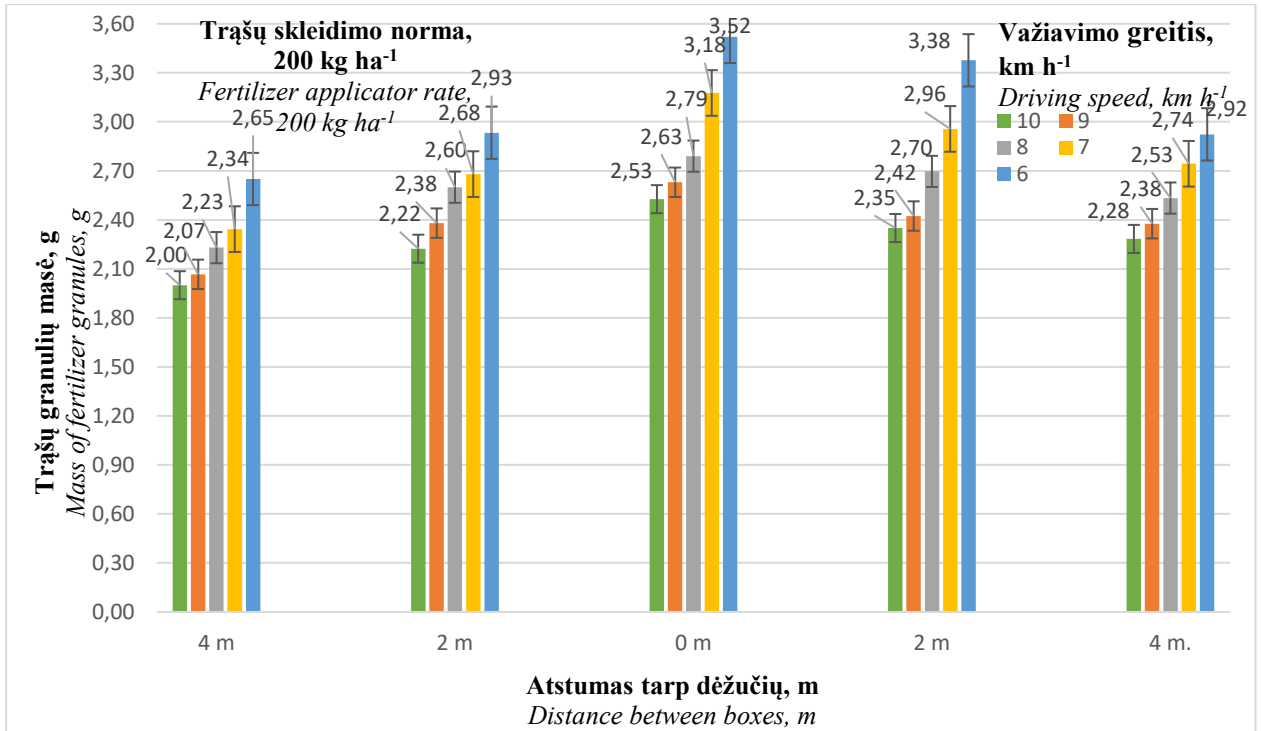
**3 pav.** Dėžučių išdėstymas trąšų sklaidai išilgine kryptimi nustatyti: 1 – traktorius; 2 – trąšų barstomoji; 3 – dėžutė  
**Fig. 3.** Arrangement of boxes to determine the distribution of fertilizers in the longitudinal direction: 1 – tractor; 2 – fertiliser spreader; 3 – box

Gauti tyrimų rezultatai buvo apdoroti matematiniais statistiniais metodais.

## Rezultatai ir aptarimas

Trąšų granulių sklaidimui išcentrinėmis mineralinių trąšų barstomosiomis daro įtaką trys pagrindiniai parametrai: trąšų išbyrėjimo angos dydis, trąšų barstomosios darbinis plotis ir važiavimo greitis. Skleidžiant mineralines trąšas pastovia norma visu darbinio plėčiu, šie parametrai turi būti pastovūs, tačiau tai padaryti darbo metu visame lauke sudėtinga. Mineralinių trąšų barstomųjų parametrų nustatymo metu dažniausiai keičiama trąšų išbyrėjimo sklendės padėtis ir važiavimo greitis. Todėl buvo tikslinga nustatyti, kaip keičiasi mineralinių trąšų sklaida trąšų barstomosios „Strumyk“ 8 metrų darbinio plėčiu skleidžiant amonio salietros granules. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad trąšų barstomoji skleistų 200 km ha<sup>-1</sup> trąšų normą, o važiavimo greitis buvo keičiamas nuo 6 iki 10 km<sup>-1</sup> 1 kilometro intervalais. Paaiškėjo, kad trąšų barstomosios važiavimo greitis daro įtaką ne tik hektare išberiamų trąšų normai, bet ir trąšų granulių sklaidai darbinio plėčiu (4 pav.).

Atlikus tyrimus pastebėta, kad važiavimo greitis turėjo didžiausią įtaką mineralinių trąšų sklaidai barstomosios viduryje, o barstomosios dešinėje pusėje buvo skleidžiama daugiau trąšų granulių negu kairėje pusėje. Nevienodai trąšų granulių skaidai turėjo įtakos 5 m s<sup>-1</sup> šoninis vėjas. Trąšų barstomosios važiavimo greitį sumažinus nuo 8 iki 6 km h<sup>-1</sup>, mineralinių trąšų sklaidimo norma padidėjo nuo 200 iki 211 kg ha<sup>-1</sup>, o padidinus nuo 8 iki 10 km h<sup>-1</sup> – sumažėjo nuo 200 iki 132 kg ha<sup>-1</sup>. Tyrimais nustatyta, kad, didinant trąšų barstomosios važiavimo greitį nuo 6 iki 10 km h<sup>-1</sup>, trąšų sklaidimo norma proporcingai mažėjo. Vadovaujantis gautais tyrimų rezultatais, galima teigti, kad 8 km h<sup>-1</sup> darbinis greitis trąšų granulių sklaidai darbinio plėčiu buvo racionaliausias, į skersine kryptimi išdėstytas dėžutes patekusių trąšų masė buvo panaši visu trąšų barstomosios darbinio plėčiu.



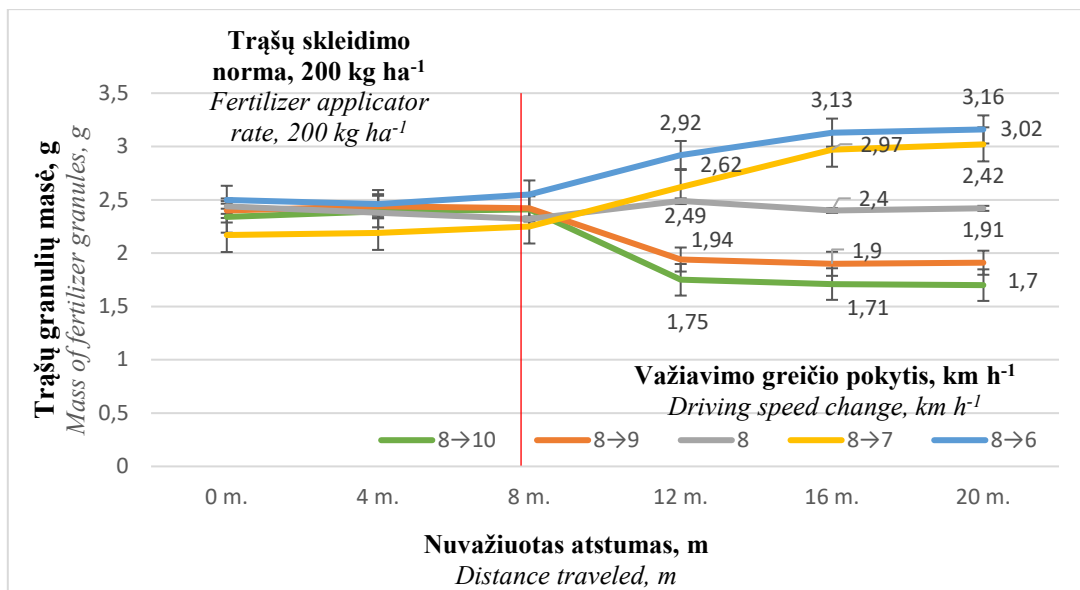
4 pav. Trašų barstomosios važiavimo greičio įtaka granulių sklaidai darbinio pločiu

Fig. 4. The influence of fertilizer spreader driving speed on the dispersion of granules in the working width

Trašų sklaidos tendencija išilgine kryptimi buvo panaši kaip ir skersine kryptimi, daugiausiai trąšų buvo sklaidžiama barstomosios viduryje.

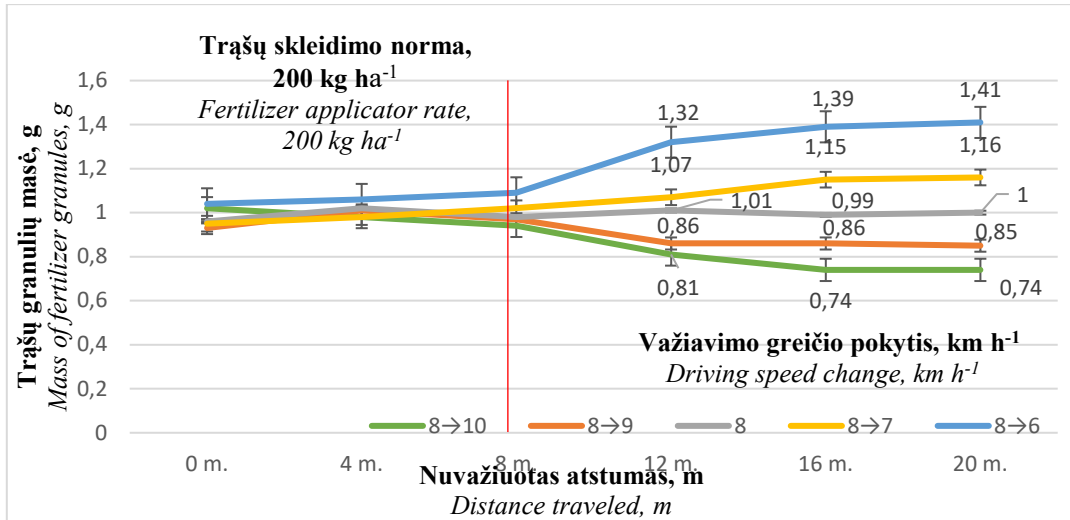
Buvo įdomu nustatyti, kokį poveikį trąšų sklaidai daro tolygiai didėjantis arba mažėjantis trąšų barstomosios važiavimo greitis. Kadangi trąšų sklaidai įtakos turėjo šoninis vėjas (Bulgakov et al., 2023), trąšų sklaida barstomosios viduryje, kairėje ir dešinėje pusėse buvo nagrinėjama atskirai (5, 6 ir 7 pav.).

Gautiems rezultatams palyginti 20 metrų atkarpoje buvo važiuojama 8 km h<sup>-1</sup> greičiu. Tyrimais nustatyta, kad, pakeitus trąšų barstomosios važiavimo greitį 8–12 metrų atkarpoje, trąšų sklaidimo hektare norma sparčiai kito.

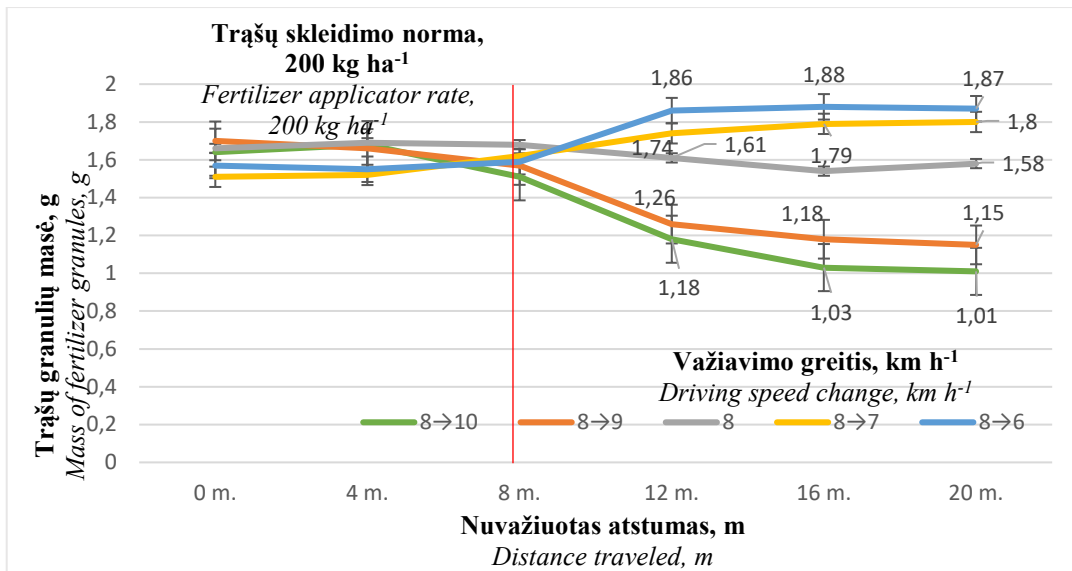


5 pav. Trašų granulių sklaida trešiamosios viduryje

Fig. 5. Dispersion of fertilizer granules in the centre of the fertiliser track



6 pav. Trašų granulių sklaida barstomosios kairėje pusėje  
 Fig. 6. Dispersion of fertilizer granules on the left side of the spreader



7 pav. Trašų granulių sklaida barstomosios dešinėje pusėje  
 Fig. 7. Dispersion of fertilizer granules on the right side of the spreader

Pastebėta tendencija, kad, trašų barstomosios važiavimo greičiui mažėjant, jos darbo procesas nusistovi greičiau negu jos greičiui didėjant. Keičiant mineralinių trašų barstymo parametrus, trašų barstomosios darbo procesas nusistovi nuvažiavus 4–8 m; tai patvirtina ir ankstesni tyrimai (Zhang et al., 2021). Trašų barstomosios darbinio plėčiu trašų granulių sklaida dešinėje ir kairėje pusėse buvo panaši, o didesniau pribyrėjusių trašų granulių kiekiui dešinėje pusėje įtakos turėjo šoninio vėjo greitis. Trašų granulių sklaida buvo didžiausia trašų barstomosios darbinio plėčiu viduryje.

**Išvados**

1. Nustatė, kad trašų barstomoji skleistų 200 kg ha<sup>-1</sup> trašų normą, mažinant važiavimo greitį nuo 8 iki 6 km h<sup>-1</sup>, trašų granulių sklaida skersine ir išilgine kryptimis tolygiai didėjo, o didinant nuo 8 iki 10 km h<sup>-1</sup> – tolygiai mažėjo.
2. Trašų barstomosios darbo metu didinant jos važiavimo greitį nuo 8 iki 10 km h<sup>-1</sup> arba mažinant nuo 8 iki 6 km h<sup>-1</sup>, trašų barstomosios darbo procesas nusistovi apie 8–10 metrų atkarpoje.
3. Trašų granulių sklaida buvo didesnė barstomosios viduryje, o kairėje ir dešinėje pusėse rezultatams įtakos turėjo šoninio vėjo greitis.



## Literatūra

1. Bulgakov, V., Adamchuk, O., Pascuzzi, S., Santoro, F. and Olt, J. (2021). Experimental research into uniformity in spreading mineral fertilizers with fertilizer spreader disc with tilted axis. *Agronomy Research* 19(1), 28–41. <https://doi.org/10.15159/AR.21.025>
2. Bulgakov, V., Holovach, I., Adamchuk, O., Rucins, A. and Aboltins, A. (2023). Research in mineral fertiliser particle throwing distance from new centrifugal fertilizer spreader working tool. *Engineering for Rural Development*, 517–522, Jelgava.
3. Gyldengrena, J., Balslev Greveb M., Skou-Nielsenc, N., Olesenb, J. E. and Gisluma, R. (2020). Field scale agronomic and environmental consequences of overlapping N fertilizer application by disc spreaders. Elsevier. *Field Crops Research*, 255, 107901. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107901>
4. Przywara, A., Santoro, F., Kraszkiwicz, A., Pecyna, A. and Pascuzzi, S. (2020). Experimental study of disc fertilizer spreader performance. *Agriculture*, 10, 467.
5. Thaper, R. K., Fulton, J. P., McDonald, T. P. and Fasina, O. O. (2022). Potential of fertilizer segregation during application using spinner disc spreader. *Precision Agriculture*, 23, 83–100, <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09828-5>
6. Zhang, J., Liu, G., Huang, J. and Zhang, Y. (2021). A study on the time lag and compensation of a variable-rate fertilizer applicator. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 37(1), 43–52.

**Eimantas Dovidaitis, Edvardas Vaiciukevičius, Algirdas Jasinskas**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Influence of Mineral Fertilizer Flow Change on Spreading Discs on the Spreading of Pellets**

Nutrients are unevenly distributed in the area of cultivated plants, so soils differ in their fertility, yield and quality of cultivated plants. Research has shown that it is difficult to distribute fertilizers at a variable rate, taking into account the distribution of nutrients in individual field plots when spreading fertilizers according to agrotechnical requirements. Centrifugal mineral fertilizer spreaders are widely used for spreading mineral fertilizers. Effective fertilizer distribution is influenced not only by the characteristics of fertilizer granules, environmental conditions, but also by the design and settings of the fertilizer spreader.

On the Česlovas Dovidaitis farm, fertilizer spreading tests were carried out by fertilizing plants with the mineral fertilizer spreader “Strumyk” in a double-sided spreader. During the research, studies were carried out on the spread of fertilizer granules in the transverse and longitudinal direction, and the rate of spreading of fertilizer was changed during the operation of the fertilizer spreader. The conducted research found that by changing the fertilizer spreading rate from 180 to 240 kg ha<sup>-1</sup>, the fertilizer is evenly distributed in the transverse and longitudinal direction after driving the fertilizer spreader for about 8 m, when the fertilizer spreader’s work process settles.

Fertilizer granules, flow, dispersion of fertilizer granules.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Eimantas DOVIDAITIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, +370 604 38498, el. paštas: eimantas.dovidaitis@stud.vdu.lt

Eimantas DOVIDAITIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, +370 604 38498, e-mail: eimantas.dovidaitis@stud.vdu.lt

Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752332, el. paštas: edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt

Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752332, e-mail: edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt

Algirdas JASINSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius, vyr. mokslo darbuotojas, dr. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752376, el. paštas: algirdas.jasinskas@vdu.lt

Algirdas JASINSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, prof., chief researcher, dr. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752376, e-mail: algirdas.jasinskas@vdu.lt

# AUTOTRANSPORTO SUKELIAMO TRIUKŠMO TYRIMAS RYTINIO IR VAKARINIO PIKO LAIKOTARPIAIS KAUNO PRIEMIESČIŲ GATVIŲ APLINKOJE

Osvaldas Steponaitis, Gediminas Vasiliauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje analizuojama kelių autotransporto sukeliama triukšmo tarša įvažiuojant į / išvažiuojant iš Kauno miesto. Atlikus informacijos šaltinių analizę nustatyta, kad autotransporto sukeliama triukšmas turi įtakos žmonių sveikatai ir maždaug apie 95 milijonai žmonių Europoje patiria kenksmingą kelių autotransporto sukeliama triukšmo lygį. Šiame tyrime triukšmas buvo matuojamas penkiuose skirtinguose įvažiuojant į / išvažiuojant iš Kauno miesto, Garliavos, Akademijos, Raudondvario, Karmėlavos ir Rokų kryptimis. Tyrimų metu buvo įvertinamas pravažiuojančių automobilių srautas rytinio (7.00–8.00 val.) ir vakarinio (17.00–18.00 val.) piko laikotarpiais ir matuojamas šių transporto srautų sukeliama triukšmas. Nustatyta, kad priklausomai nuo autotransporto srauto, skiriasi ir triukšmo lygis, o visuose tyrimo taškuose, išskyrus Akademijos kryptį, triukšmo lygis siekia ir viršija 65 dBA triukšmo lygio vertę. Nustatyta, kad triukšmo lygis didžiausias Savanorių pr. Karmėlavos kryptimi – rytinio piko metu gali siekti 75 dBA, o vakarinio piko metu – 72 dBA vertę. Ekvivalentinio triukšmo lygiai piko laikotarpiais gali būti iki 4,5 dBA didesni nei  $L_{dienes}$  triukšmo rodiklis, pateikiamas strateginiame triukšmo žemėlapyje.

Triukšmo lygis, autotransporto triukšmas, piko laikotarpis, eismo intensyvumas.

## Įvadas

Triukšmas yra vienas iš fizikinės taršos veiksnių, galinčių daryti įtaką dirbančiųjų saugai, sveikatai darbo vietose ir ilgalaikį poveikį gyvenančiųjų triukšmingose zonose sveikatai. Kadangi didesniuose miestuose didėjant transporto srautams sparčiai didėja ir triukšmas, vis daugiau gyventojų yra veikiami aukšto lygio triukšmo gyvenamojoje aplinkoje. Dėl šios priežasties daugumoje miestų ir gyvenviečių, kurios yra šalia judresnių kelių ar gatvių, triukšmas pagrįstai yra laikomas viena svarbiausių ekologinių problemų. Triukšmas trukdo darbui, poilsiui, neigiamai veikia žmonių sveikatą (Tamošiūnas, 2011).

Pastaruosiu metu beveik kiekvienas namų ūkis Lietuvoje turi bent po vieną automobilį. Vien 2019 m. Lietuvoje buvo įregistruota beveik 230 000 naudotų automobilių ir beveik 50 000 naujų transporto priemonių (Statistikos departamentas, 2019). Toks autotransporto priemonių skaičiaus didėjimas neatsiejamai turi pasekmių aplinkai, iš kurių vienos aktualiausių yra aplinkos oro tarša ir autotransporto sukeliama triukšmas, kuris gali turėti neigiamą įtaką aplinkai ir žmonėms. Automobilių eismo srautai miestų gatvėse ir užmiečio keliuose nuolat didėja dėl transporto priemonių gausėjimo ir nuolatinio jų poreikio. Besivystanti ekonomika ir kintanti gyventojų socialinė padėtis didina mobilumo poreikį, dėl to didėja transporto srautai, susidaro eismo spūstys, nes gatvių ir kelių tinklo pralaidumas praktiškai nesikeičia (Zovė, 2012), drauge didėja ir autotransporto srautų sukeliama triukšmas.

Triukšmo poveikio gyventojams mastas yra ne tik nacionalinė, tačiau ir Europos, netgi pasaulinė problema, todėl siekiant nustatyti, kaip kinta triukšmo zonos visose ES valstybėse kas penkeri metai didžiuosiuose miestuose, kuriuose gyvena daugiau nei 100 000 gyventojų, ir šalia didžiausiu eismo intensyvumu pasižyminčių automobilių kelių, geležinkelių, oro uostų, yra sudaromi ir atnaujinami strateginiai triukšmo žemėlapiai. ES šalis nares taip identifikuoti triukšmo problemą įpareigoja ES direktyva 2002/49/EC „Dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo“. Triukšmo strateginis kartografavimas susideda iš dviejų dedamųjų, kurių viena yra skirta triukšmo sklaidai nagrinėjamoje vietovėje nustatyti, o antrosios metu įvertinamas atitinkamo triukšmo lygio veikiamų žmonių skaičius. Strateginis žemėlapis yra skirtas įvairių šaltinių triukšmo poveikio tam tikroje zonoje apibendrintam įvertinimui atlikti arba apibendrintai prognozei pateikti (Sabaliauskienė, 2017).

Mokslinėje literatūroje ir įvairiose ataskaitose dažnai analizuojamas autotransporto srautų sukeliama triukšmo lygis dienomis, vakarais ir naktimis. Triukšmo žemėlapiai taip pat sudaromi vertinant vidutinį ilgalaikį (metų laikotarpio) triukšmo lygį šiais paros laikotarpiais, tačiau mokslinėje literatūroje nėra daug informacijos, kiek šis vidutinis triukšmo lygis skiriasi įvairiais dienos laikotarpiais, ypač piko valandomis. Maruyama (2020) savo tyrime analizavo kelių autotransporto sukeliama triukšmo vidutinių ir maksimalių triukšmo lygių skirtumus dienomis ir naktimis ir nustatė, kad ekvivalentinis triukšmo lygis dažnai yra nepakankamas nustatant triukšmo poveikį. Panašiai Riyadas ir kt. (2020) savo tyrime nustatė, kad maksimalus triukšmo lygis piko ir ne piko laikotarpiais gatvėse gali kisti atitinkamai nuo 78,1 iki net 119,7 dBA piko ir atitinkamai nuo 57,4 iki 89,3 dBA ne piko valandomis.

Šiame tyrime buvo pasirinkta analizuoti autotransporto triukšmą Kauno mieste. Pagal Kauno miesto darnaus judumo planą, nemaža dalis miestiečių keliai gyventi į priemiesčius, taip pat nuolat plėtojami ir modernizuojami Kauno miesto priemiesčiai, todėl automobilių srautas išvažiavimuose iš miesto tolygiai didėja. Per paskutinius 10 metų centrinėje miesto dalyje plėtra nebuvo tokia intensyvi, lyginant su tuo, kaip vyko priemiesčių plėtra. Remiantis Kauno miesto darnaus judumo planu, Kauno mieste didžiausias kelionės trukmės (drauge ir eismo srautu) padidėjimas fiksuojamas rytinio piko metu, būtent 7.00–8.00 val., ir vakarinio piko metu, 17.00–18.00 val. (Kauno miesto darnaus judumo planas, 2019).

Šio tyrimo tikslas – atlikti pagrindinių įvažiavimų į / išvažiavimų iš Kauno miesto autotransporto eismo intensyvumo skaičiavimus rytinio ir vakarinio pikų laikotarpiais, įvertinti akustinę situaciją šių gatvių aplinkoje, priklausomai nuo autotransporto srauto.

## Tyrimų metodika

Kelių autotransporto sukeliama triukšmo tyrimai buvo atliekami Kaune prie 5 skirtingų išvažiavimų iš Kauno miesto Garliavos, Rokų, Akademijos, Raudondvario ir Karmėlavos kryptimis. Matavimo taškų, kuriuose buvo atliekami triukšmo matavimai ir eismo intensyvumo skaičiavimai, išdėstymo schema pateikta 1 paveiksle. Garliavos kryptimi triukšmo lygis buvo matuojamas šalia Veiverių pl., Rokų kryptimi – Nemuno g., Raudondvario kryptimi – Raudondvario pl., Karmėlavos kryptimi – Savanorių pr.



**1 pav.** Matavimo taškų, kuriuose buvo atliekami eismo intensyvumo skaičiavimai ir aplinkos triukšmo matavimai, išdėstymo schema

**Fig 1.** Locations of the measurement points where the traffic density was calculated and noise measurements performed

Tyrimas buvo atliekamas 2023–2024 m., kelių autotransporto sukeliama triukšmo matavimai ir eismo intensyvumo skaičiavimai – šaltuoju ir šiltuoju metų laikotarpiais. Triukšmo matavimai buvo atliekami 1 paveiksle nurodytose vietose rytinio piko metu nuo 7.00 iki 8.00 valandos ir vakarinio piko metu nuo 17.00 iki 18.00 valandos. Matavimai visose pozicijose buvo atlikti tris kartus. Gatvėse, kuriose buvo atliekami tyrimai, Raudondvario, Garliavos, Akademijos ir Rokų kryptimis leistinas greitis buvo 50 km/h, o Karmėlavos kryptimi – 70 km/h. Triukšmas gatvių aplinkoje buvo matuojamas naudojant pirmosios tikslumo klasės triukšmo lygio matuoklį „Bruel & Kjaer 2270“. Kelių autotransporto sukeliama triukšmo matavimai buvo atliekami pagal ISO 1996:1 ir ISO 1996:2 standartuose pateiktą metodiką. Tyrimo metu buvo fiksuojami ekvivalentinis ir maksimalus triukšmo lygiai, kaip numatyta HN33:2011. Transporto priemonių sukeliama triukšmo matavimo laikas buvo 60 minučių, triukšmomatis buvo statomas 7,5 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies 1,5 m aukštyje.

Tyrimo metu, kai buvo matuojamas autotransporto sukeliama triukšmas, buvo atliekami ir analizuojamose gatvėse pravažiavusių autotransporto priemonių srauto skaičiavimai. Buvo skaičiuojamos pravažiuojančios transporto priemonės, o jų skaičius dokumentuotas naudojant pagalbinę išmaniojo telefono programėlę „Count that now“. Skaičiuojant buvo fiksuojamos pravažiuojančios lengvosios (iki 3,5 t masės) ir

sunkiasvorės transporto priemonės (>3,5 t masės). Transporto priemonių skaičiavimo trukmė buvo analogiška triukšmo matavimų trukmei, t. y. 60 min.

## Rezultatai ir aptarimas

Tyrimų metu visose matavimo vietose lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių srauto intensyvumas buvo labai skirtingas. Lyginant eismo intensyvumą skirtingomis kryptimis galima teigti, kad didžiausi autotransporto srautai piko laikotarpiais Kaune yra Karmėlavos (~3 360 aut. val<sup>-1</sup>) kryptimi ir ženkliai mažesni kitomis kryptimis. Išsamūs transporto srautų tyrimo vietose duomenys ir sudėtis pateikiami 1 lentelėje.

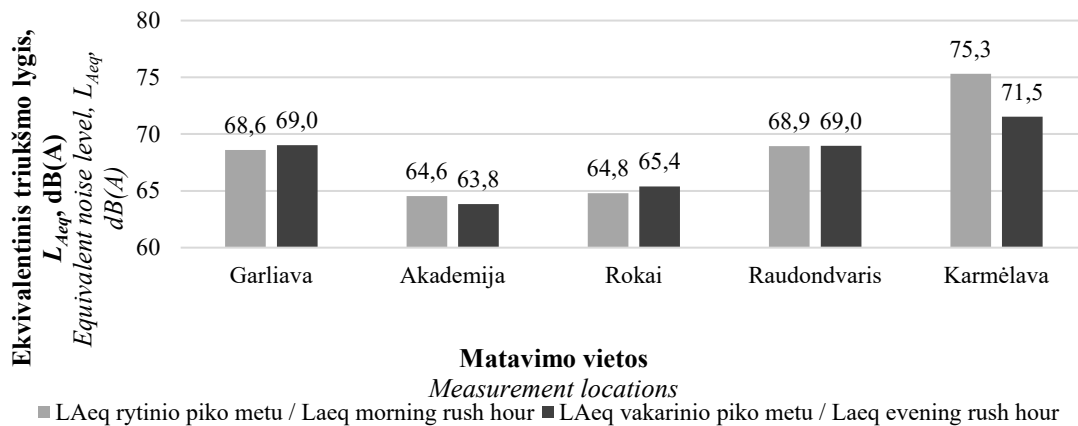
1 lentelė. Eismo intensyvumo skaičiavimų rezultatai

Table 1. Results of traffic density calculations

Matavimo taškai <i>Measurement locations</i>	Rytinio piko metu, aut./val. <i>During the morning rush hour, veh./hr.</i>		Vakarinio piko metu, aut./val. <i>During the evening rush hour, veh./hr.</i>	
	Lengvieji automobiliai <i>Passenger cars</i>	Sunkiasvoriai automobiliai <i>Heavy vehicles</i>	Lengvieji automobiliai <i>Passenger cars</i>	Sunkiasvoriai automobiliai <i>Heavy vehicles</i>
	Garliava	1 425	78	2 160
Akademija	1 310	64	1 487	50
Rokai	381	11	456	15
Raudondvaris	1 126	59	1 285	65
Karmėlava	3 403	158	3 323	113

Iš 1 lentelėje pateiktųjų duomenų matyti, kad lengvųjų transporto priemonių skaičius vakarinio ir rytinio pikų metu gali ženkliai skirtis ir dauguma tirtų atvejų yra didesnis vakarinio piko metu. Didžiausias eismo intensyvumo skirtumas nustatytas Garliavos kryptimi – vakare buvo net 35 proc. didesnis, o atitinkamai Akademijos, Rokų ir Raudondvario kryptimis – ~14 proc. didesnis vakarinio piko metu. Karmėlavos kryptimi abiem tirtais laikotarpiais nustatyti panašūs eismo srautai.

Kadangi kelių eismo srauto intensyvumas yra vienas pagrindinių rodiklių, darančių įtaką kelio aplinkoje esančiam triukšmui, taip pat buvo ištirtas triukšmas kiekviename matavimo taške rytinio ir vakarinio pikų metu. Gauti ekvivalentinio triukšmo lygio vidurkiai pateikiami 2 paveiksle.



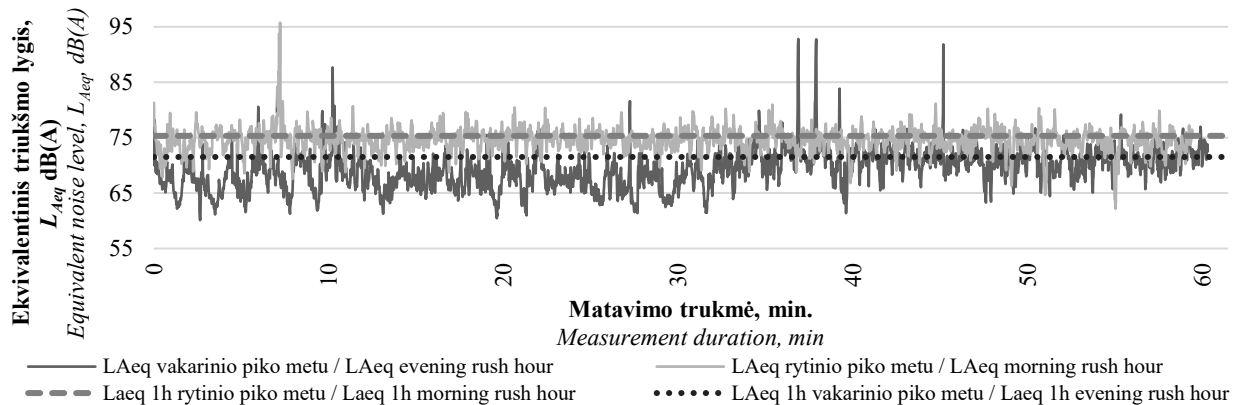
2 pav. Atliktų matavimų ekvivalentinio triukšmo lygio vidurkiai

Fig 2. Average equivalent noise levels in the measurement locations

Iš pateiktųjų duomenų matyti, kad ekvivalentinis triukšmo lygis nebūtinai yra didžiausias ten, kur nustatytas didžiausias eismo intensyvumas. Didžiausi ekvivalentiniai triukšmo lygiai nustatyti Karmėlavos (73,4 dB(A)), Garliavos (68,8 dB(A)) ir Raudondvario (69,0 dB(A)) kryptimis. Iš rezultatų taip pat matyti, kad Akademijos kryptimi eismo intensyvumas netgi didesnis nei Raudondvario kryptimi, tačiau triukšmo lygis Akademijoje mažesnis. Tai gali būti aiškinama tuo, kad analizuotuose taškuose ženkliai skiriasi transporto srautų judėjimo charakteristika, t. y. Akademijoje dažnai formuojasi autotransporto spūstys, todėl pasikeičia autotransporto priemonių judėjimo greitis ir drauge triukšmo tarša.

Matuojant autotransporto sukeltą triukšmą buvo fiksuojamas ir ekvivalentinio triukšmo lygio  $L_{A,eq}$  kitimas laike, matavimo laikotarpiu. Ekvivalentinio triukšmo lygio matavimų rezultatai įvairiomis tyrimo

analizuotomis kryptimis yra panašūs, o triukšmingiausiame matavimo taške – Karmėlavos kryptimi pateikiami 3 paveiksle.

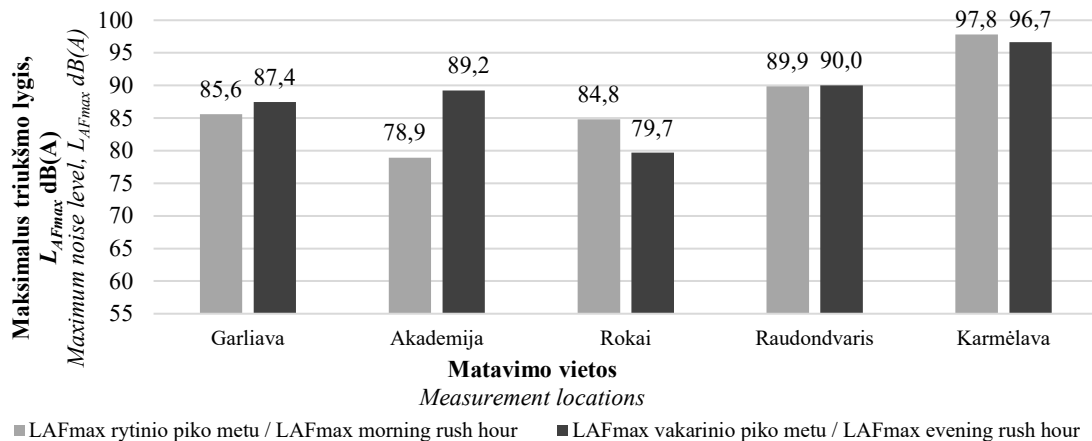


3 pav. Ekvivalentinio triukšmo lygio laikinis atvaizdas Karmėlavos kryptimi

Fig 3. Equivalent noise level time-domain towards Karmėlava

3 grafike aiškiai matomi ekvivalentinio triukšmo lygio skirtumai rytinio ir vakarinio pikų laikotarpiais ir tai, kad triukšmo lygis rytinio piko metu yra vienodas visų matavimų laikotarpiu, o vakare nuo ~30 matavimo laikotarpio minutės arba 17.30 val. pradeda didėti.

Išmatavus analizuojamuose matavimo taškuose pravažiuojančių autotransporto priemonių sukeltą triukšmą, buvo analizuojamas ir maksimalus triukšmo lygis. Gauti maksimalaus triukšmo lygio  $L_{AF,max}$  rezultatai pateikiami 3 paveiksle.



4 pav. Atliktų matavimų maksimalaus triukšmo lygio vidurkiai

Fig 4. Averages of the maximum noise levels of the measurements taken

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad skirtumai tarp atitinkamai išmatuotų didžiausių ir mažiausių maksimalių triukšmo lygių  $L_{AF,max}$  įvairiomis kryptimis yra ženkliai didesni nei skirtumai tarp ekvivalentinių  $L_{A,eq}$  triukšmo lygių. Pavyzdžiui, visuose analizuotuose taškuose skirtumas tarp didžiausio ir mažiausio užfiksuoto triukšmo lygio siekė 11,5 dBA, o skirtumas tarp maksimalių triukšmo lygių, nepriklausomai nuo matavimo padėties, buvo iki 17,9 dBA. Šio tyrimo rezultatai yra panašūs į Riyado ir kt. (2020) gautus rezultatus: pastarieji mokslininkai taip pat užfiksavo dar didesnius maksimalaus triukšmo lygio skirtumus piko laikotarpiais.

Apibendrinant triukšmo tyrimo rezultatus galima teigti, kad įvažiuojant į / išvažiuojant iš Kauno miesto triukšmo lygis vietomis gali siekti net 76,5 dBA rytinio ir 73,2 dBA vakarinio piko metu. Palyginus atliktų tyrimų rezultatus su Kauno miesto strateginiuose triukšmo žemėlapiuose pateikiamais duomenimis, pastebima, kad piko laikotarpiais išmatuoti triukšmo lygiai gatvių aplinkoje gali būti net iki 4,5 dBA didesni nei triukšmo žemėlapiuose pateikiamas vidutinis ekvivalentinis  $L_{dienenos}$  triukšmo lygis.

## Išvados

1. Nustatyta, kad penkiuose įvažiuojant į / išvažiuojant iš Kauno miesto priemiesčių didžiausias eismo srautas yra Karmėlavos kryptimi rytinio piko metu, kai valandinis lengvųjų ir sunkiasvorių transporto

priemonių skaičius siekia 3 561. Mažiausias pravažiuojančių transporto priemonių srautas buvo užfiksuotas Rokų kryptimi rytinio piko metu – 392 transporto priemonės.

4. Atlikus autotransporto sukeliama triukšmo tyrimus nustatyta, kad Garliavos, Akademijos, Rokų ir Raudondvario kryptimis triukšmo lygis atitinkamai rytinio ir vakarinio pikų laikotarpiais gali skirtis daugiausia iki 0,9 dBA, o Karmėlavos kryptimi – net iki 3,8 dBA. Karmėlavos kryptimi taip pat užfiksuoti ir didžiausi ekvivalentiniai triukšmo lygiai: rytinio piko metu siekė 75,3 dBA, o vakarinio piko metu – 71,5 dBA.
5. Nustatyta, kad piko laikotarpiais triukšmo lygis gali būti net iki 4,5 dBA aukštesnis nei strateginio triukšmo kartografavimo metu nustatyti  $L_{dienos}$  triukšmo lygiai.

## Literatūra

1. Kauno miesto darnaus judumo planas. T. 1. Esamos judumo situacijos mieste analizė (2019). Prieiga per internetą: <https://www.kaunas.lt/transportas/darnaus-judumo-planas/>
2. Mitsunobu, M. (2020). Dynamic properties of peak levels of road traffic noise along a freeway. *Applied Acoustics*, 160, 107095. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107095>
3. Riyad, R. H., Amin, A. and Mazumder, M. (2020). A study of noise pollution by traffic during peak and off peak hour in Dhaka city. *Journal of Civiltech*, 2, 43–53.
4. Sabaliauskienė, L. (2017). Triukšmo sklaidos kartografavimo ir prognozavimo metodika. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas.
5. Statistikos departamentas (2019). Transportas ir ryšiai. Kelių transporto rodikliai. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S5R011#/>
6. Tamošiūnas, A. (2011). Akustinės taršos LŽŪU gyvenvietėje tyrimai. Magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas.
7. Zovė, E. (2012). Eismo srauto sukeliama triukšmo tyrimai kaimiškose vietovėse tyrimai. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas.

## Osvaldas Steponaitis, Gediminas Vasiliauskas

Vytautas Magnus University, Lithuania

### Road Traffic Noise During Morning and Evening Rush Hours in Kaunas' Suburban Street Environment

Article analyses noise pollution caused by road vehicles at the entrances to/exits from Kaunas city. Analysis of the scientific sources showed that noise from road transport has an impact on human health and that around 95 million people in Europe experience harmful noise levels from road transport. In this study noise measurements were carried out at five different entrances to/exits from Kaunas city, Garliava, Akademija, Raudondvaris, Karmėlava and Rokai directions. During the study, the traffic flow density was calculated during the morning (7.00–8.00) and evening (17.00–18.00) rush hours and measurements of the traffic was carried out. It was found that depending on the traffic density noise level also varies, and at all points, except the direction of Akademija, the noise level reaches and exceeds the noise level value of 65 dBA. It was found that highest noise level was Savanorių pr. (direction of Karmėlava), where during the morning rush noise level can reach 75 dBA, and during the evening rush hour 72 dBA respectively. Equivalent noise levels during peak periods can be up to 4,5 dBA higher than the  $L_{day}$  noise indicator given on the strategic noise map.

Noise level, traffic noise, peak period, traffic volume.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

Osvaldas STEPONAITIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 689 52552, el. paštas: [osvaldas.steponaitis@vdu.lt](mailto:osvaldas.steponaitis@vdu.lt)

Osvaldas STEPONAITIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 689 52552, e-mail: [osvaldas.steponaitis@vdu.lt](mailto:osvaldas.steponaitis@vdu.lt)

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros lektorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 689 77015, el. paštas: [gediminas.vasiliauskas@vdu.lt](mailto:gediminas.vasiliauskas@vdu.lt)

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, lecturer. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 689 77015, e-mail: [gediminas.vasiliauskas@vdu.lt](mailto:gediminas.vasiliauskas@vdu.lt)

# AUTOTRANSPORTO SUKELIAMO TRIUKŠMO MAŽINIMO TRIUKŠMO UŽTVAROMIS TYRIMAS IR MODELIAVIMAS

Mykolas Vidžiūnas, Gediminas Vasiliauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Tyrimais nustatyta, kad autotransporto sukeliamas triukšmas gali paveikti psichologinę žmonių būseną, taip pat trikdyti miegą. Paaiškėjo, kad nuo autotransporto triukšmo ES kenčia apie 200 mln. žmonių, iš kurių mažiausiai 18 mln. kenčia erzinantį triukšmo poveikį, o 5 mln. patiria nuolatines pasekmes, susijusias su prasta miego kokybe. Straipsnyje analizuojama autotransporto sukeliama triukšmo tarša ir jos mažinimo triukšmo užtvaramis galimybės, vertinamas šių priemonių efektyvumas. Tyrime analizuota magistralinio kelio A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda atkarpa nuo 97 iki 98 km, esanti ties Kaunu, tarp Klebonišio tilto ir Savanorių prospekto ir šioje zonoje esanti gyvenamoji aplinka. Šioje kelio atkarpoje magistralinio kelio vidutinis metinis paros eismo intensyvumas siekia ~65 000 transporto priemonių per parą, o gyvenamojoje aplinkoje, esančioje už 20 m nuo šio kelio, triukšmo lygis normos vertes viršija visais paros laikotarpiais: dieną – 7 dB(A), vakare – 13 dB(A), o naktį – 11 dB(A). Siekiant triukšmo lygį sumažinti iki ribinių verčių, atliktas skaitinis triukšmo sklaidos modeliavimas. Nustatyta, kad gyvenamojoje aplinkoje triukšmui efektyviai sumažinti gali būti naudojama 7 m aukščio triukšmo užtvara, kuri triukšmo lygį leistų sumažinti 15 dB(A).

Autotransportas, triukšmo tarša, eismo intensyvumas, triukšmo užtvara, triukšmo sklaidos modeliavimas.

## Įvadas

Lietuvoje, kaip ir visame pasaulyje, naudojamosi įvairiomis mechanizuotomis priemonėmis, padedančiomis atlikti asmeninius, transportavimo, namų ūkio, žemės ūkio ir kitų sričių procesus. Dėl to neišvengiamai nuolat auga kelių transporto priemonių srautai miestuose ir užmiesčiuose: Lietuvoje individualių lengvųjų automobilių skaičius 2018–2022 m. laikotarpiu vidutiniškai didėjo po 54 966 automobilius kasmet (LOSP, 2023). Dėl didėjančių autotransporto srautų neišvengiamai didėja ir triukšmas šalia kelių esančiose teritorijose. Šią problematiką patvirtina ir Lietuvos miestų (aglomeracijų) bei valstybinės reikšmės kelių strateginių triukšmo žemėlapių duomenys: iš jų matyti, kad yra nemažai teritorijų, kuriose gyvenamieji namai patenka į zonas, kuriose autotransporto sukkelto triukšmo lygis viršija triukšmo ribinius dydžius. Tai ypač aktualu gyvenamajai aplinkai, esančiai šalia magistralinių kelių ar net su jais besiribojančiai, nes būtent tokiose vietose fiksuojamas triukšmo ribinių dydžių viršijimas. Triukšmo kartografavimo duomenimis, aglomeracijose (miestuose, turinčiuose daugiau nei 100 000 gyventojų) gyvena apie 232 000 žmonių, kurių gyvenamojoje aplinkoje triukšmo lygis viršija vidutinio metinio nakties triukšmo rodiklio  $L_{nakties}$  ribinį dydį (55 dB(A)) ir apie 218 000 žmonių, kurių gyvenamojoje aplinkoje triukšmo lygis viršija vidutinio metinio svertinio dienos, vakaro ir nakties (paros) triukšmo rodiklio  $L_{dvn}$  ribinę 65 dB(A) vertę (LR valstybinės reikšmės kelių..., 2015–2020). 2022–2035 metų Valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos strateginėse gairėse numatyta, kad šalia didžiausio eismo intensyvumo kelių būtinos triukšmo mažinimo priemonės, o šių priemonių ruožų ilgis siekia 53 km (Valstybinės reikšmės kelių..., 2022–2035). Vienos iš efektyviausių priemonių, padedančių mažinti į gyvenamąją aplinką sklindantį triukšmą, yra triukšmo užtvara.

Didžiausią įtaką transporto keliamam triukšmui turi automobilių eismo intensyvumas, eismo srautų sudėtis (lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių skaičius), kelio danga bei jos būklė ir transporto priemonių judėjimo greitis. Didžiausia triukšmo tarša fiksuojama didžiausio vidutinio metinio paros eismo intensyvumo (VMPEI) keliuose. Nustatyta, kad ypač didelis autotransporto keliamo triukšmo lygis nustatomas automobilių koncentravimosi vietose: greitkelių prieigose, prie pagrindinių gatvių sankryžų, automobilių stovėjimo aikštelėse (Baltrėnas ir kt., 2004). VMPEI rodiklis yra skirtas tam tikrų kelių ruožų vidutiniam metiniam paros eismo intensyvumui įvertinti, atlikus trumpalaikius eismo intensyvumo matavimus valstybinės reikšmės keliuose. Lietuvos Respublikos kelių direkcijos duomenimis apie kelių eismo intensyvumą, yra žinoma, kad Lietuvoje intensyviausiu magistraliniu keliu laikomas kelias A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda, kurio VMPEI atkarpoje ties Kaunu nuo 96 iki 102 km yra 64 913 automobilių per parą.

Pastaraisiais metais, sparčiai plėtojant greitkelius ir magistralinius kelius, autotransporto sukeliamas triukšmas tapo triukšmo taršos šaltiniu aplinkoje, todėl didelio dėmesio prirėkė triukšmo kontrolei. Vienas iš būdų sumažinti autotransporto sukeliama triukšmą yra naudoti triukšmo mažinimo priemones, tokias kaip triukšmo užtvaros, mažatriukšmės kelio dangos ir padangos, eismo srauto mažinimas, didžiausio leistino greičio mažinimas, kelių projektų sprendiniai (tuneliai, pylimai ir iškasos) ir kt. Kelių aplinkoje įrengtos triukšmo užtvaros laikomos vienomis veiksmingiausių priemonių autotransporto triukšmui gyvenamojoje

aplinkoje mažinti. Nepaisant šių priemonių efektyvumo, jų įrengimo kaštai dažnai labai dideli ir gali siekti iki 0,4 mln. Eur 1 kelio ruožo kilometrui (Valstybinės reikšmės kelių..., 2022–2035). Įrengiant šias užtvargas, parenkamos konkrečiu atveju naudotinos medžiagos (garsą atspindinčios arba sugeriančios), jos tipai (pavyzdžiui, betonas, organinis stiklas, metalas, mediena) ir konstrukcijos (pavyzdžiui, vertikali, T formos, Y formos ir apversta L formos). Keičiant įvairius triukšmo užtvary parametrus, galima ženkliai padidinti jų efektyvumą. Tokius tyrimus atliko Pigasse'as ir kt. (2012): mokslininkai ištyrė būtent triukšmo užtvary viršutinės dalies konfigūracijos įtaką triukšmo lygio sumažėjimui ir nustatė, kad, pavyzdžiui, įrengus triukšmo užtvary su T formos viršutine dalimi, galima pasiekti 4...7 dB triukšmo lygio sumažėjimą 1 000 Hz dažnių juostoje. Be minėtų tyrimų, Kestenas ir kt. (2020) atliko greitkelio triukšmo mažinimo užtvary efektyvumo tyrimus ir nustatė, kad, įrengus 3 m pločio ir 7,4 m aukščio triukšmo užtvary, kurios konstrukciją sudaro 4,2 m akytojo betono blokai (ABB) ir 3,2 m akustinis sluoksniuotas stiklas (ASS), triukšmo lygį pavyksta sumažinti ~13 dB(A) – nuo 80 dB(A) iki 67 dB(A). Kitų autorių užsienyje vykdytais tyrimais nustatyta, kad apsauginės želdinių juostos triukšmo sklidimą sumažina iki 2,2 dB(A), betoninių tuščiavidurių blokelių užtvary efektyvumas siekia 9,4 dB(A), o surenkamos betono užtvary triukšmo sklidimą sumažina iki 8,2 dB(A) (Halim et al., 2015; Sun, 2021).

Šio tyrimo tikslas buvo atlikti magistralinio kelio A1 atkarpoje, esančioje tarp 97 ir 98 km, autotransporto sukeliama triukšmo matavimus ir pagrįsti triukšmo mažinimo priemonių būtinumą, parinkti šias priemones ir įvertinti šių priemonių efektyvumą.

## Tyrimų metodika

Tyrimų objekto vieta pasirinkta išanalizavus atvirusius triukšmo žemėlapių ir eismo intensyvumo šalies keliuose duomenis. Magistralinio kelio A1 atkarpa ties Kaunu, tarp Savanorių prospekto iki Kleboniško tilto yra viena intensyviausių magistralinių kelių atkarpų Lietuvoje (LAKD, 2022). Kauno miesto strateginio triukšmo žemėlapio duomenimis, triukšmo ribiniai dydžiai šalia šios kelio atkarpos viršijami visais paros laikotarpiais.

Siekiant įvertinti faktinę situaciją ties analizuojama gyvenamąja aplinka, buvo atlikti faktiniai triukšmo lygio matavimai. Matavimo taškas buvo šalia Islandijos plento (netoli Briedžių tako), matavimo taško LKS koordinatės – X: 6088806, Y: 496779. Matavimo taško vieta buvo pasirinkta ties artimiausia analizuojamame kelio ruože esančia gyvenamąja aplinka. 1 paveiksle nurodyta gyvenamoji aplinka, ties kuria buvo atliekami triukšmo matavimai (pažymėta adresų numeriais: Nr. 15, 16, 18), ir matavimo taško padėtis (raudonu tašku).



**1 pav.** Triukšmo tyrimuose analizuoto kelio ruožo padėtis ir gretimybėse esančios gyvenamosios aplinkos padėtis

**Fig. 1.** Location of the road section analyzed in the noise study and the position of the noise-sensitive residential area

Aplinkos triukšmo matavimai buvo atliekami pagal LST ISO 1996–2:2008 reikalavimus, taip pat pagal higienos normos HN33:2011 reikalavimus, kuriuose nustatyti ribiniai triukšmo lygiai dieną ( $L_{dienos}$  – 65 dBA), vakare ( $L_{vakaro}$  – 60 dBA) ir naktį ( $L_{nakties}$  – 55 dBA), taikomi gyvenamuosiuose pastatuose ir jų aplinkoje, apimančioje žemės sklypų, kuriuose yra šie pastatai, ribas ne didesniu nei 40 m atstumu nuo pastatų sienų. Autotransporto sukeliama triukšmo faktiniai matavimai atlikti 2023 m. rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais. Triukšmo matavimai atlikti visais paros laikotarpiais (dieną, vakare ir naktį), kaip numatyta pagal LR triukšmo valdymo įstatyme pateikiamas paros laikotarpių apibrėžtis: diena (7–19 val.), vakaras (19–22 val.), naktis (22–7 val.). Triukšmas buvo matuojamas naudojant pirmosios tikslumo klasės triukšmo lygio matuoklį „Brüel & Kjær 2270“. Matavimų metu buvo fiksuojamas ekvivalentinis ( $L_{A,eq}$ ) ir maksimalus ( $L_{A,F,max}$ ) triukšmo lygis.



Atliekant triukšmo sklaidos modeliavimą buvo naudojami atvirieji Lietuvos automobilių kelių direkcijos (LAKD) teikiami VMPEI duomenys aktualioje atkarpoje 2022 m. laikotarpiu. VMPEI duomenys analizuojamoje magistralinio kelio A1 atkarpoje nuo 95,52 iki 101,4 km buvo vidutiniškai 64 913 automobilių, iš kurių 7 222 – sunkiasvoriai.

Triukšmo mažinimo priemonių efektyvumas pagal triukšmo užtvarų parinkimo, modeliavimo, projektavimo ir įrengimo taisykles T TU 15 turi būti atliekamas modeliavimu vertinant esamus ir planuojamus (esamiems keliams 20 metų) triukšmo šaltinius. Dėl šios priežasties vertinimas buvo atliekamas modeliuojant triukšmą pagal esamus VMPEI duomenis ir VMPEI duomenis 20 metų perspektyvoje. VMPEI duomenys 20 metų perspektyvoje buvo vertinami remiantis LAKD duomenimis. Šiais duomenimis, magistralinio kelio A1 eismo intensyvumas per pastaruosius 10 metų paaugo ~1,47 karto, tai reiškia 4,65 proc. per metus, o per analizuojamą laikotarpį bus pasiektas 46,5 proc. padidėjimas, t. y. 95 098 aut./parą (30 185 aut./parą priešais), pagal 2043 m. scenarijų.

Naudojant anksčiau pateiktus paros eismo intensyvumo duomenis, buvo atliktas triukšmo sklaidos modeliavimas, kurio metu nustatytas perspektyvinis triukšmo lygis ir triukšmo mažinimo užtvaros parametru įtaka triukšmo lygio sumažėjimui gyvenamojoje aplinkoje. Triukšmo sklaidai modeliuoti buvo naudojama programinė įranga „CadnaA“ (angl. *Computer Aided Noise Abatement*). Sudarant triukšmo sklaidos modelį buvo vertinamas VMPEI (95 098 aut.), kelio aplinkos reljefas, pastatų padėtis, eismo srautas (pastovus, dvi kelių eismo juostos kiekviena kryptimi), transporto priemonių judėjimo greitis (90 km/val.), taip pat kelio charakteristikos (danga – asfaltbetonis) ir pan.

Sudarant triukšmo modeliavimo žemėlapi, vietovės informacija (kelių, pastatų padėtis, konfigūracija) į triukšmo modelį buvo importuojama naudojantis atvira atvirojo projekto duomenų baze *openstreetmap.org*. Triukšmo sklaidos modeliavimas buvo atliekamas pagal visuotinai priimtą Prancūzijos nacionalinę skaičiavimo metodiką „NMPB-Routes-96“ (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB) (HN33:2011).

## Rezultatai ir aptarimas

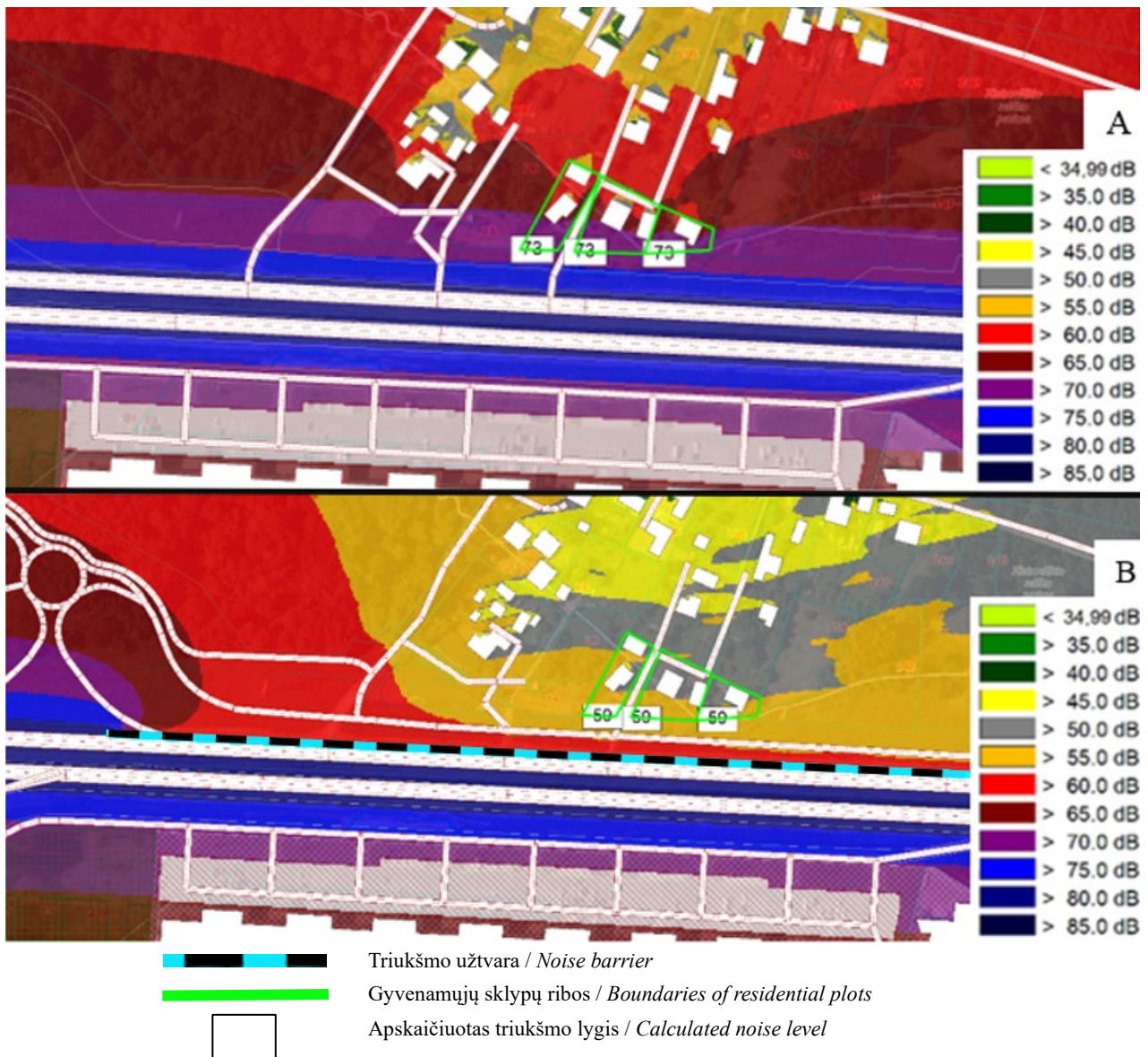
Triukšmo matavimų rezultatai parodė, kad autotransporto sukeltas triukšmas analizuojamoje kelio atkarpoje pastebimai viršija gyvenamųjų pastatų aplinkoje, veikiamoje transporto sukeltam triukšmo, didžiausius leidžiamus triukšmo ribinius dydžius. Triukšmo matavimų rezultatai dieną, vakare ir naktį pateikiami 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Atliktų faktinių triukšmo lygio matavimų rezultatai  
*Table 1. Data of the on-site noise measurements*

Matavimo laikotarpis <i>Period of measurement</i>	Ekvivalentinis garso slėgio lygis <i>Equivalent sound pressure level</i> $L_{AeqT}$ , dBA	Maksimalus garso slėgio lygis <i>Maximum sound pressure level</i> $L_{AFmax}$ , dBA
Diena / <i>Day</i>	<b>78,1</b>	<b>84,8</b>
Vakaras / <i>Evening</i>	<b>76,0</b>	<b>97,1</b>
Naktis / <i>Night</i>	<b>74,4</b>	<b>83,2</b>

Gauti triukšmo lygio gyvenamojoje aplinkoje matavimo rezultatai jau esamoje situacijoje rodo poreikį mažinti triukšmą, nes dieną ekvivalentinio garso slėgio lygis viršijamas net ~13 dB(A), vakare – 16 dB(A), naktį – ~20 dB(A). Panašiais dydžiais viršijamas ir maksimalus triukšmo lygis. Siekiant patikrinti gautų matavimo rezultatų ir skaitinio triukšmo modeliavimo adekvatumą, buvo atliktas triukšmo sklaidos modeliavimas. Modeliavimo metu buvo skaičiuojama matematinė triukšmo lygio prognozė analizuojamoje vietovėje visais paros laikotarpiais esamoje situacijoje ir +20 m. perspektyvoje bei +20 m. perspektyvoje su triukšmo mažinimo užtvara. Modeliavimo metu buvo atliekamas triukšmo užtvaros optimizavimas, kurio metu buvo keičiamos triukšmo užtvaros charakteristikos ir taip ieškoma optimalaus užtvaros išdėstymo varianto triukšmo lygiui sumažinti.

Gauti triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai. Triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai vakaro laikotarpiu pateikiami 2 paveiksle. Tyrimų rezultatuose pateikiami vakaro laikotarpio triukšmo modeliavimo rezultatai, nes vakare prognozuojami didžiausius ribinių triukšmo lygio verčių viršijimas. Pateikiami esamos situacijos (variantas A) ir planuojamos +20 m. perspektyvinės situacijos su triukšmo mažinimo užtvara (variantas B) triukšmo žemėlapiai.



**2 pav.** Esamos būklės (A) ir +20 m. perspektyvinės situacijos su triukšmo mažinimo užtvara (B) vakaro laikotarpio triukšmo žemėlapiai tiriamoje vietovėje

**Fig. 2.** Evening period noise maps for the existing condition (A) and in +20 years perspective with noise barrier (B) at the study location

2 paveikslo A dalyje matyti, kad kelio gretimybėse nustatytas triukšmo lygis, ženkliai viršijantis ribinę triukšmo lygio vertę. Žalios spalvos kontūrais yra pažymėtos arčiausiai kelio esančių gyvenamųjų namų sklypų ribos (gyvenamoji aplinka), ir matyti, kad jų teritorija patenka į zoną, kurioje triukšmas yra  $>70\text{ dB(A)}$ , o būtent sklypo teritorijoje arčiausiai kelio yra išmatuotas  $73\text{ dB(A)}$  triukšmas. Tai rodo triukšmo mažinimo priemonių poreikį, nes esamoje situacijoje nėra įrengtų triukšmo mažinimo užtvartų.

Atlikus triukšmo sklaidos modeliavimą +20 m. perspektyvoje be triukšmo mažinimo priemonių prognozuojama, kad triukšmo lygis dėl transporto srautų augimo analizuojamoje teritorijoje padidės iki  $2\text{ dB(A)}$  (nuo  $73$  iki  $75\text{ dB(A)}$ ), todėl poveikiui mažinti reikalingos triukšmo mažinimo priemonės. Šio scenarijaus rezultatai apibendrinti 2 lentelėje. Vertinant triukšmo sklaidos scenarijų +20 m. perspektyvoje, buvo vertinama triukšmo mažinimo užtvara tiriamoje vietovėje, kuri būtų keliui A1 lygiagreti, vertikali  $7\text{ m}$  aukščio užtvara. Gauti triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai pateikiami 2 paveikslo B dalyje.

Apibendrinti tyrimų rezultatai visais trimis analizuotais scenarijais arčiausiai kelio esančioje gyvenamojoje aplinkoje visais paros laikotarpiais pateikiami 3 lentelėje. Pajuodintu šriftu nurodytos vertės, viršijančios norminius triukšmo lygius, nustatytus HN33:2011.

**3 lentelė.** Apskaičiuoti triukšmo lygiai paros laikotarpiais gyvenamosios paskirties pastatų aplinkoje**Table 3.** Estimated ambient noise levels for certain day period in the residential environment

Gyvenamosios aplinkos adresas  <i>Address of the residential environment</i>	Apskaičiuotas triukšmo lygis / Calculated noise level, dB(A)								
	<i>L</i> <sub>dienos</sub> / <i>L</i> <sub>Day</sub> (RV=65)			<i>L</i> <sub>vakaro</sub> / <i>L</i> <sub>Evening</sub> (RV=60)			<i>L</i> <sub>nakties</sub> / <i>L</i> <sub>Night</sub> (RV=55)		
	Esama <i>Current</i>	+20 m.  +20 y.	+20 m. su užtvara  +20 y. with <i>barrier</i>	Esama <i>Current</i>	+20 m.  +20 y.	+20 m. su užtvara  + 20 y. with <i>barrier</i>	Esama <i>Current</i>	+20 m.  +20 y.	+20 m. su užtvara  +20 y. with <i>barrier</i>
Briedžių tak. 15	72	75	59	73	74	59	66	67	51
Briedžių tak. 16	72	75	59	73	75	59	66	68	52
Briedžių tak. 18	72	75	59	73	75	59	66	68	52

Triukšmo modeliavimu nustatyta, kad analizuojamoje teritorijoje parinkta 7 m aukščio triukšmo mažinimo užtvara padės sumažinti triukšmo lygį iki ribinių verčių. Apibendrinant triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatus, matomas ženklus (iki 15 dB(A)) triukšmo lygio sumažėjimas gyvenamojoje aplinkoje įrengus triukšmo užtvaramą. Gauti triukšmo sumažinimo rodikliai ir apskaičiuotas triukšmo užtvaramo aukštis yra realūs ir panašūs į nustatytus kitų autorių. Lyginant šiame tyrime gautus rezultatus su Guarnaccios ir kt. (2014) tyrimo rezultatais, kuriais remiantis 14...18 dB(A) triukšmo lygis sumažėja esant 6 m aukščio triukšmo užtvarami, analizuojamoje teritorijoje triukšmo lygiai nė vienu paros laikotarpiu nebūtų viršijami, net esant 1,46 karto didesniai VMPEI, kuris prognozuojamas +20 m. perspektyvoje.

**Išvados**

- Atlikus autotransporto sukeliama triukšmo lygio matavimus magistralinio kelio A1 (Vilnius–Kaunas–Klaipėda) aplinkoje ties Kaunu nustatyta, kad triukšmo lygis artimiausių gyvenamosios paskirties pastatų aplinkoje yra viršijamas iki 7 dB(A) dieną, iki 13 dB(A) vakare ir 11 dB(A) naktį.
- Nustatyta, kad magistralinio kelio A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda atkarpoje nuo 97 iki 98 km +20 m. perspektyvoje prognozuojamas VMPEI gali padidėti iki ~1,5 karto, tad triukšmo lygis padidės iki 2 dB(A). Triukšmo lygiui kelio aplinkoje mažinti būtinos techninės triukšmo mažinimo priemonės.
- Gauti triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai rodo, kad autotransporto sukeliama triukšmui analizuojamoje vietovėje sumažinti iki ribinių verčių reikalinga vertikali 7 m užtvara, kuri triukšmo lygį sumažins iki 59 dB(A) dieną ir vakare, iki ~52 dB(A) naktį.

**Literatūra**

- Baltrėnas, P., Kazlauskas, D. ir Petraitis, E. (2004). Testing on noise level prevailing at motor vehicle parking lots and numeral simulation of its dispersion. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 12(1), 63–70.
- Dėl 2015–2020 m. Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos. Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus įsakymas (2015). Valstybės žinios, rugsėjo 24 d. Nr. V(E)-19, 14142.
- European Environment Agency (s. a.). Strateginio triukšmo žemėlapiu duomenys. Prieiga per internetą: <https://cdr.eionet.europa.eu/lt/eu/noise/df8/2017/envw4ybw>
- Guarnaccia, C., Quartieri, J. and Mastorakis, N. E. (2014). Comparison of acoustic barriers noise reductions evaluated by different calculation methods. In: Latest Trends on Systems, 2. Proceedings of the 18th International Conference Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC'14), Santorini, Greece, 17–21 July, pp. 443–449.
- Halim, H., Abdullah, R., Ali, A. A. A., and Nor, M. J. M. (2015). Effectiveness of existing noise barriers: Comparison between vegetation, concrete hollow block, and panel concrete. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 217–221.
- Kesten, S., Umut, Ö. and Ayva, B. (2020, March). Acoustic and structural design of a highway noise barrier. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 800(1), 012029. IOP Publishing.
- Lietuvos automobilių kelių direkcija (s. a.). Eismo intensyvumo duomenys. Prieiga per internetą: <https://lakd.lt/eismo-intensyvumas>

8. Lietuvos higienos norma (2011). Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje (HN 33:2011). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.402074/asr>
9. Lietuvos statistika (s. a.). Individualių lengvųjų automobilių skaičius. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize#/>
10. Openstreetmap (s. a.). Lietuvos žemėlapis duomenys. Prieiga per internetą: <https://www.openstreetmap.org/#map=9/54.7902/23.7167>
11. Pigasse, G., Kragh, J., Juhl, P. M. and Henriquez, V. C. (2012). Influence of barrier tops on noise levels: New BEM calculations. In: Proceedings of the Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2012.
12. Sun, L., Zhao, Y., Zhang, J., Chen, D. and Zhang, X. (2021). Research and application of noise barriers in highway construction. In: E3S Web of Conferences, 233, 01087. EDP Sciences.

**Mykolas Vidžiūnas, Gediminas Vasiliauskas**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Noise Modelling of Noise Barrier on Road Traffic Noise Reduction**

Practice and literature review shows that noise from road transport can affect the psychological state of people, as well as interfere with sleep. It is estimated that around 200 million people in the EU suffer from road traffic noise. Also, at least 18 million of EU citizens are suffering noise annoyance effects, while 5 million people suffer from noise effects such as constant consequences associated with poor sleep quality. The article analyses the noise pollution caused by road traffic and the possibilities to reduce it by using noise barriers. The study analysed the section of the Lithuanian highway A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda in the station range from 97 to 98 km located near Kaunas, between Kleboniškis Bridge and Savanoriai avenue and the residential environment which is suffering from road traffic noise. On this road section average annual daily traffic density is ~65,000 vehicles per 24 hrs., while the residential environment is located 20 m from this road. It was found that the noise level exceeds the normative values in all periods: 7 dB(A) in the daytime, 13 dB(A) in the evening period, and 11 dB(A) in the night period. To reduce the noise level below the limit values, a numerical simulation of noise was carried out. It was found that noise barrier of a 7 m height would allow the noise level to be reduced by 15 dB(A).

Road transport, noise pollution, traffic density, noise barrier, noise modelling.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Mykolas VIDŽIŪNAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Transporto mašinų inžinerijos programos magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 62 738938, el. paštas: mykolas.vidziunas@vdu.lt

Mykolas VIDŽIŪNAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Transport Mechanical Engineering study program, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 62 738938, e-mail: mykolas.vidziunas@vdu.lt

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros lektorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 689 77015, el. paštas: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, lecturer. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 689 77015, e-mail: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

# TELEMETRINIŲ SISTEMŲ PANAUDOJIMAS LOGISTIKOS KOMPANIJŲ VEIKLAI OPTIMIZUOTI

Valdas Anciūnas, Antanas Juostas, Eglė Jotautienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Racionaliam įmonių veiklos užtikrinimui duomenų kaupimas ir analizė tampa nepakeičiama sąlyga visose veiklos sferose. Logistikos kompanijos, norėdamos išlikti konkurencingos ir veikti rinkoje, privalo galvoti, kaip pasiūlyti patraukliausią krovinių pervežimo kainą ir taip užsitikrinti pastovius krovinių pervežimo užsakymus, išlaikyti klientus ir drauge nepamiršti kompanijos pelningumo.

Darbo tikslas – panaudojant telemetrinėje sistemoje sukauptus duomenis, eksperimentiniu būdu nustatyti eksploatacinių sąnaudų ir kitų kaštų taupymo galimybes. Tyrimui pasirinkta logistikos įmonė. Šios kompanijos automobilių parką sudaro 8 „Mercedes Actros 2546“ vilkikai. Tyrimo metu atsitiktine tvarka pasirinkti 8 skirtingi šių vilkikų maršrutai. Tyrimo metu buvo analizuojami telemetrinėje sistemoje sukaupti duomenys, siekiant sumažinti prekių pervežimo savikainą ir būti konkurencingai rinkoje. Tyrimo metu surinktų duomenų analizė parodė, kad degalų sąnaudos 100 km logistikos kompanijoje sumažėjo 11,9 %, arba vidutiniškai 2,46 l mažiau degalų 100 km, nei iki telemetrinės sistemos įdiegimo. Taip pat tirta skysčio „AdBlue“ sunaudota vidutiniškai 1,96 l/100 km mažiau nei iki jos įdiegimo, kitaip tariant, pasiektas vidutiniškai 10,2 % taupymas. Galima teigti, kad preventyvi techninio parko priežiūra, jos duomenų nuolatinė stebėseną suteikia galimybę taupyti finansinius resursus ir mažinti logistikos darbų savikainą.

Logistika, degalų taupymas, telemetrija, sąnaudos.

## Įvadas

Technologinių sprendimų diegimas palengvina veiklos procesus, o kasdienėje žmogaus mitybos grandinėje atsirandantys sveiki ir natūralūs produktai priklauso nuo gerai sustyguoto logistikos darbo.

Telemetrinė sistema – tai programa, sujungta su dirbtinio intelekto pradmenimis. Ją naudojant, tam tikru nustatytu intervalu nuotoliniu būdu galima kaupti įvairius mašinų duomenis. Įprastai telemetrinės sistemos yra naudojamos duomenims užrašyti, kaupti ir analizuoti. Telemetrinė sistema yra tarsi mašinų operatoriaus ir procesų koordinatoriaus komunikavimo priemonė (Range Commanders Council, 2020).

Ūkininkavimas reikalauja nemažų investicijų, o gaunama 60–70 % grąža ūkininkų netenkina, ir tai tampa išgyvenimo klausimu (Cao, 2022). Tačiau, vis plačiau diegiant dirbtinio intelekto pagrindu sukurtus technologinius produktus, tobulinami ir ūkininkavimo procesai. Maisto verslas žemės ūkyje sparčiai išaugo. Atsižvelgiant į pasaulines tendencijas, šiuolaikinė logistika, kurioje naudojamas dirbtinis intelektas, turėtų pritraukti nemažai žemės ūkio pramonės klientų, taip savo ruožtu išaugtų ir investavimo paklausa (Ajaz et al., 2021). Viena iš žemės ūkio procesų modernizavimo sąlygų yra žemės ūkio industrializacija ir naujų technologijų taikymas. Žemės ūkio procesas susideda iš be galo daug skirtingų veiklos sektorių, pradedant žemės dirbimu, produkcijos gamyba ir baigiant produkcijos perdavimu vartotojams (Sahni, 2021; Markets and Markets, 2020).

Pagrindinis logistikos etapas susideda iš šių fazių: transportavimo iš bazės į saugyklą fazė, sandėliavimo fazė, pakrovimo ir iškrovimo fazė, pakavimo fazė ir paskirstymo fazė. Tačiau, kai kalbama apie žemės ūkio produkciją, tokią kaip vaisiai ir daržovės, siekiama sutrumpinti produkcijos logistikos nuo lauko iki stalo fazes (Anderson, Katz, 1998).

Nuotolinio stebėjimo sistemos, telemetrija, negali ir neatlieka jokių fizinių veiksmų, tačiau vadovaujantis šios sistemos surinktais duomenimis galima atlikti analizę ir pateikti sprendimų, kaip tobulinti veiklą, taupyti kaštus ir pan.

Panaudojus transporto įmonėje įdiegtos telemetrinės sistemos duomenų kaupimo funkcionalumą, surinkti duomenys parodė, kad taupomi degalai ir techniniai skysčiai.

Darbo tikslas – pasinaudojant telemetrinėje sistemoje sukauptais duomenimis, eksperimentiniu būdu nustatyti eksploatacinių sąnaudų taupymo galimybes.

## Tyrimų metodika

Tyrimui pasirinkta logistikos įmonė. Šios kompanijos automobilių parką sudaro 8 „Mercedes Actros 2546“ vilkikai. Tyrimo metu atsitiktine tvarka pasirinkti 8 skirtingi šių vilkikų maršrutai. Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti telemetrinės sistemos tinkamumą įmonės veikloje naudojamų vilkikų tiksliais duomenimis rinkti, taip pat, atlikus analizę, tobulinti automobilių parko veiklos valdymą ir taupyti eksploatacines išlaidas.



**1 pav.** Vilkikas „Mercedes Actros 2546“

**Fig. 1.** Truck Mercedes Actros 2546

Pagrindinė užduotis – pasitelkiant telemetrinę sistemą, rinkti pagrindinius eksploataavimo rodiklius: degalų sąnaudas 100 km ir skysčio „AdBlue“ sąnaudas. Atsitiktine tvarka pasirinktų vilkikų maršrutai buvo krovinių pristatymas į Lenkiją, Latviją, Olandiją, Norvegiją, Švediją, Slovakiją, Vengriją ir Daniją.

Iš visų telemetrinėje sistemoje renkamų duomenų analizei atlikti buvo renkami tik tyrimui pasirinkti duomenys, kurie buvo suvedami į lentelę (1 lentelė).

**1 lentelė.** Tyrimui naudotų techninių duomenų lentelė

**Table 1.** Table of technical data used for the study

Vilkiko valstybinis nr. <i>Truck licence plate no.</i>	Nuvažiutas atstumas, km <i>Driving distance, km</i>	Degalų sąnaudos, l <i>Fuel consumption, l</i>	Vidutinės degalų sąnaudos, l/100km <i>Average fuel consumption, l/100km</i>	„AdBlue“ sąnaudos, l <i>“AdBlue” consumption, l</i>	Vidutinės „Adblue“ sąnaudos l/100 km <i>Average “AdBlue” consumption, l/100 km</i>	Vilkiko gedimų skaičius, vnt./metus <i>Number of truck failures, unit/year</i>

Panaudojus transporto įmonėje įdiegtos telemetrinės sistemos duomenų kaupimo funkcionalumą, surinkti išsamūs duomenys. Duomenys buvo renkami telemetrinę sistemą prijungus prie vilkiko „CAN Bus“ (angl. *Controller Area Network*) duomenų perdavimo tarp įrenginių sistemos. Ši sistema suteikia galimybę mašinos veiklos duomenis ne tik perduoti, bet ir užrašyti bei išsaugoti interneto serveriuose. Informacija apie degalų ir skysčio „AdBlue“ sąnaudas buvo renkama stebint kiekvienos dienos degalų ir skysčio „AdBlue“ lygio pokyčius. Degalų bako papildymas bei jo kiekis buvo fiksuojamas automobilyje sumontuota telemetrine sistema. Buvo stebimas degalų ir skysčio „AdBlue“ papildymo lygis ir užrašomas įpiltų degalų arba skysčio „AdBlue“ kiekis. Taip pat telemetrinėje sistemoje buvo įrašomi vilkikų gedimų įvykiai ir taip surenkama informacija apie gedimus. Gautų duomenų tikslumas suteikia galimybę transporto ūkį kontroliuojančiam personalui greičiau reaguoti į susidariusią situaciją. Taip galima racionaliau valdyti vilkikų maršrutus, planuoti jų techninį aptarnavimą bei remontus ir taip išvengti nuobaudų dėl ne laiku pristatyto krovinio.

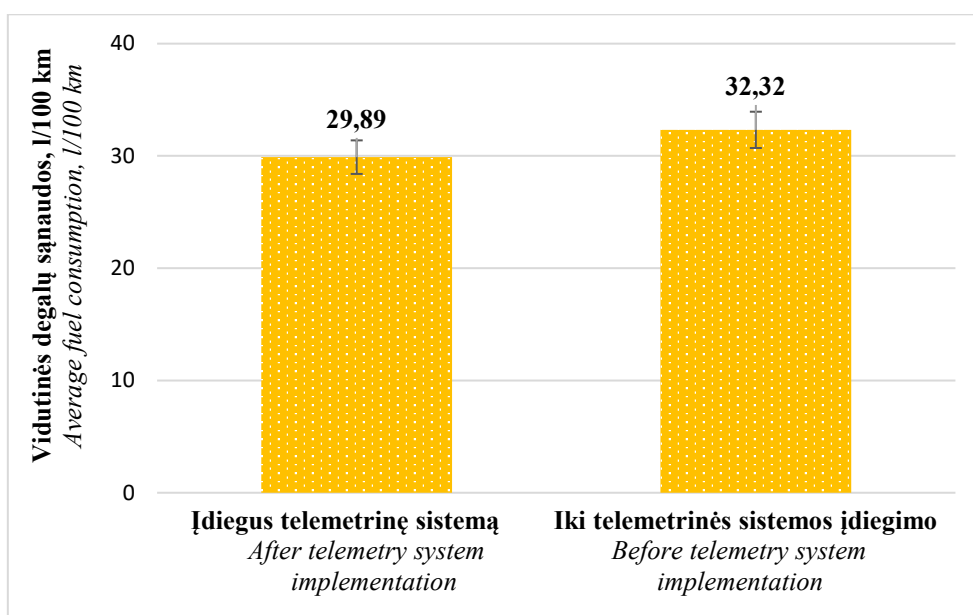
Surinkti duomenys įvertinti matematinės statistikos analizės metodu. Nustatyti aritmetiniai vidurkiai ir pasikliauties intervalai, esant tikimybės lygmeniui 0,95.

## Rezultatai ir aptarimas

Racionaliam įmonių veiklos užtikrinimui duomenų kaupimas ir analizė tampa nepakeičiama sąlyga visose veiklos sferose. Logistikos kompanijos, norėdamos išlikti konkurencingos ir veikti rinkoje, privalo galvoti, kaip pasiūlyti patraukliausią krovinių pervežimo kainą ir taip užsitikrinti pastovius krovinių pervežimo užsakymus, išlaikyti klientus ir drauge nepamiršti kompanijos pelningumo.

Šio tyrimo tikslas ir buvo nustatyti, kiek naujų technologijų diegimas transporto kompanijose gali turėti įtakos veiklos organizavimui. Pasirinktoje logistikos kompanijoje buvo įdiegta transporto nuotolinio stebėjimo sistema, vadinama telemetrija. Jos panaudojimo pagrindinis tikslas buvo kaupti duomenis apie eksploatacines sąnaudas, tokias kaip degalai, techniniai skysčiai, vilkikų gedimų skaičius ir kt. Ne mažiau svarbus klausimas buvo racionaliausias maršrutų planavimas vengiant transporto prastovų kelių remonto ruožuose, taupant išlaidas kelių mokesčiams ir drauge užtikrinant laiku atliktą krovinių pristatymą užsakovui.

Vienas svarbiausių faktorių, darančių įtaką transportuojamų krovinių savikainai, yra degalų sąnaudos. Pastaraisiais metais dyzelinių degalų kainos ženkliai kilo. Logistikos kompanijos vilkikai neapsiriboja krovinių pervežimu Lietuvos teritorijoje, o degalų kainos kai kuriose užsienio šalyse dar didesnės.

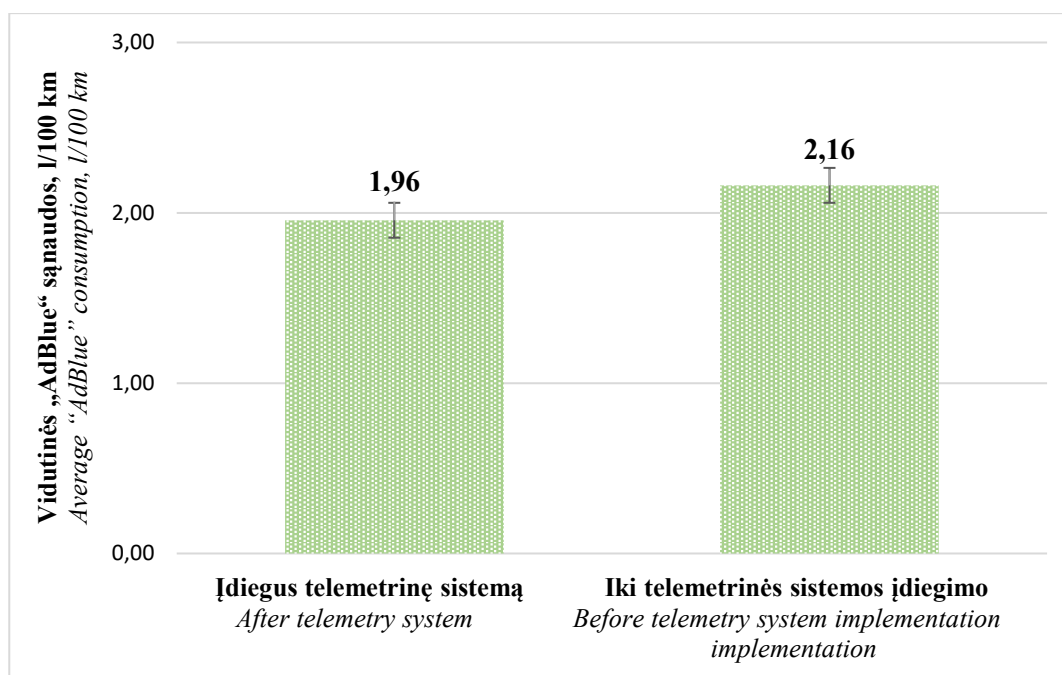


2 pav. Vidutinės degalų sąnaudos, l/100 km

Fig 2. Average fuel consumption, l/100 km

Racionaliausias maršrutų parinkimas turi įtakos degalų sąnaudoms. Tai tyrimo metu parodė ir telemetrinės sistemos diegimas. Ši sistema leidžia nuolat gauti atnaujintą informaciją apie remontų uždarytus kelių ruožus, transporto spūstis, susidariusias dėl eismo įvykių arba remonto darbų. Kaip matyti 2 paveiksle pateiktame grafike, degalų sąnaudos 100 km, logistikos kompanijoje įdiegus telemetrinę sistemą, buvo sumažintos 11,9 %. Vidutinės vilkikų degalų sąnaudos 100 km prieš telemetrinės sistemos įdiegimą sudarė 32,32 l, o įdiegus telemetrinę sistemą, racionaliau koordinuojant vilkikų maršrutus, degalų sąnaudas buvo galima sumažinti iki 28,89 l, t. y. degalų sąnaudos 100 km sumažėjo vidutiniškai 2,43 l. Toks degalų taupymas ne tik mažina logistikos darbų savikainą, bet ir ženkliai sumažina finansines išlaidas degalams pirkti. Sutaupyta pinigų dalis gali būti panaudota vilkikams remontuoti, automobilių parkui atnaujinti, vairuotojų premijavimo programoms ir daugeliui kitų veiklos sričių, suteikiančių geresnes sąlygas dirbti, kurti gerovę ir išlaikyti vairuotojų lojalumą.

Europos Sąjungos šalyse vilkikai privalo atitikti išmetamųjų dujų kokybinius standartus. Nemaža dalis Europos sostinių ir didesnių miestų taiko reikalavimus kontroliuoti įvažiuojančių automobilių išmetamųjų dujų lygį. Dabartiniai vilkikai taip pat neišvengia šių reikalavimų, todėl privalo atitikti išmetamųjų dujų emisijos standartų EURO5 arba EURO6 reikalavimus. Daugelio vilkikų variklių sistemose įdiegtos dujų neutralizavimo sistemos, kurios išmetamąsias dujas sumaišo su karbamido tirpalu, vadinamu „AdBlue“. Susimaišiusios su šiuo tirpalu, išmetamosios dujos tampa ne tokios kenksmingos aplinkai, gyventojams. Todėl tyrimo metu buvo pasirinkta ir dar viena svarbi išlaidų stebėjimo sritis – kaštai skysčiui „AdBlue“ įsigyti. 3 paveiksle nurodytos vidutinės skysčio „AdBlue“ sąnaudos litrais 100 km.



**3 pav.** Vidutinės „AdBlue“ sąnaudos, l/100 km

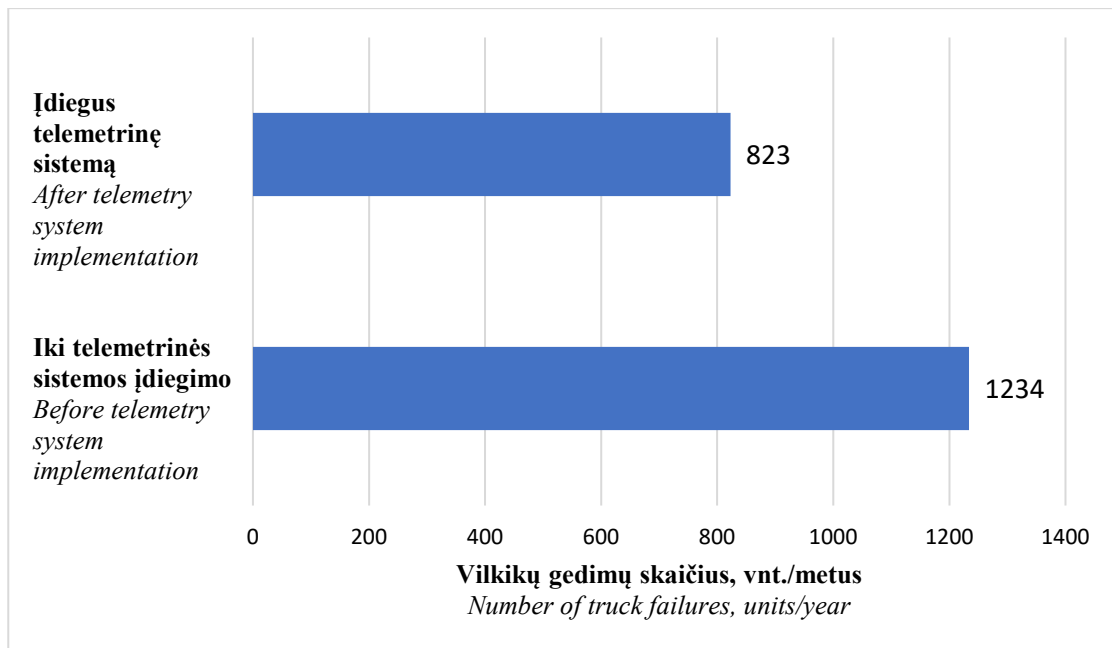
**Fig. 3.** Average "AdBlue" consumption, l/100 km

Iš 3 paveiksle pateikto grafiko matyti, kad iki telemetrinės sistemos įdiegimo vilkikų vidutinės skysčio „AdBlue“ sąnaudos 100 km sudarė 2,16 l. Įdiegus telemetrinę sistemą, vilkikai sunaudojo vidutiniškai 1,96 l/100 km. Taigi, ir šiuo atveju stebimas skysčio „AdBlue“ taupymas, kuris sudarė vidutiniškai 0,2 l/100 km. Absoliučiais skaičiais tai galbūt atrodo nedaug, tačiau procentine išraiška skysčio „AdBlue“ sutaupyta vidutiniškai 10,2 %. Tai – dar viena išlaidų taupymo dedamoji, kuri prisideda prie logistikos veiklos savikainos mažinimo. Telemetrinės sistemos įdiegimas jokių būdu tiesiogiai neprisidėjo prie skysčio „AdBlue“ kiekio dirbant varikliams sumažinimo, tačiau telemetrinės sistemos įdiegimas greičiausiai suteikė galimybę tiksliau stebėti skysčio „AdBlue“ pirkimą ir vidutinės jo sąnaudas individualiems vilkikams. Negalima atmesti ir tokio svarbaus fakto, kaip tokių nuotolinio stebėjimo sistemų atsiradimas drausmina pačius vairuotojus ir užkerta kelią galimiems piktnaudžiavimo atvejams.

Telemetrinės sistemos leidžia ne tik nuolat stebėti ir kontroliuoti eksploataavimo sąnaudų situaciją, bet ir, priklausomai nuo turimų funkcionalumų bei jų konfigūracijos, numatyti prevencinę veiklą. Telemetrinės sistemos per informacijos perdavimo sistemą, vadinamą „CAN Bus“, esančią vilkikuose, leidžia dalintis ir kita ne mažiau svarbia informacija, tokia kaip įvairaus pobūdžio ir lygio mašinų komponentų gedimai, vilkikų sustojimai bei jų trukmė ir pan. Svarbi informacija apie atsiradusius, tačiau savaime išnykusius trumpalaikius gedimus, pavyzdžiui, elektros sistemos trumpalaikį trumpąjį jungimą, trumpalaikį funkcionalumo praradimą ir pan., yra fiksuojama telemetrinės sistemos duomenų bazėje. Šie duomenys išsaugomi ir gali būti bet kuriuo metu peržiūrėti.

Tyrimo metu buvo surinkti metus kaupiami duomenys apie kelyje įvykusius gedimus. Iš 4 paveikslo matyti, kad iki telemetrinės sistemos įdiegimo logistikos kompanijos techninis personalas suskaičiavo iš viso apie 1 234 gedimus kelyje. Kiekvienas gedimas savito pobūdžio ir gali turėti rimtų pasekmių tiek vairuotojui, tiek kitiems eismo dalyviams. Taip pat nereikia pamiršti, kad dėl neplanuotų remontų kelyje patiriama nemažai pridėtinųjų kaštų, tokių kaip vilkiko nuvežimas iki autorizuoto serviso arba techninio personalo atvykimas iki įvykio vietos.





4 pav. Bendras vilkikų gedimų skaičius, vnt./metus

*Fig. 4. Failure number of the trucks, unit/year*

Įdiegus telemetrinę sistemą, vadovaujantis surinktais duomenimis, vilkikų gedimų skaičius sudarė 823 įvykius. Tai nereiškia, kad dėl šių įvykių tekdavo stabdyti vilkikus. Į šį skaičių įtraukti įvairaus pobūdžio gedimai, kurie leido tęsti užduotį, tačiau, atsiradus galimybei, juos galėjo sutvarkyti patys vairuotojai. Kaip matyti iš 4 paveikslėlio, automobilių gedimų skaičius, įdiegus telemetrinę sistemą, sumažėjo 411 vienetų. Tai yra 1,49 karto mažesnis vilkikų gedimų skaičius nei iki telemetrinės sistemos įsigijimo.

Tokių duomenų kaupimas suteikia galimybę logistikos techniniam personalui arba autorizuoto serviso atstovams peržiūrėti patirtų laikinų arba esamų gedimų istoriją. Vadovaujantis šiais duomenimis galima greičiau ir laiku atlikti būtinus vilkikų remontus. Vėlgi pažymėtina, kad pati sistema nepagerino vilkikų techninės būklės, tačiau matant sukauptą gedimų įvykių aprašą galima vykdyti planinius remonto darbus ir prevenciškai išvengti nepageidaujamų gedimų, taip pat atlikti remonto darbus mažiausiomis sąnaudomis. Prevencinė techninio parko priežiūra, jos nuolatinė stebėseną suteikia galimybę taupyti finansinius resursus ir mažinti logistikos darbų savikainą.

## Išvados

1. Panaudojus transporto įmonėje įdiegtos telemetrinės sistemos duomenų kaupimo funkcionalumą surinkti duomenys parodė, kad degalai ir techniniai skysčiai taupomi, buvo racionaliau planuojami vilkikų maršrutai, numatomos poilsio vietos, išvengta papildomų kelių mokesčių kaštų ir nuobaudų dėl ne laiku pristatytų krovinių.
2. Išanalizavus telemetrine sistema surinktus duomenis, nustatyta, kad degalų sąnaudos 100 km logistikos kompanijoje sumažėjo 11,9 %, arba vidutiniškai 2,43 l mažiau degalų 100 km, nei iki telemetrinės sistemos įdiegimo.
3. Tyrimo metu nustatyta, kad po telemetrinės sistemos įdiegimo skysčio „AdBlue“ sunaudota vidutiniškai 0,2 l/100 km mažiau nei iki jos įdiegimo, vidutiniškai pasiektas 10,2 % taupymas.
4. Prevencinė techninio parko priežiūra, jos nuolatinė stebėseną suteikia galimybę taupyti finansinius resursus ir mažinti logistikos darbų savikainą.

## Literatūra

1. Ajaz, F., Naseem, M., Sharma, S., Shabaz, M. and Dhiman, G. (2021). COVID-19: Challenges and its technological solutions using IoT. *Current Medical Imaging*, 18(2), 113–123.
2. Anderson, M. G. and Katz, P. B. (1998). Strategic sourcing. *International Journal of Logistics Management*, 9(1), 1–13.
3. Cao, J. (2022). Coordinated development mechanism and path of agricultural logistics ecosystem based on big data analysis and IoT assistance. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science*, 72(1), 214–224.

4. Markets and Markets (2020). Blockchain in agriculture and food supply chain market by application (product traceability, payment and settlement, smart contracts, and governance, risk and compliance management), provider, organization size, and region - global forecast to 2025.
5. Range Commanders Council (2020). Telemetry standards. Secretariat, Range Commanders Council, US Army White Sands Missile Range, IRIG Standard 106-20, p. 366.
6. Sahni, V., Srivastava, S. and Khan, R. (2021). Modelling techniques to improve the quality of food using artificial intelligence. Journal of Food Quality, 2140010.

**Valdas Anciūnas, Antanas Juostas, Eglė Jotautienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

**Telemetry Systems for Optimization of Logistic Companies**

For rational business performance assurance data collection and analysis becomes an irreplaceable condition for all spheres of activity. In order to remain competitive and reliable player in the market, logistic companies must offer the most attractive price for cargo transportation and thus secure constant orders for cargo transportation, retain customers, while not forgetting the company's profitability.

The aim of the work is to experimentally determine the possibilities of saving operating costs by using the data collected in the telemetry system. A logistics company was chosen for the study. The fleet of this company consists of 8 "Mercedes Actros 2546" trucks. During the study, 8 different routes of these trucks were randomly selected. During the study, the data collected in the telemetry system were analysed with the aim of reducing the cost of transporting goods and being competitive in the market. During the study, the analysis of the collected data showed that fuel consumption per 100 km decreased by 11.9%, or on average 2.43 l less fuel per 100 km than before the installation of the telemetry system. Also, the tested AdBlue liquid was consumed on average 1.96 l/100 km less than before its installation, in other words an average saving of 10.2% was achieved. It can be said that preventive maintenance of the technical park, continuous monitoring of different data, provides an opportunity to save financial resources and reduce the cost of logistics.

Logistics, fuel economy, telemetry, costs.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Valdas ANCIŪNAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, +370 652 36605, el. paštas: valdas.anciunas@vdu.lt

Valdas ANCIŪNAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 652 36605, e-mail: valdas.anciunas@stud.vdu.lt

Antanas JUOSTAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752204, el. paštas: antanas.juostas@vdu.lt

Antanas JUOSTAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. professor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752204, e-mail: antanas.juostas@vdu.lt

Eglė JOTAUTIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752204, el. paštas: egle.jotautiene@vdu.lt

Eglė JOTAUTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752204, e-mail: egle.jotautiene@vdu.lt

# TELEMATIKOS DUOMENYS JAVŲ KOMBAINŲ DARBO LAIKO EFEKTYVUMUI DIDINTI

Andrius Pauliukaitis, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas

Vytauto Didžiojo universitetas

Tiksliosios žemės ūkio technologijos, tokios kaip Globali pozicionavimo sistema (GPS), orientavimo ir automatinio valdymo sistemos padeda padidinti žemės ūkio įrangos ir traktorių našumą, darbo laiko sąnaudas. Tai leidžia geriau išnaudoti technikos galimybes, mažina valdymo kaštus.

Darbo tikslas yra išanalizuoti telematikos sistemoje surinktus ir išsaugotus derliaus nuėmimo duomenis darbo laiko sąnaudoms optimizuoti. Tyrimas atliktas 2023 m. rugpjūčio mėn., nuimant javų derlių su firmos CLAAS „Lexion“ tipo kombainu. Panaudojant telematikos sistemos duomenis, analizuota vienerių metų vasarinių kviečių derliaus nuėmimo technologinių procesų darbo laiko struktūra. Tyrimo metu buvo analizuojamos derliaus nuėmimo laiko dedamosios, turinčios įtaką derliaus nuėmimo spartai, kombaino našumui. Rezultatai parodė, kad grūdų iškrovimui sustojus buvo skiriama 10 % daugiau laiko, nuimant 18,28 ha, nei nuimant 67,70 ha lauko plotą. Galima teigti, kad siekiant efektyviai panaudoti derliaus nuėmimo mašinas būtina atsižvelgti į galimybes nuimti kuo didesnę lauko plotą derliaus nuėmimo dieną.

Javų kombainas, derliaus duomenys, telematika, darbo laikas.

## Įvadas

Šiandien tikslusis ūkininkavimas yra novatoriška veikla žemės ūkyje, nes naudojamos naujausios technologijos norint gauti didesnę derlių, siekiant geresnės pasėlių kokybės arba taupyti energijos sąnaudas (Reguliuskienė, 2023).

Šiuolaikiniuose javų kombainuose vis plačiau diegiamos naujausios technologijos, padedančios ūkininkams atlikti darbus greičiau, tiksliau, trumpiausiu terminu ir mažiausiais resursais (Khan et al., 2021).

Telemetrijos ir telematikos sistemos plačiai naudojamos su naujausia žemės ūkio technika – tiek traktoriais, tiek kombainais. Šios sistemos diegia sąsajas bendrauti su duomenų teikėjais, integruoja efektyvias duomenų bazes sudėtingiems duomenų rinkiniams perduoti (Lauer et al., 2014).

Šia sistema surinktų duomenų analizė suteikia galimybę optimizuoti darbo laiko panaudojimą atliekant įvairius technologinius procesus. Augant ūkininkų ūkių konkurencijai, yra galimybė taikyti tinkamesnę ir geresnę valdymą, nes ūkio valdymas yra sudėtingas procesas, atimantis daug laiko sąnaudų (Doyle et al., 2000).

Moksliniai tyrimai rodo, kad automatinės navigacijos sistemos naudojimas leidžia pasirinkti tinkamas automatinio vairavimo strategijas ir taip išvengti žemės dirbimo persidengimų bei pagerinti dirvožemio būklę (McBratney et al., 2005).

Remiantis žemės ūkio specialistų patirtimi, yra telematikos sistemoje įrašytų ir saugomų duomenų tvarkymo ir tikslingo panaudojimo problema. Daugeliui ūkininkų svarbu, kaip teisingai interpretuoti, analizuoti ir kuo dažniau naudoti informaciją, gautą iš derliaus, tręšimo, purškimo, dirvožemio agrocheminių savybių žemėlapių (Jotautienė, Juostas, 2021).

Tirdami javų kombainų darbo efektyvumą naudojant automatines vairavimo ir kitas sistemas, mokslininkai taip pat analizuoja telematikos sistemoje sukauptus javų kombainų duomenis (Savickas et al., 2021). Nuotolinio stebėjimo, pvz., telematikos, ir kitos duomenų registravimo sistemos skirtos darbo procesams, navigacijos, ryšių ir kt. sistemų darbui valdyti (Savickas et al., 2024; Goltyapin, Golubev, 2020).

Nustatyta, kad nuo to, kaip pasiskirsto javų kombaino įvairių technologinių operacijų trukmė, labai priklauso darbo organizavimas ir našumas (Jotautienė, Juostas, 2021).

Taigi, apibendrinant galima teigti, kad telematikos duomenų analizė gali padėti racionaliau valdyti žemės ūkio techniką ir ūkį ir kartu padidinti bendrą gamybos produktyvumą, pagerinti konkurencines sąlygas.

Darbo tikslas – išanalizuoti telematikos sistema surinktus ir išsaugotus derliaus nuėmimo duomenis darbo laiko sąnaudoms optimizuoti.

## Tyrimų metodika

Tyrimas atliktas 2023 m. rugpjūčio mėn. nuimant javų derlių. Pasirinktas firmos CLAAS „Lexion“ tipo kombainas. Tyrime parinktas kombainas buvo agregatuotas su pjaunamąja „Claas Vario 1080“, kurios darbinis užgriebio plotis – 10,5 m. Tyrimui reikalingi laukai parinkti naudojant nuotolinio mašinų stebėjimo sistemą „Telematics“. Naudojant telematikos sistema surinktus ir išsaugotus derliaus nuėmimo duomenis, analizuotas

vienerių metų vasarinių kviečių derliaus nuėmimas. Tyrimui atsitiktiniu būdu pasirinkti skirtingo dydžio ir konfigūracijos Lietuvos vidutinio dydžio laukai. Pasirinktų laukų plotai – 67,70 ha, 54,31 ha ir 18,28 ha.

Šiame tyrime buvo naudojama pažangi automatinė duomenų rinkimo sistema. Ja javų kombaino veiklos laiko dalys automatiškai suskirstomos į keletą atskirų kombaino veiklą atspindinčių sudėtinių dalių. Kombaino veiklos laiko pasiskirstymas yra toks: grūdų bunkerio iškrovimo stovint dalis, apsisukimo galulaukėje laiko dalis, derliaus nuėmimo proceso laiko dalis, prastovų laiko dalis, važiavimo / pervaziavimo į kitą lauką laiko dalis, prastovų laiko su bunkeriu, pilnu grūdų, dalis.

Šio tyrimo metu surinkti javų kombaino veiklos duomenys analizuoti vadovaujantis anksčiau įvardytu principu. Javų kombaino važiavimo trajektorija, važiavimo greitis, apsisukimai galulaukėse buvo atliekami pagal tuo metu kombaino operatoriaus turėtą patirtį. Tyrime dalyvavo vienas ir tas pats kombainas su jam priskirtu operatoriumi.

Telematikos duomenys analizuoti matematiniais statistikos metodais.

## Rezultatai ir aptarimas

Tyrimas atliktas nuimant vasarinių kviečių derlių. Naudojant telematikos sistemoje surinktus ir išsaugotus derliaus nuėmimo duomenis, analizuotas vienerių metų vasarinių kviečių derliaus nuėmimas.



**1 pav.** Firmos CLAAS „Lexion 8700“ tipo kombainas, pjaunantis kviečius tiriamajame lauke

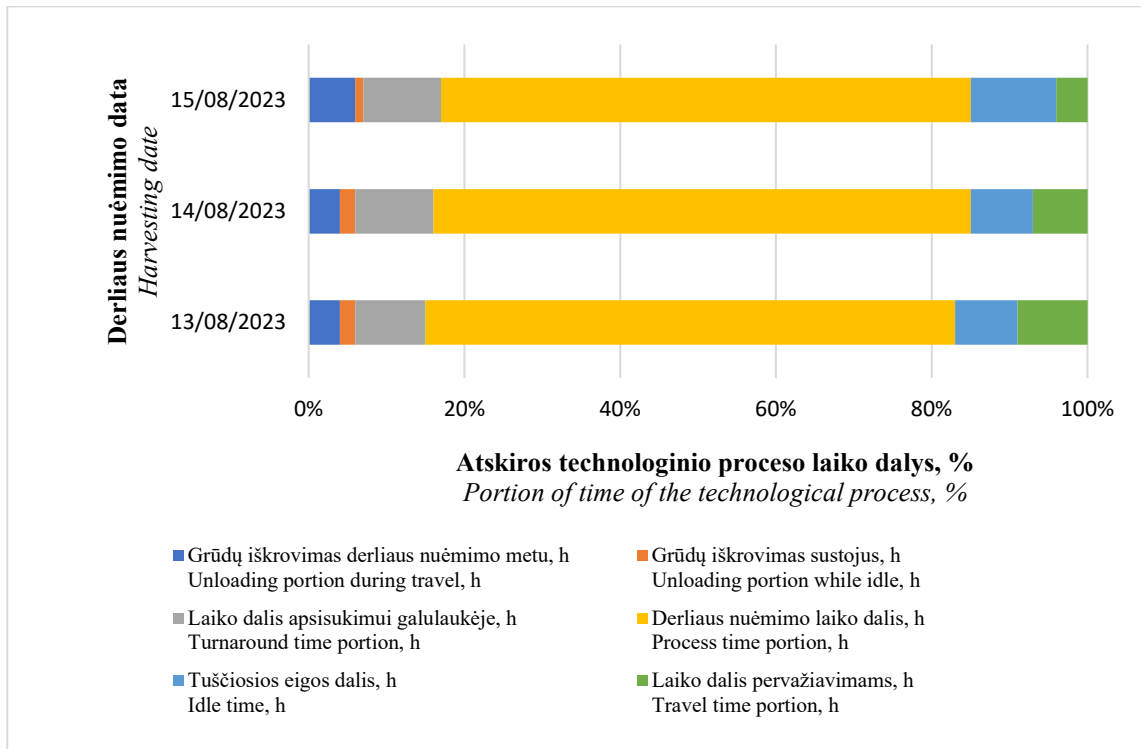
*Fig. 1. CLAAS “Lexion 8700” combine harvester cuts wheat in the research field*

Vasarinių kviečių laukų plotai Lietuvoje turi tendenciją didėti. Juos populiarumu lenkia tik žieminiai kviečiai. Nustatyta, kad nuimamų kviečių aukščio vidurkis yra 45 cm.

Analizuojant telematikos sistemoje surinktus duomenis buvo gauta prieiga prie javų kombaino gamintojo telematikos sistemos. Kadangi telematikos sistemoje saugomi keli įvairūs rodikliai (~150 javų kombaino indikatorių), buvo atrinkti tik tie, kurie reikalingi tyrimui. Darbo valandos, variklio apkrova, variklio sūkių dažnis, važiavimo greitis, automatinių funkcijų naudojimas buvo vertinami javų kombainui dirbant įvairiais režimais.

Kaip ir minėta anksčiau, eksperimentinio tyrimo metu buvo nuimamas kviečių derlius. Tyrimas su kviečiais kartotas tris kartus, derlių nuimant 2023 m. rugpjūčio 13, 14 ir 15 dienomis. Javapjūtės metu buvo nuimtas derlius iš atitinkamai 67,70 ha, 54,31 ha ir 18,28 ha. Gautas nuimtų laukų derlius atitinkamai buvo 320,46 t, 253,63 t ir 99,62 t. Vidutinis visų trijų laukų derlingumas buvo 4,95 t ha<sup>-1</sup>. Derliui nuimti buvo skirta atitinkamai 18,20 h, 14,97 h ir 5,45 h. Visų trijų derlių nuėmimo laikotarpiu operatorius naudojo automatinio vairavimo sistemą, kurios panaudojimo procentas sudarė vidutiniškai 52 % viso darbo laiko. Vadovaujantis

duomenų bazėje sukaupta informacija, pateikiamos derliaus nuėmimo atskiros proceso laiko dedamosios (2 pav.).



2 pav. Derliaus nuėmimo proceso laiko dedamosios

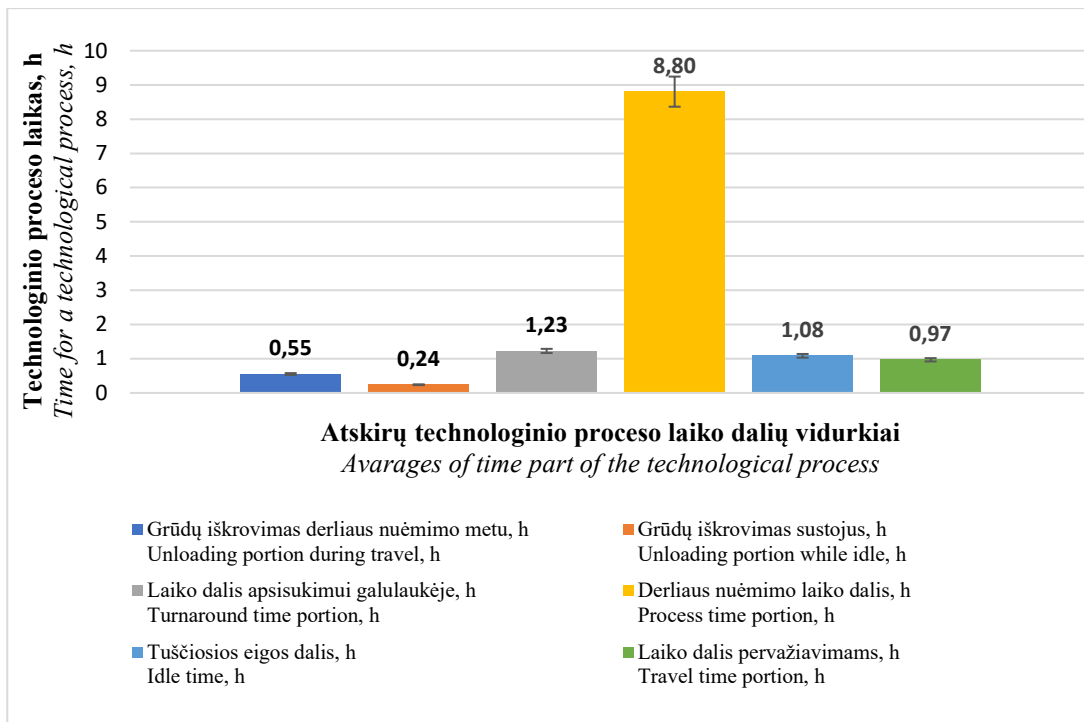
Fig. 2. Time components of the harvesting process

Tyrimo metu buvo analizuojamos derliaus nuėmimo laiko dedamosios, turinčios įtaką derliaus nuėmimo spartai, kombaino našumui. Taigi buvo analizuojamos tokios kombaino darbo laiko dedamosios: grūdų iškrovimas derliaus nuėmimo metu, grūdų iškrovimas sustojus, laiko dalis apsisukimui galulaukėje, derliaus nuėmimo laiko dalis arba, kitaip tariant, laiko dalis, skirta derliaus nuėmimo procesui, kombaino tuščiosios eigos dalis, laiko dalis pervažiavimams iš lauko į lauką. Visos išvardytos derliaus nuėmimo laiko dedamosios glaudžiai susijusios su pačiu derliaus nuėmimu ir viena be kitos būti negali.

Tačiau tikslas ir buvo nustatyti, kaip skirtingomis dienomis tas pats operatorius, dirbdamas skirtingo dydžio laukuose, pervažiuodamas iš lauko į lauką, paruošęs galulaukes kombaino apsisukimams galulaukėje, gali taupyti laiko ir degalų. Iš 2 paveikslė pateikto grafiko matyti, kad pačiam derliaus nuėmimo procesui, nežiūrint to, kad kiekvieną kartą buvo nuimamas skirtingas pasėlių plotas, buvo labai vienodas ir variavo 68–69 % viso darbo laiko intervale. Visgi apsisukimams galulaukėje, nuimant 18,28 ha lauko plotą, buvo skirta 0,55 h, o nuimant 67,70 ha lauko plotą – 1,64 h. T. y. nuimant 3,7 karto didesnę lauko plotą, apsisukimui galulaukėse buvo skirta 25 % mažiau laiko, nei nuimant didesnę plotą per dieną. Taip pat, analizuojant rugpjūčio 13 ir 15 dienų darbo rezultatus, gauta, kad grūdams iškrauti sustojus buvo skiriama 10 % daugiau laiko, nei nuimant didesnę – 67,70 ha lauko plotą.

Galima daryti išvadą, kad siekiant efektyviai panaudoti derliaus nuėmimo mašinas būtina atsižvelgti į galimybes nuimti kuo didesnę lauko plotą derliaus nuėmimo dieną. Žinoma, mūsų gamtinės sąlygos gali padaryti ženkliai įtaką derliaus nuėmimo laikotarpiui dieną, todėl būtų pravartu dažniau įvertinti galimas oro sąlygas derliaus nuėmimo dieną.

Netgi stebint ganėtinai neblogą derliaus nuėmimo kombaino panaudojimo efektyvumą, galima pasakyti, kad nemaža dalis laiko skiriama ir kitiems, neišvengiamiems neefektyviems technologiniams procesams (3 pav.).



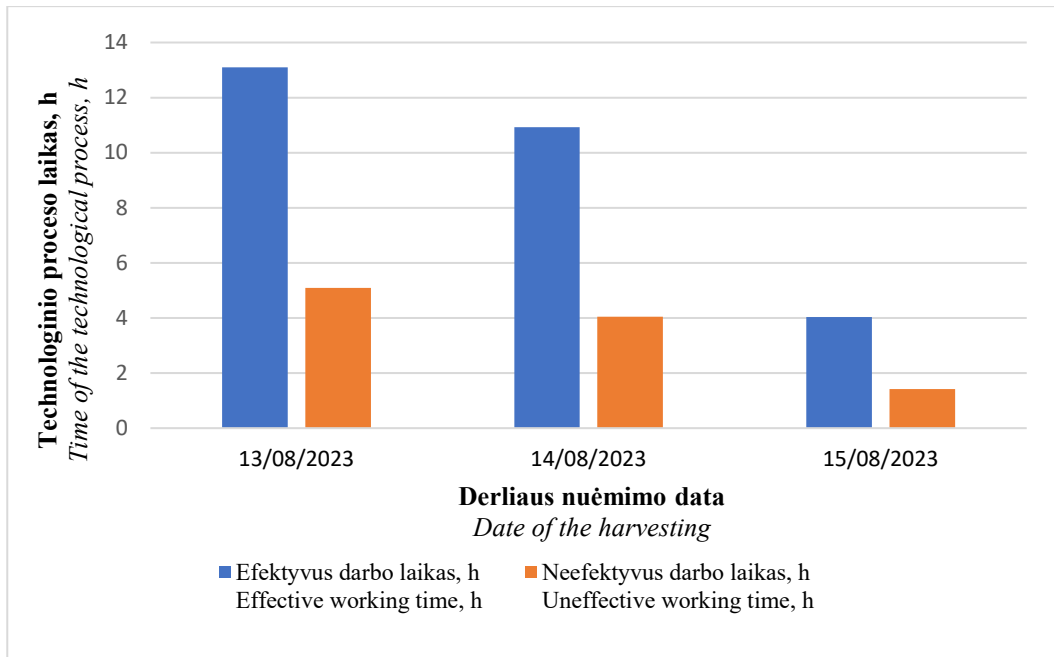
**3 pav.** Analizuojamo technologinio proceso laiko dedamųjų pasiskirstymas, h

**Fig. 3.** Distribution of time components of the analyzed technological process, h

Kaip matyti iš 3 paveiksle pateiktų rezultatų, bene didžiausia laiko dalis – 1,23 h laiko dedamosios teko kombaino apsisukimui galulaukėse. Tai tyrimo metu vidutiniškai sudarė 14 % viso derliui nuimti skirto laiko. Šio labai svarbaus faktoriaus įtaką galima sumažinti, tinkamai paruošiant galulaukes bendro ploto derliaus efektyviam ir greitam nuėmimui. Tai reiškia, kad galulaukės turi būti mažiausiai 3 kartus platesnės nei kombaino pjaunamoji. Tada bus galima kombainą apsukti jo nestabdant ir nenaudojant atbulinės eigos, kurią naudojant mažėja derliaus nuėmimo sparta.

Nemaža dalis laiko – vidutiniškai 1,08 h ir 0,97 h viso derliaus nuėmimo darbo laiko – atitinkamai buvo skiriama kombaino tuščiajai eigai ir pervažiavimui iš vieno lauko į kitą. Kombaino tuščiosios eigos laiko sąnaudas galima valdyti kruopščiau sustyguojant grūdų nuvežimo nuo kombaino logistiką, mokant operatorius grūdus išleisti, kai esama arti grūdų iškrovimo vietos, nors grūdų bunkeris ir nėra pilnas. Taip pat kombaino tuščiajai eigai įtakos gali turėti ir gedimai, pjaunamosios ar paties kombaino užsikišimas netolygiai paduota javų mase arba žemėmis, susirenkančiomis, kai tenka pjauti sugulusius augalus.

Derliaus nuėmimas yra labai svarbus ir kruopštus darbas. Nuimti derlių siekiama kuo trumpesniu terminu ir augalams esant pačios aukščiausios kokybės. Todėl kiekviena uždelsta valanda ar net diena atneša ūkininkams grūdų kokybės nuostolių. Derliaus nuėmimo metu siekiama turėti kuo mažiau neefektyvaus derliaus nuėmimo laiko. Gautų rezultatų analizė (4 pav.) parodė, kiek viso derliaus nuėmimo laiko buvo panaudota neefektyviai.



**4 pav.** Kombaino panaudojimo efektyvumo analizė

*Fig. 4. Analysis of harvester usage efficiency*

Derliaus nuėmimo metu neefektyvaus darbo laiko procentas skirtingomis dienomis sudarė atitinkamai 28 %, 27 % ir 26 %. Nors ir matyti, kad nuimant skirtingus laukų plotus ganėtinai vienodai pasiskirstė neefektyvaus kombaino laiko dedamoji, galima teigti, kad vidutiniškai 27 % viso darbo laiko kombainas atlikdavo ne technologinį procesą. Reikia nepamiršti ir to, kad neefektyvaus kombaino darbo laiko metu naudojami degalai, dyla dalys, trumpinamas amortizacinis laikotarpis, artinami techninio aptarnavimo intervalai, o tai savo ruožtu didina derliaus nuėmimo, kitaip tariant, grūdų savikainą.

## Išvados

1. Naudojant automatinio valdymo sistemas žemės ūkio technikai, maksimaliai išnaudojamas techninis potencialas ir sutrumpėja technologinių procesų laikas.
2. Analizuojant telematikos sistemos rezultatus, gauta, kad grūdų iškrovimui sustojus buvo skiriama 10 % daugiau laiko nuimant 18,28 ha, nei nuimant 67,70 ha lauko plotą. Galima teigti, kad siekiant efektyviai panaudoti derliaus nuėmimo mašinas būtina atsižvelgti į galimybes nuimti kuo didesnę lauko plotą derliaus nuėmimo dieną.
3. Išanalizavus derliaus nuėmimo kombaino panaudojimo efektyvumą, nustatyta, kad nemaža dalis laiko skiriama ir kitiems, neišvengiamiems neefektyviems technologiniams procesams atlikti.

## Literatūra

1. Doyle, D., Jolly, R., Hornbaker, R., Cross, T., King, R. P., Koller, E. F., Lazarus, W. F. and Yeboah, A. (2000). Case studies of farmers' use of information systems. *Rev. Agric. Econ.*, 22, 566–585.
2. Goltjapin, V. and Golubev, I. (2020). Global trends in the development of monitoring systems for mobile agricultural equipment. *E3S Web of Conferences*, 157, pp. 1–8.
3. Jotautienė, E. and Juostas, A. (2021). Automatic steering of combine harvester for agricultural and environmental monitoring. In: *Actual tasks on agricultural engineering: Proceedings of the 48th international symposium Zagreb, Croatia, 2nd–4th March, 2021*, pp. 51–58.
4. Khan, N., Ray, R. L., Sargani, G. R., Ihtisham, M., Khayyam, M. and Ismail, S. (2021). Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(9), 4883.
5. Lauer, J., Richter, L., Ellersiek, T. and Zipf, A. (2014). TeleAgro + analysis framework for agricultural telematics data. In: *Proceedings of the 7th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science*, pp. 47–53.
6. McBratney, A. B., Whelan, B. M., Ancev, T. and Bouma, J. (2005). Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture*, 6, 7–23.

7. Reguliauskienė, D. (2023). Lietuvos žemės ūkio inovatyvumo skatinimo poreikio analizė. Doctoral dissertation. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas.
8. Savickas, D., Steponavičius, D. and Domeika, R. (2021). Analysis of telematics data of combine harvesters and evaluation of potential to reduce environmental pollution. *Atmosphere*, 12(6), 674.
9. Savickas, D., Steponavičius, D. and Kemzūraitė, A. (2024). A novel approach for analysing environmental sustainability aspects of combine harvesters through telematics data. Part II. An IT tool for comparative analysis. *Precision Agriculture*, 25(1), 221–234.

**Andrius Pauliukaitis, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Telematics Data for Increase of Combines Harvester Working Time Efficiency**

Precision agricultural technologies, such as the Global Positioning System (GPS), guidance, and automatic control systems, help to increase the productivity of agricultural equipment and tractors and work time. Those systems for grain harvesters allow for optimal use of equipment capabilities and reduce management costs.

The aim of the work is to analyze the harvesting data collected and saved in the telematics system by optimizing the work time usage. The study was conducted during grain harvesting with a CLAAS “Lexion” type combine harvester in August 2023. Using the harvest data collected and saved in the telematics system, one year's winter wheat harvest data was analyzed. During the research, the components of the harvesting time that influence the speed of harvesting and the performance of the combine were analyzed. The results showed that grain unloading took 10% more time to harvest the 18.28 ha than the 67.70 ha field. It can be said that for the efficient use of harvesting machines, it is necessary to take into account the opportunity to harvest as large a field as possible on the day of harvesting.

Grain harvester, harvest data, telematics, working time.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Andrius PAULIUKAITIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, el. paštas: andrius.pauliukaitis@stud.vdu.lt

Andrius PAULIUKAITIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 605 58778, e-mail: andrius.pauliukaitis@stud.vdu.lt

Eglė JOTAUTIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752204, el. paštas: egle.jotautiene@vdu.lt

Eglė JOTAUTIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, professor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752204, e-mail: egle.jotautiene@vdu.lt

Antanas JUOSTAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752204, el. paštas: antanas.juostas@vdu.lt

Antanas JUOSTAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. professor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752204, e-mail: antanas.juostas@vdu.lt



# DULKĖTUMO GRŪDŲ SANDĖLIAVIMO ĮMONĖJE TYRIMAS

Vida Kazlauskienė, Ramūnas Mioldažys

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje analizuojama grūdų elevatoriuje sukiamų dulkių koncentracija atliekant šlavimo darbus. Atlikus informacinių šaltinių analizę pastebėta, kad dulkės per ilgą laiką gali sukelti įvairius lėtinius susirgimus ir yra kenksmingiausias aplinkos komponentas tokioje darbo aplinkoje. Dulkėtumo tyrimas atliktas grūdų sandėliavimo įmonėje, o matavimai atlikti tam tikru laikotarpiu šluojant patalpas. Nustatyta, kad viename taške po 60 minučių šlavimo dulkių koncentracija jau viršijo pagal higienos normą HN 23:2011 nustatytas ribas, bendruoju atveju dulkių koncentracijos ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD) neturi viršyti 10 mg·m<sup>-3</sup> (įkvepiamoji frakcija) ir 5 mg·m<sup>-3</sup> (alveolinė frakcija). Tyrime pateikti dulkių koncentracijos vidurkių pokyčiai per laiką.

Grūdų elevatorius, dulkės, dulkių koncentracijos matavimai, rizikos veiksniai.

## Įvadas

Darbuotojų saugai ir sveikatai užtikrinti yra daug prevencinių priemonių, kurios skirtos darbuotojų darbingumui, sveikatai ir gyvybei darbe išsaugoti, yra naudojamos ar planuojamos naudoti visuose įmonės veiklos etapuose, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo profesinės rizikos, pavojingų veiksnių, darančių įtaką jų sveikatai. Kiekvienas darbuotojas turi teisę saugiai dirbti, ir jam turi būti sudarytos saugios ir sveikatai nekenksmingos darbo sąlygos. Jo darbo vieta ir aplinka turi būti saugi, patogi ir nekenksminga sveikatai, įrengta pagal darbuotojų saugos ir sveikatos norminių teisės aktų reikalavimus.

Žemės ūkyje dažnai pasitaiko veiksnių, kurie, ilgą laiką veikdami dirbančių žmonių organizmą, žaloja sveikatą ir gali sukelti profesines ligas. Vienas iš tokių kenksmingų veiksnių yra dulkės, kurios ypač aktualios augalininkystės ūkių grūdų sandėliuose. Dulkių susidarymas priklauso nuo grūdų rūšies ir grūdų priemaišų kiekio. Dulkių koncentracija grūdų sandėliuose susidaro perkrovimo, transportavimo, sandėliavimo metu, pakraunant arba iškraunant grūdus į talpas ir įrangą, taip pat naudojant grūdų apdorojimo technologijas.

Dulkės kaip kenksmingas aplinkos veiksnys, esantis ore, užima tarpinę padėtį tarp fizinių ir cheminių veiksnių. Jų sudėtyje yra kietųjų dalelių (0,1–100 μm) ir jos turi dujinę fazę. Ilgą laiką veikdamos, dulkės gali sukelti lėtinių kvėpavimo takų uždegimų, alergijų, astmą, plaučių sklerozę, apnuodyti organizmą ar net sukelti vėžį. Grūdų sandėliuose esančios dulkės dažniausiai pažeidžia kvėpavimo sistemą ir sukelia profesinius bronchitus, asbestozes, silikozes, metalo koniozes, pneumokoniozes (Gražulevičienė, 2002). Nuolat kvėpuojant dulkėmis, susergama sunkia liga – silikoze, kurią sukelia silicio dioksidas. Dalis įkvepiamų dulkių lieka kvėpavimo takuose, kita dalis patenka į plaučius ir nusėda bronchuose. Grūdų dulkės yra agresyviausios, jose būna didelė mikroorganizmų koncentracija. Oro dulkės sugeria saulės spektro spindulius, dėl to susilpnėja saulės radiacijos, ypač ultravioletinių spindulių intensyvumas. Dulkės užkemša prakaito ir riebalų liaukų latakus, dėl to oda pasidaro sausa, neelastinga ir greičiau mechaniškai pažeidžiama. Labiausiai dulkės kenkia kvėpavimo organams, o per juos – ir visam organizmui. Patekęs į organizmą, dulkėmis užterštas oras refleksiškai sužadina paviršinių kvėpavimą – taip kvėpuojant plaučiai nepakankamai ventiliuojami, ir galima susirgti įvairiomis kvėpavimo organų ligomis. Kaip jau žinome, dulkių sudėtis labai įvairi: jose būna sudėtingų ingredientų, mikroorganizmų, grybelių, cheminių medžiagų. Visa tai dar labiau padidina neigiamą dulkių poveikį, ypač organizmo sensibilizacijos ir alergenizacijos aspektu. Tačiau oro dulkėtumas priklauso ne tik nuo metų laiko, bet ir nuo technologinio proceso (Seifert ir kt., 2003). Dulkės kelia didelį pavojų, nes nebūna sulaikomos viršutiniuose kvėpavimo takuose ir patenka į plaučius, sukelia patologinius plaučių audinių pokyčius. Susergama kvėpavimo takų ligomis, todėl labai svarbu rūpintis, kad darbo vietose jų būtų kuo mažiau ir jų koncentracija neviršytų ribinių dydžių. Dulkės ilgainiui gali tapti rimtos profesinės ligos priežastimi. Ribojant dulkių kiekį darbo aplinkoje, normuojami jų koncentracijos ribiniai dydžiai.

Lietuvoje galiojančioje higienos normoje HN 23:2011 nustatyta, kad organinės kilmės dulkių koncentracijos ilgalaikio poveikio ribinis dydis neturi viršyti 5 mg·m<sup>-3</sup>. Siekiant sumažinti dulkėtumą ir pagerinti darbo sąlygas grūdų sandėliuose, būtina mažinti dulkių kiekį, nes susidariusi jų koncentracija gali viršyti ribinius dydžius (Lietuvos higienos norma HN 23:2011, 2011).

Dėl nuolat didėjančio žmonių profesinio sergamumo vis dažniau skiriamas dėmesys darbuotojo darbo aplinkai, jai įtaką darantiems veiksniams. Vienas iš svarbiausių veiksnių, turinčių įtakos darbuotojų sveikatai, yra darbo aplinkos kokybė ir darbo sąlygos. Dirbant grūdų sandėliuose, dulkės, ilgą laiką veikdamos dirbančių žmonių organizmą, žaloja jų sveikatą. Šių nuostatų kontekste galima teigti, kad dulkėtumo grūdų sandėliuose

tyrimai yra aktuali, mažai tyrinėta problema, todėl būtina dar intensyviau tyrinėti dulkių koncentraciją grūdų sandėliuose ir mažinti jų kenksmingumą bei keliamą pavojų darbuotojų sveikatai.

Darbo tikslas – atlikti dulkių koncentracijos matavimus elevatoriaus patalpose ir nustatyti efektyvius dulkių koncentracijos mažinimo būdus.

### Tyrimų metodika

Tyrimas buvo atliekamas grūdų elevatoriuje, kurio pagrindinė veikla yra prekyba grūdais ir grūdinėmis žaliavomis, grūdų paruošimas, sandėliavimo paslaugos. Prasidėjus grūdų supirkimui, ūkininkai atvyksta į įmonę, pasveriami transporto priemonė, grūdai iškraunami ir atliekami jų kokybės tyrimai. Grūdai iškraunami į grūdų duobę ir iš jos transporteriais nukreipiami į paskirstymo talpą. Automatika reguliuoja dirbančių variklių apkrovą ir darbinę būklę. Transporteriais grūdai pasiekia paskirstymo talpas, kuriose yra sumontuotos elektrinės paskirstymo sklendės. Atsižvelgiant į grūdų būklę ir elevatoriaus bei džiovyklų apkrovą, grūdai operatoriaus valdomais transporteriais siunčiami džiovinti, vėdinti arba į rezervines talpas. Bokštiniuose aruoduose saugomi grūdai. Aruodų viršuje ir apačioje esančiose patalpose įrengti juostiniai transporteriai. Viršutiniais transporteriais grūdai tiekiami į aruodus, apatiniais – iš jų išleidžiami. Šalia minėtų įrenginių taip pat būtina atlikti valymo darbus.

Grūdų sandėliuose susidarantioms dulkių koncentracijoms įvertinti buvo pasirinkta atlikti matavimus keletame įvairių taškų (1 pav.).



**1 pav.** Dulkių koncentracijos matavimo vietos bei taškai

*Fig 1. Dust measurement locations and points*

Matavimai atlikti 1,5 metro aukštyje. Kaip matome paveiksluose, didelis dulkių kiekis valymo metu susidaro pastato 6 aukšte, kuriame yra elevatorius, ir 5 pastato aukšte, kuriame yra aruodų dangčiai. Šių patalpų plotai – po 400 m<sup>2</sup>. Šias patalpas šluojant, ypač grūdines žaliavas (rapsų išspaudas, rapsų rupinius, kviečius, kukurūzus), susidaro dulkių. Grūdų elevatoriaus patalpos valomos jas šluojant, valymo darbai trunka apie 3–4 val. Didžiausias dulkių kiekis ore susidaro šluojant uždaras patalpas, todėl matavimai atlikti periodiškai, kas 30 min. šluojant patalpas 6 aukšte prie elevatoriaus ir šluojant 5 aukšto patalpą nurodytuose taškuose taip pat kas 30 min., patį matavimą atliekant po 1 min. Matavimo intervalai buvo suskirstyti taip: prieš pradėdant šluoti, po 30 min., po 60 min., po 90 min. ir po 120 min.

Matavimams buvo naudojama ši įranga: dulkių koncentracijos matavimo aparatas „TSI 8520 Dust Trak“, dulkių dalelių kiekio nustatymo aparatas „Fluke 983“, termoanemometras „Testo 445“ (oro judėjimo greičiui ir temperatūrai nustatyti).

### Rezultatai ir aptarimas

Atlikus dulkių koncentracijos matavimus, buvo nustatyta, kad 5 aukšte po 60 min. tiek 2, tiek 3 taške dulkių koncentracija jau buvo viršijusi alveolinę 5 mgm<sup>-3</sup> leistiną ribą, tai reiškia darbuotojai visą likusį laiką

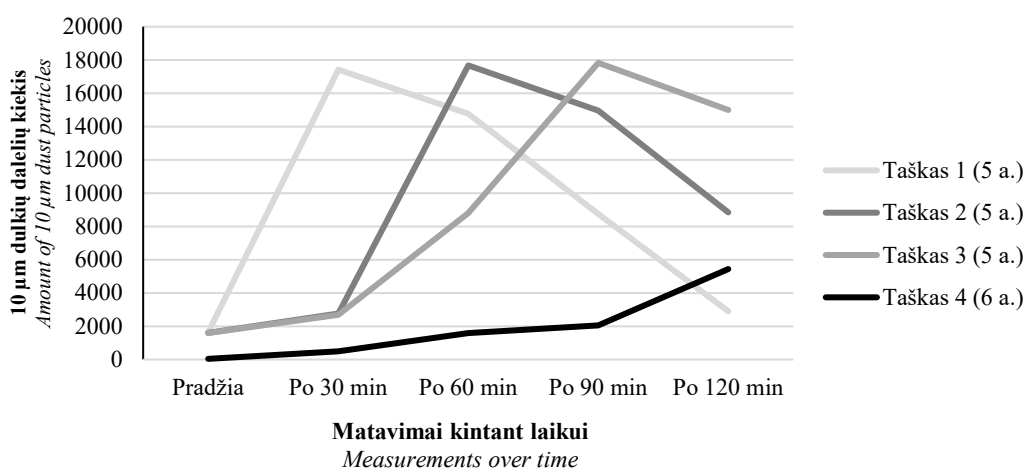
šluodami dirbo kenksmingoje aplinkoje. Taip pat 5 aukšte po 90 min. 3 taške dulkių koncentracija jau viršijo ir ilgalaikio poveikio ribinį dydį –  $10 \text{ mg m}^{-3}$  (įkvepiamoji frakcija). Daugiau dulkių koncentracijos rezultatų pateikta 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Išmatuoti grūdų dulkių koncentracijos duomenys

**Table 1.** Measured grain dust concentration data

Matavimo vieta <i>Measurement location</i>	Dulkių koncentracija, $\text{mg m}^{-3}$ (vidutinė vertė su pasikliauties intervalu) <i>Dust concentration, <math>\text{mg m}^{-3}</math> (average value with confidence interval)</i>				
	Pradžioje <i>In the beginning</i>	Po 30 min. <i>After 30 min</i>	Po 60 min. <i>After 60 min</i>	Po 90 min. <i>After 90 min</i>	Po 120 min. <i>After 120 min</i>
Taške 1 (5 a.) <i>At point 1 (5 f.)</i>	0,051±0,01	3,76±1,29	3,74±0,87	2,64±0,81	2,02±0,13
Taške 2 (5 a.) <i>At point 2 (5 f.)</i>	0,042±0,02	4,22±0,6	7,2±0,5	5,82±0,62	5,11±0,39
Taške 3 (5 a.) <i>At point 3 (5 f.)</i>	0,035±0,01	2,88±0,32	9,78±0,32	16,44±0,62	13,1±0,75
Taške 4 (6 a.) <i>At point 4 (6 f.)</i>	0,04±0,01	0,17±0,02	0,32±0,05	2,16±0,46	4,9±0,39

Tyrimo metu buvo matuojama ir dulkių dalelių kiekiai visuose 4 taškuose. Didžiausių dalelių t.y. iki  $10 \mu\text{m}$  kiekio pokytis pateiktas 2 paveiksle.

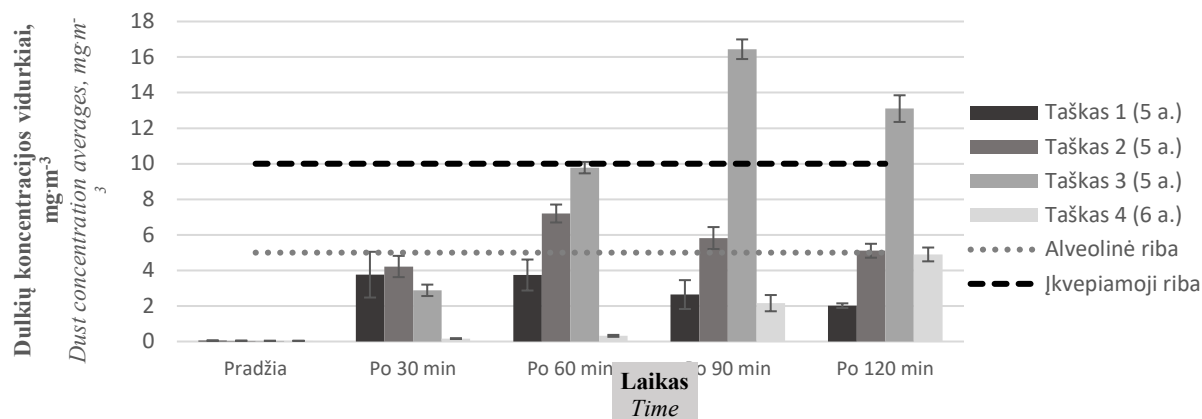


**2 pav.** Išmatuoti didžiausių dulkių dalelių kiekiai

**Fig 2.** Quantities of the largest dust particles were measured

2 paveiksle akivaizdžiai matomi dulkių dalelių kiekių pikai: 5 aukšte (3 taškuose) dalelių kiekis kito skirtingai, priklausomai nuo matavimo taško vietos, ir piką pasiekdavo skirtingu laiku. 6 aukšte (4 taške) dalelių kiekis didėjo proporcingai kintant laikui, nes pirmiausia šluojama nuo kampų, aplink įrangą ir vėliau artėjama matavimo taško link, kur yra daugiausia dulkių.

Gauti tyrimų rezultatai 3 paveiksle taip pat rodo, kad 6 aukšte 4 taške dulkių koncentracija visą šlavimo laikotarpį neviršijo leistinos  $5 \text{ mg m}^{-3}$  (alveolinės frakcijos) ribos, tačiau 5 aukšte po 90 min. 3 taške dulkių koncentracija jau viršijo ir ilgalaikio poveikio ribinį dydį –  $10 \text{ mg m}^{-3}$  (įkvepiamoji frakcija). Kaip matome 3 paveiksle, jau po 60 min. tiek 2, tiek 3 taške dulkių koncentracija jau buvo viršijusi alveolinę  $5 \text{ mg m}^{-3}$  leistiną ribą – tai reiškia, kad darbuotojai visą likusį laiką šluodami dirbo kenksmingoje aplinkoje. Taigi, reikalinga spręsti tokių objektų dulkių mažinimo ir valdymo problemas.



**3 pav.** Išmatuoti dulkių koncentracijos vidurkiai ir leistinos ribos  
**Fig 3.** Measured dust concentration averages and permissible limits

Dulkių mažinimo efektyvumui nustatyti buvo atlikti dulkių koncentracijos matavimai, naudojant kvėpavimo apsaugos priemonės P2 klasės filtrą. Duomenys pateikti 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Išmatuoti grūdų dulkių koncentracijos duomenys naudojant respiratoriaus filtrą

**Table 2.** Measured grain dust concentration data using a respirator filter

Matavimo vieta Measurement location	Dulkių koncentracija, mg·m <sup>-3</sup> (vidutinė vertė) Dust concentration, mg·m <sup>-3</sup> (average value)				
	Pradžioje In the beginning	Po 30 min. (su respiratoriumi*) After 30 min (with respirator**)	Po 60 min. (su respiratoriumi*) After 60 min (with respirator**)	Po 90 min. (su respiratoriumi*) After 90 min (with respirator**)	Po 120 min. (su respiratoriumi*) After 120 min (with respirator**)
Taške 1 (5 a.) At point 1 (5 f.)	0,060	1,040	1,38	1,32	1,065
Taške 2 (5 a.) At point 2 (5 f.)	0,056	0,980	2,34	2,56	2,75
Taške 3 (5 a.) At point 3 (5 f.)	0,050	0,640	3,03	6,8	6,95
Taške 4 (6 a.) At point 4 (6 f.)	0,047	0,037	0,109	1,08	2,64

\* Respiratorius su FFP2 filtru.

\*\* Respirator with FFP2 filter.

Kaip matome 2 lentelėje, respiratorius laikui bėgant sulaiko vis mažiau dulkių dalelių. Po 30 min. šlavimo respiratorius sulaikė apytiksliai apie 80 % dulkių, po 60 min. – 70 %, po 90 min. – 60 %, o po 120 min. – tik 50 % dulkių. Taigi, naudojant asmenines kvėpavimo takų apsaugos priemones galima sumažinti dulkių dalelių koncentraciją, patenkančią į kvėpavimo takus. P2 klasės filtras garantuotų, kad nebus viršytas ilgalaikio poveikio ribinis dydis (10 mg·m<sup>-3</sup>), o naudojant aukštesnės klasės filtras P3 būtų pasiektas dar geresnis apsauginis efektas, bet reikia įvertinti, kad per filtrą darbuotojui būtų sunkiau įkvėpti. Efektyvesnis ir patogesnis būdas apsaugoti kvėpavimo takus būtų įmonei įsigyti pramoninį dulkių siurbli.

## Išvados

- Atlikus dulkių koncentracijos matavimus, nustatyta, kad 5 aukšte po 60 min. tiek 2, tiek 3 taške dulkių koncentracija jau buvo viršijusi alveolinę 5 mg·m<sup>-3</sup> leistiną ribą – tai reiškia, kad darbuotojai visą likusią laiką šluodami dirbo kenksmingoje aplinkoje. Nustatyta, kad 5 aukšte 3 taške po 90 min. dulkių koncentracija jau viršijo ir ilgalaikio poveikio ribinį dydį – 10 mg·m<sup>-3</sup> (įkvėpamoji frakcija).
- Atlikus dulkių koncentracijos matavimus naudojant kvėpavimo apsaugos priemonę, nustatyta, kad po 30 min. šlavimo respiratorius sulaikė apytiksliai apie 80 % dulkių, po 60 min. – 70 %, po 90 min. – 60 %, o po 120 min. – tik 50 % dulkių. Laikui bėgant filtro P2 efektyvumas vis mažėjo.
- Dulkių koncentracijai efektyviau mažinti rekomenduojama įsigyti pramoninį dulkių siurbli.

## Literatūra

1. Adamonienė, D. ir Kaziukonienė, D. (2012). Cheminių medžiagų poveikio darbuotojų sveikatai vertinimo praktinės rekomendacijos. Vilnius: Higienos institutas.
2. Baltrėnas, P. ir Kaulakys, J. (1994). Technosferos dulketumo kontrolės metodai ir prietaisai. Vilnius: Technika.
3. Dėl Profesinės rizikos vertinimo bendrųjų nuostatų patvirtinimo (2012). Priimta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerijos 2012 m. spalio 25 d., Nr. A1-457/V-961. Valstybės žinios, 126-6350.
4. Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA) (2018). Saugi darbo vieta. Efektyvus pavojingų medžiagų valdymas: kampanijos vadovas. Liuksemburgas: Europos Sąjungos leidinių biuras.
5. Gražulevičienė, R. (2002). Žmogaus ekologija. Kaunas: VDU leidykla.
6. Kaminskienė, J. (2008). Tikimybių teorija ir matematinė statistika. Metodiniai patarimai. Akademija: LŽŪU leidybos centras.
7. Lietuvos higienos norma HN 23:2011 (2011). Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai.
8. Malocznik, A. ir Zagorski, J. (1998). Exposure to dust among agricultural workers. Prieiga per internetą: [http://www.aaem.pl/pdf/9852\\_127.pdf](http://www.aaem.pl/pdf/9852_127.pdf)
9. Reglamentas (EB) Nr. 1272/2008 dėl cheminių medžiagų ir mišinių klasifikavimo, ženklinimo ir pakavimo, iš dalies keičiantis ir panaikinantis direktyvas 67/548/EEB bei 1999/45/EB ir iš dalies keičiantis Reglamentą (EB) Nr. 1907/2006 (2018). Priimtas Europos Parlamento ir Europos Sąjungos Tarybos 2018 m. gruodžio 16 d.
10. Seifert, S. A., Essen, S., Jacobitz, K., Crouch, R. and Lintner, Ch. P. (2003). Organic dust toxic syndrome: A review. *Journal of Toxicology, Clinical Toxicology*, 41(2), 185–193.

## Vida Kazlauskienė, Ramūnas Mioldažys

Vytautas Magnus University, Lithuania

### Study of Dustiness in a Grain Storage Enterprise

The article analyzes the dust generated in the grain elevator. After analysing information sources, it was observed that dust can cause various chronic diseases and is the most harmful component of the environment if exposed for a long time. The dustiness test was carried out in a grain storage company, and the measurements were carried out during a certain period while sweeping the premises. It was found that at one point, after 60 minutes of sweeping, the dust concentration exceeded the established alveolar limit. Evaluated according to HN 23:2011, it establishes that in general the long-term exposure limit value for dust concentration should not exceed 10 mg·m<sup>-3</sup> (inhalable fraction) and 5 mg·m<sup>-3</sup> (alveolar fraction). Changes in dust concentration averages over time are presented in the study.

Grain elevator, dust, dust concentration measurements, risk factors.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Vida KAZLAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė. Adresas: Liepų g. 28B-11, LT-21382 Vievis, Elektrėnų sav. Tel.: +370 652 49028, el. paštas: [vida.kazlauskiene7@gmail.com](mailto:vida.kazlauskiene7@gmail.com)

Vida KAZLAUSKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Liepų g. 28B-11, LT-21382 Vievis, Elektrėnų sav. Phone: +370 652 49028, e-mail: [vida.kazlauskiene7@gmail.com](mailto:vida.kazlauskiene7@gmail.com)

Ramūnas MIELDAŽYS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 614 01137, el. paštas: [ramunas.mioldazys@vdu.lt](mailto:ramunas.mioldazys@vdu.lt)

Ramūnas MIELDAŽYS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 614 01137, e-mail: [ramunas.mioldazys@vdu.lt](mailto:ramunas.mioldazys@vdu.lt)

# MAISTO PRAMONĖS ĮMONĖS ORO TARŠOS VALDYMAS

Justina Tylaitė, Rasa Čingienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Oro tarša yra viena iš aktualiausių pasaulinių problemų, turinti neigiamą poveikį tiek gamtai, tiek žmonių sveikatai. Griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai, kylantis susirūpinimas aplinkosaugos aspektais paveikė ir maisto pramonės įmones. Kuriamos strategijos, kuriomis maisto pramonė gali prisidėti prie oro taršos mažinimo, apima technologinius patobulinimus, energijos efektyvumo didinimą, alternatyvių energijos šaltinių naudojimą ir kt. Aplinkosaugos standartų įdiegimas, reguliavimas ir nuolatinis stebėjimas yra būtini siekiant efektyvaus oro taršos valdymo ir ilgalaikio verslo tvarumo. Straipsnyje analizuojamos pasirinktos maisto pramonės įmonės, aplinkos oro taršos šaltiniai ir iš jų išmetamų teršalų koncentracija siekiant identifikuoti pagrindinius taršos aspektus. Atlikus eksperimentinius tyrimus pastebėta, kad vietinę įmonės katilinę kūrenant akmens anglimis į atmosferą išmetama daugiau kenksmingų teršalų, nei kūrenant medžio pjuvenų briketais. Ieškant sprendimų, 30 proc. buvo sumažintas į katilą paduodamo kuro kiekis. Šis sprendimas pasiteisino – tarša sumažėjo iki 2,6 karto nuo leistinos normos, o gamybos procesams tai įtakos neturėjo.

Oro tarša, standartai, kenksmingos dujos.

## Įvadas

Oro tarša yra vienas iš dešimties didžiausių pasaulinių rizikos sveikatai veiksnių Europoje ir visame pasaulyje. Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (EBPO) prognozuoja, kad 2050 m. pasaulio oro tarša bus pagrindinė mirties aplinkai priežastis. Pirminiai teršalai (teršalai, išmetami tiesiai į orą) yra šios dujos: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO (Kostadinović et al., 2023). Kadangi daugelis šalių įgyvendina įvairių oro taršos kontrolės politiką, būtina įvertinti jos veiksmingumą, kad būtų galima vadovautis būsimais veiksmais (Feng et al., 2024). Tad įmonės, kurios nori būti sertifikuotos pagal aplinkosaugos standartus, pagal privalomą užtikrinti veiksmingumo vertinimą, turi atlikti monitoringą, matavimus ir vykdyti analizę bei jos vertinimą, t. y. stebėti, matuoti, analizuoti ir vertinti savo aplinkosaugos veiksmingumą.

Aplinkosaugos teisiniai dokumentai vis labiau riboja, todėl įmonės turi ieškoti būdų pagerinti dujų išmetimo kontrolę (Quina et al., 2008). Tarp įvairių energijos šaltinių, skirtų šildyti, didžiojoje pasaulio dalyje dominuoja iškastinis kuras, todėl išmetama daug šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Siekiant taupyti energiją ir sumažinti emisijas, visame pasaulyje atliekami tyrimai įvairiais susijusiais aspektais. Vokietijos Vyriausybė pritarė sprendimui keisti šildymo sistemas ir nurodė, kad daugelis senesnių katilų turi būti pakeisti vėliausiai po 30 metų (Zhao et al., 2019). Gamtinės dujos, kaip švarus ir efektyvus išteklius, turi didesnę šiluminę vertę, deginant gamtines dujas išmetama mažiau teršalų, nei deginant anglį, o tai ilgainiui gali duoti didelę naudą aplinkai ir socialinei gerovei (Zhao et al., 2019). Todėl tampa vis svarbiau identifikuoti susidariusią taršą, ją analizuoti, vertinti ir mažinti.

Pagrindiniai degimo produktai, išmetami į aplinką, yra CO ir NO<sub>x</sub> (Uscilaitė, Genutis, 2011). Tirtame pramoniniame katile anglies viendeginio didžiausias kiekis buvo 5 546 mg/m<sup>3</sup>, o leidžiamas kiekis turėtų neviršyti 2 500 mg/m<sup>3</sup>; azoto oksidų kiekis buvo 116 mg/m<sup>3</sup> (leidžiamas kiekis – 50–125 mg/m<sup>3</sup>). Deginant medieną išmetama mažiausiai azoto oksidų ir sieros dioksido (Gimbutaitė, Venckus, 2007). Pagal išmetamą anglies dioksido kiekį medienos kuras yra artimas kitoms kuro rūšims, išskyrus dujas (jas deginant išsiskiria 1,8 karto mažiau CO<sub>2</sub>).

Aplinkos apsaugos vadybos sistemos įdiegimas yra vienas iš taršos mažinimo būdų ir įmonių brandos ženklas, kuris leidžia rinkos dalyviams suprasti, kad įmonė taiko aplinkai palankesnes technologijas, principus bei kitus veiklos būdus ir taip gerina į vartotojus nukreiptą savo įvaizdį. Norint, kad aplinkosaugos vadybos sistemos įdiegimas įmonėje būtų naudingas aplinkai, ekonomikai bei rinkai, esminga nuolat stebėti įmonės procesus, ieškoti tolesnio procesų tobulinimo būdų, remiantis aplinkosaugos vadybos sistema. Tokios priemonės gali apimti įvairias technologines inovacijas, filtravimo sistemas, energijos efektyvumo gerinimą ir kitas aplinkosaugines iniciatyvas. Prie svarbiausių oro taršos valdymo aspektų galima priskirti monitoringą, teisės aktų reguliavimą, švietimą ir informavimą, tarptautinį bendradarbiavimą, technologines inovacijas ir taršos pasekmių vertinimą.

Tyrimų tikslas – pagal oro taršą reglamentuojančių tarptautinių standartų reikalavimus pasirinktoje maisto pramonės įmonėje identifikuoti galimus oro taršos šaltinius, įvertinti išmetamų teršalų koncentracijas ir pritaikyti oro taršos valdymo priemones.

## Tyrimų metodika

Analizuojamos maisto pramonės įmonės, gaminančios majonezą ir pomidorų padažą, pastate įrengtas kietojo kuro katilas reikalingas technologiniams procesams atlikti (garui gaminti). Katilas, kurio šiluminis galingumas yra 0,65 MW (1,0 t/h garo), kūrenamas akmens anglimis arba mediena. Kuras į katilą paduodamas rankiniu būdu.

Remiantis 2022 m. įmonėje atlikta aplinkos oro taršos šaltinių ir iš jų išmetamų teršalų inventorizacijos ataskaita, išskirtas vienas pagrindinis taršos šaltinis – kietuoju kuru (akmens anglimis) kūrenama katilinė. Įmonė turi Aplinkos apsaugos agentūros išduotą Taršos leidimą. Bendras metinis į aplinkos orą išmetamų teršalų kiekis sudaro 2 500 t/m.

Dūmams valyti naudojamas šešių elementų baterinis ciklonas (gamintojas – AB „Kazlų Rūdos metalas“). Degimo metu į aplinkos orą per katilinės kaminą išmetama

- anglies monoksido;
- azoto oksidų;
- sieros dioksido;
- kietųjų dalelių.

Matavimai atlikti su dujų analizatoriumi „Testo 35“ (1 pav.) po 3 pakartojimus skirtingu paros metu (ryte, dieną, vakare), matuojant taršą už valymo ciklono. Tyrimo metu siekta išsiaiškinti susidarantį naudojamo kuro (akmens anglių, medžio pjuvenų briketų) teršalų kiekį, kad būtų galima optimizuoti gamybos procesą, vertinant garo katilo darbo intensyvumą; koku kuru labiau teršiama, kad būtų galima pasirinkti, kurį kurą reikėtų naudoti, bei naudojant taršesni.



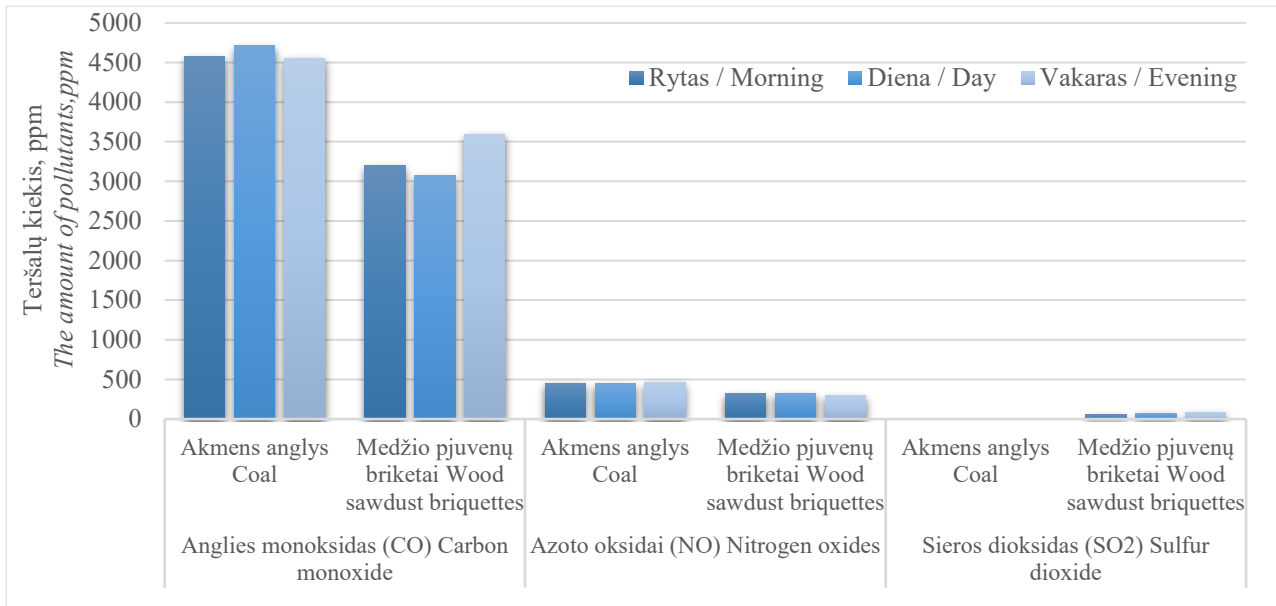
1 pav. Išmetamųjų dujų analizatorius „Testo 350“

*Fig. 1. Exhaust gas analyzer “Testo 350”*

Gauti rezultatai vertinami gavus ataskaitas, įvertinant tiek kurą, tiek katilinės apkrovą, tiek laiką, kurį katilinė veikia tiek visu, tiek mažesniu pajėgumu. Duomenys formuojami programa „Microsoft Excel“.

## Rezultatai ir aptarimas

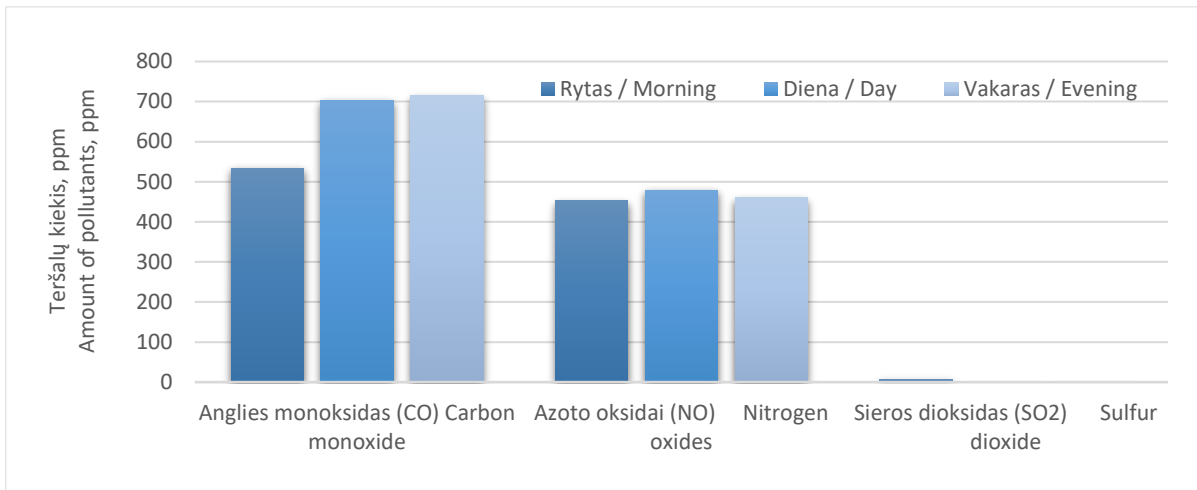
Analizuojamoje įmonėje 2022 m. atlikus iš stacionarių aplinkos taršos šaltinių išmetamų teršalų monitoringą ir remiantis gautais tyrimų rezultatais, metinis į aplinkos orą išmetamų teršalų kiekis sudarė 2 500 t/m. (leistinos taršos normatyvinė vertė – 4 555 t/m.). Nors leistina normatyvinė vertė nepasiekta, įmonė, siekdama nuolat gerinti veiklą, ieško būdų dar labiau sumažinti išmetamų teršalų kiekį. Tam buvo atliekami papildomi tyrimai, siekiant įvertinti skirtingas katilui kūrenti naudojamas kuro rūšis (akmens anglis ir medžio pjuvenų briketus) ir išskiriamų teršalų kiekį (2 pav.).



**2 pav.** Išskiriamas teršalų kiekis pagal naudojamą kurą  
**Fig. 2.** The amount of pollutants emitted depends on the fuel used

Iš pateikto grafiko matome, kad, katilą kūrenant akmens anglimis, į aplinką išskiriama anglies monoksido (CO) ir azoto oksido (NO<sub>x</sub>) kiekis didesnis, nei kūrenant pjuvenų briketais. Kurui naudojant medžio pjuvenų briketus, stebimas 28 proc. mažesnis išskiriama anglies monoksido ir apie 30 proc. mažesnis azoto oksidų kiekis, lyginant su kurui naudojamomis akmens anglimis. Minimalus (70 ppm) sieros dioksido (SO<sub>2</sub>) kiekis išmatuotas, kurui naudojant medžio pjuvenų briketus. Paros laikas (rytas, diena, vakaras) išskiriamų teršalų kiekiui ženklios įtakos neturėjo.

Įvertinus pirminius tyrimo rezultatus, nuspręsta optimizuoti garo katilo darbo trukmę ir intensyvumą, nedarant įtakos gamybos proceso efektyvumui. Katilui kūrenti pasirinkus akmens anglis, 30 proc. mažinamas naudojamo kuro kiekis (3 pav.), t. y. mažinamas kuro deginimo intensyvumas.



**3 pav.** Išmetamų teršalų kiekis sumažinus kuro deginimo intensyvumą  
**Fig. 3.** The amount of emissions after reducing the intensity of fuel burning

Garų katilo kūrenimo intensyvumą sumažinus 30 proc., tiek pat procentų sumažėja ir naudojamos akmens anglių kiekis; anglies monoksido išsiskyrimas sumažėjo apie 60 proc., azoto oksidų – 35 proc.



**1 lentelė.** Į aplinką išmetamų teršalų kiekis**Table 1.** The amount of emissions into the environment

Teršalai <i>Pollutants</i>	Į aplinkos orą išmetami teršalai, t/metus <i>Pollutants are released into the ambient air, t/year</i>		
	Per 2022 metus <i>In 2022 year</i>	Planuojamas kiekis optimizavus gamybą 2024 metais <i>Planned quantity after optimizing production in 2024</i>	Leistinos taršos normatyvo vertė <i>The value of the permissible pollution standard</i>
Sieros dioksidas SO <sub>2</sub> <i>Sulfur dioxide</i>	0,25	0,175	0,455
Anglies monoksidas CO <i>Carbon monoxide</i>	1,628	1,14	2,966
Azoto oksidai NO <sub>x</sub> <i>Nitrogen oxides</i>	0,336	0,235	0,612
Kietosios dalelės <i>Hard particles</i>	0,286	0,2	0,522
Iš viso: <i>Altogether:</i>	2,5	1,75	4,555

Planuojama, kad garo katilo kūrenimo intensyvumo sumažinimas leis 2,6 karto sumažinti į aplinką išmetamų teršalų kiekį, lyginant su leistinomis taršos normatyvo vertėmis. Garo katilą kūrenant visu pajėgumu, išmetamų teršalų kiekis buvo 1,8 karto mažesnis už leistinas normatyvines vertes. Taip bus išspręstas pagrindinis oro taršos aspektas, kuris nesudarys kliūčių įmonei diegti aplinkosaugos standartą.

**Išvados ir rekomendacijos**

1. Kaip pagrindinis oro taršos šaltinis įmonėje identifikuotas garo gamybai naudojamas katilas, kurio šiluminis galingumas – 0,65 MW (1,0 t/h garo), kūrenamas akmens anglimis arba medžio pjuvenų briketais.
2. Kurui naudojant medžio pjuvenų briketus, stebimas 28 proc. mažesnis išskiriamo anglies monoksido ir apie 30 proc. mažesnis azoto oksidų kiekis, lyginant su kurui naudojamomis akmens anglimis.
3. Garo katilo kaitinimo intensyvumą sumažinus 30 proc. oro tarša sumažės 2,6 karto, lyginant su leistinomis taršos normatyvinėmis vertėmis.

**Literatūra**

1. Europos Sąjungos aplinkosaugos vadybos ir audito sistema (EMAS) (s. a.). Prieiga per internetą: [http://ec.europa.eu/environment/emas/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm)
2. Feng, T., Sun, Y., Shi, Y., Ma, J., Feng, Ch. and Chen, Z. (2024). Air pollution control policies and impacts: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 191.
3. Gimbutaitė, I. ir Venckus, Z. (2007). Medienos atliekų naudojimo energetikoje pranašumai palyginti su kitomis kuro rūšimis. In: VGTU 10-oji jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas–Lietuvos ateitis“, p. 349–358.
4. International Organization for Standardization (s. a.). About ISO. Prieiga per internetą: <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>
5. Kostadinović, D., Jovanović, M., Bakić, V. and Stepanić, N. (2023). Mitigation of urban particulate pollution using lightweight green roof system. *Energy and Buildings*, 293.
6. LST EN ISO 14001:2015 Aplinkos apsaugos vadybos sistemos. Reikalavimai ir naudojimo gairės (ISO 14001) (s. a.). Prieiga per internetą: <https://www.lstsert.lt/?pg=60>
7. Mosgaard, M. A., Bundgaard, A. M. and Kristensen, H. S. (2022). ISO 14001 practices – A study of environmental objectives in Danish organizations. *Journal of Cleaner Production*, 331.
8. Quina, M. J., Bordado, J. C. and Quinta-Ferreira, R. M. (2008). Treatment and use of air pollution control residues from MSW incineration: An overview. *Waste Management*, 28(11), 2097–2121.
9. Ripkauskaitė, A. (2020). Aplinkos apsaugos vadybos sistemų diegimo poveikis įmonių tarptautinei veiklai. *Regional Formation and Development Studies*, 32(3), 72–83.

10. Uscilaitė, J. ir Genutis, A. 2011. Tradicinių ir pramoninių biokuro katilinių emisijos tyrimai. *Agroenergetika ir inžinerija*, 16, 257–263.
11. Zhao, J., Duan, Y. and Liu, X. (2019). Study on the policy of replacing coal-fired boilers with gas-fired boilers for central heating based on the 3E system and the TOPSIS method: A case in Tianjin, China. *Energy*, 189.

**Justina Tylaitė, Rasa Čingienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Air Pollution Management in a Food Industry Company**

Air pollution is one of the most pressing global problems with a negative impact on both nature and human health. The tightening of environmental requirements and the growing concern about environmental aspects have also affected food industry companies. Strategies being developed that the food industry can contribute to reducing air pollution include technological improvements, energy efficiency, the use of alternative energy sources, and more. Implementation, regulation and continuous monitoring of environmental protection standards are essential for effective air pollution management and long-term business sustainability. The article analyzes selected food industry companies, sources of environmental air pollution and the concentration of emissions from them in order to identify the main aspects of pollution. After conducting experimental studies, it was noticed that the local company's boiler room emits more harmful pollutants into the atmosphere when fired with coal than with wood sawdust briquettes. After reducing the amount of fuel supplied by 30 percent, pollution decreased to 2.6 times the permissible rate, and production processes were not affected.

Air pollution, standards, harmful gases.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Justina TYLAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 637 58997, el. paštas: justina.tylaite@stud.vdu.lt

Justina TYLAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 637 58997, e-mail: justina.tylaite@stud.vdu.lt

Rasa ČINGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 788107, el. paštas: rasa.cingiene@vdu.lt

Rasa ČINGIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 788107, e-mail: rasa.cingiene@vdu.lt

# PRIVAČIAI IR MĖGĖJIŠKAI DIRBANČIŪJŲ MEDIENOS APDIRBIMO SRITYJE SAUGOS IR SVEIKATOS VALDYMO TYRIMAS

Skirmantas Jonikas, Gediminas Vasiliauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Remiantis literatūros šaltiniais ir ankstesniais tyrimais, nustatyta, kad medienos apdirbimo sektorius, nors ir svarbus regioniniam ekonomikos vystymuisi, taip pat yra priskiriamas prie pavojingų veiklų, kurias vykdant dažnai įvyksta nelaimingų atsitikimų darbe. Tyrimo metu buvo atliekama anketinė apklausa, kurioje analizuojami rizikos veiksniai, rizikų identifikavimo priemonės, darbo priemonių būklė ir kiti klausimai. Gauti rezultatai rodo, kad norint pagerinti šios veiklos rūšies darbuotojų saugos ir sveikatos (DSS) situaciją, būtina stiprinti informacijos apie saugos priemones ir įrangos priežiūrą sklaidą, skatinti didesnę darbuotojų sąmoningumą ir geresnę pasiruošimą identifikuoti galimas rizikas. Šio tyrimo tikslas buvo išanalizuoti medienos apdirbimo sektoriuje dirbančių asmenų saugą ir sveikatą, mėgėjiškai šia veikla užsiimančių ir savarankiškai dirbančių asmenų darbo vietose esančius rizikos veiksnius.

Profesinė rizika, medienos apdirbimas, dirbantieji savarankiškai, dirbantieji mėgėjiškai.

## Įvadas

Medienos pramonė Lietuvoje yra svarbi ūkio šaka, kuri kasmet generuoja 5–7 proc. Lietuvos BVP ir įdarbina ~4 proc. visų dirbančiųjų (Valstybės..., 2022). Šis sektorius taip pat svarbus tuo, kad labai prisideda prie regionų vystymo, nes daugybė medienos apdirbimo įmonių kuriasi arba veikia šalia mažesnių miestų atokesniuose rajonuose. Tai turi teigiamų pasekmių, nes mažinamas atotrūkis tarp regionų, įdarbinami vietiniai gyventojai ir taip prisidedama prie LR Vyriausybės regionų plėtros programoje 2022–2030 m. nustatytų tikslų (Lietuvos..., 2022).

Nepaisant anksčiau paminėtų skaičių, ši statistika nevisiškai atspindi tikrojo dirbančiųjų šiame sektoriuje masto, nes medienos apdirbimu, baldų gamyba neretai užsiima ir pavieniai meistrai, staliai ar kitų susijusių specializacijų darbuotojai, kuriems medienos apdirbimas nėra pagrindinė veikla. Nepaisant šio sektoriaus indėlio sprendžiant regionines problemas, medienos apdirbimo sektorius daugelyje šalių, įskaitant Lietuvą, yra priskiriamas prie labai pavojingų ekonominės veiklos sektorių. Jame nuolat įvyksta daug nelaimingų atsitikimų darbe, medienai apdoroti naudojama įvairi įranga, taip pat cheminės medžiagos, darbuotojai kenčia nuo įvairių rizikos veiksnių. Šio sektoriaus darbuotojai dažnai susižaloja, patiria sveikatos sutrikdymų ir pan., o LR valstybinė darbo inspekcija nuolat vykdo tokių įmonių inspekcinę veiklą ir ypatingą dėmesį skiria darbo įrenginių, naudojamų medienos ekonomine veikla užsiimančiose įmonėse, atitiktį DSS reikalavimams bei kritimo iš aukščio prevencijai (LR..., 2022).

Siekiant mažinti gamybinių traumų riziką, taip pat išvengti profesinių ligų tiek nacionaliniu, tiek regioniniu lygmeniu, dedamos pastangos gerinti darbuotojų saugą ir sveikatą šiame sektoriuje, didinti darbuotojų sąmoningumą. Europos saugos ir sveikatos darbe agentūra (OSHA) kartu su ES šalių narių atsakingosiomis institucijomis yra išleidusi gerosios praktikos priemonių, rizikos vertinimo klausimynų, kuriais siekiama gerinti DSS situaciją ypač mažose įmonėse. Iš tokių paminėtina interaktyvios rizikos vertinimo priemonė OIRA, skirta mažų ir labai mažų įmonių arba savarankiškai dirbančių įmonių vadovams, kuriems ji padeda identifikuoti profesinės rizikos veiksnius, suprasti rizikos šaltinius ir nustatyti prevencines priemones. Visgi užtikrinti, kad šios priemonės yra naudojamos dirbančiųjų šiame sektoriuje, efektyvios ir naudingos, sudėtinga.

Literatūroje nėra daug informacijos apie rizikos veiksnius, kurie dažniausiai nulemia nelaimingus atsitikimus ar profesines ligas, ypač tuomet, kai darbuotojas šias veiklas atlieka neturėdamas darbinių santykių. Lietuvoje ši informacija dažniausiai apsiriboja tik nelaimingų atsitikimų aplinkybių ir priežasčių ištyrimu ir viešinimu. Drutelienė ir Butkus (2016) analizavo medienos įmonėse esantį triukšmo lygį ir dulkėtumą, o kitose šalyje įvairūs tyrėjai yra nagrinėję nelaimingų atsitikimų priežastis ir pan. Pavyzdžiui, Beckerio ir kt. (1996) tyrime buvo nustatyta, kad, apklausus profesionaliai ir mėgėjiškai medienos apdirbimu užsiimančius asmenis, net 64 proc. atsakė, jog yra patyrę traumų ar sužalojimų, kuriuos sukėlė jų naudojama medienos apdirbimo įranga, o apie trečdalis teigė, jog sužeidimai buvo tokie sunkūs, kad reikėjo medicininės pagalbos. Dažniausiai šiame tyrime medienos apdirbimo srityje patiriamos traumos buvo susijusios su obliavimo staklių naudojimu ir jų sukeltais sužalojimais (4,9 sužalojimo 1 000 darbo valandų), frezavimo įranga (3,3 sužalojimo) ir įvairia gręžimo įranga (3,1 sužalojimo).

Panašius rezultatus taip pat pateikė Loiselis ir kt. (2014), kurie savo tyrime siekė nustatyti, kokius sveikatos pakenkimus dažniausiai patiria nukentėjusieji medienos apdirbimo srityje. Nustatyta, kad net

~65 proc. traumas patyrusių asmenų jas patyrė dirbdami mėgėjiškai, o nemaža dalis jas patyrė su darbo priemonėmis, kurios buvo senesnės nei 15 metų. Šiame tyrime taip pat atskleista, kad dirbančiuosius mėgėjiškai dažnai riboja finansinis aspektas, reikšmingas siekiant atnaujinti įrangą, saugos priemones, įsigyti darbo drabužių arba sukurti saugią darbo aplinką.

Tarptautinės darbo organizacijos (International..., 2015) išleistame leidinyje, skirtame saugai ir sveikatai užtikrinti medienos apdirbimo įmonėse, yra išskiriamos 4 sritys, kurioms turėtų būti skiriamas ypatingas dėmesys: 1) mašinų ir įrengimų sauga; 2) medienos dulkės; 3) paslydimai ir suklupimai; 4) triukšmas. Panašiais principais paremta ir daug kitų rekomendacijų, priemonių ir programų (Reinhold, 2015; International..., 2021), kuriose paminėti rizikos veiksniai įvardijami kaip keliantys didžiausią pavojų.

Apibendrinant galima teigti, kad medienos apdirbimu užsiimančių dirbančiųjų savarankiškai skaičius ir DSS situacija tokiose mėgėjiškose dirbtuvėse nėra aiškiai žinoma ir suprantama, todėl šio tyrimo tikslas buvo atlikti mėgėjiškai medienos apdirbimu užsiimančių ir savarankiškai dirbančių asmenų darbo aplinkoje esančių rizikos veiksnių analizę.

## Tyrimų metodika

Rizikos veiksnių analizė šiame tyrime buvo paremta medienos apdirbimu užsiimančių asmenų, kurie dirba individualiai, anketine apklausa. Remiantis Statistikos departamento teikiamais duomenimis, Lietuvoje veikė 317 įmonių, kuriose yra registruotas vienas dirbantis asmuo, t. y. tokios individualios įmonės, kuriose nėra samdomų darbuotojų. Priimant šį skaičių kaip populiacijos dydį, buvo apskaičiuotas imties dydis, t. y. respondentų skaičius  $n$ , kuris reikalingas rezultatų patikimumui užtikrinti:

$$n = \frac{N \cdot 1.96^2 \cdot p \cdot q}{\varepsilon^2 \cdot (N-1) + 1.96^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

čia  $N$  – populiacijos dydis;

reikšmė 1.96 atitinka standartizuoto normaliojo skirstinio 95 proc. pasiklivimo lygmenį;

$p$  – tikimybė, kad nagrinėjamas požymis pasireiškė tiriamoje populiacijoje, t. y. 50 proc. populiacijos ( $p = 0,5$ );

$q$  – tikimybė, kad nagrinėjamas požymis nepasireiškė tiriamoje populiacijoje ( $q = 1-p = 0,5$ );

$\varepsilon$  – pageidautinas tikslumas ( $\varepsilon = 0,05$ ).

Anketinės apklausos rezultatuose pateikiami iš viso 320 anketų rezultatai. Prašymai užpildyti anketas buvo platinami 2023 m. spalio–lapkričio mėnesiais socialiniuose tinkluose, uždarose teminėse grupėse bei kitais interneto kanalais. Anketinėje apklausoje buvo naudojamas elektroninis klausimynas („GoogleForms“), kurio klausimai apie darbo vietoje esančius rizikos veiksnius buvo sudaromi įvertinus apžvalginėje dalyje įvardytus dažniausius rizikos veiksnius medienos apdirbimo įmonėse, taip pat vadovaujantis priemonėje OIRA pateikiamais darbo vietų rizikos vertinimo klausimais. Anketinę apklausą sudarė iš viso 27 klausimai, kurie buvo suskirstyti į ketelį grupių, kaip nurodyta 1 lentelėje. Dalis klausimų buvo pateikiami su galimais atsakymų variantais, kuriuos respondentai turėjo pasirinkti, likusiems buvo naudojama atsakymo skalė nuo 1 iki 5.

**1 lentelė.** Apibendrinti anketinėje apklausoje respondentams pateikti klausimai ir klausimų kategorijos

**Table 1.** Generalized questions and question categories for respondents used in the survey

Klausimų kategorija <i>Question category</i>	Apibendrinti klausimai <i>Generalized questions</i>
Bendroji dalis <i>General questions</i>	Respondentų amžius; išsilavinimas; patirtis sektoriuje; darbo statusas (įdarbintas, dirbantis privačiai, dirbantis laisvalaikio) <i>Respondent age; education; experience, work status (employed, self-employed, non-employed)</i>
Darbo aplinka, įranga ir priemonės <i>Work environment, tools and equipment</i>	Kaip vertinamos darbo patalpos; ar darbo vieta tvarkinga; ar darbo priemonės naudojamos saugiai; ar darbo priemonės tvarkingos <i>Self-assessment of workspace; is workspace clean; are work tools used safely; are work tools in good condition</i>
Triukšmas, cheminės medžiagos ir dulkės, asmeninė apsauga <i>Noise, chemicals and dust, PPE</i>	Kaip respondentai vertina savo darbo aplinką triukšmo, dulkių aspektu; ar naudojamas dulkių nutraukimas, ar naudojamos AAP <i>How the workplaces are evaluated in the aspects of occupational noise and dust; are dust collectors used; are PPE used</i>

Klausimai apie saugos valdymą ir rizikos vertinimą <i>Safety management and risk assesment issues</i>	Ar konsultuojamasi su išorės šalimis DSS klausimais; ar vertinami rizikos veiksniai; ar žinomi bei naudojami DSS kontroliniai klausimynai ar kitos priemonės; ar savo veikloje anksčiau patirta sužalojimų; kaip deklaruojami šie sužalojimai <i>Are external health and safety consultants used; are risks identified; are risk questionnaires used; were there any injuries in the past; how these injuries were reported</i>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

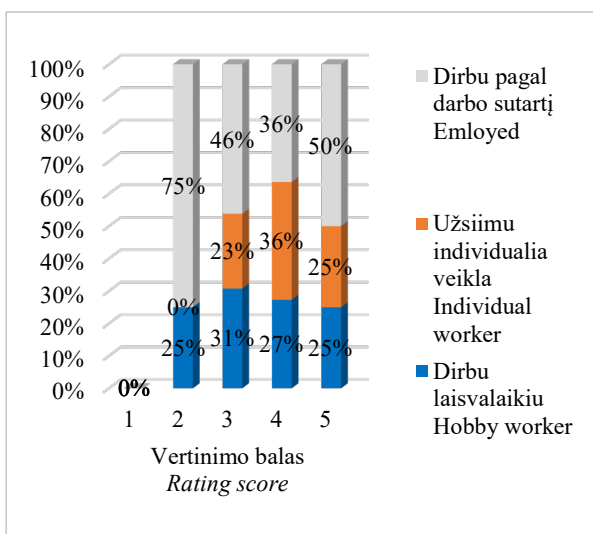
Tyrimo dalyvavo 80 asmenų 18–25 metų kategorijoje, 80 – 26–35 metų kategorijoje, 110 – 46–55 metų kategorijoje ir 50 – >55 metų kategorijoje. 47 proc. dalyvių buvo dirbantieji medienos apdirbimo srityje pagal darbo sutartį, 25 proc. – dirbantieji privačiai, o 28 proc. – užsiimantieji šia veikla laisvalaikiu. Duomenims pavaizduoti ir analizuoti naudota programa „MS Excel“.

## Rezultatai ir aptarimas

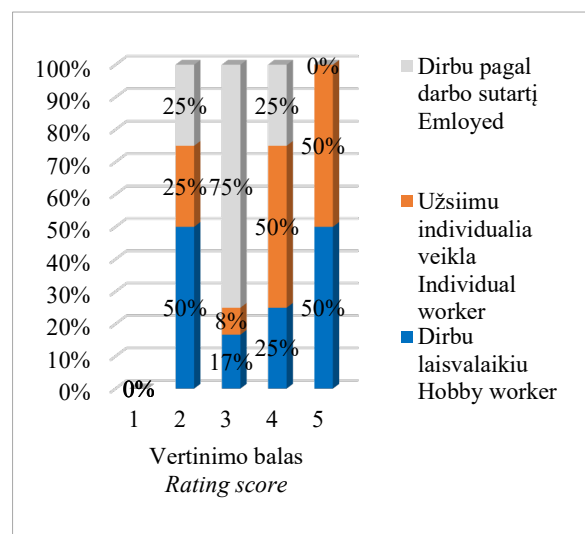
Anketinėje apklausoje dalyvavo iš viso 90 laisvalaikio medienos apdirbimu užsiimančių ir 80 privačiai dirbančių asmenų. Apklausos rezultatai rodo, kad dauguma, kiek daugiau nei pusė visų atsakiusių (53 proc.) savo gamybinę patalpą DSS aspektu vertina kaip labai geros būklės, o 31 proc. – kaip geros. Šie rezultatai taip pat siejasi su tuo, kad respondentai nuolat prižiūri savo gamybinę patalpą ir jas bent keletą kartų per savaitę valo (89 proc.). Taip pat dauguma respondentų atsakė, kad jų darbo aplinka (tikriausiai dėl nuolatinės priežiūros) yra dažniausiai tvarkinga (~67 proc.). 84 proc. respondentų teigė, kad jų darbo patalpose yra gaisro gesinimo priemonių (84 proc.) ir sukomplektuota pirmosios pagalbos vaistinė (59 proc.).

Į klausimus, susijusius su darbo priemonėmis ir jų būkle, respondentai atsakė, kad ši būklė yra labai gera (47 proc. visų respondentų), o ~26 proc. respondentų įrankių būklę vertino kaip vidutinišką. Įdomu tai, kad šie rezultatai siejasi su dirbančiųjų statusu, t. y. prasčiau įrankių būklę vertino savarankiškai dirbantys ar laisvalaikio šia veikla užsiimantys respondentai. Tai veikiausiai galėtų būti aiškinama mažesniu jų finansiniu pajėgumu atnaujinti savo darbo priemones.

Vertinant rizikos veiksnius darbo vietose, įdomūs gauti triukšmo ir dulkėtumo analizės rezultatai, kurie pateikiami 2 ir 3 paveiksluose. Iš šių rezultatų matyti, kad visi be išimties apklausos dalyviai triukšmą ir dulkes įvardijo kaip dažniausiai visose vietose egzistuojančius rizikos veiksnius. Dėmesys atkreiptinas į tai, kad gauti rezultatai nerodo, jog triukšmo arba dulkėtumo problematiką labiau akcentuotų laisvalaikio medienos apdirbimu užsiimantys ar savarankiškai dirbantys asmenys. Priešingai, triukšmą kaip vyraujančią rizikos veiksnį (vertinimas – 5 balai) įvardijo net 50 proc. visų pagal darbo sutartį dirbančių respondentų, tačiau turint omenyje, kad apklausoje jų dalyvavo panašus visų apklausos dalyvių procentas, darytina prielaida, kad triukšmo problema vienodai aktuali visiems dirbantiesiems, nepriklausomai nuo jų įdarbinimo statuso.



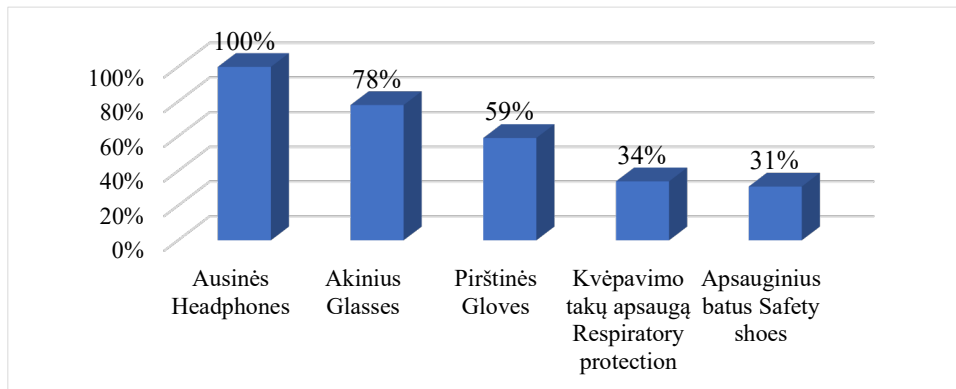
2 pav. Triukšmo darbo vietose vertinimas  
 Fig. 2. Evaluation of noise in workplaces



3 pav. Dulkėtumo darbo vietose vertinimas  
 Fig. 3. Evaluation of dust in workplaces

Analizuojant dulkėtumo darbo vietose vertinimo rezultatus pažymėtina, kad dulkėtumą kaip didelę problemą (5 balai) įvardijo tik individualia veikla užsiimantys ir privačiai dirbantys apklausos dalyviai.

Siekiant išsiaiškinti, kaip darbuotojai saugosi įvairių rizikos veiksnių, nustatyta, kad visi be išimties respondentai naudojo ausines, tačiau tik kas trečias apklausos dalyvis naudojo asmenines kvėpavimo takų apsaugos priemones. Taip pat pažymėtina, kad dauguma apklausos dalyvių (93 proc.) naudoja bent kelias 4 paveiksle išvardytas AAP. Apklausos rezultatai pateikiami 4 paveiksle.



**4 pav.** Respondentų atsakymai apie tai, kokias asmenines apsaugos priemones naudoja

*Fig. 4. Responses about the use of personal protective equipment PPE*

Tyrime gauti įdomūs rezultatai yra susiję su tuo, kaip darbuotojai, užsiimantys medienos apdirbimo veikla, deklaruotą patirtus sužalojimus. Net 65 proc. respondentų pažymėjo, kad, nutikus nelaimingam atsitikimui, medicinos įstaigoje ją įvardytą kaip būtina traumą ir vos ~6 proc. – kaip traumą darbe. Tai rodo, kad individualiai dirbančiųjų šiose srityse nelaimingų atsitikimų apskaita yra sudėtinga, nes tokia informacija patys nukentėjusieji nebūtų linkę dalintis. Nepaisant to, į klausimą, ar praeityje yra patyrę sveikatos sužalojimų užsiimdami medienos apdirbimo veikla, ~59 proc. apklausos dalyvių teigė, kad tokių traumų yra patyrę.

Į klausimus, susijusius su profesinės rizikos vertinimu bei įvairių klausimynų, skirtų savikontrolėi, naudojimui, apklausos dalyviai atsakė žinantys, kad tokie klausimynai gali būti naudojami ir yra prieinami. 65 proc. visų apklaustųjų teigė žinantys apie tokių klausimynų panaudojimą rizikoms vertinti, tačiau su tokių klausimynų turiniu ir praktiniu panaudojimu rizikoms vertinti yra susidūrę ar jais naudojami mažesnioji dalis – ~40 proc. visų apklausos dalyvių. Šie rezultatai siejami ir su apklausos dalyvių išsilavinimu, nes labai panaši respondentų dalis (~69 proc.) teigia, kad amato išmoko mokymo įstaigoje įgydami specialybę arba dalyvaudami įvairiuose mokymuose, kuriuose didelis dėmesys skiriamas saugos ir sveikatos klausimams spręsti ir traumų bei nelaimingų atsitikimų prevencijai. Nepaisant to, šie rezultatai įrodo, kad būtina didinti darbuotojų suvokimą apie darbo vietose esančius rizikos veiksnis, rizikų vertinimo priemones kaip efektyvų būdą išvengti traumų ir sužalojimų. Rekomenduojami tokios informacijos sklaidos kanalai galėtų būti įvairia įranga ir darbo priemonėmis prekiaujančios įmonės, nes ypač savarankiškai ar mėgėjiškai dirbančiųjų tokia informacija kitais kanalais pasiekti negalėtų arba būtų neefektyvi.

## Išvados

1. Tyrimo rezultatai rodo, kad dauguma apklausos dalyvių (~67 proc.) vertina savo darbo aplinką kaip tvarkingą, 84 proc. respondentų teigė, kad jų darbo patalpose yra gaisro gesinimo priemonių, taip pat sukomplektuota pirmosios pagalbos vaistinė (59 proc.).
2. Nustatyta, kad medienos apdirbimo srityje dažniausiai naudojamos asmeninės apsaugos priemonės yra klausos apsauga ir akių apsaugos priemonės, tačiau kvėpavimo takų apsaugos priemones naudoja tik kas trečias apklausos dalyvis.
3. Apklausos rezultatai rodo, kad įvairios rizikos vertinimo priemonės yra žinomos dviem iš trijų tyrime dalyvavusių asmenų, tačiau realiai tokiomis priemonėmis yra naudojęsi ~40 proc. apklausos dalyvių. Pažymėtina, kad informaciją apie darbo saugą ir sveikatą rekomenduojama skleisti per įranga ir darbo priemonėmis prekiaujančias įmones, nes tai – efektyvus būdas pasiekti individualiai ar mėgėjiškai dirbančiuosius šioje srityje.

## Literatūra

1. Becker, T. M., Trinkaus, K. M. and Buckley, D. I. (1996). Tool-related injuries among amateur and professional woodworkers. *J Occup Environ Med*, 38(10), 1032–1035. <https://doi.org/10.1097/00043764-199610000-00014>

2. Drutelienė, G. ir Butkus, R. (2016). Triukšmo ir dulkių medienos gaminių įmonėse tyrimai. Žmogaus ir gamtos sauga 2016: konferencijos straipsnių rinkinys, 9–12. Prieiga per internetą: <https://www.vdu.lt/cris/entities/publication/999d4f9d-2194-4a6e-8e01-59f00e728bdd>
3. International Labour Organization (ILO) (2015). Safety and health at the wood workshop. Prieiga per internetą: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_409788.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_409788.pdf)
4. International Labour Organization (ILO) (2021). Improving occupational safety and health in small and medium-sized enterprises. Prieiga per internetą: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---lab\\_admin/documents/publication/wcms\\_792036.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/publication/wcms_792036.pdf)
5. Lietuvos Respublikos Vyriausybė (2022). Dėl 2022–2030 metų regionų plėtros programos patvirtinimo. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/703fc804fbc511ecbfe9c72e552dd5bd?jfwid=9tq148gd9>
6. Loisel, F., Bonin, S., Jeunet, L., Pauchot, J., Tropet, Y. and Obert, L. (2014). Woodworking injuries: A comparative study of work-related and hobby-related accidents. *Chirurgie de la Main*, 33(5), 325–329. <https://doi.org/10.1016/j.main.2014.06.003>
7. LR valstybinė darbo inspekcija prie LR sveikatos apsaugos ministerijos. 2022 metų ataskaita apie darbuotojų saugos ir sveikatos būklę ir darbo kodekso, darbuotojų saugą ir sveikatą bei darbo santykius reglamentuojančių įstatymų ar kitų norminių teisės aktų vykdymą Lietuvos Respublikos įmonėse. Prieiga per internetą: <https://vdi.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2024/2/U4YxHPcodZY.pdf>
8. Reinhold, K., Järvis, M. and Tint, P. (2015). Practical tool and procedure for workplace risk assessment: Evidence from SMEs in Estonia. *Safety Science*, 71-C, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.09.016>
9. Valstybės duomenų agentūra (2023). Oficialiosios statistikos portalas. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/>

**Skirmantas Jonikas, Gediminas Vasiliauskas**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Safety and Health Management of Private and Hobby Woodworkers**

The aim of this study was to analyze the safety and health conditions of individuals working in the wood processing sector, focusing particularly on those who engage in hobby or self-employed activities. Drawing on literature sources and previous research, it was found that while the wood processing sector plays a significant role in regional economic development, it is also classified as a hazardous activity prone to frequent accidents and injuries. Various risk factors such as noise, dust, machinery safety, and others were assessed for their impact on workers' health and safety. The results indicate that even for amateur practitioners, working conditions and risk factors can have serious implications for worker health. To improve the situation in this field, there is a need to enhance dissemination of information regarding safety measures and equipment maintenance, as well as to promote greater awareness and preparedness among workers for occupational hazards.

Occupational risk, woodworking, self-employed workers, hobby woodworkers.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Skirmantas JONIKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, el. paštas: [skirmantas.jonikas@vdu.lt](mailto:skirmantas.jonikas@vdu.lt)

Skirmantas JONIKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 689 77015, e-mail: [skirmantas.jonikas@vdu.lt](mailto:skirmantas.jonikas@vdu.lt)

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros daktaras. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 689 77015, el. paštas: [gediminas.vasiliauskas@vdu.lt](mailto:gediminas.vasiliauskas@vdu.lt)

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 689 77015, e-mail: [gediminas.vasiliauskas@vdu.lt](mailto:gediminas.vasiliauskas@vdu.lt)

# GRŪDŲ KOKYBĖS UŽTIKRINIMAS ELEVATORIUJE

Audrius Malinauskas<sup>1</sup>, Rasa Čingienė<sup>1</sup>, Aušra Steponavičienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vytauto Didžiojo universitetas, <sup>2</sup> Kauno kolegija

Mikotoksinai – pelėsinų grybų išskirtos medžiagos, galinčios susidaryti grūduose ne tik juos auginant, nuimant jų derlių, bet ir juos sandėliuojant. Labiausiai grūduose paplitę *Aspergillus*, *Penicillium* ir *Fusarium* genčių mikotoksinai. *Aspergillus*, *Penicillium* paprastai aptinkama grūdus džiovinant, vėliau – sandėliuojant, o *Fusarium* – iš karto po derliaus nuėmimo. Mikotoksinų kiekis grūduose – vienas iš grūdų kokybės rodiklių. Mikotoksinai yra atsparūs temperatūrai ir pavojingi gyvulių ir žmonių sveikatai, todėl būtina nuolat įvertinti augalinių žaliavų kokybę pelėsinų grybų metabolitų aspektu ir taikyti mikotoksinų valdymo priemones tiek grūdus auginant, tiek juos sandėliuojant. Viena iš galimų mikotoksinų grūduose mažinimo priemonių – grūdų ozonavimas. Pasak mokslininkų, ozonas išlaiko reikiamą antimikrobinį aktyvumą ir, jį naudojant, nereikia pavojingų medžiagų, jis suyra savaime, o galutinis ozono produktas yra deguonis, kuris praktiškai pašalina šalutinių skilimo produktų susidarymą (Bypak, 2022). Dėl oksidacinio poveikio ozonas gali sumažinti mikrobinį užterštumą ir sunaikinti didžiąją daugumą kenkėjų ar mikroorganizmų. Be to, ozonas yra labai reaktyvus, neprasisverbia ir vėliau gali suirti į netoksišką deguonį, nepalikdamas jokių likučių maisto produktuose po perdirbimo.

Grūdus džiovinant aktyviaja ventilacija, panaudojus 1 250 ppb koncentracijos ozono, grūdų mikologinė tarša sumažėjo, o grūdų džiovinimo metu nenaudojant ozono, grūdų mikologinė tarša išliko nepakitusi –  $3,7 \times 10^3$ . Be to, tyrimais nustatyta, kad grūdų, kuriuos džiovinant buvo panaudotas ozonas, drėgnis mažėjo greičiau: jau po 5 dienų grūdų džiovinimo naudojant ozoną grūdų drėgnis pasiekė  $14,2 \pm 0,3$  %, o nenaudojant ozono – tik  $16,4 \pm 0,4$  %.

Kviečiai, grūdai, mikotoksinai, ozonas.

## Įvadas

Khaneghah'o ir kt. (2020) teigimu, dauguma išsivysčiusių ir besivystančių šalių gyventojų vartoja grūdus ir jų produktus kaip pagrindinį maisto medžiagų ir energijos šaltinį. Grūdų bei jų produktų kokybę nulemia keli veiksniai, pavyzdžiui, fiziniai (drėgmės kiekis, tūrinis tankis, grūdo dydis, grūdo kietumas, stikliškumas, grūdo tankis ir pažeisti grūdai), sanitariniai (grybelinė infekcija, mikotoksinai, vabzdžiai ir erkės bei jų fragmentai, pašalinės medžiagos, kvapas ir dulkės) ir vidiniai veiksniai (malimo išėiga, aliejaus kiekis, baltymų kiekis, krakmolo kiekis ir gyvybingumas). Šioms grūdų kokybės charakteristikoms įtakos turi jų genetinės savybės, auginimo laikotarpis, derliaus nuėmimo laikas, grūdų nuėmimo ir tvarkymo įranga, džiovinimo sistema, sandėliavimo valdymo praktika ir transportavimo procedūros. Dėl gausaus riebalų, baltymų ir mineralinių medžiagų kiekio grūduose susidaro puikios sąlygos augti pelėsiniams grybams (Heshmati et al., 2017; Kyei et al., 2020).

Grūdų užteršimas pelėsiniais grybais iki derliaus nuėmimo ir po derliaus nuėmimo gali nulemti mikotoksinų susidarymą (Agriopoulou et al., 2020). Mikotoksinai – tai grupė nuodingų pelėsių metabolitų, randamų įvairiuose maisto produktuose ir pašaruose. Keletas mikotoksinų, tokių kaip aflatoksinai, ochratoksinas A, fumonizinais, deoksinivalenolis, zearalenonas ir patulinas turi neigiamą poveikį gyvulių ir žmonių sveikatai (Gacem, 2020). Pasak Gambacortos ir kt. (2018), iš daugiau kaip 400 identifikuotų antrinių junginių deoksinivalenolis (DON), ochratoksinas A (OTA), zearalenonas (ZEN) ir aflatoksinai (AFT) yra labiausiai ištirti mikotoksinai, kurie laikomi pavojingais žmonių arba gyvūnų sveikatai. Šiuos antrinius toksiškus metabolitus išskiria kai kurios svarbios grybų gentys, įskaitant *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* ir *Alternaria* (Escrivá et al., 2017; Kagot et al., 2019).

Be ekonominių nuostolių, susijusių su pasėlių ir maisto produktų užterštumu mikotoksinais, mikotoksinai kelia grėsmę žmonių ir gyvūnų sveikatai. Žmonės ir gyvūnai gali būti paveikti mikotoksinų, prariję mikotoksinais užteršto maisto arba pašarų, mikotoksinų įkvėpę arba jiems susilietus su oda (Gacem, 2020).

Visame pasaulyje grūdai ir su jais susiję maisto produktai yra svarbus energijos, mineralinių medžiagų ir vitaminų šaltinis, todėl grūdų užterštumui mikotoksinais skiriamas ypatingas dėmesys dėl žalingo poveikio žmonių sveikatai. Be to, mikotoksinų paplitimas ir koncentracija grūdiniuose maisto produktuose gali būti susiję su kai kuriais veiksniais, pavyzdžiui, fizinėmis ir cheminėmis maisto produktų savybėmis (pH, sudėtimi ir vandens aktyvumu), gamybos procesų valdymu (derliaus nuėmimu, laikymu, perdirbimu) ir oro sąlygomis (drėgme ir temperatūra) (Kamika et al., 2016; Rastegar et al., 2017). Natūraliai toksiški junginiai, pasižymintys maža molekuline mase ir didele bioakumuliacijos geba, mikotoksinai yra termiškai stabilūs (Alshannaq et al., 2017; Rushing et al., 2019). Zorlugencas ir kt. (2008) patvirtino baktericidinį ozono poveikį įvairiems mikroorganizmams, įskaitant gramteigiamas ir gramneigiamas bakterijas, taip pat sporų formas ir vegetatyvines ląsteles. Kaip ir bakterijos, pelėsių rūšys pasižymi skirtingu jautrumu ozonui. Mokslininkų



teigimu, dujinė ozono būsena veiksmingiau sumažina toksinų kiekį nei vandeninė, o ozonuotas vanduo veiksmingiau slopina pelėsių augimą (Zorlugenc et al., 2008).

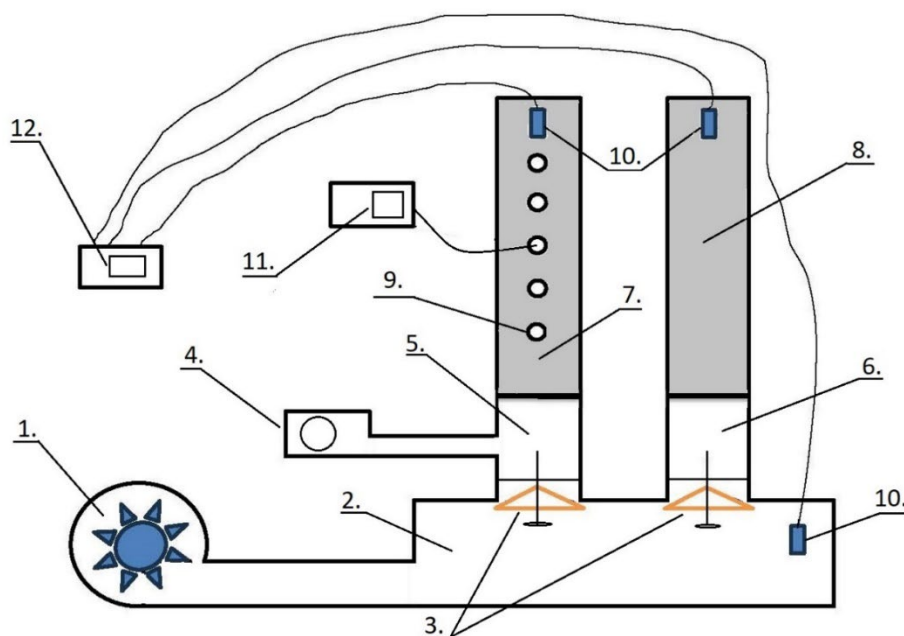
Naudojant ozonavimo technologiją, galima ženkliai sumažinti perdirbamo produkto mikrobiologinį užterštumą, nes reakcijos su organinėmis medžiagomis metu ozonas virsta molekulinio O<sub>2</sub> (Bai, 2021). Taip pat tyrimais nustatyta, kad ozono poveikis priklauso nuo jo koncentracijos naudojimo metu (Jung, 2017).

Mohammad ir kt. (2020) patvirtino, kad ne mažiau reikšmingas veiksnys, turintis didelę įtaką dezinfekcijos laipsniui apdorojant ozonu, yra poveikio laikas. Tyrimo metu nustatyta, kad grūdinių kultūrų apdorojimo ozonu trukmės padidėjimas nuo 15 iki 20 minučių turėjo reikšmingos įtakos salmonelių inaktyvacijos laipsniui.

Tyrimų tikslas – grūdų taršai mikotoksinais mažinti elevatoriuje pritaikyti grūdų ozonavimo technologiją.

## Tyrimų metodika

**Grūdų džiovavimo aktyviaja ventilacija ozono ir oro mišiniu tyrimai.** Tyrimai atlikti 2023 m. rugpjūčio mėnesį Kėdainiuose grūdų elevatoriuje ir grūdų laboratorijoje. Tyrimui naudoti 'Skagen' veislės 2023 m. derliaus žieminiai kviečiai. Grūdai buvo džiovinami aktyviaja ventilacija 8 dienas. Džiovavimo metu vienoje talpoje grūdai buvo ventiliuojami nenaudojant ozono, kitoje talpoje buvo džiovinami ozono ir oro mišiniu (1 pav.).



**1 pav.** Principinė grūdų džiovavimo stendo schema: 1 – ventilatorius; 2 – pastovaus statinio oro slėgio kamera; 3 – sklendės; 4 – ozono generatorius; 5 – ozono ir oro sumaišymo kamera; 6 – oro kamera be ozono; 7 – grūdų talpa, ventiliuojama ozono ir oro mišiniu; 8 – grūdų talpa, ventiliuojama oru be ozono; 9 – ozonui matuoti skirtos angos; 10 – temperatūros ir drėgnio jutikliai; 11 – ozono koncentracijos matuoklis; 12 – temperatūros ir drėgnio matavimo duomenų registratorius

**Fig. 1.** The principle scheme of the grain drying stand: 1 – ventilator; 2 – a chamber of constant static air pressure; 3 – flaps; 4 – ozone generator; 5 – ozone and air mixing chamber; 6 – air chamber without ozone; 7 – the grain container ventilated with a mixture of ozone and air; 8 – the grain container ventilated with air without ozone; 9 – openings for ozone measurement; 10 – temperature and humidity sensors; 11 – ozone concentration meter; 12 – temperature and humidity measurement data recorder

Grūdai buvo ventiliuojami 8 dienas po 4 val. (kasdien nuo 12.00 iki 16.00 val.). Likusiu paros metu grūdų ventiliavimo stendas buvo išjungtas. Ozono koncentracija grūdų sampile (grūdų talpoje, ventiliuojamoje ozono ir oro mišiniu) buvo fiksuojama ozono matuokliu („AHLBORN Ozon-Sonde FY A600-03“).

Ventiliavimo trukmės ir ozonavimo poveikis buvo vertinamas pagal mikromicetų kolonijas sudarančių vienetų (ksv) skaičių. Kasdien iš kiekvieno cilindro apatinės, vidurinės ir viršutinės dalies buvo paimami grūdų ėminiai mikromicetų pradų grūduose skaičiumi ir grūdų drėgnumui nustatyti.

**Mikromicetų pradų skaičiaus nustatymas.** Grūdų užterštumas mikromicetų pradais nustatytas skiedimo metodu. Buvo sumalama po 10 g kiekvieno ėminio grūdų ir skiedžiama 90 ml steriliu vandeniu, tada plakama 10 min. Gauta miltų suspensija po 0,1 ml sėjama į Petri lėkštes su agarizuotomis terpėmis. Mikromicetų

pradais labai užterštų grūdų miltų suspensija skiedžiama papildomai dar 10 kartų. Po 3, 5 ir 7 parų užaugusios mikromicetų kolonijos skaičiuojamos ir gryninamos persėjant ant 3 standartinių agarizuotų terpių: salyklo, Čapeko ir kukurūzų ekstrakto. Lėkštelės su grūdais buvo laikomos termostate  $26 \pm 2$  °C temperatūroje. Kiekybinė grūdų tarša mikromicetų pradais nustatyta skiedimo metodu, vėliau perskaiciuota į viename grūdų grame mikromicetų koloniją sudarančių vienetų skaičių ( $\text{ksv} \cdot \text{g}^{-1}$ ) (Lugauskas et al., 2002).

**Grūdų drėgnio nustatymas.** Grūdų drėgnis buvo nustatomas pagal sausą likutį, iš grūdų visiškai išgarinus vandenį. Iš gerai išmaišyto ėminio grūdai supilstomi į specialius svėrimo indelius, kurie prieš tai pasveriami. Svarstyklėmis nustačius paruoštų mėginių masę  $m_i^d$ , jie sudedami į džiovinimo spintą. Džiovinama  $105$  °C temperatūroje, kol svėrimo indelių su grūdais masė tampa pastovi. Nustačius indelių masę su sausais grūdais  $m_i^s$ , apskaičiuojamas išgarintas vandens kiekis  $m_v$ :

$$m_v = m_i^d - m_i^s, \quad (1)$$

čia  $m_v$  – džiovinimo metu iš grūdų išgarintas vandens kiekis, g;  
 $m_i^d$  – svėrimo indelio su drėgnais grūdais masė, g;  
 $m_i^s$  – svėrimo indelio su sausais grūdais masė, g.

Tuomet grūdų drėgnis  $w$  (%) apskaičiuojamas pagal 2 formulę:

$$w = \frac{m_v}{m_i^d - m_i^s} \times 100, \quad (2)$$

čia  $m_i$  – tuščio svėrimo indelio masė, g.

Tyrimai atlikti trimis pakartojimais, ir apskaičiuotas aritmetinio vidurkio standartinis nuokrypis.

## Rezultatai ir aptarimas

Grūdai buvo džiovinami aktyviaja ventilacija ir per 8 dienas pasiekė  $14,2 \pm 0,2 \div 14,3 \pm 0,2$  % drėgnį, o mikromicetų pradų skaičius sumažėjo (nuo  $3,7 \times 10^3$  iki  $2,3 \times 10^3$   $\text{ksv} \cdot \text{g}^{-1}$ ) tik grūduose, kurie džiovinant buvo paveikti ozonu – 1 250 ppb koncentracijos (1 lentelė).

**1 lentelė.** Grūdų taršos mikromicetais kitimas grūdų džiovinimo metu naudojant ozoną

*Table 1. Variation of grain contamination with micromycetes during grain drying using ozone*

Ėminio paėmimo vieta (data)	Kviečių džiovinimas be ozono		Kviečių džiovinimas naudojant ozoną	
	Mikromicetų pradų skaičius $M$ , $\text{ksv} \cdot \text{g}^{-1}$	Grūdų drėgnis $w$ , %	Mikromicetų pradų skaičius $M$ , $\text{ksv} \cdot \text{g}^{-1}$	Grūdų drėgnis $w$ , %
Iš transporto priemonės prieš džiovinimą (2023-08-12)	$3,7 \times 10^3$	$19,4 \pm 0,5$	$3,7 \times 10^3$	$19,4 \pm 0,5$
Iš grūdų talpyklos džiovinimo metu (2023-08-13)	$3,7 \times 10^3$	$19,4 \pm 0,5$	$3,7 \times 10^3$	$19,4 \pm 0,5$
Iš grūdų talpyklos džiovinimo metu (2023-08-14)	$3,8 \times 10^3$	$18,9 \pm 0,3$	$2,9 \times 10^3$	$18,1 \pm 0,2$
Iš grūdų talpyklos džiovinimo metu (2023-08-15)	$3,7 \times 10^3$	$18,5 \pm 0,3$	$2,9 \times 10^3$	$17,3 \pm 0,2$
Iš grūdų talpyklos džiovinimo metu (2023-08-16)	$3,7 \times 10^3$	$17,7 \pm 0,3$	$2,7 \times 10^3$	$15,5 \pm 0,3$
Iš grūdų talpyklos džiovinimo metu (2023-08-17)	$3,8 \times 10^3$	$16,4 \pm 0,4$	$2,5 \times 10^3$	$14,2 \pm 0,3$
Iš grūdų talpyklos džiovinimo metu (2023-08-18)	$3,7 \times 10^3$	$15,3 \pm 0,2$	$2,6 \times 10^3$	$14,6 \pm 0,2$
Iš grūdų talpyklos džiovinimo metu (2023-08-19)	$3,7 \times 10^3$	$14,2 \pm 0,2$	$2,3 \times 10^3$	$14,3 \pm 0,2$

Taigi, galima teigti, kad, grūdų džiovinimo metu panaudojus 1 250 ppb koncentracijos ozono, grūdų mikologinė tarša sumažėjo, o grūdų džiovinimo metu nenaudojant ozono, grūdų mikologinė tarša išliko nepakitusi –  $3,7 \times 10^3$ . Be to, tyrimais nustatyta, kad grūdų, kuriuos džiovinant buvo panaudotas ozonas, drėgnis mažėjo greičiau: jau po 5 dienų grūdų džiovinimo aktyviaja ventilacija panaudojant ozoną grūdų drėgnis sumažėjo nuo  $19,4 \pm 0,5$  % iki  $14,2 \pm 0,3$  %, o nenaudojant ozono – nuo  $19,4 \pm 0,5$  % iki  $16,4 \pm 0,4$  %.

## Išvados

1. Mokslininkų teigimu, viena iš galimų mikotoksinų grūduose mažinimo priemonių – grūdų ozonavimas. Ozonas išlaiko reikiamą antimikrobinį aktyvumą ir, jį naudojant, nereikia pavojingų medžiagų, ozonas suyra savaime, o galutinis jo produktas yra deguonis, kuris praktiškai pašalina šalutinių skilimo produktų susidarymą.
2. Grūdų džiovinimo metu panaudojus 1 250 ppb koncentracijos ozono, grūdų mikologinė tarša sumažėjo (nuo  $3,7 \times 10^3$  iki  $2,3 \times 10^3$  ksv·g<sup>-1</sup>), o grūdų džiovinimo metu nenaudojant ozono, grūdų mikologinė tarša išliko nepakitusi –  $3,7 \times 10^3$ . Viena iš galimų mikotoksinų grūduose mažinimo priemonių – grūdų ozonavimas.
3. Grūdų, kuriuos džiovinant buvo panaudotas ozonas, drėgnis mažėjo greičiau. Jau po 5 dienų grūdų džiovinimo aktyviaja ventiliacija naudojant ozoną grūdų drėgnis sumažėjo nuo 19,4±0,5 % iki 14,2±0,3 %, o nenaudojant ozono – nuo 19,4±0,5 % iki 16,4±0,4 %.

## Literatūra

1. Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E. and Varzakas, T. (2020). Advances in occurrence, importance, and mycotoxin control strategies: Prevention and detoxification in foods. *Foods*, 9(2), 137–184.
2. Alshannaq, A. and Yu, J. H. (2017). Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(6), 632–651.
3. Bai, Y. P. and Zhou, H. M. (2021). Impact of aqueous ozone mixing on microbiological, quality and physicochemical characteristics of semi-dried buckwheat noodles. *Food Chemistry*, 336, 127–709.
4. Escrivá, L., Oueslati, S., Font, G. and Manyes, L. (2017). *Alternaria* mycotoxins in food and feed: An overview. *Journal of Food Quality*, 1569748, 20.
5. Gambacorta, L., Magistà, D., Perrone, G., Murgolo, S., Logrieco, A. F. and Solfrizzo, M. (2018). Co-occurrence of toxigenic moulds, aflatoxins, ochratoxin A, *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins in fresh sweet peppers (*Capsicum annuum*) and their processed products. *World Mycotoxin Journal*, 11(1), 159–174.
6. Gacem, M. A., Gacem, H., Telli, A. and Khelil, A. O. E. H. (2020). Mycotoxins: Decontamination and nanocontrol methods. In: Rai, M. and Abd-Elsalam, K. A. (Eds.). *Nanomycotoxicology*, pp. 189–216. Cambridge, MA: Academic Press.
7. Heshmati, A., Zohrevand, T., Khaneghah, A. M., Mozaffari Nejad, A. S. and Sant'Ana, A. S. (2017). Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in dried fruits in Iran: Dietary exposure risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 106, 202–208.
8. Yasothai, R. (2020). Factors affecting grain quality: A review. *India International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(9).
9. Jung, Y. A., Hong, E., Kwon, M. and Kang, J. W. (2017). Kinetic study of ozone decay and bromine formation in saltwater ozonation: Effect of O<sub>3</sub> dose, salinity, pH, and temperature. *Chemical Engineering Journal*, 312, 30–38.
10. Kagot, V., Okoth, S., De Boevre, M. and De Saeger, S. (2019). Biocontrol of *Aspergillus* and *Fusarium* mycotoxins in Africa: Benefits and limitations. *Toxins*, 11(2), 109–117.
11. Kamika, I., Ngbolua, K. T. N. and Tekere, M. (2016). Occurrence of aflatoxin contamination in maize throughout the supply chain in the Democratic Republic of Congo. *Food Control*, 69, 292–296.
12. Khaneghah, A. M., Farhadi, A., Nematollahi, A., Vasseghian, Y. and Fakhri, Y. (2020). A systematic review and meta-analysis to investigate the concentration and prevalence of trichothecenes in the cereal-based food. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 193–202.
13. Kyei, N. N. A., Boakye, D. and Gabrysch, S. (2020). Maternal mycotoxin exposure and adverse pregnancy outcomes: A systematic review. *Mycotoxin Research*, 36(2), 243–255.
14. Lugauskas, A., Paškevičius, A. ir Repečkienė, J. A. (2002). Patogeniški ir toksiški mikroorganizmai žmogaus aplinkoje. Vilnius: Aldorija, p. 434.
15. Mohammad, Z., Kalbasi-Ashtari, A., Riskowski, G., Juneja, V. and Castilo, A. (2020). Inactivation of *Salmonella* and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) from the surface of alfalfa seeds and sprouts by combined antimicrobial treatments using ozone and electrolyzed water. *Food Research International*, 136, 88–109.
16. Rastegar, H., Shoeibi, S., Yazdanpanah, H., et al. (2017). Removal of aflatoxin B1 by roasting with lemon juice and/or citric acid in contaminated pistachio nuts. *Food Control*, 71, 279–284.
17. Rushing, B. R. and Selim, M. I. (2019). Aflatoxin B1: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food and Chemical Toxicology*, 124, 81–100.

18. Zorlugenc, B., Zorlugenc, F. K., Oztekin, S. and Evliya I. B. (2008). The influence of gaseous ozone and ozonated water on microbial flora and degradation of aflatoxin B(1) in dried figs. *Food Chem Toxicol.*, 46(12), 3593–3607.
19. Бурак, Л. Ч. (2022). Использование озоновой технологии в пищевой промышленности = Using ozone technology in the food industry. Минск: Строй Медиа Проект, p. 144.

**Audrius Malinauskas<sup>1</sup>, Rasa Čingienė<sup>1</sup>, Aušra Steponavičienė<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Vytautas Magnus University, Lithuania; <sup>2</sup>Kaunas College, Lithuania

### **Grain Quality Assurance in the Elevator**

Mycotoxins are temperature-resistant and hazardous to animal and human health, so it is essential to continuously assess the quality of plant materials for mould metabolites and to apply mycotoxin management measures both during the production and storage of grain. One of the possible measures to reduce mycotoxins in grains is ozonation. Ozone can reduce microbial contamination and kill the vast majority of pests or micro-organisms due to its oxidative effect. In addition, ozone is highly reactive, non-penetrating and can subsequently decompose into non-toxic oxygen, leaving no residue in the food product after processing. During grain drying with active ventilation at an ozone concentration of 1250 ppb, the mycological contamination of the grain was reduced, while during grain drying without ozone, the mycological contamination of the grain was unchanged at  $3,7 \times 10^3$ . In addition, the studies showed that the moisture content of the grains dried with ozone decreased more rapidly, reaching a moisture content of  $14,2 \pm 0,3$  % after only 5 days of drying with ozone and only  $16,4 \pm 0,4$  % without ozone.

Wheat, grains, mycotoxins, ozone.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Audrius MALINAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 675 83134 el. paštas: [audrius.malinauskas@vdu.lt](mailto:audrius.malinauskas@vdu.lt)

Audrius MALINAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 675 83134, e-mail: [audrius.malinauskas@vdu.lt](mailto:audrius.malinauskas@vdu.lt)

Rasa ČINGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 682 22874, el. paštas: [rasa.cingiene@vdu.lt](mailto:rasa.cingiene@vdu.lt)

Rasa ČINGIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 68 222874, e-mail: [rasa.cingiene@vdu.lt](mailto:rasa.cingiene@vdu.lt)

Aušra STEPONAVIČIENĖ. Kauno kolegijos Technologijų fakulteto Maisto ir agrotechnologijų katedros technologijos mokslų daktarė, docentė. Adresas: Pramonės pr. 20, LT-50468 Kaunas. Tel.: +370 675 47564, el. paštas: [ausra.steponaviciene@go.kauko.lt](mailto:ausra.steponaviciene@go.kauko.lt)

Aušra STEPONAVIČIENĖ. Kaunas College, Faculty of Technology, Department of Food and Agrotechnologies, assoc. prof. Address: Pramonės pr. 20, LT-50468 Kaunas. Phone: +370 675 47564, e-mail: [ausra.steponaviciene@go.kauko.lt](mailto:ausra.steponaviciene@go.kauko.lt)

# TECHNOLOGINIŲ PROCESŲ GALVIJŲ TVARTUOSE TRIUKŠMO TYRIMAS

**Agnė Rakauskienė, Gediminas Vasiliauskas, Lina Saldukaitė-Sribikė**

Vytauto Didžiojo universitetas

Aplinkos triukšmo tarša yra viena opiausių aplinkosaugos problemų, kuri turi įtakos tiek žmonių, tiek gyvūnų sveikatai bei gerovei. Triukšmo problema reikšminga ne tik urbanizuotose teritorijose, bet ir kaimiškose vietovėse, kuriose triukšmo taršą gali kelti gamybos įmonės, žemės ūkio objektai ar kita ūkinė veikla. Siekiant įvertinti triukšmo poveikį gyventojams, planuojamoms naujoms ūkinėms veikloms yra privalomos poveikio aplinkai vertinimo procedūros, kurių metu nustatoma galima tarša ir taršos mažinimo strategijos. Atlikus informacijos šaltinių ir poveikio aplinkai vertinimo ataskaitų analizę, įsitikinta, kad pasigendama triukšmo tyrimų jau įgyvendintuose žemės ūkio objektuose, nes ši informacija būtų itin naudinga išsamiau vertinant planuojamų objektų triukšmo taršą. Šiame tyrime atlikti triukšmo lygio matavimai vykdant technologinius procesus gyvulininkystėje. Nustatyta, kad triukšmingiausias procesas yra pašarų dalinimas, kurio metu triukšmo lygis gali siekti 96 dB(A), o triukšmo lygis tvartuose varijuoja ir gali siekti iki 77 dB(A) karvių tvarte ir iki 82 dB(A) veršelių tvarte.

Triukšmo tarša, poveikio aplinkai vertinimas, triukšmas, technologiniai procesai, gyvulininkystė.

## Įvadas

Aplinkos triukšmas yra viena iš taršos rūšių, keliančių stresą bei susierzinimą gyvenantiems triukšmingose zonose. Nors aplinkos triukšmo paplitimo mastas yra mažesnis nei, pavyzdžiui, oro taršos, dėl kurios nustatoma daug daugiau ankstyvų mirčių, nustatyta, kad triukšmas turi didesnę poveikį rodikliams, susijusiems su gyvenimo kokybe ir psichine sveikata. Remiantis Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) išvadomis, triukšmas yra antra pagal dydį aplinkos sveikatos problemų priežastis, einanti iš karto po oro taršos kietosiomis dalelėmis (European Environment Agency, 2020).

Nuo 1 iki 4 proc. išsivysčiusių šalių gyventojų yra veikiami pavojingo aplinkos triukšmo lygio, tai reiškia, kad triukšmo kontrolė nėra efektyvi. Nustatyta, kad dėl šios priežasties dauguma tokiose teritorijose gyvenančių žmonių jaučia didesnę jautrumą, galvos svaigimą, patiria kraujotakos, psichikos, mitybos ir kitų sutrikimų, kurie turi įtakos bendrai žmogaus savijautai (Rabin et al., 2003; Fazeli, 2018).

Pramonės triukšmo problema yra susijusi ne tik su tokių objektų triukšmo tarša, sklindančia į aplinką, tačiau neišvengiamai ir su darbuotojų, dirbančių tokioje aplinkoje, triukšmo ekspozicija. Dėl šios priežasties ypač svarbu mažinti triukšmo kilimą triukšmo šaltinyje ir taip pasiekti dvigubą naudą apsaugant tiek darbuotojus, tiek gyventojus (Bozkurt, 2021). Triukšmo darbo vietose problematiką rodo, pavyzdžiui, Australijoje atlikti triukšmo matavimai 42 ūkiuose, kurie užsiima tiek gyvulininkyste, tiek augalininkyste: paaiškėjo, kad 32 proc. darbuotojų 8 valandų darbo laiką veikia aukštesnis negu 85 dB(A) triukšmas (Mead-Hunter, 2019). Panašius rezultatus, susijusius su triukšmo poveikiu darbo vietose ir triukšmo ekspozicija bei doze, nustatė ir Saldukaitė bei Vasiliauskas (2016).

Mokslininkai (Hasan, Jamal, 2021) analizavo nuolatinio ir staigaus triukšmo poveikį gyvūnams ir nustatė, kad toks triukšmas turi įtakos didesnei hormonų gamybai, širdies susitraukimų dažniui, produktyvumo sumažėjimui. Jeigu triukšmo lygis viršija 70 dB, triukšmas daro žalą ne tik galvijų gerovei, bet ir karvių produktyvumui, o tai susiję su didesniu somatinių ląstelių skaičiumi piene (Nosal et al., 2004). Mokslininkai teigia, kad per didelis triukšmas gali paveikti ūkio gyvūnų sveikatą ir elgesį (Weeks, 2008; Laurijs et al., 2021; Olczak et al., 2023).

Nors įprasta žemės ūkio gamybą sieti su atokiomis vietovėmis, šalia kurių nėra gyvenamosios paskirties teritorijų, neretai vykdant įvairias ūkines veiklas neišvengiama tam tikra infrastruktūra: pastatai, įranga, technologiniai procesai, privažiuoti leidžiančios gatvės, keliai ir pan., dėl kurių gali atsirasti tam tikras neigiamas poveikis. Reinvee ir kt. (2013) tyrimo Estijoje metu nustatyta, kad pirminio žemės ūkio produktų apdirbimo vietos, kurios sukelia triukšmo taršą, dažnai yra sutelktos arti žmonių gyvenamųjų teritorijų, šiose veiklose naudojami įrenginiai kartais skleidžia dideles triukšmo emisijas į aplinką. Dėl šios priežasties svarbi tiek jau veikiančių objektų triukšmo kontrolė, tiek planuojamų objektų triukšmo prevencijos klausimai. Ypač svarbu ne tik matuoti triukšmą šalia triukšmingų objektų, bet ir nuolat rinkti bei atnaujinti duomenis, kurie gali leisti prognozuoti triukšmą modeliuojant planuojamų objektų taršą. Durán del Amor ir kt. (2022) tyrime nustatyta, kad triukšmo prognozės pasitelkus išsamią informaciją apie triukšmo šaltinius ir atliekant simuliaciją yra labai tikslios, o prognozių paklaidos gali siekti vos 2,9 proc. Tai rodo, kad ypač aktuali

informacija apie jau esamų objektų triukšmo šaltinius, kuri gali būti naudojama vėliau kaip įvesties duomenys planuojamų objektų triukšmo taršai prognozuoti galimai didesniu tikslumu.

Lietuvoje planuojamos ūkinės veiklos fizikinė tarša, galinti daryti poveikį, privalo būti įvertinta pagal poveikio aplinkai vertinimo teisės aktų reikalavimus. Pavyzdžiui, poveikio aplinkai vertinimo tvarkos apraše (2017) yra numatyta, kad poveikio visuomenės sveikatai vertinimas atliekamas vadovaujantis Lietuvos higienos norma HN 33:2011 arba pagal lygiaverčius Lietuvos standartus, kitoje vykdomoje ūkinėje veikloje atlikus jau naudojamų ekvivalentiškų stacionarių triukšmo šaltinių garso slėgio lygio ar garso intensyvumo matavimus garso galingumui apskaičiuoti ar triukšmo emisijai nustatyti. Kadangi atliekant įvairių veiklų triukšmo vertinimą, įskaitant gyvulininkystės objektus, sudėtinga surasti informacijos apie jau įgyvendintus ūkio objektus (ekvivalentiškas veiklas) ir juose kylantį triukšmą, tikslinga surinkti tokią informaciją, kuri leistų tiksliau prognozuoti gyvulininkystės ūkiuose vykstančių technologinių procesų triukšmą.

Darbo tikslas – atlikti galvijų tvartuose vykstančių technologinių procesų triukšmo matavimus ir surinkti informaciją apie ten esančius triukšmo lygius.

## Tyrimų metodika

Matavimai buvo atlikti 2023 m. žemės ūkio bendrovėje technologinių procesų galvijų tvartuose metu. Šiuose tvartuose besaičio laikymo būdu laikoma po ~580 melžiamų karvių. Tvartai pastatyti 2016 m., yra naujos konstrukcijos, šalto tipo su ventiliacinėmis užuolaidomis pastato sienose ir ventiliacine anga pastato stoge. Tvarto išorinės sienos iš monolito ir plytų mūro su apšiltinimu. Sienų storis – atitinkamai 300 mm, 400 mm ir 420 mm. Tvartų ilgis – 90 m, plotis – 45 m, aukštis – 7,85 m. Kiekvienas tvartas suskirstytas į keturis ketvirčius, viduryje – šėrimo takas ir pakeliamas tiltas. Mėšlui iš karvių tvarto pašalinti naudojami skreperiai.

Analizuojamo žemės ūkio objekto technologinių procesų keliamo triukšmo galvijų tvartuose matavimai buvo atlikti įvairiose matavimo vietose ir vyko, kaip aprašoma toliau.

1. *Tvartų foninis (gyvūnų) triukšmas.* Triukšmo lygis matuotas tvartuose:

1.1. *Melžiamų karvių tvartas.* Laikomų karvių skaičius šiame tvarte kinta, laikoma apie 300 karvių. Bendras pastato ilgis yra 70 m, plotis – 45 m, aukštis – 8 m. Triukšmas buvo matuojamas šėrimo take trijuose matavimo taškuose tvarto priekyje, viduryje ir gale. Mėšlas iš tvarto šalinamas skreperiu. Matavimo metu jokių kitų technologinių procesų nevyko. Tvarto išorinės sienos mūro plytų, durys segmentinės, stogas dvišlaitis, dengtas šiferio lakštais, tvarto šonuose – plastikiniai langai.

1.2. *Sėklinamų karvių tvartas.* Pastato sienos monolitinės, stogas dvišlaitis, dengtas profiliuotais skardos lakštais. Stoge įrengtas skaidrus, ventiliuojamas stoglangis su tinklu nuo paukščių. Durys segmentinės, pakeliamos ir varstomos, o angos pastato šonuose uždengtos pakeliamomis ventiliacinėmis užuolaidomis. Matavimai šiame tvarte atlikti šėrimo take trijuose taškuose – priekyje, viduryje ir gale. Atliekant triukšmo matavimus taip pat visą laiką veikė skreperis.

1.3. *Karvių veršiamosios tvartas.* Tvarto fiziniai rodikliai tokie pat kaip ir melžiamų karvių tvarto, laikoma apie 250 karvių. Ką tik gimę veršeliai šiame tvarte praleidžia pirmas 3 val. Matavimo taškai analogiški melžiamų karvių tvartui.

1.4. *Veršelių tvartas.* Veršelių tvartas arkinis, lengvų konstrukcijų. Ilgis – apie 32 m, plotis – apie 15 m, aukštis – apie 4 m. Tvarto šoninėse sienose įrengtos saulės šviesą praleidžiančios plokštės. Šiame tvarte jokie technologiniai procesai nevyksta, naudojamas žmogaus rankų darbas. Veršeliai šiame tvarte laikomi nuo 0 iki 6 mėn. garduose, kuriuose yra pastatyti nameliai. Kreikiama šiaudais.

2. *Melžimo aikštelės patalpa* (įrengta 40 vietų, karuselinė GEA melžimo aikštelė „Auto-Rotor“). Melžimo aikštelėje du kartus per dieną melžiama 770 karvių, bendra melžimo technologinės operacijos trukmė – apie 5,5 val., melžimo metu triukšmo matavimai vykdyti stovint melžimo patalpos centre (karuselės viduryje). Toje pačioje vietoje buvo atliekami ir triukšmo lygio matavimai melžimo įrangos plovimo metu, kai nei laukimo patalpoje, nei melžimo patalpoje galvijų nebebuvo.

3. *Pieno šaldymo įrenginio ir vakuumo siurblio patalpos.* Matavimai atlikti 0,5 m atstumu nuo įrenginių, triukšmomačio mikrofoną nukreipus į triukšmo šaltinius.

4. *Poilsio patalpa.* Triukšmo matavimai atlikti šios patalpos centre.

5. *Pašarų dalijimas:*

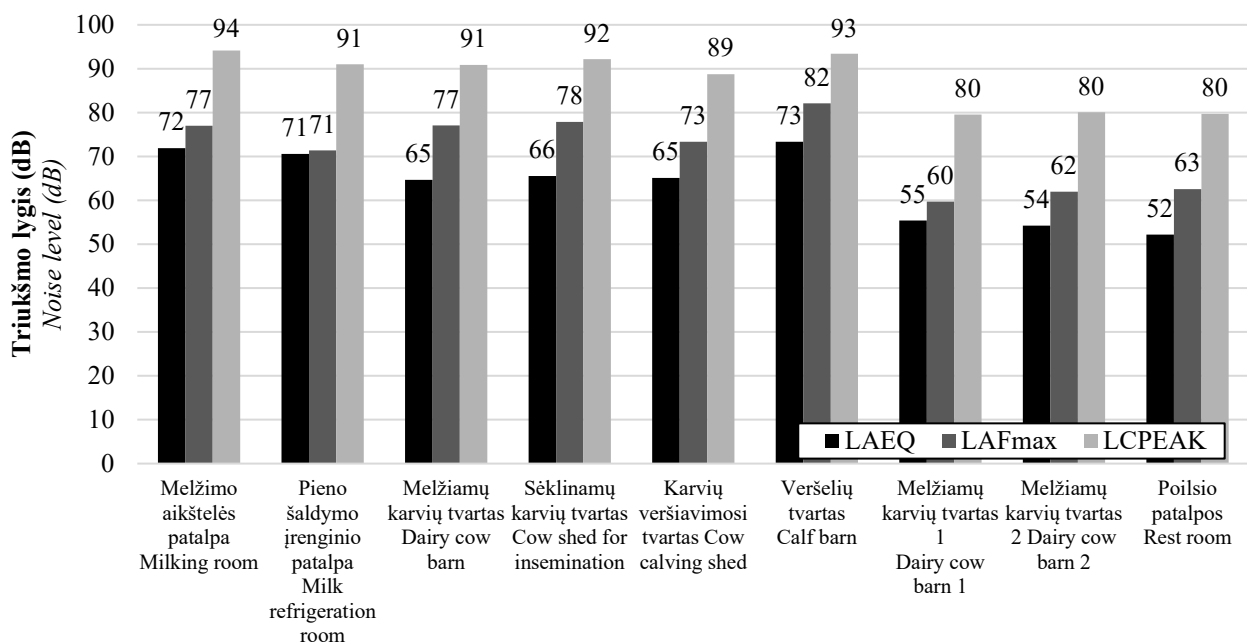
5.1. *Pašarų dalijimas dalytuvu „Triolet“ (agregatuojamas su 120 AG traktoriumi).* Dalijant pašarus triukšmas buvo matuojamas šėrimo take vykstant karvių šėrimo procesui, triukšmomačio mikrofoną nukreipus į triukšmo šaltinį, laikantis 0,5 atstumo nuo pašarų dalytuvo judėjimo šėrimo taku trajektorijos.

5.2. Pašarų dalijimas teleskopiniu krautuvu „Manitou“. Krautuvu atvežami pašarai, kuriuos darbuotojai rankiniu būdu išdalija veršeliams. Matuota dalijant pašarus trijose tvarto vietose: tvarto priekyje, viduryje ir gale, triukšmomačio mikrofoną nukreipus į triukšmo šaltinį, laikantis 0,5 m atstumo.

Triukšmas tyrime buvo matuojamas nešiojamuoju garso slėgio matuokliu-analizatoriumi „Brüel & Kjaer 2250“, kuris yra pirmos tikslumo klasės matuoklis, atitinkantis garso lygio matuoklių standartą IEC 61672-1, taip pat ankstesnius standartus IEC 60651 ir IEC 60804. Matavimai buvo atliekami nuo pastato sienų išlaikant mažiausiai 1 m atstumą, prietaisas buvo laikomas 1,5 m aukštyje nuo žemės paviršiaus, o nuo matuojančio asmens – ne mažesniu kaip 0,5 m atstumu. Prietaiso mikrofonas buvo nukreiptas į triukšmo šaltinio pusę, matavimo principai aprašyti laikantis standarto ISO 1996 reikalavimų. Kadangi triukšmo matavimai buvo atliekami patalpose, meteorologinės sąlygos atitiko reikalavimus. Matavimų metu buvo fiksuojamas ekvivalentinis A – svartinis garso slėgio lygis  $L_{A,eq}$ , maksimalus garso slėgio lygis  $L_{AFmax}$  ir didžiausias akimirkinis garso slėgis  $L_{Cpeak}$ . Atsitiktinės matavimų paklaidos buvo mažinamos atliekant tris matavimų pakartojimus, gauti rezultatai pateikiami kaip matavimo rezultatų vidutinė vertė.

## Rezultatai ir aptarimas

Atlikus triukšmo lygio matavimus nustatyta, kad triukšmo lygis gyvulininkystės tvartų viduje ir skirtinguose tvartuose, kuriuose laikomi atitinkamai veršeliai, melžiamos karvės, sėklinamos karvės ir kt., ženkliai skiriasi. Paaikškėjo, kad didžiausias triukšmo lygis yra veršelių tvartuose, kuriuose ekvivalentinis  $L_{A,eq}$  triukšmo lygis gali siekti 73 dB(A), o maksimalus  $L_{AFmax}$  gali siekti net 82 dB(A). Atitinkamai melžiamų karvių tvarte ekvivalentinis triukšmo lygis siekė 65 dB(A), o maksimalus – 75 dB(A). Šie rezultatai rodo, kad, atliekant triukšmo sklaidos iš tokių tvartų skaičiavimus, svarbu įvertinti, kokie galvijai šiuose tvartuose bus laikomi, nes tvartų, kuriuose laikomi veršeliai ir karvės, vidaus triukšmo lygio skirtumas gali siekti net 8 dB(A). Triukšmo tvartų patalpose lygio rezultatai pateikiami 1 pav.

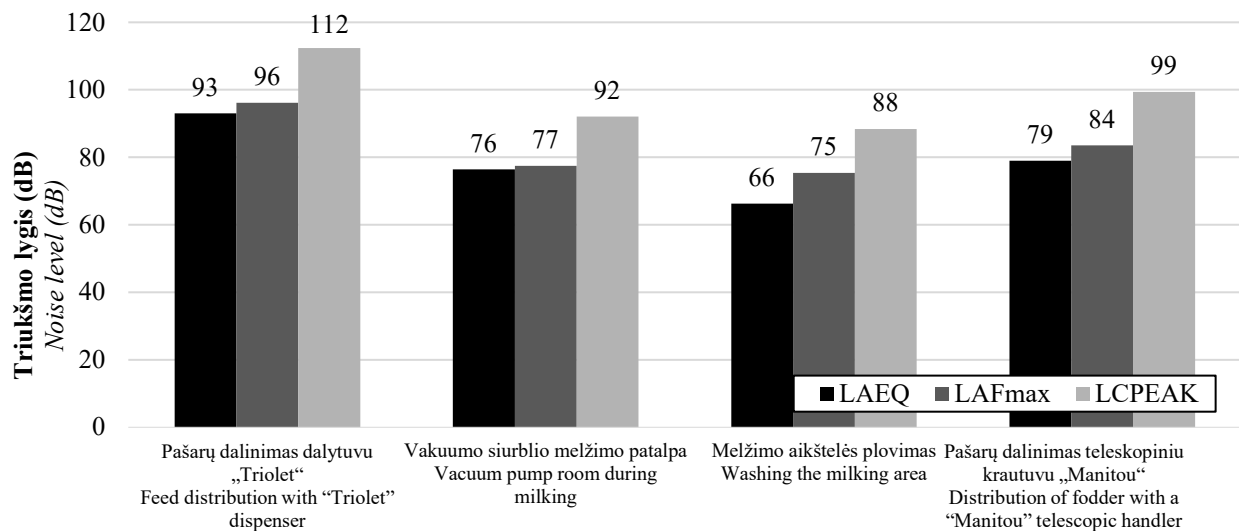


1 pav. Triukšmo matavimo tvartuose ir jų vidaus patalpose rezultatai

Fig. 1. Noise measurement results in cattle barns and their premises

Iš gautų rezultatų taip pat matoma, kad reikšmingesnio triukšmo esama ir melžimo aikštelės patalpoje, kurioje maksimalus triukšmo lygis gali siekti 77 dB(A), o melžiamų, sėklinamų ir besiveršiuojančių karvių tvartuose triukšmo lygis yra panašus ir siekia ~65 dB(A). Taip pat nustatyta, kad pikinio triukšmo įvykių galvijų tvartų patalpose nėra, pikinis triukšmo lygis visais atvejais nesiekia 95 dB(A).

2 paveiksle pateikiami tvartų įrangos keliamo triukšmo tyrimo rezultatai. Nustatyta, kad triukšmo lygis gali būti labai skirtingas ir yra didžiausias, kai naudojama mobili įranga. Nustatyta, kad didžiausias triukšmo lygis fiksuojamas 120 AG traktoriaus ir pašarų dalytuvo „Triolet“ judėjimo tvarte metu, o šio proceso triukšmas  $L_{AFMAX}$  gali siekti 96 dB(A). Kiek mažesni rodikliai gauti pristatant pašarus krautuvu „Manitou“ – maksimalus triukšmo lygis siekė 84 dB(A). Gauti rezultatai rodo, kad tvartuose kai kada gali būti viršijama ir 70 dB(A) triukšmo lygio vertė, dėl kurios gali mažėti gyvūnų produktyvumas, prastėti gerovės sąlygos (Nosál, Bilgery, 2004).



**2 pav.** Technologinių procesų galvijų tvartuose triukšmo matavimo rezultatai

**Fig. 2.** Noise measurement results of technological processes in cattle barns

Gauti rezultatai rodo, kad, vertinant vidaus triukšmą skirtingos paskirties tvartuose ar atskirose tvartų dalyse, triukšmo lygis gali skirtis net iki 19 dB(A), todėl, prognozuojant dar tik planuojamų panašių objektų triukšmą, sklisančio į aplinką, lygį, svarbu tinkamai įvertinti atskiras tvartų dalis, taip pat įvairių mobilių šaltinių judėjimą tvartuose, nes tik tikslūs atskirų technologinių operacijų triukšmo lygiai gali nulemti triukšmo prognozių tikslumą, kaip pateikiama Durán del Amor ir kt. (2022) tyrime.

## Išvados

1. Nustatyta, kad galvijų tvartuose triukšmo lygis gali ženkliai skirtis, priklausomai nuo to, kokie gyvūnai ten laikomi, t. y. karvių tvartuose ekvivalentinis triukšmo lygis gali siekti 65 dB(A), o veršelių tvartuose – 73 dB(A) lygį.
2. Tyrimų rezultatai rodo, kad trumpalaikių technologinių operacijų metu, kai naudojama mobili įranga (pašarų dalytuvas agregatuojamas su traktoriumi), triukšmo ekvivalentinis lygis gali siekti 93 dB(A), o atitinkamai melžimo aikštelės patalpoje – 72 dB(A), vakuumo siurblio patalpoje – 76 dB(A).
3. Gauti rezultatai gali būti tikslingai panaudoti atliekant analogiškų objektų poveikio aplinkai vertinimą, nes nustatyta, kad patalpų vidaus triukšmas gali būti labai įvairus, o tai ypač svarbu, jei projektuojami, pavyzdžiui, atviro tipo tvartai.

## Literatūra

1. Bozkurt, T. S. (2021). Preparation of industrial noise mapping and improvement of environmental quality. *Curr Pollution Rep*, 7, 325–343.
2. Durán del Amor, M. del M., Caracena, A. B., Llorens, M. and Esquembre, M. L. F. (2022). Tools for evaluation and prediction of industrial noise sources. Application to a wastewater treatment plant. *Journal of Environmental Management*, 319, 115725.
3. European Environment Agency (2020). Environmental noise in Europe. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
4. Fazeli, N. K. (2018). The effects of Metropolis noise pollution on human health and effective strategies to control and reduce it. Second National Conference on Modern Research in Agricultural, Environmental and Natural Resources Engineering, Jun 2018, Karaj, Iran, p. 3.
5. Hasan, S. W. and Jamal, M. A. (2021). Noise pollution, effect of noise on behaviour of animals and human health. *Texas Journal of Medical Science*, 1(1), 71–75.
6. Įsakymas „Dėl planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo tvarkos aprašo patvirtinimo“ (2017). Nr. D1-885.
7. Laurijs, K. A., Briefer, E. F., Reimert, I. and Webb, L. E. (2021). Vocalisations in farm animals: A step towards positive welfare assessment. *Applied Animal Behaviour Science*, 236.
8. Mead-Hunter, R., Selvey, L. A., Rumchev, K. B., Netto, K. J. and Mullins, B. J. (2019). Noise exposure on mixed grain and livestock farms in Western Australia. *Annals of Work Exposures and Health*, 63(3), 305–315.



9. Nosal, D. and Bilgery, E. (2004). Airborne noise, structure-borne sound (vibration) and vacuum stability of milking systems. *Czech Journal of Animal Science*, 49(5), 226–230.
10. Olczak, K., Penar, W., Nowicki, J., Magiera, A. and Klocek, C. (2023). The role of sound in livestock farming—Selected aspects. *Animals*, 13(14), 2307.
11. Rabin, L. A., McCowan, B., Hooper, S. L. and Owings, D. H. (2003). Anthropogenic noise and its effect on animal communication: An interface between comparative psychology and conservation biology. *International Journal of Comparative Psychology*, 16(2), 16.
12. Reinvee, M., Luik, M. and Klimaak, P. (2013). Noise emission from grain dryers and potential noise pollution. *Agronomy Research*, 11(2), 457–462.
13. Saldukaitė, L. ir Vasiliauskas, G. (2016). Triukšmo ekspozicijos tyrimas atliekant įvairius ūkio darbus. *Žmogaus ir gamtos sauga 2016: 22-osios tarptautinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga. Akademija*, p. 25–28.
14. Weeks, C. A. (2008). A review of welfare in cattle, sheep and pig lairages, with emphasis on stocking rates, ventilation and noise. *Animal Welfare*, 17(3), 275–284.
15. Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z. and Kalibata, D. (2009). AN approach to multi-attribute assessment of indoor environment before and after refurbishment of dwellings. *The Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(1), 5–11.

**Agnė Rakauskienė, Gediminas Vasiliauskas, Lina Saldukaitė-Sribikė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Noise Investigation of Technological Processes in Cattle Barn**

Environmental noise pollution is one of the most sensitive environmental problems that affects the health and well-being of both humans and animals. The noise problem is significant not only in urbanized areas, but also in rural areas, where noise pollution can be caused by manufacturing companies, agricultural farms, or other economic activities. To assess the impact of noise on residents, there are mandatory environmental impact procedures for newly planned economic activities, during which possible pollution and pollution reduction strategies are determined. After analysing the sources of information, analysing the environmental impact assessment reports, it was confirmed that there is a lack of noise studies in already implemented agricultural objects, as this information would be extremely useful for a more detailed assessment of the noise pollution of the planned objects. In this study, noise level measurements during other technological processes in animal husbandry were carried out. It was found that the noisiest process is feed distribution, during which the noise level can reach 96 dB(A), and the noise levels in the barns can reach up to 77 dB(A) in the cow barn and up to 82 dB(A) in the calf barn.

Noise pollution, environmental impact assessment, noise, technological processes.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Agnė RAKAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 638 13122, el. paštas: agne.rakauskiene@vdu.lt

Agnė RAKAUSKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 638 13122, e-mail: agne.rakauskiene@vdu.lt

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros daktaras. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 689 77015, el. paštas: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

Gediminas VASILIAUSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 689 77015, e-mail: gediminas.vasiliauskas@vdu.lt

Lina SALDUKAITĖ-SRIBIKĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros daktarė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 624 80320, el. paštas: lina.saldukaite-sribike@vdu.lt

Lina SALDUKAITĖ-SRIBIKĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, doctor. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 624 80320, e-mail: lina.saldukaite-sribike@vdu.lt

# PAVĖSINIŲ KIEČIŲ PARUOŠIMAS IR NAUDOJIMAS DEGINTI BEI POVEIKIO APLINKAI TYRIMAS

Ilona Sederevičiūtė, Algirdas Jasinskas, Edvardas Vaiciukevičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Lietuvoje nėra didelių iškastinio kuro išteklių, tačiau bendras biomasės kuro potencialas Lietuvoje siekia apie 5,58 mln. t. Remiantis statistikos duomenimis, iš energinių augalų būtų galima pagaminti 64 PJ šiluminės energijos (daugiau nei 65 proc. potencialios energijos). Šio tyrimo tikslas yra įvertinti pavėsinių kiečių (*Artemisia dubia*) panaudojimą energijos reikmėms. Eksperimentiniai tyrimai apima augalų ruošimą biokuro gamybai, paruoštų granuliu parametru tyrimą ir poveikio aplinkai vertinimą. Tyrimo metu pagamintų granuliu drėgnis vidutiniškai siekė  $9,51 \pm 0,70$  proc., o tankis –  $1042,64 \pm 59,04$  kg m<sup>-3</sup>. Kartu su Lietuvos energetikos instituto mokslininkais ištyrus pagamintų biokuro granuliu energines savybes, nustatytas apatinis sausojo kuro šilumingumas yra  $17,75 \pm 0,37$  MJ kg<sup>-1</sup>, o viršutinis –  $19,01 \pm 0,34$  MJ kg<sup>-1</sup>. Atlikus poveikio aplinkai vertinimą nustatytos 1,5 karto mažesnės CO<sub>2</sub> emisijos, nei deginant medienos granules. Tačiau CO, NO<sub>x</sub> ir C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> koncentracijos buvo atitinkamai 39,5, 3,6 ir 45,26 karto didesnės, tačiau neviršijo leistinų normų.

Pavėsiniai kiečiai, kietasis biokuras, granuliu savybės, deginimas, kenksmingos emisijos.

## Įvadas

Energija yra pagrindas, kuriuo remiantis galima siekti augimo, užimtumo ir tvarumo tikslų. Lietuvoje nėra didelių iškastinio kuro išteklių, įvairios geopolitinės sąlygos daro įtaką nestabilioms iškastinio kuro kainoms (Morgan et al., 1996; Jančauskas et al., 2024). Tačiau yra galimybė aktyviau išnaudoti vietinį atsinaujinantį energijos išteklių – biokurą (Morgan et al., 1996). Gaminant biokurą iš įvairių rūšių žolinių augalų, svarbiausia tinkamai paruošti biomasę, ją susmulkinti ir supresuoti į granules ar briketus, kurių fizinės-mechaninės ir šiluminės savybės panašios į medienos biokuro. Deginant žolinių augalų granules ar briketus, neteršiama aplinka, o gautus pelenus galima panaudoti augalams tręšti (Jasinskas, 2010).

Šiandien energijos reikmėms naudojamos įvairios augalinės kilmės žaliavos: miško kirtimo ir medienos perdirbimo atliekos, žemės ūkio gamybos šalutinis produktas – šiaudai, taip pat specialiai tam tikslui auginami medžiai, aukštaūgės žolės, rapsai, kvietrugiai ir kiti augalai (Liubarskis, 2006). 2021 m. Lietuvoje sumedėjusiais energiniais augalais apsodintas 1 650 ha plotas. Bendras augalų biomasės kuro potencialas Lietuvoje siekia apie 5,85 mln. t. Iš augalų biomasės galima būtų pagaminti 98 PJ šiluminės energijos: 27 PJ iš medienos; 7 PJ iš šiaudų; 64 PJ iš energinių augalų. Ateityje energinių augalų auginimas ir naudojimas Lietuvoje turėtų plėstis, nes yra daug nenaudojamos, dirvonuojančios žemės (Jasinskas, Kryževičienė, 2006). Prognozuojama, kad biomasės kuras sudarys 80 proc. Centralizuotoje šilumos tiekimo (CŠT) sistemoje naudojamo kuro (Jasinskas, 2010).

Tiek Lietuvoje, tiek Europoje bei kitose pasaulio šalyse nuolat atliekami žolinių augalų paruošimo ir naudojimo įvairioms reikmėms tyrimai. Iš tirtų augalų didelį potencialą turi rykštinės soros (*Panicum virgatum*), drambliažolės (*Miscanthus giganteus*), cukranendrės (*Arundo donax*), nendriniai dryžučiai (*Phalaris arundinacea*), paupinės sidos (*Sida hermaphrodita*), geltonžiedžiai legėstai (*Silphium perfoliatum*) ir kiti (Jasinskas, 2010; Šiaudinis et al., 2015). Presuotam biokurui ruošti tinka ir nendriniai augalai – nendrės ir švendrai, kuriuos perdirbus ir sugranuliuavus gaunamas šilumingas ir kokybiškas biokuras. Šio tyrimo tikslas yra iširti pavėsinių kiečių (*Artemisia dubia*) potencialą biokuro gamybos srityje (Jasinskas, 2010).

Netradicinių energinių augalų granuliu tinkamumą biokurui apibrėžia biometrinės ir energinės savybės. Pagrindinės biometrinės savybės – matmenys, drėgnis, tūris ir tankis, o pagrindinės kietojo biokuro energinės savybės – šilumingumas, drėgnumas ir peleningumas (Morgan et al., 1996). Biokuro tinkamumą energijos gavybai apibūdina ir poveikio aplinkai vertinimas, t. y. teršalų kiekis, išmetamas iš kurą deginančių įrenginių, kurių vertes reglamentuoja Lietuvos Respublikos aplinkos ministro patvirtintos teršalų, išmetamų iš kurą deginančių įrenginių, normos (LR aplinkos ministerija, 2017).

## Tyrimų metodika

Įvertinant stambiasiebių žolinių augalų panaudojimą kietojo biokuro gamybai, 2023 m. vasarą atliktas pavėsinių kiečių granuliu biometrinių savybių tyrimas. Iširtos 6 skirtingų tipų granulės. Granulės buvo pagamintos iš 3 pjūčių pavėsinių kiečių augalų masės. Kiekvienos pjūties metu pagamintos 2 rūšių granulės: iš pavėsinių kiečių biomasės, gautos tręšiant augalus 180 kg ha<sup>-1</sup> norma azotinių trąšų, ir iš augalų biomasės, kuriai išauginti trąšos papildomai nebuvo naudojamos.

Nuimtų žolinių augalų ryšulėliai buvo pasveriami ir susmulkinami būgniniu smulkintuvu FZ105 ir sumalami plaktukiniu malūnu „Retsch“. Bandymams naudoti 5 žolių miltų ėminiai, kurie buvo pasveriami ir džiovinami 24 val. 105 °C temperatūroje. Išdžiovinti ėminiai buvo dar kartą pasveriami, taip pat buvo pasveriami indeliai, kuriuose buvo laikomi ėminiai, ir pagal standartą LST EN ISO 18134-1:2022 nustatomas kiekvieno ėminio drėgnis (Lietuvos standartizacijos departamentas, 2022). Analogiškai buvo nustatomas ir granuliu drėgnis.

Kurui naudojamų augalų stiebų miltų frakcinė sudėtis įvertinta remiantis ES šalyse taikoma tyrimų metodika (EU DD CENT/TS15149-1:2006), darbui pasitelkiant svarstyklės SB 16001 (matavimo ribos – 0–16 kg, padalos vertė – 0,1 g) ir sietų kratytuvą „Retsch AS 200“. 0,2 kg masės ėminys buvo sijojamas sietų kratytuvu, ant sietų likusi masė pasveriami ir apskaičiuojama kiekvienos frakcijos ėminio procentinė dalis.

Vertinant augalų stiebų miltų fizikines-mechanines savybes, nustatyta ėminių tūrinė masė (tankis) (Lessa et al., 2022). Tankiui nustatyti naudotas pastovaus 0,0005 m<sup>3</sup> tūrio cilindrinis indas, svarstyklės SB 16001 (matavimo ribos – 0–16 kg, padalos vertė – 0,1 g) ir pavėsinių kiečių miltai. Pirmiausia buvo pasveriamas tuščias indas, vėliau – tas pats indas, iki viršutinės briaunos užpildytas žolinių augalų miltais. Taip buvo nustatoma miltų masė, o tuomet – tankis. Bandymas kartotas 3 kartus.

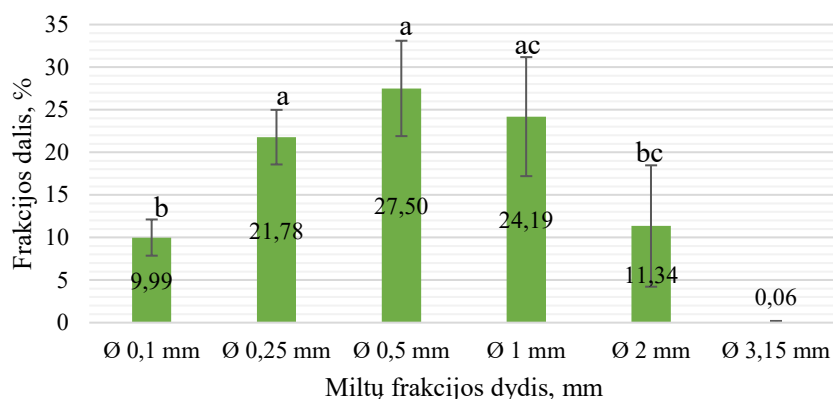
Iš žolinių augalų miltų presavimo įrenginiu „Peleciarka“ (7,5 kW) buvo supresuojamos granulės, slankmačiu išmatuojami gautų granuliu matmenys, granulės pasveriamos. Remiantis gautais duomenimis, buvo apskaičiuojamas granuliu tūris ir tankis. Biokuro granuliu tūris apskaičiuotas pagal ritinio tūrio formulę.

Pavėsinių kiečių granuliu energinės savybės (peleningumas, šilumingumas) ir poveikio aplinkai vertinimas atliktas Lietuvos energetikos instituto (LEI) Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje pagal Lietuvoje ir Europos šalyse galiojančias standartines metodikas (Jasinskas et al., 2020).

Tyrimo duomenys statistiškai įvertinti apskaičiuojant rodiklių aritmetinius vidurkius, jų pasikliauties intervalus. Statistinis patikimumas įvertintas pagal Stjudento t testo ir Tukey'io HSD testų metodiką. Statistinio reikšmingumo lygmuo  $p < 0,05$ .

## Rezultatai ir aptarimas

Tyrimo metu biokuro granuliu gamybai naudojami pavėsinių kiečių stiebai buvo susmulkinti ir sumalti į miltus, buvo nustatyta miltų frakcinė sudėtis. Bandymui panaudojus sietų kratytuvą su sietų rinkiniu, buvo nustatyta, kad didžiausia miltų frakcijos dalis susikaupia ant sieto, kurio akučių dydis – 0,5 mm (27,50±5,60 proc.) (1 pav.). 0,25 mm ir 1 mm dydžio dalelių susidaro mažiau (atitinkamai 21,78±3,21 proc. ir 24,19±6,99 proc.). Tačiau įvertinus duomenis pagal HSD ir t testo metodiką, gauta, kad tarp šių frakcijų procentinės dalies statistiškai patikimo skirtumo nėra.



**1 pav.** Pavėsinių kiečių miltų frakcinės dalies pasiskirstymas, proc. (a, b, c – tarp tokia pačia raide pažymėtų stulpelių reikšmių vidurkių nėra statistiškai patikimo skirtumo, esant 95 proc. pasikliauties tikimybės lygiui)

**Fig. 1.** Fractional distribution of the *Artemisia dubia* flour in percent (a, b, c – there is no statistically significant difference between the means of the values of the columns marked with the same letter at the confidence level of 95%)

Vertinant pavėsinių kiečių panaudojimą biokuro gamybai, ištirtos ir fizikinės-mechaninės savybės, tokios kaip miltų tūrinė masė ir jau pagamintų granuliu tankis bei drėgnis. Tyrimo rezultatai pateikti 1 lentelėje. Miltų drėgnis tyrimų metu vidutiniškai siekė 7,05±0,77 proc., o tankis – 255,69±20,79 kg m<sup>-3</sup>. Pagamintų kuro granuliu vidutinis drėgnumas buvo 9,51±0,70 proc., o tankis – 1 042,64±59,04 kg m<sup>-3</sup>. Atsižvelgiant į gautus rezultatus, įvertinta, ar miltų drėgnis turi įtakos miltų tūrinei masei ir granuliu tankiui. Nustatyta neženkliai ( $R^2 \approx 0,39$ ) laipsninė koreliacija tarp miltų drėgnio ir granuliu tankio. Granuliu tankio ir miltų drėgnio priklausomybę

patvirtina 2017 m. mokslininkų atliktas tyrimas, kurio metu nustatyta optimali pavėsinių kiečių miltų drėgmė granulių gamybai – 5,5 proc. (Zvicevičius et al., 2018).

**1 lentelė.** Pavėsinių kiečių miltų ir granulių biometrinės savybės  
**Table 1.** Biometric properties of *Artemisia dubia* plant flour and pellets

Granulių rūšis <i>Type of granules</i>	Miltų drėgnis <i>Moisture content of the flour, %</i>	Miltų tankis <i>Flour density, kg m<sup>-3</sup></i>	Granulių drėgnis <i>Moisture content of the pellets, %</i>	Granulių tankis <i>Pellets density, kg m<sup>-3</sup></i>
PK-1-1	7,36±1,00	274,40±19,36	9,98±0,33	1 074,77±61,05
PK-1-3	5,67±5,83	254,70±41,95	8,85±0,61	1 128,32±44,81
PK-2-1	7,03±0,51	280,40±62,25	9,26±0,37	1 037,83±66,61
PK-2-3	7,3±1,35	257,90±37,07	8,80±0,55	1 065,22±44,24
PK-3-1	7,80±0,78	232,83±36,61	9,66±0,55	1 003,69±76,78
PK-3-3	7,05±1,58	233,93±24,02	10,49±0,40	957,52±42,97
<b>Vidurkis</b>	<b>7,05</b>	<b>255,69</b>	<b>9,51</b>	<b>1 042,64</b>
St. nuokr.	0,73	19,81	0,66	56,26
Vid. st. nuokr.	0,30	8,09	0,27	22,97
Stjudento koeficientas	2,57	2,57	2,57	2,57
<b>Pasikliauties intervalas (±)</b>	<b>0,77</b>	<b>20,79</b>	<b>0,70</b>	<b>59,04</b>

Analizuojant biokuro, pagaminto iš pavėsinių kiečių, energines savybes, kartu su Lietuvos energetikos instituto mokslininkais atlikti pavėsinių kiečių granulių elementinės sudėties, peleningumo ir šilumingumo tyrimai. Gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje; jie palyginti su medienos granulių parametrais. Tyrimų rezultatai rodo, kad anglies (C) kiekis, nustatytas pavėsinių kiečių granulėse, yra 3,46 proc., o vandenilio (H) – 3,03 proc. mažesnis nei medienos granulėse. Abiejų rūšių kuras turėjo vienodą sieros (S) kiekį (~0,06 proc.), o deguonies (O) skirtumas siekia tik 1,87 proc. Tačiau azoto (N) pavėsinių kiečių stiebuose yra sukaupta net 2,57 karto daugiau nei medienoje. Remiantis mokslininkų atliktais tyrimais, taip galėjo nutikti dėl naudotų trąšų auginimo metu (Tilvikienė et al., 2015). Panaši tendencija pastebima ir vertinant chloro (Cl) kiekį pavėsinių kiečių granulėse – šio elemento kiekis net 4 kartus didesnis nei medienos granulėse.

**2 lentelė.** Pavėsinių kiečių ir medienos granulių elementinės sudėties palyginimas ir energijos vertinimas  
**Table 2.** Comparison of the elemental composition and energetic evaluation of *Artemisia dubia* and wood pellets

Parametras <i>Parameter</i>	Pavėsinių kiečių granulės <i>Artemisia dubia pellets</i>	Medienos granulės <i>Wood pellets</i>
C, %	48,14±1,47	49,87±0,11
N, %	1,21±0,48	0,47±0,01
H, %	5,76±0,04	5,94±0,03
S, %	0,06±0,01	0,06±2,28
O, %	39,35±1,08	40,10
Cl, %	0,28±0,12	0,07±0,17
Peleningumas / <i>Ashiness, %</i>	5,22±1,88	3,46±0,05
Sausojo kuro apatinis šilumingumas / <i>Lower calorific value of dry fuel, MJ/kg</i>	17,75±0,37	18,25±0,11
Sausojo kuro viršutinis šilumingumas / <i>Upper heating value of dry fuel, MJ/kg</i>	19,01±0,34	19,55±0,12

Nustatant kuro granulių, pagamintų iš smulkintų pavėsinių kiečių stiebų, šilumingumą, peleningumą ir vertinant poveikį aplinkai kenksmingomis dujomis, pastebėta, kad degimo procesas vyksta banguotai, granulės sunkiai įsidega (2 pav.), liepsna užgesdavo 10–30 s laikotarpiui, paskui vėl užsidegdavo. Po bandymo degiklyje likdavo granulių likučių, prisikaupdavo šlako. Visų bandymų metu granulių ir šlako prisikaupdavo apie pusę degiklio (3 pav.).



2 pav. Granulių deginimo procesas

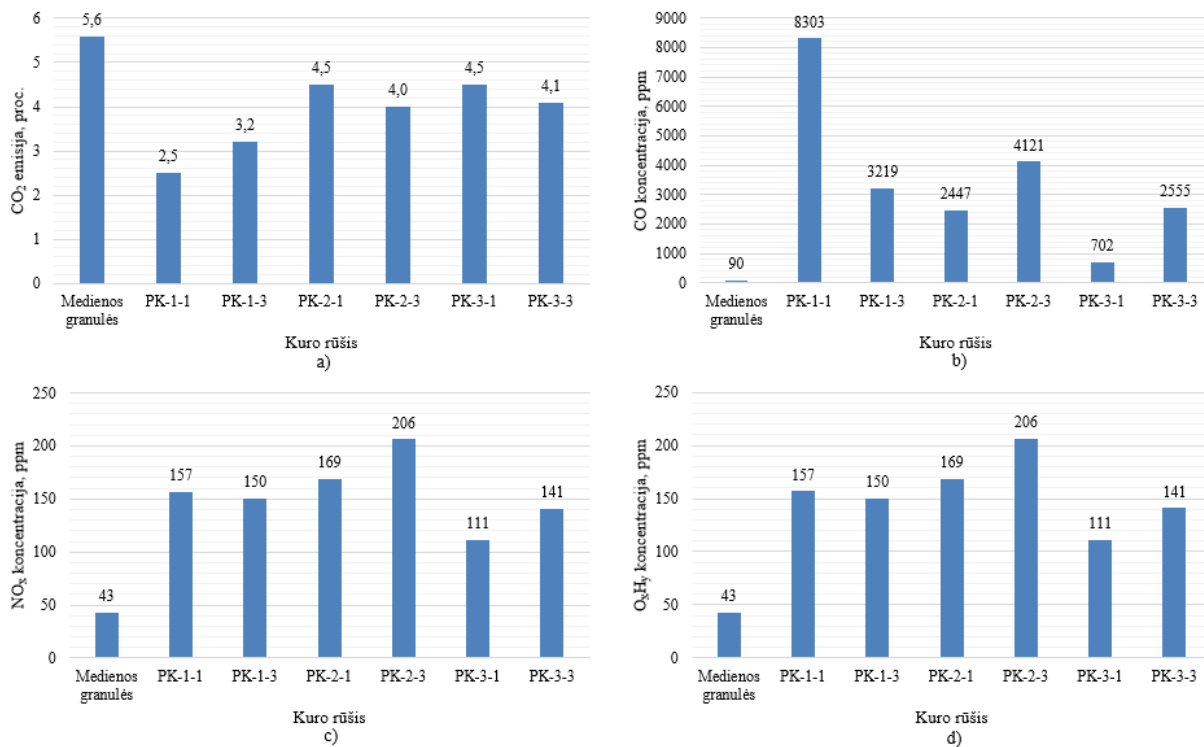
Fig. 2. Pellet burning process



3 pav. Granulių likučiai ir šlakas, susikaupęs degiklyje po bandymo

Fig. 3. Accumulation of pellet residue and slag in the burner

Tokia degimo eiga darė įtaką emisijų į aplinką rezultatams, pateiktiems 4 paveiksle. Matyti, kad, deginant medienos granules, CO<sub>2</sub> koncentracija pasiekė 5,6 proc., CO – 90 ppm, NO<sub>x</sub> – 43 ppm, o C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> – 9 ppm. Deginant granules, pagamintas iš pavėsiųjų kiečių, dėl sunkaus degimo proceso CO<sub>2</sub> koncentracija pasiekė vidutiniškai tik 3,8±0,83 proc. (1,5 karto mažiau).



4 pav. Kenksmingų medžiagų emisijos deginant pavėsiųjų kiečių granules: a) anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>); b) anglies monoksidas (smalkės) (CO); c) azoto oksidai (NO<sub>x</sub>); d) angliavandeniliai (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)

Fig. 4. Emissions of harmful substances during the burning of pellets made of *Artemisia dubia*: a) carbon dioxide (CO<sub>2</sub>); b) carbon monoxide (CO); c) nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>); d) hydrocarbons (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)

Vis dėlto visų kitų kenksmingų dujų išmetimas į aplinką ženkliai didesnis. Vidutinė nustatyta azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) koncentracija – 155,67 ppm (3,6 karto didesnė), anglies monoksido, arba smalkių (CO), koncentracija – 3 557,83 ppm (39,5 karto didesnė), o nesudegusių angliavandenilių (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) koncentracija pasiekė 407,33 ppm (45,26 karto didesnė) (4 pav.). Didesnę azoto junginių koncentraciją degimo metu galėjo nulemti ir didesnis azoto (N) kiekis, sukauptas pavėsiųjų kiečių stiebuose, naudojamuose biokuro granulių gamybai.

Emisijų į aplinką tyrimai rodo, kad pavėsiųjų kiečių biokuro naudojimas darytų iš dalies neigiamą įtaką aplinkos taršai CO, NO<sub>x</sub> ir C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> junginiais. Tačiau šią problemą būtų galima išspręsti imantis priemonių granulių degumui pagerinti, taip pat taikant kitas taršos prevencijos ar mažinimo priemones. Tokiu atveju, remiantis šilumingumo tyrimų rezultatais, kuras, pagamintas iš pavėsiųjų kiečių, beveik prilygsta kurui,

pagamintam iš medienos. Eksperimentinių tyrimų metu nustatytas pavėsinių kiečių granuliu sausojo kuro apatinis šilumingumas siekia  $17,75 \pm 0,37 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Šis rodiklis yra 2,74 proc. mažesnis nei medienos granuliu kuro ( $18,25 \pm 0,11 \text{ MJ kg}^{-1}$ ). Tiriama sausojo kuro viršutinis šilumingumas ( $19,01 \pm 0,34 \text{ MJ kg}^{-1}$ ) taip pat yra 2,76 proc. mažesnis nei medienos granuliu ( $19,55 \pm 0,12 \text{ MJ kg}^{-1}$ ).

Nustatytas PK granuliu peleningumo rodiklis ( $5,22 \pm 1,88$  proc.) yra net 1,5 karto didesnis nei medienos granuliu ( $3,46 \pm 0,05$  proc.). Tokius rezultatus galima susieti su prasta kuro degimo kokybe, ir, tikėtina, peleningumo rodiklį būtų galima sumažinti imantis jau minėtų priemonių, gerinančių pavėsinių kiečių degimo savybes arba gaminant biokuro granules taip, kad pavėsinių kiečių miltai būtų maišomi su medienos pjuvenomis.

## Išvados

1. Smulkintų pavėsinių kiečių stiebų miltų didžiausią frakcinės sudėties dalį sudaro 0,5 mm ( $27,50 \pm 5,60$  proc.), 1,0 mm ( $24,19 \pm 6,99$  proc.) ir 0,25 mm ( $21,78 \pm 3,31$  proc.) dydžio dalelės.
2. Vidutinis nustatytas miltų drėgnis –  $7,05 \pm 0,77$  proc., tankis –  $255,69 \pm 20,79 \text{ kg m}^{-3}$ . Granuliu drėgnis –  $9,51 \pm 0,70$  proc., tankis –  $1\,042,64 \pm 59,04 \text{ kg m}^{-3}$ . Įvertinus rezultatus nustatyta, kad stiebų pjaustinio drėgnis granuliu tankiui daro neženklų įtaką pagal laipsninį modelį ( $R^2 \approx 0,39$ ).
3. Pavėsinio kiečio granulėse rasta 3,46 proc. mažiau anglies (C), 3,03 proc. mažiau vandenilio (H), 1,87 proc. daugiau deguonies (O), tačiau azoto (N) nustatyta 2,57 karto daugiau, o chloro (Cl) – net 4 kartais daugiau nei medienos granulėse. Abiejų rūšių kuras turėjo vienodą kiekį sieros (S).
4. Apatinis pavėsinių kiečių granuliu sausojo kuro šilumingumas siekia  $17,75 \pm 0,37 \text{ MJ kg}^{-1}$ , o viršutinis šilumingumas –  $19,01 \pm 0,34 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Šie rodikliai yra atitinkamai 2,74 proc. ir 2,76 proc. mažesni nei medienos granuliu kuro. Be to, peleningumo rodiklis ( $5,22 \pm 1,88$  proc.) yra 1,5 karto didesnis nei medienos granuliu.
5. Pavėsinių kiečių granulės nepasižymi geromis degimo savybėmis, jose yra daugiau azoto, todėl kenksmingų medžiagų emisijos į aplinką yra didesnės, nei deginant medienos granules. Nustatyta 3,6 karto didesnė azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) koncentracija ( $155,67 \text{ ppm}$ ), 39,5 karto didesnė anglies monoksido (CO) koncentracija ( $3\,557,83 \text{ ppm}$ ) ir 45,26 karto didesnė angliavandenilių (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) koncentracija ( $407,33 \text{ ppm}$ ). Tačiau šios emisijos neviršijo nustatytų leistinų normų.

## Literatūra

1. International Organisation for Standardization (2006). EU DD CENT/TS15149-1:2006. Solid biofuels. Methods for the determination of particle size distribution. Oscillating screen method using sieve apertures of 3.15 mm and above.
2. Jančauskas, A., Striūgas, N., Zakarauskas, K., Skvorčinskienė, R., Eimontas, J. and Buinevičius, K. (2024). Experimental investigation of sorted municipal solid wastes producer gas composition in an updraft fixed bed gasifier. *Energy*, 289, 130063, 1–11.
3. Jasinskas, A. (2010). Žolinių augalų biomasės ruošimo kurui technologijos. *Mano ūkis*, 10, 7.
4. Jasinskas, A. ir Kryževičienė, A. (2006). Energetiniai žolynai ir jų auginimo bei ruošimo kurui sąnaudos. *Žemės ūkio inžinerija*, 38(3), 59–71.
5. Jasinskas, A., Streikus, D. and Vonžodas, T. (2020). Fibrous hemp (Felina 32, USO 31, Finola) and fibrous nettle processing and usage of pressed biofuel for energy purposes. *Renewable Energy*, 149, 11–21.
6. de Lessa, M., Calixto, G. Q., das Chagas, B. M. E., Aguiar, E. M., de F. Melo, M. A. and Braga, R. M. (2022). Energetic characterization and flash pyrolysis of different elephant grass cultivars (*Pennisetum purpureum* Schum.). *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 100(10), 2825–2834.
7. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija (2017). Išmetamų teršalų iš vidutinių kurą deginančių įrenginių normos Nr. D1-778. Vilnius. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/124775329dd411e796fec328fe7809de?jfwid=-1deuyjfvj>
8. Lietuvos standartizacijos departamentas (2022). LST EN ISO 18134-1:2022. Kietasis biokuras. Drėgmės kiekio nustatymas. 1 dalis. Pamatinis metodas.
9. Liubarskis, V. (2006). Biokuras kūrykloms. Kaunas: LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos institutas, p. 43.
10. Morgan, S., Morgan, A. ir Žurauskienė, E. Energijos naudojimas. Kaunas: Šviesa, 1996, p. 44.
11. Šiaudinis, G., Jasinskas, A., Šaraušis, E., Steponavičius, D., Karčauskienė, D. and Liaudanskienė, I. (2015). The assessment of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* Rusby) and cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) productivity, physico-mechanical properties and energy expenses. *Energy*, 93, 606–612.

12. Tilvikiene, V., Kadziulienė, Z., Raila, A., Zvicevicius, E., Liaudanskiene, I., Volkaviciute, Z. and Pociene, L. (2015). *Artemisia dubia Wall.* – A novel energy crop for temperate climate zone in Europe. In: Proceedings of the 23rd European biomass conference and exhibition, 1–4 June, Vienna, Austria.
13. Zvicevičius, E., Raila, A., Čiplienė, A., Černiauskienė, Ž., Kadžiulienė, Ž. and Tilvikienė, V. (2018). Effects of moisture and pressure on densification process of raw material from *Artemisia dubia Wall.* *Renewable Energy*, 119, 185–192.

**Ilona Sederevičiūtė, Algirdas Jasinskas, Edvardas Vaiciukevičius**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Investigation of *Artemisia dubia* Plant Processing and Use for Burning and Assessment of Environmental Impact**

There are no large fossil fuel resources in Lithuania, but the total biomass fuel potential in Lithuania is about 5.58 million tons. According to statistics, 64 PJ of thermal energy (more than 65% of the whole potential energy) could be produced from energy plants. The purpose of this study is to evaluate the use of the *Artemisia dubia* plant for energy purposes. Experimental studies include the preparation of plants for biofuel production, the study of the parameters of the prepared pellets, and the assessment of the environmental impact. The average moisture content of the pellets produced during the study was  $9.51 \pm 0.70\%$ , and the density was  $1042.64 \pm 59.04 \text{ kg m}^{-3}$ . After performing the energy properties of the produced biofuel pellets together with the scientists of the Lithuanian Energy Institute, it was determined that the lower calorific value of dry fuel is  $17.75 \pm 0.37 \text{ MJ kg}^{-1}$ , and the upper calorific value is  $19.01 \pm 0.34 \text{ MJ kg}^{-1}$ . During the environmental impact assessment, the amount of  $\text{CO}_2$  was 1.5 times smaller than when burning wood pellets. However,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , and  $\text{C}_x\text{H}_y$  concentrations were 39.5, 3.6 and 45.26 times higher, respectively, but they did not exceed the permissible values.

*Artemisia dubia*, solid biofuel, properties of pellets, combustion, harmful emissions.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Ilona SEDEREVIČIŪTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir vadybos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, el. paštas: [ilona.sedereviciute@vdu.lt](mailto:ilona.sedereviciute@vdu.lt)

Ilona SEDEREVIČIŪTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Master student in Agricultural Engineering and Management. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: [ilona.sedereviciute@vdu.lt](mailto:ilona.sedereviciute@vdu.lt)

Algirdas JASINSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, el. paštas: [algirdas.jasinskas@vdu.lt](mailto:algirdas.jasinskas@vdu.lt)

Algirdas JASINSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, prof. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: [algirdas.jasinskas@vdu.lt](mailto:algirdas.jasinskas@vdu.lt)

Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, el. paštas: [edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt](mailto:edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt)

Edvardas VAICIUKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: [edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt](mailto:edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt)

# ORO TARŠOS AZOTO OKSIDAIS IŠ TRANSPORTO PRIEMONIŲ IR JŲ POVEIKIO OZONO KONCENTRACIJOS LYGIUI VERTINIMAS

Vaida Vasiliauskienė

Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija

Kelių transporto priemonių išmetami teršalai laikomi pagrindiniu oro taršos ir su ja susijusio neigiamo poveikio sveikatai veiksniumi. Dėl didėjančio transporto priemonių skaičiaus miestuose formuojasi spūstys, o kartu susidaro ir didesnis ozono pirmtakų kiekis, kuris sukelia oro kokybės miestuose problemų. Eksperimentas atliktas Antakalnio mikrorajone, kuris laikomas vienu švaresnių ir mažiausių įmonių tankumu pasižyminčių Vilniaus miesto rajonų. Vasarą oro teršalų (ozono ir azoto oksidų) koncentracijos ir meteorologinių parametrų (temperatūros, santykinės oro drėgmės, slėgio, vėjo greičio ir krypties) matavimai atlikti prie Antakalnio gatvės. Prie šios gatvės transporto priemonių spūsčių metu registruota didesnė ozono pirmtakų – azoto oksidų koncentracija rodo, kad azoto oksidų susidarymui didelę įtaką turi transporto eismo intensyvumas. Svarbiausias meteorologinis parametras azoto oksidų ir ozono dinamikai tirtoje vietoje buvo vėjo greitis.

Transporto tarša, ozonas, azoto oksidai, meteorologiniai parametrai.

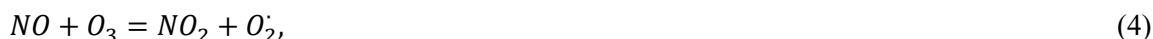
## Įvadas

Kelių transporto sektorius daro didžiulį poveikį oro taršai: nulemia didesnę pažemio ozono ( $O_3$ ) ir smulkiųjų kietųjų dalelių ( $KD_{2.5}$ ) koncentraciją, daugiausia dėl azoto oksidų ( $NO_x$ ) ir pirminių  $KD_{2.5}$  emisijų, išmetamų teršalų, tokių kaip juodoji anglis (BC), anglies monoksidas (CO), sieros dioksidas ( $SO_2$ ), lakieji organiniai junginiai (LOJ), organinė anglis (OC) (Abdallah et al., 2020). Kelių transporto priemonės taip pat išmeta šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), tokių kaip anglies dioksidas ( $CO_2$ ), trumpaamžių atmosferos teršalų: juodosios anglies (BC), metano ( $CH_4$ ), todėl ilgai dėl klimato kaitą sukeliančių teršalų prastėja oro kokybė, o tai turi neigiamą poveikį žmonių sveikatai ir žemės ūkio produktyvumui (Anenberg et al., 2017; Stohl et al., 2015; Vallack et al., 2020).

Kelių transportas yra pagrindinis azoto oksidų ( $NO_x = NO + NO_2$ ) emisijos miestuose ir priemiesčiuose šaltinis (Deak et al., 2023), o  $NO_x$  yra vieni iš pagrindinių teršalų, įeinančių į pažemio ozono susidarymo procesą (Huang et al., 2023).  $NO_x$  koncentracijos padidėjimas atmosferoje nulemia rūgščiųjų lietu ir fotocheminio smogo susidarymą (Sha et al., 2021). Dėl nuolat didėjančio transporto priemonių skaičiaus kelių transportas išmeta  $>50\%$   $NO_x$  (Lozhkin et al., 2013). Dauguma lengvųjų automobilių Lietuvoje yra dyzeliniai, senesni nei 10 metų. Dyzelinu varomi automobiliai išmeta daugiau azoto oksidų ir kietųjų dalelių nei benzininiai. Transporto priemonių išmetami azoto oksidai daugiausia susidaro vidaus degimo varikliuose, esant aukštesnei nei  $1\ 700\ ^\circ C$  temperatūrai (Carslaw et al., 2019). Cheminiai jų susidarymo, virsmo ir skilimo procesai yra sudėtingi (Karl et al., 2023):



Manoma, kad dauguma  $NO_x$  išmetami NO pavidalu (Lozhkina, Lozhkin, 2015). Dauguma  $NO_2$  atmosferoje susidaro NO reakcijos su ozonu metu (Mavroidis, Chaloulakoua, 2011; Mavroidis, Ilija, 2012).



Tuo pat metu, veikiant ultravioletinei saulės spinduliutei (bangos ilgis  $<424\ nm$ ),  $NO_2$  skyla:



NO yra pirminis teršalas, o  $O_3$  ir didelė dalis  $NO_2$  yra antriniai teršalai, susidarantys sudėtingų cheminių reakcijų metu. Azoto dioksido koncentracija atmosferoje iš esmės priklauso nuo saulės spinduliuotės, dėl kurios suintensyvėja cheminės reakcijos, intensyvumo. NO virsta  $NO_2$  reakcijos su  $O_3$  metu, o dieną dėl fotolizės  $NO_2$  vėl tampa NO, todėl vėl susidaro  $O_3$ .

NO yra bespalvės ir bekvapės, o  $NO_2$  yra rausvai rudos spalvos, nemalonus kvapo toksiškos dujos.  $NO_2$  yra pagrindinis į atmosferos ozono susidarymo procesą įeinantis teršalas, kuris turi tiesioginį neigiamą poveikį žmonių sveikatai, nes didina kvėpavimo takų ligų riziką (Achakulwisut et al., 2019; Jin et al., 2020; Tan et al., 2018). Moksliniai tyrimai rodo, kad net ir trumpalaikis  $NO_2$  poveikis, trunkantis nuo 30 min. iki 24 val., daro



neigiamą įtaką kvėpavimo takams, įskaitant kvėpavimo takų uždegimą sveikiems žmonėms ir didesnę kvėpavimo takų simptomų paplitimą tarp žmonių, sergančių astma. Jis taip pat prisideda prie širdies ir kraujagyslių ligų, apsigimimų rizikos, priešlaikinės mirties ir vėžio (Andersen et al., 2012).

Oro taršos ozonu poveikis sveikatai kelia susirūpinimą visame pasaulyje. Ozonas daro įtaką kvėpavimo takams, širdžiai ir kraujagyslėms. Sveikatos vertinimo institutas (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2020) nustatė, kad ozonas kelia 3 lygio pavojų žmonių sveikatai, konstatavo, kad oro tarša ozonu buvo susijusi su 365 000 priešlaikinių mirčių nuo lėtinės obstrukcinės plaučių ligos (LOPL) atveju 2019 m. visame pasaulyje, ir atskleidė akivaizdų mirčių skaičiaus augimą nuo 2014 m. Sicard'as su kolegomis (2021) nustatė, kad su ozonu susijęs priešlaikinis mirtingumas net 28 Europos šalyse (įskaitant Europos Sąjungos nares ir Jungtinę Karalystę) nuo 2000 iki 2017 m. išaugo 0,55 karto  $10^6$  gyventojų.

Atsižvelgdama į neigiamą  $\text{NO}_2$  ir  $\text{O}_3$  poveikį sveikatai, Pasaulinė sveikatos organizacija nustatė oro kokybės gaires tiek  $\text{NO}_2$  ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vidutiniškai per metus ir  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vidutiniškai per 1 valandą), tiek  $\text{O}_3$  ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vidutiniškai per 8 valandas) atžvilgiu, o  $\text{O}_3$  atveju ji taip pat nustatė tarpinį rodiklį ( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vidutiniškai per 8 valandas) ir maksimalią koncentraciją ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vidutiniškai per 8 valandas), reikšmingą žmonių sveikatai (World Health Organization, 2006). Pagal Pasaulinės sveikatos organizacijos patvirtintas gaires Europos Sąjunga taip pat nustatė oro kokybės standartus šių abiejų teršalų atžvilgiu. Buvo nustatytos  $\text{NO}_2$  ribinės vertės (metinė  $\text{NO}_2$  koncentracija –  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ir valandinė koncentracija –  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kaip vertė, kurios negalima viršyti daugiau nei 18 kartų per kalendorinius metus) ir pavojaus slenkstis ( $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – valandinė vertė, kurios negalima viršyti daugiau nei 3 valandas iš eilės).  $\text{O}_3$  atžvilgiu buvo nustatyta siektina vertė ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – maksimali dienos 8 valandų vidurkis, kuri neturi būti viršijama daugiau kaip 25 dienas per kalendorinius metus, kurių vidurkis išvedamas per 3 metus), informavimo slenkstis ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per 1 valandą) ir pavojaus slenkstis ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per 1 valandą; kai šis slenkstis viršijamas 3 valandas iš eilės, turi būti parengti trumpalaikiai veiksmų planai) (European Union, 2008).

Darbo tikslas – ištirti azoto oksidų ir ozono koncentracijos pokyčius prie Antakalnio gatvės Vilniaus mieste ir įvertinti azoto oksidų įtaką ozono susidarymui ir meteorologinių parametru įtaką tirtų teršalų dinamikai.

## Tyrimų metodika

Eksperimentas atliktas Antakalnio mikrorajone, kuris išsidėstęs Vilniaus miesto šiaurės rytinėje dalyje. Tai – vienas seniausių ir didžiausių Vilniaus miesto mikrorajonų, kurio plotas –  $77,2 \text{ km}^2$ . Antakalnio mikrorajone gyvena apie 50 000 žmonių, kurių pasiskirstymas rajone netolygus: tankiausiai apgyvendinta pietinė Antakalnio mikrorajono dalis, o dėl miškingų teritorijų mažiau apgyvendinta šiaurinė šio mikrorajono dalis. Tai – pats žaliausias Vilniaus miesto rajonas, nes miškai ir parkai sudaro apie 70 % teritorijos, todėl šis mikrorajonas laikomas vienu švaresniųjų Vilniaus miesto gyvenamųjų mikrorajonų. Šiame mikrorajone žmonių tankumas yra vienas mažiausių Vilniaus mieste.



1 pav. Eksperimento vieta

Fig. 1. Experiment location

Tyrimas atliktas vasaros sezono metu prie Antakalnio gatvės, kur daugiabučiai namai išsidėstę abipus centrinės Antakalnio rajono ašies (1 pav.). Eksperimentas vykdytas 20 m atstumu nuo Antakalnio gatvės, mėnesį nenutrūkstamai registruojant oro teršalų (ozono ( $O_3$ ) ir azoto oksidų ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ )) koncentraciją. Be to, nepertraukiamai matuoti ir meteorologiniai parametrai: aplinkos temperatūra, santykinė oro drėgmė, slėgis, vėjo greitis ir kryptis. Šalia eksperimento vietos buvo parduotuvė su automobilių stovėjimo aikšte, kur nuo 8 iki 22 val. intensyviai judėjo automobiliai. Tyrimo laikotarpiu vidutinis transporto srautas Antakalnio gatvėje buvo 10 330 automobilių per parą.

Ozono koncentracijos matavimams naudotas ozono analizatorius APOA-360, veikiantis ultravioletinės sugerties principu. Šis analizatorius gali veikti plačiame temperatūros (5–40 °C) intervale. Prietaisas gali registruoti iki 2 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ozono koncentraciją, jo jautris – 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Azoto oksidų koncentracija matuota analizatoriumi AC32M, kuris veikia chemiliuminescenciniu principu. Šis prietaisas nustato azoto monoksido ir azoto dioksido aplinkos ore koncentraciją, matuodamas išspinduliuotą azoto oksido molekulių šviesą, kai jos oksiduojamos ozono molekulėmis 600–1 200 nm bangos ilgio intervalu. Analizatorius gali registruoti iki 100 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  azoto oksidų koncentraciją. Prietaisas gali dirbti (5–40 °C) temperatūros intervale.

Oras tiriamame taške siurbtas iš ozono ir azoto oksidų analizatoriaus išvestais tefloniniais vamzdeliais. Ozono ir azoto oksidų koncentracija ir meteorologiniai parametrai matuoti nenutrūkstamai, kompiuteryje registruojant 1 valandos tirtų parametrų vidutines vertes.

Mobiliąją meteorologinę stotelę nenutrūkstamai matuota aplinkos temperatūra, santykinė oro drėgmė, slėgis, vėjo greitis ir kryptis. Meteorologinės stotelės jutikliai sumontuoti toje pačioje vietoje, kurioje tefloniniais vamzdeliais buvo siurbiamas oras ozono ir azoto oksidų koncentracijai nustatyti. Ši stotelė gali matuoti plačiuose temperatūros (nuo –40 iki +65 °C), santykinio oro drėgumo (nuo 10 iki 100 %), slėgio (nuo 999 iki 1 080 hPa), vėjo greičio (nuo 0 iki 44 m/s) intervaluose. Siekiant atlikti tikslesnę duomenų analizę, vėjo kryptis buvo suskirstyta po 45 laipsnius į 8 dalis.

## Rezultatai ir aptarimas

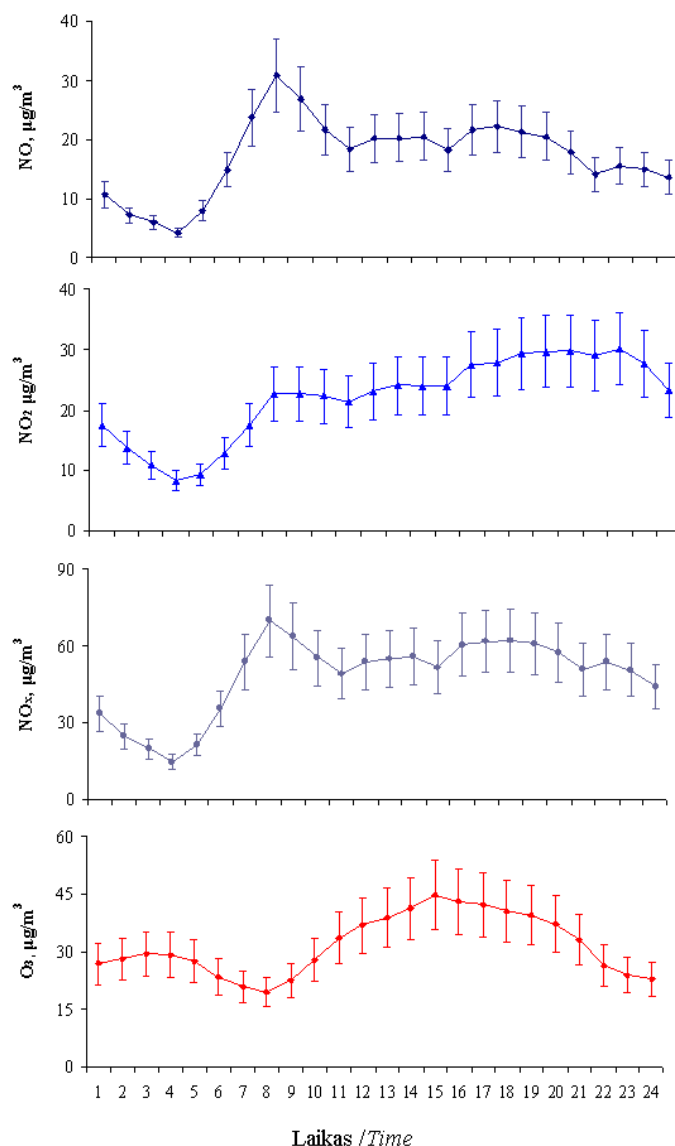
Tyrimo laikotarpiu temperatūra kito nuo 6 iki 33 °C. Dažniausiai (76 % laiko) registruota nuo 10 iki 20 °C temperatūra, o aukštesnė kaip 25 °C temperatūra registruota retai (tik 6 % laiko). Santykinė oro drėgmė mėnesio laikotarpiu svyravo nuo 34 iki 83 %. Dažniausiai (69 % laiko) matuota nuo 50 iki 80 % santykinė oro drėgmė, o retai (3 % laiko) pasitaikė didesnė kaip 80 % drėgmė. Slėgis tyrimo vietoje pasiskirstė 985–1 008 hPa intervale. Slėgis 995–1 000 hPa intervale registruotas dažniausiai (34 % laiko), o slėgis iki 990 hPa nustatytas tik 7 % eksperimento laiko. Eksperimento metu vyravo silpnas vėjas iš pietų (53 % laiko) ir šiaurės (38 % laiko). Vėjas, silpnesnis nei 0,5 m/s, pūtė 77 % tyrimo laiko, o didesnis nei 2 m/s vėjo greičio eksperimento metu nenustatyta. Eksperimento laikotarpiu vyravusios meteorologinės sąlygos būdingos šio sezono paskutinių penkerių metų daugiametėms vertėms.

Prie tirtos automobilių eismo gatvės azoto monoksido koncentracija mėnesio laikotarpiu kito nuo 0,7 iki 96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , o azoto dioksido – nuo 1,5 iki 68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eksperimento laikotarpiu ozono koncentracija kito 0,2–81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  intervale. Skirtingomis mėnesio dienomis didžiausios azoto monoksido koncentracijos vertės skyrėsi 9,3 karto, o azoto dioksido – iki 3,7 karto. Didžiausios ozono koncentracijos verčių nesutaptis skirtingomis eksperimento dienomis gauta iki 2,5 karto.

Mėnesio vidutinės ozono ( $O_3$ ) ir azoto oksidų ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ) koncentracijos dinamika per parą pateikta 2 paveiksle. Prie tirtos Antakalnio gatvės stebima netolygi tirtų teršalų sklaida, kuriai daugiausiai įtakos turėjo automobilių transporto srautų pasiskirstymas ir meteorologinės sąlygos. Paros laikotarpiu ozono koncentracija keičiasi: didžiausią vertę pasiekia vidurdienį, o naktį būna ženkliai mažesnė. Dieną vyrauja palankios sąlygos fotocheminiam ozono susidarymui, taip pat šio teršalo koncentracijos padidėjimą dieną nulemia spartus ozonu praturtinto oro pritekėjimas iš aukštesnių į pažemio sluoksnį. Naktį dėl temperatūros inversijos vertikalus ozonu praturtinto oro pritekėjimas iš aukštesnių sluoksnių labai lėtas. Be to, naktį ozono kiekis sumažėja dėl sauso šio teršalo nusėdimo ir ozono reakcijų su azoto monoksidu. Eksperimento laikotarpiu saulė tekėjo 5.30–6.30 val. Saulei patekęs, ozono koncentracija pamažu pradeda didėti, maksimumą pasiekia dieną, o paskui lėtai mažėja iki kito ryto. Be to, automobilių išmetami azoto oksidai turėjo įtakos priežemio ozono koncentracijos lygiui.

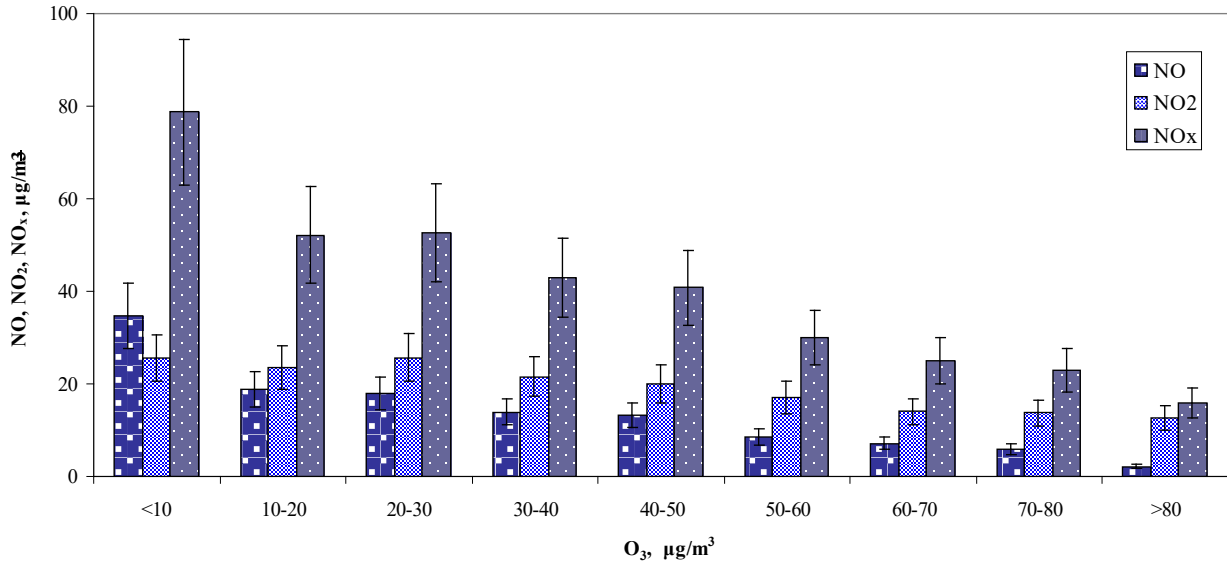
Paros azoto monoksido ( $NO$ ), azoto dioksido ( $NO_2$ ) ir azoto oksido ( $NO_x$ ) koncentracijos pasiskirstymui charakteringi du maksimumai. Tirtos azoto oksidų koncentracijos padidėjimas stebimas automobilių spūsčių rytinėmis (7–8 val.) ir vakarinėmis (16–18 val.) valandomis. Azoto monoksido ir azoto oksido dinamikai charakteringa panaši koncentracijos eiga, stebint dominuojančius koncentracijos padidėjimus rytiniu transporto spūsčių metu. Azoto monoksido koncentracijos maksimumas ryte 1,4 karto didesnis nei vakare, o

azoto oksido atveju – 1,1 karto. Azoto dioksido koncentracijos pasiskirstymui būdinga 1,3 karto didesnė koncentracija vakarinėmis transporto piko valandomis nei rytinėmis. Ryte didžiausia azoto dioksido koncentracija pasiekama praėjus 1 valandai po azoto monoksido koncentracijos piko, o ozono – praėjus maždaug 7 valandoms po azoto monoksido koncentracijos piko ir 6 valandoms po azoto dioksido koncentracijos piko. Tiek azoto monoksido, tiek azoto dioksido koncentracijos sumažėjimas nulemia ozono kiekio prie tirtos automobilių eismo gatvės padidėjimą. Gauti tyrimo duomenys rodo, kad transporto priemonių Antakalnio gatvėje gausa ir išmetamas didelis ozono pirmtakų (azoto oksidų) kiekis nulemia ozono lygio priežemio sluoksnyje sumažėjimą.



**2 pav.** Vidutinės  $O_3$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$  koncentracijos kaita per parą  
**Fig. 2.** Changes in average diurnal  $O_3$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$  concentrations

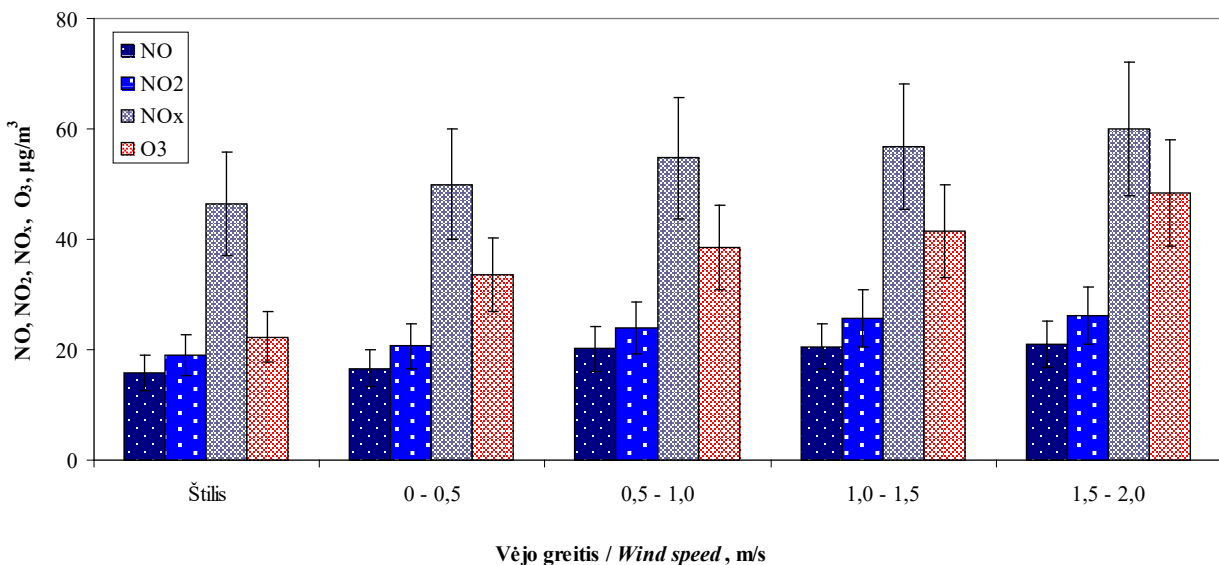
Atlikta tarpusavio ryšio tarp ozono ir azoto oksidų koncentracijos paieška (3 pav.). Dažniausiai (60 %) tyrimo metu registruota nuo 20 iki  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ozono koncentracija. Mažesnė nei  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ir didesnė nei  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ozono koncentracija stebėta 14 % eksperimento laiko. Ryšys tarp azoto oksidų ir ozono koncentracijos neigiamas, bet jis nebuvo tiesinis. Stipresnis ryšys tarp azoto oksidų ir ozono stebimas esant didesnei negu  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ozono koncentracijai. Esant mažoms ( $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ozono reikšmėms, azoto monoksido koncentracija yra 16 kartų, azoto dioksido – 2 kartus, o azoto oksido – 5 kartus didesnė, nei esant didelei ( $>80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ozono koncentracijai. Vadinasi, vyraujant didesnei azoto oksidų koncentracijai ( $NO - 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $NO_2 - 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $NO_x - 79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ozono susidaro 88 % mažiau. Nustatytas statistiškai reikšmingas labai stiprus neigiamas koreliacinis ryšys tarp azoto monoksido ir ozono, tarp azoto dioksido ir ozono, tarp azoto oksido ir ozono, koreliacijos koeficientai tarp kintamųjų visais atvejais didesni už  $-0,97$ .



3 pav. Ryšys tarp azoto oksidų ir ozono koncentracijos

Fig. 3. Relationship between nitrogen oxides and ozone concentrations

Analizuojant meteorologinių parametru įtaką ozono ir azoto oksidų koncentracijai prie Antakalnio gatvės, vykdyta koreliacinio ryšio tarp tiriamų parametru paieška ir įvertinti koreliaciniai koeficientai. Tarp santykinės oro drėgmės ir ozono koncentracijos bei azoto oksidų koncentracijos nustatytas silpnas koreliacinis ryšys. Be to, silpnas neigiamas ryšys nustatytas ir tarp atmosferos slėgio ir tirtų teršalų koncentracijos. Gauti tyrimo duomenys rodo, kad santykinės oro drėgmės ir slėgio įtaka ozono ir azoto oksidų koncentracijos dinamikai tirtroje vietoje nebuvo labai svarbi. Tarp aplinkos temperatūros ir ozono koncentracijos nustatytas stiprus teigiamas koreliacinis ryšys, o azoto oksidų susidarymui temperatūros vaidmuo ne toks ženklaus. Tyrimo vietoje vėjo krypties įtaka tirtų teršalų pasiskirstymui nebuvo reikšminga, nes vėjas >90 % laiko pūtė palei gatvę (iš šiaurės ir pietų), todėl automobilių transporto išmetami azoto oksidai nuo gatvės buvo nupučiami retai. Pastebėjus, kad svarbiausią vaidmenį tirtų teršalų koncentracijos pasiskirstymui prie Antakalnio gatvės turėjęs meteorologinis parametras buvo vėjo greitis, atlikta eksperimentinių duomenų grupavimo pagal šį kintamąjį analizė.



4 pav. O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> koncentracijos priklausomybė nuo vėjo greičio

Fig. 4. Dependency of O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> concentrations on wind speed

Atliktas vėjo greičio įtakos tirtų teršalų koncentracijos pasiskirstymui prie Antakalnio gatvės vertinimas (4 pav.). Stipresnis vėjas tyrimo vietoje nulėmė didesnę ozono ir azoto oksidų koncentraciją, tačiau eksperimento laikotarpiu pūtė silpnas (<2 m/s) vėjas. Stipresnis vėjas (>1,5 m/s) dažniausiai registruotas dieną,

vyraujant aukštesnei aplinkos temperatūrai ir mažai oro drėgmei. Štilio metu registruota vidutinė ozono koncentracija prie gatvės buvo  $22 \pm 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{NO}_x - 46 \pm 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , o pučiant stipresniam nei 1,5 m/s vėjui ozono koncentracija siekė  $48 \pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{NO}_x - 60 \pm 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pučiant stipresniam nei 1,5 m/s vėjui, ozono koncentracija gauta 2,2 karto, o azoto oksidų – 1,3 karto didesnė negu atvejais, kai vėjo nebuvo. Tyrimo laikotarpiu vyraujantis mažas vėjo greitis turėjo daugiau įtakos ozono ir jo pirmtakų – azoto oksidų koncentracijos svyravimams, o ne oro turbulencijos atmosferos pažemio sluoksnyje procesams.

### Išvados

1. Azoto oksidų ir ozono koncentracija paros laikotarpiu kinta: azoto oksidų koncentracijos maksimumai stebimi automobilių spūsčių metu, o ozono koncentracijos maksimumas sutampa su saulės spinduliuotės maksimumu ir stebimas vidurdienį. Azoto monoksido koncentracija rytinių transporto spūsčių metu 45 % didesnė, o azoto monoksido atveju – 24 % mažesnė nei vakarinių transporto spūsčių metu.
2. Skirtingomis tyrimo dienomis vidutinė azoto monoksido koncentracija skyrėsi iki 83 %, o azoto dioksido – iki 67 %. Vidutinės ozono koncentracijos vertės skirtingomis mėnesio dienomis skyrėsi iki 76 %.
3. Nustatyti tarp azoto oksidų ir ozono koncentracijos didesni nei  $-0,97$  Pirsono koreliacijos koeficientai rodo labai stiprą neigiamą ryšį tarp tirtų teršalų koncentracijos.
4. Tiriant meteorologinių parametų įtaką azoto oksidų ir ozono koncentracijai, stebima reikšminga vėjo greičio, ypač jam pučiant nuo gatvės, įtaka. Pučiant stipresniam nei 1,5 m/s vėjui, azoto oksidų koncentracija yra 33 %, o ozono – 117 % didesnė nei štilio metu.

### Literatūra

1. Abdallah, C., Afif, C., Sauvage, S., Borbon, A., Salameh, A., Kfoury, T., Leonardis, T., Karam, C., Formenti, P., Doussin, J. F., Locoge, N. and Sartelet, K. (2020). Determination of gaseous and particulate emission factors from road transport in a Middle Eastern capital. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 83, 102361.
2. Achakulwisut, P., Brauer, M., Hystad, P. and Anenberg, S. C. (2019). Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient  $\text{NO}_2$  pollution: Estimates from global datasets. *Lancet Planetary Health*, 3(4), e166–e178.
3. Andersen, Z. J., Kristiansen, L. C., Andersen, K. K., Olsen, T. S., Hvidberg, M., Jensen, S. S., Ketzel, M., Loft, S., Sørensen, M., Tjønneland, A., Overvad, K. and Raaschou-Nielsen, O. (2012). Stroke and long-term exposure to outdoor air pollution from nitrogen dioxide: A cohort study. *Stroke*, 43(2), 3250–3255.
4. Anenberg, S. C., Miller, J., Minjares, R., Du, L., Henze, D. K., Lacey, F., Malley, C. S., Emberson, L., Franco, V., Klimont, Z. and Heyes, C. (2017). Impacts and mitigation of excess diesel-related  $\text{NO}_x$  emissions in 11 major vehicle markets. *Nature*, 545(7655), 467–471.
5. Carslaw, D. C., Farren, N. J., Vaughn, A. R., Drysdale, W. S., Young, S. and Lee, J. D. (2019). The diminishing importance of nitrogen dioxide emissions from road vehicle exhaust. *Atmospheric Environment: X*, 1, 100002.
6. Deak, V., Raischi, M., Lumînăroiu, L., Holban, E., Tudor, G., Raischi, N., Matache, R. and Ibrahim, N. M. (2023). Study of the influence of road traffic emissions on air quality in sensitive areas of the Bucharest city, using Breeze Aermod software. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1216(1), 012008.
7. European Union (2008). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, L 152.
8. Huang, L., Fang, J., Liao, J., Yarwood, G., Chen, H., Wang, Y. and Li, L. (2023). Insights into soil  $\text{NO}$  emissions and the contribution to surface ozone formation in China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23(23), 14919–14932.
9. Institute for Health Metrics and Evaluation (2020). Global Burden of Disease (GBD) 2019 Cause and Risk Summaries. Prieiga per internetą: [http://www.healthdata.org/results/gbd\\_summaries/2019](http://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019)
10. Jin, X., Fiore, A., Boersma, K. F., Smedt, I. D. and Valin, L. (2020). Inferring changes in summertime surface ozone- $\text{NO}_x$ -VOC chemistry over US urban areas from two decades of satellite and ground-based observations. *Environmental Science and Technology*, 54(11), 6518–6529.
11. Karl, T., Lamprecht, Ch., Graus, M., Cede, A., Tiefengraber, M., Vila-Guerau de Arellano, J., Gurarie, D. and Lenschow, D. (2023). High urban  $\text{NO}_x$  triggers a substantial chemical downward flux of ozone. *Science Advances*, 9(3), eadd2365.

12. Lozhkin, V. N., Lozhkina, O. V. and Ushakov, A. (2013). Using K-theory in geographic information investigations of critical-level pollution of atmosphere in the vicinity of motor roads. *World Applied Sciences Journal*, 23(13), 96–100.
13. Lozhkina, O. V. and Lozhkin, V. N. (2015). Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models. *Transportation Research Part D*, 36, 178–189.
14. Mavroidis, I. and Chaloulakou, A. (2011). Long-term trends of primary and secondary NO<sub>2</sub> production in the Athens area. Variation of the NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> ratio. *Atmospheric Environment*, 45(38), 6872–6879.
15. Mavroidis, I. and Ilija, M. (2012). Trends of NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> concentrations at three different types of air quality monitoring stations in Athens, Greece. *Atmospheric Environment*, 63, 135–147.
16. Sha, T., Ma, X., Zhang, H., Janecek, N., Wang, Y., Wang, Y., Castro García, L., Jenerette, G. D. and Wang, J. (2021). Impacts of soil NO<sub>x</sub> emission on O<sub>3</sub> air quality in rural California. *Environmental Science and Technology*, 55(10), 7113–7122.
17. Sicard, P., Agathokleous, E., De Marco, A., Paoletti, E. and Calatayud, V. (2021). Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. *Environmental Science Europe*, 33, 28, 1–12.
18. Stohl, A., Aamaas, B., Amann, M., Baker, L. H., Bellouin, N., Bernsten, T. K., Boucher, O., Cherian, R., Collins, W., Daskalakis, N., Dusinska, M., Eckhardt, S., Fuglestedt, J. S., Harju, M., Heyes, C., Hodnebrog, Ø., Hao, J., Im, U., Kanakidou, M., Klimont, Z., Kupiainen, K., Law, K. S., Lund, M. T., Maas, R., MacIntosh, C. R., Myhre, G., Myriokefalitakis, S., Olivie, D., Quaas, J., Quennehen, B., Raut, J.-C., Rumbold, S. T., Samset, B. H., Schulz, M., Seland, Ø., Shine, K. P., Skeie, R. B., Wang, S., Yttri, K. E. and Zhu, T. (2015). Evaluating the climate and air quality impacts of short-lived pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(18), 10529–10566.
19. Tan, Z., Lu, K., Dong, H., Hu, M., Li, X., Liu, Y., Lu, S., Shao, M., Su, R., Wang, H. and Wu, Y. (2018). Explicit diagnosis of the local ozone production rate and the ozone-NO<sub>x</sub>-VOC sensitivities. *Science Bulletin*, 63(16), 1067–1076.
20. Vallack, H. W., Olawoyin, O. O., Hicks, W. K., Kuylenstierna, J. C. I. and Emberson, L. D. (2020). The Global Atmospheric Pollution Forum (GAPF) emission inventory preparation tool and its application to Côte d'Ivoire. *Atmospheric Pollution Research*, 11(9), 1500–1512.
21. World Health Organization (2006). WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. World Health Organization, Geneva.

#### Vaida Vasiliauskienė

General Jonas Žemaitis Military Academy of Lithuania, Lithuania

#### Assessment of the Air Pollution by Vehicle-Emitted Nitrogen Oxides and Its Impact on Ozone Concentrations

Emissions from road vehicles are considered as a major contributor to air pollution and associated adverse health effects. The increasing number of vehicles results in congestion within urban areas, and, at the same time, increases the quantities of ozone precursors causing air quality problems in those areas. The experiment was conducted in the Antakalnis district area which is considered as one of the cleanest and least populated districts of Vilnius city. The concentrations of air pollutants (ozone and nitrogen oxides) and meteorological parameters (temperature, relative humidity, pressure, wind speed and direction) were measured near Antakalnis Street during the summertime. Higher concentrations of nitrogen oxides (precursors of ozone) have been recorded near this street during traffic jams proving that the formation of nitrogen oxides is strongly influenced by traffic intensity. The most important meteorological parameter for the dynamics of nitrogen oxides and ozone in the research area was the wind speed.

Transport pollution, ozone, nitrogen oxides, meteorological parameters.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Vaida VASILIAUSKIENĖ. Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademijos Gynybos ir technologijos vadybos mokslų grupės docentė. Adresas: Šilo g. 5A, LT-10322 Vilnius. Tel. +370 52 126313, el. paštas: [vaida.vasiliauskiene@lka.lt](mailto:vaida.vasiliauskiene@lka.lt)

Vaida VASILIAUSKIENĖ. General Jonas Žemaitis Military Academy of Lithuania, Research Group on Logistics and Defense Technology Management, assoc. prof. Address: Šilo g. 5A, LT-10322 Vilnius. Phone: +370 52 126313, e-mail: [vaida.vasiliauskiene@lka.lt](mailto:vaida.vasiliauskiene@lka.lt)

# LYGIAVERTĖS DOZĖS GALIOS POKYČIŲ VTDK PATALPOSE VERTINIMAS

Milda Pečiulienė, Kristina Višnevskienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

Statybinėse medžiagose esančių radionuklidų gama spinduliuotė pakeičia natūralų radiacinį foną. Bet koks mažų dozių spinduliuotės padidėjimas gali turėti įtakos papildomai žmogaus apšvitai. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos (VTDK) patalpose atlikti gamtinės kilmės radionuklidų sukeltos jonizuojančiosios spinduliuotės dozimetriniai tyrimai. Išmatuota lygiavertės dozės galia (LDG) kito nuo  $36 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$  iki  $101 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ . Nustatyta, kad pastato aukštas LDG kaitai didelės reikšmės neturi (išskyrus patalpas rūsyje). Didžiausią įtaką LDG pokyčiams turi radioaktyviųjų medžiagų kiekis statybinėse medžiagose ir tinkama patalpų ventiliacija. Apskaičiuotas atskirų gama spindulių –  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ir  $^{40}\text{K}$ , esančių skirtingose statybinėse medžiagose, indėlis į išorinę lygiavertę dozės galia.

Lygiavertė dozės galia, savitasis aktyvumas, radionuklidai, jonizuojančioji spinduliuotė.

## Įvadas

Jonizuojančioji spinduliuotė yra didelės energijos dalelių srautas arba trumpųjų elektromagnetinių bangų spinduliuotė, kuri geba jonizuoti aplinką, o jos poveikis gali sukelti pokyčius gyvuosiuose organizmuose. Ji skvarbesnė, todėl jos poveikis giluminis. Esant didelei apšvitai, ląstelės žūva arba yra pažeidžiamos. Žuvusios ląstelės neatsikuria, o pažeistosioms išskyla išsigimimo pavojus, galintis nulemti vėžinius ir genetinius susirgimus (Radiacinės saugos centras, 2024).

Žmogų nuolat veikia įvairūs kiekis jonizuojančiosios spinduliuotės iš įvairių šaltinių – tiek iš natūralių (kosminių arba irstant natūraliai susidariusiems radionuklidams), tiek iš dirbtinių (medicinos prietaisų, branduolinės energijos, radioaktyviųjų dulkių). Žmogui tenkanti radioaktyvioji apšvita priklauso nuo įvairių gyvenimo aspektų – nuo jo gyvenamosios vietos, papildomos spinduliuotės, gaunamos atliekant įvairias medicinines procedūras, arba darbo vietoje tenkančios jonizuojančiosios spinduliuotės. Apskaičiuota, kad Europoje vienam žmogui tenka vidutiniškai  $4 \text{ mSv}$  radioaktyviosios apšvitos per metus, tačiau dėl su gyvenimu būdu susijusių priežasčių daugeliui žmonių tenkanti apšvita gali būti didesnė ar mažesnė nei vidutinė (International Agency for Research on Cancer, 2016). Daugeliui žmonių didžiausios papildomos apšvitos dozės, kuri siekia vidutiniškai  $1\text{--}2 \text{ mSv}\cdot\text{metai}^{-1}$ , šaltinis yra namuose arba darbo vietoje esantis radonas, tačiau atskiruose pastatuose ir įvairiose vietose jo kiekis gali gerokai skirtis. Žmogus negali kontroliuoti daugumos natūralių spinduliuotės šaltinių, tokių kaip kosminė spinduliuotė, nedidelis natūralus maisto radioaktyvumas arba gamtinių radionuklidų kiekis grunte.

Pagrindinis parametras, leidžiantis nustatyti dozes, kurias gauna žmonės, gyvenantys iš įvairių medžiagų pastatytuose namuose, yra gamtinės kilmės radionuklidų savitasis aktyvumas ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) statybinėse medžiagose (Pečiulienė, 2021). Didžiausią reikšmę žmogaus apšvitai turi medžiagose esantis gamtinės kilmės radionuklidai –  $^{40}\text{K}$  ir radionuklidai, susidarę iš gamtoje esančių radioaktyviųjų  $^{238}\text{U}$  ir  $^{232}\text{Th}$  grandinių (Kumar et al., 2003). Statybinių medžiagų užterštumas gamtinės kilmės radionuklidais galimas dažniausiai dėl gamybai naudojamų medžiagų, kuriose yra gana didelis radionuklidų kiekis. Į statybines medžiagas dedant sudedamąsias dalis, įskaitant liekanas, gaunamas perdurbant medžiagas, turinčias gamtinės kilmės radioaktyviųjų medžiagų, būtina įvertinti, kiek tos sudedamosios dalies gali būti įdėta, kad nebūtų viršytas atitinkamas aktyvumo koncentracijos rodiklis, reglamentuojamas higienos normose (Sonkawadea et al., 2008). Remiantis Lietuvos higienos normos duomenimis, jis neturėtų viršyti 1. Statybinės medžiagos, viršijančios atitinkamą aktyvumo koncentracijos rodiklį, gali būti naudojamos tik įvertinus, kokią metinę apšvitos dozę, atsižvelgiant į statinio paskirtį, gautų gyventojai (Lietuvos higienos norma, 2018).

Pastaruuju metu svarbi ir opi problema yra inertinių dujų – radono ekshalicija iš statybinių medžiagų. Šios radioaktyviosios inertinės dujos yra vienas iš svarbiausių vidinės radioaktyviosios apšvitos šaltinių. Kai kurių tyrimų duomenimis, radonas ir jo skilimo produktai nulemia apie 50 % visos natūralios spinduliuotės dozės (Jasaitis, Pečiulienė, 2021).

Gyvenamosiose patalpose gamtinės spinduliuotės nulemtos LDG neturi viršyti  $350 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ , darbo vietose LDG lygis turi būti ne didesnis kaip  $450 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ . Šis reikalavimas netaikomas patalpoms, kuriose verčiamasi veikla, kuri yra susijusi su gamtinės kilmės radionuklidais arba medžiagomis, turinčiomis gamtinės kilmės radionuklidų, ir kuriai reikalinga licencija. Statybinių medžiagų skleidžiamos gama spinduliuotės išorinė

apšvita gyventojams neturi viršyti  $1 \text{ mSv} \cdot \text{metai}^{-1}$ . Dėl statybinėse medžiagose esančių radionuklidų aktyvumo išorinės apšvitos mastas priklauso nuo laiko, praleidžiamo patalpose.

Darbo tikslas – įvertinti gamtinės kilmės radionuklidų sukeltą papildomą apšvitą Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakulteto (VTDK) patalpose, atliekant dozimetrinius ir spektrometrinius tyrimus; įvertinti jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį išmatuojant lygiavertę dozės galią (LDG) skirtinguose pastato aukštuose; išmatuoti gamtinės kilmės radionuklidų  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ir  $^{40}\text{K}$  savitąjį aktyvumą dažniausiai statybose naudojamose medžiagose, vertinant naudojamų statybinių medžiagų tinkamumą radiacinės saugos aspektu.

## Tyrimų metodika

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje (VTDK) atlikti lygiavertės dozės galios (LDG) matavimai, siekiant įvertinti gamtinės kilmės radionuklidų sukeltos jonizuojančiosios spinduliuotės lygį. Tyrimui buvo pasirinktos VTDK patalpos skirtinguose aukštuose, įskaitant auditorijas, laboratorijas, sporto salę ir pagalbines patalpas.

Tyrimams naudotas mobilusis jonizuojančiosios spinduliuotės matavimo ir registravimo įrenginys „InSpector 1000“ su Na I detektoriumi IPROS-3: stabilizuotas  $3'' \times 3''$ ;  $32\,000 \text{ cps/mrem/h} \pm 3,5\%$ .

Vykdamas nenutrūkstamą matavimų seką, sudarytas eksperimento vietų tinklelis kas 1 m. Dozimetro parodymai atnaujinti kas 3 s. Tame pačiame matavimo taške LDG ( $\text{nSv} \cdot \text{h}^{-1}$ ) išmatuota po 5 kartus iš eilės 1 m aukštyje nuo paviršiaus. Visose patalpose nuo sienos pasirinktas 1 m atstumas. Įvertinta kiekvienos bandymų serijos LDG patalpos pažemio ore vidutinė vertė. Atlikta lyginamoji analizė įvertinant dirbtinės ventiliacijos įtaką patalpose.

Siekiant įvertinti gamtinės kilmės radionuklidų, esančių statybinėse medžiagose, įtaką sukeliama LDG, atlikti dažniausiai naudojamų statybinių medžiagų, įeinančių į pastatų konstrukcijų sudėtį, spektrometriniai tyrimai. Identifikuoti statybinių medžiagų sudėtyje esantys gamtinės kilmės radionuklidai  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ir  $^{232}\text{Th}$ , išmatuotas jų savitasis aktyvumas ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ).

Spektrometriniai tyrimai atlikti naudojant gama spektrometrinę sistemą („Canberra Industries“, JAV) su puslaidininkiniu grynojo germanio (HpGe) jutikliu (modelis – GC2520, efektyvumas –  $26,2\%$ , skiriamoji geba –  $1,76 \text{ keV}/1,33 \text{ MeV}$ ). Bandiniai nenutrūkstamai matuoti išlaikant  $90,000 \text{ s}$  ekspoziciją.

$^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ir  $^{232}\text{Th}$  savitasis aktyvumas tiriamuose bandiniuose apskaičiuotas pagal formulę

$$A = \frac{S}{\varepsilon_E \eta_\gamma m t}, \quad (1)$$

čia  $A$  –  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ir  $^{232}\text{Th}$  savitasis aktyvumas tiriamuose bandiniuose,  $\text{Bq kg}^{-1}$ ;  
 $S$  – spektro smailės plotas, atėmus foną, imp;  
 $\varepsilon_E$  – gama spektrometro efektyvumas;  
 $\eta_\gamma$  – radionuklido atitinkamos energijos skilimo kvantinė išeiga;  
 $m$  – bandinio masė, kg;  
 $t$  – matavimo laikas, s.

Metinė apšvitos dozė apskaičiuota pagal formulę

$$LDG(\text{mSv} \cdot \text{m}^{-1}) = LDG(\text{nSv} \cdot \text{h}^{-1}) \cdot t, \quad (2)$$

čia  $LDG$  – lygiavertė dozės galia;  
 $t$  – laikas, praleistas patalpose, s.

Atlikus spektrometrinę statybinių medžiagų analizę, taikant Monte Carlo metodą, apskaičiuota sugertosios dozės galia  $D$  ( $\text{nGyh}^{-1}$ ) (Ibraheem et al., 2018):

$$D(\text{nGyh}^{-1}) = 0,462 \cdot A_{Ra} + 0,604 \cdot A_{Th} + 0,0417 \cdot A_K, \quad (3)$$

čia  $D$  ( $\text{nGyh}^{-1}$ ) – sugertosios dozės galia;  
 $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_K$  –  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ir  $^{232}\text{Th}$  savitasis aktyvumas tiriamuose bandiniuose,  $\text{Bq kg}^{-1}$ .

## Rezultatai ir aptarimas

Spektrometriškai buvo ištirtos Lietuvoje pagamintos ir į Lietuvą įvežtos statybų procese dažniausiai naudojamos medžiagos: silikatinės plytos ir blokeliai, keraminės plytos bei blokeliai, akytojo betono blokeliai, betonas, gelžbetonis, mediena ir stiklas. Tyrimo metu buvo identifikuoti pagrindiniai gamtinės kilmės radionuklidai  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ir  $^{232}\text{Th}$ , apskaičiuotas jų savitasis aktyvumas ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ). Gamtinės kilmės radionuklidų kiekis skirtingose statybinėse medžiagose yra labai įvairus ir gali skirtis net iki kelių kartų (1 lentelė).



Didžiausias gamtinės kilmės radionuklidų savitasis aktyvumas nustatytas keraminėse plytose ir blokeliuose bei gelžbetonyje.

**1 lentelė.** Gamtinės kilmės radionuklidų savitasis aktyvumas Lietuvoje dažniausiai naudojamose statybinėse medžiagose

**Table 1.** Specific activities of natural radionuclides in the most commonly used building materials in Lithuania

Statybinė medžiaga <i>Building material</i>	Savitasis aktyvumas, Bq kg <sup>-1</sup> <i>Specific activity, Bq kg<sup>-1</sup></i>		
	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
Silikatinės plytos ir blokeliai <i>Silicate bricks and blocks</i>	28±2	14±2	632±22
Keraminės plytos ir blokeliai <i>Ceramic bricks and blocks</i>	67±2	24±1	814±25
Akytojo betono blokeliai <i>Autoclaved aerated concrete blocks</i>	18±2	8±1	125±3
Betonas <i>Concrete</i>	50±2	42±3	572±24
Gelžbetonis <i>Ferroconcrete</i>	89 ±5	37±3	725±47
Mediena <i>Wood</i>	<MDA	<MDA	37±1
Stiklas <i>Glass</i>	3±1	<MDA	7±1

Iš eksperimento rezultatų matyti, kad didžiausią įtaką formuojamai išorinei apšvitai turi ilgaamžio gamtinės kilmės radionuklido <sup>40</sup>K spinduliuotė.

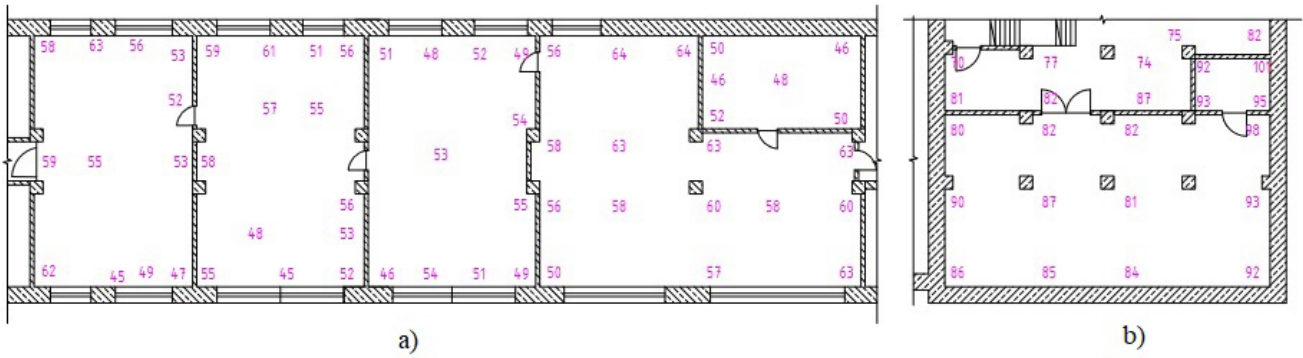
Jonizuojančiosios spinduliuotės kaitos tyrimai atlikti skirtingose VTDK patalpose. Dozimetriniais tyrimais nustatyta LDG, sukelta radionuklidų, esančių patalpos ore, statybinėse medžiagose ir grunte, jonizuojančiosios spinduliuotės. LDG kito plačiame verčių diapazone nuo 36 nSv·h<sup>-1</sup> iki 101 nSv·h<sup>-1</sup>. 2 lentelėje pateikti LDG matavimų statistiniai duomenys. Pastebėta, kad toje pačioje patalpoje LDG vertės pasiskirsčiusios chaotiškai. Parodymų nevienodumą gali nulemti nevienodas radioaktyviųjų medžiagų kiekis statybinėse medžiagose (2 lentelė).

**2 lentelė.** Lygiavertės dozės galia VTDK patalpose

**Table 2.** Equivalent dose rate VTDK indoors

Patalpa <i>Room</i>	Lygiavertė dozės galia, nSv·h <sup>-1</sup> <i>Equivalent dose rate, nSv·h<sup>-1</sup></i>			
	Minimali reikšmė <i>Minimum value</i>	Maksimali reikšmė <i>Maximum value</i>	Vidutinė vertė <i>Average value</i>	Standartinis nuokrypis <i>Standard deviation</i>
Cokolinis aukštas <i>Basement</i>	45	63	54	±5
Cokolinis aukštas (neventiliuojama patalpa) <i>Basement (non-ventilated)</i>	70	101	86	±8
1 aukštas <i>1st floor</i>	50	95	73	±9
2 aukštas <i>2nd floor</i>	36	94	68	±5
3 aukštas <i>3rd floor</i>	49	87	64	±9
4 aukštas <i>4th floor</i>	44	98	73	±12

1–3 pav. pateiktas vidutinių LDG verčių pasiskirstymas konkrečiuose matavimo taškuose. Cokoliniame aukšte esančiose patalpose išmatuotos vertės kito nuo 45 iki 101 nSv·h<sup>-1</sup>. Pastebėta reikšminga ventiliacijos įtaka LDG kaitai. Cokolinio aukšto patalpose, kuriose įrengta dirbtinė ventiliacija, vidutinė LDG vertė siekia 54 nSv·h<sup>-1</sup> (1a pav.), o neventiliuojamose patalpose – 86 nSv·h<sup>-1</sup> (1b pav.).



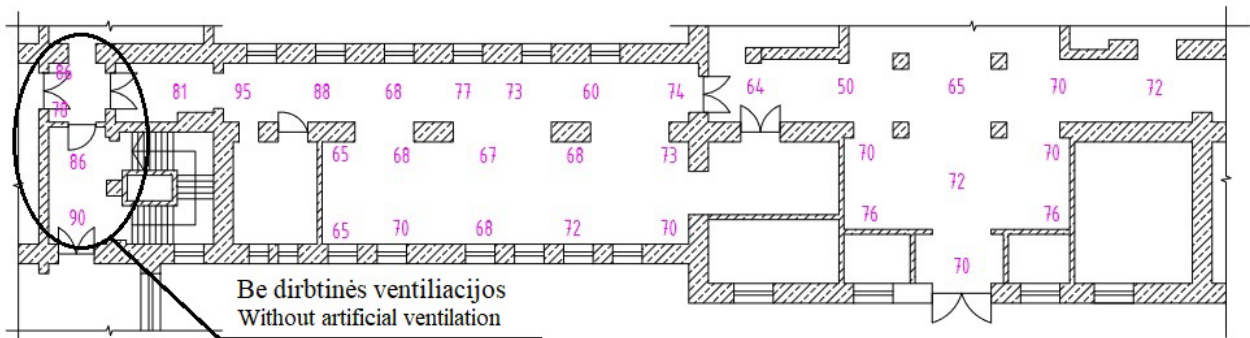
1 pav. LDG cokolinio aukšto patalpose: a) su dirbtine ventiliacija, b) neventiliuojama,  $nSv \cdot h^{-1}$

Fig 1. EDR in basement rooms: a) basement with artificial ventilation, b) basement, non-ventilated,  $nSv \cdot h^{-1}$

Cokoliniame pastato aukšte neventiliuojamose patalpose verčių padidėjimą gali nulemti į patalpas iš grunto patenkančios ir besikaupiančios gamtinės inertinės dujos – radonas bei jo skilimo produktai. Jie labiausiai paveikia papildomą apšvitą. Radono kiekis ore dažniausiai nedidelis, tačiau uždaroje erdvėje jis kaupiasi, todėl padidėja jonizuojančiosios spinduliuotės intensyvumas (Ptiček Siroci et al., 2020). Dėl šios priežasties labai svarbu visose patalpose, ypač esančiose rūsiuose, pasirūpinti tinkama ventiliacija.

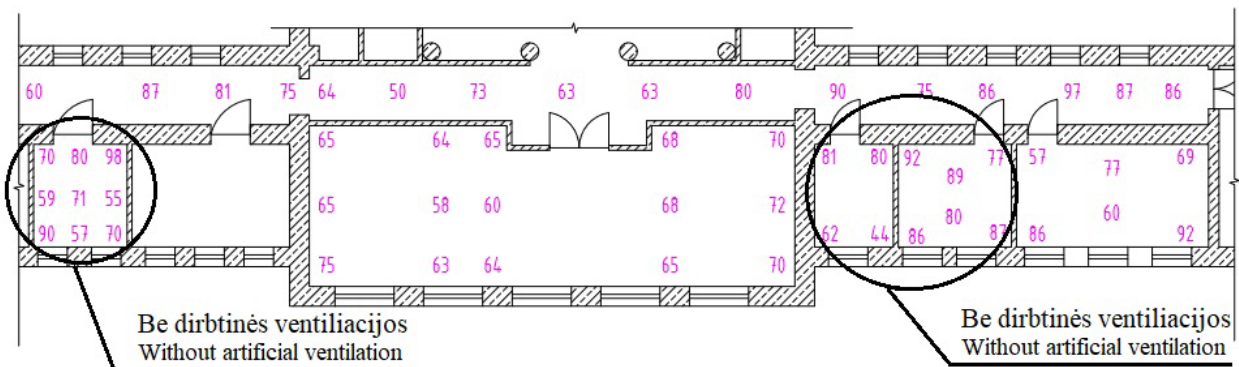
2 ir 3 pav. pateiktas LDG vidutinių verčių pasiskirstymas pirmame ir ketvirtame aukštuose. Pastebėta, kad pastato aukštas neženkliai veikia LDG pokyčius, išskyrus požemines patalpas, esančias cokoliniame aukšte. Skirtinguose aukštuose vidutinės vertės kito nuo 54 iki 86  $nSv \cdot h^{-1}$  (2 lentelė). Antrame ir trečiame aukštuose vidutinės LDG vertės nuo pirmo ir ketvirto skyrėsi 1–4 %.

Pastebėta, kad itin didelę reikšmę spinduliuotės kaitai turi patalpų ventiliacija. Vietose, kuriose vyksta intensyvesnė oro cirkuliacija: prie durų, lango ar ventiliacijos angų, nustatytos mažesnės LDG vertės, o neventiliuojamose patalpose jos yra 8–37 % didesnės (2 ir 3 pav.).



2 pav. LDG pirmo aukšto patalpose,  $nSv \cdot h^{-1}$

Fig 2. EDR in rooms on the first floor,  $nSv \cdot h^{-1}$



3 pav. LDG ketvirto aukšto patalpose,  $nSv \cdot h^{-1}$

Fig 3. EDR in rooms on the fourth floor,  $nSv \cdot h^{-1}$

Nustatyta, kad gama spinduliuotės dozė ventiliuojamose ir neventiliuojamose patalpose skiriasi iki 1,6 karto, vadinasi, ir žmogaus gaunamos papildomos apšvitos dozės skiriasi vidutiniškai tiek pat kartų. Taip pat reikia nepamiršti, kad pastato sienos yra ne tik jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis, bet ir ekranas, kuris saugo žmogų nuo kosminės spinduliuotės poveikio.

Norint įvertinti, kokią apšvitos dozę gauna žmogus, būdamas VTDK, reikia atsižvelgti į tai, kiek laiko praleidžiama konkrečioje patalpoje. Pagal gautus LDG tyrimo rezultatus buvo apskaičiuota metinė apšvitos dozė. Ji kito nuo 0,47 mSv·metai<sup>-1</sup> iki 0,75 mSv·metai<sup>-1</sup>. Gauti dydžiai neviršijo Lietuvos higienos normos reglamentuojamų dydžių (Lietuvos higienos norma, 2018).

Pasinaudojus spektrometriniais statybinių medžiagų tyrimais, įvertintas gamtinės kilmės radionuklidų indėlis į formuojamą apšvitą, apskaičiuojant sugertosios dozės galią ore D (nGy·h<sup>-1</sup>). Nustatytos vidutinės sugertosios dozės galios vertės, tariant, kad pagrindinė statinio konstrukcinė medžiaga yra silikatinės ir keraminės plytos bei blokeliai. Apskaičiuotos vertės kito nuo 52 iki 79 nGy h<sup>-1</sup> ir neviršijo sugertosios dozės galios pastatuose pasaulinio vidurkio – 84 nGy h<sup>-1</sup> (UNSCEAR, 2000).

## Išvados

1. VTDK patalpose išmatuotosios LDG vertės kito chaotiškai – nuo 36 nSv·h<sup>-1</sup> iki 101 nSv·h<sup>-1</sup>. Nesutapimus nulėmė nevienodas radioaktyviųjų medžiagų kiekis statybinėse medžiagose ir skirtinga patalpų ventiliacija. Pastato aukštas LDG kaitai įtakos neturėjo, išskyrus patalpas, esančias cokoliniame aukšte.
2. Siekiant išsiaiškinti LDG kitimo patalpose priežastis, spektrometriniais tyrimais nustatytas gamtinės kilmės radionuklidų savitasis aktyvumas Lietuvoje dažniausiai naudojamos statybinėse medžiagose. Vertės kito taip: <sup>226</sup>Ra – nuo 3 Bq·kg<sup>-1</sup> iki 89 Bq·kg<sup>-1</sup>, <sup>232</sup>Th – nuo 0,1 Bq·kg<sup>-1</sup> iki 42 Bq·kg<sup>-1</sup>, <sup>40</sup>K – nuo 7 Bq·kg<sup>-1</sup> iki 814 Bq·kg<sup>-1</sup>.
3. Įvertinta žmogaus, esančio patalpoje, gaunama metinė apšvitos dozė – nuo 0,47 mSv·metai<sup>-1</sup> iki 0,75 mSv·metai<sup>-1</sup>. Gauti dydžiai neviršijo Lietuvos higienos normose reglamentuojamų dydžių.
4. Įvertintos sugertosios dozės galios reikšmės kito nuo 52 iki 79 nGy h<sup>-1</sup>. Nustatytos vidutinės vertės neviršijo higienos normose reglamentuojamų dydžių.
5. Nepageidaujama papildoma žmonių apšvita patalpose dėl statybinėse medžiagose esančių gamtinės kilmės radionuklidų jonizuojančiosios spinduliuotės privalo būti kontroliuojama, atsakingai renkant statybines medžiagas ir daug dėmesio skiriant tinkamai patalpų ventiliacijai.

## Literatūra

1. International Agency for Research on Cancer (2016). Europos kovos su vėžiu kodeksas. Prieiga per internetą: <https://cancer-code-europe.iarc.fr/index.php/lt/apie-kodeksa>
2. Ibraheem, A. A., El-taher, A. and Alruwaili, M. H. (2018). Assessment of natural radioactivity levels and radiation hazard indices for soil samples from Abha, Saudi Arabia. *Results in Physics*, 11, 325–330.
3. Jasaitis, D. and Pečiulienė, M. (2021). Natural radioactivity and radon exhalation from building materials in underground parking lots. *Applied Sciences*, 11(16), 1–11.
4. Kumar, A., Kumar, M. and Singh, S. (2003). Natural activities of U-238, Th-232, K-40 in some Indian building materials. *Radiation Measurements*, 36(1–6), 465–470.
5. Lietuvos higienos norma (2018). Pagrindinės radiacinės saugos normos (HN 73:2018). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.159355/asr>
6. Pečiulienė, M. (2021). Gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės tyrimai žmogų supančioje aplinkoje. *Žmogaus ir gamtos sauga*, 82–85. <https://doi.org/10.7220/2538-9122.2021>
7. Ptiček Siroci, A., Stanko, D., Sakač, N., Dogančić, D. and Trojko, T. (2020). Short-term measurement of indoor radon concentration in Northern Croatia. *Applied Sciences*, 10(7), 2341.
8. Radiacinės saugos centras (2024). Kas yra jonizuojančioji spinduliuotė ir kaip apsisaugoti nuo žalingo jos poveikio? Prieiga per internetą: <https://rsc.lrv.lt/lt/dazniausiai-uzduodami-klausimai/gyventojams-1/jonizuojancioji-spinduliuote/1-kas-yra-jonizuojancioji-spinduliuote-ir-kaip-apsisaugoti-nuo-zalingo-jos-poveikio/>
9. Sonkawadea, R. G., Kantb, K., Muralithara, S., Kumara, R. and Ramola, R. C. (2008). Natural radioactivity in common building construction and radiation shielding materials. *Atmospheric Environment*, 42(9), 2254–2259. doi:10.1016/j.atmosenv.2007.11.037
10. UNSCEAR (2000). Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, 1, 654.

**Milda Pečiulienė, Kristina Višnevskienė**

Vilnius College of Technologies and Design, Lithuania

### **Assessment of Changes of Equivalent Dose Rate in VTDK Indoors**

The gamma radiation from radionuclides present in building materials alters the natural radiation background. Any increase in low-dose radiation can potentially affect additional human exposure. Dosimetric studies of naturally occurring radionuclide-induced ionizing radiation were conducted in the premises of Vilnius College of Technologies and Design (VTDK). The measured equivalent dose rate (EDR) ranged from 36 nSv·h<sup>-1</sup> to 101 nSv·h<sup>-1</sup>. It was determined that the variation in EDR within the building is not significant (except for basement rooms). The quantities of radioactive materials in building materials and proper room ventilation have the greatest impact on EDR fluctuations. The contribution of individual gamma emitters – <sup>232</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, and <sup>40</sup>K – present in different building materials to external equivalent dose rate was calculated.

Equivalent dose rate, specific activity, radionuclides, ionizing radiation.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Milda PEČIULIENĖ. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Statybos fakulteto Statybos inžinerijos katedros docentė. Adresas: Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius. Tel.: +370 614 75709, el. paštas: m.peciuliene@vtdko.lt

Milda PEČIULIENĖ. Vilnius College of Technologies and Design, Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering, assoc. prof. Address: Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius. Phone: +370 614 75709, e-mail: m.peciuliene@vtdko.lt

Kristina VIŠNEVSKIENĖ. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakulteto Elektros ir elektronikos inžinerijos katedros lektorė. Adresas: Olandų g. 16, LT-01100 Vilnius. Tel.: +370 674 04941, el. paštas: k.visnevskiene@vtdko.lt

Kristina VIŠNEVSKIENĖ. Vilnius College of Technologies and Design, Faculty of Technical, Department of Electrical and Electronics Engineering, lecturer. Address: Olandų g. 16, LT-01100 Vilnius. Phone: +370 674 04941, e-mail: k.visnevskiene@vtdko.lt

# DIRBTINĖS KILMĖS RADIONUKLIDŲ BALTIJOS JŪROS LIETUVOS PRIEKRANTĖS VANDENYJE IR DUGNO NUOSĖDOSE LIEKAMOJO UŽTERŠTUMO ANALIZĖ

Asta Daunaravičienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas – „Vilnius Tech“

Baltijos jūros tarša yra esminė ekologinė problema. Tai – viena labiausiai užterštų jūrų įvairios kilmės teršalais, įskaitant radionuklidus. Baltijos jūros aplinkoje aptinkama dviejų tipų radionuklidų: natūraliųjų ir dirbtinių. Pirmieji egzistuoja nuo pat Žemės susiformavimo; pastarieji į jūrinę aplinką pateko su branduolinio ginklo bandymų atmosferinėmis iškritomis, upių vandenimis, iš branduolinės pramonės objektų, po Černobylio atominės elektrinės avarijos. Šiame straipsnyje nagrinėjama ilgalaikė dirbtinės kilmės radionuklidų ( $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$ ) liekamoji tarša Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje ir dugno nuosėdose. Nustatyta, kad vandenyje ir dugno nuosėdose esančių  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  kiekis mažėja, tačiau tai vyksta lėtai. Tyrimų rezultatai patvirtina, kad užterštumas įvykus avarijai, kai radioaktyviųjų medžiagų patenka į jūrinę aplinką, išlieka ilgą laiką.

Baltijos jūra, radionuklidai, vanduo, dugno nuosėdos.

## Įvadas

Šiaurės Europoje esanti Baltijos jūra – viena unikaliausių jūrinių ekosistemų Žemėje. Uždara, negili Baltijos jūra turi ribotą susisiekimą su Šiaurės jūra, joje lėta vandens apykaita ir maža mineralizacija. Jos paviršiaus plotas siekia apie  $390\,000\text{ km}^3$ , bendras vandens tūris –  $21\,205\text{ km}^3$ , vidutinis gylis – 48 m (Hutri et al., 2013). Į Baltijos jūrą įteka apie 250 upių (Manton et al., 2021), iš jų didžiausius baseinus turi Neva, Vysla, Oderis, Nemunas, Dauguva, Narva. Per metus visos upės į jūrą atplukdo apie  $440\text{ km}^3$  vandens.

Viena iš pagrindinių Baltijos jūros ekologinių problemų – antropogeninė tarša. Teršiančiosios medžiagos, patekusios į jūrinę aplinką, tampa vienu iš pagrindinių hidroekosistemos taršos rizikos veiksnių, kurie gali sukelti neprognozuojamų pokyčių. Prie ilgalaikės taršos komponentų priskiriami jūrinėje aplinkoje esantys radionuklidai. Baltijos jūroje aptinkama dviejų tipų radionuklidų: natūraliųjų ir dirbtinių. Pirmieji egzistuoja nuo pat Žemės susiformavimo; pastarieji į jūrinę aplinką pateko su branduolinio ginklo bandymų atmosferinėmis iškritomis (ypač 1950–1960 m.), branduolinės pramonės atliekomis, po avarijos Černobylio atominėje elektrinėje (1986 m.) ir su į jūrą įtekančių upių vandenimis (Olszewski et al., 2018; Saniewski, Zalewska, 2018; Suplinska et al., 2015; Törnquist et al., 2023; Weiss, 2011; Zalewska, Suplinska, 2013).

Į Baltijos jūrą patekę trumpaamžiai radionuklidai per neilgą laiko tarpą suskilo arba vanduo išsivalė nuo jų dėl hidrologinių procesų. Išimtis –  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$ , kurių pusėjimo trukmė atitinkamai 30,17 ir 28,8 metų. Dėl ilgų pusėjimo trukmės jie priskiriami vieniems pavojingiausių radionuklidų (Suplinska et al., 2015).

Su branduolinio ginklo bandymų atmosferinėmis iškritomis į Baltijos jūrą pateko  $800\text{ TBq }^{137}\text{Cs}$  ir  $500\text{ TBq }^{90}\text{Sr}$ , atitinkamai 13 % ir 81 %. Uždraudus branduolinio ginklo bandymus atmosferoje, radioaktyvioji tarša mažėjo. Jūrinės aplinkos užterštumą padidino 1986 m. balandžio 26 d. įvykusi Černobylio atominės elektrinės avarija. Su atmosferinėmis iškritomis į jūrą pateko  $4\,700\text{ TBq }^{137}\text{Cs}$  (83 %) ir  $80\text{ TBq }^{90}\text{Sr}$  (13 %) (pastarasis radionuklidas beveik neįėjo į atmosferinę pernašą iš Černobylio) (Ikäheimonen et al., 2009; Juranová et al., 2015). Didžiausia  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracija buvo nustatyta šiaurinėje jūros dalyje, mažiausia – pietinėje (Worldwide..., 2005).  $^{90}\text{Sr}$  aktyvumo koncentracijos nuoseklus didėjimas buvo stebimas nuo jūros centrinės dalies Botnijos ir Suomijos įlankų link (Zalewska, Suplinska, 2013).

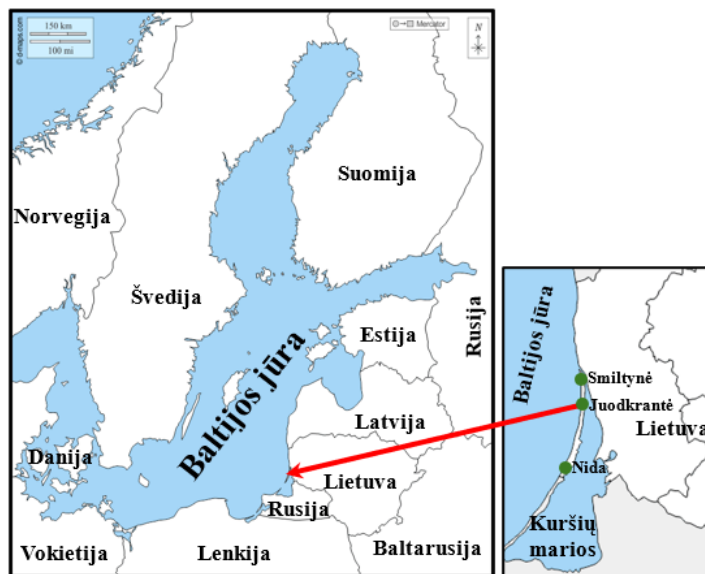
Radionuklidai, patekę į vandenį, pasiskirsto tarp pagrindinių hidroekosistemos sandų: vandens, dugno nuosėdų, augalų. Tai nulemia radionuklidų aktyvumo koncentracijos sumažėjimą vandenyje, nes dugno nuosėdos intensyviai akumuliuoja į hidroekosistemą patekusius radionuklidus.

Darbo tikslas – įvertinti vandenyje ir dugno nuosėdose esančių, Černobylio atominės elektrinės avarijos metu ten patekusių  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  radionuklidų pokyčius ir nustatyti liekamąjį užterštumą.

## Tyrimų metodika

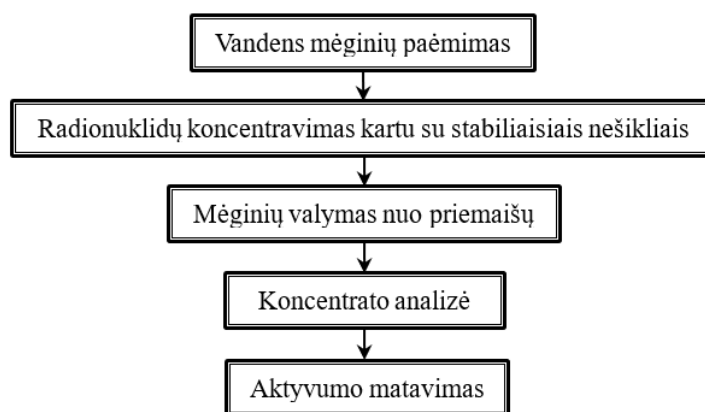
$^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  radionuklidų aktyvumo koncentracijos Baltijos jūros vandenyje ir dugno nuosėdose ilgalaikių pokyčių analizė atlikta remiantis Vilniaus Gedimino technikos universiteto – „Vilnius Tech“ buvusios Branduolinės hidrofizikos laboratorijos (dabar Fotoelektros technologijų laboratorija), viešai prieinamais Aplinkos apsaugos agentūros ir HELCOM tyrimų duomenimis.

„Vilnius Tech“ laboratorijoje radionuklidų aktyvumo koncentracija Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje (1 pav.) nustatyta radiocheminės analizės metodu (Styro et al., 2012). Analizės schema pateikta 2 paveiksle.



1 pav. Jūros vandens bandinių paėmimo vieta

Fig. 1. Sample locations of the seawater



2 pav.  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  radiocheminės analizės schema

Fig. 2. Scheme of radiochemical analysis of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$

Cezio išeiga įvertinta gravimetriškai jį nusodinus  $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$  druskos pavidalu. Aktyvumas mėginiuose matuotas  $\gamma$  spektrometrine sistema („Canberra Industries“) su puslaidininkiniu grynojo germanio (HPGe) jutikliu (skiriamoji geba – 2 keV, efektyvumas – 15 %).  $^{137}\text{Cs}$  nustatytas pagal 661,6 keV energijos  $\gamma$  spinduliuotės smailę. Aktyvumo koncentracija vandenyje apskaičiuota pagal (1) formulę:

$$A_{^{137}\text{Cs}} = \frac{N_{\text{Cs}}}{\eta_{\text{efekt}} \eta_{\text{Cs}} V}, \quad (1)$$

čia  $A_{^{137}\text{Cs}}$  –  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracija,  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ;

$N_{\text{Cs}}$  –  $^{137}\text{Cs}$  mėginio aktyvumas, Bq;

$\eta_{\text{efekt}}$  – jutiklio efektyvumas;

$\eta_{\text{Cs}}$  – cezio cheminė išeiga, dalimis;

$V$  – vandens mėginio tūris,  $\text{m}^3$ .

$^{90}\text{Sr}$  aktyvumas įvertintas pagal  $^{90}\text{Y}$   $\beta$  spinduliuotę, naudojant žemo fono radiometrinį įrenginį YMΦ-1500M. Stabiliojo stroncio išeiga nustatyta atominės absorbcinės spektroskopijos metodu, itrio nešiklio išeiga  $\text{Y}_2\text{O}_3$  sudėtyje įvertinta gravimetriškai. Aktyvumo koncentracija vandenyje apskaičiuota pagal (2) formulę:

$$A_{90\text{Sr}} = \frac{N_Y}{\eta_{\text{efekt}}\eta_{\text{Sr}}\eta_Y V}, \quad (2)$$

čia  $A_{90\text{Sr}}$  –  $^{90}\text{Sr}$  aktyvumo koncentracija,  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ;

$N_Y$  –  $^{90}\text{Y}$  mėginio aktyvumas,  $\text{Bq}$ ;

$\eta_{\text{efekt}}$  – prietaiso efektyvumas;

$\eta_{\text{Sr}}$  – stroncio cheminė išeiga, dalimis;

$\eta_Y$  – itrio cheminė išeiga, dalimis;

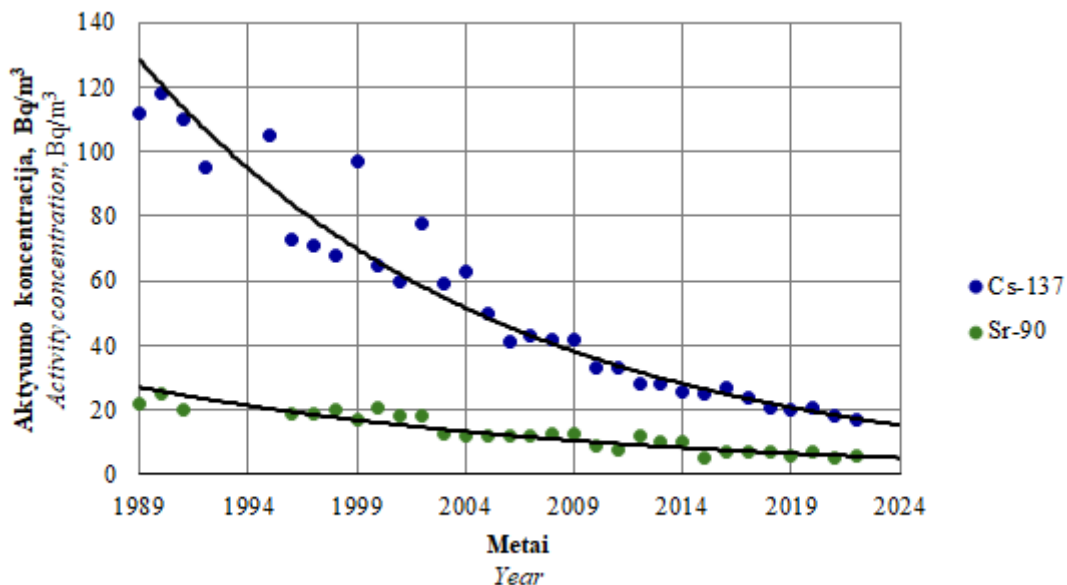
$V$  – vandens mėginio tūris,  $\text{m}^3$ .

Metodo paklaida  $^{137}\text{Cs}$  lygi 10 %,  $^{90}\text{Sr}$  – 15 %.

## Rezultatai ir aptarimas

Vidutinės metinės  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  aktyvumo koncentracijos vertės Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje 1985 m. buvo  $18 \text{ Bq}/\text{m}^3$  ir  $28 \text{ Bq}/\text{m}^3$ . Po Černobylio atominės elektrinės avarijos  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  aktyvumo koncentracija jūros vandenyje padidėjo dėl į aplinką patekusių šių radionuklidų. Kadangi  $^{137}\text{Cs}$  į jūrinę aplinką pateko apie 60 kartų daugiau nei  $^{90}\text{Sr}$ , pernaša į priekrantės vandenį buvo didesnė. Iki 1989 m.  $^{137}\text{Cs}$  vidutinė aktyvumo koncentracija priekrantėje didėjo dėl vandens masių pernašos iš labiau užterštų Baltijos jūros vietų. Per tą patį laikotarpį ryškesnių  $^{90}\text{Sr}$  vidutinės aktyvumo koncentracijos pokyčių nebuvo pastebėta. Dėl ženkliai padidėjusios  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijos priekrantės vandenyje  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  santykis kito nuo 0,6 (1985 m.) iki 5 (1989 m.).

$^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  vidutinė metinė aktyvumo koncentracija Lietuvos priekrantės vandenyje 1989–2022 m. pateikta 3 paveiksle.



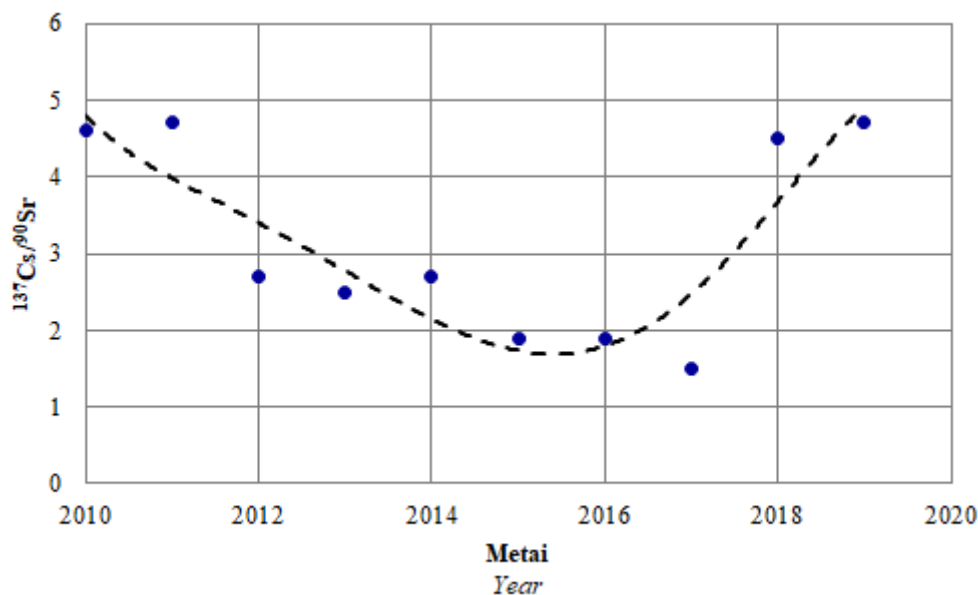
3 pav.  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  vidutinė aktyvumo koncentracija Baltijos jūroje Lietuvos priekrantėje

Fig. 3. Average values of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  activity concentration in the coastal waters of the Baltic Sea near Lithuania

Analizuojant tyrimų duomenis pastebėta, kad nuo 1990 m. priekrantės vandenyje  $^{137}\text{Cs}$  vidutinė aktyvumo koncentracija pradėjo palaipsniui mažėti, išskyrus 1995 ( $119 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ), 1999 ( $90 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ), 2002 ( $78 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ) ir 2004 ( $64 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ) metus. Aktyvumo koncentracija savo ruožtu turėjo tendencingai mažėti dėl radioaktyviojo skilimo, hidrometeorologinių ir kitokių procesų. Tai dar kartą parodo, kad radioaktyviosios medžiagos, patekusios į jūrinę aplinką, joje išbūna labai ilgai.

Į Baltijos jūrą patekę radionuklidai, laikui bėgant, sėdo į dugną. Kadangi  $^{137}\text{Cs}$  į jūrinę aplinką pateko daugiau nei  $^{90}\text{Sr}$ , ženkliai didesnis jo kiekis kaupėsi dugno nuosėdose. Patekęs į dugno nuosėdas, cezis sąveikauja su jų dalelėmis. Ši sąveika, priklausanti nuo dalelių amžiaus, organinės ir cheminės sudėties, turi įtakos cezio aktyvumo nuosėdose dydžiui. Paprastai jį nulemia dugno nuosėdų sudėtis: smėlingi bandiniai pasižymi mažesne tarša, daugiau cezio randama dumblingose nuosėdose, kuriose yra daug smulkių dalelių. 1999–2001 m.  $^{137}\text{Cs}$  savitasis aktyvumas dugno nuosėdose (0–2 cm) kito nuo 10 iki  $259 \text{ Bq}/\text{kg}$  (Lujanienė et al., 2014; Mattila et al., 2006). Per pastarąjį dešimtmetį  $^{137}\text{Cs}$  savitasis aktyvumas dugno nuosėdose kito nuo

24 Bq/kg iki 9 Bq/kg,  $^{90}\text{Sr}$  – nuo 2 Bq/kg iki 6 Bq/kg.  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  savitojo aktyvumo verčių santykis kito nuo 1,5 iki 4,7 (4 pav).



**4 pav.**  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  santykis Baltijos jūros Lietuvos priekrantės dugno nuosėdose  
**Fig. 4.**  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  ratio in bottom sediments of the Baltic Sea near Lithuania

Kaip teigia mokslininkai, radionuklidai, patekę į vandens baseinus, dėl abiotinių ir biotinių aplinkos veiksnių prasiskiedžia ir pasiskirsto tarp pagrindinių hidroekosistemos sandų: vandens, dugno nuosėdų ir augalų. Dėl to sumažėja radionuklidų aktyvumo koncentracija jūros vandenyje. Praėjus daugiau kaip 35 metams po Černobylio atominės elektrinės avarijos,  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  vidutinė aktyvumo koncentracija priekrantės vandenyje sumažėjo atitinkamai iki 17 Bq/m<sup>3</sup> ir 6 Bq/m<sup>3</sup>,  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  santykis – 2,8.

$^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  aktyvumo koncentracija Baltijos jūros priekrantės vandenyje ir dugno nuosėdose nuolat mažėja. Tai rodo, kad tai vyksta dėl pačių radionuklidų skilimo.

### Išvados

1. Nustatyta, kad Baltijos jūros Lietuvos priekrantės vandenyje esančių, Černobylio atominės elektrinės avarijos metu ten patekusių  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{90}\text{Sr}$  radionuklidų liekamasis užterštumas yra atitinkamai 17 Bq/m<sup>3</sup> ir 6 Bq/m<sup>3</sup>,  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  santykis – 2,8.
2. Dugno nuosėdose radionuklidų savitasis aktyvumas mažėja dėl radionuklidų skilimo. Per pastaruosius 10 metų  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  savitojo aktyvumo verčių santykis kito nuo 1,5 iki 4,7.
3. Tyrimų rezultatai patvirtina, kad užterštumas įvykus avarijai, kai radioaktyviosios medžiagos patenka į jūrinę aplinką, išlieka ilgą laiką.

### Literatūra

1. Hutri, K.-L., Mattila, J., Ikäheimonen, T. T. and Varti, V.-P. (2013). Artificial radionuclides  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{241}\text{Am}$  in the sediments of the Baltic Sea: Total and spatial inventories and some temporal trends. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1–2), 210–218.
2. Ikäheimonen, T. K., Outola, I., Varti, V. and Kolutainen, P. (2009). Radioactivity in the Baltic Sea: Inventories and temporal trends of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in water and sediments. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 282(2), 419–425.
3. Juranová, E., Hanslik, E. and Marešová, D. (2015). Temporal development of radiocaesium and radiostrontium concentrations in the hydrosphere – methods and evaluation. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226(10), 335.
4. Lujanienė, G., Remeikaitė-Nikienė, N., Garnaga, G., Jokšas, K., Šilobritienė, B., Stankevičius, A., Šemčuk, S. and Kulakauskaitė, I. (2014). Transport of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  and Pu isotopes in the Curonian Lagoon and the Baltic Sea. *Journal of Environmental Radioactivity*, 127, 40–49.



- Manton, M., Makrickas, E., Banaszuk, P., Kołos, A., Kamocki, A., Grygoruk, M., Stachowicz, M., Jarašius, L., Zableckis, N., Sendžikaitė, J., Peters, J., Napreenko, M., Wichtmann, W. and Angelstam, P. (2021). Assessment and spatial planning for peatland conservation and restoration: Europe's trans-border Neman river basin as a case study. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land10020174>
- Mattila, J., Kankaanpää, H. and Ilus, E. (2006). Estimation of recent sediment accumulation rates in the Baltic Sea using artificial radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  as time markers. *Boreal Environment Research*, 11, 95–107.
- Olszewski, G., Andersson, P., Lindahl, P. and Eriksson, M. (2018). On the distribution and inventories of radionuclides in dated sediments around the Swedish coast. *Journal of Environmental Radioactivity*, 186, 142–151.
- Saniewski, M. and Zalewska, T. (2018). Budget of  $^{90}\text{Sr}$  in the Gulf of the Gdansk (southern Baltic Sea). *Oceanologia*, 60, 256–263.
- Styro, D., Morkūnienė, R. and Daunaravičienė, A. (2012). On variations of volumetric activity of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the Baltic Sea coastal waters near the shore of Lithuania in 2005–2009. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 293(3), 923–929.
- Suplinska, M., Kardas, M., Rubel, B., Fulara, A. and Adamczyk, A. (2015). Monitoring of radioactive contamination in Polish surface waters in 2012–2013. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 304(1), 81–87.
- Törnquist, P., Eriksson, M., Olszewski, G., Carlsson, M., López-Lora, M. and Pettersson, H. B. L. (2023). On the use of dated sediments to investigate historical nuclear discharges. *Marine Pollution Bulletin*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114637>
- Weiss, D. (2011). Distribution pattern of artificial radionuclides in the Baltic Sea in the special event of the Chernobyl fallout. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 47(3), 254–264.
- Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS) (2005). Radionuclide levels in oceans and seas. Final report of a coordinated research project, IAEA-TECDOC-1429. Vienna: IAEA.
- Zalewska, T. and Suplinska, M. (2013). Anthropogenic radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the southern Baltic Sea ecosystem. *Oceanologia*, 55(3), 485–517.

#### Asta Daunaravičienė

Vilnius Gediminas Technical University – Vilnius Tech, Lithuania

#### Analysis of Residual Pollution of Artificial Radionuclides in Baltic Sea Water and Bottom Sediments

The Baltic Sea is a unique ecosystem that is especially sensitive to anthropogenic pressure. The Baltic Sea is one of the most polluted seas in the world, including radionuclides. There are two types of radionuclides in the sea environment: natural radionuclides and artificial radionuclides. The former have existed since Earth was formed, the latter were penetrated into the Baltic Sea with the global fallout as a result of the tests of nuclear weapons in the atmosphere, with river inflow, due to the operation of nuclear industry, after Chernobyl NPP accident. The residual pollution of artificial radionuclides ( $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ ) in the water and bottom sediments of the Baltic Sea are analysed. Estimated that  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  is decreasing in seawater and bottom sediments, however, the contamination still exist. Research showed long-term impact to the contamination of the sea environment after accident at Chernobyl NPP.

Baltic Sea, radionuclides, water, bottom sediments.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Asta DAUNARAVIČIENĖ. Vilniaus Gedimino technikos universiteto – „Vilnius Tech“ Fundamentinių mokslų fakulteto Fizikos katedros asistentė. Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius. Tel.: +370 52 512179, el. paštas: [asta.daunaraviciene@vilniustech.lt](mailto:asta.daunaraviciene@vilniustech.lt)

Asta DAUNARAVIČIENĖ. Vilnius Gediminas Technical University – Vilnius Tech, Faculty of Fundamental Sciences, Department of Physics, assistant. Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius. Phone: +370 52 512179, e-mail: [asta.daunaraviciene@vilniustech.lt](mailto:asta.daunaraviciene@vilniustech.lt)

# TRAKTORINĖS PUSPRIEKABĖS NAUDOJIMO SAUGOS DIDINIMAS TIRIANT LINGĖS LAIKIKLĮ

Aistis Miknevičius, Sigitas Petkevičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje analizuojami puspriekabės lingės laikiklių patikimumo tyrimo metodai, padedantys nustatyti detalės fizikines savybes, apžvelgiami būdai nustatyti deformacijas, įtempius ir poslinkius. Atsižvelgus į daugkartinius klientų skundus, tiriamas lingės laikiklis ir straipsnyje pateikiami simuliacijos rezultatai, įtempiai ir deformacijos. Remiantis gautais simuliacijos duomenimis, parinkta įtempių jutiklių pozicija ir dydis. Atlikus eksperimentinį tyrimą realiomis sąlygomis, nustatyta, kad silpniausia lingės laikiklio vieta yra ties ašies sienele. Suformuluoti pasiūlymai detalei patobulinti pagal atsparumą apkrovai ir elemento svorio santykį, siekiant padidinti patikimumą, saugumą, nežymiai pakeičiant savikainą.

Pakaba, lingės laikiklis, įtempių jutiklis, įtempiai, poslinkiai, deformacijos.

## Įvadas

Krovinio transportavimas yra svarbi viso ekonominio proceso ūkininkaujant dalis. Tačiau darbas su dideliu svoriu, transportuojant krovinius žemos kokybės keliais, yra pavojingas. Pasirinkti tinkamą priekabą pagal savo ūkio poreikius ir sąlygas nėra lengva. Reikia atsižvelgti į darbo sąlygas transportuojant krovinius (ar priekaba įvažiuos į lauką, ar kelio, kuriuo krovinytis transportuojamas iki sandėlio, danga geros kokybės ir kt.), pervežimo našumą, priekabos pakabos tipą. Priekabos pakabos būna kietos, linginės, ant oro pagalvių, su torsionine ar gumine pakaba.

Linginės pakabos svarbiausias elementas yra lingė – tai arkinės formos plonos plokštelės iš spyruoklinio plieno. Lingės prie rėmo tvirtinamos laikikliais, kurie yra vienas labiausiai pažeidžiamų elementų, nes dauguma gamintojų stengiasi atpiginti gamybą. Linginė pakaba sugeria vertikalias vibracijas ir smūgius, sukeltus kelio netolygumų. Šį procesą linginė pakaba atlieka keisdama lingės išlinkį, – taip potencinė energija yra laikoma lingėje kaip deformacijos energija, kuri verčiama į kinetinę energiją ir vėl atgal. Taigi, sustiprinus smūgio energijos sugėrimo savybes, linginė pakaba tampa geresnė (Chaudhari, Deore, 2015). Privalumai: minkštesnė pakaba, tuščia priekaba mažiau šokinėja, ypač tinka vežti lengviems, dūžtantiems kroviniams, kuriems kenkia vibracija, važiuojant blogais keliais, rėmas mažiau spaudžiamas, nes apkrova labiau išskirstyta, todėl pakanka silpnesnio rėmo.

Tandeminėje linginėje važiuoklėje įprastai yra dvi ašys, o kontaktinių taškų (per tvirtinimo laikiklius) su priekabos rėmu yra šeši. Pateiktame tyrime analizuojamas vidurinis lingės laikiklis, kuris perduoda rėmui spaudimą, ateinantį iš abiejų ašių, perduodamų lingėmis.

Kiekvienais metais įvyksta nemažai eismo įvykių su traktorinėmis puspriekabėmis, kai jos nuslysta nuo kelio, lūžta ašys, sprogsa padangos, lūžta pakabos, ir puspriekabė gali pavirsti ant šono ir sukelti pavojų visiems eismo dalyviams. 2019 m. užregistruoti 82 eismo įvykiai su puspriekabėmis ir priekabomis (TKA, 2024). Tad labai svarbu stebėti priekabų būklę, o gamintojams reaguoti į išsakomus skundus.

Šiame darbe analizuojama Lietuvoje gaminamos 12 tonų priekabos su lingine važiuokle pakaba. Pastebėtas tokių priekabų didelis lūžių skaičius ir kartu su įmone UAB „Laumetris“ inicijuotas lingių laikiklio fizikinių savybių tyrimas. Naudojant programinę įrangą „Solid Works“, buvo sudarytas lingės laikiklio 3D modelis, baigtinių elementų pagrindu apskaičiuoti šio laikiklio didžiausi įtempiai, nustatytos silpniausios konstrukcijos vietos. Šiose gaminio vietose buvo sumontuoti deformacijų varžiniai jutikliai, ir deformacijos realiomis naudojimo sąlygomis eksperimentiškai išmatuotos važiuojant priekaba be krovinio ir su maksimaliu kroviniu. Po to deformacijos ir lūžio taškai buvo nustatyti, lingės laikiklį stacionariai įtvirtinus į stendą ir spaudžiant su hidrauliniu presu.

Baigtinių elementų analizė (angl. *Finite Element Analysis*, FEA) yra vienas iš labiausiai paplitusių įvairių elementų mechaninių savybių tyrimo metodų (Chaudhari, Deore, 2015; Dnyaneshwar, Kelkar, 2020; Gunjawate, Solapur, 2020; Kanunje, Munde, 2018; Kumar, Subhash, 2021; Mhatre, Gunale, 2019; Prakash et al., 2013; Kurna et al., 2015). Siekiant iširti egzistuojančią problemą, buvo naudojama gedimo režimo poveikio analizė (angl. *Failure mode effect analysis*, FMEA). FMEA – tai metodas, skirtas analizuoti potencialioms patikimumo problemoms ankstyvojoje projektavimo stadijoje, kai lengviau priimti projektavimo veiksmus, leidžiančius išvengti galimų lūžių ar įtrūkimų, ir taip padidinti dizaino patikimumą bei galutinio gaminio naudojimo saugumą. FMEA taikomas potencialiems gedimams identifikuoti, parodyti, koks yra jų poveikis produkto operacijai ir kokie veiksmai turi būti priimti, kad sumažėtų lūžio rizika. Labai svarbus dizaino projektuotojų žingsnis yra nuspėti, kokių neigiamų dalykų gali nutikti produktui. Nors įvertinti

kiekvieną įmanomą problemą nėra galimybės, projektuotojai turėtų sudaryti galimų gedimų sąrašą (Prakash et al., 2013).

Tyrimo tikslas – išnagrinėti turimos priekabos lingių laikiklio gedimo priežastį, pagrįsti racionalią priekabos lingių laikiklio konstrukciją, atlikti teorinius ir eksperimentinius tyrimus, nustatyti darbinius parametrus.

### Tyrimų metodika

Tyrimų objektas – traktorinės priekabos su tandemine važiuokle lingių centrinis laikiklis. Tyrimai vykdyti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakultete ir UAB „Laumetris“ gamykloje.

Lingės laikiklio medžiaga buvo nustatyta atpjaunant gaminio mėginį, iš kurio nustatoma medžiagos sandara ir jos savybės. Pirmiausiai mėginys buvo nušlifuojamas, vėliau pamerkiamas derivoje „VersoCit-2“, apšlifuojamas ir analizuojamas per mikroskopą (mim-7, objektyvas – F-13, bendras didinimas – 300).

Nufotografavus lingės laikiklio dalies Nr. 1 ir 2 (1 pav.) išryškintų pjūvių mėginius pro mikroskopą, gauti vaizdai toliau buvo analizuojami programine įranga GIMP (2 pav.). Nuotraukose visos juodos spalvos dalelės buvo pažymėtos raudona spalva, o likusios – mėlyna. Panaudojus programinės įrangos funkciją „Dockable windows -> Histogram -> Red“, buvo apskaičiuota užimama plotų dalis ir nustatytas tikslus anglies kiekis medžiagoje – pliene.

Esamam anglies kiekiui nustatyti buvo apskaičiuoti mikroskopo matymo lauke užimami procentiniai perlito ir ferito plotai. Galima priimti, kad visa pliene esanti anglis yra perlite (ferito – tik 0,025 %), tuomet anglies kiekis pliene  $C$  apskaičiuojamas pagal formulę

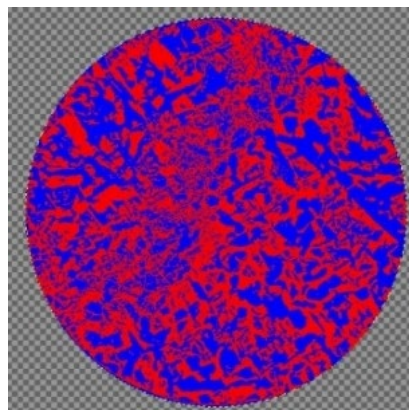
$$C = \frac{F_p \cdot 0,8}{100\%}; \quad (1)$$

čia  $F_p$  – perlito užimamas plotas, %.



**1 pav.** Nušlifuito ir išryškinto tiriamo mėginio vaizdas pro mikroskopą

**Fig. 1.** Polished and highlighted image of the test sample under the microscope

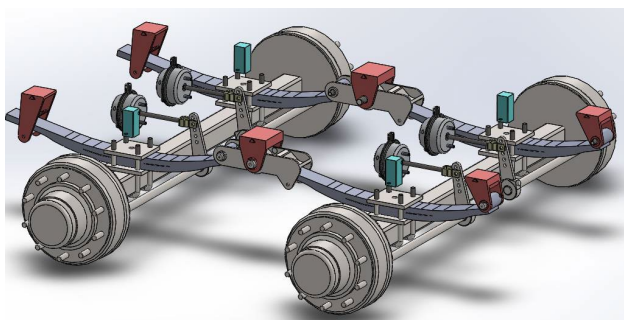


**2 pav.** Tiriamo mėginio vaizdas konvertavus programine įranga GIMP

**Fig. 2.** Image of the test sample conversion with the GIMP software

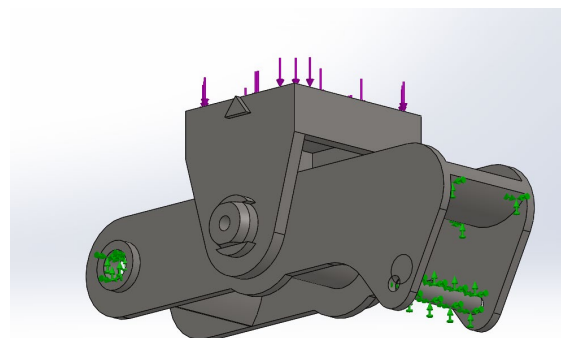
Su programinės įrangos „Solid Works“ įskiepiu „Simulation“ buvo atliekama statinė detalės deformacijos analizė. Iš sudaryto 3D modelio pasirinktas vidurinis labiausiai apkrautas laikiklis (3 pav.). Buvo priskiriamas lingės laikiklio galuose standus tvirtinimas ir iš viršaus pažymima veikianti apkrova (4 pav.). Analizuoti įtempiai, deformacijos, atsargos koeficientas. Pateikti tyrimo rezultatai, paryškinant maksimalias (kritines) zonas (Kurna et al., 2015). Įtempiai (angl. *stress*) nustatomi principu „Von Misses“, o poslinkiai – principu „URES: Resultant Displacement“.

„Von Misses“ tyrimo metu nustatyta, kad varžinis jutiklis turi tiksliai matuoti įtempius diapazone nuo  $5,0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  iki  $6,0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  (NI, 2022).



3 pav. Tiriamas tandeminės važiuoklės vidurinis laikiklis

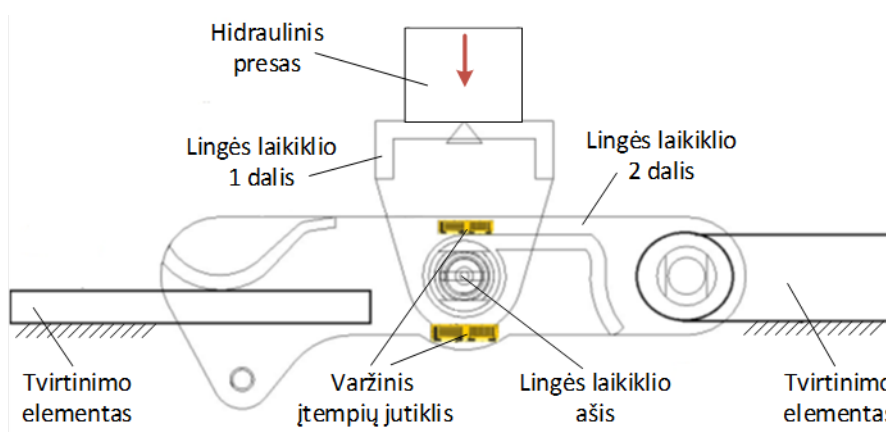
Fig. 3. The middle bracket of the tandem chassis is being investigated



4 pav. Lingės laikiklio standus tvirtinimas (žalia) ir veikiančios sunkio jėgos vieta (violetinė)

Fig. 4. Leaf spring bracket rigid connection (green) and applied force location (purple)

Teoriškai išanalizavus visus baigtinių elementų metodu atlikto tyrimo rezultatus, pereita prie paskutinio etapo – lingės laikiklio eksperimentinio tyrimo naudojant stacionarų hidraulinį presą ir varžinius deformacijos jutiklius. Pagal simuliacijos rezultatus buvo nuspręsta, kokių parametų varžinius jutiklius reikia parinkti eksperimentiniam tyrimui (5 pav.). Iš varžinių jutiklių katalogo (HBK, 2020) pasirinkti vienkrypčiai X tipo varžiniai deformacijų jutikliai, kuriais siekta matuoti horizontalius įtempius.



5 pav. Lingės laikiklio eksperimentinis tyrimas

Fig. 5. Experimental study of the leaf spring bracket

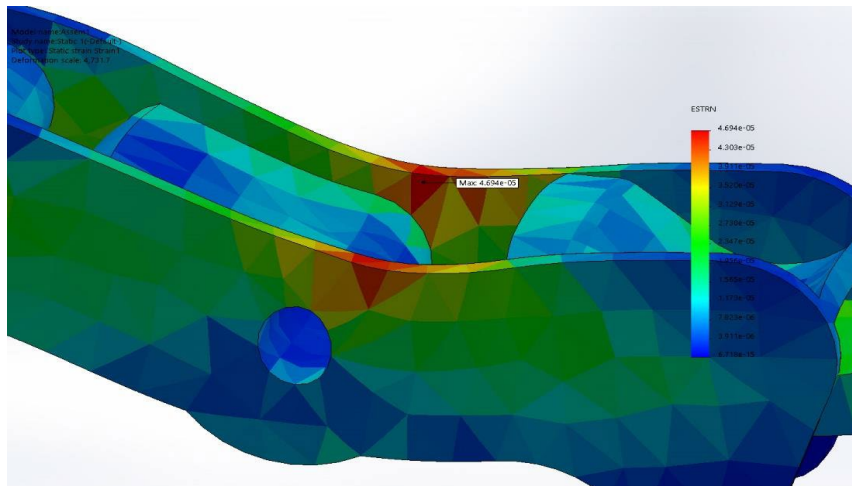
Numatyta lingės laikiklio eksperimentinį tyrimą atlikti spaudžiant laikiklį hidrauliniu presu. Varžinių jutiklių kalibravimas leidžia priskirti deformacijos reikšmes jutiklių siunčiamų atitinkamų signalų stiprumui. Tam tikslui naudojamas tikslios spaudimo jėgos hidraulinis presas „Stromtec HX120012A“ (galia – 12 t, darbinis diapazonas – 135 mm): jame nuskaityta deformacijos vertė, o ji sulyginama su varžinio jutiklio siunčiamu signalu.

## Rezultatai ir aptarimas

Detalėje esančiam anglies kiekiui nustatyti buvo panaudotas mikroskopas, apskaičiuotas jo matymo lauke užimamas procentinis perlito ir ferito plotas.

Pirmoje lingės laikiklio detalėje buvo 28,4 % anglies, jos kietumas – 147 Brinelio vienetų, ir buvo priimta, kad artimiausias plieno atitikmuo yra „AISI 1030“. Antroje lingės laikiklio detalėje buvo 24,96 % anglies, jos kietumas – 125 Brinelio vienetų, ir buvo priimta, kad artimiausias plieno atitikmuo yra „AISI 1025“. Pasvėrus tyrimo objekto abi detales, medžiagos buvo patvirtintos, nes pasverta masė skyrėsi ne daugiau kaip 1 %, palyginti su mase, rodoma pagal 3D modelį programinėje įrangoje.

Maksimalūs įtempiai  $4,64 \times 10^{-5}$  ESTRN nustatyti ant korpuso sienelės virš lingės laikiklio ašies (6 pav.).



6 pav. Lingės laikiklio įtempių grafinis vaizdavimas

Fig. 6. Graphical representation of the stresses in the leaf spring holder

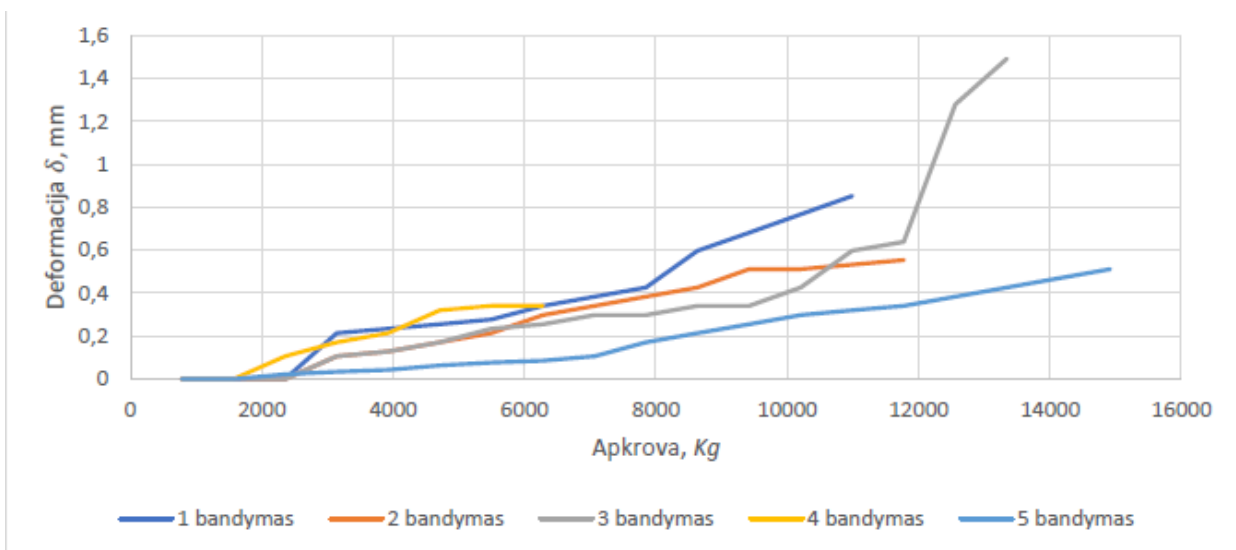
Pagal gautus simuliacijos rezultatus parinktas varžinis deformacijos jutiklis, kuriam keliami tokie reikalavimai: matuojama įtempių vertė – iki  $6,0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , deformacijos – iki 0,8 mm. Varžinis deformacijos jutiklis parinktas iš katalogo (HBK, 2020), jo modelis yra „1-LM1x-6/350GE“ (nominali varža – 350  $\Omega$ ; 14,8x5,4 mm dydžio). Deformacijos jutiklio korpusas pagamintas iš 4 mm storio plieninės juostos, ant kurios pačiame centre užklijuojami trys varžiniai deformacijos jutikliai.

Prie jutiklių prijungti signalų stiprinimo-keitimo moduliai BF350-3AA/1.5AA. Visi jutiklių moduliai sujungti su signalo siuntimo „Bluetooth“ signaliniu moduliu ESP32-WROOM-32.

Atlikus matavimus nustatyta signalo pokyčio *asignal* priklausomybė nuo deformacijos  $\delta$  (mm), kuri naudojama kaip kalibracinė formulė:

$$\alpha_{\text{signal}} = 234.61 \cdot \delta + 22.807. \quad (1)$$

Atliekant eksperimentinį lingės laikiklio tyrimą, įtvirtintas mazgas su priklijuotais jutikliais buvo spaudžiamas su presu (5 pav.). Pagal gautus rezultatus panaudojus kalibracinę formulę buvo nustatytos deformacijos (7 pav.).



7 pav. Deformacijos  $\delta$  pokytis (mm) dėl apkrovos kg lingės laikiklio briaunos centre ties atraminiu kaiščiū

Fig. 7. Deformation  $\delta$  change (mm) from load kg in the brackets edge center above the supporting pin

Tyrimo metu lingės laikiklis buvo spaudžiamas 5 kartus. Lingės laikiklis 1 bandymo metu deformavosi tik 0,8 mm, esant 10 500 kg apkrovai, o 2 bandymo metu buvo pasiekta 11 700 kg apkrova, tačiau lingės laikiklis deformavosi beveik tiek pat, kiek ir 1 bandymo metu, – apie 0,5 mm pagal jutiklių rodmenis ir 0,7 mm

pagal referencinę matavimo liniuotę. Deformacija 3 bandymo metu keitėsi proporcingai pagal pridėtą apkrovą, tačiau, pastarajai pasiekus 10 000 kg ribą, pradėjo kur kas smarkiau deformuotis. Pasiekus 12 000 kg apkrovą, lingės laikiklis staiga deformavosi ir pasiekė 1,5 mm vertę, tačiau dar nesulūžo. Nuėmus hidraulinio preso apkrovą nuo lingės laikiklio, jis nebesugrįžo į pradinę padėtį ir liko deformuotas apie 4 mm.

4 bandymo metu buvo pasiekta tik 6 000 tonų apkrova ir pastebėta, kad esant kur kas mažesnei apkrovai – 2 000 kg, pradėjo deformuotis lingės laikiklis, t. y. laikiklis prarado pradinį standumą.

Apkrova 5 bandymo metu buvo didinama iki maksimalios vertės, daugelis varžinių jutiklių jau buvo sugedę dėl nutrūkusių ar atsikabinusių kontaktų ir tiksliai veikė tik vienas iš 8. Tuo metu deformacija buvo matuojama su referencine matavimo liniuote. Pasiekus 7 500 kg apkrovą, deformacija buvo 1,5 mm; esant 10 200 kg apkrovai, deformacija buvo 2 mm; esant 13 300 kg apkrovai, deformacija buvo 2,5 mm. Padidinus apkrovą iki 14 100 kg, lingės laikiklis visiškai sulūžo ties pagrindinio kaiščio tvirtinimo vieta, kaip ir buvo nustatyta programine įranga.

Diskutuojant su gamintoju ir įvertinus ne tik šį sulūžusį testuojamos lingės laikiklį, bet ir visus turėtus laikiklius, kuriuos klientai grąžino remontuoti ar pakeisti, buvo priimtas sprendimas pakeisti visus klientų turimus defektuotus lingės laikiklius.

Kadangi iki šiol įvykusių visų lingių lūžių pradinė vieta buvo ties analizuotu viduriniu laikikliu, gamintojas nusprendė daugiau dėmesio skirti lingės sutvirtinimui ties šia vieta ir sustiprinti laikiklį, pakeisdamas jo dizainą.

## Išvados

1. Lingės laikiklio stiprumo tyrimo su hidrauliniu presu metu nustatyta, kad, esant standartinei numatyta lingės laikiklio apkrovai – 2 333 kg, lingės laikiklis patyrė vos 0,1 mm deformaciją. Nustatyta, kad, lingės laikiklio apkrovai viršijus numatytąją – 12 000 kg, lingės laikiklis nebesugrįžta į pradinę padėtį ir lieka deformuotas. Jei apie 70 % priekabos masės atiteks lingės laikikliui, jis iš karto bus negrįžtamai pažeistas. Plyšis įvyko per pagrindinio kaiščio briauną, o tai sutapo su anksčiau iš ūkininkų gautų sulūžusių laikiklių lūžių vietomis, todėl buvo padaryta išvada, kad lingės laikiklį reikia tobulinti stiprinant pagrindinės ašies ir laikiklio jungtis.
2. Pateikus tyrimo rezultatus linginės pakabos gamintojui, į juos buvo atsižvelgta ir laikiklio konstrukcija buvo pakeista. Bendra gaminio masė padidėjo 240 g, o pardavimo kaina pasikeitė neženkiai. Nuo 2023 m. kovo mėn., kai priekabų gamyboje buvo pradėti naudoti naujo dizaino laikikliai, iki 2024 m. kovo mėn. gedimų nebuvo pastebėta, taigi buvo padidinta traktorinės puspriekabės naudojimo sauga.

## Literatūra

1. Chaudhari, M. A. and Deore, E. R. (2015). Design and analysis of leaf spring of tanker trailer suspension system. *International Journal of Novel Research in Electrical and Mechanical Engineering*, 2(3), 117–131. Prieiga per internetą: <https://www.noveltyjournals.com/upload/paper/Design%20and%20Analysis%20of%20Leaf-451.pdf>
2. Dnyaneshwar, A. A. and Kelkar, S. (2020). Design and weight optimization of integrated super bracket according to stress analysis. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(8), 1517–1527.
3. Gunjawate, S. R. and Solapur, S. B. (2020). Structural analysis and topology optimization of leaf spring bracket. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(7), 1448–1494.
4. HBM (2020). M series strain gauges: For stress analysis of materials with high fatigue strength. Prieiga per internetą: [https://www.hbm.com/en/4707/series-m-strain-gauges-at-an-extended-strain-level/?product\\_type\\_no=Strain%20Gauge](https://www.hbm.com/en/4707/series-m-strain-gauges-at-an-extended-strain-level/?product_type_no=Strain%20Gauge)
5. Kanunje, S. and Munde, K. H. (2018). Fatigue analysis & optimization of suspension bracket of light passenger vehicles. *Journal of Analysis and Computation*, 15(6).
6. Kumar, K. V. and Subhash, M. V. (2021). Design and analysis of leaf spring bracket using ANSYS. *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 7(11), 113–119. <https://doi.org/10.46501/IJMTST0711020>
7. Kurna, S., Sharma, S. and Mathur, A. (2015). Investigation of stresses and deflection in multi stage leaf spring of heavy duty vehicle by FEM and its experimental verification. In: Conference: Symposium on International Automotive Technology (pp. 633–640). <https://doi.org/10.4271/2015-26-0184>
8. Mhatre, R. R. and Gunale, R. B. (2019). Design of HCV super bracket by topology optimization technique for weight reduction and strength enhancement. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 7(9). <http://doi.org/10.22214/ijraset.2019.9098>

9. NI (2022). Measuring strain with strain gages. Prieiga per internetą: <https://www.ni.com/en-us/innovations/white-papers/07/measuring-strain-with-strain-gages.html>
10. Prakash, R., Kavinraj, V., Anandajayakumar, A. and Karthik, S. (2013). Design and analysis of leaf spring bracket in air suspension vehicle using FEA. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2(11), 6114–6124. Prieiga per internetą: [http://www.ijirset.com/upload/2013/november/25A\\_Nov\\_13.pdf](http://www.ijirset.com/upload/2013/november/25A_Nov_13.pdf)
11. TKA (2024). Įskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje, 2016–2019 m., p. 48. Prieiga per internetą: [https://tka.lt/wp-content/uploads/2023/03/2016-2019\\_EI-leidinys.pdf](https://tka.lt/wp-content/uploads/2023/03/2016-2019_EI-leidinys.pdf)

**Aistis Miknevičius, Sigitas Petkevičius**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Tractor Semitrailers Safety Improvement Analysing Leaf Spring Bracket**

The article analyses trailers leaf spring suspensions pendulum support research methods, which determine the parts physical properties, ways to determine deformations, stress and displacement are reviewed. Given the applied loads, fatigue the article presents the maximum displacement, stress, deformation. Based on the obtained simulation data, the position and size of the stress sensors were selected. An experimental study under real conditions found that the weakest point of the trailers leaf spring suspensions pendulum support is at the axle walls. Suggestions have been made for the improvement of the part, according to the load resistance and the weight ratio of the element in order to increase the reliability, with a slight change in the cost, thus, the safety of using the tractor semi-trailer has been increased.

Suspension, leaf spring bracket, strain gauge, strain, displacement, deformations.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Aistis MIKNEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752357, el. paštas: [aistissan@gmail.com](mailto:aistissan@gmail.com)

Aistis MIKNEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: [aistissan@gmail.com](mailto:aistissan@gmail.com)

Sigitas PETKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Žemės ūkio inžinerijos ir saugos katedros docentas, daktaras. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752357, el. paštas: [sigitas.petkevicius@vdu.lt](mailto:sigitas.petkevicius@vdu.lt)

Sigitas PETKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, assoc. prof., dr. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, e-mail: [sigitas.petkevicius@vdu.lt](mailto:sigitas.petkevicius@vdu.lt)

# DYZELINIO VARIKLIO EFEKTYVUMO RODIKLIŲ TYRIMAS NAUDOJANT DYZELINIŲ DEGALŲ IR PADANGŲ PIROLIZĖS ALIEJAUS MIŠINIUS

Paulius Montvydas, Tomas Mickevičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje aptariamas dyzelinio variklio efektyvumo rodiklių tyrimas naudojant dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus mišinius. Darbo tikslas buvo ištirti dyzelinių degalų (DD) ir padangų pirolizės aliejaus (PPA) mišiniais maitinamo dyzelinio variklio darbo ir deginių emisijos rodiklius, esant pastoviam variklio sūkių dažniui ir įvairiems apkrovos režimams. Eksperimentiniams tyrimams atlikti buvo naudojamas dyzelinis variklis ORUVA F1L511. Tyrimams naudoti dyzeliniai degalai ir jo mišiniai PPA10 ir PPA20 su padangų pirolizės aliejumi. Bandymo metu buvo matuojamos variklio valandinės degalų sąnaudos, tūrinės oro sąnaudos, variklio sukimo momentas, deginių emisija ir dūmingumas. Tyrimų metu nustatyta, kad didžiausios efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos buvo gautos varikliui veikiant dyzelino ir padangų pirolizės aliejaus PPA20 mišiniu. Esant pilnai apkrovai, panaudojus degalų mišinius PPA10 ir PPA20, variklio naudingo veikimo koeficientas buvo gautas atitinkama 3,6 % ir 4 % mažesnis, palyginti su grynais dyzeliniais degalais veikiančiu varikliu. Tame pačiame režime, panaudojus dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus PPA10 mišinį variklis generavo didžiausią bendrąją azoto oksidų emisiją. Didžiausia anglies monoksido CO emisija, varikliui dirbant pilnos apkrovos režimu, buvo gauta varikliui naudojant degalų PPA20 mišinį (745 ppm), o mažiausios – panaudojus grynus dyzelinius degalus (646 ppm). Varikliui dirbant didžiausios apkrovos režimu, degalų PPA20 mišiniu maitinamas variklis dūmino 25,5 % mažiau negu dyzeliniais degalais maitinamas variklis.

Dyzeliniai degalai, padangų pirolizės aliejus, variklio efektyvumo rodikliai, deginių emisija, dūmingumas.

## Įvadas

Šiuo metu pasaulis susiduria su gausybe išsūkių, susijusių su energetika. Svarbiausios išskiriamos problemos yra sparčiai auganti energijos paklausa ne tik besivystančiose, bet ir kylančiose šalyse, didėjanti priklausomybė nuo iškastinio kuro pasaulio energetikos srityje ir nuolat didėjanti šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracija, nulemianti visuotinį klimato pokyčių poveikį. Griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai skatina ieškoti naujų būdų mažinti šių dujų kiekį įvairiuose sektoriuose. Transporto priemonių plėtra padidina energijos išteklių sunaudojimą. Europos Sąjungoje (EU) iki 26 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų yra išskiriamos transporto sektoriuje. Atsižvelgdami į šias aplinkybes, pasaulio mokslininkai aktyviai ieško alternatyvių ir atsinaujinančių energijos šaltinių, kurie galėtų būti panaudoti transporto sektoriuje.

Atliekų pavertimas degalais turi didžiulį potencialą kaip degalų pakaitalas, kuris sumažintų pasaulinę atliekų naštą. Naudotų padangų atliekų šalinimas išvežant į sąvartynus kelia didelę grėsmę aplinkai ir žmonių sveikatai. Kiekvienais metais visame pasaulyje išmetama 1 milijardas naudotų padangų. Pakartotinai naudojamos padangos sudaro tik 15–20 %, o likusios padangų atliekos tampa aplinkos dalimi (Yağoob et al., 2021). Perdirbti naudotas padangas naudinga keliais kriterijais: pirma, perdirbimas sumažina atliekų kiekį ir saugo gamtą nuo nereikalingo šiukšlinimo; antra, taip didinamas antrinių žaliavų kiekis ir prisidedama prie tvarios gamybos ir vartojimo modelio kūrimo (Kumaravel et al., 2016).

Lietuvoje surenkama apie 24 tūkst. tonų naudotų padangų. Dalis naudotų padangų paliekama aplinkoje ar nelegaliuose sąvartynuose. Padangos turi didelę energinę vertę, todėl gali būti perdirbamos į įvairios agregatinės būsenos kurą: aliejų, anglis ir dujas (Kumaravel et al., 2016). Naudotų padangų atliekos perdirbamos į kurą pirolizuojant, sudeginamos inertinėje atmosferoje (Bi et al., 2022). Naudotų padangų pirolizės proceso metu gaunamas skystasis produktas – naudotų padangų pirolizės aliejus (PPA).

Degalų fizikinės ir cheminės charakteristikos, tokios kaip cetaninis skaičius, klampa, tankis, žemutinis šilumingumas, C/H santykis, deguonies kiekis, daro įtaką dyzelinių variklių degimo procesui. Skirtingos sudėties degalų savybės skirtingai paveikia variklio darbo rodiklius, deginių emisiją ir dūmingumą. Dauguma mokslininkų teigia, kad PPA gali būti puiki degalų alternatyva, tačiau, naudojant gryną padangų pirolizės aliejų, gali atsirasti problemų dėl mažo cetaninio skaičiaus, didelio sieros kiekio, didelės klampos (Yağoob et al., 2021). Mažesni cetaniniai skaičiai turintys degalai prasčiau užsiliepsnoja. Didelis sieros kiekis didina emisiją. Klampesni degalai prasčiau išpurškiami ir blogai pasiskirsto degimo kameroje. Dėl degalų fizikinių ir cheminių savybių įtakos kinta lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos, efektyvieji variklio rodikliai, deginių emisija ir dūmingumas (Campuzano et al., 2020).



Pasaulio mokslininkai plačiai tyrinėja alternatyvių degalų panaudojimo galimybes, tačiau bendros nuomonės dėl skirtingos sudėties degalų fizikinių ir cheminių savybių poveikio variklio darbo rodikliams, maitinimo sistemos elementų pokyčiams ir deginių emisijos rodikliams nėra.

Tyrimo objektas – dyzelinių degalų ir jų mišinių su padangų pirolizės aliejumi dyzelinio variklio darbo rodikliai, degimo procesas dyzeliniame variklyje, deginių emisija.

Tyrimo tikslas – ištirti dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus mišiniais maitinamo dyzelinio variklio darbo ir deginių emisijos rodiklius.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie uždaviniai:

1. Atlikti dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus mišiniais veikiančio dyzelinio variklio darbo rodiklių matavimus.

2. Įvertinti dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus mišiniais dirbančio dyzelinio variklio deginių emisijos rezultatus.

## Tyrimų metodika

Siekiant įvertinti dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus mišinių įtaką variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams, buvo paruošti dyzelinių degalų (DD) ir padangų pirolizės aliejaus (PPA) mišiniai. Tyrime nagrinėjami trys atvejai esant skirtingai degalų koncentracijai. Eksperimentiniuose tyrimuose naudoti degalų mišiniai buvo sumaišyti pagal tūrį (1 lentelė). Lentelėje pateikta reikšmė „vol“ – tai degalų tūris procentais.

**1 lentelė.** Bandyams naudoti degalai ir jų mišiniai

**Table 1.** Fuels and blends of fuels used for research

Degalai <i>Fuels</i>	DD, vol %. <i>Diesel fuel</i>	PPA, vol %. <i>Tire pyrolysis oil</i>
DD	100	0
PPA10	90	10
PPA20	80	20

Bandyamuose buvo naudojamas dyzelinas ir jo mišiniai PPA10 ir PPA20 su padangų pirolizės aliejumi. Naudotų degalų fizikinės ir cheminės savybės pateiktos 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Naudotų degalų fizikinės ir cheminės savybės

**Table 2.** Physical and chemical properties of fuel

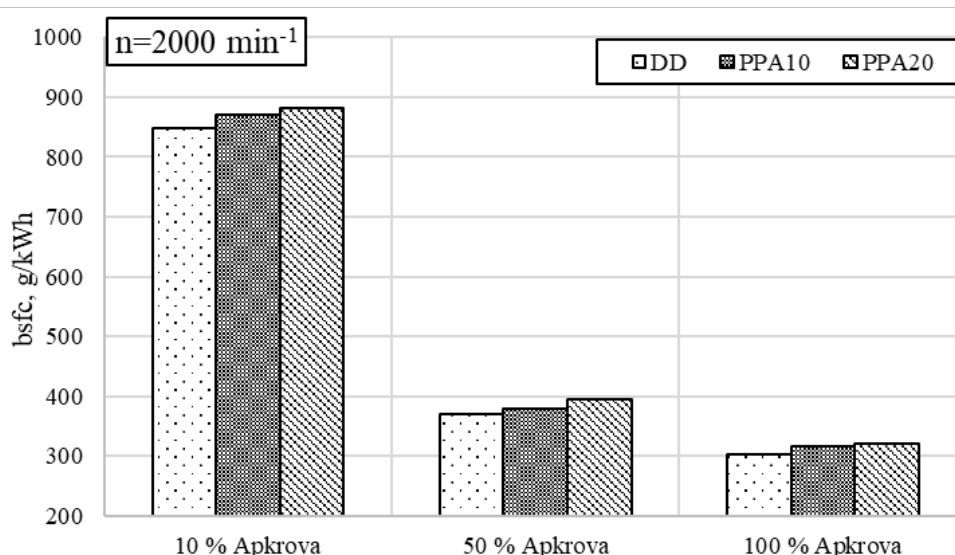
Savybių rodikliai <i>Property parameters</i>	Vertinimo metodas <i>Fuel test methods</i>	PPA	DD
Tankis esant 15 °C, kg/m <sup>3</sup> <i>Density at 15 °C</i>	EN ISO 12185:1999	917	832,7
Kinematinė klampa, mm <sup>2</sup> /s <i>Kinematic viscosity</i>	EN ISO 3104+AC:2000 at 40 °C	3,77	2,13
Pliūpsnio temperatūra atvirame tiglyje (FP), °C <i>Flash point</i>	EN ISO 2719:2000	43	57
Stechiometrinis oro ir degalų santykis, kg/kg <i>Stoichiometric air-fuel ratio</i>	-	13,46	14,5
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg <i>Low calorific value</i>	EN ISO 8217:2012	40,49	43
Cetanišis skaičius <i>Cetane index</i>	EN ISO 5165:1999	39,94	51,4
Anglis (%) <i>Carbon</i>		86,68	86,13
Vandenilis (%) <i>Hydrogen</i>		10,49	13,87
Deguonis (%) <i>Oxygen</i>		1,29	–
Azotas (%) <i>Nitrogen</i>		0,48	–
Siera (%) <i>Sulfur</i>		0,84	–

Tyrimai buvo atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Mechanikos, energetikos ir biotechnologijų inžinerijos katedros variklių bandymo laboratorijoje. Eksperimentams atlikti buvo naudojamas tiesioginio įpurškimo dyzelinis variklis ORUVA FIL511, kurio vardinė galia – 12,8 kW, esant 3 000 min<sup>-1</sup> variklio sukimosi dažniui. Variklio apkrovos charakteristikos buvo registruotos esant pastoviems 2 000 min<sup>-1</sup> alkūninio veleno sūkiams. Variklio stende sumontuota variklio apkrovos valdymo įranga, darbo rodiklių ir emisijos matavimo prietaisai. Tyrimai buvo atliekami taikant skirtingo dydžio (10 %), vidutinę (50 %) ir didžiausią (100 %) variklio apkrovą.

Tūrinės oro sąnaudos išmatuotos dujų skaitikliu GAZOERZ TURBINOWY CGT-02. Degalų sąnaudos matuotos elektroninėmis svarstyklėmis SK-1000. Variklio deginių NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> emisijos išmatuotos dujų analizatoriumi „Testo 350 XL“. Deginių optinio skaidrumo (dūmingumo) kitimas įvertintas „Bosch“ prietaisu RTT 100/RTT 110 skalėje nuo 0 iki 100 %.

## Rezultatai ir aptarimas

Degimo proceso pokyčiai turi įtakos variklio darbo ekonomiškumo rodikliams – degalų sąnaudoms ir naudingumo koeficientui. Lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais, pateikta 1 pav. Kaip matyti, esant toms pačioms variklio darbo sąlygoms, efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos, varikliui veikiant PPA mišiniais, buvo didesnės. Tai paaiškinama mažesne degalų mišinių šilumingumo verte, kuri reikalauja didesnės porcijos degalų, kad išgautų tą pačią variklio galią. Didžiausios apkrovos režimu, varikliui dirbant degalų PPA10 ir PPA20 mišiniais, efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos didėjo atitinkamai 4,4 % ir 5,5 %, lyginant su dyzelinu (DD).

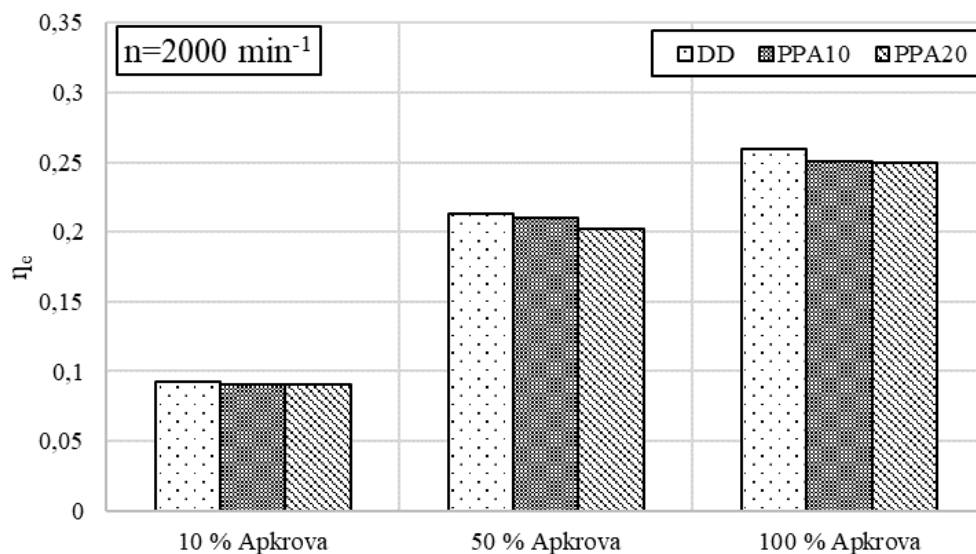


1 pav. Lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų (*bsfc*) priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

*Fig. 1. Brake specific fuel consumption (bsfc) dependence of engine load when engine was running on different composition fuels*

2 pav. pateikta efektyviojo naudingumo koeficiento priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant dyzeliniais degalais ir jo mišiniais su padangų pirolizės aliejumi. Grafike matyti, kad visais apkrovos režimais didžiausia efektyviojo naudingumo koeficiento reikšmė gauta variklį maitinant dyzeliniais degalais. Esant didžiausiai – 100 % variklio apkrovai, naudojant degalų mišinius PPA10 ir PPA20, efektyvusis naudingumo koeficientas sumažėjo atitinkamai 3,62 % ir 4 %, palyginti su dyzeliniais degalais varomu varikliu.

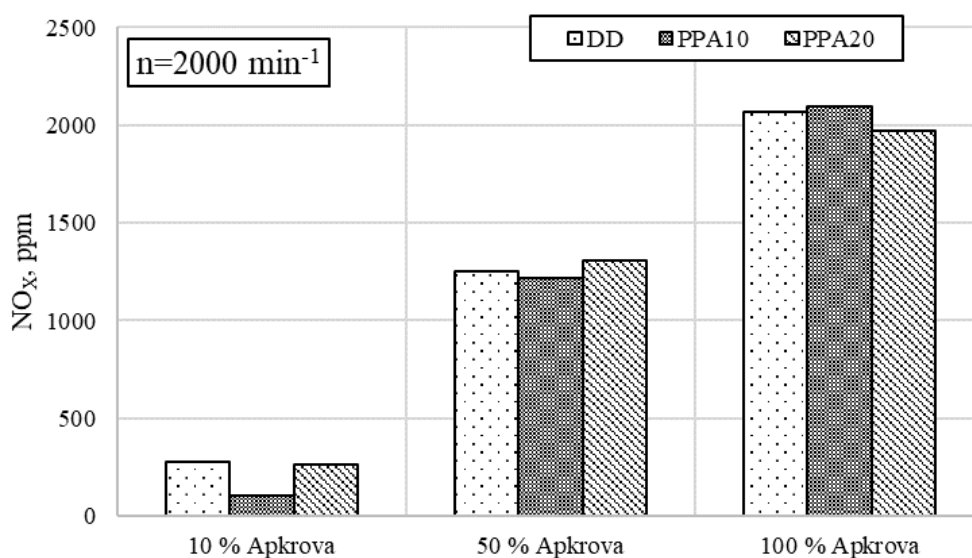
Azoto oksidas yra bendras azoto deguonies junginių pavadinimas. Jis susidaro per visus degimo procesus, kuriuose dalyvauja oras vykstant gretutinėms reakcijoms su ore esančiu azotu. Azoto oksidų emisijos (NO<sub>x</sub>) priklausomybė nuo vidutinės apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais, pateikta 3 pav.



**2 pav.** Efektyviojo naudingumo koeficiento ( $\eta_e$ ) priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

**Fig. 2.** Brake thermal efficiency ( $\eta_e$ ) dependence of engine load when engine was running on different composition fuels

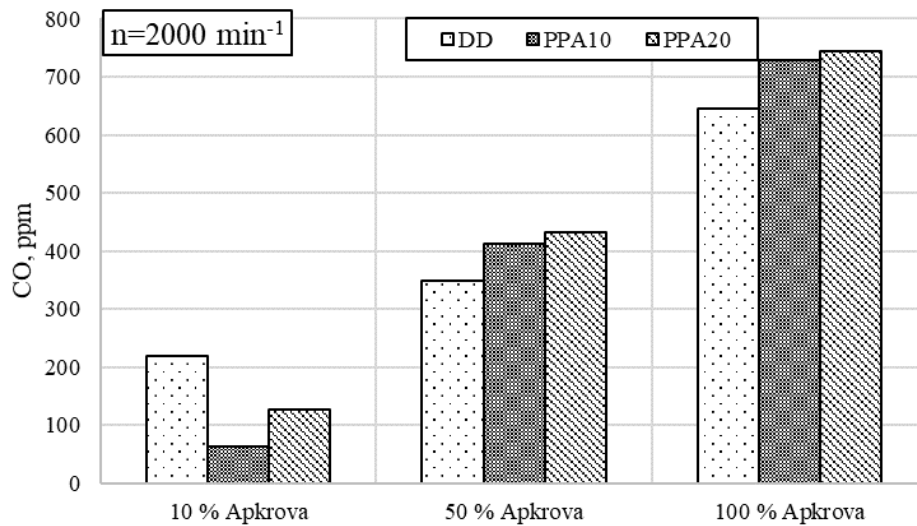
Matyti, kad bendroji azoto oksidų ( $\text{NO}_x$ ) emisija didėjo, didėjant variklio apkrovai. Varikliui veikiant maža apkrova, didžiausias azoto oksidų kiekis buvo sugeneruotas variklį maitinant dyzeliniais degalais. Esant tai pačiai variklio apkrovai, naudojant degalų mišinį PPA20, azoto oksidų emisija buvo 6,8 % mažesnė, negu naudojant dyzelinius degalus. Grafikuose galima matyti, kad, esant didžiausiai apkrovai, maksimali azoto oksidų emisijos reikšmė (2 094 ppm) gaunama variklį maitinant degalų mišiniu PPA10.



**3 pav.** Azoto oksidų emisijos ( $\text{NO}_x$ ) priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

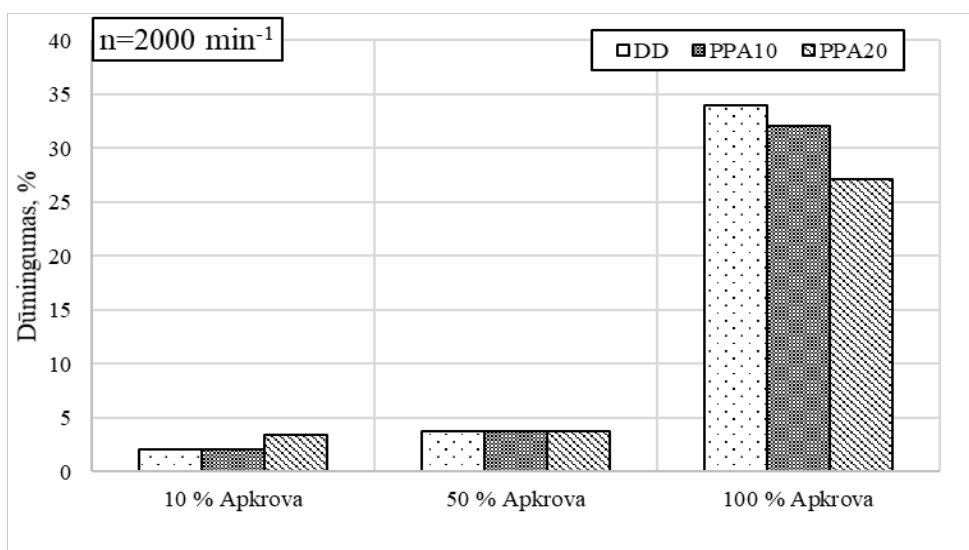
**Fig. 3.** Nitrogen oxide emissions ( $\text{NO}_x$ ) dependence of engine load when engine was running on different composition fuels

$\text{NO}_x$  emisijų formavimuisi didelę įtaką daro du parametrai – aukšta dujų temperatūra cilindre ir ilgesnė savaiminio užsiliepsnojimo trukmė. Degalų, pasižyminčių ilgesniu savaiminio užsiliepsnojimo gaisties laikotarpiu, maksimalus šilumos išsiskyrimo greitis yra didesnis. Dėl šios priežasties didėja temperatūra cilindre (Robert Bosch GmbH, 2004). Antra vertus, didesnis aromatinių medžiagų kiekis didina azotų oksidų kiekį. Tai galima paaikškinti išanalizavus ir kitų autorių mokslinius darbus (Murugan et al., 2008).



**4 pav.** Anglies monoksido (CO) emisijos priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais  
**Fig. 4.** Carbon monoxide (CO) emissions dependence of engine load when engine was running on different composition fuels

Anglies monoksido emisijos priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais, pateikta 4 pav.



**5 pav.** Dūmingumo priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais  
**Fig. 5.** Smoke dependence of engine load when engine was running on different composition fuels

Varikliui veikiant maža apkrova, didžiausia anglies monoksido (CO) emisija buvo gauta variklį maitinant dyzeliniais degalais. Varikliui dirbant vidutine apkrova, anglies monoksido (CO) emisija naudojant degalų mišinį PPA20 buvo didesnė, negu naudojant dyzelinius degalus. Esant didžiausiai variklio apkrovai, panaudojus dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus mišinius PPA10 ir PPA20, anglies monoksido emisija padidėjo atitinkamai 12,8 % ir 15,3 %, lyginant su rezultatais, gautais ištyrus dyzelinius degalus (DD). Kitų straipsnių autoriai CO emisijos didėjimą aiškina mažesniu PPA degalų turimu cetaniniu skaičiumi. Dėl šios priežasties gali vėluoti degimas ir degimo kameroje nevisiškai sudegti degalai (Mikulski et al., 2021).

Mineraliniu dyzeliniu ir jo mišiniais PPA10 ir PPA20 su padangų pirolizės aliejumi veikiančio variklio išmetamųjų deginių dūmingumas iliustruojamas 5 pav. Pastebėta, kad deginių dūmingumui didžiausią reikšmę turi variklio apkrova. Galima matyti, kad, varikliui veikiant maža apkrova, mažiausias deginių dūmingumas buvo gautas variklį maitinant degalų PPA20 mišiniu. Esant didžiausiai apkrovai, variklį maitinant degalų PPA10 ir PPA20 mišiniais, dūmingumas sumažėjo atitinkamai 5,9 % ir 25,5 %, lyginant su dyzeliniais degalais maitinamu varikliu. Galima pažymėti, kad dūmingumą nulemia skirtingų fizikinių ir cheminių savybių turintys degalai.

Naudojant padangų pirolizės aliejų, galima mažinti priklausomybę nuo tradicinių naftos atsargų, todėl tai gali būti žingsnis energetinės nepriklausomybės ir tvarios energijos naudojimo link. Padangų pirolizės aliejus gaminamas iš naudotų padangų, todėl padeda sumažinti atliekų kiekį ir turi mažesnę poveikį aplinkai, lyginant su degalais, kurie yra pagaminti iš grynųjų naftos atsargų. Iš gautų rezultatų matyti mišinių su padangų pirolizės aliejumi aplinkosauginiai pranašumai, taikant tam tikrus apkrovos režimus.

### Išvados

1. Mažiausios efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos buvo gautos varikliui veikiant dyzeliniais degalais ir žema (10 %) apkrova. Esant didžiausiai (100 %) variklio apkrovai, didžiausios (320,3 g/kW·h) lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos buvo gautos varikliui veikiant degalų mišiniu PPA20.
2. Esant vidutinei (50 %) variklio apkrovai, panaudojus degalų mišinį PPA20, variklio naudingojo veikimo koeficientas buvo gautas 5,4 % mažesnis, palyginti su dyzeliniais degalais veikiančiu varikliu.
3. Naudojant degalų mišinį PPA20 mažos apkrovos diapazone, azoto oksidų emisija mažėjo 6,8 %, lyginant su dyzeliniais degalais veikiančiu varikliu.
4. Varikliui dirbant vidutinės apkrovos režimu, didžiausia anglies monoksido emisija buvo gauta varikliui veikiant degalų mišiniu PPA20 (433 ppm), o mažiausia (349 ppm) – dyzeliniais degalais maitinamo variklio.
5. Varikliui dirbant mažos apkrovos režimu, degalų mišiniu PPA20 veikiantis variklis dūmino labiau, lyginant su dyzeliniais degalais veikiančiu varikliu. Didžiausios apkrovos režimu variklio deginių dūmingumas buvo sumažintas 25,5 %, panaudojus degalų mišinį PPA20.

### Literatūra

1. Bi, R., Zhang, Y., Jiang, X., Yang, H., Yan, K., Han, M. and Xiang, S. (2022). Simulation and techno-economical analysis on the pyrolysis process of waste tire. *Energy*, 260, 125039.
2. Campuzano, F., Abdul Jameel, A. G., Zhang, W., Emwas, A. H., Agudelo, A. F., Martínez, J. D. and Sarathy, S. M. (2020). Fuel and chemical properties of waste tire pyrolysis oil derived from a continuous twin-auger reactor. *Energy & Fuels*, 34(10), 12688–12702.
3. Kumaravel, S. T., Murugesan, A. and Kumaravel, A. (2016). Tyre pyrolysis oil as an alternative fuel for diesel engines – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1678–1685.
4. Mikulski, M., Ambrosewicz-Walacik, M., Hunicz, J. and Nitkiewicz, S. (2021). Combustion engine applications of waste tyre pyrolytic oil. *Progress in Energy and Combustion Science*, 85, 100915.
5. Murugan, S., Ramaswamy, M. C. and Nagarajan, G. (2008). The use of tyre pyrolysis oil in diesel engines. *Waste Management*, 28(12), 2743–2749.
6. Robert Bosch GmbH (2004). *Diesel-engine management* (vol. 112). Brill Academic Publishers.
7. Yaqoob, H., Teoh, Y. H., Jamil, M. A. and Gulzar, M. (2021). Potential of tire pyrolysis oil as an alternate fuel for diesel engines: A review. *Journal of the Energy Institute*, 96, 205–221.

### Paulius Montvydas, Tomas Mickevicius

Vytautas Magnus University, Lithuania

### Research of Diesel Engine Efficiency Operating on Diesel Fuel and Tire Pyrolysis Oil Blends

The article presents the experimental test results of diesel engine efficiency operating on diesel fuel and tire pyrolysis oil blends. The aim of the work was to study the performance efficiency and emissions of a diesel engine fuelled with blends of diesel fuel (DD) and tire pyrolysis oil (PPA) at a constant engine speed and various load modes. For experimental research diesel engine ORUVA F1L511 was used. Diesel fuel and its blends PPA10 and PPA20 with tire pyrolysis oil were used for the research. During the test, the engine's hourly fuel consumption, volumetric air consumption, engine torque, emissions and smoke opacity were measured. In the studies, it was found that the highest brake specific fuel consumption was obtained when the engine was running on a fuel blend PPA20 of diesel and tire pyrolysis oil. At full load, PPA10 and PPA20 fuel blends resulted in 3.6% and 4% lower engine brake thermal efficiency compared to the diesel engine, respectively. In the same mode, using a blend of diesel fuel and tire pyrolysis oil PPA10, the engine generated the highest total emissions of nitrogen oxides. At full load, the highest carbon monoxide CO emissions were obtained with the PPA20 fuel blend (745 ppm), and the lowest with diesel fuel (646 ppm). When the engine was operating at full load, the PPA20 fuel blend, generated 25.5% less smoke opacity than the diesel fuelled engine.

Diesel fuel, tire pyrolysis oil, engine efficiency, emissions, smoke opacity.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

Paulius MONTVYDAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Mechanikos, energetikos ir biotechnologijų inžinerijos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. El. paštas: paulius.montvydas@vdu.lt

Paulius MONTVYDAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Mechanical, Energy and Biotechnology Engineering, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. E-mail: paulius.montvydas@vdu.lt

Tomas MICKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Mechanikos, energetikos ir biotechnologijų inžinerijos katedros lektorius. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. El. paštas: tomas.mickevicius1@vdu.lt

Tomas MICKEVICIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Mechanical, Energy and Biotechnology Engineering, lector. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. E-mail: tomas.mickevicius1@vdu.lt

# EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL AGENTS AND ENZYMATIC CATALYSIS IN WASTEWATER TREATMENT

**Mindaugas Rutalė, Marina Valentukevičienė**

Vilniaus kolegija/Higher Education Institution, Lithuania

Bio-preparation have been introduced for the treatment of domestic and industrial wastewater to reduce the negative environmental impact. Their purpose is to significantly reduce the concentrations of total phosphorus and nitrogen, nitrates, nitrites and phosphates in treated wastewater. A study was carried out to observe the effect and effectiveness of bio-preparations in the treatment of wastewater at the Mažeikiai Sewage Treatment Plant. The obtained and processed data showed that the use of bio-treatments at the Mažeikiai wastewater treatment plant significantly reduces the amount of substances in the treated wastewater, which, when entering water bodies, initiate the eutrophication process, for example, total nitrogen before the purification process is 44 mg/ml and after treatment is 3.57 mg/ml. Despite the positive results obtained from research and observation, long-term, national comparative studies are needed to confirm the benefits of this technological process.

Case study, wastewater treatment, environmental issues, enzymatic treatment of wastewater, biological wastewater treatment.

## Introduction

Different technologies can be used in the treatment of domestic wastewater. Domestic and industrial wastewater is treated in three ways: the physical method is based on the action of physical forces - filtering, mixing, sedimentation, screening, etc. Chemical wastewater treatment is based on the chemical reactions that occur - particle settling, adsorption and disinfection (Rashid et al., 2021; Valentukevičienė et al., 2023). Recently, biological wastewater treatment using the life processes of micro-organisms has been strongly promoted and popularised. The treatment capacity and the optimality of the process depend on the type and quantity of wastewater and the purpose of the treatment (Ahammad et al., 2020; Valentukevičienė et al., 2018). Micro-organisms are classified as aerobic, anaerobic and anoxic, based on their need for oxygen for their vital activities. Biological wastewater treatment is based on the creation of suitable conditions for the relevant group of micro-organisms (Aragaw, 2021).

In the aerobic approach, the micro-organisms decompose the wastewater in an environment saturated with molecular oxygen (O<sub>2</sub>). As a result of the process, carbon dioxide, new cell biomass and simple organic matter are released into the environment. Depending on the design of the process, the mineralisation of the organic compounds in the waste is accompanied not only by the formation of a new mass of micro-organisms, but also by the formation of inorganic compounds such as nitrogen and phosphorus. The resulting activated sludge is a complex ecological system of bacteria, fungi, protozoa and viruses. Pathogenic bacteria and viruses in wastewater require additional biological treatment and disinfection processes (Skouteris et al., 2020). The activated sludge process (ASP) has long been known and widely used as a biological wastewater treatment method in economically developed countries (Mateo-Sagasta et al., 2015).

Anaerobic biological treatment of wastewater is widely used for the treatment of industrial pollutants. Interactions between micro-organisms (autotrophic acetogens, sulphur-reducing bacteria methanogens), through sequential biochemical, oxidation-reduction reactions, make it possible to break down organic and inorganic pollutants of a sufficiently complex structure, as well as those with a simple structure, such as hydrogen sulphide, methane, carbon dioxide (Cyprowski et al., 2018). Anaerobic wastewater treatment is highly efficient, even at high wastewater volumes and adverse ambient temperatures, and the process line is relatively simple in design. The treatment method is energy efficient, as there is no need to heat the effluent and the methane gas produced can be used as an energy source. It should also be noted that anaerobic digestion of wastewater produces very small quantities of sludge, which has very good stability and dewatering properties. Despite the advantages of anaerobic digestion mentioned above, the treatment method has many disadvantages. Anaerobic treatment of wastewater leaves a very large number of pathogenic micro-organisms in the wastewater, which require further treatment. This is one of the reasons why the discharge time is prolonged. The product of the micro-organisms' life activities, hydrogen sulphide, has a bad smell, which increases air pollution (Rezai, Allahkarami, 2021).

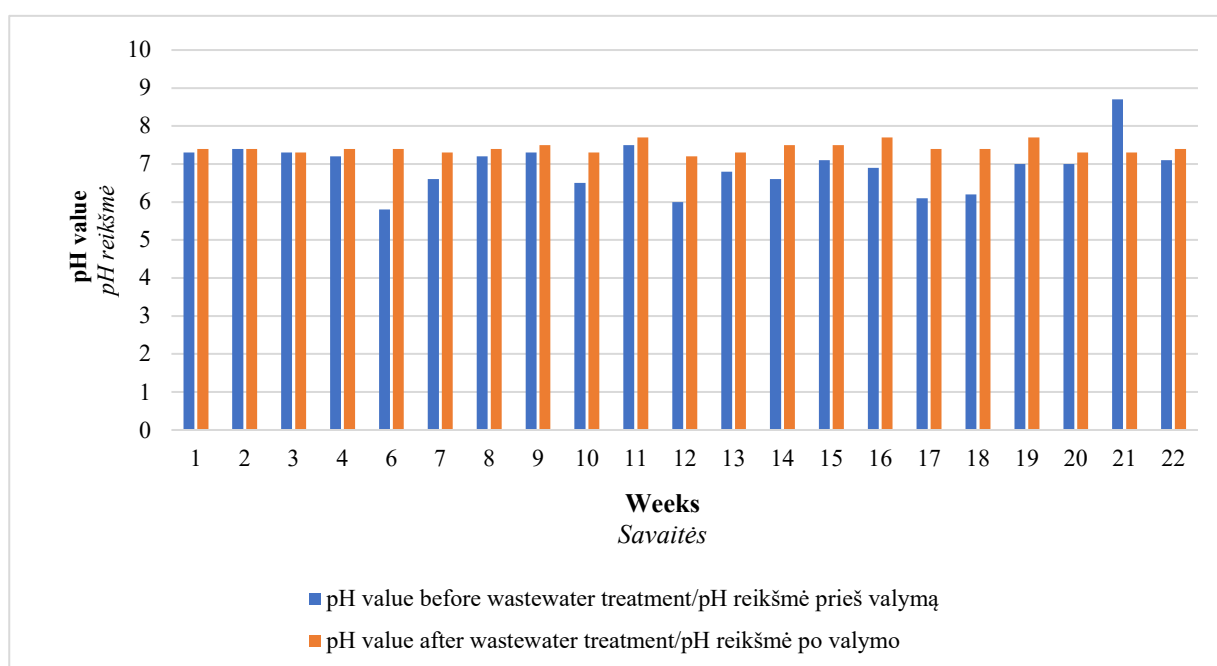
This article examines the effectiveness of biological agents in wastewater treatment at the Mažeikiai city wastewater treatment plant. The aim of the study is to determine how the quantitative composition of wastewater changes before and after treatment.

## Research methodology

The study was carried out over a period of twenty-two weeks. The study was carried out at the Mažeikiai municipal sewage treatment plant. The study involved periodic sampling of untreated wastewater and wastewater after treatment with biological agents. Before and after treatment, the pH, nitrite, nitrate, ammonium nitrogen, total phosphorus and nitrogen concentrations were measured. After the measurements and the statistical indicators were obtained, they were processed using statistical software.

## Results and discussion

Over the whole study period, the lowest pH value in untreated wastewater was recorded at the beginning of the study, in the sixth week (pH=5.8). After the application of the biological agents, the pH of the treated effluent rose to a slightly alkaline concentration (pH=7.4). It was also observed that the alkaline effluent was neutralised to a weakly alkaline concentration (pH=7.3) by week twenty-one (pH=8.7). It can be preliminarily assumed that biological treatment can also effectively change the pH of the effluent to a suitable pH for discharge to the reception facility. The detailed variation of the hydrogen ion index is shown in Figure 1.

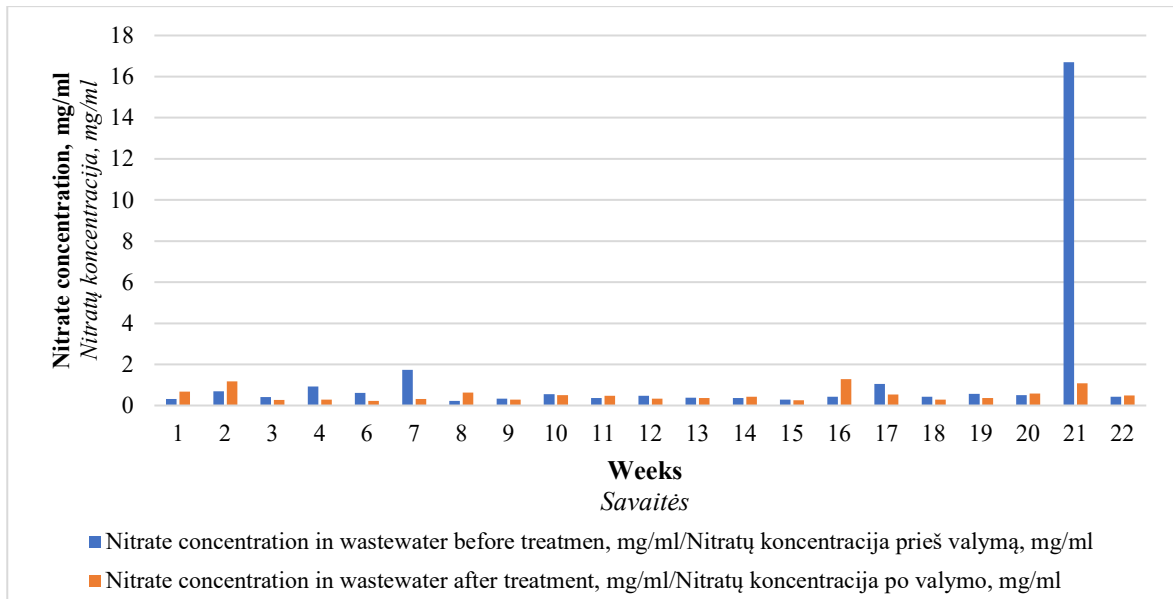


**Fig. 1.** Variation of pH during the study period

*1 pav. pH reikšmės kitimas valant nuotekas biologiniais preparatais*

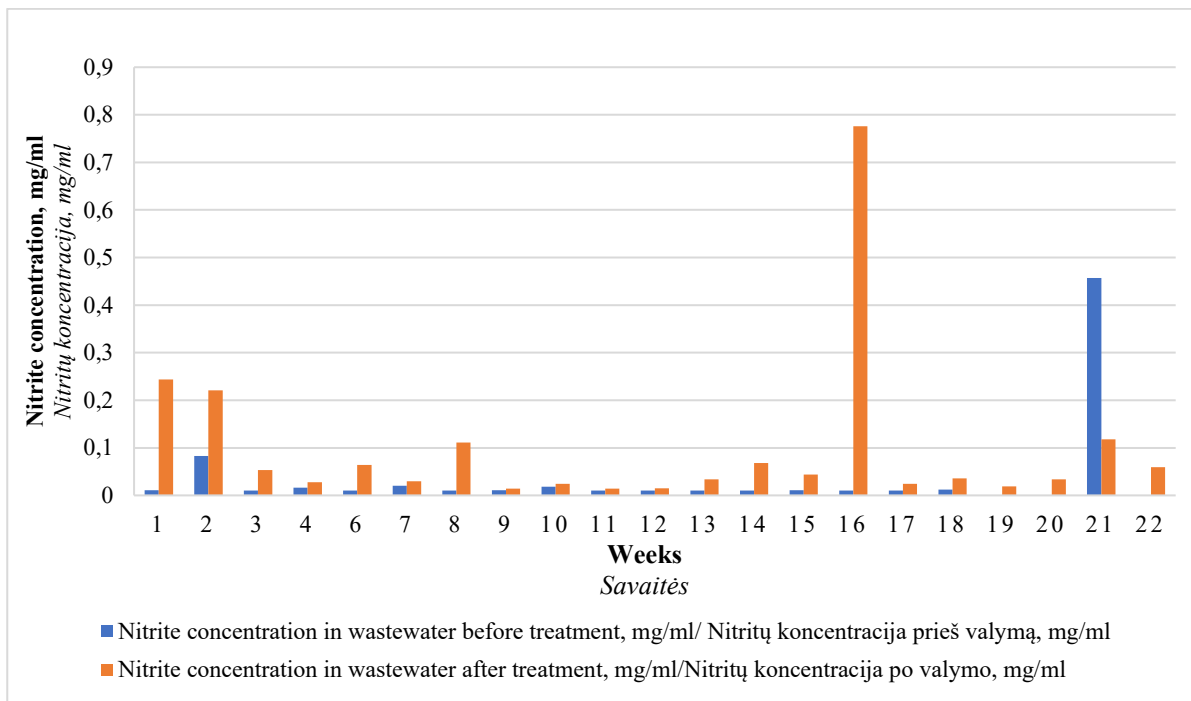
In the study, the variation of nitrate concentrations before and after treatment was measured as an indicator of the effectiveness of the biological agents in wastewater treatment. The results obtained do not lead to the unanimous opinion that the use of biological agents leads to a significant reduction in nitrate concentration. However, there is a significant improvement in efficiency. This is illustrated by the pre-treatment nitrate concentration of 16.7 mg/ml in the effluent on the twenty-first day, which decreased to 1.08 mg/ml after treatment. These fluctuations in concentrations can be attributed to the vital activity of nitrifying microorganisms, where ammonium nitrogen is converted to nitrate and nitrite is converted to nitrate. The detailed variation of nitrate concentrations and the effect of biological treatment on post-treatment nitrate concentrations is shown in Figure 2.





**Fig. 2.** Changes in nitrate concentrations using biological preparats  
 2 pav. Nitratų koncentracijos kaita valant nuotekas biologiniais preparatais

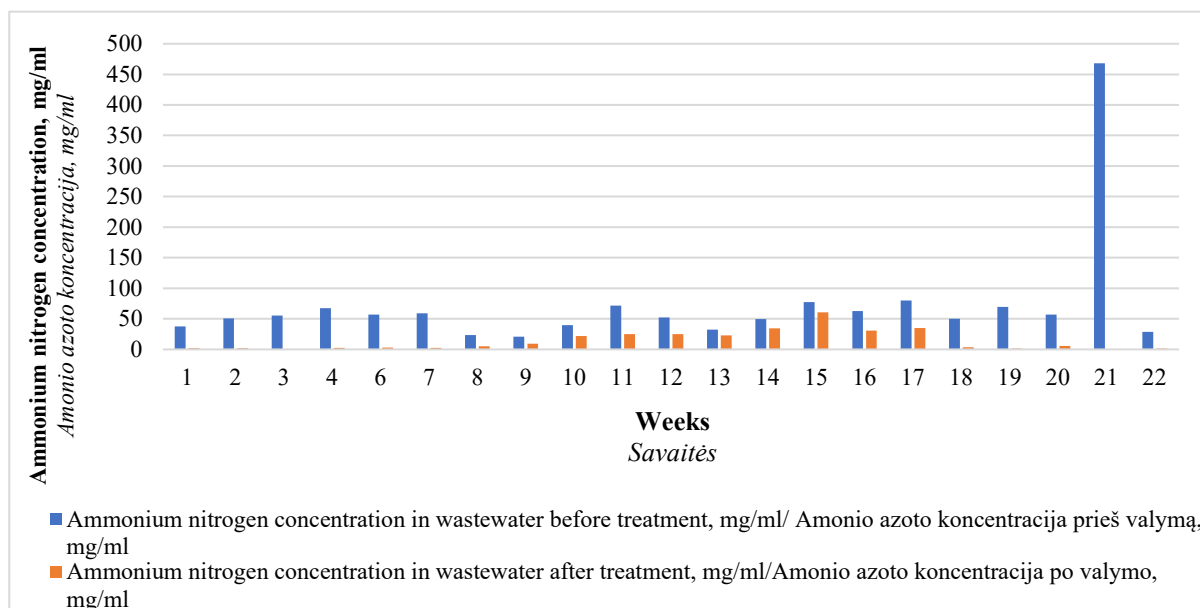
Observing and assessing the variations in nitrite concentrations leads to the initial conclusion that nitrification and denitrification processes are active during the biological treatment process. The monitoring data obtained show that only in the twenty-first week the nitrite concentration was higher in the untreated (0.457 mg/ml) compared to the treated (0.118 mg/ml) effluent. The largest difference was observed in week 16, when the nitrite concentration was 0.01 mg/ml in untreated effluents and 0.776 mg/ml in treated effluents. The variation of nitrite concentrations during the study is shown in Figure 3.



**Fig. 3.** Influence of biological treatment on nitrite concentrations  
 3 pav. Biologinių preparatų poveikis nitritų koncentracijai valomose nuotekose

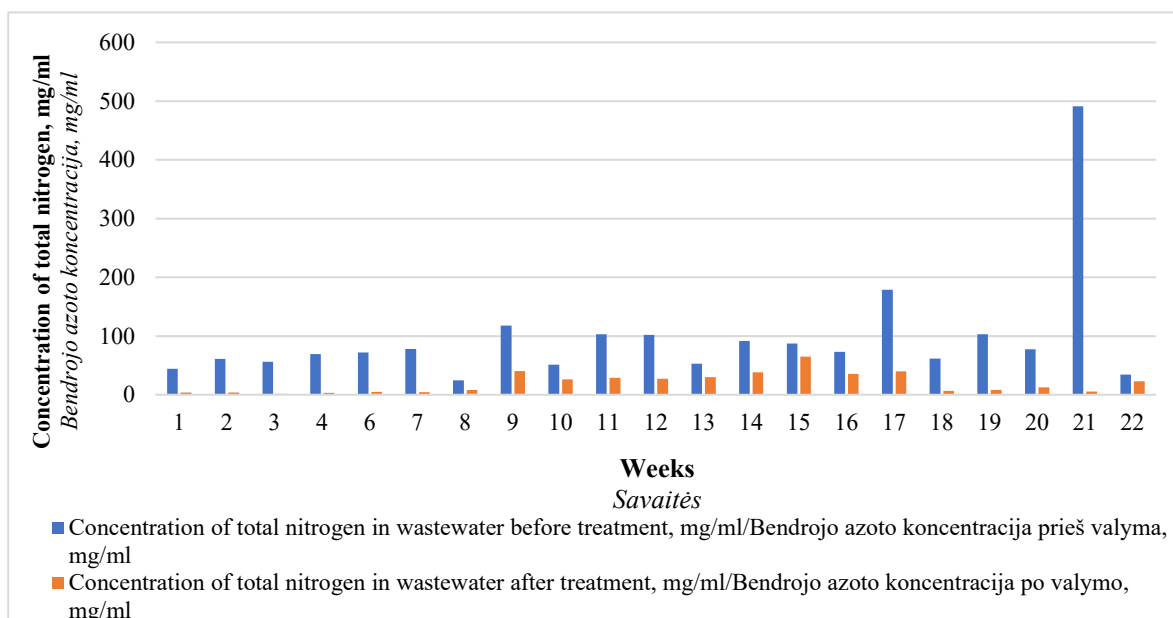
The concentration of ammonium nitrogen in the treated effluent decreased steadily throughout the study period. The highest concentration of ammonium nitrogen in untreated effluent was recorded in the twenty-first week when the sample contained 468 mg/ml, after which it decreased to 0.31 mg/ml. The lowest difference in concentrations was observed in week 15, when the pre-treatment concentration was 77.3 mg/ml, after treatment

it was 60.9 mg/ml. The detailed variation of ammonium nitrogen concentrations in treated and untreated effluents is presented in Figure 4.



**Fig. 4.** Changes in ammonium nitrogen concentrations before and after biological treatment  
**4 pav.** Amonio azoto koncentracijos pokyčiai išvalius nuotekas biologiniais preparatais

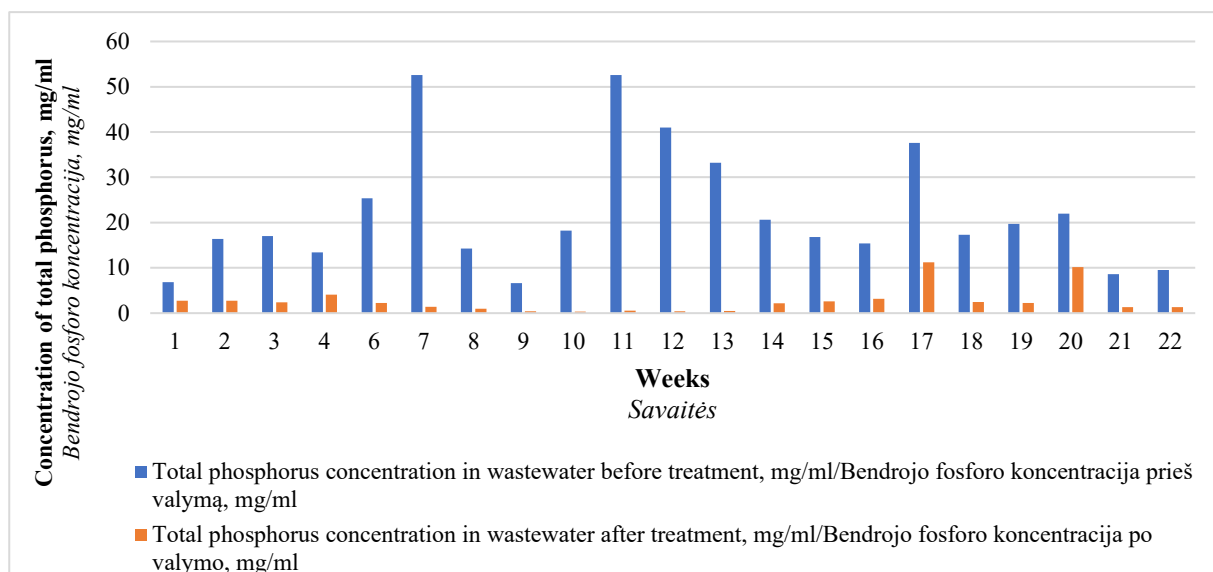
The concentration of total nitrogen, as well as the concentration of ammonium nitrogen, decreased steadily in the effluent after treatment throughout the monitoring period. In the twenty-first week, the concentration of total nitrogen (491 mg/ml) in untreated effluent was the highest during the whole monitoring period, as were the concentrations of ammonium nitrogen, nitrite and nitrate. The lowest concentration of total nitrogen in the treated effluent was recorded in the third week, when the post-treatment total nitrogen concentration was 1.8 mg/ml. Detailed concentrations of total nitrogen before and after treatment are presented in Figure 5.



**Fig. 5.** Influence of biological treatment on total nitrogen concentrations  
**5 pav.** Biologinių preparatų poveikis mažinant bendrojo azoto koncentraciją valomose nuotekose

Together with nitrogen and nitrogen-containing compounds, the study monitored changes in the concentration of total phosphorus in the effluent before treatment and the effectiveness of the biological agents after treatment. During the whole monitoring period, a statistically significant ( $p < 0.05$ ) effect of the bio-preparations on the treated effluents was observed. The highest concentration of total phosphorus (56.2 mg/ml)

in the untreated effluent was recorded at weeks 7 and 11, after which it was reduced to 1.43 mg/ml and 0.58 mg/ml respectively. The lowest concentration of total phosphorus after biological treatment was recorded in week 10 at 0.36 mg/ml. The detailed dynamics of total phosphorus concentrations in untreated and treated effluents is presented in Figure 6.



**Fig. 6.** Influence of biological preparations on the concentration of total phosphorus in treated wastewater  
*6 pav. Bendrojo fosforo koncentracijos kaita nuotekose, valomose biologiniais preparatais*

Biological wastewater treatment is a viable, modern method of wastewater treatment. By using different technologies, dedicated and appropriate machinery, it is possible to achieve very good wastewater treatment results. It cannot be said to be the only and only method of wastewater treatment, but due to its advantages and disadvantages, wastewater treatment using micro-organism preparations should be developed more widely in developing economies. A study has shown that the use of micro-organisms in the treatment of urban wastewater is effective in removing phosphorus, nitrogen and nitrogenous compounds and in regulating pH values. The values achieved after treatment are within the legal limits allowed for discharge to the receiving water and showed no negative impact on living and non-living influences. Despite the positive results, long-term, controlled studies are needed in terms of technological efficiency, environmental impact and economic aspects.

## Conclusions

1. It has been shown that the application of biological preparations of micro-organisms adjusts the pH of the treated wastewater to a neutral reaction due to oxidative-reductive processes.
2. Nitrogen-containing compounds are different after treatment with a biological agent. Despite the fluctuations, the concentrations of all nitrogen compounds, as well as total nitrogen, showed a decreasing trend after the biological treatment.
3. The concentration of total phosphorus decreased statistically significantly ( $p < 0.05$ ) over the entire study period when wastewater was treated with the biological preparation.

## References

1. Ahammad, S. Z., Graham, D. W. and Dolfing, J. (2020). Wastewater treatment: Biological. In: Managing Water Resources and Hydrological Systems (pp. 561–576). CRC Press.
2. Aragaw, T. A. (2021). Functions of various bacteria for specific pollutants degradation and their application in wastewater treatment: A review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18, 2063–2076.
3. Cyprowski, M., Stobnicka-Kupiec, A., Ławniczek-Wałczyk, A., Bakal-Kijek, A., Gołofit-Szymczak, M. and Górny, R. L. (2018). Anaerobic bacteria in wastewater treatment plant. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 91, 571–579.

- Mateo-Sagasta, J., Raschid-Sally, L. and Thebo, A. (2015). Global wastewater and sludge production, treatment and use. In: Drechsel, P., Qadir, M. and Wichelns, D. (Eds.). *Wastewater: Economic asset in an urbanizing world* (pp. 15–38). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Rashid, R., Shafiq, I., Akhter, P., Iqbal, M. J. and Hussain, M. (2021). A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: The effectiveness of adsorption method. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 9050–9066.
- Rezai, B. and Allahkarami, E. (2021). Wastewater treatment processes—techniques, technologies, challenges faced, and alternative solutions. In: *Soft computing techniques in solid waste and wastewater management* (pp. 35–53). Elsevier.
- Skouteris, G., Rodriguez-Garcia, G., Reinecke, S. F. and Hampel, U. (2020). The use of pure oxygen for aeration in aerobic wastewater treatment: A review of its potential and limitations. *Bioresource Technology*, 312, 123595.
- Valentukeviciene, M., Andriulaityte, I. and Chadysas, V. (2023). Assessment of residual chlorine interaction with different microelements in stormwater sediments. *Molecules*, 28, 5358. <https://doi.org/10.3390/molecules28145358>
- Valentukeviciene, M., Bagdziūnaitė-Litvinaitienė, L., Chadyšas, V. and Litvinaitis, A. (2018). Evaluating the impacts of integrated pollution on water quality of the trans-boundary Neris (Viliya) river. *Sustainability*, 10, 4239. <https://doi.org/10.3390/su10114239>

#### **Mindaugas Rutalė, Marina Valentukevičienė**

Vilniaus kolegija

#### **Biologinių preparatų ir fermentinės katalizės veiksmingumas valant nuotekas**

Siekiant sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, buitiniams ir pramoniniams nuotekoms valyti pradėti naudoti biologiniai preparatai. Jų paskirtis – gerokai sumažinti bendrojo fosforo ir azoto, nitratų, nitritų ir fosfatų koncentraciją išvalytose nuotekose. Vykdyto tyrimo tikslas – stebėti biologinių preparatų poveikį ir efektyvumą valant nuotekas Mažeikių nuotekų valykloje. Gauti ir apdoroti duomenys parodė, kad, Mažeikių nuotekų valykloje naudojant biologinius preparatus, išvalytose nuotekose gerokai sumažėja medžiagų, kurios, patekusios į vandens telkinius, inicijuoja eutrofikacijos procesą: pavyzdžiui, bendrojo azoto koncentracija prieš valymo procesą yra 44 mg/ml, o po valymo – 3,57 mg/ml. Nepaisant teigiamų mokslinių tyrimų ir stebėjimų rezultatų, reikalingi ilgalaikiai nacionaliniai lyginamieji tyrimai, kurie patvirtintų šio technologinio proceso naudą.

Atvejo analizė, nuotekų valymas, aplinkosaugos problemos, fermentinis nuotekų valymas, biologinis nuotekų valymas.

*Gauta 2024 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Mindaugas RUTALĖ. Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros studentas. Adresas: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilniaus r. Tel.: +370 621 81264, el. paštas: [mindaugasrutale@gmail.com](mailto:mindaugasrutale@gmail.com)

Mindaugas RUTALĖ. Vilniaus kolegija/Higher Education Institution, Faculty of Agrotechnology, Department of Landscape Management and Agrobusiness Technologies, student. Address: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilnius dist. Phone: +370 621 81264, e-mail: [mindaugasrutale@gmail.com](mailto:mindaugasrutale@gmail.com)

Marina VALENTUKEVIČIENĖ. Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros technologijos mokslų daktarė, profesorė. Adresas: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilniaus r. El. paštas: [m.valentukeviciene@atf.viko.lt](mailto:m.valentukeviciene@atf.viko.lt)

Marina VALENTUKEVIČIENĖ. Vilniaus kolegija/Higher Education Institution, Faculty of Agrotechnology, Department of Landscape Management and Agribusiness Technologies, doctor of technological sciences, professor. Address: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilnius dist. E-mail: [m.valentukeviciene@atf.viko.lt](mailto:m.valentukeviciene@atf.viko.lt)

# UAB „KAIŠIADORIŲ VANDENYS“ TVARAUS NUOTEKŲ DUMBLO KOMPOSTAVIMO PANAUDOJANT KITAS KOMUNALINES ATLIEKAS ANALIZĖ

Algirdas Radzevičius, Laurynas Stulginskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Straipsnyje pateikiama nuotekų dumblo sausinimo ir kompostavimo panaudojant kitas komunalines atliekas tyrimo rezultatai. Tyrimo objektu pasirinktas UAB „Kaišiadorių vandenys“ nuotekų valykla, kurioje susidaręs nuotekų dumblas yra nusausinamas, o vėliau kompostuojamas. Nusausintas nuotekų dumblas yra nukreipiamas į dengtas kompostavimo aikštes, kuriose kartu su šiaudais ir žaliosiomis komunalinėmis atliekomis – lapais, spygliais, žole, medžių šakomis – kraunamas į kaupus ir periodiškai maišomas. Tyrimo metu buvo keičiamas kaupų maišymo periodiškumas, matuojama komposto temperatūra kaupo viduje, nustatomas komposto susiskaidymo laipsnis ir maistmedžiagių kiekis.

Būvio ciklo vertinimas buvo atliekamas dviem ciklo schemoms: a) nuotekų dumblą sausinant ir naudojant jį techninėms kultūroms tręšti; b) nuotekų dumblą kompostuojant kartu su žaliosiomis komunalinėmis atliekomis ir šiaudais bei naudojant jį grūdinėms kultūroms tręšti. Straipsnyje taip pat nagrinėjamos techninės ir organizacinės neigiamą poveikį aplinkai mažinančios priemonės – dumblo ir komposto kokybės kontrolė ir probiotikais šalinami kvapai.

Nuotekų dumblas, komunalinės atliekos, kompostavimas.

## Įvadas

Nuotekų dumblas yra nuotekų valymo proceso šalutinis produktas. Siekiant išvengti aplinkos taršos, būtina įgyvendinti keletą sudėtingų nuotekų dumblo apdorojimo ir šalinimo procesų, tokių kaip koncentracija, anaerobinė fermentacija (AF), nuotekų dumblo nusausinimas, terminis džiovinimas, deginimas ar šalinimas į sąvartynus. Netinkamas organinių atliekų tvarkymas gali sukelti rimtą aplinkos taršą, tokią kaip kvapai, ligų perdavimas ir globalinis atšilimas (Singh et al., 2011). Kadangi nuotekų valyklose trūksta vietos dumblo apdorojimo įrenginiams, nuotekų dumblo tvarkymo ir šalinimo problema tampa labai opi, ypač dėl sparčios urbanizacijos ir pramonės plėtros, vykusios per paskutinius 30–40 metų. Dumblo apdorojimo tikslas yra sumažinti jo masę ir tūrį, kad būtų sumažintos šalinimo išlaidos, drauge sumažinant bet kokias latentines sveikatos problemas, susijusias su šalinimu (Barry et al., 2019).

Nuotekų dumblas yra didelės pridėtinės vertės trašos, galinčios pagerinti dirvožemį ir augalų auginimo sąlygas, nes jame yra didelė azoto, fosforo ir kitų organinių medžiagų koncentracija (Mohamed et al., 2018). Tačiau susirūpinimą kelia tai, kad nusausintą nuotekų dumblą sunku tiesiogiai pritaikyti laukams tręšti dėl jo agregatinės būsenos ir užterštumo, nes jame yra įvairių sunkiųjų metalų organinių teršalų (Lu et al., 2021), be to, jis gali būti užterštas patogeninėmis bakterijomis (Fijalkowski et al., 2017). Siekiant išspręsti šias dumblo nukenksminimo problemas, atliekamas dumblo kompostavimas į jį įterpiant ir kitų medžiagų, gautų iš vietinių įmonių, pavyzdžiui, šiaudų, medžių lapų, organinių žemės ūkio gamybos atliekų, kurios gali sumažinti sunkiųjų metalų ir patogenų koncentraciją, pagerinti fizikines ir chemines komposto savybes, sutrumpinti brandinimo laikotarpį jį fermentuojant (Wang et al., 2022). Todėl tvari organinių atliekų apytaka reikalauja atitinkamų nuotekų dumblo kompostavimo procesų.

Tyrimais nustatyta, kad nuotekų dumblo kompostavimo metu vyrauja termofilinės bakterijos, priklausančios *phyla Firmicutes* (daugiausia *Bacilli* klasės) ir aktinobakterijoms (Wang et al., 2022). Vyraujančių bakterijų rūšys dažnai skiriasi keliais kompostavimo veiksniais, tokiais kaip fermentacijos temperatūra ir medžiagos sudėtis, todėl, norint pasiekti geriausių rezultatų kompostavimo procese, būtina stebėti ir įvertinti mikrobo bendrijų rodiklius. Kai kurie mikroorganizmai, gauti iš nuotekų dumblo, turi funkcinių genų, kurie teigiamai veikia augalų augimą (pvz., antrinių metabolitų biosintetinių genų ir polimero hidrolizės fermentų) (Liu et al., 2021). Nuotekų dumblo kompostas slopina dirvožemyje plintančius augalų patogenus ir ligas, tokias kaip fuzariozė, *Phytophthora* vainiko puvinys ir lapų maras, kurių gali atsirasti dėl sudėtingos naudingų mikroorganizmų, gaunamų iš komposto, sąveikos (De Corato, 2020).

Pagrindiniai kompostavimo veiksniai yra šie: deguonis (O<sub>2</sub>) ir aeracija, maisto medžiagos, anglies ir azoto santykis (C/N), drėgmė, poringumas, dalelių struktūra, tekstūra, dydis, pH, temperatūra ir trukmė (Kašėtaitė, 2007). Kompostavimas yra kompleksinis mikrobiologinis ir biocheminis procesas (abu vyksta vienu metu), o reikalingos sąlygos jiems abiem sukuriama fizikinio proceso metu: bioskaidžių atliekų smulkinimas, maišymas, reikalingo C:N santykio, pH, drėgnumo, porėtumo užtikrinimas, oro (deguonies) srauto užtikrinimas, temperatūros kontrolė ir kt. (Brazas, 2012).

Nuotekų dumble esančios organinės, biogeninės medžiagos, patogenai, sunkieji metalai, toksinės organinės ir cheminės medžiagos – svarbiausios sudedamosios dalys, kurios daro įtaką ne tik dumblo apdorojimo būdams, bet ir jo panaudojimo galimybėms. Nuotekų dumblo tvarkymo pagrindinis tikslas yra išgauti tokį produktą, kuris būtų saugus ir naudojamas pačiu tinkamiausiu būdu.

Lietuvoje taikomos šios trys principinės nuotekų dumblo tvarkymo schemas: I – dumblo tvarkymas išgaunant energiją ir išsaugant maistines medžiagas; II – dumblo tvarkymas neišgaunant energijos, bet išgaunant maistinių medžiagų; III – dumblo deginimas išgaunant energiją ir išsaugant maistines medžiagas (Investicinė..., 2006).

Siekiant sumažinti susidarančio nuotekų dumblo kiekį, pirmiausia jį reikia sutankinti ir nusausinti. Sausintame dumble lieka iki 80 % vandens.

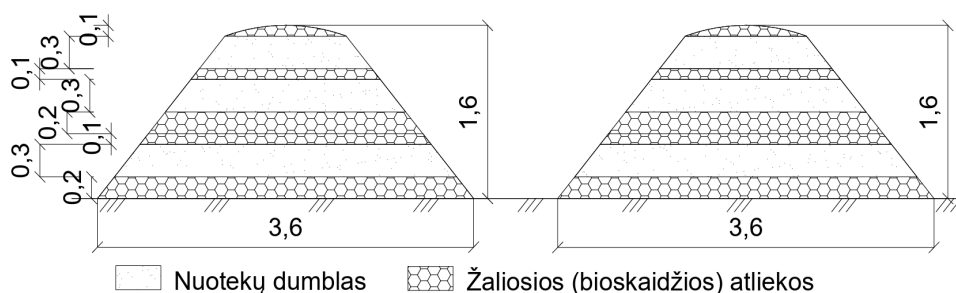
## Tyrimų metodika

UAB „Kaišiadorių vandenys“ NV nuotekų dumblas buvo vertinamas pagal dvi būvio ciklo schemas: a) nuotekų dumblą sausinant ir naudojant techninėms kultūroms tręšti; b) nuotekų dumblą kompostuojant kartu su žaliosiomis komunalinėmis atliekomis ir šiaudais ir naudojant grūdinėms kultūroms tręšti.

Naudojant sausintą nuotekų dumblą tręšti, iškyla jo transportavimo į laukus problema dėl jo agregatinės būsenos (drėgnumas – apie 80 %) ir panaudojimo problema dėl šiame dumble esančių organinių teršalų bei sunkiųjų metalų. Pagal šią schemą dumblo panaudojimo veikla vykdoma, bet kelia daug problemų. Perspektyvia Kaišiadorių nuotekų valykloje laikoma II schema – nuotekų dumblo tvarkymo schema, apimanti dumblo kompostavimą ir procesą įtraukiant augalų biomasę ir taip išvengiant nepatogaus skysto dumblo transportavimo bei pagerinant maisto medžiagų koncentraciją galutiniam produkte – komposte.

Nuotekų dumblas sumaišomas su smulkinta struktūrine medžiaga ir frontaliu krautuvu su priekiniu kaušu formuojamas į kaupus. Į kaupą sukraunama 52 t sumaišyto dumblo ir struktūrinių medžiagų mišinio. Kaupas suformuojamas per 10 dienų. Mišinio išbuvimo trukmė – apie 60 dienų. Kraunami apie 1,6 m aukščio ir apie 3,6 m pagrindo pločio kaupai, šonai su nedideliu nuolydžiu, kad kaupai palaipsniui į viršų siaurėtų ir skersiniame pjūvyje sudarytų trapecijos formą, o viršuje plotis būtų toks, kad sukrautos medžiagos nebyrėtų. Vieno kaupo ilgis – 47 m. Tarp kaupų išlaikomas apie 4 m atstumas, kad frontalinis krautuvai ir komposto vartytuvai galėtų laisvai judėti.

Komposto kaupai kraunami pagal 1 pav. schemą. *Pirmą dieną* presuotų šiaudų ryšuliai, pjuvenos arba kitos žaliosios atliekos krautuvu paskleidžiamos ant aikštelės paviršiaus ir sustumiamos į kaupus. Ant šių kaupų viršaus pilamas nusausintas dumblas. Iš karto po to komposto vartytuvu šis kaupas perverčiamas du kartus iš eilės. Paskui patikrinama kaupuose esančio mišinio drėgmė ir, jei reikia, papildomai įdedama šiaudų arba dumblo, ir viskas dar kartą sumaišoma. *Antrą dieną* krūvos dar kartą maišomos. *Trečią dieną* apie 50 cm sluoksniu ant kaupų krautuvu paskleidžiamos šakos bei kitokios žaliosios atliekos ir vėl viskas užpilama dumbliu. Kaupai nedelsiant sumaišomi. *Ketvirtą dieną* kompostas dar kartą vartomas. *Penktą dieną* pakartojama trečios dienos procedūra.



1 pav. Komposto kaupo sluoksnių schema

Fig. 1. Scheme of compost heap layers

Suformuoti kaupai yra periodiškai permaišomi, siekiant pagerinti aeraciją. Kuo dažniau vartomi kaupai, tuo daugiau deguonies patenka į komposto kaupus, kuriuose mikroorganizmai skaido medžiagas aerobiniu būdu. Siekiant mažinti nemalonius kvapus, užtikrinti pakankamą deguonies kiekį bei aeraciją, kaupai buvo vartomi tris kartus per savaitę. Prietaisų, kuriais būtų matuojamas deguonies kiekis atliekose, nėra. Kuo dažniau vartomi kaupai, tuo greičiau atliekos susikompostuoja. Vartyti naudojama speciali įranga užtikrina gerą kompostuojamos masės susimaišymą. Dėl dažno vartymo kompostas tampa purus ir smulkus.

Darbo žurnale buvo registruojama kompostavimo pradžia ir pabaiga, temperatūros matavimai, kaupų vartymo datos. Mišinys viso kompostavimo metu turi būti nuo 35 % iki 65 % drėgnumo. Drėgmė nustatoma iš komposto krūvos paėmus šiek tiek komposto ir jį suspaudus delne. Jei spaudžiant ranka pro pirštus prisisunkia šiek tiek vandens, reiškia, komposto drėgmė normali. Priklausomai nuo oro, kompostas pasiekia brandą po maždaug 6–10 savaičių.

Iš kaupo paimta komposto pavyzdžių, jie nuvežti į Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų laboratoriją, ten nustatyti apdoroto dumblo ir komposto kokybiniai rodikliai: sausų medžiagų kiekis (%), organinių medžiagų kiekis (%), azoto (N), fosforo (P) koncentracija (mg/kg sausųjų medžiagų), sunkiųjų metalų Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg koncentracija (mg/kg sausųjų medžiagų), apdoroto dumblo ir komposto pH.

Statistinei analizei atlikti buvo naudojama programa „MS Excel“, schemoms sudaryti – „AutoCAD 2024“.

## Rezultatai ir aptarimas

Kompostuoti tiekiamas sausintas nuotekų dumblas, remiantis „Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui bei rekultivavimui reikalavimais“ (LAND 20-2005), buvo tiriamas vieną kartą per ketvirtį. Lyginant 2018–2023 m. dumble esančių sunkiųjų metalų koncentracijos metinius vidurkius (1 lentelė), pastebimas švino (Pb), chromo (Cr), nikelio (Ni), cinko (Zn) ir gyvsidabrio (Hg) koncentracijos mažėjimas ir kadmio (Cd), vario (Cu) nežymus koncentracijos didėjimas. Visų tirtų sunkiųjų metalų (išskyrus kadmį) koncentracija neviršija I kategorijos rodiklių, o kadmio koncentracija neviršija II kategorijos rodiklio (žr. 1 lentelę), todėl sausintas nuotekų dumblas, pagal LAND 20-2005 reikalavimus, priskiriamas II kategorijai, tad šį dumblą galima naudoti techninėms kultūroms tręšti.

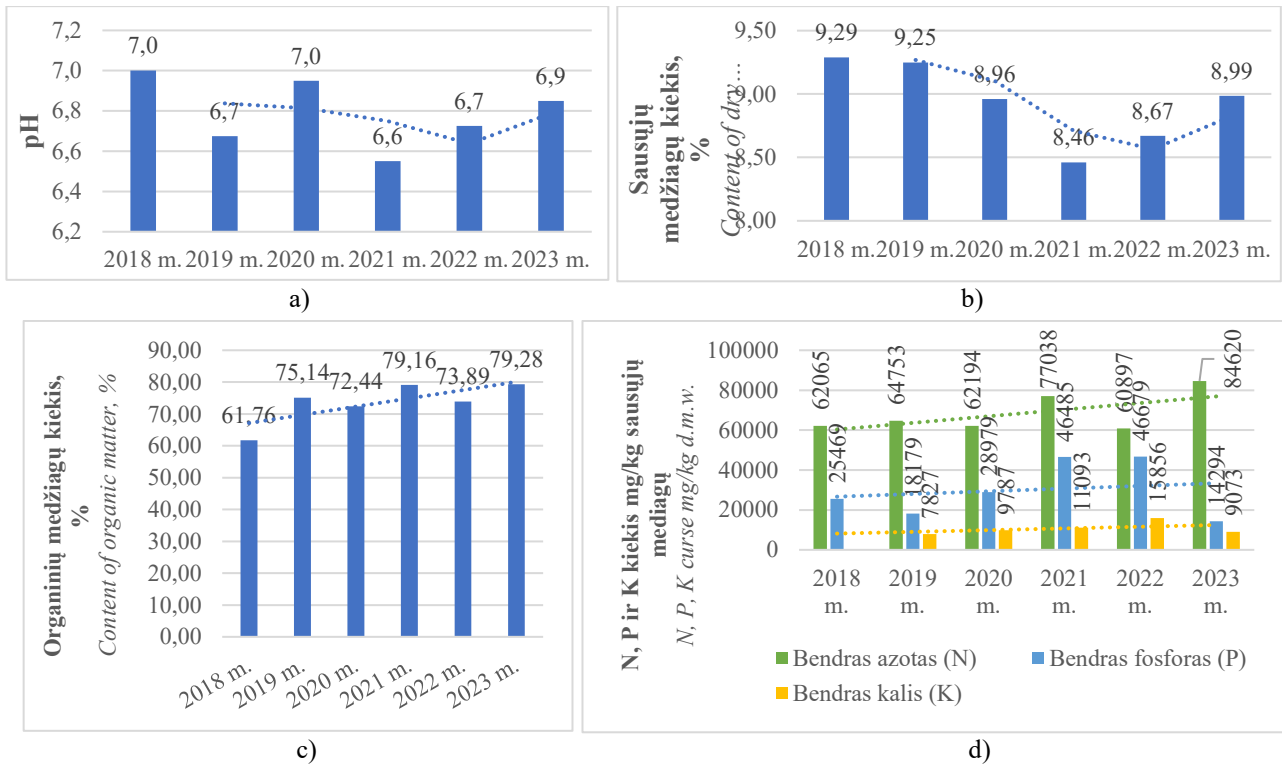
1 lentelė. Sunkiųjų metalų kiekis nuotekų dumble

Table 1. Heavy metal content in sewage sludge

Tyrimo laikotarpis	Sunkiųjų metalų koncentracija, mg/kg sausųjų medžiagų							Kategorija
	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg	
2018 m.	13,960	0,940	19,630	126,500	27,180	677,000	0,104	I
2019 m.	13,100	0,955	17,550	138,250	24,925	655,750	0,143	I
2020 m.	14,100	1,008	18,050	148,750	25,025	572,250	0,100	I
2021 m.	14,100	1,865	15,200	133,500	24,550	671,000	0,030	II
2022 m.	13,950	1,388	18,318	159,875	18,975	590,000	0,069	I
2023 m.	11,500	2,008	14,325	160,500	10,593	630,750	0,049	II
Sunkiųjų metalų ribinės vertės pagal kategorijas, mg/kg								
I kat.	<140	<1,5	<140	<300	<50	<800	<1,0	
II kat.	140–150	1,5–5	140–170	300–1 000	50–70	800–2 500	1–1,5	
III kat.	>150	>5	>170	>1 000	>70	>2 500	>1,5	

Nagrinėjant 2018–2023 m. laikotarpiu maisto medžiagų kiekio dinamiką nusaustame, kompostuoti tiekiamame dumble matyti, kad šiuo laikotarpiu nuotekų dumblo pH svyruoja nuo 6,6 iki 7,0, sausųjų medžiagų kiekis svyruoja nuo 8,67 % iki 9,29 %, iš kurių organinės medžiagos sudaro 61,76–79,28 %. Tenka pažymėti, kad organinių medžiagų kiekis dumble nagrinėjamu laikotarpiu turi tendenciją didėti. Mažiausias organinių medžiagų kiekis nustatytas 2018 m., didžiausias – 2023 m. (2 pav., c).

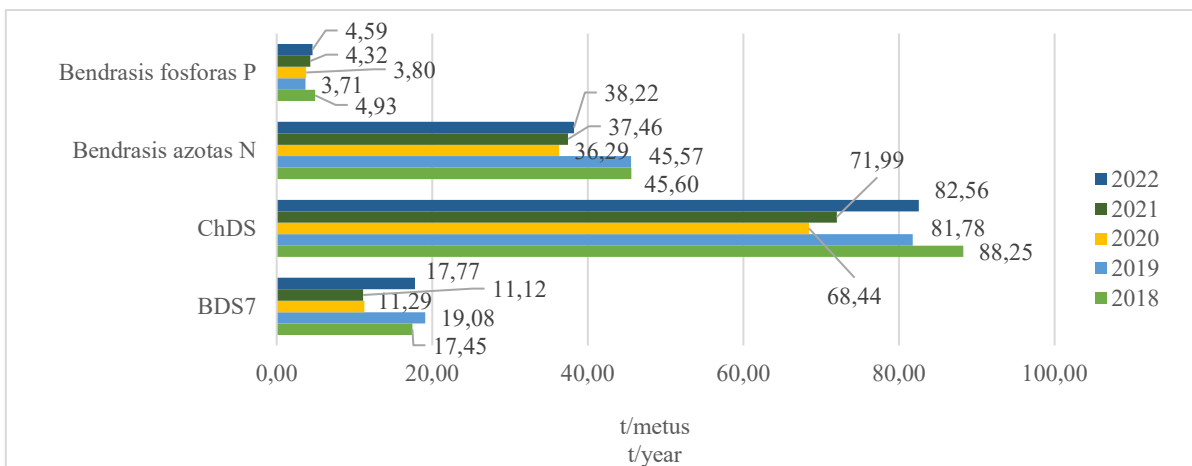
Biogeninių medžiagų grupėje nagrinėjamu laikotarpiu išsiskiria bendrasis azotas (2 pav., d), kurio koncentracija nuotekų dumble nagrinėjamu laikotarpiu didėjo nuo 62 065 mg/kg (2018 m.) iki 84 620 mg/kg (2023 m.). Bendrojo fosforo (P) ir bendrojo kalio (K) koncentracijos kaita aiškių tendencijų nagrinėjamu laikotarpiu neturėjo.



**2 pav.** Maistinių medžiagų dumble dinamika: a) pH; b) sausųjų medžiagų kiekis; c) organinių medžiagų kiekis; d) bendrojo azoto (N), bendrojo fosforo (P), bendrojo kalio (K) kiekis

**Fig. 2.** Dynamics of nutrients in sludge: a) pH; b) content of dry matter; c) content of organic matter; d) N, P, K content

Tyrimo metu buvo analizuojama maistinių medžiagų (N, P, K ir organikos) kiekio dinamika sausintame dumble ir tai, kaip ji paveikia išvalytų nuotekų kokybę. Lyginant 2018–2023 m. nuotekų dumble esančių maisto medžiagų kiekį (2 pav.) su į gamtinę aplinką (Lomenos upę) išleistų išvalytų nuotekų charakteristikomis (3 pav.), nustatyta, kad kuo didesnis maisto medžiagų kiekis lieka sausintame nuotekų dumble, tuo mažesnis jų kiekis yra išvalytose nuotekose. Pavyzdžiui, nagrinėjamu laikotarpiu azoto kiekio sausintame dumble padidėjimas turėjo įtakos bendrojo azoto sumažėjimui išvalytose nuotekose – nuo 45,60 t/metus iki 38,22 t/metus (2, 3 pav.).

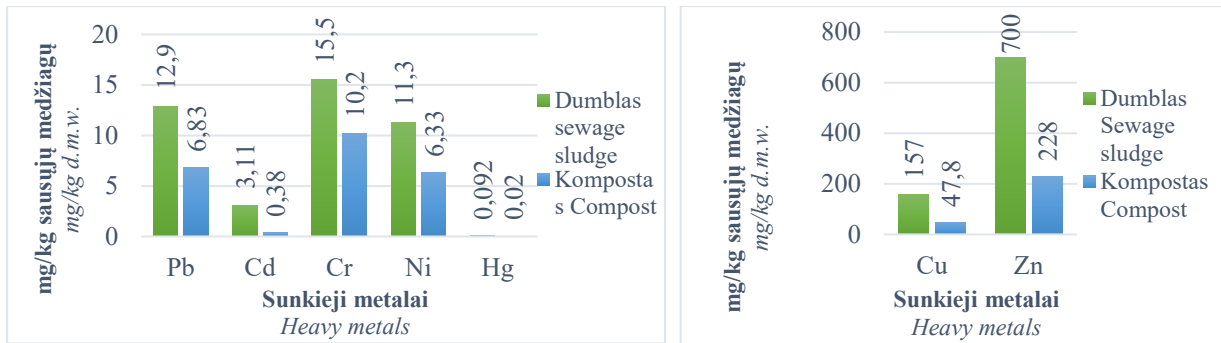


**3 pav.** Teršalų išleidimas į gamtinę aplinką Kaišiadorių r. sav.

**Fig. 3.** Discharge of pollutants into the natural environment in Kaišiadorys district

Apžvelgus komposto ir sausinto nuotekų dumblų tyrimus (4 pav.) matyti, kad komposte sunkiųjų metalų koncentracija sumažėja daugiau kaip 2 kartus. Tai galima paaiškinti tuo, kad į nuotekų dumblą įterpus šiaudų, lapų bei kitų atliekų, padidėja bendroji masė, todėl sumažėja sunkiųjų metalų koncentracija.

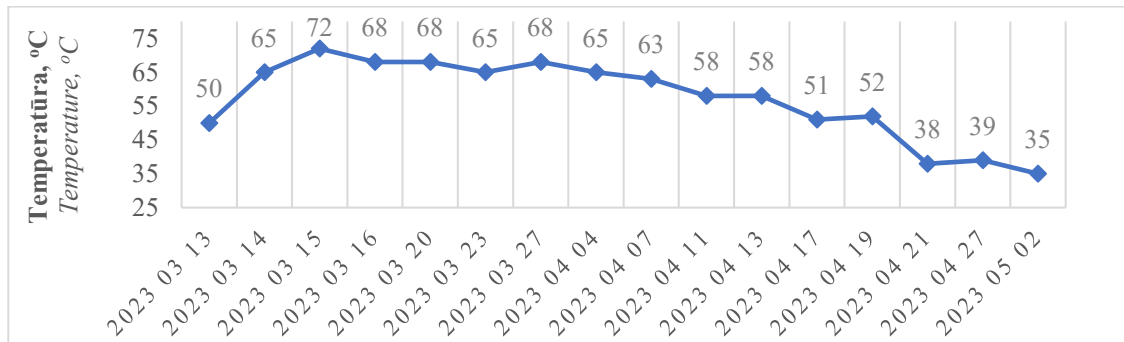




4 pav. Sunkiųjų metalų kiekio nuotekų dumble ir komposte palyginimas  
 Fig. 4. Comparison of heavy metal content in sewage sludge and compost

Nuotekų dumblas kartu su biomase kaupuose buvo laikomas 8 savaites, išlaikant juose deguonies koncentraciją ne mažesnę kaip 10–15 %. Ši deguonies koncentracija buvo užtikrinama vartant kaupus 2–3 kartus per savaitę, todėl vyko greitesnis aerobinis atliekų skaidymas ir nemalonių kvapų išsiskyrimas.

Kitas svarbus veiksnys, palaikytas kaupuose, buvo komposto temperatūra: tyrimo metu buvo palaikoma 45–65 °C temperatūra. Tenka pažymėti, kad komposto kaupo viduje temperatūra buvo ženkliai didesnė nei kaupo išoriniame sluoksnyje, todėl pastarajame mikroorganizmų aktyvumas buvo mažesnis ir biodegradacijos procesas – lėtesnis nei kaupo viduje. Pagal LAND 20-2005 reikalavimus, kompostuojant nuotekų dumblą, kaupo viduje ne mažiau kaip 5 dienas reikia išlaikyti ne mažesnę kaip 65 °C temperatūrą. Komposto temperatūros dinamika kaupo viduje pateikta 5 paveiksle. Aukščiausia per stebėjimo laikotarpį užfiksuota temperatūra siekė 72 °C. Aukštesnė nei 65 °C temperatūra buvo palaikoma 3 savaites – 4 kartus ilgiau nei reglamente nurodyta minimali temperatūros palaikymo trukmė (5 dienos).



5 pav. Temperatūros komposto kaupe dinamika  
 Fig. 5. Compost heaps temperature

Trečias veiksnys, kuris turi būti palaikomas kompostavimo metu, yra komposto drėgnumas. Rekomenduojama palaikyti 35–65 % komposto drėgnumą. Tyrimo metu komposto drėgnumas visada viršijo 65 %, nes kompostavimo procesui naudotas sausintas dumblas buvo ne mažiau kaip 80 % drėgnumo.

Ketvirtas veiksnys – vandenilio jonų rodiklis pH, kuris kompostavimo metu turi būti 6,5–8. Sausinto nuotekų dumblo pH buvo 6,8, tačiau, įmaišius didesnio pH medžiagų, galutinio produkto – komposto pH rodiklis padidėjo iki 7,8.

Sausinto nuotekų dumblo (pagrindinės žaliavos) ir iš jo pagaminto galutinio produkto (komposto) kokybinės charakteristikos pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė. Komposto ir sausinto nuotekų dumblo kokybinės charakteristikos  
 Table 2. Quality parameters of sewerage sludge and compost

Būvis	pH	Sausosios medžiagos, %	Organinė medžiaga, %	Bendrasis azotas (N), mg/kg	Bendrasis fosforas (P), mg/kg	Bendrasis kalis (K), mg/kg
Sausintas nuotekų dumblas <i>Sewerage sludge</i>	6,8	9,17	79,22	119 269	7 688	7 056
Kompostas / <i>Compost</i>	7,8	49,3	56,1	20 900	14 200	14 200

Iš lentelės duomenų matyti, kad komposte, lyginant su sausintu dumbliu, sausųjų medžiagų kiekis po kompostavimo padidėjo 5,4 karto, o organinių medžiagų kiekis sumažėjo 1,4 karto.

### Išvados

1. Atliktas tyrimas parodė, kad Kaišiadorių nuotekų valyklos sausintas dumbblas atitinka LAND 20-2005 reikalavimus ir gali būti naudojamas techninėms kultūroms tręšti, tačiau dėl didelio drėgnumo jį sudėtinga transportuoti ir paskleisti ant dirvos.
2. Sausintą nuotekų dumblą maišant su iš gyventojų ir įmonių priimtomis žaliosiomis atliekomis ir kompostuojant, gaunami aukštesni kokybiniai komposto parametrai: sumažėja sunkiųjų metalų koncentracija, padidėja sausųjų medžiagų kiekis, išlaikomas grūdinėms kultūroms tinkamas pH (apie 7) ir aukštas maistinių medžiagų kiekis.
3. Kompostavimo proceso galutinis produktas – kompostas pasižymi 30–40 % drėgnumu, turi 20 900 mg/kg azoto, 14 200 mg/kg fosforo, 14 200 mg/kg kalio, sunkiųjų metalų koncentracija jame neviršija kiekio, nustatyto I kategorijos dumbliui. Grūdinių kultūrų tręšimas šiuo kompostu yra tvarus ir palankus aplinkai, praturtina dirvą reikiamomis maisto medžiagomis.

### Literatūra

1. Barry, D., Barbiero, C., Briens, C. and Berruti, F. (2019). Pyrolysis as an economical and ecological treatment option for municipal sewage sludge. *Biomass and Bioenergy*, 122, 472–480.
2. Brazas, A. ir kt. (2012). Reikalavimai kompostavimui ir kompostui. Užsakomojo darbo ataskaita. Vilnius: Aplinkos ministerija, „Ekoprojektas“, „Atliekų tvarkymo konsultantai“.
3. De Corato, U. (2020). Disease-suppressive compost enhances natural soil suppressiveness against soil-borne plant pathogens: A critical review. *Rhizosphere*, 13, 100192.
4. Fijalkowski, K., Rorat, A., Grobelak, A. and Kacprzak, M. J. (2017). The presence of contaminations in sewage sludge – The current situation. *Journal of Environmental Management*, 203, part 3, 1126–1136.
5. Investicinė programa dumblo tvarkymui Lietuvoje (2006). Dumblo tvarkymo Lietuvoje investicinė programa (t. II). Vilnius: Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos aplinkos projektų valdymo agentūra.
6. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas. LAND 20-2005 „Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui bei rekultivavimui reikalavimai“. 2001 m. birželio 29 d. Nr. 349. Vilnius.
7. Lu, H., Chen, X. H., Mo, C. H., Huang, Y. H., He, M. Y., Li, Y. W., Feng, N. X., Katsoyiannis, A. and Cai, Q. Y. (2021). Occurrence and dissipation mechanism of organic pollutants during the composting of sewage sludge: A critical review. *Bioresource Technology*, 328, 124847.
8. Mohamed, B., Mounia, K., Aziz, A., Ahmed, H., Rachid, B. and Lotfi, A. (2018). Sewage sludge used as organic manure in Moroccan sunflower culture. *Science of the Total Environment*, 627, 681–688.
9. Wang, S. P., Wang, L., Sun, Z. Y., Wang, S. T., Yuan, H. W., An, M. Z., Tang, Y. Q., Shen, C. H. and Kida, K. (2022). Effect of distillery sewage sludge addition on performance and bacterial community dynamics during distilled grain waste composting. *Bioresource Technology*, 345, 126486.

### Algirdas Radzevičius, Laurynas Stulginskas

Vytautas Magnus University, Lithuania

#### Analysis of Sustainable Sewage Sludge Composting by UAB “Kaišiadorių vandenys” and Utilizing Other Municipal Waste

The article presents the results of a study on wastewater sludge drying and composting using other municipal waste. The object of the research was the wastewater treatment plant of UAB “Kaišiadorių vandenys,” where sewage sludge is dried and composted. In the composting area, sewage sludge, along with straw and green municipal waste – leaves, needles, grass, tree branches – was loaded into piles and periodically mixed. During the study, the frequency of pile mixing was varied, compost temperature inside the pile was measured, the degree of compost decomposition, and nutrient levels were determined.

The assessment of the life cycle was carried out for two cycle schemes: a) drying sewage sludge and using it for technical crop fertilization; b) composting sewage sludge together with green municipal waste and straw, and using it for cereal crop fertilization. The article also examines technical and organizational measures to reduce negative environmental impact: quality control of sludge and compost, odor removal with probiotics.

Wastewater sludge, municipal waste, composting.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

Algirdas RADZEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros profesorius. Adresas: Universiteto g. 10-329, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752393, el. paštas: algirdas.radzevicius@vdu.lt

Algirdas RADZEVICIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, prof. Address: Universiteto g. 10-329, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752393, e-mail: algirdas.radzevicius@vdu.lt

Laurynas STULGINSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros studentas. Adresas: Šarkuvos g. 23-19, LT-48159 Kaunas. Tel. +370 645 17032, el. paštas: laurynas.stulginskas@gmail.com

Laurynas STULGINSKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, student. Address: Šarkuvos g. 23-19, LT-48159 Kaunas. Phone +370 645 17032, e-mail: laurynas.stulginskas@gmail.com

# GRAUŽĖS III TVENKINIO HIDROMAZGO GELŽBETONINIŲ PLOKŠČIŲ TYRIMAI NAUDOJANT ATITRŪKUSIUS BETONO GABALUS

Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius

Vytauto Didžiojo universitetas

Nuolatinis vandens poveikis gelžbetoninėms konstrukcijoms gali jas pažeisti. Hidrotechnikos statinių laikančiosioms konstrukcijoms naudojamas hidrotechninis betonas. Tiriant eksploatuojamų hidrotechnikos statinių konstrukcijas, daugiausiai dėmesio skiriama betono stiprumui. Statiniams naudojamas hidrotechninis betonas turi būti stiprus, tankus, nelaidus vandeniui, atsparus šalčiui ir agresyviajai aplinkai.

Straipsnyje pateikiami hidromazgo tvenkinio krantams tvirtinti gelžbetoninių plokščių betono fizikinių ir mechaninių savybių tyrimų rezultatai. Gauti rezultatai parodė, kad, tyrimams naudojant nuo gelžbetoninių konstrukcijų atitrūkusius betono gabalus kaip bandinius, betono tankis kinta nuo 2,32 iki 2,44 t/m<sup>3</sup>. Betono stipriui nustatyti tirti 4 imčių bandiniai, po 3 bandinius kiekvienoje imtyje. Didžiausiu gniuždymo stiprio vidurkiu (38,79 MPa) pasižymi II imties bandiniai. I ir III imčių bandinių gniuždymo stipriai labai panašūs, jų vidurkiai yra atitinkamai 27,46 ir 27,98 MPa. Tirtu hidromazgo gelžbetoninių plokščių betono stiprio gniuždant rezultatai rodo, kad betonas nesiekia dabar reikalaujamos C30/37 betono klasės.

Betono stipris, netaisyklingos formos bandiniai.

## Įvadas

Statinio betoninė konstrukcija laikoma ilgaamžė, jeigu per visą numatytą naudojimo laiką atlieka savo funkcijas, susijusias su stiprumu ir mechaniniu pastovumu, tinkamumu naudoti. Statiniai statomi su ilgalaikė perspektyva, todėl jiems būdinga naudoti aukštos kokybės, reikiamą ilgaamžiškumą užtikrinančias medžiagas. Svarbiausia medžiaga hidrotechninėje statyboje yra betonas. Medžiagos, naudojamos betoninėms konstrukcijoms gaminti, turi būti parenkamos pagal aplinkos sąlygas ir įvertinant bet kokį agresyvųjį poveikį.

Hidrotechnikos statinių laikančiosioms konstrukcijoms naudojamas hidrotechninis betonas. Tiriant eksploatuojamų hidrotechnikos statinių betonines konstrukcijas, daugiausiai dėmesio skiriama betono stiprumui. Daugumos betoninių konstrukcijų visas skerspjūvis arba didesnioji jo dalis yra gniuždomi, todėl gniuždomo betono stipris yra pagrindinis kokybės rodiklis. Konstrukcijoms naudojamas betonas turi būti pakankamai stiprus, didelio tankio, atsparus vandens įgėriui, agresyviajai aplinkai ir atitikti statybos techninio reglamento STR 2.05.18:2005 „Betoninės ir gelžbetoninės užtvankos ir jų konstrukcijos“ nuostatas.

Vanduo turi didelę įtaką betono stiprumui. Nuolat veikdamas betonines konstrukcijas, vanduo palaipsniui gali pažeisti betono paviršius, todėl gali prasidėti betono mechaninė ir cheminė korozija. Vandens poveikis turi įtakos betono užpildymo vandeniui laipsniui (Skripkiūnas ir kt., 2006). Svarbiausi veiksniai, darantys įtaką hidrotechninio betono irimo intensyvumui, – korozija ir hidrotechninio betono mikrostruktūra (mikroporos, kapiliarinės ir oro poros, kurios turi įtakos betono atsparumui šalčiui).

Nuo statinio techninės priežiūros priklauso statinio naudojimo laikotarpis. Netinkamai vykdant statinio priežiūrą ir kontrolę, blogėja jo techninė būklė, mažėja saugumas, patikimumas, didėja grėsmė aplinkai (Technical..., 2020). Yra daug pavyzdžių, kai, tinkamai prižiūrint statinius, jų naudojimas ilgėdavo 2...3 kartus ir atvirksčiai – per vėlavai nustačius pažaidas, reikdavo daug lėšų joms taisyti.

Lietuvoje hidrotechnikos statinių griūtis atvejai iliustruoja, kad statinių betoninių konstrukcijų priežiūrai, tyrimams, remontui skiriama nepakankamai dėmesio ir finansinių investicijų. Mokslininkų skaičiavimais, apie 20 % šalyje esančių užtvankų hidromazgų yra blogos techninės būklės, o Aplinkos apsaugos agentūros skaičiavimu, trečdalis jų kelia pavojų žmonių saugumui ir aplinkai.

Atliekant hidrotechnikos statinių techninės būklės vertinimus instrumentiniu būdu, gali būti nustatomas deformacijų dydis, bendra techninė būklė, o vykdant hidrotechnikos statinių techninės būklės neeilinę apžiūrą, papildomai taikomi laboratoriniai (eksperimentiniai) arba kameraliniai, natūriniai (lauko), fizikiniai arba cheminiai tyrimo metodai.

Projektuojant hidrotechnikos statinius, parenkant konstrukcijoms betoną, jo sudėtį, turi būti įvertinami tokių statinių betonui keliami reikalavimai: stiprumas, atsparumas karbonizacijai, atsparumas šalčiui, atsparumas sulfatų ir chloridų poveikiui, laidumas chloridams.

Betono stiprio gniuždant (gniuždymo stiprio) tyrimai atliekami ardomaisiais ir neardomaisiais metodais. Neardomieji stiprio gniuždant bandymai atlikti pagal Standartą LST EN 12504-2:2012 „Betono bandymas konstrukcijose. 2 dalis. Neardomieji bandymai. Atšokimo rodiklio nustatymas“, naudojant tampraus atšokimo principu veikiančią prietaisą – Šmito plaktuką.

Kaip nurodoma literatūroje (Arooj, Yadav, 2017; Alwash, 2017), iš visų žinomų neardomųjų metodų betono stiprumui naudojamose konstrukcijose nustatyti patikimiausi bandymai atliekami atplėšimo ir skėlimo būdu ar bandant nuo konstrukcijos atitrūkusius netaisyklingos formos bandinius (Šadzevičius ir kt., 2021).

Bandant nuo konstrukcijos atitrūkusius netaisyklingos formos, nesulygintų paviršių bandinius, naudojami plieniniai cilindriniai štampai, kurių darbo paviršiai įgaubti. Literatūroje (Vaišvila, Mikuckis, 2005) nurodoma, kad, bandant netaisyklingos formos bandinius lygių darbo paviršių 100 mm skersmens štampais, betono stipris gniuždant gaunamas apytikriai tokio paties dydžio kaip ir standartinių 100 mm briaunos ilgio kubų, išbandytų standartiniu būdu.

Šio tyrimo tikslas – nustatyti hidromazgo gelžbetoninių plokščių betono stiprį pagal nuo konstrukcijos atitrūkusius netaisyklingos formos betono gabalus.

## Tyrimų metodika

Tyrimo objektas yra tvenkinio hidromazgo šlaitai, sutvirtinti gelžbetoninėmis plokštėmis. Grauzės upelis (Akademijoje, Kauno r.) yra kairysis Nemuno intakas. Tvenkinių sistema pastatyta Grauzės upelio vagoje, užtvėnkus upelį keturiomis užtvankomis. Pirmoji užtvanka buvo pradėta naudoti 1960 m., antroji – 1987 m., trečioji (nagrinėjama) – 1973 m., ketvirtoji – 1970 m.

Atlikus bandymus buvo nustatytas hidromazgo gelžbetoninių plokščių stipris gniuždant. Bandymams buvo naudojami netaisyklingos formos betono gabalai, atitrūkę nuo gelžbetoninių plokščių konstrukcijų, pagamintų iš stambiagrūdžio cementinio betono. Siekiant gauti patikimus bandymo rezultatus, iš tiriamų konstrukcijų atrinkta po 3 netaisyklingos formos betono gabalus. Betono gabalai parinkti tokio dydžio, kad juos būtų galima bandyti didžiausio skersmens ( $d = 100,0$  mm) štampais (1 pav.). Betono gabalai atrinkti nesupleišę, be tuštymių. Prieš bandymą nelygūs, dumbliais apaugę ar atsisluoksniavę betono paviršiai buvo valomi vieliniu šepėčiu.



**1 pav.** Netaisyklingos formos betono gabalai bandiniams

**Fig. 1.** Irregular shaped pieces of concrete for specimens

Betono bandinio tūris apskaičiuotas pagal formulę

$$V = \frac{m_{im} - m_v}{\rho_{vand}}, \quad (1)$$

čia  $V$  – tūris,  $\text{cm}^3$ ;  
 $m_{im}$  – įmirkusio betono masė, g;  
 $m_v$  – betono masė vandenyje, g.

*Betono vandens įgėrio nustatymas.* Betono bandinių faktinis vandens įgėris nustatytas vadovaujantis Standarto (1997) nuostatomis:

$$W_m = \frac{m_d - m_s}{m_s} \cdot 100, \quad (2)$$

čia  $W_m$  – bandinio vandens įgėris, %;  
 $m_d$  – vandens prisotinto bandinio masė, g;  
 $m_s$  – sauso bandinio masė, g.

*Betono bandinių tankio nustatymas.* Medžiagos tankis – tai rodiklis, nuo kurio priklauso stipris, vandens įgėris ir kitos savybės. Nuo hidromazgo gelžbetoninių konstrukcijų atitrūkusių betono gabalų tankis buvo nustatytas pagal Standarto (2019a) reikalavimus.

Betono bandinio tankis apskaičiuotas pagal formulę

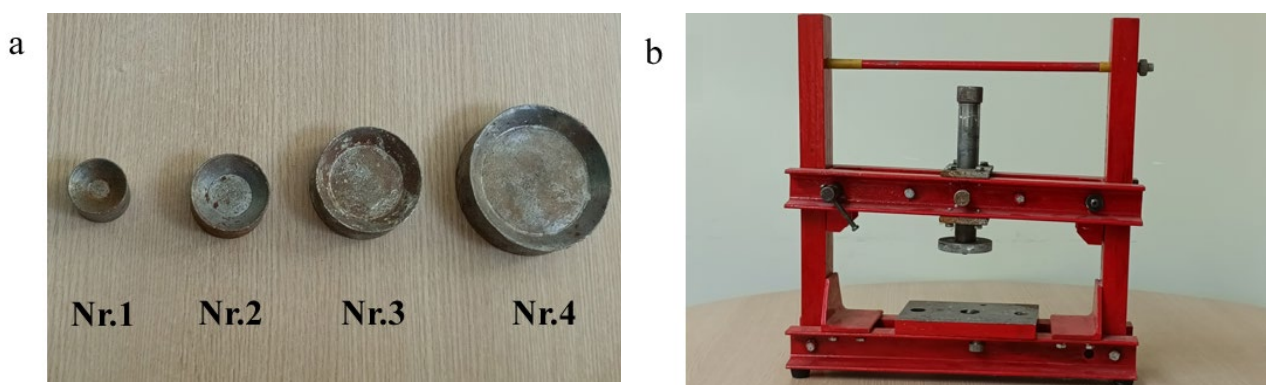
$$\rho = \frac{m_{im}}{V}, \quad (3)$$

čia  $\rho$  – tankis, t/m<sup>3</sup>;

$m_{im}$  – įmirkusio betono masė, g;

$V$  – tūris, cm<sup>3</sup>.

*Betono stiprio gniuždant nustatymas.* Betono stipris gniuždant nustatytas bandant netaisyklingos formos bandinius įgaubtais šampais. Bandymams naudotas įgaubtas šampas Nr. 4 (2 pav., a), kurio matmenys nurodyti 1 lentelėje. Netaisyklingos formos bandiniai centruoti specialiaame įrenginyje (2 pav., b).



2 pav. Netaisyklingos formos bandinių centravimo įranga: a – įgaubti šampai; b – specialus įrenginys  
Fig. 2. Centering equipment for irregularly shaped specimens: a – concave punches; b – special device

1 lentelė. Šampo matmenys (Vaišvila, Mikuckis, 2005)

Table 1. Dimensions of punches

Įgaubtas šampas Concave punches	Skersmuo $d$ , mm Diameter $d$ , mm	Plotas $A$ , mm <sup>2</sup> Area, mm <sup>2</sup>
Nr. 1	35,7	1 000
Nr. 2	50,5	2 000
Nr. 3	71,4	4 000
Nr. 4	100,0	7 850

Nuo konstrukcijos atitrūkę betono gabalai buvo tokio dydžio, kad juos buvo galima bandyti didžiausio skersmens ( $d = 100,0$  mm) šampais. Bandiniai paruošti ir centruoti literatūroje (Vaišvila, Mikuckis, 2005) nurodytu būdu. Centruoto bandinio šampų išilginės ašies paklaida ne didesnė kaip 0,2 mm, kontaktinių paviršių plokštumų nuokrypis – 0,005 šampo skersmens. Šampų įdubos buvo užpildytos išlyginamuoju skiediniu, kurio stipris gniuždant apytikriai lygus bandinio betono stipriui.

Visi netaisyklingos formos bandiniai buvo suskirstyti į imtis (I–IV). Bandinių grupę sudarė betono gabalai, atitrūkę nuo tos pačios konstrukcijos. Iš viso bandytos 4 bandinių grupės, kurias sudarė 12 netaisyklingos formos bandinių. Netaisyklingos formos bandinių skaičius pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Netaisyklingos formos betono bandinių skaičius  
Table 2. Number of concrete samples of irregular shape

Bandinių imtis Sampling			
I	II	III	IV
3	3	3	3

Paruošti bandiniai bandyti pagal Standarto (2019b) reikalavimus, taip pat, kaip bandant hidrotechninio betono kernus.

Bandiniai bandyti hidrauliniu presu MC-1000. Bandinių gniuždymo stipriui nustatyti buvo palaikomas  $0,6 \pm 0,2$  MPa/s apkrovos didinimo greitis.

Netaisyklingos formos bandinių, išbandytų įgautais šampais, betono stipris gniuždant apskaičiuotas pagal formulę

$$f_c = \frac{F}{A_n}, \quad (4)$$

čia  $f_c$  – netaisyklingos formos bandinio, išbandyto įgautais šampais, betono stipris gniuždant N/mm<sup>2</sup> (MPa);

$F$  – ardomoji apkrova N;

$A_n$  – bandinio skerspjūvio plotas, lygus panaudoto šampo plotui, nurodytam 1 lentelėje.

Jei betonas naudojamas daugiau kaip 5 metus, visus gautus stiprio gniuždant rezultatus reikia redukuoti padauginant iš laiko faktoriaus koeficiento, kuris yra 0,7, nes giliau nuo paviršiaus betono stipris yra mažesnis.

Charakteristinis gniuždymo stipris apskaičiuojamas pagal Standarte (2021) pateiktą metodiką. Charakteristinio gniuždymo stiprio reikšmę apvalindami į mažesnę pusę iki standartinio dydžio nustatome, kokią klasę C pagal Standartą (2013) atitinka betonas.

Remiantis Standartu (2019b) ir Standartu (2013), pagal gautą gniuždymo stiprį nustatytas charakteristinis (su 95 % tikimybe garantuotas) stipris  $f_{ck}$  gniuždant ir pagal jį parinkta betono stiprio gniuždant klasė. Žemiausia hidrotechninio betono stiprumo klasė – C30/37.

## Rezultatai ir aptarimas

Laboratorijoje paruoštų ir išbandytų bandinių rezultatai pateikti 3 ir 4 lentelėse. Betono bandinių tūrio, įgėrio ir tankio tyrimo rezultatai pagal 3 ir 4 formules pateikti 3 lentelėje.

Iš 3 lentelėje pateiktų fizikinių tyrimų rezultatų matyti, kad ilgą laiką naudoto betono tankis kinta nuo 2,32 iki 2,45 t/m<sup>3</sup> ir I imties bandinių tankis (2,38 t/m<sup>3</sup>) yra mažiausias. Vidutinis bandinių tankis siekia 2,4 t/m<sup>3</sup>. Didžiausiu tankiu pasižymi II imties bandiniai (2,44 t/m<sup>3</sup>), kurių vidutinio įgėrio reikšmė yra 4,41 %. Didžiausias betono įgėris nustatytas III imties bandinių atvejais, apskaičiuota vidutinė įgėrio reikšmė – 6,38 %. Pagal anksčiau galiojusias statybų normas betono įgėris neturėjo viršyti 7 %.

**3 lentelė.** Netaisyklingos formos betono bandinių tūrio, įgėrio ir tankio tyrimų rezultatai

**Table 3.** Results of tests on volume, absorption and density of irregularly shaped concrete samples

Bandinių imtis / Nr. Sample series / No.	Bandinių fizikiniai rodikliai Physical properties of samples					
	$m_{im}$ g	$m_v$ g	$m_s$ g	$V$ cm <sup>3</sup>	$W_m$ %	$\rho$ t/m <sup>3</sup>
I-1	1 202,1	697,0	1 139,1	505,1	5,53	2,38
I-2	1 821,3	1 036,3	1 723,9	785,0	5,65	2,32
I-3	1 523,1	902,7	1 464,0	620,4	4,05	2,45
II-1	955,5	566,8	917,7	388,7	4,12	2,45
II-2	1 255,0	735,5	1 198,8	519,5	4,68	2,41
II-3	992,9	585,1	950,7	407,8	4,44	2,43
III-1	1 295,1	753,2	1 203,2	541,9	7,63	2,39
III-2	1 305,1	763,6	1 251,8	541,5	4,25	2,41
III-3	1 291,2	753,0	1 203,6	538,2	7,28	2,39
IV-1	798,1	458,5	725,7	339,6	9,97	2,35
IV-2	802,1	469,3	756,9	332,8	5,97	2,41
IV-3	1 423,9	841,5	1 371,6	582,4	3,81	2,44

Tyrimų metu atlikti gniuždymo stiprio bandymai. Netaisyklingos formos betono bandinių stiprio gniuždant bandymų ardomuoju būdu rezultatai pateikti 4 lentelėje. Bandinių gniuždymo stipriui nustatyti buvo tirtos 4 bandinių imtys, iš kiekvienos imties po 3 bandinius.

**4 lentelė.** Netaisyklingos formos betono bandinių stiprio gniuždant bandymų rezultatai  
*Table 4. Results of compressive strength tests of irregularly shaped concrete specimens*

Bandiniai imtis / Nr. <i>Test sample / No.</i>	$f_{ck}$ MPa	$f_{ck,vid}$ MPa	Betono klasė MPa <i>Concrete class, MPa</i>
I-1	27,69	27,46	C20/25
I-2	22,58		
I-3	32,11		
II-1	43,02	38,79	C30/37
II-2	35,10		
II-3	38,26		
III-1	25,87	27,98	C20/25
III-2	30,74		
III-3	27,32		
IV-1	21,59	30,71	C25/30
IV-2	34,02		
IV-3	36,53		

Didžiausiu gniuždymo stiprio vidurkiu (38,79 MPa) pasižymi II imties bandiniai, kurių vidutinis tankis – 2,44 t/m<sup>3</sup>. I imties bandinių gniuždymo stipris (27,46 MPa) yra mažesnis 41,3 % už II imties bandinių gniuždymo stiprį. I ir III imčių bandinių gniuždymo stipriai labai panašūs, ir betono bandinių imties vidutiniai tankiai yra atitinkamai 2,385 ir 2,399 t/m<sup>3</sup>. IV imties bandinių gniuždymo stipris (30,71 MPa) mažesnis 26,3 % už II imties bandinių stiprį. I ir III imčių bandinių stipriai mažesni už IV imties bandinių stiprį apie 11 %. Remiantis gautais duomenimis galima teigti, kad didesnio tankio bandiniai pasižymi ir didesniu stipriu.

Lyginant gautus gniuždymo stiprio rezultatus su statybos metu galiojusiais reikalavimais, tokio tipo konstrukcijų gniuždymo stiprio klasė turėjo būti ne žemesnė kaip B20 (dabar – C16/20), ir šį reikalavimą tenkina visų gelžbetoninių plokščių elementų tirtas betonas. Pagal 2003-12-01 įsigaliojusį Standartą LST EN 206-1:2002 (pakeistas į LST EN 206:2013+A2:2021 „Betonas. Specifikacija, eksploatacinės savybės, gamyba ir atitiktis“), dabar tokių konstrukcijų betono gniuždymo stipris turi atitikti klasę C30/37. Šių reikalavimų neatitinka trijų tirtų gelžbetoninių plokščių betonas.

## Išvados

1. Panaudojus netaisyklingos formos betono gabalus bandymams, nustatytas gelžbetoninių plokščių tankis. Gauti rezultatai parodė, kad nuo gelžbetoninių konstrukcijų atitrūkusio betono gabalų – bandinių tankis kinta nuo 2,32 iki 2,44 t/m<sup>3</sup>.
2. Didžiausiu netaisyklingos formos betono gabalų – bandinių įgėriu pasižymi tie bandiniai, kurių tankis mažiausias. Didžiausias įgėris buvo III ir IV imčių bandinių. Apskaičiuota III imties bandinio įgėrio vidutinė reikšmė – 6,38 %.
3. Atlikus hidromazgo gelžbetoninių plokščių betono stiprio bandymus ir jų rezultatų analizę nustatyta, kad 10,2 % gelžbetoninių plokščių atitinka minimalią betono klasę pagal Standarto LST EN 206:2013+A2:2021 nuostatas. Didžiausiu gniuždymo stiprio vidurkiu – 38,79 MPa – pasižymi II imties bandiniai, kurių vidutinis tankis – 2,44 t/m<sup>3</sup>.

## Literatūra

1. Alwash, M. F. A. (2017). Assessment of concrete strength in existing structures using non-destructive tests and cores: Analysis of current methodology and recommendations for more reliable assessment. Mechanics [Physics]. Université de Bordeaux, 2017. NNT: 2017BORD0587.
2. Arooj, M. and Yadav, G. (2017). Comparison of destructive and non-destructive testing of concrete – A review. International Journal of Engineering Research & Technology, 6(11), 62–68.



3. Skripkiūnas, G., Černius, B., Navickas, A., Daukšys, M. ir Ridzvanavičius, R. (2006). Hidrotechninių statinių betono ir gelžbetonio konstrukcijų ilgaamžiškumas ir techninės būklės vertinimas: vadovėlis. Kaunas: Kauno technologijos universitetas.
4. Standartas (1997). Statybinis skiedinys. Bandymo metodai. Drėgnumo ir vandens įgeriamumo nustatymas (LST 1413.10:1997/P:2020).
5. Standartas (2013). Betonas. Specifikacija, eksploatacinės savybės, gamyba ir atitiktis (LST EN 206:2013+A2:2021).
6. Standartas (2019a). Betonų mišinių bandymai. 6 dalis. Tankis (LST EN 12350-6:2019).
7. Standartas (2019b). Konstrukcijų ir surenkamųjų betoninių komponentų gniuždomojo stiprio vertinimas darbų vietoje (LST EN 13791:2019).
8. Standartas (2021). Betonų bandymas konstrukcijose. 2 dalis. Neardomieji bandymai. Atšokimo rodiklio nustatymas (LST EN 12504-2:2021).
9. Statybos techninis reglamentas (2006). Betoninės ir gelžbetoninės užtvankos ir jų konstrukcijos (STR 2.05.18:2005). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.271050?jfwid=rivwzvpvg>
10. Šadzevičius, R., Ramukevičius, D., Żółtowski, M. and Sas, W. (2021). Testing the concrete samples of irregular shape. Inžinerinės ir edukacinės technologijos, 2.
11. Technical Reports (2020). CEN/TR 17086:2020. Further guidance on the application of EN 13791:2019 and background to the provisions.
12. Vaišvila, K. A. and Mikutskis, F. (2005). Evaluation on the compressive strength of concrete by testing the samples of irregular shape. In: Civil Engineering'05: International Scientific Conference: Jelgava (in Russian).

#### **Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius**

Vytautas Magnus University, Lithuania

#### **Research on the Reinforced Concrete Slabs of the Graužė III Pond Hydroscheme Using Broken-off Concrete Pieces**

The reinforced concrete structures under the constant water exposure can deteriorate. Hydrotechnical concrete is used to construct load bearing hydraulic structures. The main focus is on the strength of concrete when investigating the exploited hydraulic structures. The structures made of hydrotechnical concrete must be strong, dense, waterproof, resistant to cold and aggressive environments.

The article presents the results of research on the physical and mechanical properties of the reinforced concrete slabs for strengthening the pond banks. The obtained results showed that the density of the concrete samples varies from 2.32 to 2.44 t/m<sup>3</sup> when using pieces of concrete broken off from reinforced concrete slabs. 4 series (3 samples in each) of samples were tested to determine the strength of concrete. The highest average compressive strength (38.79 MPa) is characterized by the specimens of the 2nd series. The compressive strengths of the 1st and 3rd series specimens are very similar and their averages are 27.46 and 27.98 MPa, respectively. The results of the investigated concrete compressive strength of the reinforced concrete slabs show that the concrete does not reach the currently required C30/37 concrete class.

Concrete strength, irregularly shaped specimens.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Raimondas ŠADZEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros docentas. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752286, el. paštas: raimondas.sadzevicius@vdu.lt

Raimondas ŠADZEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, assoc. prof. Address: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752286, e-mail: raimondas.sadzevicius@vdu.lt

Dainius RAMUKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros lektorius. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752286, el. paštas: dainius.ramukevicius@vdu.lt

Dainius RAMUKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Water Engineering, lecturer. Address: Universiteto g. 10, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752286, e-mail: dainius.ramukevicius@vdu.lt

**APLINKA IR SVEIKATA**

*ENVIRONMENT AND HEALTH*

# VDU BOTANIKOS SODO VAISTINIŲ AUGALŲ SKYRIAUS VAISTINIŲ AUGALŲ KOLEKCIJŲ MOKSLINĖ IR PRAKTINĖ RAIDA (1924–2024)

Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis, Erika Šeinauskienė, Karolina Jackevičienė

Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodas

Straipsnyje pateikiama 1924–2024 m. mokslinės-praktinės veiklos plėtra, tiriant vaistinių augalų rūšių įvairovę ir kuriant jų kolekcijas Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriuje (dabar – Mokslo skyriaus Vaistinių ir prieskoninių augalų mokslo sektoriuje). Išskiriami šios mokslinių tyrimų ir studijų veiklos keturi laikotarpiai: pirmasis – 1924–1949 m., antrasis – 1949–1984 m., trečiasis – 1984–1999 m., ketvirtasis – 1999–2024 m. Pristatomos atskirų laikotarpių tyrimo problemos, temos ir apibendrinti kompleksinių, tarpdisciplininių mokslinių tyrimų duomenys, kurie atsispindi monografijose, publikacijose, leidiniuose ir disertacijose. Mokslinės, projektinės ir studijų veiklos sudedamoji dalis ir tyrimo objektas – vaistinių augalų mokslinėse kolekcijose introdukuojami vaistiniai, prieskoniniai augalai. 2024 m. kovo 11–12 d. Rijekoje, Kroatijoje, įvertinta ir patvirtinta VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus mokslinė-praktinė šimtmečio veikla. Tuo pagrindu VDU Botanikos sodas pripažintas Europos Tarybos kultūros paveldo, Istorinių vaistinių ir vaistinių sodų (HPMG) tarptautinio tinklo *Aromas Itinerarium Salutis* (AIS) nariu.

Vaistiniai augalai, kolekcijos, introdukcija, tyrimai, raida.

## Įvadas

Pasaulyje 321-ame botanikos sode pagal įvairias mokslines-praktines augalų klasifikacijas yra sukurtos Vaistinių augalų kolekcijos (Hawkins, 2007). Šiose kolekcijose auginamų vaistinių augalų ir juose susikaupusių biologiškai veiklių junginių įvairovė – pagrindinis tyrimo objektas.

Lietuvoje 1924 m. Kaune, Fredoje, Lietuvos universitete (dabartinio Vytauto Didžiojo universiteto (VDU) Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriuje) pradėta vaistinių augalų eksperimentinė veikla atliekant bandymus. VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus kolekcijų kūrimas ir mokslinė tematika kito tam tikrais istoriniais laikotarpiais, priklausomai nuo šalies politinės ir ekonominės santvarkos (Ragažinskienė, 2009).

Naudojant vaistinių augalų kolekcijas atliekamos mokslinės, projektinės ir studijų veiklos, kurių rezultatai skelbiami disertacijose, monografijose, metodinėse ir mokomosiose knygose. Be to, šių mokslo žinių sklaida vykdoma radijo ir televizijos laidose, IT medijose, mokslo populiarinamuosiuose leidiniuose ir straipsniuose.



1 pav. Europos Tarybos kultūros paveldo, Istorinių vaistinių ir vaistinių sodų (HPMG) tarptautinio tinklo *Aromas Itinerarium Salutis* (AIS) nario sertifikatas, skirtas VDU Botanikos sodui, 2024

Fig. 1. Certificate of member of the Council of Europe Cultural Heritage, Historic Medicinal and Medicinal Gardens (HPMG) *Aromas Itinerarium Salutis* (AIS) international network for VDU Botanical Garden, 2024

Pažymėtina, kad 2024 m. kovo 11–12 d. Rijekoje, Kroatijoje, įvertinta ir patvirtinta VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus mokslinė-praktinė šimtmečio veikla. Tuo pagrindu VDU Botanikos sodas

pripažintas Europos Tarybos kultūros paveldo, Istorinių vaistinių ir vaistinių sodų (HPMG) tarptautinio tinklo *Aromas Itinerarium Salutis* (AIS) nariu (1 pav.).

Tyrimo objektas – Vytauto Didžiojo universiteto Vaistinių augalų skyriaus šimtmečio (1924–2024) eksperimentinė veikla atliekant bandymus ir naudojant vaistinių augalų kolekcijas.

Darbo tikslas – išanalizuoti 1924–2024 m. laikotarpio VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus vaistinių augalų kolekcijų mokslinės ir praktinės veiklos raidą.

## Tyrimų metodika

1924–2024 m. ilgalaikių eksperimentinių lauko bandymų metu ir naudojant vaistinių augalų kolekcijas tyrimai atlikti modifikuotais ir optimizuotais augalų introdukcijos, cheminių savybių tyrimo ir fenologinių stebėjimų metodais (Juknevičienė ir kt., 2000; Ragažinskienė ir kt., 2008; Maruška ir kt., 2016). Tyrimai atlikti Kaune, Vidurio Lietuvoje. Pagal Lietuvos fizinį geografinį rajonavimą – tai Pabaltijo žemumos srities Nemuno vidurupio ir Neries žemupio plynaukštės rajonas, kuriame vyrauja molingos lygumos (70–150 m virš jūros lygio) ir drėgni glėjiškų rudžemių dirvožemiai. Pagal klimatinį rajonavimą – tai Vidurio Lietuvos žemumos rajono dalis (vidutinė metinė oro temperatūra – +6,7°C,  $\Sigma T > 10^\circ\text{C} - 2\ 300$ ,  $T^n(m) - 24-26^\circ\text{C}$ ), metinis kritulių kiekis – 500–750 mm). Augalų vegetacijos trukmė – 200 dienų.

Augalų stebėjimų biometriniai duomenys analizuoti naudojant statistinį duomenų analizės paketą SPSS 11.0 ir „Microsoft Excel“; nagrinėtas tiesinis regresijos modelis  $R^2$  ir Mano–Vitnio kriterijus – p reikšmė gauta tikrinant hipotezę apie regresijos netiesiškumą; koreliacinio ryšio stiprumas įvertintas Pirsono koreliacijos koeficientu (R); lyginant augalų morfometrinius duomenis ir masių kiekius vegetacijos metu taikytas neparametrinis Mano–Vitnio kriterijus nepriklausomoms imtims (Čekanavičius, Murauskas, 2001).

## Rezultatai ir aptarimas

*VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus mokslinių tyrimų tematikos, bandymų ir augalų kolekcijų kūrimo kaita 1924–2024 m.* Kaune, Fredoje, Vytauto Didžiojo universiteto (VDU) Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriuje 1924 m. pradėti kurti vaistinių, prieskoninių, techninių augalų eksperimentiniai lauko bandymai ir kolekcijos, vadovaujant prof. dr. Kazimierui Grybauskui.

1924–1949 m. mokslinis vadovas prof. dr. Kazimieras Grybauskas vykdė vaistinių, techninių augalų ir vaistingųjų daržovių introdukcijos ir aklimatizacijos tyrimus ir perspektyvių augalų atranką: 1924 m. – 1,5 ha, 1943 m. – 6 ha, 1944 m. – 35 ha bandymų plote. Be to, pradėti vaistinės augalinės žaliavos ruošimo būdų ir eterinio aliejaus kiekybės nustatymo tyrimai (Grybauskas, 1941).

Ištirtos 224 rūšys vaistinių augalų: 37 – vietinės floros, 187 – introdukuojamos ir 24-ios paprastųjų apynių atmainos iš Vakarų Europos (Grybauskas, 1941) (2 pav.). Nustatyta, kad 77 rūšys vaistinių augalų yra perspektyvios auginti Lietuvos sąlygomis. Be to, tuo laikotarpiu didelis dėmesys buvo skiriamas gauruotųjų sojų (*Glycine max* (L.) Merr.) ir tabako (*Nicotiana* L.) selekciniais tyrimams (Grybauskas, 1941). Apgintas mokslinis darbas „Fenologinis žiedadulkių kritulių spektras“ ir parengtas žiedadulkių albumas (Grybauskas, 1941).

**1949–1984 m.** buvo sprendžiama vaistinių, techninių, aliejinių, rauginių augalų introdukcijos ir aklimatizacijos problema. Nuo 1952 iki 1975 m. kultūrinių apynių bandymų XXX plote buvo vykdoma selekcija. Sukurtos penkios paprastųjų apynių veislės: 'Kauno gražieji', 'Kauno ankstyvieji', 'Fredos derlingieji', 'Fredos taurieji' ir 'Raudoniai', kurios pasižymi geromis biologinėmis ir ūkinėmis savybėmis bei trumpu vegetacijos laikotarpiu Vidurio Lietuvoje (Gudanavičius, 1983). Tyrimų rezultatai pristatyti daktaro disertacijoje „Apynių auginimo galimybės Lietuvos gamtinėmis sąlygomis“ (Gudanavičius, 1983).

Bastutinių (*Brassicaceae* Burnett) / kryžmažiedžių (*Cruciferae* Juss.) šeimos aliejinių augalų lauko bandymų metu buvo vykdomi introdukcijos, agrobiologiniai, biologiškai veiklių medžiagų kiekybės ir kokybės tyrimai ir perspektyvių augalų atranka (Morkūnas, 1955). Tuo remiantis apgintas mokslinis darbas „Aliejinių kryžmažiedžių augalų auginimas Lietuvos gamtinėmis sąlygomis“ (Morkūnas, 1955).

Atlikti vynuogių (*Vitis* L.) ir riešutmedžio (*Juglans* L.) introdukcijos ir aklimatizacijos tyrimai Lietuvoje (Morkūnas, 1971). 1953 m. įkurta cheminių tyrimų laboratorija ir pradėta vaistinių, techninių, aliejinių, rauginių augalų eterinių aliejų kiekybės ir kokybės analizė.

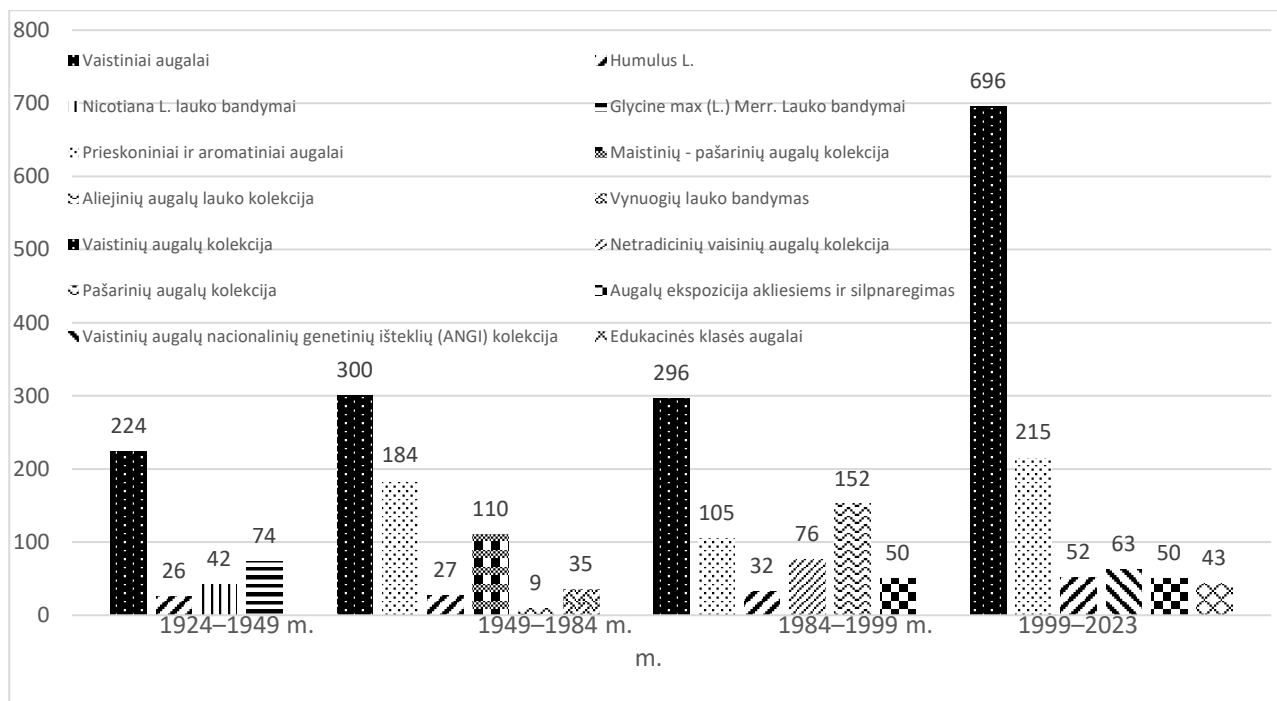
Nuo 1977 m. nagrinėjama tema „Augalinio pasaulio racionalaus panaudojimo perdurbimo ir apsaugos biologiniai pagrindai“ (Morkūnas, 1957). Atnaujinta Vaistinių augalų mokslinė kolekcija, sukurta farmakognostiniu principu, biologiškai veiklių junginių pagrindu (Morkūnas, 1977). Sukurta retųjų daržovių, prieskoninių ir medingųjų augalų ekspozicija pagal A. Englerio augalų klasifikacijos sistemą. Šioje kolekcijoje augalai pagal ūkinę vertę suskirstyti į tris grupes: retosios daržovės, prieskoniniai ir medingieji augalai (Dagytė, 1994).

1984–1999 m. gausinama Vaistinių augalų mokslinės kolekcijos rūšinė įvairovė. Rekonstruota ir į naują auginimo vietą perkelta paprastųjų apynių kolekcija, tiriamos apynių spurgų cheminės ir ūkinės savybės.

Rekonstruota Prieskoninių ir medingųjų augalų kolekcija, 1997 m. įrengta augalų ekspozicija akliams ir silpnaregiams (Ragažinskienė, 2004).

Tyrimų kryptis – „Rūšies ir fitocenozė funkcionalumo ir racionalus jų panaudojimas pašarų bazės pagerinimui“ (Bandzaitienė ir kt., 1983; Balvočiūtė ir kt., 1987; Penkauskienė, 1991; Juknevičienė, Ragažinskienė, 1996; Juknevičienė, 2000). Nagrinėjant mokslines temas: „Biologinių ir metodinių pagrindų paruošimas geresniam Lietuvos kaimo gyvenviečių ir gamybinių centrų apželdinimui“, „Želdynų kūrimo principų įrengimo ir eksploatacijos technologijų paruošimas Botanikos sodo kolekcijų tyrimo bei lauko bandymų pagrindu“, 1991–1993 m. parengtas projektas ir paruošta sodinamoji medžiaga Klaipėdos botanikos sodui įkurti. Paruošti ir apginti moksliniai darbai: „*Acorus calamus* L., *Menyanthes trifoliata* L. biologinių savybių tyrimai Lietuvoje“ (Juknevičienė, 1996), „Kalninė arnika (*Arnica montana* L.), jos biologija ir sukultūrinimo bandymai Lietuvoje“ (Penkauskienė, 1963), „Vaistinio valerijono (*Valeriana officinalis* L.) ir pipirmėtės (*Mentha piperita* L.) biologijos ir produktyvumo tyrimas Lietuvos priemolio dirvožemyje“ (Dagytė, 1972), „Lietuvos laukinių vaistinių augalų rūšių, turinčių polifenolų, biologinės ypatybės“ (Rimkienė, 1986). 1992 m. buvo sukurta Netradicinių uoginių augalų kolekcija (Ragažinskienė, 2004).

1999–2024 m. mokslinių tyrimų kryptis – „Vaistinių, prieskoninių (aromatinių) augalų rūšių ir paprastojo apynio veislių introdukcija, jų įvairovės gausinimas, racionalus ir tausojamasis naudojimas, vaistinės augalinės žaliavos kokybės vertinimas bei augalų nacionalinių genetinių išteklių tyrimas ir išsaugojimas vaistažolininkystės plėtrai“. Gausinama Vaistinių augalų mokslinės kolekcijos rūšinė įvairovė: inventorizuoti 911 kolekciniai pavyzdžiai, iš kurių vaistinių augalų – 696, prieskoninių ir aromatinių – 215, įtrauktų į ANGI – 65, iš jų 26 rūšys augalų yra retos, saugomos. Šių mokslinių kolekcijų augalai yra mokslo, projektinės ir studijų veiklos bei mokslo žinių sklaidos objektas. Vykdomi ilgalaikiai tarptautiniai ir nacionaliniai kompleksiniai, inovatyvūs, tarpdisciplininiai, tarpžinybiniai moksliniai tyrimai ir studijos, organizuojamos nacionalinės ir tarptautinės mokslinės konferencijos, seminarai, lauko dienos; rengiamos medicinos, farmacijos, maisto pramonės sričių mokslinės rekomendacijos, priėmus Papildomos alternatyvios sveikatos priežiūros įstatymą, – augalinių produktų kokybei vertinti ir vaistažolininkystės plėtrai Lietuvoje vykdyti.



2 pav. VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus vaistinių augalų kolekcijų mokslinė ir praktinė raida (1924–2024)

Fig. 2. Scientific and practical significance of scientific unique collections of medicinal plants (1924–2024)

2002 m. ministrų įsakymu VDU patvirtintas kaip ANGI koordinacinis centras. VDU Botanikos sodas įpareigotas koordinuoti augalų nacionalinių genetinių išteklių kaupimą, tyrimą ir išsaugojimą pagal augalų grupes: vaistinių ir aromatinių augalų; dekoratyvinių augalų (2002 m. rugpjūčio 22 d. Nr. 450/1470 Lietuvos Respublikos aplinkos ir Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministrų įsakymu). 2017 m. atnaujinta

paprastųjų apynių mokslinė kolekcija, kurioje tiriamos paprastųjų apynių 25 veislės ir formos yra Vaistinių ir aromatinių augalų lauko kolekcijų, priskirtų augalų nacionaliniams genetiniams ištekliams (ANGI), sąrašė, patvirtintame LR aplinkos ministro (2007 m. lapkričio 19 d. įsakymas Nr. D1-610).

Nuo 1924 m. iki šiol vaistinių augalų mokslinėse kolekcijose vykdomos nacionalinės ir tarptautinės studijos: farmacinės botanikos, farmakognozijos mokomosios praktikos, vaistinių augalų molekulinės biologijos, toksikologijos, biotechnologijos ir farmacinė analizė Lietuvos aukštųjų mokyklų studentams. Pažymėtina, kad mokslininkai dalyvauja teisėkūros procese: mokslinės ir ekspertinės veiklos pagrindu parengtas Papildomosios ir alternatyviosios sveikatos priežiūros (PASP) įstatymas Nr. XIII-2771, Lietuvos Respublikos Seimo patvirtintas 2020 m. sausio 14 d., kuris įsigalios nuo 2021 m. sausio 1 d.

Iki šiol pasaulyje ir Lietuvoje, tiriant vaistinius augalus, pagrindinis dėmesys kreipiamas į biologiškai veiklių junginių kiekybės ir kokybės tyrimą.

Vaistinių augalų mokslinė kolekcija Lietuvoje yra mMotininė kolekcija, kurioje introdukuojamų ir tiriamų augalų pagrindu įvairiuose regionuose ir miestuose sukurtos dukterinės vaistinių augalų kolekcijos, įskaitant Klaipėdos botanikos sodą.

## Išvados

1. 1924 m. Kaune, Fredoje, VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriuje pradėta vykdyti vaistinių, prieskoninių, techninių augalų eksperimentinius lauko bandymus ir kurti kolekcijas, vadovaujant prof. dr. Kazimierui Grybauskui.
2. Vaistinių augalų ilgamečių mokslinių tyrimų kryptys ir vaistinių augalų kolekcijų kūrimo specifika kito tam tikrais laikotarpiais dėl besikeičiančios šalies ekonominės ir politinės padėties ir priklausymo įvairioms mokslo institucijoms.
3. Dabar vaistinių augalų mokslinėse kolekcijose introdukuojami vaistiniai, prieskoniniai augalai yra mokslinės, projektinės ir studijų nacionalinės ir tarptautinės veiklos sudedamoji dalis ir tarpkryptinių tyrimų bei žinių sklaidos visuomenei objektas.
4. 2024 m. kovo 11–12 d. Rijekoje, Kroatijoje, įvertinta ir patvirtinta VDU Botanikos sodo Vaistinių augalų skyriaus mokslinė-praktinė šimtmečio veikla. Tuo remiantis VDU Botanikos sodas pripažintas Europos Tarybos kultūros paveldo, Istorinių vaistinių ir vaistinių sodų (HPMG) tarptautinio tinklo *Aromas Itinerarium Salutis* (AIS) nariu.

## Literatūra

1. Balvočiūtė, J., Dagtė, S. ir Juknevičienė, G. (1987). Medingieji augalai. (Melliferous plants.) Vilnius: Mokslas.
2. Bandzaitienė, Z., Budriūnienė, D., Butkienė, Z., et al. (1983). Vaistinių augalų auginimas. (The growing of medicinal plants.) Vilnius: Mokslas.
3. Čekanavičius, V. ir Murauskas, G. (2001). Statistika ir jos taikymai. (Use of statistics.) Vilnius.
4. Grybauskas, K. (1927). Vaistiniai augalai Lietuvos universiteto Kauno botanikos sode. Farmacijos žinios, 3, 4.
5. Grybauskas, K. (1936). Kultūriniai apyniai ir jų auginimas. Kaunas.
6. Grybauskas, K. (1941). Fenologinis žiedadulkių kritulių spektras. Vilniaus universiteto Matematikos-gamtos fakultetas. Darbai, 1(7).
7. Hawkins, B. (2007). Botanic gardens and medicinal plants: Prioritising conservation action. Botanic Gardens Conservation International (BGCI), Richmond, Surrey, UK.
8. Juknevičienė, G. and Juronis, V. (2000). Medicinal plants: Collections of Kaunas Botanical Garden of Vytautas Magnus University. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla, 62 p.
9. Juknevičienė, G. ir Ragažinskienė, O. (1996). Vaistinių augalų introdukcija VDU Kauno botanikos sode. (Introduction of medicinal plants in Kaunas Botanical Garden of Vytautas Magnus University.) In: Lietuvos katalikų MA XVI suvažiavimo darbai. Vilnius, p. 633–640.
10. Mikšionis, P. ir Dagtė, S. (1972). Prieskoniniai augalai ir retosios daržovės. (Spice plants and scare vegetables.) Vilnius.
11. Morkūnas, A., Gudanavičius, S. ir Dagtė, S. (1977). Augalų introdukcija ir aklimatizacija MA Botanikos instituto Botanikos sode. Botanikos mokslų pasiekimai Tarybų Lietuvoje. Vilnius: Mokslas.
12. Penkauskienė, E. (1963). Arnika gornaja (*Arnica montana* L.) ejo biologija i opyt vedenija v kulturu v Litovskoj SSR. (Mountain arnica (*Arnica montana* L.) its biology and experiment of introducing into culture at Lithuania.) Vilnius.

13. Penkauskienė, E. ir Rimkienė, S. (1991). Ecological and biological characteristics of wild and cultivated sorts of medicinal plants of Lithuania: monografija. Vilnius: Mokslas.
14. Ragažinskienė, O. (1999). Purpurinės ežiuolės (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) introdukcija Lietuvoje. (The introduction of purple coneflower in Lithuania.): disertacijos santrauka. Kaunas.
15. Ragažinskienė, O. (2004). Vaistinių augalų kolekcijos – biologinės įvairovės dalis. (The Collections of Medicinal Plants – the Part of Biodiversity.) In: Lietuvos botanikos sodų veikla ir plėtros problemos. Konferencijos pranešimai. Vilnius, p. 53–55.
16. Ragažinskienė, O. (2009). Introdukuojamų vaistinių prieskoninių augalų biologinių savybių įvertinimas ir atranka farmacijos bei vaistažolininkystės plėtrai Lietuvoje: habilitacijos procedūrai teikiamų mokslo darbų apžvalga. Kaunas, 48 p.
17. Ragažinskienė, O., Lapinskienė, N., Kornyšova, O. ir Maruška, A. (2008). Introdukavimo metodų taikymas vaistinių augalų biologinėms savybėms nustatyti. Jaunųjų mokslininkų darbai, 3(19), 113–117.

**Ona Ragažinskienė, Nerijus Jurkonis, Erika Šeinauskienė, Karolina Jackevičienė**

Botanical Garden of Vytautas Magnus University, Lithuania

**Scientific and Practical Significance of Scientific Unique Collections of Medicinal Plants**

1924–2023 the development of scientific activities in the Scientific Sector of Medicinal and Spices Plants of Vytautas Magnus University Botanical Garden is carried out, studying Plants diversity and creating their collections. The Collections of medicinal plants are still an important constituent and object of the scientific research and study process. Four periods activities are presented: the first – 1923–1949, the second – 1949–1984, the third – 1984–1999, the fourth – 1999–2023. The research problems of individual periods, topics and summarized data of complex, interdisciplinary scientific research, which are reflected in monographs, publications, publications and dissertations, are presented. A component of scientific, project and study activities and the object of research – medicinal and spice plants are introduced into the scientific collections of medicinal plants. In 2024 March 11–12 in Rijeka, Croatia, the scientific and practical activities of the century of medicinal plants department of the VMU Botanical Garden were evaluated and approved. On this basis, the VDU Botanical Garden was recognized as a member of the European Council's Cultural Heritage Historical Medicinal and Medicinal Gardens (HPMG) Aromas Itinerarium Salutis (AIS) international network.

Botanical Garden of VMU, medicinal plants, research.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Ona RAGAŽINSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo vyresnioji mokslo darbuotoja, profesorė. Adresas: Vilties g. 6A, LT-46324 Kaunas. Tel. +370 37 295287, el. paštas: ona.ragazinskiene@vdu.lt

Ona RAGAŽINSKIENĖ. Botanical Garden of Vytautas Magnus University, senior research worker, professor. Address: Vilties g. 6A, LT-46324 Kaunas. Phone: +370 37 295287, e-mail: ona.ragazinskiene@vdu.lt

Nerijus JURKONIS. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo direktorius, dr. Adresas: Ž. E. Žilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. Tel. +370 37 291604, el. paštas: nerijus.jurkonis@vdu.lt

Nerijus JURKONIS. Vytautas Magnus University Botanical Garden, Director, dr. Address: Ž. E. Žilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. Phone: +370 37 291604, e-mail: nerijus.jurkonis@vdu.lt

Erika ŠEINAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo vyriausioji botaninių kolekcijų kuratorė, magistrė. Adresas: Vilties g. 6A, LT-46324 Kaunas. Tel. +370 37 295287, el. paštas: erika.seinauskiene@vdu.lt

Erika ŠEINAUSKIENĖ. Botanical Garden of Vytautas Magnus University, senior curator, magister. Address: Vilties g. 6A, LT-46324 Kaunas. Phone: +370 37 295287, e-mail: erika.seinauskiene@vdu.lt

Karolina JACKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo vyresnioji botaninių kolekcijų kuratorė, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos magistrantė. Adresas: Ž. E. Žilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. Tel. +370 37 295287, el. paštas: karolina.jackeviciene@vdu.lt

Karolina JACKEVIČIENĖ. Botanical Garden of Vytautas Magnus University, senior curator, Master student of Vytautas Magnus University Agriculture Academy. Address: Ž. E. Žilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. Phone: +370 37 295287, e-mail: karolina.jackeviciene@vdu.lt

# THE ATTITUDES AND EXPERIENCES IN CONTAINER GARDENING: PRACTICAL AND AESTHETIC IMPLICATIONS

**Mindaugas Rutalė, Inga Jančauskienė**

Vilniaus kolegija/Higher Education Institution, Lithuania

Cultivated container gardens not only serve as an environmental design tool, but also as a means of increasing biodiversity in areas where low productivity soils prevail. The promotion of circular economy and environmental concerns are driving the development of green infrastructure and ecosystem services. Safe, quality food supply, management of rainwater and ambient temperature, biodiversity - ecosystem services that can be provided and successfully managed through container gardening. This study aimed to find out what factors encourage the adoption of container gardening, where information on growing, caring for plants is sought, and which plants are chosen to grow. The results showed that respondents grow not only ornamental perennials, but also edible plants, etc. It is noted that the most common way of finding relevant information is via the internet. The development of this ecosystem service requires a joint effort between researchers, academics, local authorities, society.

Biodiversity, environmental design, ecosystem services, urban gardening, case study.

## Introduction

The intense intellectual and technological, IT and industrial advances in society are influencing attitudes towards the environment, its resources and their use. Rapid urban growth, development and the optimisation of territories are unthinkable without green spaces. The phenomenon of globalisation, sustainable consumption and the circular economy are driving the search for progressive, environmentally friendly solutions to improve the relationship between people and nature. Scientific studies and research show that green spaces are one of the ecosystem services that are not only responsible for the aesthetic design of the environment, but also have an important positive impact on public health (Parris et al., 2018). Studies have shown that direct and indirect work with or under the care of plants has a positive impact on people's self-esteem, improves communication skills, promotes the acquisition of new and necessary social skills, and fosters autonomy and responsibility (Hussein, 2010). Like public health, maintaining biodiversity in cities is an essential ecosystem service. Scientists working in the fields of ecology and biodiversity agree that plant cultivation, both in containers and in open ground, has a significant impact on increasing the quantity and quality of biodiversity (Löki et al., 2019).

The protection and maintenance of available biodiversity is a very relevant ecological and environmental issue in the last decade. In areas that do not have the right conditions for restoring or creating the right conditions for ecosystem development, growing plants in containers becomes one of the possible solutions to the problem (Nagase, Lundholm, 2021). Responsible and rational use of available resources and assets not only contributes to biodiversity conservation, but also has implications for the development of short food chains. Therefore, one of the most important ecosystem services is the production of food crops in containers and food security (Fetouh, 2018). Growing food crops in containers makes a significant contribution to the sustainable use of energy, soil and water resources (Francini et al., 2022). In areas facing the effects of climate change and natural disasters, the creation of container gardens can contribute to reducing global problems such as hunger. Despite the benefits of green spaces, container gardening is undervalued as a potential ecosystem service. The practice of expanding urban or personal green space through container gardens remains controversial and lacks scientific potential. Further public education and training on the ecological and environmental value of container gardens is needed, as well as a teaching/learning object for the scientific fields of design, engineering and technology.

## Research methodology

A research problem has been formulated, which states that more attention needs to be paid to the conservation of biodiversity and the promotion of short food chains in urbanised areas through the development of the idea of environmentally friendly horticulture. A four-week survey of members of the public on their attitudes and experiences with container gardening. This led to the formulation of the aim and objectives of the study. The research plan and the choice of the research instrument. The research method was a questionnaire survey. Members of the public (342 respondents in total) were asked to answer a structured questionnaire on which plants they prefer to plant in containers, which plants they prefer to plant in flowerbeds,

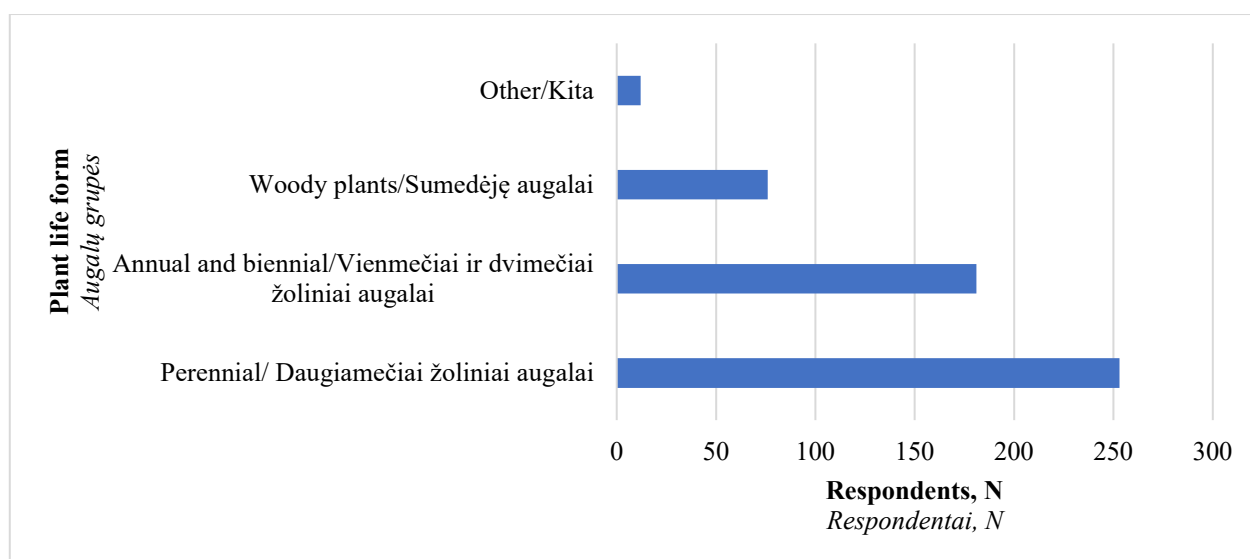


and where they look for information on plant growing and care. To gather more data for the study, the closed-ended questions allowed respondents to choose more than one answer option. In open-ended questions, respondents were allowed to indicate their response options. In order to prepare the methodology and discussion of the study results, and analysis of scientific articles on biodiversity and environmentally friendly horticulture was carried out. The botanical names of plants and their family names shall be given in accordance with the current botanical nomenclature (Jankevičienė, 1998; Euro+Med PlantBase, 2024). Statistical data were collected and processed using MS Excel 2016 and IBM SPSS 29.0 version (Statistical Package for the Social Sciences) software. Results were considered statistically significant when  $p < 0.05$  (Tumiran, 2023).

## Results and discussion

The survey contingent consisted of 342 randomly selected respondents. The majority of the respondents were aged between 18 and 24 years ( $N=119$  or 34.79%), living in an urban area ( $N=234$  or 68.42%) and the majority of the respondents were female ( $N=290$  or 84.79%) with an active interest in plants ( $N=156$  or 45.61%).

The analysis of the collected survey data shows that herbaceous perennials are the most commonly selected, grown and maintained ( $N=253$ ), followed by herbaceous annuals and biennials ( $N=181$ ), woody plants ( $N=76$ ) and others ( $N=12$ ). A statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) was found when comparing herbaceous perennials with annuals and biennials. A statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) was also found when comparing the choice of woody plants with the choice of herbaceous perennials. The detailed dynamics of plant choice are summarised in Figure 1.



**Fig. 1.** Plant groups most frequently selected by respondents

**1 pav.** Dažniausiai respondentų pasirenkamos augalų grupės

Most of the plants were considered suitable for several purposes: for cooking and as spices, as medicinal plants, for food and as ornamental plants. Only a few plants were mentioned as being grown only for cooking (*Allium cepa* L., *Cucumis sativus* L., *Solanum lycopersicum* L.) or only as spices (*Coriandrum sativum* L., *Majorana hortensis* Moench., *Ocimum basilicum* L.). The analysis of the data suggests that the most commonly selected perennial plants belong to the botanical family *Lamiaceae* (*Labiatae*). It was also observed that these plants are not only used for spices, as foodstuffs, but are also actively used by bees and ornamental plants. The following botanical families are much rarer: *Amaryllidaceae*, *Solanaceae*, *Tropaeolaceae*, *Cucurbitaceae*. Only a preliminary assumption can be made that they are annuals, and their applied value is much lower. It is important to note that among woody plants, the common barberry is mentioned, whose berries are not only beneficial for human health, but when grown in a container, they create a volume of space, and the ornamental fruits can be used as a source of food for urban birds (Benvenuti, Mazzoncini, 2021). Among the woody plants grown in containers, respondents mentioned mountain pine (*Pinus mugo* Turra.), European yew (*Taxus baccata* L.), varieties of northern whitecedar (*Thuja occidentalis* L.), white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss.), European beech (*Fagus sylvatica* L.), and different species of birch (*Betula* spp.). Woody plants are best suited to form the volumetric composition of the space and are decorative throughout the year. They can

also provide shelter and food for small mammals, insects and birds (Leotta et al., 2023). The plants grown, cared for and suitable for food production by the respondents are described in Table 1.

**Table 1.** The most common crops grown in containers and used for food and biodiversity benefits  
*1 lentelė. Dažniausiai talpose auginami maistui naudojami ir biologinei įvairovei naudingi augalai*

Scientific name <i>Mokslinis pavadinimas</i>	Botanic family <i>Botaninė šeima</i>	Life form <i>Augalų grupė</i>	Traditional use <i>Tradicinis panaudojimas</i>
<i>Allium cepa</i> L. Paprastasis svogūnas	<i>Amaryllidaceae</i> Amariliniai	Annual Vienmetis	Edible Valgomos
<i>Berberis vulgaris</i> L. Paprastasis raugerškis	<i>Berberidaceae</i> Raugerškiniai	Shrub Krūmas	Ornamental, medicinal, edible Dekoratyvinis, vaistinis, valgomas
<i>Calendula officinalis</i> L. Vaistinė medetka	<i>Asteraceae (Compositae)</i> Astriniai (graizažiedžiai)	Annual Vienmetis	Ornamental, medicinal, edible Dekoratyvinis, vaistinis, valgomas
<i>Capsicum annuum</i> L. Vienametė paprika	<i>Solanaceae</i> Bulviniai	Annual Vienmetis	Edible Valgomos
<i>Coriandrum sativum</i> L. Blakinė kalendra	<i>Apiaceae (Umbelliferae)</i> Salieriniai (skėtiniai)	Annual Vienmetis	Spice Prieskoninis
<i>Cucumis sativus</i> L. Paprastasis agurkas	<i>Cucurbitaceae</i> Moliūginiai	Annual Vienmetis	Edible Valgomos
<i>Fragaria x ananassa</i> (Deuchesne) Deuchesne Daržinė braškė	<i>Rosaceae</i> Erškėtiniai	Perennial Daugiametis	Edible Valgomos
<i>Majorana hortensis</i> Moench. Kvapusis mairūnas	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Perennial Daugiametis	Spice Prieskonis
<i>Melissa officinalis</i> L. Vaistinė melisa	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Perennial Daugiametis	Edible, medicinal Valgomos, vaistinis
<i>Mentha x piperita</i> L. Pipirmėtė	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Perennial Daugiametis	Edible, medicinal Valgomos, vaistinis
<i>Ocimum basilicum</i> L. Kvapusis bazilikas	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Annual Vienmetis	Spice Prieskonis
<i>Origanum vulgare</i> L. Paprastasis raudonėlis	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Perennial Vienmetis	Ornamental, medicinal, edible Dekoratyvinis, vaistinis, valgomas
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers. Paprastoji spanguolė	<i>Ericaceae</i> Erikiniai	Perennial Daugiametis	Ornamental, medicinal, edible Dekoratyvinis, vaistinis, valgomas
<i>Petroselinum crispum</i> Hoffm. Sėjamoji petražolė	<i>Apiaceae (Umbelliferae)</i> Salieriniai (skėtiniai)	Biennial Dvimetis	Edible, medicinal Valgomos, vaistinis
<i>Rosmarinus officinalis</i> L. Kvapusis rozmarinas	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Perennial Daugiametis	Ornamental, medicinal, edible Dekoratyvinis, vaistinis, valgomas
<i>Salvia officinalis</i> L. Vaistinis šalavijas	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Perennial Daugiametis	Ornamental, medicinal, edible Dekoratyvinis, vaistinis, valgomas
<i>Solanum lycopersicum</i> L. Valgomasis pomidoras	<i>Solanaceae</i> Bulviniai	Annual Vienmetis	Edible Valgomos
<i>Tagetes patula</i> L. Gvazdikinis serentis	<i>Asteraceae (Compositae)</i> Astriniai (graizažiedžiai)	Annual Vienmetis	Edible, ornamental Valgomos, dekoratyvinis
Scientific name <i>Mokslinis pavadinimas</i>	Botanic family <i>Botaninė šeima</i>	Life form <i>Augalų grupė</i>	Traditional use <i>Tradicinis panaudojimas</i>
<i>Thymus vulgaris</i> L. Vaistinis čiobrelis	<i>Lamiaceae (Labiatae)</i> Notreliniai (lūpažiedžiai)	Perennial Daugiametis	Ornamental, medicinal, edible Dekoratyvinis, vaistinis, valgomas
<i>Tropaeolum majus</i> L. Didžioji nasturtė	<i>Tropaeolaceae</i> Nasturtiniai	Annual Vienmetis	Edible, ornamental Valgomos, dekoratyvinis
<i>Pinus mugo</i> Turra. Kalninė pušis	<i>Pinaceae</i> Pušiniai	Woody Medis	Ornamental, biodiversity Dekoratyvinis, biologinė įvairovė
<i>Fagus sylvatica</i> L. Paprastasis bukas	<i>Fagaceae</i> Bukiniai	Woody Medis	Ornamental, biodiversity Dekoratyvinis, biologinė įvairovė
<i>Thuja occidentalis</i> Vakarinė tuja	<i>Cupresaceae</i> Kiparisiniai	Woody Medis	Ornamental, biodiversity Dekoratyvinis, biologinė įvairovė

In the analysis of why plants are grown in containers, respondents had different opinions: the most common reason for growing plants in containers is to decorate the home environment (N=301), less often containers have a practical farm function, such as growing edible plants or herbs (N=115), and for the function of separating the functional zones of the home environment, containers with plants are used by only 40 respondents. Respondents were able to give their opinion on the purpose for which they choose to grow plants in containers in response to this question. There were a number of different answers, such as the use of containers for biodiversity, food for birds and nectar for bees.

The most frequent and popular source of information on the cultivation and care of plants is an internet search on dedicated websites (N=272). Social networks are used less frequently (N=191) to find necessary and useful information. Advice and opinions on gardening from family members and relatives rank third (N=142). Radio (N=7), newspapers (N=22) and university studies (N=31) are the least frequent sources of information on gardening, growing and caring for plants.

Respondents consider the colour of the plant (N=191) and the size and colour of the flowers (N=175) to be very important factors when choosing plants for containers. Plant height (N=172), plant diversity (N=127) and knowledge about plants and their care (N=124), colour of the leaves or canopy is important to just under half of the survey respondents (N=155). The least important factors were the scent of the plant (N=90) and its benefits for animals and humans (N=79). Some respondents (N=12) chose to indicate that they trusted their gut feeling, their experience and the ability to grow many plants under the same conditions when choosing plants.

Respondents consider the right size (N=255) and price (N=247) to be the most important factors when choosing a container for plants. The material of the flowerpot is less often considered (N=182). The weight of the flowerpot (N=55) was the least important factor in choosing a flowerpot. An analysis of respondents' experience in choosing container arrangements shows that fired clay floral arrangements are the most popular and most frequently chosen (N=190). Ceramic flower pots are also popular and are the second most preferred (N=179). The survey showed that plastic flower pots are not the most popular flower pot (N=174) and only rank third in terms of popularity. It can be concluded that the public is interested in plastic pollution and tries to keep it to a minimum. Concrete (N=41) and metal containers (N=28) are the least common choices. Wooden flower pots for growing plants were chosen by 65 respondents.

## Conclusions

1. Growing plants in containers can provide food, spices and medicinal plants. Containers are ideal for decorating the environment around the home, separating functional areas of the home.
2. Perennial herbaceous plants are the most commonly chosen plant group among the survey respondents (N=253). Woody plants (N=76) and other plant groups (N=12) are less frequently selected.
3. The internet (N=272) and social networks (N=191) are the most popular sources of information on gardening. Radio (N=7) and newspapers (N=22) are the least frequently used sources of information.

## References

1. Benvenuti, S., and Mazzoncini, M. (2021). The biodiversity of edible flowers: Discovering new tastes and new health benefits. *Frontiers in Plant Science*, 11, 569499.
2. Euro+Med PlantBase (2024). The information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Internet access: <https://www.emplantbase.org/home.html>
3. Fetouh, M. I. (2018). Edible landscaping in urban horticulture. In: *Urban Horticulture: Sustainability for the Future* (pp. 141–173).
4. Francini, A., Romano, D., Toscano, S. and Ferrante, A. (2022). The contribution of ornamental plants to urban ecosystem services. *Earth*, 3(4), 1258–1274.
5. Hussein, H. (2010). Using the sensory garden as a tool to enhance the educational development and social interaction of children with special needs. *Support for Learning*, 25(1), 25–31.
6. Jankevičienė, R. (1998). *Botanikos vardu žinynas*. Vilnius: Botanikos instituto leidykla.
7. Leotta, L., Toscano, S., Ferrante, A., Romano, D. and Francini, A. (2023). New strategies to increase the abiotic stress tolerance in woody ornamental plants in Mediterranean climate. *Plants*, 12(10), 1–20.
8. Löki, V., Deák, B., Lukács, A. B. and Molnár, A. (2019). Biodiversity potential of burial places – A review on the flora and fauna of cemeteries and churchyards. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00614.
9. Nagase, A. and Lundholm, J. (2021). Container gardens: Possibilities and challenges for environmental and social benefits in cities. *Journal of Living Architecture*, 8(2), 1–19.

10. Parris, K. M., Amati, M., Bekessy, S. A., Dagenais, D., Fryd, O., Hahs, A. K. and Williams, N. S. (2018). The seven lamps of planning for biodiversity in the city. *Cities*, 83, 44–53.
11. Tumiran, M. A. (2023). The recent use of IBM SPSS Statistics in social science research. *Asian Journal of Research in Education and Social Sciences*, 5(4), 461–475.

**Mindaugas Rutalė, Inga Jančiauskienė**

Vilniaus kolegija

**Požiūris ir patirtis sodininkystės talpose srityje: praktinė ir estetinė reikšmė**

Sodininkystė talpose yra ne tik aplinkos dizaino priemonė, bet ir priemonė biologinei įvairovei didinti vietovėse, kuriose vyrauja mažo našumo dirvožemiai. Žiedinės ekonomikos ir aplinkosaugos problemos skatina žaliosios infrastruktūros ir ekosisteminių paslaugų plėtrą. Saugus ir kokybiškas maisto tiekimas, lietaus vandens ir aplinkos temperatūros valdymas, biologinė įvairovė – ekosisteminės paslaugos, kurias galima teikti ir sėkmingai valdyti pasitelkiant sodininkystę. Šiuo tyrimu siekta išsiaiškinti, kokie veiksniai skatina imtis sodininkystės talpose, kur ieškoma informacijos apie augalų auginimą, priežiūrą ir kokius augalus pasirenkama auginti. Tyrimo rezultatai parodė, kad respondentai augina ne tik dekoratyvinius daugiamečius augalus, bet taip pat valgomuosius augalus ir kt. Pastebėta, kad aktualios informacijos dažniausiai ieškoma internete. Šiai ekosisteminėi paslaugai plėtoti reikia bendrų mokslininkų, akademikų, vietos valdžios institucijų, visuomenės pastangų.

Biologinė įvairovė, aplinkos dizainas, ekosistemų paslaugos, miesto sodininkystė, sodininkystė talpose.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Mindaugas RUTALĖ. Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros studentas. Adresas: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilniaus r. Tel.: +370 621 81264, el. paštas: mindaugasrutale@gmail.com

Mindaugas RUTALĖ. Vilniaus kolegija/Higher Education Institution, Faculty of Agrotechnology, Department of Landscape Management and Agrobusiness Technologies, student. Address: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilnius dist. Phone: +370 621 81264, e-mail: mindaugasrutale@gmail.com

Inga JANČAUSKIENĖ. Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Kraštotvarkos ir agroverslo technologijų katedros žemės ūkio mokslų daktarė, docentė. Adresas: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilniaus r. El. paštas: i.jancauskiene@atf.viko.lt

Inga JANČAUSKIENĖ. Vilniaus kolegija/Higher Education Institution, Faculty of Agrotechnology, Department of Landscape Management and Agrobusiness Technologies, doctor of Agricultural Sciences, associate professor. Address: Dvaro g. 1, II korpusas, LT-14160 Buivydiškės, Vilnius dist. E-mail: i.jancauskiene@atf.viko.lt

# PAGALBINIŲ MEDŽIAGŲ ĮTAKA *P*-KUMARO RŪGŠTIES TIRPIMO IŠ KAPSULIŲ KINETIKAI

Vakarė Jokubaitytė, Monika Jokūbaitė, Kristina Ramanauskienė

Lietuvos sveikatos mokslų universitetas

Pastaraisiais metais vis plačiau nagrinėjamos fenolio rūgštys dėl jų daromo plataus biologinio poveikio. Dauguma fenolio rūgščių pasižymi prastu tirpumu, o tai apriboja jų panaudojimą farmacijos pramonėje. Mokslininkai sprendžia *p*-kumaro rūgšties tirpumo problemas ir siekia pritaikyti šiuos junginius geriamosioms farmacinėms formoms. Todėl aktualu sumodeliuoti kapsules su *p*-kumaro rūgštimi ir įvertinti pagalbinių medžiagų daromą įtaką jos tirpimo kinetikai. Suirimo ir tirpimo testai suteikia informacijos apie pagalbinių medžiagų įtaką kapsulių kokybei. Tyrimo tikslas yra sumodeliuoti kokybiškas kapsules su *p*-kumaro rūgštimi ir įvertinti jų kokybę.

Silicifikuotos mikrokristalinės celiuliozės kiekis (60 proc.) kapsulėje pagerina *p*-kumaro rūgšties išsiskyrimą ir tirpumą iš kapsulių. 25 mg poloksamero 407 kiekis 175 mg kapsulėje pagerina *p*-kumaro rūgšties kinetiką. Natrio karboksimetilceliuliozė ir chitozanas yra polimerai, kurie prailgina *p*-kumaro rūgšties išsiskyrimą iš kapsulių.

Pagalbinės medžiagos, tirpimas, *p*-kumaro rūgštis.

## Įvadas

*P*-kumaro rūgštis yra fenolio junginys, priklausantis hidroksicinamono rūgščių grupei. Ši rūgštis yra dažna įvairiuose augaluose, bet daugiausiai jos aptinkama kartu su kitomis fenolio rūgštimis pomidoruose, kruopose, žemės riešutuose, ananasuose, vyne ir kituose produktuose. *P*-kumaro rūgštis pasižymi antioksidaciniu, uždegimo slopinamuoju, antimikrobiniu ir antivirusiniu poveikiu, todėl pastaraisiais metais jai skiriama vis daugiau dėmesio (Boz, 2015). Šis junginys labai prastai tirpsta vandeniniuose tirpikliuose, o tai nulemia mažesnę rūgšties biologinį pasisavinamumą ir riboja jos panaudojimą farmacijoje (Vilas-Boas et al., 2020).

Šiame tyrime pasirinkta farmacinė forma buvo kietosios želatinos kapsulės. Kapsulės yra viena populiariausių farmacinių formų pasaulyje, jas lengva vartoti, užpildyti ir dozuoti (Kathpalia, Doshi, 2014). Kad būtų užtikrinta tiksli vaistinio preparato dozė, kapsulėse veikliosios medžiagos turi būti sumaišytos su kitomis pagalbinėmis medžiagomis.

Pagalbinės medžiagos farmacinėse formose atlieka įvairias funkcijas, pagal IPEC (angl. *International Pharmaceutical Excipients Council*) jas galima skirstyti į tokias grupes: užpildus, slidinamąsias medžiagas, suirimą skatinančias arba atpalaidavimą modifikuojančias medžiagas (IPEC, 2020). Priklausomai nuo farmacinės formos, pagalbinės medžiagos pagal funkciją gali būti skirstomos ir smulkiau, pavyzdžiui, į tirpumą gerinančias arba konsistenciją reguliuojančias medžiagas. Viena pagalbinė medžiaga gali atlikti ir daugiau nei vieną funkciją, o jų poveikis priklauso ne tik nuo pagalbinės medžiagos tipo, bet ir nuo jos kiekio farmacinėje formoje (Wasilewska, Winnicka, 2019). Vienas iš šio tyrimo uždavinių buvo parinkti tokias pagalbinės medžiagos, kurios pagerina *p*-kumaro rūgšties tirpumą vandeniniuose tirpikliuose.

Užtikrinant optimalias tyrimo sąlygas, tirpimo testas *in vitro* yra patikimas metodas siekiant įvertinti farmacinių formų kokybę, nustatyti veikliųjų medžiagų tirpimo kinetiką *in vitro* ir prognozuoti jų tirpimo kinetiką *in vivo*. Atliekant oralinių farmacinių formų tirpimo tyrimus naudinga pasirinkti virškinamąjį traktą imituojančias akceptorines terpes (Friedel et al., 2018).

Tyrimo tikslas – sumodeliuoti kokybiškas kapsules su *p*-kumaro rūgštimi ir įvertinti jų kokybę.

## Tyrimų metodika

Tyrimo metu buvo sumodeliuotos 4 skirtingos kapsulių su *p*-kumaro rūgštimi grupės. Kiekviena grupė turėjo po 3 pogrupius su skirtingu pagalbinės medžiagos kiekiu. Į visų grupių sudėtį įėjo silicifikuota mikrokristalinė celiuliozė (SMCC). Ji dėl gerų birumo savybių naudota kaip užpildas, padėjęs tiksliau užpildyti kapsules. Taip pat pastebėta, kad ši medžiaga skatina kapsulių suirimą ir pagerina *p*-kumaro rūgšties tirpumą (Aljaberi et al., 2013). 2, 3 ir 4 kapsulių grupėse buvo papildomai pasirinkta ir įdėta atitinkamų pagalbinių medžiagų, kurios modifikavo kapsulių atpalaidavimą arba gerino *p*-kumaro rūgšties tirpumą. Kaip papildomos pagalbinės medžiagos buvo pasirinkti: poloksameras 407, natrio karboksimetilceliuliozė (NaCMC) ir chitozanas. Siekiant įvertinti pagalbinių medžiagų įtaką *p*-kumaro rūgšties tirpimo kinetikai, buvo atlikti suirimo ir tirpimo testai.

Suirimo testas vykdytas mokslinėje literatūroje aprašytu magnetinės maišyklės metodu. Iš viso buvo tirtos po 6 kiekvienos sudėties kapsules. Testo pradžioje nustatyti magnetinės maišyklės su kaitinamuoju paviršiumi

parametrai:  $37 \pm 0,5$  °C; 800 aps./min. Ant magnetinės maišyklės buvo uždėta laboratorinė stiklinė su 50 ml distiliuoto vandens ir įdėtas maišymo magnetas. Terpei pasiekus reikiamą temperatūrą, į laboratorinę stiklinę įdėta tiriamoji kapsulė ir fiksuotas pradžios laikas (Chen et al., 2021). Suirimo testo pabaiga buvo tada, kai kapsulė pavirto į pasklidusią, minkštą, vientisą masę.

Tirpimo testas *in vitro* atliktas pagal Europos farmakopėje (*Ph. Eur.* 2.9.3) aprašytą tyrimo metodiką (EDQM, 2022). Atliekant testą, naudotas mentinis prietaisas ir pasirinkti šie parametrai:

- akceptorinė terpė – 0,1 M vandenilio chlorido rūgšties tirpalas (pH 1,2);
- akceptorinės terpės tūris – 500 ml;
- terpės temperatūra –  $37 \pm 0,5$  °C;
- maišymo greitis – 75 aps./min.

Mėginiai iš akceptorinės terpės paimti po 5, 10, 15, 30, 45 ir 60 minučių. Paimti mėginiai buvo filtruojami ir ruošiami tolesnei kiekybinei UV/Vis spektrofotometrinei analizei. Gauti duomenys įvertinti naudojant paruoštą kalibracinę *p*-kumaro rūgšties kreivę (Panda et al., 2019).

Rezultatų statistinė analizė atlikta naudojant programą „Microsoft Office Excel 2019“ ir programavimo kalbą „Python“. Nustatyti gautų duomenų vidurkiai, standartinės paklaidos, standartiniai nuokrypiai, atlikta vienfaktorė dispersinė analizė ANOVA (gauti rezultatai statistiškai reikšmingi, kai  $p < 0,05$ ).

## Rezultatai ir aptarimas

Pirmame eksperimentinio tyrimo etape buvo sumodeliuotos kapsulių sudėtys, jų užpildui naudojant silicifikuotą mikrokristalinę celiuliozę (SMCC). Į atitinkamus miltelių mišinius papildomai buvo įdėta tirpumą gerinančios medžiagos poloksamero 407, veikimą prailginančios medžiagos – natrio karboksimetilceliuliozės (NaCMC) ir chitozano. Kapsulių sudėtis pateikta 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Kapsulių su *p*-kumaro rūgštimi sudėtis  
*Table 1.* Composition of capsules with *p*-coumaric acid

Grupė <i>Group</i>	<i>P</i> -kumaro rūgšties kiekis, mg <i>Quantity of p-coumaric acid, mg</i>	Užpildas <i>Filler</i>	Užpildo kiekis, mg <i>Quantity of filler, mg</i>	Kita pagalbinė medžiaga <i>Other excipient</i>	Kitos pagalbinės medžiagos kiekis, mg <i>Quantity of other excipient, mg</i>
<b>Kontrolė (K)</b> <i>Control (K)</i>	100	-	-	-	-
1	100	SMCC	A	50	-
			B	100	-
			C	150	-
2	100	SMCC	A	50	Poloksameras 407
			B	50	Poloksameras 407
			C	50	Poloksameras 407
3	100	SMCC	A	50	NaCMC
			B	50	NaCMC
			C	50	NaCMC
4	100	SMCC	A	50	Chitozanas
			B	50	Chitozanas
			C	50	Chitozanas

Pastaba. SMCC – silicifikuota mikrokristalinė celiuliozė; NaCMC – natrio karboksimetilceliuliozė.

Note. SMCC – silicified microcrystalline cellulose; NaCMC – sodium carboxymethyl cellulose; poloksameras 407 – poloxamer 407.

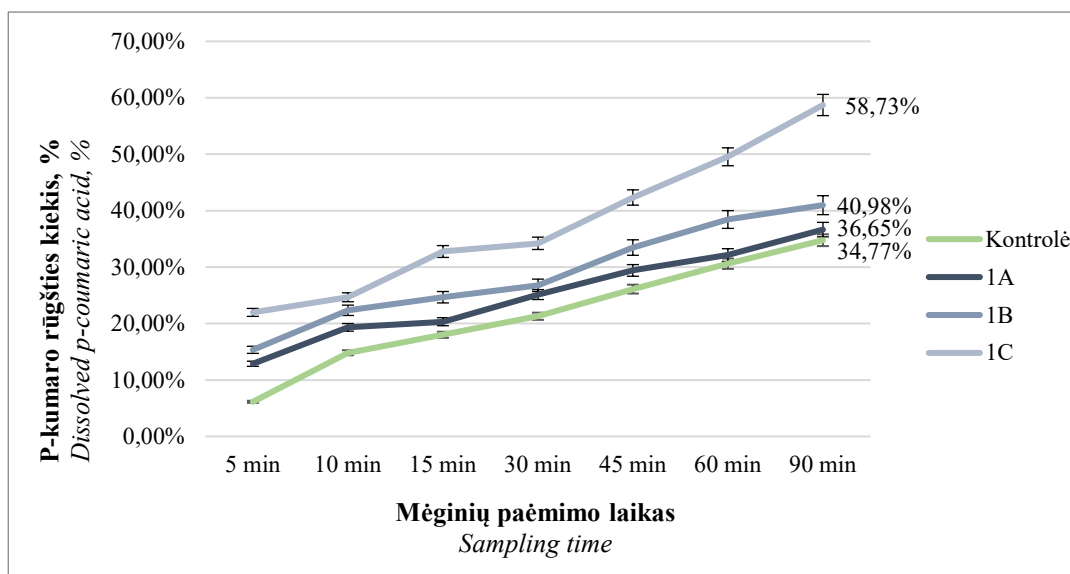
Iš 2 lentelėje pateiktų tyrimų rezultatų matyti, kad kapsulių suirimo laikas priklausė nuo naudotų pagalbinių medžiagų ir jų kiekio. Greičiausiai suiro 1 ir 2 grupių kapsulės.

**2 lentelė.** Kapsulių su *p*-kumaro rūgštimi suirimo laikas  
**Table 2.** Disintegration time of capsules with *p*-coumaric acid

	Kapsulių suirimo laikas, min.						Vidurkis Mean
	Disintegration time, min						
<b>1A</b>	1:55	1:49	2:05	2:03	1:59	1:51	<b>1:57</b>
<b>1B</b>	2:06	1:58	2:14	2:13	2:11	2:17	<b>2:10</b>
<b>1C</b>	4:40	3:59	4:21	4:18	4:33	4:14	<b>4:21</b>
<b>2A</b>	3:25	3:41	3:29	3:50	3:20	3:33	<b>3:33</b>
<b>2B</b>	3:54	4:02	3:58	4:14	4:23	4:29	<b>4:10</b>
<b>2C</b>	5:58	5:49	5:55	6:02	5:48	6:04	<b>5:56</b>
<b>3A</b>	4:27	4:36	4:02	4:53	4:44	4:52	<b>4:49</b>
<b>3B</b>	5:53	5:44	5:32	5:59	5:47	6:02	<b>5:50</b>
<b>3C</b>	25:31	24:52	27:22	29:37	26:58	28:33	<b>27:08</b>
<b>4A*</b>	31:16	30:43	30:24	30:32	30:26	30:47	<b>30:41</b>
<b>4B*</b>	35:22	35:49	34:43	35:52	35:31	33:58	<b>35:12</b>
<b>4C*</b>	39:19	38:07	36:35	38:42	39:38	38:23	<b>38:27</b>

Kapsulių 3C suirimo laikas statistiškai reikšmingai prailgėjo, lyginant su kitomis šio grupės kapsulėmis ( $p < 0,05$ ). Chitozono priedas prailgino kapsulių suirimo laiką, 4 grupės kapsulėms būdingas ilgiausias suirimo laikas, lyginant su kitomis tirtomis kapsulėmis.

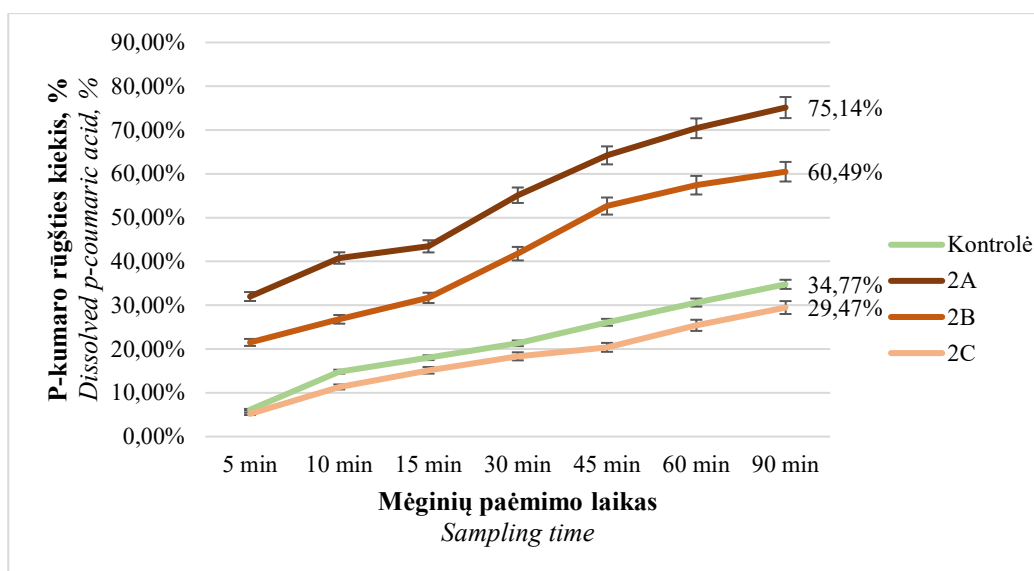
Tirtų kapsulių tirpimo kinetikos tyrimų rezultatai pateikti 1–4 paveiksluose. Tyrimų rezultatai parodė, kad SMCC priedas kapsulėse pagerina *p*-kumaro rūgšties tirpimo kinetiką, lyginant su kontroline grupe.



**1 pav.** 1 grupės kapsulių tirpimo testas (akceptorinė terpė – 0,1 M HCl tirpalas)  
**Fig. 1.** Dissolution test of group 1 capsules (acceptor medium – 0.1 M HCl solution)

Statistiškai reikšmingai didesnis *p*-kumaro rūgšties kiekis išsiskyrė iš kapsulių 1B ir 1C, lyginant su kontroline grupe ir kapsulėmis 1A ( $p < 0,05$ ).

Tiriant 2 grupės kapsules (2 pav.), nustatyta, kad kapsulių 2A išsiskyrė didžiausias kiekis veikliosios medžiagos, lyginant su kitomis kapsulėmis.

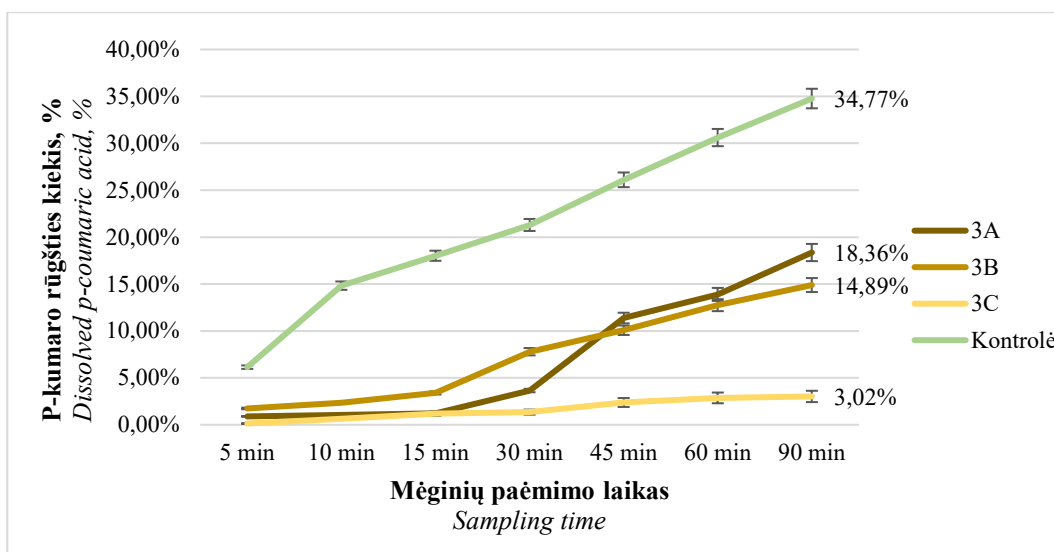


2 pav. 2 grupės kapsulių tirpimo testas (akceptorinė terpė – 0,1 M HCl tirpalas)

Fig. 2. Dissolution test of group 2 capsules (acceptor medium – 0.1 M HCl solution)

Kapsulėse 2C, kuriose buvo didžiausias kiekis poloksamero (100 mg), *p*-kumaro rūgšties išsiskyre statistiškai mažiau, lyginant su kapsulėmis 2A ir 2B ( $p < 0,05$ ). Tyrimo rezultatai parodė, kad *p*-kumaro rūgšties tirpimo kinetika priklausė nuo poloksamero 407 kiekio kapsulėje.

3 paveiksle pavaizduoti 3 grupės kapsulių tirpimo testo rezultatai. Šios grupės kapsulėse buvęs NaCMC priedas prailgino *p*-kumaro išsiskyrimą iš kapsulių.

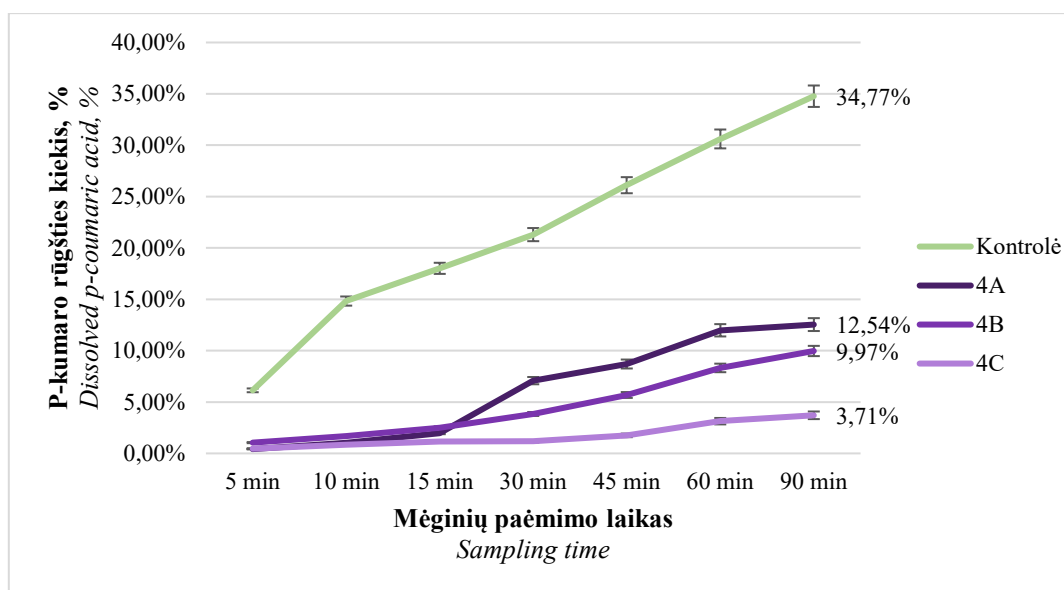


3 pav. 3 grupės kapsulių tirpimo testas (akceptorinė terpė – 0,1 M HCl tirpalas)

Fig. 3. Dissolution test of group 3 capsules (acceptor medium – 0.1 M HCl solution)

Iš 3 grupės kapsulių išsiskyre gerokai mažesnis kiekis veikliosios medžiagos, lyginant su kontroline grupe.





4 pav. 4 grupės kapsulių tirpimo testas (akceptorinė terpė – 0,1 M HCl tirpalas)

Fig. 4. Dissolution test of group 4 capsules (acceptor medium – 0.1 M HCl solution)

*P*-kumaro rūgštis kompozicijoje su chitozanu pasižymėjo lėčiausia tirpimo kinetika (4 pav.). Tai galėjo nulemti chitozano tirpumas ir gebėjimas suformuoti gelifikuotą struktūrą rūgštinėje aplinkoje (Bernkop-Schnürch, Dünnhaupt, 2012).

## Išvados

1. Pasirinktos pagalbinės medžiagos turėjo įtakos kapsulių su *p*-kumaro rūgštimi suirimo laikui. Greičiausiai suiro kapsulės, kuriose buvo mažiausiai silicifikuotos mikrokristalinės celiuliozės. Chitozanas prailgino kapsulių suirimo laiką. 3 grupės kapsulių suirimo laikas priklausė nuo natrio karboksimetilceliuliozės kiekio.
2. *P*-kumaro rūgšties tirpimo kinetika priklausė nuo pagalbinių medžiagų. Silicifikuota mikrokristalinė celiuliozė pagerino *p*-kumaro rūgšties tirpimo kinetiką, lyginant su kontroline grupe. *P*-kumaro rūgšties tirpimo kinetika taip pat priklausė nuo poloksamero 407 kiekio kapsulėje. Chitozanas ir natrio karboksimetilceliuliozė prailgino *p*-kumaro rūgšties atpalaidavimą iš kapsulių.

## Literatūra

1. Aljaberi, A., Ardakani, A., Khair, A., Abdel-Rahim, S. A., Meqdadi, E., Ayyash, M., Alobaidi, G. M. and Al-Zoubi, N. (2013). Tableting functionality evaluation of Prosolv Easytab in comparison to physical mixtures of its individual components. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 23(5), 499–504. [https://doi.org/10.1016/S1773-2247\(13\)50072-4](https://doi.org/10.1016/S1773-2247(13)50072-4)
2. Bernkop-Schnürch, A. and Dünnhaupt, S. (2012). Chitosan-based drug delivery systems. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 81(3), 463–469. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2012.04.007>
3. Boz, H. (2015). *p*-Coumaric acid in cereals: Presence, antioxidant and antimicrobial effects. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(11), 2323–2328. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12898>
4. Chen, L., Wang, Z., Qin, Z., Zhang, G., Yue, H., Liang, B. and Luo, D. (2021). Dissolution behavior and mechanism of low valence vanadium-iron spinel in sulfuric acid solution. *Journal of Materials Research and Technology*, 12, 1391–1402. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.03.036>
5. EDQM (2022). *European Pharmacopoeia 11.2*. Council of Europe.
6. Friedel, H. D., Brown, C. K., Barker, A. R., Buhse, L. F., Keitel, S., Kraemer, J., Morris, J. M., Reppas, C., Sperry, D. C., Sakai-Kato, K., Stickelmeyer, M. P. and Shah, V. P. (2018). FIP guidelines for dissolution testing of solid oral products. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 107(12), 2995–3002. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2018.08.007>
7. The International Pharmaceutical Excipients Council (2020). *Qualification of excipients for use in pharmaceuticals (2nd ed.)*.

8. Kathpalia, H. and Doshi, G. (2014). Recent trends in hard gelatin capsule delivery system. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*, 4(2), 165–177. <https://doi.org/10.13140/2.1.2731.4884>
9. Panda, P. K., Yang, J.-M., Chang, Y.-H. and Su, W.-W. (2019). Modification of different molecular weights of chitosan by *p*-Coumaric acid: Preparation, characterization and effect of molecular weight on its water solubility and antioxidant property. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 661–667. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.082>
10. Vilas-Boas, S. M., Alves, R. S., Brandão, P., Campos, L. M. A., Coutinho, J. A. P., Pinho, S. P. and Ferreira, O. (2020). Solid-liquid phase equilibrium of trans-cinnamic acid, *p*-coumaric acid and ferulic acid in water and organic solvents: Experimental and modelling studies. *Fluid Phase Equilibria*, 521, 112747. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2020.112747>
11. Wasilewska, K. and Winnicka, K. (2019). Ethylcellulose – a pharmaceutical excipient with multidirectional application in drug dosage forms development. *Materials*, 12(20), 3386. <https://doi.org/10.3390/ma12203386>

### **Vakarė Jokubaitė, Monika Jokūbaitė, Kristina Ramanauskienė**

Lithuanian University of Health Sciences, Lithuania

#### **Effect of Excipients on the Dissolution Kinetics of *p*-Coumaric Acid from Capsules**

In recent years, phenolic acids have been increasingly investigated due to their broad biological effects. Most phenolic acids exhibit weak solubility, limiting their application in the pharmaceutical industry. Scientists are addressing solubility issues with *p*-coumaric acid and seeking its application in oral pharmaceutical forms. Therefore, it is pertinent to model capsules with *p*-coumaric acid and evaluate the influence of excipients on its dissolution kinetics. Dissolution and disintegration tests provide information about the impact of excipients on the quality of capsules. The objective of the study is to model high-quality capsules with *p*-coumaric acid and assess their quality.

The quantity of silicified microcrystalline cellulose (60%) in the capsule enhances the dissolution and solubility of *p*-coumaric acid. Poloxamer 407 at a concentration of 25 mg in the 175 mg capsule improves the kinetics of *p*-coumaric acid. Sodium carboxymethyl cellulose and chitosan are polymers that prolong the release of *p*-coumaric acid from the capsules.

Dissolution, *p*-coumaric acid, excipients.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Vakarė JOKUBAITYTĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto biomedicinos (farmacijos) mokslų studentė. Adresas: Eivenių g. 4, Kaunas. Tel. +370 37 327290, el. paštas: vakare.jokubaityte@lsmu.lt

Vakarė JOKUBAITYTĖ. Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Faculty of Pharmacy, Biomedical Sciences (Pharmacy), student. Address: Eivenių g. 4, Kaunas. Phone: +370 37 327290, e-mail: vakare.jokubaityte@lsmu.lt

Monika JOKŪBAITĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto biomedicinos (farmacijos) mokslų daktarė, asistentė. Adresas: Eivenių g. 4, Kaunas. Tel. +370 37 327290, el. paštas: monika.jokubaite@lsmu.lt

Monika JOKŪBAITĖ. Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Faculty of Pharmacy, Biomedical Sciences (Pharmacy), PhD, assistant. Address: Eivenių g. 4, Kaunas. Phone: +370 37 327290, e-mail: monika.jokubaite@lsmu.lt

Kristina RAMANAUSKIENĖ. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Farmacijos fakulteto biomedicinos (farmacijos) mokslų daktarė, profesorė. Adresas: Eivenių g. 4, Kaunas. Tel. +370 37 327290, el. paštas: kristina.ramanauskiene@lsmuni.lt

Kristina RAMANAUSKIENĖ. Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Faculty of Pharmacy, Biomedical Sciences (Pharmacy), PhD, Professor. Address: Eivenių g. 4, Kaunas. Phone: +370 37 327290, e-mail: kristina.ramanauskiene@lsmuni.lt

**EKOLOGIJA,  
DARNIOJI MIŠKININKYSTĖ**

*ECOLOGY, SUSTAINABLE FORESTRY*

# PUPINIŲ ŠEIMOS ĮSĖLIŲ POVEIKIS KUKURŪZŲ VYSTYMUISI IR PRODUKTYVUMUI

Martynas Jonikas, Austėja Švereikaitė, Rasa Kimbirauskienė, Aušra Sinkevičienė, Jovita Balandaitė, Kęstutis Romaneckas

Vytauto Didžiojo universitetas

Tyrimas atliktas 2023 metais VDU ŽŪA Bandymų stotyje. Tirti pasėlių biologinio įvairinimo-žalinimo būdai: 1. Tarpueilių purenimas (kontrolė 1, K1); 2. Tarpueilių mulčiavimas piktžolėmis (kontrolė 2, K2); 3. Lauko pupos (LUP); 4. Purpuriniai dobilai (PUD); 5. Persiniai dobilai (PED); 6. Mėlynžiedės liucernos (MEL).

Tyrimų duomenimis, esmingai didžiausia fotosintetiškai aktyvi radiacija nustatyta kontrolinio varianto laukeliuose (K1). Esmingai mažiausias kukurūzų lapų chlorofilo indeksas nustatytas jiems augant kartu su lauko pupomis ir mėlynžiedėmis liucernomis. Laukeliuose su įsėliais arba laukeliuose, mulčiuotuose piktžolėmis, kukurūzų grūdų derlingumas dažniausiai buvo esmingai nuo 13 iki 29 proc. mažesnis. 1 000 sėklų masė kito neesmingai – iki 10 proc., palyginti su kontroliniuose K1 laukeliuose augusių kukurūzų didžiausia mase.

Kukurūzų su įsėliais, apšvitos sąlygos, chlorofilo koncentracija lapuose, pasėlių produktyvumas.

## Įvadas

Pastaruoju metu pasaulyje žmonės susiduria su vis didesniais iššūkiais. Pagrindiniai yra šie: klimato kaita, sparčiai augantis žmonių skaičius, maisto stoka (Streit, 2018), dirvožemio erozija, taršos problemos ir t. t. (Bhattacharyya et al., 2022). Norint to išvengti, pereinama prie Europos žaliojo kurso, kuriuo siekama kurti konkurencingą ir modernią ekonomiką, produkciją, kuri gerintų esamų ir būsimų gyventojų ir gyvūnų gyvenimo kokybę (Eckert et al., 2021). Tai daroma norint minimalizuoti neigiamą poveikį aplinkai (Balandaitė, 2023). Vienas iš tokių sprendimo būdų auginant kultūrinius augalus – ieškoti ir pritaikyti tvaresnes auginimo sistemas (Streit et al., 2019), kurios nulemtų vienus iš didžiausių biomasės produktyvumo rodiklių, maistinių ir energinių potencialą, jų panaudojimą (Balandaitė, 2023). Šiuo metu Lietuvoje vienus iš didžiausių biomasės produktyvumo rodiklių, energinį ir maistinių potencialą turi kukurūzai (*Zea mays* L.), pupos (*Vicia faba* L.), kanapės (*Cannabis sativa* L.) ir kiti augalai (Pain, 2015).

Kukurūzai (*Zea mays* L.) – tai vienametis augalas. Jis priklauso miglinių šeimai (Jakienė ir kt., 2013). Tai – vieni iš plačiausiai pasaulyje auginamų javų ir yra pagrindinis maisto šaltinis žmonijai ir gyvūnijai daugelyje šalių (Kumawat et al., 2020). Kukurūzuose yra apie 72 proc. krakmolo, 10 proc. baltymų ir 4 proc. riebalų (Ranum et al., 2014). Pasak Jozinoviciaus ir kt. (2021), kukurūzuose gausu maistinių skaidulų, vitaminų (A, B, E ir K), fenolio rūgščių, mineralinių medžiagų (K, Mg, P), flavonoidų ir kitų gyviems organizmams reikalingų medžiagų. Pasaulyje kukurūzų užauginama maždaug 563 iš 717 mln. tonų per metus (Ranum et al., 2014). Statistikos departamento duomenimis, Lietuvoje kukurūzai laikomi dešimti pagal svarbą augalai, kurių metinė grūdų produkcija 2023 metais siekė apie 5,20 tonos iš 1 hektaro (Lietuvos statistikos departamentas, 2024).

Vienas iš būdų padidinti žemės ūkio augalų pasėlių produktyvumą yra pasėlių funkcionalumo didinimas, į pagrindinį pasėlį įsėjant greitai besivystančių kitų rūšių žemės ūkio augalų (Franco et al., 2015). Daugianarius pasėlius gali sudaryti keletas žemės ūkio augalų, kurie auginami kartu ir skiriasi savo savybėmis (Gliessman et al., 2010). Daugianariuose pasėliuose augalai efektyviau panaudoja saulės energiją (Liu et al., 2018), todėl efektyviau konkuruoja su piktžolėmis (Yadollahi et al., 2014) ir išaugina didesnę derlių (Maitra et al., 2021).

Vis dėlto kukurūzų ir tarpinių pasėlių auginimo technologijos mažai tirtos. Būsimi tyrimų rezultatai – tai perspektyva sukurti produktyvias didesnio biologinio įvairumo daugiafunkces agrocenozes. Tyrimo tikslas – nustatyti kukurūzų sąveiką su pupiniais augalais vienanariuose ir dvinariuose pasėliuose.

## Tyrimų metodika

**Eksperimento vieta ir sąlygos.** Stacionarus lauko eksperimentas buvo vykdytas 2023 metais VDU ŽŪA Bandymų stotyje (54°53'N+ 23°50'E). Bandymų lauko dirvožemis yra giliau glėjiškas, pasotintas palvažėmis (*Endohypogleyic-Eutric Planosol-Ple-gln-w*) (World Soil Resources Reports, 2014). Dirvožemio pH<sub>HCl</sub> – nuo 7,3 iki 7,8, suminio azoto kiekis – nuo 0,08 iki 0,13 proc., judriojo fosforo – nuo 189 iki 280 mg kg<sup>-1</sup>, judriojo kalio – nuo 97 iki 118 mg kg<sup>-1</sup>, judriosios sieros – nuo 1,2 iki 2,6 mg kg<sup>-1</sup>, magnio – nuo 436 iki 790 mg kg<sup>-1</sup>. Vandens režimas sureguliuotas uždaru drenažu. Dirvožemio ariamasis sluoksnis yra 23–27 cm storio.

Lietuvoje per metus iškrenta 600–650 mm kritulių, o išgaruoja – apie 500 mm. Žemės ūkio augalų vegetacija trunka 150–170 dienų. 2023 metai buvo sausi su mėnesį ir ilgiau trunkančios sausros laikotarpiais. Tai turėjo didelę neigiamą įtaką įsėlių vystymuisi.

**Eksperimento variantai.** Stacionarus lauko eksperimentas sudarytas iš 6 variantų (1 lentelė). Auginami pupinių šeimos išėliniai augalai: lauko pupos (*Vicia faba* L.), purpuriniai dobilai (*Trifolium incarnatum* L.), persiniai dobilai (*Trifolium resupinatum* L.) ir mėlynžiedės liucernos (*Medicago sativa* L.).

**1 lentelė.** Eksperimento variantai. VDU ŽŪA Bandytųjų stotis, 2023 m.

**Table 1.** Treatments of an experiment. VMUAA Experimental Station, 2023 m.

Įvairinimo lygis <i>Biodiversity level</i>	Varianto Nr. <i>Treatment No.</i>	Pasėliai <i>Crops</i>	Santrumpa <i>Abbreviation</i>
<b>Vienanaris</b> <i>Mono-crop</i>	1.	Tarpueilių purenimas (kontrolė 1) ( <i>inter-row loosening</i> )	K1
	2.	Tarpueilių mulčiavimas piktžolėmis (kontrolė 2) ( <i>inter-row cutting and mulching with weeds</i> )	K2
<b>Dvinaris</b> <i>Binary-crop</i>	3.	Lauko pupos ( <i>Faba bean</i> )	LUP
	4.	Purpuriniai dobilai ( <i>Crimson clover</i> )	PUD
	5.	Persiniai dobilai ( <i>Persian clover</i> )	PED
	6.	Mėlynžiedės liucernos ( <i>Blue-flowered alfalfa</i> )	MEL

Eksperimentas suskirstytas atsitiktiniais pakartojimų blokais, 4 pakartojimai. Eksperimentui naudojami iš viso 24 kukurūzų laukeliai. Pradinis laukelių dydis – 18,4 m<sup>2</sup>, apskaitomasis – 18 m<sup>2</sup>. Laukelio apsauginė juosta – 0,5 m pločio, o tarp pakartojimų ir variantų – 3 m pločio. Eksperimento įrengimo metais priešėlis – juodasis pūdymas. Kiekvienais tyrimų metais kukurūzai bus atsėliuojami, o tarpueiliuose išėjami skirtingi augalai.

**Tyrimų analizės ir metodai.** Fotosintetiškai aktyvioji radiacija (spinduliuotė) (FAR) matuota radiometru HD 9021 RAD/PAR kukurūzų žydėjimo pradžioje (2023-07-25, BBCH 61–63). Lapų chlorofilo koncentracija nustatyta naudojantis matuokliu „CCM-200 Plus“ tuo pačiu metu. Kukurūzai jų produktyvumui nustatyti išpjauti ne mažiau kaip 5 apskaitinio laukelio vietose, 0,5 m išilginėje eilutėje. Mėginiai išdžiovinti laboratorijoje, burbuolės iškultos, grūdai pasverti, produktyvumo duomenys perskaičiuoti pagal kvadratinį metrą. Mėginių grūdai naudoti 1 000 grūdų masei nustatyti. Eksperimento duomenys statistškai įvertinti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu (ANOVA) iš statistinės programinės įrangos paketo SELEKCIJA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

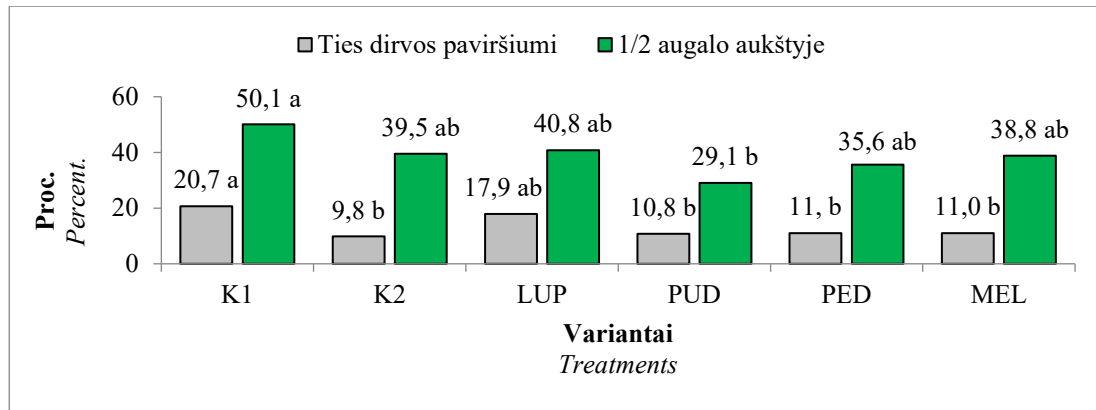
## Tyrimų rezultatai ir analizė

### Kukurūzų pasėlio vystymosi rodikliai

**Pasėlio apšvitos sąlygos (FAR).** Išmatavus FAR ties dirvos paviršiumi ir ½ augalo aukštyje, nustatyti esminiai variantų laukelių skirtumai. Ties dirvos paviršiumi apšvita kito nuo 9,8 iki 20,7 proc. Esmingai didžiausia apšvita ties dirvos paviršiumi buvo kontrolinio varianto laukelyje, kuriame taikytas tarpueilių purenimas (K1) (20,7 proc.). Du kartus mažesnė ir esmingai mažiausia pasėlio apšvita ties dirvos paviršiumi nustatyta kontrolinio varianto laukelyje, kuriame taikytas mulčiavimas piktžolėmis (K2) (9,8 proc.). Esmingai didesnė pasėlio apšvita ties dirvos paviršiumi nustatyta ir laukelyje, kuriame kaip išėlis augintos lauko pupos (LUP) (17,9 proc.). Eksperimento metu pupų išėlis buvo retokas, nes dygimą apsunkino drėgmės trūkumas.

Išmatavus fotosintetiškai aktyvią radiaciją (FAR) ½ augalo aukštyje, esmingai mažiausia ji buvo varianto laukelyje su purpurinių dobilų išėliu (PUD) (29,1 proc.), o 1,7 karto didesnė ir esmingai didžiausia apšvita nustatyta kontrolinio varianto laukeliuose be išėlių, kuriuose taikytas tarpueilių purenimas (K1) (50,1 proc.).

**Kukurūzų lapų chlorofilo koncentracija.** Liepos mėnesį išmatavus chlorofilo koncentraciją kukurūzų lapuose, nustatyta, kad kontrolinis K1 laukelis esmingai skyrėsi nuo kitų variantų laukelių (617,1 μmol m<sup>-2</sup>) (2 pav.). Tuose laukeliuose, kuriuose buvo taikomas pasėlių įvairinimas, chlorofilo koncentracija kukurūzų lapuose svyravo nuo 440,1 iki 484,3 μmol m<sup>-2</sup>.



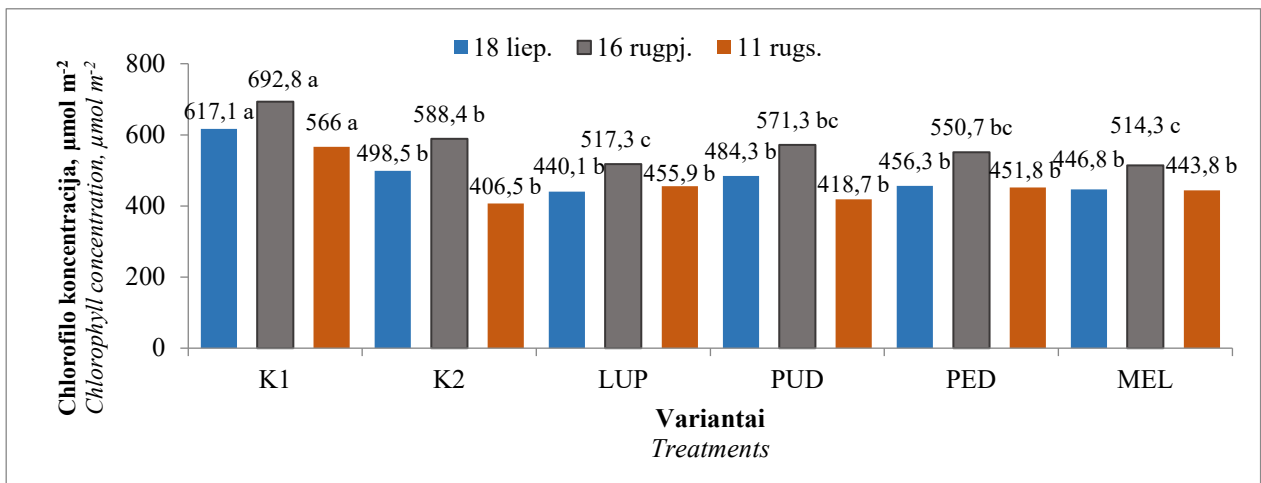
**1 pav.** Pasėlių įvairinimo poveikis kukurūzų apšvitos sąlygoms. VDU ŽŪA Bandymų stotis, 2023 m.

**Fig. 1.** Effects of crop diversification on maize irradiance conditions. VMU AA Experimental Station, 2023 m.

Pastaba. K1 – tarpueilių purenimas (kontrolė 1); K2 – tarpueilių mulčiavimas piktžolėmis (kontrolė 2); LUP – įsėtos lauko pupos; PUD – įsėti purpuriniai dobilai; PED – įsėti persiniai dobilai; MEL – įsėtos mėlynžiedės liucernos. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Note. K1 – inter-row loosening (control 1); K2 – inter-row cutting and mulching with weeds (control 2); LUP – faba bean; PUD – crimson clover; PED – persian clover; MEL – blue-flowered alfalfa. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c) are significant ( $P < 0.05$ ).

Rugpjūčio viduryje esmingai didžiausia chlorofilo koncentracija kukurūzų lapuose taip pat nustatyta K1 laukelyje ( $692,8 \mu\text{mol m}^{-2}$ ), o 1,3 karto mažesnė ir esmingai mažiausia chlorofilo koncentracija buvo lapuose kukurūzų, kurie auginti su mėlynžiedėmis liucernomis dėl didžiausios konkurencijos su kukurūzais (2 pav.).



**2 pav.** Chlorofilo koncentracija kukurūzų lapuose. VDU ŽŪA Bandymų stotis, 2023 m.

**Fig. 2.** Chlorophyll concentration in maize leaves. VMU AA Experimental Station, 2023 m.

Pastaba. K1 – tarpueilių purenimas (kontrolė 1); K2 – tarpueilių mulčiavimas piktžolėmis (kontrolė 2); LUP – įsėtos lauko pupos; PUD – įsėti purpuriniai dobilai; PED – įsėti persiniai dobilai; MEL – įsėtos mėlynžiedės liucernos. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

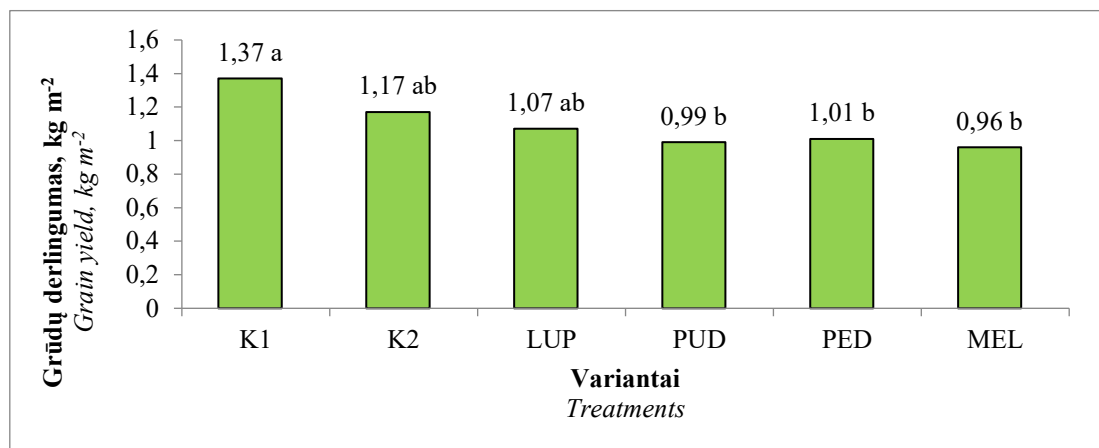
Note. K1 – inter-row loosening (control 1); K2 – inter-row cutting and mulching with weeds (control 2); LUP – faba bean; PUD – crimson clover; PED – persian clover; MEL – blue-flowered alfalfa. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c) are significant ( $P < 0.05$ ).

Augalų vegetacijos pabaigoje, rugsėjo 11 d., chlorofilo koncentracija kukurūzų lapuose svyravo nuo  $406,5$  iki  $566,0 \mu\text{mol m}^{-2}$  ir esmingai didžiausia buvo kontroliniame K1 varianto laukelyje, kuriame taikytas tarpueilių purenimas.

## Kukurūzų produktyvumo rodikliai

**Grūdų derlingumas.** Grūdų derlingumas svyravo nuo  $0,96$  iki  $1,37 \text{ kg m}^{-2}$  ir esmingai skyrėsi tarp variantų laukelių. Tyrimo rezultatai parodė, kad esmingai didžiausias grūdų derlingumas buvo kontroliniuose

variantų laukeliuose K1 ir K2, kuriuose tarpueiliai buvo purenami arba mulčiuojami piktžolėmis ( $1,37 \text{ kg m}^{-2}$ ) ( $1,17 \text{ kg m}^{-2}$ ) (3 pav.).



3 pav. Kukurūzų grūdų derlingumas. VDU ŽŪA Bandymų stotis, 2023 m.

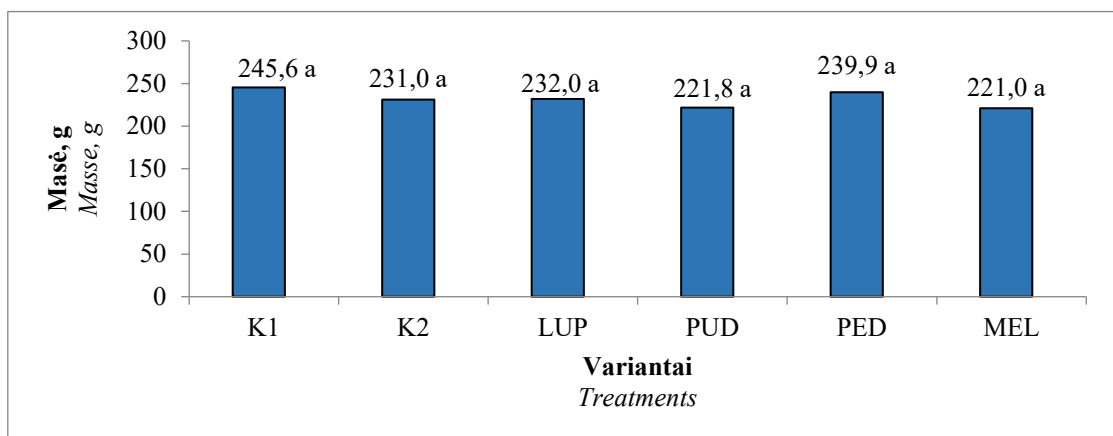
Fig. 3. Maize grain yield. VMU AA Experimental Station, 2023 m.

Pastaba. K1 – tarpueilių purenimas (kontrolė 1); K2 – tarpueilių mulčiavimas piktžolėmis (kontrolė 2); LUP – įsėtos lauko pupos; PUD – įsėti purpuriniai dobilai; PED – įsėti persiniai dobilai; MEL – įsėtos mėlynžiedės liucernos. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Note. K1 – inter-row loosening (control 1); K2 – inter-row cutting and mulching with weeds (control 2); LUP – faba bean; PUD – crimson clover; PED – persian clover; MEL – blue-flowered alfalfa. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c) are significant ( $P < 0.05$ ).

Laukeliuose su įsėliais kukurūzų grūdų derlingumas dažniausiai buvo esmingai mažesnis, palyginti su kontrolinių variantų laukeliais. 1,42 karto mažesniu ir esmingai mažiausiu kukurūzų grūdų derlingumu pasižymėjo kukurūzų pasėlis su mėlynžiedžių liucernų įsėliu ( $0,96 \text{ kg m}^{-2}$ ).

**1 000 grūdų masė.** 1 000 grūdų masė kito neesmingai nuo 221,0 iki 245,6 g. Nors ir neesmingai, didžiausia 1 000 grūdų masė nustatyta kontrolinio varianto laukeliuose K1, kuriuose taikytas tarpueilių purenimas ( $245,6 \text{ g}$ ) (4 pav.).



4 pav. Kukurūzų 1 000 grūdų masė. VDU ŽŪA Bandymų stotis, 2023 m.

Fig. 4. Mass of 1,000 grains of maize. VMU AA Experimental Station, 2023 m.

Pastaba. K1 – tarpueilių purenimas (kontrolė 1); K2 – tarpueilių mulčiavimas piktžolėmis (kontrolė 2); LUP – įsėtos lauko pupos; PUD – įsėti purpuriniai dobilai; PED – įsėti persiniai dobilai; MEL – įsėtos mėlynžiedės liucernos. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Note. K1 – inter-row loosening (control 1); K2 – inter-row cutting and mulching with weeds (control 2); LUP – faba bean; PUD – crimson clover; PED – persian clover; MEL – blue-flowered alfalfa. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c) are significant ( $P < 0.05$ ).

Neesmingai mažiausia 1 000 kukurūzų grūdų masė buvo tuose variantų laukeliuose, kuriuose kukurūzai buvo auginami su mėlynžiedžių liucernų įsėliais ( $221,0 \text{ g}$ ).

## Išvados

1. Kukurūzų pasėlių įvairinimas pupiniais įsėliais dažniausiai neigiamai veikė kukurūzų pasėlio vystymosi rodiklius. Esmingai didžiausia fotosintetiškai aktyvi radiacija (FAR) nustatyta kontrolinio varianto laukelyje (K1). Esmingai mažiausias kukurūzų lapų chlorofilo indeksas nustatytas jiems augant kartu su lauko pupomis ir mėlynžiedėmis liucernomis.
2. Laukeliuose su įsėliais kukurūzų grūdų derlingumas dažniausiai buvo esmingai mažesnis. 1 000 sėklų masė kito neesmingai, nors didžiausia ji buvo kontrolės (K1) laukeliuose augusių kukurūzų.

## Literatūra

1. Balandaitė, J. (2023). Augalų biologinės įvairovės įtaka daugianarių agrocenozių tvarumui, produktyvumui ir energetiniam efektyvumui: disertacija. Kauno r., Adakemija.
2. Bhattacharyya, S. S., Leite, F. F. G., France, C., Adekoya, A., Ros, G., Vries, W., Melchor-Martinez, E., Iqbal, H. and Parra-Saldivar, R. (2022). Soil carbon sequestration, greenhouse gas emissions, and water pollution under different tillage practices. *Science of the Total Environment*, 826, 154–161.
3. Eckert, E. and Kovalevska, O. (2021). Sustainability in the European Union: Analyzing the discourse of the European Green Deal. *Risk and Financial Management*, 14(2), 80.
4. Franco, J. G., King, S. R., Masabni, J. G. and Volder, A. (2015). Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, 1–10.
5. Gliessman, S. R. and Rosemeyer, M. (2010). *The conversion to sustainable agriculture: Principles, processes and practices*. University of California, USA. 352 p.
6. IUSS working group WRB (2014). *World Reference Base for Soil Resources*, 3rd ed.; *World Soil Resources Reports*, No. 106. FAO: Rome, Italy. Prieiga per internetą: <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>
7. Yadollahi, P., Abad, A. R. B., Khaje, M., Asgharipour, M. R. and Amiri, A. (2014). Effect of intercropping on weed control in sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(10), 683–686.
8. Jakienė, E., Liakas, V., Klimas, E. ir Bačkaitis, J. (2013). Energetinių žolinių ir sumedėjusių augalų auginimo technologijos. *Akademija*, Kauno r.: Aleksandro Stulginskio universiteto Leidybos centras, p. 42–49. Prieiga per internetą: <https://hdl.handle.net/20.500.12259/86227>
9. Jozinovic, A., Šubaric, D., Ačkar, D., Babic, J., Orkic, V., Guberc, S. and Miličević, B. (2021). Food industry by-products as raw materials in the production of value-added corn snack products. *Food*, 10(5), 946–955. <https://doi.org/10.3390/foods10050946>
10. Kumawat, G., Shahi, J. P. and Kumar, M. (2020). Assessment of genetic diversity of maize (*Zea mays* L.) hybrids under water logging condition. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 11(1), 252–258.
11. Lietuvos statistikos departamentas (2024). Prieiga per internetą: [https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=8fef6585-0d4a-4b9b-ae6a-3cc528a70adb#](https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=8fef6585-0d4a-4b9b-ae6a-3cc528a70adb#/)
12. Liu, X., Rahman, T., Song, C., et al. (2018). Relationships among light distribution, radiation use efficiency and land equivalent ratio in maize-soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, 224, 91–101.
13. Maitra, S., Hossain, A., Brestic, M., et al. (2021). Intercropping – a low input agricultural strategy for food and environmental security. *Agronomy Journal*, 11, 343.
14. Pain, S. (2015). A potted history. *Nature*, 525, 10–11.
15. Ranum, P., Pena-Rosas, J. P. and Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>
16. Streit, J. (2018). *Biomass, root distribution and overyielding potential of faba bean/wheat and white clover/ryegrass mixtures: Dissertation*. Georg-August-Universität Göttingen, pp. 27–29.
17. Streit, J., Meinen, C., Nelson, W. C. D. and Rauber, R. (2019). Above- and belowground biomass in a mixed cropping system with eight novel winter faba bean genotypes and winter wheat using FTIR spectroscopy for root species discrimination. *Plant and Soil*, 36, 141–158.
18. Tarakanovas, P. ir Raudonius, S. (2003). *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas, 57 p.



**Martynas Jonikas, Austėja Švereikaitė, Rasa Kimbirauskienė, Aušra Sinkevičienė, Jovita Balandaitė, Kęstutis Romaneckas**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Effects of Bean Family Interruptions on Maize Development and Productivity**

The research was carried out in 2023 at the VMU AA Experimental Station. The soil of the experimental field is deeper clayey saturated soil (Endohypogleyic-Eutric Planosol-Ple-gln-w). The methods of crop diversification are investigated: 1. Inter-row loosening (control 1, K1); 2. Inter-row cutting and mulching with weeds (control 2, K2); 3. Faba bean (LUP); 4. Crimson clover (PUD); 5. Persian clover (PED); 6. Blue-flowered alfalfa (MEL). Results of work: the diversification of maize crops with bean intercrops usually had a negative effect on the development indicators of maize crops. Significantly the highest photosynthetically active radiation (FAR) was found in the field of the control variant (K1). The significantly lowest chlorophyll index of maize leaves was found when they were grown together with faba bean and blue-flowered alfalfa. Significantly the longest maize cobs were the control in the K1 fields with inter-row loosening. Grain yield was usually significantly lower in the plots with intercrops. The weight of 1,000 seeds varied insignificantly, although it was the highest in maize growing in the control (K1) fields. In the control plots K1 and K2, the green and dried biomass of maize cobs differed significantly from the other variants, which was influenced by less competition between plants. Among the various crops, maize grown with persian clover was characterized by a higher dried biomass of stems and leaves.

Maize crop diversification, crop irradiation conditions, leaves chlorophyll concentration, crop productivity.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Martynas JONIKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros studentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: martynas.jonikas@stud.vdu.lt

Martynas JONIKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, student. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: martynas.jonikas@stud.vdu.lt

Austėja ŠVEREIKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros doktorantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: austėja.svereikaite@stud.vdu.lt

Austėja ŠVEREIKAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, doctoral candidate. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: austėja.svereikaite@stud.vdu.lt

Rasa KIMBIRAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros lektorė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: rasa.kimbirauskiene@vdu.lt

Rasa KIMBIRAUSKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, lecturer. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: rasa.kimbirauskiene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Jovita BALANDAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros doktorantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: jovita.balandaite@vdu.lt

Jovita BALANDAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, doctoral candidate. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: jovita.balandaite@vdu.lt

Kęstutis ROMANECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: kestutis.romaneckas@vdu.lt

Kęstutis ROMANECKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: kestutis.romaneckas@vdu.lt

# FENOLOGINIŲ INDIKATORIŲ FENOFAZIŲ IR VĒLYVŪJŲ ŠALNŲ PAVASARĮ SUSIDARYMO DĒSNINGUMAI LIETUVOJE

Danuta Romanovskaja, Eugenija Bakšienė

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialas

Vegetacijos sezono pradžioje Lietuvos teritorijoje kartojasi šalnos, kurių susidarymas sutampa su kai kurių laukinių augalų vystymosi fazėmis. Didesnę riziką ir žalą dėl vėlyvųjų šalnų patiria daugumos augalų daigai ir žiedai, neprisitaikę prie minusinės temperatūros. Žinios apie šių fenologinių reiškinių dėsningumus padėtų parinkti optimalius augalų sėjos terminus. Tyrimų tikslas – nustatyti pavasario sezono fenologinių reiškinių, kurie yra žemės ūkio, sodo ir daržo augalų sėjos laiko augalai indikatoriai (*Tussilago farfara* L., *Salix caprea* L., *Padus avium* Mill., *Syringa vulgaris* L., *Secale cereale* L.), fenologinių fazių ir paskutinės pavasarinės šalnos ant dirvos paviršiaus susidarymo datų pokyčius 1991–2020 m. laikotarpiu. Tyrimai atlikti LAMMC ŽI Vokės filiale, panaudojus 1991–2020 m. fenologinių stebėjimų, registruotų Trakų Vokėje, Akademijoje, Joniškėlyje, Šilutėje ir Keturvalakiuose, duomenis. Nustatyta, kad dėl klimato kaitos 2011–2020 m. laikotarpiu tirtų augalų indikatorių vidutinės fenofazių pasireiškimo datos tapo ankstesnės 1–3 d., o paskutinės šalnos pavasarį susidarymo – 8 d., palyginti su vidutinėmis daugiametėmis. 1991–2020 m. laikotarpiu paskutinės šalnos pavasarį susidarymo data sutapo su paprastųjų alyvų žydėjimo data. Pastarąjį dešimtmetį vėlyvųjų šalnų rizika buvo mažesnė.

Fenofazė, augalai, klimato kaita, šalnos.

## Įvadas

Labai svarbus veiksnys, kuris apriboja žemės ūkio augalų (daugiausia daržovių) sėjos laiką, yra pavasarinės šalnos, kai dirvos paviršiuje būna  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ir daugiau šalčio (Svetika ir kt., 1969). Šalnos dažniausiai būna ne vienkartinės. Tokios šalnos nepalankiai veikia jaunus daržovių daigus. Ypač smarkiai nukenčia arba žūva lepiosios daržovės, kurioms augti reikia šiltos dirvos ir šilto oro. Pastebėta, kad Lietuvoje šalnos susidaro tam tikra tvarka, kuri atitinka kai kurių laukinių augalų (ankstyvųjų šalpusnių, paprastųjų ievų, paprastųjų alyvų) vystymosi fazes.

Potencialiai daugumai augalų kenkia vėlyvosios šalnos. Tikimasi, kad, esant aukštesnei minimaliai temperatūrai, pavasarį fenologinių fazių ir vėlyvųjų šalnų susidarymo datos ankstės. Tyrimais nustatyta, kad centrinėje Europos dalyje 1951–1997 m. laikotarpiu vėlyvųjų pavasario šalnų susidarymas ankstėjo po  $-0,2$  dienos per metus, tačiau fenologinių fazių datų ankstėjimas buvo nuo  $-0,2$  dienos per metus iki  $0,0$  dienos per metus. Anksčiausiai prasidedančios fenofazės labiau prisitaikysios prie minusinės temperatūros, todėl atlaiko temperatūros svyravimus. Didesnę žalą dėl vėlyvųjų šalnų patiria vėliau prasidedančios fenofazės. Kadangi augalai reaguoja į aukštesnę temperatūrą, jų fenofazės prasideda anksčiau, tačiau anksčiau susidaro ir paskutinės šalčio bangos. Taip pat teigiama, kad vėlyvųjų šalnų keliama rizika ir žala augalams buvo mažesnė pastarąjį dešimtmetį, palyginti su ankstesniais (Scheifinger et al., 2003).

Vėlyvosios šalnos pavasarį pavojingos net lapuočiams medžiams, nes augalai turi su jomis susidoroti, kad optimizuotų savo vegetacijos laikotarpio trukmę (Menzel et al., 2015). Augalų atsparumas šalnomis priklauso nuo jų vegetacijos eigos. Šalnų poveikis gali būti skirtingas, esant fenologinių fazių skirtumams, todėl gali nevienodai pašalti ir žalos laipsnis skirsis. Be to, augalų individualus jautrumas priklauso ne tik nuo ontogenezės, bet ir nuo kritulių trūkumo (Čehulić et al., 2019). Klimato pokyčiai paskatina pumpurus anksčiau išsprogti ir galimai kelia didelę riziką dėl šalčių daromos žalos generatyviniams organams (Augsburger, 2009). Nustatyta, kad vėlyvųjų šalnų laikotarpiu šalnos labiau pažeidžia žiedus, o ne žiedpumpurius ar užsimezgius vaisius. Pastebėta, kad net kritulių trūkumas turi įtakos augalų jautrumui vėlyvosios pavasario šalnomis ir tiesiogiai siejasi su fenologinėmis fazėmis (Čehulić et al., 2019). Priklausomai nuo metų, dėl sausros augalų pumpurai pradėjo sprogti nuo  $0,1$  iki  $6,3$  dienos vėliau, tačiau dėl sausros padidėjo ir augalų jautrumas šalčiui (pažeistų augalų skaičius išaugo nuo  $3$  iki  $78\%$ ).

Žemės ūkyje ypač svarbu numatyti ir planuoti optimalius darbų terminus. Ne laiku pasėti ar pasodinti įvairūs žemės ūkio augalai nukenčia nuo vėlyvųjų šalnų. Todėl fenologinių reiškinių stebėjimai ir žinios apie šių reiškinių dėsningumus ypač reikšmingi siekiant parinkti tinkamą sėjos laiką.

Tyrimų tikslas – nustatyti pavasario sezono fenologinių reiškinių, kurie yra įvairių žemės ūkio, sodo ir daržo augalų sėjos fenologiniai indikatoriai, fenofazių ir paskutinės pavasarinės šalnos ant dirvos paviršiaus susidarymo datų pokyčius 1991–2020 m. laikotarpiu.

## Tyrimų metodika

Tyrimams panaudoti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo fenologinių stebėjimų, atliktų 1991–2020 m. laikotarpiu Lietuvoje, archyviniai duomenys. Fenologinių reiškinių: ankstyvųjų šalpusnių (*Tussilago fanfara* L.), blindžių (*Salix caprea* L.), paprastųjų alyvų (*Syringa vulgaris* L.), žieminių rugių (*Secale cereale* L.) žydėjimo pradžios (BBCH61), paprastųjų ievų (*Padus avium* Mill.) sužaliavimo (BBCH53) ir žydėjimo pradžios (BBCH61) ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datos buvo registruotos 5 vietovėse: Trakų Vokėje (54°63'N, 25°10'E), Akademijoje (55°40'N, 23°87'E), Šilutėje (55°35'N, 21°48'E), Joniškėlyje (56°03'N, 24°17'E) ir Keturvalakiuose (54°55'N, 23°15'E).

Fenologiniai stebėjimai kiekvienoje vietovėje buvo atliekami tipingame pagal tos vietovės reljefą, dirvožemį ir augaliją 3–4 km skersmens plote (parke, miške arba netoli sodybos, kur augalai auga normaliomis sąlygomis). Anksti pavasarį stebėjimai buvo atliekami kasdien, vėliau – kas antrą dieną. Fenofazės pradžia fiksuojama, kai aprašytą vystymosi tarpsnį pasiekia 10 proc. augalo pumpurų arba žiedų. Šalnos susidarymo data registruojama, kai pastebima šalna dirvos paviršiuje.

Tyrimams atlikti panaudota 1 050 vnt. fenologinių reiškinių datų, kurios buvo transformuotos į dienų skaičių nuo metų pradžios. Atliekant fenofazių datų kokybinį įvertinimą palygintas kiekvienų stebėjimų metų duomenų sinchroniškumas. Tad į skaičiavimus nebuvo įtraukti fenologiniai duomenys, besiskiriantys nuo artimiausių stočių duomenų dydžiu, didesniu nei 1 mėnesio trukmė.

Statistinis duomenų ir jų patikimumo įvertinimas atliktas fenologiniams tyrimams rekomenduojamais metodais (Kulienė ir kt., 1990; Romanovskaja ir kt., 2009). Fenologiniai duomenys statistiškai įvertinti apskaičiuojant vidutinę standartinę paklaidą ( $\pm Sx$ ), variacijos koeficientą ( $V$ , %), o fenofazių pasireiškimo datų kasmetiniai pokyčiai (dienomis per metus) apskaičiuoti regresijos metodu, panaudojant programos „Excel“ paketą.

## Rezultatai ir aptarimas

Žemės ūkyje kai kurių fenologinių reiškinių pradžia žymi įvairių darbų atlikimo optimalius terminus. Tai svarbu žemės ūkio augalų sėjos laikui, tręšimui, augalų apsaugos priemonių ir kitų agrotechnikos priemonių panaudojimui. Daugumos sezoninių darbų optimalūs terminai parenkami pagal gamtos (fenologinį) kalendorių, kurio pagrindas yra augalų indikatorių fenofazių pasireiškimo datos. Ankstyvųjų šalpusnių žydėjimo pradžios data yra tinkamas indikatorius parenkant laiką, kada sėti augalus, kuriems sudygti pakanka mažesnio šilumos kiekio, bet reikia daugiau drėgmės: morkas, žirnius, ridikėlius, lubinus, avižas. Augalų fenofazių pasireiškimo datos per pastaruosius 50 metų pasikeitė. Didelis ankstėjimo mastas Baltijos šalyse nustatytas ankstyvojo pavasario laikotarpiu pasireiškiančių fenofazių datų nuo 1990 m. atvejais (Kalvane et al., 2009). Ankstyvieji šalpusniai taip pat pradeda žydėti ankstyvojo pavasario laikotarpiu, tačiau, šiam pradėjus žydėti, būna išėjęs pašalas ir vidutinė oro temperatūra perėjusi 5 °C ribą, o dirvožemis įšilęs iki +6,0 – +7,9 °C (Kulienė ir kt., 1990). Ankstyvieji šalpusniai Lietuvoje pradeda žydėti vidutiniškai balandžio 2 d., tačiau, palyginti su daugiamete data, praėjusį dešimtmetį vidutinė data paankstėjo 3 d. (1 lentelė).

Toks pat vidutinių datų paankstėjimas (-3 d.) praėjusį dešimtmetį nustatytas blindžių žydėjimo, paprastųjų ievų sužaliavimo ir žieminių rugių žydėjimo fenofazių datų atvejais. Mažesniais fenofazių pasireiškimo datų pokyčiais pasižymėjo augalai indikatoriai, kurie žydėjo gegužės mėnesį (paprastosios ievos ir paprastosios alyvos). Blindžių ir paprastųjų ievų fenofazės prasideda tikrojo pavasario laikotarpiu, kuris sutampa su daugelio laukinės, žemės ūkio ir sodo augalijos vegetacijos pradžia. Šiuo pavasario laikotarpiu vidutinė paros oro temperatūra būna aukštesnė kaip 5 °C. Palyginti su ankstyvojo pavasario laikotarpio sąlygomis, tikrojo pavasario laikotarpiu dirvožemio paviršius ir prie jo esantis oro sluoksnis intensyviai šyla: dirvožemio paviršius įšyla iki +11,9 – +13,8 °C, oro temperatūra padidėja vidutiniškai 4,5 °C (nuo +5,8 iki +10,3 °C) (Kulienė ir kt., 1990). Tikrojo pavasario laikotarpiu išbrinksta vaismedžių (obelų, vyšnių) pumpurai ir pradeda žydėti vaiskrūmiai (agrstai). Sužaliavus ievoms, sodinamos šalnoms, kurių dažnai pasitaiko, atsparesnės daržovės (ankstyvosios bulvės, burokėliai, pupos). Paprastųjų ievų žydėjimo laikotarpiu šalnų tikimybė mažėja, todėl sodinami daugumos daržovių daigai. Vėlyvasis pavasario laikotarpis prasideda pražydu vyšnioms, obelims, kaštonams. Šiuo laikotarpiu išplaukėja žieminiai rugiai, žydi paprastosios alyvos. Vidutinė paros temperatūra būna aukštesnė kaip 10 °C. Pavojingiausias yra vėlyvosios šalnos, kurios atitinka paprastųjų alyvų žydėjimo laiką. Jos susidaro po šiltų orų laikotarpio, kai dienomis oro temperatūra pakyla iki 25 °C, o vidutinė temperatūra tuo metu būna 15 °C. Šalnų susidaro, kai iš šiaurinių regionų atslenka šaltų oro masių, kurios sukelia stiprius šiaurės vėjus ir staigų atšalimą. Šalnų gali ir nebūti, nes oro masės, slinkdamos iš šiaurės iki mūsų platumų, palaiptinai įšyla. Bet pasitaiko metų, kai sniegas nebūna ištirpęs dideleje Šiaurės Europos dalyje, arktinio oro masės veržiasi taip greitai, kad nespėja sušilti. Dirvos paviršiuje šalna gali būti iki -1 °C ir -2 °C. Šios šalnos Lietuvos teritorijoje gali pasireikšti nuo paprastųjų alyvų iki žieminių rugių žydėjimo.

Šilumą mėgstančias daržoves – pomidorus, agurkus, moliūgus, pupeles – be rizikos galima sėti ir sodinti, pradėjus žydėti žieminiams rugiams.

**1 lentelė.** Augalų indikatorių fenofazių ir paskutinės šalnos pavasarį vidutinės datos Lietuvoje

**Table 1.** Average dates of the plant indicator phenophases and last spring frosts in Lithuania

Fenologiniai reiškiniai <i>Phenological phenomena</i>	Vidutinės datos <i>Average dates</i>	
	1991–2020 m. / year	2011–2020 m. / year
Ankstyvieji šalpusniai (BBCH61) <i>Coltsfoot (BBCH61)</i>	<u>04 02±1,6*</u> 9,4**	<u>03 30±3,6</u> 12,7
Blindės (BBCH61) <i>Goat willow (BBCH61)</i>	<u>04 08±1,5</u> 8,6	<u>04 05±3,5</u> 11,7
Paprastosios ievos (BBCH53) <i>Bird cherry (BBCH53)</i>	<u>04 21±1,1</u> 5,4	<u>04 19±2,0</u> 5,9
Paprastosios ievos (BBCH61) <i>Bird cherry (BBCH61)</i>	<u>05 04±1,0</u> 4,6	<u>05 02±1,6</u> 4,2
Paprastosios alyvos (BBCH61) <i>Common lilac (BBCH61)</i>	<u>05 14±1,1</u> 4,3	<u>05 13±1,4</u> 3,2
Žieminiai rugiai (BBCH61) <i>Winter rey (BBCH61)</i>	<u>06 06±1,2</u> 4,1	<u>06 03±1,3</u> 2,8
Paskutinė šalna pavasarį <i>The last frost in spring</i>	<u>05 14±1,8</u> 7,2	<u>05 06±2,3</u> 5,7

Pastaba. \* – skaitiklyje paklaida±Sx, \*\* – vardiklyje variacijos koeficientas V, %.

Note. \* – error in the numerator±Sx, \*\* – in the denominator the coefficient of variation V, %.

Pražyodus darželiniams jazminams ir žieminiams rugiams, prasideda fenologinės vasaros sezonas. Vidutinė paros oro temperatūra pakyla iki 15 °C (Kulienė, 1983). Žieminių rugių žydėjimo Lietuvoje daugiamečių data buvo birželio 6 d., o šios fenofazės pasireiškimas sutampa su vasaros sezono pradžia. Tirtu fenologinio reiškinio paskutinės šalnos pavasarį susidarymo vidutinė data Lietuvoje pagal daugiamečius (1991–2020 m. laikotarpio) vidutinius duomenis buvo gegužės 14 d. (1 lentelė). Pažymėtina, kad šio fenologinio reiškinio pasireiškimo kasmetinės vidutinės datos Lietuvos teritorijoje skyrėsi, palyginti su daugiamečių vidutine. 30-ties metų laikotarpiu paskutinės šalnos pavasarį susidarymo data dažniausiai buvo vėlesnė nei gegužės 14 d. Atvejų, kai paskutinės šalnos pavasarį susidarė anksčiau, 1991–2010 m. laikotarpiu buvo tik 5. Nustatyta, kad per praėjusius 10 metų beveik visos paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datos buvo ankstesnės nei daugiamečių, o vidutinė per dešimtmetį paankstėjo daugiau nei savaite – net 8 d. (1 lentelė).

Gamtoje visi fenologiniai reiškiniai dažniausiai vyksta sinchroniškai. Esant nedidelei tarpfazinei trukmei tarp fenologinių reiškinų pasireiškimo datų nustatyti koreliaciniai ryšiai dauguma atvejų buvo stiprūs ( $r > 0,70$ ) (Kulienė, 1983). Buvo apskaičiuota ir įvertinta, kaip kito tarpfazinė trukmė tarp augalų indikatorių fenofazių pasireiškimo datų ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų. Pažymėtina, kad nors visų tirtų fenologinių reiškinų pasireiškimo datos ankstėjo, tarpfazinė trukmė tarp atskirų fenofazių datų ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų taip pat parodė, kad kitimas vyko tarpfazinės trukmės trumpėjimo linkme. Praėjusį dešimtmetį vidutinė tarpfazinė trukmė tarp ankstyvųjų šalpusnių žydėjimo pradžios datos ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datos skyrėsi 3 d., tarp kitų fenologinių reiškinų (ievų sužaliavimo, paprastųjų alyvų ir žieminių rugių žydėjimo) fenofazių pasireiškimo datų skirtumas buvo 1–2 d. (2 lentelė).

Vidutinė tarpfazinė trukmė tarp blindžių bei paprastųjų ievų žydėjimo ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų, palyginti su tarpfazine trukme, kuri atitinka vidutinę daugiamečių (30-ties metų laikotarpio), pastarąjį dešimtmetį tapo trumpesnė 5–7 dienomis (2 lentelė). Tarp paprastųjų alyvų, žieminių rugių žydėjimo pradžios datų ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų tarpfazinė trukmė, priešingai, ilgėjo. Palyginti su paprastųjų alyvų fenofazės pasireiškimo data, įgavo neigiamą ženklą. Tai rodo, kad paskutinės šalnos pavasarį susidarymo vidutinė data 2011–2020 m. laikotarpiu buvo ankstesnė nei paprastųjų alyvų žydėjimo data. Pažymėtina, kad, remiantis daugiamečiais vidutiniais duomenimis, šių reiškinų pasireiškimo datos sutapo (tarpfazinė trukmė = 0). Pažymėtina, kad žieminių rugių žydėjimas visais tirtais laikotarpiais buvo vėlesnis (tarpfazinė trukmė su minuso ženklu) už paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datas 21–28 dienomis.

**2 lentelė.** Tarpfazinė trukmė (dienomis) ir koreliacijos koeficientai ( $r$ ) tarp augalų indikatorių fenofazių ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų Lietuvoje

**Table 2.** Interphase duration (in days) and correlation coefficients ( $r$ ) between the phenophases of plant indicators and the dates of the last frosts in spring in Lithuania

Fenologinių reiškinių poros <i>Pairs of phenological phenomena</i>	Metai <i>Year</i>	Dienos <i>Days</i>	$r$ $r$
Ankstyvieji šalpusniai (BBCH61) – paskutinė šalna pavasarį <i>Coltsfoot (BBCH61) – the last frost in spring</i>	1991–2020	42	-0,30
	2011–2020	37	<b>-0,72</b>
Blindės (BBCH61) – paskutinė šalna pavasarį <i>Goat willow (BBCH61) – the last frost in spring</i>	1991–2020	36	-0,25
	2011–2020	31	<b>-0,63</b>
Paprastosios ievos (BBCH53) – paskutinė šalna pavasarį <i>Bird cherry (BBCH53) – the last frost in spring</i>	1991–2020	23	0,06
	2011–2020	18	<b>-0,77</b>
Paprastosios ievos (BBCH61) – paskutinė šalna pavasarį <i>Bird cherry (BBCH61) – the last frost in spring</i>	1991–2020	11	0,03
	2011–2020	4	-0,21
Paprastosios alyvos (BBCH61) – paskutinė šalna pavasarį <i>Common lilac (BBCH61) – the last frost in spring</i>	1991–2020	0	0,23
	2011–2020	-7	0,30
Žieminiai rugiai (BBCH61) – paskutinė šalna pavasarį <i>Winter rey (BBCH61) – the last frost in spring</i>	1991–2020	-23	<b>0,46</b>
	2011–2020	-28	0,07

Pastaba. Statistiškai reikšmingi koeficientai ( $p < 0,05$ ) pajuodinti.  
Note. Significant values ( $p < 0.05$ ) are in bold.

Buvo įvertinta, koks yra ryšys tarp augalų fenofazių pasireiškimo datų ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų (2 lentelė). Remiantis laikotarpio, atitinkančio standartinę klimato normą (1991–2020 m.), duomenimis, koreliacijos tarp paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų ir ankstyvųjų šalpusnių bei blindžių žydėjimo datų koeficientai buvo neigiami, silpni ir statistiškai nepatikimi. Tačiau, įvertinus daigianarės koreliacijos rezultatus, pastebėta, kad paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datos ankstėjo, kai ankstyvieji šalpusniai žydėjo vėliau nei 90 d. nuo metų pradžios, t. y. vėliau nei balandžio 1 d. Analogiški dėsningumai pastebėti ir tarp paskutinės šalnos pavasarį susidarymo ir blindžių žydėjimo pradžios pasireiškimo datų. Šiuo atveju paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datos ankstėjo, jei blindžių žydėjimas prasidėjo po balandžio 10 d. Praėjusį dešimtmetį beveik visų tirtų fenologinių reiškinių datų, išskyrus paprastųjų alyvų ir žieminių rugių žydėjimo, koreliaciniai ryšiai su paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datomis buvo neigiami. Be to, šį dešimtmetį buvo nustatyti stiprūs ir statistiškai patikimi koreliaciniai ryšiai su ankstyvųjų šalpusnių žydėjimo, blindžių žydėjimo ir paprastųjų ievų sužaliavimo datomis ( $r = -0,63^* - -0,77^{**}$ ) (2 lentelė). Tyrimų rezultatai rodo, kad kuo vėliau šį dešimtmetį žydėjo ankstyvieji šalpusniai, blindės ar sužaliavo paprastosios ievos, tuo ankstesnės buvo paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datos. Pastarąjį dešimtmetį koreliacinio ryšio tarp žieminių rugių žydėjimo datų ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų nenustatyta.

Pažymėtina, kad paprastųjų alyvų žydėjimo pradžios ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo vidutinės daigiametės datos sutapo, tačiau tarp šių fenologinių reiškinių pasireiškimo datų koreliacinis ryšys ( $r = 0,23$ ) buvo silpnas ir statistiškai nepatikimas (2 lentelė).

## Išvados

1. Praėjusį dešimtmetį Lietuvoje žemės ūkio, sodo ir daržo augalų sėjos laiko augalų indikatorių vidutinės fenofazių pasireiškimo datos tapo ankstesnės 1–3 d., palyginti su vidutinėmis daigiametėmis.
2. Paskutinės šalnos pavasarį susidarymo vidutinė daigiametė data Lietuvoje buvo gegužės 14 d. 2011–2020 m. laikotarpiu paskutinės šalnos pavasarį susidarymo vidutinė data paankstėjo 8 d. (05 06).
3. Tarpfazinė trukmė tarp ankstyvųjų šalpusnių, blindžių, paprastųjų ievų fenofazių pasireiškimo ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo datų, palyginti su vidutine daigiamete, pastarąjį dešimtmetį sutrumpėjo 5–7 d. Stiprūs ir statistiškai patikimi koreliaciniai ryšiai ( $r = -0,63^* - -0,77^{**}$ ) rodo, kad vėlyvųjų šalnų pavojus mažiau tikėtinas tuomet, kai šių augalų fenofazių pasireiškimas vėluoja.
4. Paprastųjų alyvų žydėjimo pradžios ir paskutinės šalnos pavasarį susidarymo vidutinės daigiametės datos sutapo, tačiau pastarąjį dešimtmetį vėlyvosios šalnos pavasarį susidarė 7 d. anksčiau, nei pražydo paprastosios alyvos. Nustatyti koreliacijos koeficientai ( $r = 0,23$  iki  $0,30$ ) parodė silpną ir statistiškai nepatikimą koreliacinį ryšį tarp šių fenologinių reiškinių pasireiškimo datų.

## Literatūra

1. Augspurger, C. K. (2009). Spring 2007 warmth and frost: Phenology, damage and refoliation in a temperate deciduous forest. *Functional Ecology*, 23, 1031–1039.
2. Čehulić, I., Sever, K., Katičić Bogdan, I., Jazbec, A., Škvorc, Ž. and Bogdan, S. (2019). Drought impact on leaf phenology and spring frost susceptibility in a *Quercus robur* L. provenance Trial. *Forests*, 10, 50.
3. Kalvane, G., Romanovskaja, D., Briede, A. and Bakšienė E. (2009). Influence of climate change on phenological phases in Latvia and Lithuania. *Climate Research*, 39(3), 209–219.
4. Kulienė, L. (1983). Taikomoji fenologija Lietuvoje. Vilnius: Mokslas. 115 p.
5. Kulienė, L. ir Tomkus, J. (1990). Bendroji fenologija. Vilnius. 160 p.
6. Menzel, A., Helm, R. and Zang, C. (2015). Patterns of late spring frost leaf damage and recovery in a European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in south-eastern Germany based on repeated digital photographs. *Frontiers in Plant Science*, 6 (110), 1–13.
7. Romanovskaja, D., Kalvane, G., Briede, A. and Bakšienė, E. (2009). Influence of the climate warming on the changes of the length of phenological seasons in Lithuania and Latvia. *Žemdirbystė-Agriculture*, 96(4), 150–164.
8. Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E. and Peter Ch. (2003). Trends of spring time frost events and phenological dates in Central Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 74, 41–51.
9. Svetika, P., Eidžiūnas, J. ir Baranauskienė, M. (1969). *Daržininkystė*. 353 p.

### Danuta Romanovskaja, Eugenija Bakšienė

Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Lithuania

#### Phenological Indicators Phenophase and Regulars of Formation of Late Frosts in Spring in Lithuania

At the beginning of the vegetation season, repeated frosts occur on the territory of Lithuania, the occurrence of which coincides with the development phases of some wild plants. Seedlings and flowers of the most plants that are not adapted to sub-zero air temperatures experience greater risk and damage from late frosts. Knowing the regularities of these phenological phenomena would help to choose optimal terms for sowing plants. The purpose of the research: to determine the phenological phenomena of the spring season, which are indicators of the sowing time of agricultural, garden and vegetable crops (*Tussilago farfara* L., *Salix caprea* L., *Padus avium* Mill., *Syringa vulgaris* L., *Secale cereale* L.), changes in phases and dates of the last spring frost on the soil surface in 1991–2020 period. The research was carried out at the Voke Branch of Institute of Agriculture of of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, using the 1991–2020 data of phenological observations registered in Trakų Vokė, Akademija, Joniškėlis, Šilutė and Keturvalakiai. It was established that due to climate change during the period in 2011–2020, the average dates of occurrence of the phenophases of the studied plant indicators became 1–3 days earlier, and the last frost in the spring – the 8th day compared to average perennials. In the period of 1991–2020 the date of the last frosts in the spring coincided with the flowering date of the common lilac. In the last decade, the risk of late frosts was lower.

Phenophase, plants, climate change, frosts.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Danuta ROMANOVSKAJA. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo biomedicinos mokslų daktarė, vyresnioji mokslo darbuotoja. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. +370 52 645439, el. paštas: danuta.romanovskaja@lammc.lt

Danuta ROMANOVSKAJA. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of biomedicine sciences, senior researcher. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Phone: +370 52 645439, e-mail: danuta.romanovskaja@lammc.lt

Eugenija BAKŠIENĖ. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Vokės filialo žemės ūkio mokslų daktarė (HP), vyriausioji mokslo darbuotoja. Adresas: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Tel. +370 52 645439, el. paštas: eugenija.baksiene@lammc.lt

Eugenija BAKŠIENĖ. Voke Branch of Institute of Agriculture of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, doctor of agricultural sciences (HP), chief researcher. Address: Žalioji a. 2, LT-02232 Vilnius. Phone: +370 52 645439, e-mail: eugenija.baksiene@lammc.lt

# HOLISTINIŲ TYRIMŲ METODŲ TAIKYMAS NACIONALINĖS KOKYBĖS KOPŪSTŲ KOKYBĖS TYRIMUOSE

Laura Kuprytė, Daiva Šileikienė, Laima Česonienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Žemės ūkio sektorius laikomas ne tik vienu svarbiausių ekonomikos sektorių, bet ir vienu didžiausių teršėjų: pagal išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekį pastarąjį lenkia tik energetikos ir transporto sektoriai. Pavyzdžiui, remiantis 2022 m. Nacionalinės ŠESD apskaitos ataskaitos duomenimis, 2020 m. Lietuvos žemės ūkio sektoriuje susidarė 22 proc. visų išmestų ŠESD kiekio, o didžiausią jų dalį sudaro azoto suboksidas. Žemės ūkio sektoriuje išmetamųjų ŠESD mažinimo priemonės skatina ne tik ilgalaikės strategijos, kuriomis siekiama išlaikyti ekologinę pusiausvyrą, bet ir pačių ūkininkų iniciatyvos. Vienas iš sprendimo būdų – aplinkai palankių technologijų taikymas žemės ūkio gamyboje. Didėjantis susirūpinimas dėl klimato kaitos ir išteklių praeikimo hipotezės egzistavimas keliose daug išteklių turinčiose šalyse pabrėžia aplinkai palankių technologijų taikymo svarbą. Tokių technologijų plėtotės skatinimas žemės ūkyje yra labai svarbus sprendžiant aplinkos problemas, įgyvendinant tvarų vystymąsi ir kuriant tvarią ateitį.

Nacionalinė maisto kokybės sistema, valgomieji kopūstai.

## Įvadas

Europos žaliasis kursas yra politikos iniciatyvų rinkinys, įskaitant žemės ūkio sritį, kuriuo siekiama padėti ES vykdyti žaliąją pertvarką, o galutinis tikslas – iki 2050 m. užtikrinti poveikio klimatui neutralumą (EK politikos kryptys, 2024). Vienas iš uždavinių – diegti inovatyvias technologijas, plėtoti tvarų ūkininkavimą, didinti pridėtinę vertę visose žemės ūkio šakose (SaberiKamarposhti et al., 2024).

Maisto saugos klausimas tapo itin svarbia visuomenės sveikatos problema visame pasaulyje (Tao, Chao, 2024). Vienas iš būdų prisidėti prie aplinkai palankių technologijų – nacionalinės maisto sistemos produktų žymėjimas vienu iš NKP ženklų, o tai reikštų, kad produkto gamybos procesas yra patikrintas sertifikavimo institucijos. Tik sertifikuoti gaminiai gali būti ženklinami šiais ženklais. NKP – tai produktai, kurie pasižymi natūralumu, maistingumu ir aplinkos tausojimo aspektais. Visame pasaulyje ieškoma alternatyvių metodų, kaip pagerinti dirvožemio būklę (Kim et al., 2024). Norėdami užauginti sveiką derlių ir sukurti sveiką aplinką, ūkininkai turi taikyti įvairias aplinkos taršą mažinančias technologijas (Nurhidayati et al., 2016). Šių produktų gamybos procese ribojamas mineralinių trąšų, pesticidų, vaistų kiekis, jų naudojimo dažnumas ir laikas, įgyvendinami paukščių auginimo be antibiotikų reikalavimai. Auginant augalus naudojamas tik minimalus trąšų kiekis, būtinas visavertei vegetacijai, apskaičiuotas pagal dirvos tyrimo rezultatus ir maisto medžiagų balansą. Perdirbant tokius produktus nenaudojami sintetiniai maisto priedai (konservantai, saldikliai, aromato ir skonio stiprikliai, dažikliai). Saugus maisto tiekimas visuomenei yra vienas iš pagrindinių šiuolaikinio pasaulio iššūkių.

Pastaraisiais metais apsirūpinimo maistu ir klimato kaitos sankirta tapo itin svarbia problema, ypač žemės ūkio srityje (Malmir, Eicker, 2024). NKP produktai yra šviežesni, nes pateikiami vartotojui per trumpesnę, nei įprasta tos kategorijos produktams, laikotarpį. Taikomi ekstensyvūs auginimo, gamybos ir maistingumą išsaugančio perdirbimo būdai, todėl produktai pasižymi išskirtiniu skoniu, kvapu, išvaizda ir konsistencija. Jų sudėtyje yra didesnis biologiškai vertingų medžiagų kiekis, sumažinta energinė vertė, organizmui nenaudingų riebalų, sočiųjų riebalinių rūgščių, druskos, cukraus kiekis. Juos gaminant naudojami geriausi prieinami gamybos būdai, aplinką saugojančios technologijos. Visi maisto produktų grupėms keliami reikalavimai yra išdėstyti nacionalinės maisto kokybės sistemos specifikacijose. Bendroje žemės ūkio produkcijos struktūroje daržininkystė sudaro maždaug 4–6 proc., todėl daržo augalai yra priskiriami mažais plotais auginamoms kultūroms. Tačiau ši žemės ūkio šaka yra viena iš nedaugelio rentabilių ir paklausių. 2018 m. Lietuvoje buvo deklaruota 4 987 ha auginamų daržovių, iš jų 586,8 ha – kopūstų. Siekiant išauginti didelio derlingumo sveiką produkciją, būtina kontroliuoti kopūstų ligas, kenkėjus ir piktžoles. Todėl svarbu laiku ir tinkamai taikyti visas technologines priemones, taip pat iš rudens kokybiškai paruošti dirvą, suplanuoti sėjomainą ir parinkti laukus su tinkamos struktūros dirvožemiu bei agrocheminiais rodikliais. Labai svarbu optimizuoti reikiamą trąšų kiekį, kad būtų išvengta bet kokio per didelio ir nepakankamo naudojimo. Todėl reikalinga sukurti išsamią pagrindinių dirvožemyje esančių maistinių medžiagų vertinimo metodiką. Bendrieji agrotechniniai principai yra susiję su integruota kenksmingųjų organizmų kontrole – tai visų agronominių priemonių, užtikrinančių palankiausias sąlygas augti žemės ūkio augalams, panaudojimas ūkinėje veikloje (Sajindra et al., 2024). Taikomos priemonės: sėjomaina, subalansuotas tręšimas, veislės parinkimas, sėklos guolio paruošimas, optimalus sėjos bei sodinimo laikas ir kt. (Kavaliauskaitė, Rasiukevičiūtė, 2020). Įvairių veislių baltagūžių

kopūstų vegetacijos trukmė, gūžių dydis, spalva, skonis, biocheminės savybės, derlingumas, išsilaikymas yra nevienodi. Vienos veislės universalios, kitos – specialios paskirties. Specialios paskirties veislės – tai baltagūžiai kopūstai, skirti vartoti tik švieži, vasaros laikotarpiu. Universalių veislių baltagūžiai kopūstai tinka vartoti švieži, perdirbti, laikyti. Kiekvienais metais Nacionalinį augalų veislių sąrašą (<http://www.vatzum.lt>) papildo įrašytos naujos baltagūžių kopūstų veislės, kurios, remiantis atliktų augalų veislių ūkinio vertingumo tyrimų duomenimis, yra pripažintos kaip geros ūkinės vertės ir tinkamos auginti šalies sąlygomis.

Tyrimo objektas – Vidmanto Kvedaro ūkyje nacionalinės kokybės sistemos technologijomis užauginti kopūstai „Megaton“.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti nacionalinės maisto kokybės sistemose užaugintų kopūstų kokybinius elektrocheminius rodiklius.

### Tyrimo metodika

Tyrimai atlikti Kvedarų ūkyje. Tai – daržovių ūkis ir daržovių produktų perdirbimo cechas, tiekiantis produktus Lietuvos bei tarptautiniams klientams jau 20 metų. Ūkį sudaro dvi dalys: 250 ha daržovių ūkis, tiekiantis daržoves, ir perdirbimo fabrikas. Ūkis yra Stasinės kaime, Vilainių seniūnijoje, Kėdainių rajone. Auginti kopūstai „Megaton“.



1 pav. Kopūstas „Megaton“

Fig. 1. Cabbage “Megaton”

Derlingiausias yra vidutinio vėlyvumo olandų firmos „Bejo Zaden“ hibridas, skirtas vartoti šviežias ir rudeniniam raugimui. Vegetacijos trukmė – apie 102 dienos nuo daigų pasodinimo. Kopūstai auga labai intensyviai, suformuoja dideles, tankias, geros vidinės struktūros gūžes. Esant geroms sąlygoms, gūžės užauga labai didelės – iki 10 kg svorio. Kopūstai saldūs, traškūs ir sultingi, turi daug cukrų ir vitamino C. Hibridas atsparus fuzariozei.

Kopūstai augo lengvame priemolyje. Dirvožemio agrocheminės savybės: humusas – 1,8 proc., pH – 7,5, fosforo kiekis vidutinis (135 mg/kg), kalio kiekis vidutinis (133 mg/kg), magnio kiekis didelis (308 mg/kg). Sėklų sėjos laikas – balandžio 3–5 d. Daigų sodinimo laikas – gegužės 15–16 d. Sodinami apie 10–15 cm aukščio sodinukai, su 4-5 tikraisiais lapeliais. Auginant perdirbti, kopūstai sodinami tarpueiliais kas 75 cm, o daigai – kas 47 cm, apie 28 000 vienetų hektare. Tręšta 2023-05-15 NPK 11-11-21 (400 kg/ha), 2023-06-04 amonio salietra (100 kg/ha), 2023-06-19 kalcio salietra (150 kg/ha). Produkcijos iš laukų derlingumas – 120 t/ha.

Atlikti elektrocheminiai (pH, redokso potencialo, savitojo elektros laidžio) tyrimai ir apskaičiuota energijos vertė P.

Akademijoje, Aplinkos ir ekologijos katedros Aplinkotyros laboratorijoje, iš išspaustų kopūstų sulčių buvo atlikti pH (pgl. Mengel, 1991), redokso potencialo (pgl. Kollath, 1987) ir savitojo elektros laidžio tyrimai. Redokso potencialas reiškiamas rH verte, kuri apskaičiuojama pagal toliau pateiktą Klarko lygtį:

$$rH = \left( \frac{Eh \cdot 200}{30} \right) + (2 \times pH) \quad (1)$$

Savitasis elektros laidis tirtas pagal LST ISO11265:1994; apskaičiuota produkto energijos P vertė.



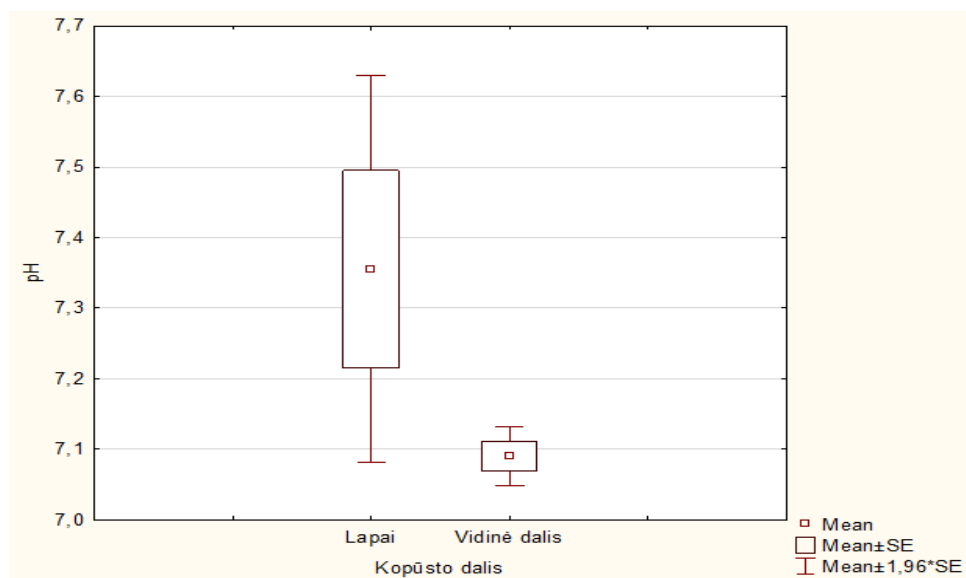
Produkto energijos vertė apskaičiuojama iš pH, redokso potencialo ir savitojo elektrinio laidžio rodiklių. Kadangi visi trys rodikliai reiškiami elektros srovės dydžiais, naudojantis NERST'o lygtimi, galima gauti išvestinį dydį P:

$$P = [29,07(rH - 2pH)]^2 / rho \quad (2)$$

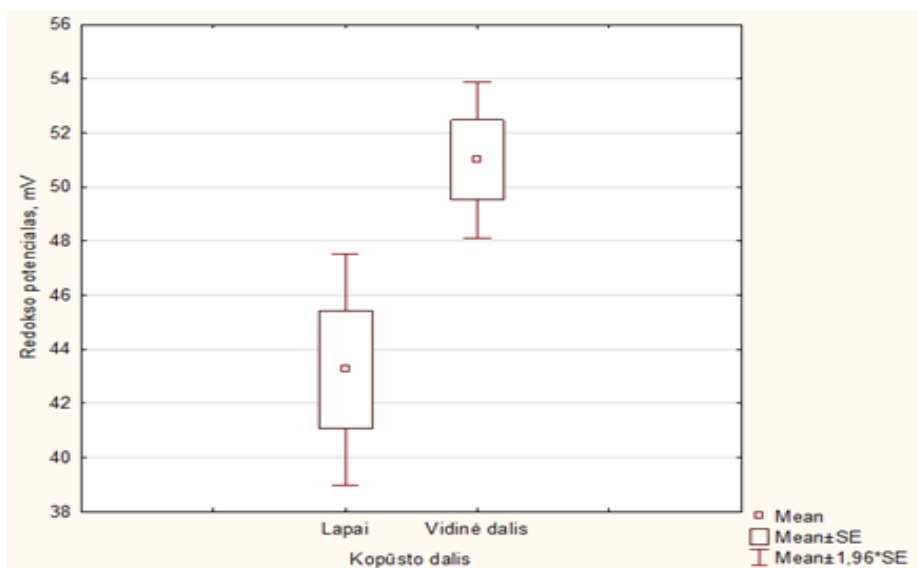
Čia: rH – absoliuti redokso potencialo skaitinė vertė; pH – vandenilio jonų koncentracija (įvertinimo intervalas – nuo 0 iki 14); rho – perskaičiuotas savitasis elektros laidis (SEL). Vertingesni tie produktai, kurių P vertė ir rH vertė žemos, o rho vertė aukšta (Rutković, Nominaitis, 2004).

## Rezultatai ir aptarimas

Nacionalinės kokybės sistemos valgomojo kopūsto veislės „Megaton“ kokybiniam vertinimui atlikti elektrocheminių tyrimų matavimai parodė, kad esminių skirtumų tarp skirtingų valgomojo kopūsto dalių (vidinės ir išorinės) produkcijos pH nenustatyta. Sveikesniais produktais laikomi tie, kurių pH vertės yra artimesnės žmogaus kraujo pH (sveiko žmogaus kraujo pH 7,4 ir gali kisti nuo 7,35 iki 7,45). Išorinės dalies pH svyruoja nuo 6,61 iki 6,74, vidinės kopūsto dalies skaitinių verčių diapazonas siauresnis, svyruoja nuo 6,66 iki 6,71, rezultatai yra panašūs ir nesiskiria nei tarp skirtingų kopūsto dalių. Statistiškai reikšmingų pH verčių skirtumų tarp išorinės ir vidinės kopūsto dalies taip pat nenustatyta ( $t = 2,10$ ;  $p = 0,13$ ), pH vertės viso kopūsto perimetre panašios. Vertinant absoliučiojo redokso rH vertes, nustatyti statistiškai reikšmingi Rh verčių skirtumai tarp išorinės ir vidinės kopūsto dalies ( $t = 2,14$ ;  $p = 0,12$ ). Nustatyti reikšmingi skirtumai tarp SEL verčių išorinės ir vidinės kopūsto dalies ( $t = 13,42$ ;  $p = 0,04$ ), nors matyti, kad vidinėje kopūsto dalyje SEL vertė didesnė. Išorinės dalies SEL svyruoja nuo 4,65 iki 4,88, vidinės kopūsto dalies skaitinių verčių diapazonas siauresnis, svyruoja nuo 5,0 iki 5,15, rezultatai panašūs tarp skirtingų kopūsto dalių.



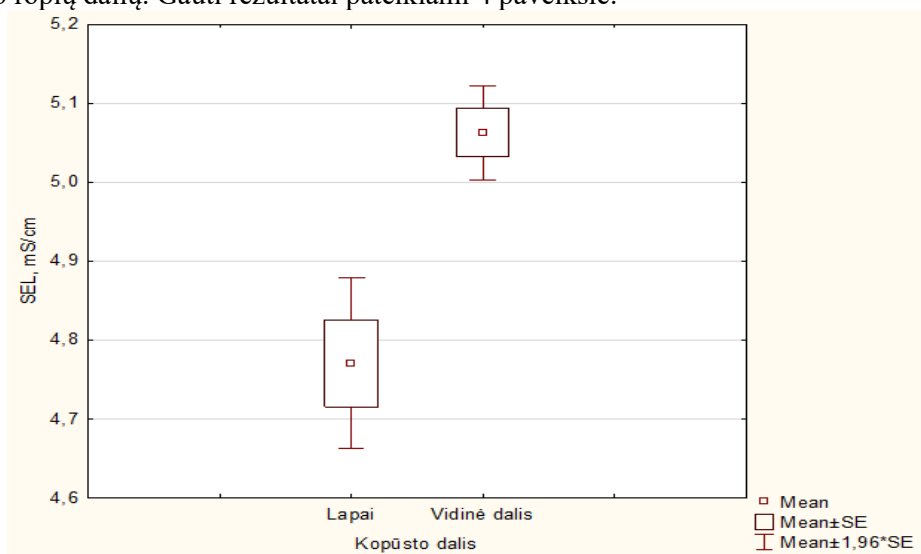
**2 pav.** NKP žemės ūkio gamybos sistemos valgomųjų kopūstų (vidinės ir išorinės dalies) pH potencialo skaitinės vertės  
**Fig. 2.** Numerical value of pH potential of cabbage turnip (inner and outer part) of NKP agricultural production system



**3 pav.** NKP žemės ūkio gamybos sistemos valgomųjų kopūstų (vidinės ir išorinės dalies) redokso potencialo skaitinė vertė

**Fig. 3.** Numerical value of redox potential of cabbage turnip (inner and outer part) of NKP agricultural production system

Naudingesniais sveikatai laikomi tie produktai, kurių SEL vertė didesnė, nes yra daugiau mineralinių medžiagų. Statistiškai esminiai skirtumai tarp skirtingų valgomojo kopūsto dalių (vidinės ir išorinės) bei produkcijos tarp SEL verčių tarp išorinės ir vidinės kopūsto dalies nustatyti ( $t = 13,42$ ;  $p = 0,04$ ), nors matyti, kad vidinėje kopūsto dalyje SEL vertė didesnė. Išorinės ropės dalies SEL svyruoja nuo 4,65 iki 4,88, vidinės kopūsto ropės dalies skaitinių verčių diapazonas siauresnis, svyruoja nuo 5,0 iki 5,15, rezultatai panašūs tarp skirtingų kopūsto ropių dalių. Gauti rezultatai pateikiami 4 paveiksle.



**4 pav.** NKP žemės ūkio gamybos sistemos kopūsto ropelės (vidinės ir išorinės dalies) SEL skaitinė vertė

**Fig. 4.** Numerical value of SEL of cabbage (inner and outer part) of NKP agricultural production systems

Vienas svarbiausių rodiklių elektrocheminiuose tyrimuose yra absoliutusias redokso potencialas ir energijos vertė P. Tai – oksidacijos ir redukcijos sistemos vyksmo matai, teikiantys informacijos apie augalinės produkcijos biosistemos vyksmus. Tarp vandenilio jonų aktyviosios koncentracijos (pH) ir redokso potencialo egzistuoja glaudi priklausomybė. Sistemai šarmėjant, redokso potencialo vertė mažėja, o rūgštėjant – didėja. Valgomųjų kopūstų pH skaitinės vertės gana aukštos, o redokso potencialo neigiamos, tad valgomųjų kopūstų ląstelės gali daugiau laisvosios entalpijos sunaudoti savo veiklai. Tokia augalinė produkcija labiau tinka žmogaus organizmui, ir šiuo aspektu valgomieji kopūstai priskiriami prie labai naudingų žmogaus organizmui. Gauti rezultatai pateikiami 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Kopūstų veislės „Megaton“ elektrocheminių rodiklių absoliučiojo redokso potencialo rH ir energijos vertės P skirtingose dalyse

**Table 1.** Absolute redox potential rH and energy values P of the electrochemical indicators of the cabbage variety “Megaton” in different parts of the bulbs

Tiriamos daržovės	rH	P vertė
Valgomąjo kopūsto vidinė dalis	22,53±1,15	9,96±0,8
Valgomąjo kopūsto išorinė dalis	22,56±1,16	10,68±0,5

Apskaičiuotos energijos vertės P valgomųjų kopūstų vidinių ir išorinių dalių redokso potencialai yra teigiami, apskaičiuoti absoliutiniai redokso potencialai svyruoja labai mažame intervale (22,53–22,56), – tai rodo redukcinę valgomųjų kopūstų aplinką. Energijos P skaitinės vertės varijuoja 9,96–10,68 intervale, esminių skirtumų tarp valgomojo kopūsto vidinių ir išorinių dalių P skaitinių verčių nenustatyta. Tendencijos pagal apskaičiuotas P vertes rodo, kad žmogaus organizmui naudingesnė vidinė valgomojo kopūsto dalis, jos energijos vertė mažesnė.

## Išvados

- Atlikus valgomųjų kopūstų „Megaton“ mokslinius tyrimus nustatyta, kad apskaičiuotosios energijos vertės P valgomojo kopūsto vidinių ir išorinių dalių redokso potencialai yra teigiami, apskaičiuoti absoliutiniai redokso potencialai svyruoja labai mažame intervale (22,53–22,56), – tai rodo redukcinę valgomųjų kopūstų aplinką. Energijos P skaitinės vertės varijuoja 9,96–10,68 intervale, esminių skirtumų tarp valgomojo kopūsto vidinių ir išorinių dalių P skaitinių verčių nenustatyta.
- Vertinant daržovių skirtingų dalių naudingumą žmogaus organizmui, mažesnės skaitinės vertės nustatytos valgomojo kopūsto vidinėje dalyje (tai rodo, kad jos naudingesnės), didesnės – išorinėje dalyje.

## Padėka

Padėka skirta nacionalinės kokybės sistemos V. Kvedaro ūkiui, kuriame užauginti tyrimams naudoti veislės „Megaton“ valgomieji kopūstai.

## Literatūra

- Bundinienė, O., Zalatorius, V., Starkutė, R. ir Maročkienė, N. (2017). Priešsėlio augalų liekanų apdorojimo įvairiomis azoto trąšomis ir huminėmis medžiagomis bei jų naudojimo normų įtaka produkcijos kokybei ir derliui. Dekoratyviųjų ir sodo augalų sortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas, 8(13).
- EK politikos kryptys (2024). Prieiga per internetą: <https://www.consilium.europa.eu/lt/policies/green-deal/>
- Kavaliauskaitė, D. ir Rasiukevičiūtė, N. (2020). Baltagūžiai kopūstai. Integruotos kenksmingųjų organizmų kontrolės (IKOK) gairės. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras.
- Kim, J.-J., John, K. M. M., Hae-Kyung, M., Jin, K., Enkhtaiwan, G. and Kim, D. H. (2014). Morphological and biochemical variation of Chinese cabbage (*Brassica rapa* spp. *Pekinensis*) cultivated using different agricultural practices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 36(1–2), 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.009>
- Malmir, T. and Eicker, U. (2024). Food security and climate change (agriculture). Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90386-8.00097-8>
- Nurhidayati, N., Ali, U. and Murwani, I. (2016). Yield and quality of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*) under organic growing media using vermicompost and earthworm *Pontoscolex corethrurus* Inoculation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 11, 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.12.002>
- Rutkovienė, V. ir Nominaitis, S. (2004). Ekologiškų produktų kokybė. Kaunas: Akademija.
- SaberiKamarposhti, M., Ng, K.-W., Yadollahi, M., Kamyab, H., Cheng, J. and Khorami, M. (2024). Cultivating a sustainable future in the artificial intelligence era: A comprehensive assessment of greenhouse gas emissions and removals in agriculture. *Environmental Research*, 250, 118528. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118528>
- Sajindra, H., Abekoon, T., Jayakody, J. A. D. C. A. and Rathnayake, U. (2024). A novel deep learning model to predict the soil nutrient levels (N, P, and K) in cabbage cultivation. *Smart Agricultural Technology*, 7, 100395. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100395>

10. Tao, Z. and Chao, J. (2024). The impact of a blockchain-based food traceability system on the online purchase intention of organic agricultural products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 92, 103598. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103598>

**Laura Kuprytė, Daiva Šileikienė, Laima Česonienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Application of Holistic Research Methods in Studies on the Quality of National Quality System Cabbage**

The agricultural sector is considered not only one of the most important sectors of the economy, but also one of the biggest polluters: in terms of greenhouse gas (GHG) emissions, it is surpassed only by the energy and transport sectors. For example, according to the data of the 2022 National GHG Accounting Report, in 2020, the Lithuanian agricultural sector accounted for 22 percent of total GHG emissions, with nitrogen suboxide accounting for the largest share. Measures to reduce GHG emissions in the agricultural sector are driven not only by long-term strategies aimed at maintaining the ecological balance, but also by farmers' own initiatives. One of the solutions is the application of environmentally friendly technologies in agricultural production. Growing concerns about climate change and the existence of the resource curse hypothesis in several resource-rich countries highlight the importance of adopting environmentally friendly technologies. Promoting the growth of such technologies in agriculture is critical to solving environmental problems, realizing sustainable development, and creating a sustainable future.

National food quality system, edible cabbage.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Laura KUPRYTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752357, +370 658 18197, el. paštas: laura.kupryte@vdu.lt

Laura KUPRYTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering and Safety, Master student. Address: Studentų g. 15A, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752357, +370 658 18197, e-mail: laura.kupryte@vdu.lt

Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11-511, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 652 55443, el. paštas: daiva.sileikiene@vdu.lt

Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, assoc. prof. Address: Studentų g. 11-511, LT-53361 Academy, Kaunas dist. Phone: +370 652 55443, e-mail: daiva.sileikiene@vdu.lt

Laima ČESONIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros vedėja, prof. dr. Adresas: Studentų g. 11-511, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752224, el. paštas: laima.cesonienel@vdu.lt

Laima ČESONIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, prof. dr. Address: Studentų g. 11-511, LT-53361 Academy, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: laima.cesonienel@vdu.lt

# NACIONALINĖS MAISTO KOKYBĖS SISTEMOS TECHNOLOGIJŲ POVEIKIS VALGOMŲJŲ SVOGŪNŲ (*ALLIUM CEPA*) SAVYBĖMS

Naira Šimkuvienė, Daiva Šileikienė, Laima Česonienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Pasaulyje po truputį didėja gyventojų skaičius, todėl manoma, kad iki 2050 metų pasaulinė maisto produktų gamyba turėtų padvigubėti. Atsižvelgiant į žmonių mitybos įpročius ir poreikį ieškoti kokybiškų produktų, prekyboje gausėja pagal nacionalinę maisto kokybės sistemą pagamintų produktų (NKP), kurie pagal kokybės rodiklius galėtų pranokti Europos Sąjungos ir nacionalinių teisės aktų nustatytus įprastinės žemės ūkio gamybos saugos, augalų sveikatos reikalavimus. Atlikti nacionalinės maisto kokybės sistemos V. Kvedaro ūkyje užaugintų valgomųjų svogūnų tyrimai, pagrindžiant keliamą mokslinę hipotezę, kad šios technologijos taikymas leidžia užauginti kokybiškus valgomuosius svogūnus.

Nacionalinė maisto kokybės sistema, valgomieji svogūnai.

## Įvadas

Klimato kaita pastaraisiais metais vis labiau pastebima ir pripažįstama. Didėja poreikis įvertinti, kaip klimato pasikeitimas keičia gamtą ir kokią daro įtaką valstybių ekonominei ir socialinei raidai. Nors klimato kaita laikoma visuotine problema, siekdama sumažinti dėl jos kylančią riziką, kiekviena valstybė turi atsižvelgti į savo specifiką. Lietuvoje kol kas atlikta nedaug tyrimų, padedančių reaguoti į klimato kaitos iššūkius klimato pokyčiams jautriausiose ekonominės veiklos srityse. Viena iš tokių sričių yra žemės ir miškų ūkio sektoriai, sukuriantys nemažą Lietuvos bendrosios pridėtinės vertės dalį (Vidickienė ir kt., 2010).

Bendroje žemės ūkio produkcijos struktūroje daržininkystė sudaro maždaug 4–6 %, todėl daržo augalai yra priskiriami prie mažais plotais auginamų kultūrų. Ši žemės ūkio šaka yra viena iš nedaugelio rentabilių ir paklausių. 2018 m. Lietuvoje buvo deklaruota 4 987 ha auginamų daržovių, iš jų 695,86 ha – svogūnų. Siekiant išauginti didelio derlingumo sveiką produkciją, būtina kontroliuoti svogūnų ligas ir kenkėjus bei piktžoles. Svarbu laiku ir tinkamai taikyti visas technologines priemones, taip pat iš rudens kokybiškai paruošti dirvą, suplanuoti sėjomainą ir parinkti laukus su tinkamos struktūros dirvožemiu bei agrocheminiais rodikliais. Vienas iš sprendinių, galinčių prisidėti prie kokybiškos augalinės produkcijos, – nacionalinės maisto kokybės sistema. Pagal ją gaminami maisto produktai, kurių kokybė pranoksta Europos Sąjungos ir nacionalinių teisės aktų nustatytus šių produktų saugos, gyvūnų ir augalų sveikatos, gyvūnų gerovės ar aplinkosaugos reikalavimus ir (arba) kurie dėl tam tikrų ūkininkavimo ar gamybos būdų naudojimo pasižymi ypatingomis savybėmis. Nacionalinės kokybės produkcija privalo pasižymėti natūralumu, dideliu maistingumu, aplinkos tausojimu. Produkcijai keliami griežti reikalavimai. Nacionalinės kokybės žemės ūkio produktai privalo būti užauginti iš Lietuvoje auginamų žaliavų. NKP gamybos procese ribojamas mineralinių trąšų kiekis, jų naudojimo dažnumas ir laikas, naudojant augalų apsaugos produktus ilgiau laukiama iki derliaus nuėmimo, produktai į rinką pateikiami šviežesni, nes vartotojui pateikiami per trumpesnį, nei įprasta tos kategorijos produktams, laikotarpį. Visas NKP auginimo, gamybos ir (arba) perdirbimo procesas vykdomas kontroliuojamuose ūkiuose ir įmonėse, kurios turi užtikrinti šio proceso atsekamumą ir privalo laikytis taisyklių reikalavimų, taip pat tiekimo į rinką procesą. NKP sertifikavimą ir priežiūrą atlieka sertifikavimo įstaigos, kurioms taisyklių nustatyta tvarka yra suteikti leidimai sertifikuoti NKP. Valgomieji svogūnai viena seniausių nuolat auginamų daržovių, plačiai vartojamų pasaulyje. Šios daržovės buvo naudojamos kaip dekoratyviniai augalai, prieskoniai arba vaistai nuo įvairių ligų. *Allium* gentis apima daugiau nei 700 rūšių, plačiai paplitusių visame pasaulyje ir vertinamų dėl skonio, lengvo auginimo ir dėl to, kad tinkamomis sąlygomis puikiai išsilaiko ilgą laikotarpį (Mnayer et al., 2014). Svogūnui išdžiūti reikalingos optimalios sąlygos, išsaugant geriausią kokybę (Sasongko et al., 2020). Šio augalo įvairių rūšių aptinkama Europoje, Azijoje, Šiaurės Amerikoje ir Afrikoje (Griffiths, 2002). Dažniausiai svogūnų gumbasvogūniai, augantys po žeme, naudojami medicinoje ir maisto pramonėje, tačiau tradicinėje medicinoje naudojamos ir kitos šių augalų dalys. Yra daugybė valgomųjų svogūnų veislių, tačiau labiausiai paplitusios baltos, geltonos arba raudonos spalvos (Kapupara, 2011). Vartojamos daržovės ir vaisiai gali sumažinti lėtinių ligų, įskaitant širdies ir kraujagyslių ligas, insultą, neurodegeneraciją ir II tipo cukrinį diabetą, riziką. Maiste esantys antioksidantų junginiai yra svarbus sveikatą saugantis veiksnys (Griffiths, 2002). Valgomuosiuose svogūnuose esantys sieros junginiai yra atsakingi už būdingą kvapą ir skonį, taip pat yra aktyvūs antimikrobiniai junginiai (Rose et al., 2005). Dėl šių medžiagų svogūnai gali būti naudojami kaip natūralūs konservantai (Lanzotti, 2006). Svogūnai yra viena svarbiausių daržovių / prieskonių, tiekiamų kaip maisto pagardas (Pirooz et al., 2023). Svogūnai yra

vieni vertingiausių pasaulyje daržovių, žinomi dėl aštraus skonio, ir daugelio pasaulio virtuvių pagrindas. Svogūnų sandėliavimo tikslas – patenkinti klientų poreikius ir pratęsti svogūnų pasiūlą per metus, išlaikant produktų kokybę (Siva Shankar et al., 2023).

Tyrimo objektas – Vidmanto Kvedaro ūkyje nacionalinės kokybės sistemos technologijomis užaugintų paprastųjų svogūnų veislė „Shakespeare“.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti nacionalinės maisto kokybės sistemose užaugintų svogūnų kokybinius elektrocheminius rodiklius.

### Tyrimų metodika

Elektrocheminiai kokybės rodikliai nustatyti 2023 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Aplinkos ir ekologijos instituto Aplinkotyros laboratorijoje. Tyrimams vykdyti pasirinkta valgomųjų svogūnų veislė „Shakespeare“, naudojant greitaeigę sulčiaspaudę išspaustos reikalingos svogūnų sultys. Rezultatams palyginti valgomųjų svogūnų galvos dalintos į dvi dalis, atskirai tiriant svogūno vidinę ir išorinę dalis. Rezultatai buvo apdoroti programa STATISTICA 7.



**1 pav.** Svogūnų sulčių (vidinės ir išorinės dalies) paruošti ėminiai elektrocheminiams rodikliams nustatyti  
*Fig. 1. Prepared samples of onion juice (inner and outer part) for determination of electrochemical indicators*

Pagal elektrocheminius rodiklius apskaičiuotas išvestinis dydis, produkto energijos P vertė. Pagal Rounjon teoriją (1975 m.), perdirbti ir technologinių procesų veikiami produktai žmogaus organizme nuolat perdozuoja neigiamą energiją. Šis veiksnys žmogui kenksmingas. Norint išvengti neigiamo poveikio, reikalingas planingas teigiamos energijos didinimas (Clark, 1960; Rounjon, 1975). Kuo produkcijos P vertė mažesnė, tuo ji tinkamesnė žmogaus organizmui (Hoffmann, 1991). Energijos P vertė apskaičiuota naudojantis Nernsto lygtimi, kuri pavadinta vokiečių fizikinės chemijos mokslininko Walterio Nernsto garbei, kuris pirmasis ją sudarė:

$$P = [29,07 (rH-2pH)]^2 \times \rho^{-1}, \mu W, \quad (1)$$

čia rH – absoliučioji redokso potencialo skaitinė vertė rho – perskaičiuotas savitasis elektros laidis;

pH – vandenilio jonų koncentracija (pH įvertinimo intervalas nuo 0 iki 14).

Potenciometrija ir voltamperometrija yra plačiausiai praktikoje taikomi elektrochemijos metodai. Potenciometrinė analizė dažniausiai taikoma tiriamojo tirpalo jonų aktyvumui (koncentracijai) nustatyti. Tai – tiesioginė potenciometrija, dažnai vadinama jonometrija (Vitkus, 2013).

Redokso potencialas rH yra vienas svarbiausių rodiklių elektrocheminiuose tyrimuose. Biologijoje ir medicinoje redokso potencialas reiškiamas rH verte, kuri apskaičiuojama pagal toliau pateiktą Klarko lygtį:

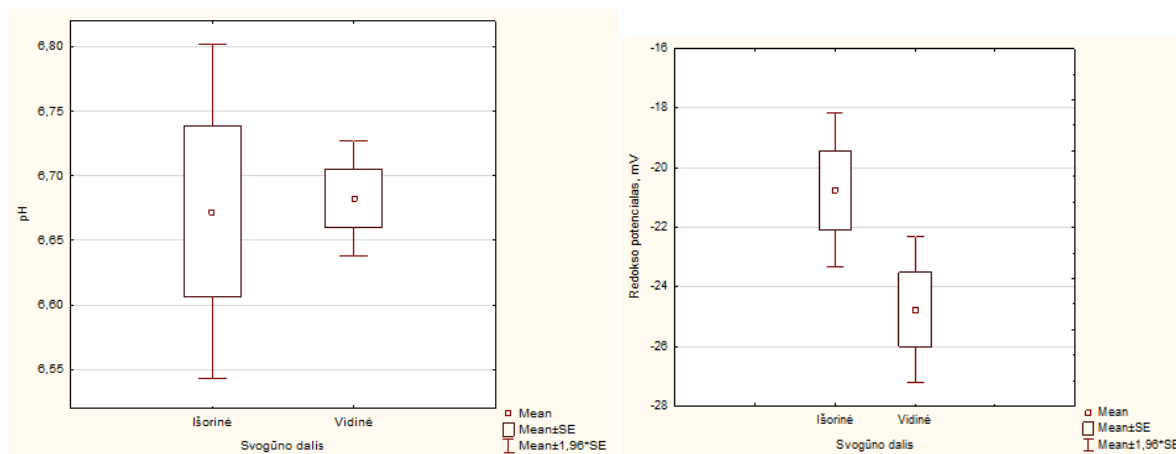
$rH = ((Eh + 200) / 30) + (2 * pH)$ , absoliučioji redokso potencialo skaitinė vertė; Eh – potencialų skirtumas tarp elektrodų; pH – vandenilio jonų koncentracija. Rodiklis rH parodo absoliutųjį redokso potencialą, eliminavus pH poveikį, t.y. kai pH = 7.

Produkto energijos vertė P nustatoma iš pH, redokso potencialo ir savitojo elektrinio laidžio rodiklių. Kadangi visi trys rodikliai reiškiami elektros srovės dydžiais, tai naudojantis Nernsto lygtimi galima gauti išvestinį dydį P.

Šie matavimai teikia informacijos apie produkto energinę vertę ir tinkamumą žmogaus organizmui, sveikumo būklę, amžių, subrendimo laipsnį, priklausomai nuo klimato sąlygų ir fiziologinių ypatybių. Vertingesni tie produktai, kurių P vertė ir rH vertė žemos, o rho vertė aukšta (Rutkoviėnė ir kt., 2004).

## Rezultatai ir aptarimas

Nacionalinės kokybės sistemos valgomųjų svogūnų veislės „Shakespeare“ kokybiniam vertinimui atlikti elektrocheminių tyrimų matavimai parodė, kad esminių skirtumų tarp skirtingų valgomojo svogūno ropės dalių (vidinės ir išorinės) produkcijos pH nenustatyta. Sveikesniais produktais laikomi tie, kurių pH vertės yra artimesnės žmogaus kraujo pH (sveiko žmogaus kraujo pH 7,4 ir gali kisti nuo 7,35 iki 7,45). Išorinės ropės dalies pH svyruoja 6,61–6,74 skaitinių verčių diapazone, vidinės svogūno ropės dalies skaitinių verčių diapazonas siauresnis – 6,66–6,71, rezultatai panašūs ir nesiskiria nei tarp skirtingų svogūnų ropių dalių. Statistiškai reikšmingų skirtumų tarp pH verčių tarp išorinės ir vidinės svogūno dalies taip pat nenustatyta ( $t = -0,22$ ;  $p = 0,84$ ), pH vertės viso svogūno perimetre panašios. Vertinant absoliučiojo redokso rH vertes, nustatyti statistiškai reikšmingi Rh verčių skirtumai tarp išorinės ir vidinės svogūno dalies ( $t = 2,38$ ;  $p = 0,049$ ). Reikšmingų skirtumų tarp SEL verčių išorinės ir vidinės svogūno dalies nenustatyta ( $t = -1,06$ ;  $p = 0,36$ ), nors matyti, kad vidinėje svogūno dalyje SEL vertė didesnė. Išorinės ropės dalies SEL svyruoja 3–3,88 skaitinių verčių diapazone, vidinės svogūno ropės dalies skaitinių verčių diapazonas siauresnis – 3,82–3,89, rezultatai panašūs tarp skirtingų svogūnų ropių dalių.

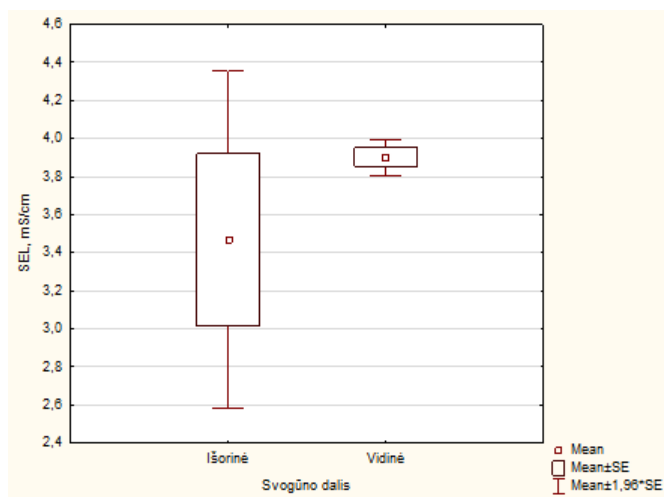


**2 pav.** NKP žemės ūkio gamybos sistemos svogūno ropelės (vidinės ir išorinės dalies) pH ir redokso potencialo skaitinė vertė

**Fig. 2.** Numerical value of pH and redox potential of onion turnip (inner and outer part) of NKP agricultural production system

Naudingesniais sveikatai laikomi tie produktai, kurių SEL vertė didesnė, nes yra daugiau mineralinių medžiagų. Statistiškai esminiai skirtumai tarp skirtingų valgomojo svogūno ropės dalių (vidinės ir išorinės) produkcijos, reikšmingų skirtumų tarp SEL verčių tarp išorinės ir vidinės svogūno dalies nenustatyta ( $t = -1,06$ ;  $p = 0,36$ ), nors matyti, kad vidinėje svogūno dalyje SEL vertė didesnė. Išorinės ropės dalies SEL svyruoja 3–3,88 skaitinių verčių diapazone, vidinės svogūno ropės dalies skaitinių verčių diapazonas siauresnis – 3,82–3,89, rezultatai panašūs tarp skirtingų svogūnų ropių dalių. Gauti rezultatai pateikiami 3 paveiksle.

Vieni svarbiausių rodiklių elektrocheminiuose tyrimuose yra absoliutusis redokso potencialas ir energijos vertė P. Tai – oksidacijos ir redukcijos sistemos vyksmo matai, teikiantys informacijos apie augalinės produkcijos biosistemos vyksmus. Tarp vandenilio jonų aktyviosios koncentracijos (pH) ir redokso potencialo egzistuoja glaudi priklausomybė. Sistemai šarmėjant, redokso potencialo vertė mažėja, o rūgštėjant – didėja. Valgomųjų svogūnų pH skaitinės vertės gana aukštos, o redokso potencialo – neigiamos, tad valgomųjų svogūnų ląstelės gali daugiau laisvosios entalpijos sunaudoti savo veiklai. Tokia augalinė produkcija labiau tinka žmogaus organizmui, ir šiuo aspektu valgomieji svogūnai priskiriami prie labai naudingų žmogaus organizmui. Gauti rezultatai pateikiami 1 lentelėje.



**3 pav.** NKP žemės ūkio gamybos sistemos svogūno ropelės (vidinės ir išorinės dalies) SEL skaitinė vertė  
**Fig. 3.** Numerical value of SEL of onion (inner and outer part) of NKP agricultural production systems

**1 lentelė.** Svogūnų veislės „Shakespeare“ elektrocheminių rodiklių absoliučiojo redokso potencialo rH ir energijos vertės P skirtingose ropelių dalyse

**Table 1.** Absolute redox potential rH and energy values P of the electrochemical indicators of the onion variety “Shakespeare” in different parts of the bulbs

Tiriamos daržovės	rH	P vertė
Valgomųjų svogūnų ropelių vidinė dalis <i>Inside part of onion bulbs</i>	19,27±0,22	3,74±0,11
Valgomųjų svogūnų ropelių išorinė dalis <i>Outside part of onion bulbs</i>	19,21±0,13	3,87±0,25

Apskaičiuotos energijos vertės P valgomųjų svogūnų vidinių ir išorinių ropelių redokso potencialai yra neigiami, apskaičiuoti absoliutiniai redokso potencialai svyruoja labai mažame intervale (19,21–19,27), – tai rodo redukcinę valgomųjų svogūnų ropelių aplinką. Energijos P skaitinės vertės mažos, esminių skirtumų tarp valgomųjų svogūnų ropelių vidinių ir išorinių dalių P skaitinių verčių nenustatyta.

## Išvados

1. Apskaičiavus valgomųjų svogūnų energijos vertes, nustatyta, kad vertingesni tie produktai, kurių P vertė ir rH vertės žemos. Šiuo atveju valgomųjų svogūnų vidinių ir išorinių ropelių redokso potencialai yra neigiami, ir P vertės mažos. Tai rodo, kad iš holistinių tyrimų perspektyvos tai – labai vertinga augalinė žaliava žmogaus organizmui.
2. Esminių skirtumų tarp valgomųjų svogūnų ropelių vidinių ir išorinių dalių rH nenustatyta. Vertinant pagal P vertes, mažesnės (naudingesnės žmogaus organizmui) apskaičiuotos valgomųjų svogūnų ropelių vidinėse dalyse, bet skirtumai neesminiai.

## Padėka

Padėka skirta nacionalinės kokybės sistemos V. Kvedaro ūkiui, kuriame užaugintos tyrimams naudotos valgomųjų svogūnų ropelės.

## Literatūra

1. Baležentis, T., Ribašauskienė, E., Morkūnas, M., Volkov, A., Štreimikienė, D. and Toma, P. (2020). Young farmers’ support under the Common Agricultural Policy and sustainability of rural regions: Evidence from Lithuania. *Land Use Policy*, 94, 104542. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104542>
2. Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B. and Smith, B. (2002). Onions – a global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16(7), 603–615.
3. Kapupara, P. P., Dholakia, S. P., Patel, V. P. and Suhagia, B. N. (2011). Journal of chemical and pharmaceutical research preparations. *J Chem Pharm Res.*, 3(4), 287–294.



- Lietuvos higienos norma (2003). Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametų norminės vertės ir matavimo reikalavimai (HN 69:2003). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>
- LRŽŪM Nacionalinė maisto kokybės sistema. Prieiga per internetą: <https://zum.lrv.lt/lt/veiklosritys/maisto-pramone-ir-kokybe/maisto-kokybe/pagal-nacionaline-maisto-kokybes-sistema-pagaminti-produktai-nkp/nacionaline-maisto-kokybes-sistema-1/>
- Mnayer, D., Fabiano-Tixier, A. S., Petitcolas, E., Hamieh, T., Nehme, N. and Ferrant, C. (2014). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of six essentials oils from the Alliaceae family. *Molecules*, 19(12), 20034–20053.
- NKP gamybą reglamentuojantys teisės aktai. Prieiga per internetą: <https://www.ekoagros.lt/teises-aktai-2>
- Piroozi, M., Noshad, M., Behbahani, B. A. and Jooyandeh, H. (2023). Preparation of onion powder by freeze-thaw pretreatments: Influence of different thawing methods on drying kinetics and quality properties. *Food Chemistry Advances*, 2, 100325. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100325>
- Sasongko, S. B., Hadiyanto, H., Djaeni, M., Perdanianti, A. M. and Utari, F. D. (2020). Effects of drying temperature and relative humidity on the quality of dried onion slice. *Heliyon*, 6(7), e04338. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04338>
- Siva Shankar, V., Velmurugan, G., Prathiba, R., Poornima, D. S., Suvetha, M. and Keerthiga, V. (2023). Effect of on-farm storage structure on physical and bio-chemical changes in aggregatum onion. *Materials Today: Proceedings*, 72(part 4), 2417–2422, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.429>
- Vidickienė, D. E., Melnikienė, R. ir Gedminienė-Raudonė, Ž. (2010). Galimybės ir grėsmės, kylančios Lietuvos žemės ir miškų ūkiui dėl klimato kaitos. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 22(3). Research papers.

**Naira Šimkuvienė, Daiva Šileikienė, Laima Česonienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

**The Impact of National Food Quality System Technologies on the Characteristics of Edible Onion (*Allium cepa*)**

The world's population is gradually increasing, so it is estimated that global food production should double by 2050. Taking into account people's eating habits and the need to look for quality products, there is an increase in the trade of products manufactured according to the national food quality system (NKP), which, according to quality indicators, could exceed the safety and plant health requirements of conventional agricultural production established by the European Union and national legislation. The studies of edible onions grown on the farm of V. Kvedaras of the national food quality system were carried out, substantiating the scientific hypothesis that the application of this technology allows to grow high-quality edible onions.

National food quality system, edible onions.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Naira ŠIMKUVIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 11-511, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752224, +370 686 10762, el. paštas: [naira.simkuviene@vdu.lt](mailto:naira.simkuviene@vdu.lt)

Naira ŠIMKUVIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, Master student. Address: Studentų g. 11-511, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, +370 686 10762, e-mail: [naira.simkuviene@vdu.lt](mailto:naira.simkuviene@vdu.lt)

Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros docentė daktarė. Adresas: Studentų g. 11-511, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 652 55443, el. paštas: [daiva.sileikiene@vdu.lt](mailto:daiva.sileikiene@vdu.lt)

Daiva ŠILEIKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, assoc. prof. dr. Address: Studentų g. 11-511, LT-53361 Academy, Kaunas dist. Phone: +370 652 55443, e-mail: [daiva.sileikiene@vdu.lt](mailto:daiva.sileikiene@vdu.lt)

Laima ČESONIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros vedėja, prof. dr. Adresas: Studentų g. 11-511, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752224, el. paštas: [laima.cesonienel@vdu.lt](mailto:laima.cesonienel@vdu.lt)

Laima ČESONIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, assoc. prof. dr. Address: Studentų g. 11-511, LT-53361 Academy, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: [laima.cesonienel@vdu.lt](mailto:laima.cesonienel@vdu.lt)

# LIETUVOJE GAMINAMO JUODOSIOS PLOKŠČIAMUSĖS (*HERMETIA ILLUCENS*) ZOOKOMPOSTO SAVYBIŲ TYRIMAI

Juozas Pekarskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Tiriant Lietuvoje gaminamo juodosios plokščiamusės (*Hermetia illucens*) zookomposto savybes, nustatyta, kad brandintame zookomposte stambioji frakcija sudarė 5,04–5,77, o granuliuojamoji – 94,23–94,96 %. Granuliuojamą komposto frakciją sudarė 2,00–3,14 ir 1,00–1,99 mm frakcijų dalelės, kurių rasta 44,84–45,14 ir 40,22–41,34 %. Maisto atliekų zookompostų cheminė sudėtis priklauso nuo juodosios plokščiamusės lervų naudojamų maisto atliekų ir zookompostų kompostavimo procese naudojamų pagalbinių medžiagų. Maisto atliekų zookompostų cheminė sudėtis gerokai skiriasi nuo mėšinių galvijų mėšlo komposto. Tręšiant juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų ir maisto atliekų su mediena zookompostais vasarinius miežius, jiems pasireiškė fitotoksiškumo efektas. Jo nenustatyta vasarinius miežius patręšus mėšinių galvijų mėšlo maltu kompostu.

Juodoji plokščiamusė, zookompostai, maisto atliekos.

## Įvadas

Juodosios plokščiamusės lervos (BSFL) gali perdirbti ir maitintis daugybe organinių atliekų, įskaitant žemės ūkio atliekas (Manurung et al., 2016), gyvūnų atliekas (Ooninx et al., 2015a), maisto atliekas (Ooninx et al., 2015b).

Tyrimų rezultatai rodo, kad juodosios plokščiamusės lervų šėrimas daržovių atliekomis, daržovių atliekų perdirbimas priklauso nuo daržovių rūšies (Barragan-Fonseca et al., 2017).

Pašarai, kuriuos vartoja juodosios plokščiamusės lervos, gali turėti įtakos jų augimui ir biomasės sudėčiai, ypač atsižvelgiant į baltymų ir angliavandenių santykį. Ištirta, kad didelė baltymų koncentracija turi įtakos žalių baltymų kiekiui BSFL lervų biomasėje (Barragan-Fonseca et al., 2017), o esant per daug angliavandenių pašaruose gali sulėtėti lervų vystymasis (Danieli et al., 2019).

Lervų vystymuisi gali turėti įtakos ir fiziniai veiksniai. Pavyzdžiui, jei maisto substrato sluoksnis, kurį sudaro mėsos miltai, kiauliena, žuvis ar kepenys, yra per storas, sumažėja lervų maisto suvartojimas, todėl sumažėja jų išgyvenamumas ir pailgėja vystymosi laikas (Nguyen et al., 2013).

Priklausomai nuo naudojimo, lervos gali būti parduodamos gyvos paukščių, vištų ar žuvų augintojams arba gali būti apdorojamos su kitais ingredientais, kad būtų sudaryta visavertė ir subalansuota mityba. Tyrimai rodo, kad BSFL miltuose yra daug baltymų, aminorūgščių ir kitų maistinių medžiagų, panašių į žuvies miltus (Cummins et al., 2017).

Juodosios plokščiamusės lervų perdirbtos atliekos gali būti naudojamos kaip trąšos, jos skatina augalų augimą. Naudojant BSFL auginimo atliekų kompostą ir įprastą kompostą, augalų augimas reikšmingai nesiskiria. BSFL auginimo atliekos gali padidinti dirvožemio organinių medžiagų, azoto ir fosforo kiekį, o chitinas padidina augalų atsparumą ligoms ir patogenams. Tačiau verta paminėti, kad netinkamai panaudotos šviežios BSFL atliekos gali sulėtinti augalų augimą (Beesigamukama et al., 2019).

Augalai, patręšti BSFL auginimo atliekomis, kompostuotomis priverstinio aeravimo metodu, davė didesni derlių nei patręšti šviežiomis atliekomis. Šis tyrimas rodo, kad tolesnis kompostavimas gali pagerinti BSFL auginimo atliekų, naudojamų kaip trąšos, kokybę, skatinančią maistinių augalų vystymąsi. Todėl reikia atlikti nuodugnius BSFL auginimo atliekų tolesnio apdorojimo tyrimus, kad būtų pagerinta trąšų kaip organinių trąšų kokybė ir ji būtų geresnė augalų augimo alternatyva nei cheminės trąšos (Frost, Hunter, 2007).

Tvarus BSFL trąšų naudojimas gali sumažinti pernelyg didelę priklausomybę nuo brangių mineralinių trąšų, kurios daro žalingą poveikį dirvožemiui ir aplinkos sveikatai (Quilliam et al., 2020).

Tyrimų tikslas – ištirti Lietuvoje gaminamo juodosios plokščiamusės (*Hermetia illucens*) zookomposto savybes.

## Tyrimų metodika

Juodosios plokščiamusės lervos buvo auginamos ir maitinamos maisto atliekomis UAB „Biastra“ gamybos bazėje. Šioje bazėje susidariusios atliekos buvo kompostuojamos su mediena ir šiaudais. Kaip maisto atliekos buvo panaudoti duonos ir pyrago gaminiai, makaronai, sausainiai, saldainiai, šokoladas ir kiti maisto produktai, kurių galiojimo terminas buvo pasibaigęs ir jie buvo netinkami vartoti žmonėms.

Tolesni zookompostų tyrimai vykdyti Aleksandro Stulginskio universiteto (ASU) Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos instituto Agroekologijos centro ir ASU Bandymų stoties laboratorijose 2017–2018 m.

Juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų komposto džiovinimas, maišymas ir brandinimas (biofermentavimas) buvo atliekami ASU Agroekologijos centro laboratorijoje, o granulimetrinės sudėties tyrimai – ASU Bandymų stotyje. Zookompostų granulimetrinė (frakcinė) sudėtis nustatyta naudojant sijotuvą „Retsch AS 200“. Naudotas sietų komplektas: 7,1 mm; 5,00 mm; 4,00 mm; 3,15 mm; 2,00 mm; 1,00 mm; 0,50 mm; 0,25 mm ir mažiau nei 0,25 mm.

Fitotoksiškumo ir vegetaciniai tyrimai buvo atlikti LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje. Tyrimai vykdyti su vasarinių miežių vidutinio ankstyvumo veisle 'Ema DS', kuri sukurta LAMMC Žemdirbystės institute. Tyrimai atlikti keturiais pakartojimais. Temperatūra laboratorijoje buvo 18–20 °C. Naudotas dirbtinis apšvietimas. Šviesos režimas buvo dieninis–naktinis. Tyrimams buvo panaudotas dirvožemis, paimtas iš Alytaus rajono Butrimonių seniūnijos Plasapninkų kaimo Vytauto Patinsko ūkio žieminių kviečių lauko. Tyrimams naudotas priesmėlio, rūgštokas, vidutinio humusingumo, fosforingumo ir boringumo bei kalingas dirvožemis, kuriame suminio azoto rasta 0,096 %. Tyrimui naudoto dirvožemio agrocheminės savybės ir granulimetrinė sudėtis iširta LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten taikomais tyrimo metodais.

Vegetaciniams bandymams atlikti buvo panaudoti *Mitčerlich* tipo vegetaciniai indai – plastmasiniai vazonėliai su skylutėmis dugne ir lėkštele po jais. Vegetacinių indų skersmuo – 11,5 cm, aukštis – 7,0 cm. Indo plotas – 0,02 m<sup>2</sup>. Vegetaciniai indai ant bandymų stalo buvo išdėstyti atsitiktine tvarka keturiais pakartojimais. Į vegetacinius indus buvo įpilta 500 g dirvožemio ir 20 g tiriamo komposto. Dirvožemis su kompostu gerai išmaišytas. Buvo pasėta 20 vasarinių miežių sėklų, kurios buvo užbertos dirvožemio ir komposto mišinio sluoksniu. Vegetaciniuose induose vasarinių miežių augalai buvo suskaičiuoti jiems sudygus ir vasarinių miežių lapų vystymosi tarpsnyje (BBCH 11–13). Vasarinių miežių augalai buvo rankiniu purkštuvu laistomi vandeniu. Vandeniui buvo laistoma pagal poreikį, pradžiūvus vegetaciniuose induose dirvožemiui.

Kompostų ir zookompostų cheminės sudėties tyrimai atlikti LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje ten taikomais tyrimo metodais.

Tyrimų duomenys matematiškai apdoroti dispersinės analizės metodu, naudojant programą ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

## Rezultatai ir aptarimas

Atvežta perdirbta juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų biomasė buvo labai drėgna, lipni ir greitai kaito. Ją reikėjo nuolat maišyti. Šioje biomasėje buvo ir gyvų plokščiamusės lervų. Jos žuvo maišant ir laikant šią biomasę laboratorijoje. Maišant sumažėjo biomasės drėgnumas, bet iš karto nebuvo įmanoma nustatyti jos granulimetrinės sudėties. Praėjus 7 dienoms (savaitei), biomasė pradžiūvo, ir prasidėjo zookomposto biofermentacijos (brendimo) procesas. Šiame etape jau buvo galima iširti zookomposto granulimetrinę sudėtį ir ją buvo galima suskirstyti į dvi stambias frakcijas: stambioji frakcija ir frakcija, tinkama granuliavimui. Stambiają frakciją sudarė dalelės, kurių dydis buvo nuo >7,10 iki 3,15 mm, o granuliuojamą frakciją – dalelės, kurios buvo mažesnės nei 3,14 mm.

Vykstant maisto atliekų zookomposto biofermentacijai (brandinimui), stambiosios ir granuliuojamos frakcijos proporcija išliko panaši. Brandintame zookomposte stambioji frakcija sudarė 5,04–5,77, o granuliuojamoji – 94,23–94,96 %. Esminių pokyčių įvyko maisto atliekų zookomposto stambiojoje frakcijoje. Biofermentacijos proceso metu stambiosios dalelės iro, ir jų procentinis kiekis zookomposte mažėjo. Granuliuojamoje zookomposto frakcijoje nežymiai sumažėjo 2,00–3,14 ir 1,00–1,99 mm dalelių, bet padaugėjo 0,50–0,99 ir 0,25–0,49 mm dalelių. Granuliuojamą zookomposto frakciją sudarė 2,00–3,14 ir 1,00–1,99 mm dalelės, kurių rasta komposte 44,84–45,14 ir 40,22–41,34 % (1 lentelė).

Vertinant juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų zookomposto pH rodiklio vertes, nustatyta, kad mažiausia vertė buvo maisto atliekų zookomposto (6,03), o pridėjus medienos (medžiagos, turinčios daug C) ji padidėjo 1,87 vieneto (iki 7,90), o į zookompostą pridėjus šiaudų ir medienos, kompostas buvo šarmingiausias – 8,00. Didžiausias kiekis sausųjų medžiagų (78,81 %) nustatytas juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų zookomposte, jų nežymiai sumažėjo maisto atliekų zookomposte su mediena, o esmingai mažiau sausųjų medžiagų rasta maisto atliekų komposte su šiaudais ir mediena (2 lentelė).

**1 lentelė.** Juodosios plokščiamusės (*Hermetia illucens*) lervų brandinto maisto atliekų komposto granulimetrinė sudėtis, %**Table 1.** Granulometric composition of food waste compost matured by black fly (*Hermetia illucens*) larvae, %

Frakcija, mm / Fraction, mm		Reikšmė, % / Value, %		Reikšmė, % / Value, % po 10 d. / after 10 days	
Stambioji frakcija <i>Large fraction</i>	>7,10	0,13	5,77	0,08	5,04
	5,00–7,09	0,12		0,07	
	4,00–4,99	0,23		0,15	
	3,15–3,99	5,29		4,74	
Granuliuojama frakcija <i>Granular fraction</i>	2,00–3,14	45,14	94,23	44,84	94,96
	1,00–1,99	40,22		41,34	
	0,50–0,99	7,93		7,72	
	0,25–0,49	0,90		1,02	
	<0,25	0,04		0,04	

Panaudojus kompostavimui šiaudus, palyginti su maisto atliekų zookompostu ir zookompostu su mediena, esmingai sumažėjo zookomposto tankis (tūrinė masė). Maisto atliekų zookompostu su šiaudais ir mediena tūrinė masė buvo artima mėšinių galvijų mėšlo kompostui, kuriame taip pat buvo gausiai naudoti šiaudai mėšinių galvijų kreikimui. Maisto atliekų zookompostų gamyboje panaudojus medienos bei šiaudų ir medienos, palyginti tik su maisto atliekų zookompostu, komposte esmingai sumažėjo organinių medžiagų, organinės anglies, buvo esmingai mažesnis C/N santykis ir iš esmės mažėjo huminių ir fulvo rūgščių (2 lentelė).

Silicio oksidas (SiO<sub>2</sub>) (smėlis) yra labai nepageidaujama medžiaga kompostuose, nes labai blogina kompostų kokybę ir galimybę juos perdirbti į kitus produktus. Maisto atliekų zookomposte smėlio rasta tik 0,93 %. Tai leidžia daryti prielaidas, kad šį kompostą galima sėkmingai sugranuliuoti, kaip ir mėšinių galvijų mėšlo kompostą „Agrolinija-K“, kuriame silicio oksido rasta tik 0,82 %. Ištyrus maisto atliekų kompostą su mediena, silicio oksido rasta 40,27 %, o komposte su šiaudais ir mediena – net 45,35 % (2 lentelė).

Perdirbtų maisto atliekų kompostavimui panaudojus medieną ar šiaudus su mediena, zookompostuose esmingai mažėjo suminio azoto bei amoniakinio ir nitratinio azoto kiekis. Mažiausios šių rodiklių reikšmės nustatytos maisto atliekų zookomposte su šiaudais ir mediena (2 lentelė).

Panaudojus kompostavimui medieną bei šiaudus ir medieną, zookompostuose gerokai sumažėjo bendro ir vandenyje tirpus fosforo bei kalio kiekis. Medienoje ir šiauduose negausu fosforo ir kalio, jų kiekio sumažėjimas kompostuose dėsningas. Panaudojus medieną bei šiaudus ir medieną, zookompostuose esmingai padaugėjo natrio, kalcio, magnio, geležies ir sieros. Šių medžiagų gausėjimas kompostuose yra pageidaujamas, nes gerinama kompostų kokybė. Dėl to gerėja kompostų tręšiamoji vertė (2 lentelė).

Maisto atliekų zookompostų cheminė sudėtis priklauso nuo juodosios plokščiamusės lervų naudojamų maisto atliekų ir zookompostų kompostavimo procese naudojamų pagalbinių medžiagų (mediena, šiaudai). Maisto atliekų zookompostų cheminė sudėtis gerokai skiriasi nuo mėšinių galvijų mėšlo komposto.

Juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų ir maisto atliekų su mediena zookompostai mažino vasarinių miežių sėklų sudygimo procentą, palyginti su netręštais vasariniais miežiais. Patręšus maisto atliekų zookompostu ir maisto atliekų zookompostu su mediena, palyginti su netręštais vasariniais miežiais ir tręštais mėšinių galvijų mėšlo kompostu, esmingai sumažėjo vasarinių miežių daigumas ir vasarinių miežių augalų išlikimo procentas, praėjus po sudygimo 9 dienoms. Patręšus maisto atliekų kompostu, sumažėjo išlikusių augalų vegetacijos metu, palyginti su sudygusiais augalais. Maisto atliekų kompostas su mediena tokios įtakos neturėjo. Išliko tiek pat augalų, kiek jų ir sudygo. Maisto atliekų zookompostas su mediena esmingai padidino vasarinių miežių sėklų daigumą ir miežių augalų išlikimą vegetacijos metu, palyginti su maisto atliekų zookompostu (3 lentelė).

**2 lentelė.** Juodosios plokščiamusės (*Hermetia illucens*) lervų maisto atliekų zookompostas, zookompostas su mediena ir su šiaudais ir mediena cheminė sudėtis bei jos palyginimas su mėsinių galvijų mėšlo kompostas cheminė sudėtimi

**Table 2.** Chemical composition of black fly (*Hermetia illucens*) larvae food waste zoocompost, zoocompost with wood and with straw and wood and its comparison with the chemical composition of beef cattle manure compost

Rodiklis Parameter	Mėsinių galvijų mėšlo kompostas „Agrolinija–K“ Beef cattle manure compost “Agrolinija–K”	Maisto atliekų zookompostas (frakcija <3,15 mm) Food waste zoocompost (fraction <3.15 mm)	Maisto atliekų su mediena zookompostas (frakcija <3,15 mm) Food waste with wood zoocompost (fraction <3.15 mm)	Maisto atliekų su šiaudais ir mediena zookompostas (frakcija <3,15 mm) Food waste with straw and wood zoocompost (fraction <3.15 mm)
<b>Natūrali medžiaga / Natural material</b>				
pH	9,8	6,03	7,90	8,00
Sausųjų medžiagų kiekis, % Dry matter	68,9	78,81	76,79	60,36
Tūrinė masė, g l <sup>-1</sup> Bulk density	390,0	586,7	612,0	380,0
<b>Sausojoje medžiagoje / In dry matter</b>				
Organinių medžiagų kiekis, % Organic matter content	-	91,86	38,27	34,03
Bendras organinės anglies kiekis, % Total organic carbon	27,80	33,12	13,80	11,60
C/N	8,91	7,58	5,45	6,20
Suminio azoto (N) kiekis, % Total nitrogen (N)	3,12	4,37	2,53	1,87
Amoniakinis azotas (N-NH <sub>4</sub> ), mg kg <sup>-1</sup> Ammonia nitrogen (N-NH <sub>4</sub> ), mg kg <sup>-1</sup>	68,00	0,86	0,25	0,019
Nitratinis azotas (N-NO <sub>3</sub> ), mg kg <sup>-1</sup> Nitrate nitrogen (N-NO <sub>3</sub> ), mg kg <sup>-1</sup>	266,00	46,57	13,00	0,043
Bendras fosforo (P) kiekis, % Total phosphorus (P)	0,64	0,94	0,75	0,63
Vandenyje tirpus fosforas (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), % Water-soluble phosphorus (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	-	0,85	0,21	0,12
Bendras kalio (K) kiekis, % Total potassium (K), %	5,78	2,11	1,03	1,25
Vandenyje tirpus kalis (K <sub>2</sub> O), % Water-soluble potassium (K <sub>2</sub> O), %	-	1,83	0,76	0,86
Na, %	0,16	1,28	2,28	1,78
Ca, %	2,40	0,50	2,23	3,85
Mg, %	0,71	0,19	0,98	0,96
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	1 900	858,0	7 606,0	8 743,0
S, %	0,52	0,06	0,90	0,88
Huminės rūgštys, % Humic acids, %	-	21,74	6,52	4,11
Fulvo rūgštys, % Fulvic acids, %	-	3,24	1,12	0,78
Silicio oksidas (SiO <sub>2</sub> ), % Silicon oxide (SiO <sub>2</sub> ), %	0,82	0,93	40,27	45,35

Tręšiant vasarinius miežius juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų ir maisto atliekų su mediena zookompostais, jiems pasireiškė fitotoksiškumo efektas. Jo nenustatyta vasarinius miežius patręšus mėšinių galvijų mėšlo maltu kompostu. Fitotoksiškumo efektas buvo silpnesnis vasarinius miežius patręšus maisto atliekų kompostu su mediena, nei tręšiant tik maisto atliekų kompostu (3 lentelė).

**3 lentelė.** Įvairios kilmės kompostų įtaka vasarinių miežių augalų daigumui ir išlikimui vegetacijos metu, %  
*Table 3. The influence of composts of various origins on the germination of spring barley plants and their survival during the growing season, %*

<b>Tiriama priemonė</b> <i>The tool under investigation</i>	<b>Sudygę vasarinių miežių augalai, %</b> <i>Germinated spring barley plants, %</i>	<b>Vasarinių miežių augalai, išlikę vegetacijos metu, %</b> <i>Spring barley plants survived during the growing season, %</i>
Be komposto <i>Without compost</i>	80,00	82,50
Mėšinių galvijų mėšlo maltas kompostas (10 t ha <sup>-1</sup> ) <i>Beef cattle manure ground compost (10 t ha<sup>-1</sup>)</i>	86,25	86,25
Juodosios plokščiamusės ( <i>Hermetia illucens</i> ) lervų brandintas maisto atliekų kompostas (10 t ha <sup>-1</sup> ) <i>Food waste compost matured by black fly (Hermetia illucens) larvae (10 t ha<sup>-1</sup>)</i>	62,50	61,25
Juodosios plokščiamusės ( <i>Hermetia illucens</i> ) lervų brandintas maisto atliekų kompostas su mediena (10 t ha <sup>-1</sup> ) <i>Food waste compost matured by black fly (Hermetia illucens) larvae with wood (10 t ha<sup>-1</sup>)</i>	66,25	66,25
<i>R<sub>05</sub> / LSD<sub>05</sub></i>	2,452	2,346

## Išvados

1. Brandintame zookomposte stambioji frakcija sudarė 5,04–5,77, o granuliuojamoji – 94,23–94,96 %. Esminių pokyčių įvyko maisto atliekų zookomposto stambiojoje frakcijoje. Biofermentacijos proceso metu stambiosios dalelės iro, ir jų procentinis kiekis zookomposte mažėjo. Granuliuojamą komposto frakciją sudarė 2,00–3,14 ir 1,00–1,99 mm frakcijų dalelės, kurių zookomposte rasta 44,84–45,14 ir 40,22–41,34 %.
2. Maisto atliekų zookompostų cheminė sudėtis priklauso nuo juodosios plokščiamusės lervų naudojamų maisto atliekų ir zookompostų kompostavimo procese naudojamų pagalbinių medžiagų (mediena, šiaudai). Maisto atliekų zookompostų cheminė sudėtis gerokai skiriasi nuo mėšinių galvijų mėšlo komposto.
3. Vasarinius miežius tręšiant juodosios plokščiamusės lervų maisto atliekų ir maisto atliekų su mediena zookompostais, jiems pasireiškė fitotoksiškumo efektas. Jo nenustatyta vasarinius miežius patręšus mėšinių galvijų mėšlo maltu kompostu. Fitotoksiškumo efektas buvo silpnesnis vasarinius miežius patręšus maisto atliekų kompostu su mediena, nei tręšiant tik maisto atliekų kompostu.

## Literatūra

1. Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M. and van Loon, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—A review. *J. Insects Food Feed.*, 3, 105–120.
2. Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N., Musyoka, M. W., Fiaboe, K. K. M., Nakimbugwe, D., Khamis, F. M., Subramanian, S., Dubois, T., Ekesi, S., et al. (2019). Biodegradation by composting of municipal organic solid waste into organic fertilizer using the black soldier fly (*Hermetia illucens*) (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.*, 8, 45–54.
3. Cummins, V. C., Rawles, S. D., Thompson, K. R., Velasquez, A., Kobayashi, Y. and Hager, J. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia ilucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 743, 337–344.
4. Danieli, P., Lussiana, C., Gasco, L., Amici, A. and Ronchi, B. (2019). The effects of diet formulation on the field proximate composition, and fatty acid profile of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae intended for animal feed. *Animal*, 178. <https://doi.org/10.3390/ani9040178>

5. Frost, C. J. and Hunter, M. D. (2007). Recycling of nitrogen in herbivore feces: Plant recovery, herbivore assimilation, soil retention, and leaching losses. *Oecologia*, 151, 42–53.
6. Manurung, R., Supriatna, A., Esyanti, R. and Putra, R. (2016). Bioconversion of rice straw waste by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.): Optimal feed rate for biomass production. *Journal Entomology and Zoology Studies*, 4(4), 1036–1041.
7. Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K. and Vanlaerhoven, S. (2013). Influence of resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larval development. *Journal of Medical Entomology*, 50, 898–906.
8. Oonincx, D., Broekhoven, S., Huis, A. and Loon, J. (2015a). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, 10(12), 1–20.
9. Oonincx, D., van Huis, A. and van Loon, J. (2015b). Nutrient utilization by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 131–139.
10. Quilliam, R. S., Nuku-Adeku, C., Maquart, P., Little, D., Newton, R. and Murray, F. (2020). Integrating insect frass biofertilisers into sustainable peri-urban agro-food systems. *J. Insects Food Feed*, 6, 315–322.
11. Tarakanovas, P. ir Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPULIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas.

### Juozas Pekarskas

Vytautas Magnus University, Lithuania

#### **Research on the Properties of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Zoocompost Produced in Lithuania**

When investigating the properties of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) zoocompost produced in Lithuania, it was found that the coarse fraction in the matured zoocompost was 5.04–5.77%, and the granular fraction was 94.23–94.96%. The granulated compost fraction consisted of particles of 2.00–3.14 and 1.00–1.99 mm fractions, which were found in 44.84–45.14 and 40.22–41.34%. The chemical composition of food waste zoocomposts depends on the food waste used by larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) and the auxiliary materials used in the zoocompost composting process. The chemical composition of food waste zoocomposts is significantly different from beef cattle manure compost. When fertilizing spring barley with food waste from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and food waste with wood zoocomposts, they showed a phytotoxicity effect. It was not detected after fertilizing spring barley with beef cattle manure ground compost.

Black soldier fly, zoocomposts, food waste.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Juozas PEKARSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Agroekologijos centro vadovas, biomedicinos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 671 03749, el. paštas: juozas.pekarskas@vdu.lt

Juozas PEKARSKAS. Vytautas Magnus University Academy of Agriculture, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Head of the Agroecology Center, doctor of biomedical sciences, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53362 Academy, Kaunas dist. Phone: +370 671 03749, e-mail: juozas.pekarskas@vdu.lt

# SKIRTINGŲ ORGANINIŲ KOMPONENTŲ IR KOMPOSTAVIMO SĄLYGŲ ĮTAKA KOMPOSTO KOKYBINIAMS RODIKLIAMS IR INDIKACINIAMS AUGALAMS

Domantė Razulevičiūtė, Jūratė Aleinikovienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Kompostavimas – aplinkosaugos aspektu vienas priimtinausių bioskaidžių organinių atliekų tvarkymo būdų. Šiuo tyrimu siekiama sukaupti žinias, reikalingas komposto, kaip efektyvaus produkto, gamybai. Komposto kokybę vertinama pagal mišinių cheminę sudėtį: azoto, fosforo ir kalio kieki, C/N santykį ir įtaką sėjamųjų pipirnių (*Lepidium sativum* L.) derlingumui. Biožaliavų mišiniai buvo praturtinti biologiškai aktyviomis medžiagomis: medienos pjuvenomis, nurūgštintomis durpėmis ir paukščių mėšlu. Maišymo laikotarpis turėjo įtakos C/N santykiui, svarbiausių augalų mitybai maisto medžiagų: azoto, fosforo ir kalio kiekiui, sėjamųjų pipirnių sudygimui ir augimui. Biožaliavų mišinio praturtinimas nurūgštintomis durpėmis skatino indikacinius augalus sukaupti daugiau mineralinių medžiagų. Medienos pjuvenų panaudojimas didino C/N santykį.

Kompostai, C/N santykis, kompostų cheminė analizė.

## Įvadas

Komposto naudojimo aktualumo augimą nulėmė priimtumas aplinkosaugos aspektu, nes sumažinamas organinių atliekų, besikaupiančių sąvartynuose, kiekis. Sąvartynuose šios atliekos pūdamos išskiria metano dujas, kurios yra vienas reikšmingiausių klimato kaitą skatinančių veiksnių, o filtratas sukelia požeminio vandens taršos riziką. Komposto naudojimas visiškai atitinka žiedinės ekonomikos principus. XXI a. tenka spręsti vis labiau ryškėjančias problemas, susijusias su aplinkos pokyčiais ir ekosistemų (įskaitant dirvožemį) degradacija. Nuolat iš žemės ūkio laukų išvežant biomase, pastebimas humuso kiekio mažėjimas. Kompostas – efektyvi organinė trąša ir degraduojančio dirvožemio gerinimo priemonė. Tačiau siekiant kuo plačiau taikyti šią priemonę žemės ūkyje, būtinas ir mokslo indėlis. Paskutinį dešimtmetį atliekami tyrimai siekiant geriau pažinti tokių parametrų kaip drėgmė, deguonis, temperatūra įtaką komposto kokybei, įvertinti įnešamų skirtingų organinių atliekų naudą (Lu et al., 2019; Guo et al., 2020; Ozaki et al., 2017). Svarbu ne tik sukurti aukštos kokybės kompostą, bet ir efektyvinti procesą sutrumpinant gamybos laiką. Šiuo tyrimu siekiama sukaupti žinias, reikalingas komposto, kaip efektyvaus produkto, gamybai. Sukurtas produktas turėtų pasižymėti geba palaikyti dirvožemio sveikatą, pagerinti jo savybes ir pasižymėti aukštu biologiniu aktyvumu.

Formuluojama tokia hipotezė: tikėtina, kad ūkio subjektuose organinės kilmės atliekų maišymas tarpusavyje ir jų papildymas tinkamais organinės kilmės komponentais leidžia suformuoti biologiškai aktyvų mišinį, tinkamą dirvožemiui formuoti ir augalų derlingumui didinti.

*Tyrimo objektas* – skirtingos biocheminės sudėties organinių medžiagų mišiniai. Detali jų sudėtis tyrimo pradžioje nenustatyta. Biožaliavų mišinys neišsiskyrė biožaliavų branda arba biožaliavų mišinio fizikiniai rodikliai (poringumas –  $72,8 \pm 3,9$  proc., piltinis tankis –  $835 \pm 128$  g cm<sup>-3</sup>, tūrinis tankis –  $1963 \pm 661$  g L<sup>-1</sup>) neatitiko brandaus komposto rodiklių, o biožaliavų mišinys neskaidus ir biochemiškai nestabilizuotas. Mišiniai praturtinti šiomis biologiškai aktyviomis medžiagomis: paukščių mėšlu, nurūgštintomis durpėmis ir medienos pjuvenomis, siekiant biožaliavų mišinius biochemiškai stabilizuoti ir biologiškai suaktyvinti.

*Tyrimo tikslas* – nustatyti skirtingų organinių komponentų įtaką komposto mišinių cheminei sudėčiai, C/N santykiui ir sėjamosioms pipirnėms.

## Tyrimų metodika

Biožaliavų mišinys kompostuoti buvo paruošiamas laikantis trijų veiksnių schemos, kai eksperimento variantai: A veiksnys – biožaliavos maišymo įmonės kompostavimo aikštelėje laikotarpis: (1) I maišymas, (2) II maišymas; B veiksnys – biožaliavos praturtinimo biologiškai aktyviomis medžiagomis koncentracija: (1) iki 10 proc. biožaliavos mišinio tūrio, (2) iki 20 proc. biožaliavos mišinio masės; C veiksnys – pasyvaus kompostavimo būdas: (1) aerobinis, (2) anaerobinis.

Biožaliavų mišiniai, praturtinti biologiškai aktyviomis medžiagomis, kompostuoti 15 mėn.  $25 \pm 1$  °C temperatūroje. Kompostuojant anaerobinėmis sąlygomis, mišiniai kibiruose buvo uždengiami dangčiu sandariai, kad nepatektų oro iš aplinkos. Kompostuojant aerobinėmis sąlygomis, mišiniai plastikiniuose kibiruose buvo pridengiami tik filtriniu popieriumi. Biožaliavų mišinių kompostavimas buvo vykdomas trimis pakartojimais, iš viso 36 plastikinėse talpose (kibiruose), kurios tyrimų laboratorijoje buvo išdėstytos



atsitiktine tvarka. Vykdyto tyrimo metu kompostuojami biožaliavų mišiniai buvo laistomi rankiniu būdu kas 4-5 dienas (aerobinėmis sąlygomis laikomų talpų) ir kas 7-8 dienas (anaerobinėmis sąlygomis laikomų talpų), laikantis greito mišinių talpos paviršiaus atidengimo bei atidarymo ir laistymo režimo (ne daugiau negu 4 sekundės). Dieną prieš kompostuojamų mišinių laistymą, naudojant elektroninį drėgnomatį „Delta T Device HH2“ su sensoriumi WET, visuose variantuose talpose išmatuojamas mišinių drėgnumas.

Kompostuotų biožaliavų mišinių cheminiai rodikliai nustatyti Lietuvos žemės ūkio konsultavimo tarnybos Cheminių tyrimų laboratorijoje du kartus: biožaliavų mišinius kompostuojant 9 mėn. ir 15 mėn. Biožaliavų mišinių cheminei sudėčiai nustatyti jungtiniai ėminiai buvo surenkami dirvožemio grąžtu per visą kompostuojamos masės gylį kiekvienoje talpoje ir atliekant penkis dūrius, laikantis greito mišinių talpos paviršiaus atidengimo bei atidarymo režimo (ne daugiau negu 10 sekundžių).

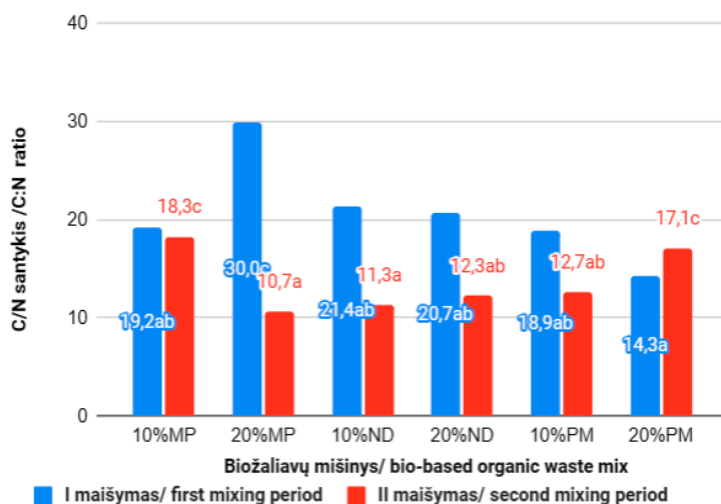
Plastikiniai daiginimo indeliai buvo pripildomi biožaliavų mišinio, kompostuoto atitinkamai aerobinėmis ir anaerobinėmis sąlygomis, bei pirmojo ir antrojo biožaliavų maišymo. Sėjamosioms pipirinėms daiginti iš viso buvo paruošti 72 plastikiniai daiginimo indeliai. Kiekviename daiginimo indelyje pasėta po 5 g sėjamųjų pipirinių sėklų ir daiginta iki 15 dienų  $24 \pm 2$  °C temperatūroje, palaikant iki 26 proc. substratų drėgnumą. Po 15 dienų daiginimo sėjamųjų pipirinių biomasė buvo nupjauta ir išdžiovinta termostate 60 °C temperatūroje iki pastovios masės.

Taikyti cheminės analizės metodai: organinei angliai nustatyti – sausasis deginimas (LST EN 13037:2012), suminiam azotui nustatyti – Kjeldalio metodas (ISO 10694:1995), amoniakinio azoto, nitratinio azoto – 1 M KCl ištraukos filtrate analizuojant naudojamas analizatorius „Fiastar 5000“ (ISO 14256–2:2005), judriojo fosforo – Egner–Riehm–Domingo (A–L) metodas (spektrofotometrija), fosfatų fosforo – spektrometrinis, naudojamas amonio molibdatas (LST EN ISO 6878:2004), judriojo kalio – Egner–Riehm–Domingo (A–L) metodas, tyrime naudojamas liepsnos fotometras JENWAY PFP7.

Duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterinę programą ANOVA iš programos paketo SYSTAT 12. Skirtumų tikimybės lygis tarp visų variantų nustatytas LSD testu (Raudonius ir kt., 2009).

## Rezultatai ir aptarimas

Siekiant sukurti aukštos kokybės kompostą, svarbu išlaikyti tinkamą C/N (anglies ir azoto) santykį. Stabilizuotuose kompostuojamuose junginiuose jis turi būti mažesnis nei 20 (Qiao et al., 2021).



**1 pav.** Anglies ir azoto santykis, kompostavimo sąlygos – anaerobinės, kompostavimo trukmė – 9 mėnesiai, komposto mišiniai praturtinti medienos pjuvenomis (MP), nurūgštintomis durpėmis (ND), paukščių mėšlu (PM)

**Fig. 1.** C:N ratio, composting conditions – anaerobic, composting time – 9 months, compost mixes with wood sawdust (MP), acidified peat (ND), bird manure (PM)

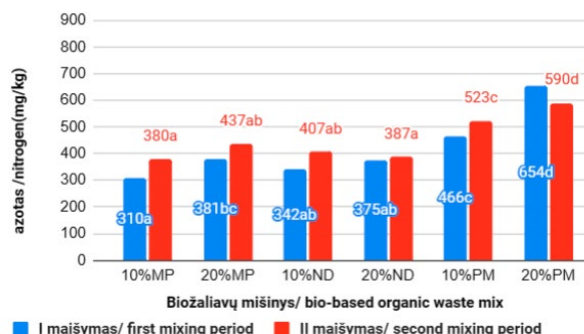
Pastaba. <sup>a-d</sup> Tarp reikšmių, pažymėtų ta pačia raide, stulpeliuose esminių skirtumų nenustatyta ( $P < 0,05$ ).

Note. <sup>a-d</sup> Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ( $P < 0,05$ ).

Palyginus I ir II maišymo mišinių anglies ir azoto santykį, nustatyta, kad I maišymo C/N santykis didesnis nei II maišymo (kitos sąlygos tos pačios: kompostuota anaerobinėmis sąlygomis, 9 mėn. kompostavimo laikotarpis) (1 pav.). II maišymo mišiniuose C/N santykis signalizuoja azoto praradimus. Tai rodo pernelyg intensyvias emisijas arba pernelyg greitą transformaciją. Azotas būtinas mikroorganizmų ląstelių gyvybinėms

funkcijoms palaikyti ir augti, anglis yra pagrindinis energijos šaltinis. Dėl šios priežasties pastebėtas azoto trūkumas turės neigiamos įtakos mikroorganizmams.

Komposto, kaip organinės trąšos, kokybę galima vertinti pagal jame esantį azoto, fosforo, kalio kiekį (Staugaitis ir kt., 2011). Vertinant tirtų organinių žaliavų mišinių praturtinimą šiais elementais, gauti rezultatai atskleidė, kad, praėjus 9 mėn., II maišymo mišiniuose jų kiekis buvo didesnis nei I maišymo (2–4 pav.).

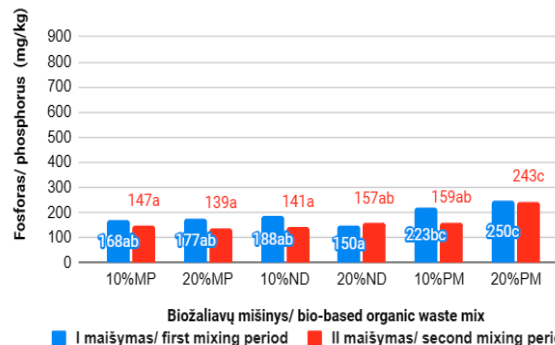


**2 pav.** Azoto kiekis, kompostavimo sąlygos – anaerobinės, kompostavimo trukmė – 9 mėnesiai, komposto mišiniai praturtinti medienos pjuvenomis (MP), nurūgštintomis durpėmis (ND), paukščių mėšlu (PM)

**Fig. 2.** Nitrogen content, composting conditions – anaerobic, composting time – 9 months, compost mixes with wood sawdust (MP), acidified peat (ND), bird manure (PM)

Pastaba. <sup>a-d</sup> Tarp reikšmių, pažymėtų ta pačia raide, stulpeliuose esminių skirtumų nenustatyta ( $P < 0,05$ ).

Note. <sup>a-d</sup> Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ( $P < 0.05$ ).

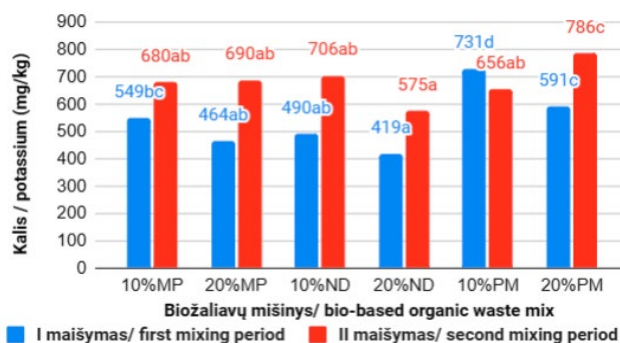


**3 pav.** Fosforo kiekis, kompostavimo sąlygos – anaerobinės, kompostavimo trukmė – 9 mėnesiai, komposto mišiniai praturtinti medienos pjuvenomis (MP), nurūgštintomis durpėmis (ND), paukščių mėšlu (PM)

**Fig. 3.** Phosphorus content, composting conditions – anaerobic, composting time – 9 months, compost mixes with wood sawdust (MP), acidified peat (ND), bird manure (PM)

Pastaba. <sup>a-d</sup> Tarp reikšmių, pažymėtų ta pačia raide, stulpeliuose esminių skirtumų nenustatyta ( $P < 0,05$ ).

Note. <sup>a-d</sup> Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ( $P < 0.05$ ).



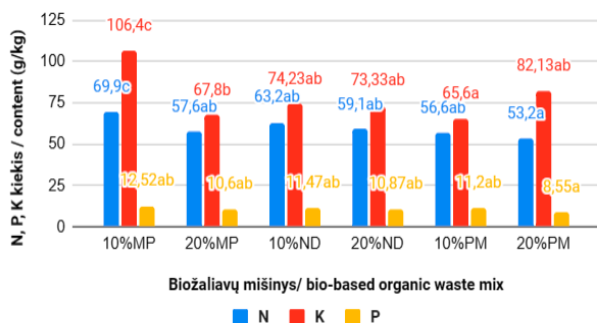
**4 pav.** Kalio kiekis, kompostavimo sąlygos – anaerobinės, kompostavimo trukmė – 9 mėnesiai, komposto mišiniai praturtinti medienos pjuvenomis (MP), nurūgštintomis durpėmis (ND), paukščių mėšlu (PM)

**Fig. 4.** Potassium content, composting conditions – anaerobic, composting time – 9 months, compost mixes with wood sawdust (MP), acidified peat (ND), bird manure (PM)

Pastaba. <sup>a-d</sup> Tarp reikšmių, pažymėtų ta pačia raide, stulpeliuose esminių skirtumų nenustatyta ( $P < 0,05$ ).

Note. <sup>a-d</sup> Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ( $P < 0.05$ ).

Sullivanas ir kt. 2018 m. nustatė, kokia šių elementų koncentracija komposte yra tinkama dirvožemiui praturtinti. Šių tyrėjų duomenimis, procentinė azoto koncentracija turi būti 1–2 proc., fosforo – 0,3–0,9 proc., kalio – 0,5–1,5 proc. 9 mėn. kompostuotuose mūsų tyrime naudotuose biožaliavų mišiniuose trūksta dviejų iš trijų šių cheminių elementų – azoto ir fosforo (2, 3 pav.). Procentinė jų koncentracija net iki 3 kartų mažesnė. Judriojo kalio kiekis, priešingai nei azoto ir fosforo, pasiekė vidutines ribas abiejų maišymų ir skirtingo praturtinimo mišiniuose (4 pav.). II maišymo komposte kalio kiekis varijuoja nuo 575 iki 186 mg/kg (priklausomai nuo praturtinimo aktyviomis medžiagomis) ir yra esmingai didesnis nei I maišymo 9 mėn. komposte.

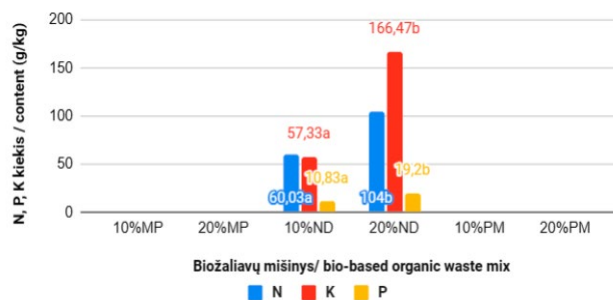


**5 pav.** Sėjamųjų pipirnių (*Lepidium sativum* L.) biomasės cheminė sudėtis anaerobinėmis sąlygomis kompostuotų biožaliavų mišiniuose (I maišymo mišiniuose)

**Fig. 5.** Chemical composition of *Lepidium sativum* L. biomass, anaerobic condition (first mixing period)

Pastaba. <sup>a-d</sup> Tarp reikšmių, pažymėtų ta pačia raide, stulpeliuose esminių skirtumų nenustatyta ( $P < 0,05$ ).

Note. <sup>a-d</sup> Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ( $P < 0.05$ ).



**6 pav.** Sėjamųjų pipirnių (*Lepidium sativum* L.) biomasės cheminė sudėtis anaerobinėmis sąlygomis kompostuotų biožaliavų mišiniuose (II maišymo mišiniuose)

**Fig. 6.** Chemical composition of *Lepidium sativum* L. biomass, anaerobic condition (second mixing period)

Pastaba. <sup>a-d</sup> Tarp reikšmių, pažymėtų ta pačia raide, stulpeliuose esminių skirtumų nenustatyta ( $P < 0,05$ ).

Note. <sup>a-d</sup> Means followed by the same letter for the same measurement did not differ significantly ( $P < 0.05$ ).

Auginant sėjamųjų pipirnių daigus, nustatyta, kad sėjamųjų pipirnių augimą nulėmė biožaliavų mišinių maišymo laikas. Daigai sudygo visuose tyrimo variantuose su I maišymo biožaliavų mišiniu ir intensyviausiai augo mišiniuose su nurūgštintomis durpėmis (5 pav.). II maišymo mišiniuose sėjamųjų pipirnių daigai sudygo tik su nurūgštintomis durpėmis papildytais mišiniais (6 pav.). Todėl galima daryti prielaidą, kad biožaliavų mišinys su nurūgštintomis durpėmis labiausiai stabilizavosi kompostuojant žaliavas anaerobinėmis sąlygomis.

Įdomu ir tai, kad sėjamųjų pipirnių daigų biomasė nevienodai aktyviai kaupė maisto medžiagas. Iki 1,7 karto daugiau azoto sukaupte sėjamųjų pipirnių biomasė II maišymo mišiniuose su didesniu nurūgštintų durpių kiekiu. Tokios pat tendencijos pastebėtos ir kaupiant fosforą bei kalį. Kita vertus, azoto, fosforo ir kalio sukaupta daugiau I maišymo mišiniuose su mažesniu nurūgštintų durpių kiekiu. Tokie tyrimų duomenys leidžia daryti prielaidą, kad I ir II biožaliavų maišymų pradinė organinių medžiagų kompozicija buvo nevienoda. Kompostavimo laboratorinėmis sąlygomis metu tik I maišymo mišiniuose anaerobinėmis sąlygomis biocheminiai rodikliai stabilizavosi. II mišinio biocheminė stabilizacija buvo silpna, o ir nevyko aerobinio kompostavimo sąlygomis.

## Išvados

1. Didesnis anglies ir azoto santykis buvo nustatytas I maišymo mišiniuose (varijavo nuo 14,3 iki 30). Biologiškai aktyvios medžiagos – medžio pelenų – panaudojimas didino C/N santykį (I maišymo mišiniuose, praturtintuose medžio pelenais, C/N santykis siekia 30,0). Palyginus I ir II maišymo mišinius, nustatyta, kad II maišymo mišiniuose sukaupti didesnis azoto (I maišymo mišiniuose vidutinis kiekis – 374 mg/kg, II – 454 mg/kg) ir kalio (I maišymo mišiniuose vidutinis kiekis – 540 mg/kg, II – 682 mg/kg) kiekis.
2. I maišymo mišinių panaudojimas nulėmė geresnį sėjamųjų pipirnių sudygimą, II maišymo mišiniuose indikacinis augalas sudygo tik panaudojus nurūgštintas durpes, I maišymo mišiniuose skatinusias ir spartesnį augimą. Nurūgštintos durpės turėjo įtakos ir maisto medžiagų kaupimui sėjamųjų pipirnių biomasėje: 20 proc. durpėmis praturtinti II maišymo mišiniai ir 10 proc. – I maišymo mišiniai sukaupte daugiausiai azoto, fosforo ir kalio.

## Literatūra

1. Guo, Y., Rene, E. R., Wang, J. and Ma, W. (2020). Biodegradation of polyaromatic hydrocarbons and the influence of environmental factors during the co-composting of sewage sludge and green forest waste. *Bioresource Technology*, 297, 122–434.
2. Lu, Y., Zheng, G., Zhou, W., Wang, J. and Zhou, L. (2019). Bioleaching conditioning increased the bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons to promote their removal during co-composting of industrial and municipal sewage sludges. *The Science of the Total Environment*, 665, 1073–1082.

- Ozaki, N., Nakazato, A., Nakashima, K., Kindaichi, T. and Ohashi, A. (2017). Loading and removal of PAHs, fragrance compounds, triclosan and toxicity by composting process from sewage sludge. *The Science of the Total Environment*, 605, 860–866.
- Qiao, C., Penton, C. R., Liu, C., Tao, C., Deng, X., Ou, Y. and Li, R. (2021). Patterns of fungal community succession triggered by C/N ratios during composting. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123344.
- Raudonius, S., Jodaugienė, D., Pupalienė, R. ir Trečiokas, K. (2009). Mokslinių tyrimų metodika. Akademija, Kauno r., 119 p.
- Staugaitis, G., Mažeika, R., Antanaitis, A. ir Antanaitis, Š. (2011). Komposto, naudojamo žemės ūkyje, kokybės reikalavimų analizė ir įvertinimas: taikomojo mokslinio tyrimo ataskaita. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Agrocheminių tyrimų laboratorija, p. 52–78.
- Sullivan, D. M., Bary, A. I., Miller, R. O. and Brewer, L. J. (2018). Interpreting compost analyses. Corvallis, OR, USA: Oregon State University Extension Service, pp. 1–10.

**Domantė Razulevičiūtė, Jūratė Aleinikovienė, Vaclovas Bogužas, Lina Skinulienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **The Influence of Different Organic Components and Composting Conditions on Compost Quality and Indicative Plants**

Composting is one of the most environmentally friendly ways of managing bio-based organic waste. This study aims to accumulate the knowledge necessary for the production of compost as an effective product. The quality of compost is assessed by the chemical composition and the influence on the *Lepidium sativum* L. Bio-based organic waste mix enrichment with biologically active substances: wood sawdust, acidified peat and bird manure. The mixing period influenced the C/N ratio, the content of the most important nutrients for plant nutrition: nitrogen, phosphorus and potassium, the germination and growth of the indicative plant. Bio-based organic waste mix enrichment with acidified peat led to the fact that the indicative plants accumulated more mineral substances. The use of wood sawdust increased the C/N ratio.

Composts, C/N ratio, chemical analysis of composts.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Domantė RAZULEVIČIŪTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros II pakopos studentė. Adresas: Vokiečių g. 105, LT-45260 Kaunas. Tel.: +370 683 06121, el. paštas: domanterazuleviciute@gmail.com

Domantė RAZULEVIČIŪTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, second cycle study student. Address: Vokiečių g. 105, LT-45260 Kaunas. Phone: +370 683 06121, e-mail: domanterazuleviciute@gmail.com

# SKYSTŲ BIOLOGINIŲ PREPARATŲ, PAGAMINTŲ IŠ SAPROPELIO IR MĒSINIŲ GALVIJŲ MĒŠLO KOMPOSTO, ĮTAKA EKOLOGIŠKAI AUGINAMIEMS AUGALAMS IR DIRVOŽEMIO SAVYBĖMS

Juozas Pekarskas, Bertoldas Gumbaragis, Algirdas Gavenauskas

Vytauto Didžiojo universitetas

Tiriant skystų biologinių preparatų, pagamintų iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, įtaką vasariniams miežiams, nustatyta, kad jie turėjo esminės įtakos vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derliui. Dėl jų įtakos žaliosios biomasės derlius padidėjo 0,378–0,392 g arba 17,06–17,69 proc., o sausosios biomasės – 0,084–0,104 g arba 15,61–19,33 proc. Didžiausias vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlius gautas juos nupurškus skystu biologiniu preparatu „Agrolinija – S“ du kartus po 3 l ha<sup>-1</sup> norma, bet lyginant su purškimu sapropelio biologiniu preparatu „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ skystų biologinių preparatų mišiniu, esmingų biomasės derliaus skirtumų negauta. Biologiniai preparatai neturėjo esminės įtakos sausųjų medžiagų kiekiui vasarinių miežių biomasėje. Skysti biologiniai preparatai, pagaminti iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, esmingai paveikė vasarinių miežių biomasės cheminę sudėtį, bet neturėjo esminės įtakos dirvožemio agrocheminėms savybėms.

Biologiniai preparatai, kompostas, miežiai, sapropelis.

## Įvadas

Skystos organinės trąšos ir biologiniai preparatai Lietuvoje ekologinėje žemdirbystės sistemoje pradėti naudoti nuo 2004 m., o vėliau išplito ir kitokiose žemdirbystės sistemose. Šiuo metu jų naudojimas labai išsiplėtė. Skysti biologiniai preparatai ne tik didina žemės ūkio augalų derlių, bet ir turi esminę įtaką derliaus kokybei, mažina segetalinės floros išplitimą pasėliuose ir t. t. (Sliesaravičius et al., 2006; Pekarskas ir kt., 2021).

Kita žaliava, labai svarbi skystų biologinių preparatų gamybai, yra sapropelis. Sapropelio nuosėdų vandens telkiniuose atsirado ir jos pradėjo kauptis po ledyno atsitraukimo prieš 12–15 tūkstančių metų. Intensyvus sapropelio kaupimasis vyko holocene, ir jis yra labai vertingas gamtos išteklius. Sapropelis yra biologinių procesų medžiaga, susiformavusi ežerų dugne per tūkstantmečius nuo paskutinio apledėjimo, jis turi koloidinę drebučio pavidalo struktūrą, labai sunkiai sausėja (Ozola et al., 2010; Grimm et al., 2011; Stankevica et al., 2016).

Sapropelio veiksmingumas priklauso nuo jo cheminės sudėties. Sapropelyje yra visi makroelementai ir daug augalams reikalingų mikroelementų, taip pat įvairių biologiškai veiklių medžiagų. Tręšimas sapropeliu praturtina dirvą organinėmis medžiagomis, gerina dirvožemio struktūrą, fizikines savybes (Bakšienė, Janušienė, 2005; Daux et al., 2006; Booth et al., 2007).

Kita sapropelio panaudojimo sritis yra skystų sapropelio trąšų ir sapropelio ekstraktų, kurių sudėtyje yra biologiškai aktyvių medžiagų, gamyba. Atlikti tyrimai parodė jų efektyvumą įvairiems žemės ūkio augalams (Bunere et al., 2014; Stankevica et al., 2016).

Vytauto Didžiojo universiteto (VDU) Žemės ūkio akademijoje atliktais tyrimais nustatyta, kad skystas biologinis preparatas, pagamintas iš Lietuvoje išgaunamo sapropelio, esmingai padidino vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlių, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais, o saujųjų medžiagų kiekiui vasarinių miežių biomasėje esmingos įtakos neturėjo. Nupurškus „Sapro Extract“ 3 l ha<sup>-1</sup> norma, palyginti su 1 l ha<sup>-1</sup> norma, žaliosios ir sausosios biomasės derlingumas padidėjo esmingai (Pekarskas, 2022b).

Kitais tyrimais nustatyta, kad nupurškus ir į dirvožemį įterpus 20 ir 30 l ha<sup>-1</sup> „Sapro Extract“ normas, dirvožemio pH rodiklio reikšmė esmingai padidėjo, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais. „Sapro Extract“ mažai paveikė dirvožemio humuso, judriųjų fosforo ir kalio rodiklių reikšmes. Nupurškus ir į dirvą įterpus 20 ir 30 l ha<sup>-1</sup> „Sapro Extract“ normas, bendrojo azoto kiekis dirvožemyje padidėjo esmingai, palyginti su nepuršktais vasariniais miežiais ir puršktais 10 l ha<sup>-1</sup> „Sapro Extract“ norma (Pekarskas, 2022a).

Tyrimų tikslas – ištirti skystų biologinių preparatų, pagamintų iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, įtaką ekologiškai auginamiems vasariniams miežiams ir dirvožemio savybėms.

## Tyrimų metodika

Skystų biologinių preparatų, pagamintų iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, įtakos vasariniams miežiams vegetaciniai tyrimai atlikti VDU Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Ekosistemų laboratorijoje 2021 m. gruodžio – 2022 m. sausio mėnesiais.

Vegetaciniam bandymams atlikti buvo panaudoti *Mitčerlich* tipo vegetaciniai indai – plastmasiniai vazonai su skylutėmis dugne ir lėkštele po jais. Vegetacinių indų skersmuo – 18,0 cm, aukštis – 16 cm. Tyrimai atlikti penkiais pakartojimais. Tyrimai vykdyti su vasarinių miežių veislės ‘KWS Atrika’ augalais.

Vegetaciniam tyrimams atlikti buvo panaudotas dirvožemis, paimtas iš Kauno rajono Ringaudų seniūnijos Kalniškių kaime esančio VDU Žemės ūkio akademijos mokomojo ūkio ekologinės gamybos ūkio apsauginės juostos juodojo pūdymo lauko. Vidutinio sunkumo priemolio dirvožemis buvo šarmiškas (pH – 7,25), vidutinio humusingumo (2,34 %) ir kalingumo (146,0 mg kg<sup>-1</sup>), didelio fosforingumo (214 mg kg<sup>-1</sup>), bendrojo azoto rasta 0,120 %.

Tyrimai buvo vykdomi su UAB „Biodinamika“ organinių trąšų gamykloje pagamintais skystais biologiniais preparatais: skystu biologiniu organiniu preparatu, pagamintu iš Lietuvoje išgaunamo sapropelio „Sapro Extract“, kurio cheminė sudėtis pateikta 1 lentelėje, ir skystu biologiniu preparatu, pagamintu iš mėšinių galvijų mėšlo komposto, „Agrolinija – S“, kurio cheminė sudėtis pateikta 2 lentelėje.

**1 lentelė.** Skysto biologinio preparato „Sapro Extract“ cheminė sudėtis

**Table 1.** Chemical composition of “Sapro Extract” liquid biological preparation

Rodiklis / Parameter	Reikšmė / Result
Natūrali medžiaga / Natural material	
pH	11,60
Tūrinė masė, g l <sup>-1</sup> / Bulk density	993
Sausųjų medžiagų kiekis, % / Dry matter	3,80
Organinių medžiagų kiekis, % / Organic matter content	2,70
Bendras huminių rūgščių kiekis, % / Total humic acids	1,30
Bendras organinės anglies kiekis, % / Total organic carbon	1,40
Bendras azoto (N) kiekis, % / Total nitrogen (N)	0,10
Bendras fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) kiekis, % / Total phosphorus (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<0,02
Bendras kalio (K <sub>2</sub> O) kiekis, % / Total potassium (K <sub>2</sub> O)	0,60
Mg, mg kg <sup>-1</sup>	65,00
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	179,00

**2 lentelė.** Skysto biologinio preparato, pagaminto iš mėšinių galvijų mėšlo komposto, „Agrolinija – S“ cheminė sudėtis

**Table 2.** Chemical composition of liquid biological preparation made from beef cattle manure compost “Agroline – S”

Rodiklis / Parameter	Reikšmė / Result
Natūrali medžiaga / Natural material	
pH	10,80
Sausųjų medžiagų kiekis, % / Dry matter	5,70
Organinių medžiagų kiekis, % / Organic matter content	3,70
Bendras huminių rūgščių kiekis, % / Total humic acids	3,00
Bendras azoto (N) kiekis, % / Total nitrogen (N)	0,17
Bendras fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) kiekis, % / Total phosphorus (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,07
Bendras kalio (K <sub>2</sub> O) kiekis, % / Total potassium (K <sub>2</sub> O)	1,00
Mg, mg kg <sup>-1</sup>	487,00
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	176,00

Sapropelis, kuris buvo naudojamas skystų biologinių preparatų gamyboje, gautas iš UAB „Alių durpynas“. Skystą biologinį preparatą pagamino UAB „Biodinamika“, tam panaudodama turimą inovatyvią įrangą ir technologiją. „Sapro Extract“ galima naudoti ekologinėje žemdirbystės sistemoje.

Bandymų schema: 1) nepurkšta skystais biologiniais preparatais; 2) purkšta „Sapro Extract“ 3+3 l ha<sup>-1</sup>; 3) purkšta „Agrolinija – S“ 3+3 l ha<sup>-1</sup>; 4) purkšta „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ mišiniu 1+2 + 1+2 l ha<sup>-1</sup>.

Vienam vegetaciniam indeliui užpildyti buvo panaudota 2,00 kg (1,50 l) vidutinio sunkumo priemolio dirvožemio, kuris buvo persijotas 4 mm sietu. Į vegetacinį indelį buvo įpilama 1,25 l priemolio dirvožemio, dirvožemis sudrėkinamas 250 ml vandens, pasėjamos vasarinių miežių sėklos (po 35 vnt.), ant pasėtų sėklų užpilama 250 ml (0,30 kg) dirvožemio sluoksnio, kuris sudrėkinamas vandeniu jį išpurškiant. Vasarinių miežių sėklos buvo įterpiamos 2–3 cm gylyje.

Vegetaciniai indeliai sudėti ant stalo (stelažo). Laboratorija buvo apšviečiama natūralios dienos šviesa ir dienos šviesos lempomis bei šildoma. Patalpos temperatūra – 18–20 °C. Tyrimų metu augantys vasarinių miežių augalai buvo laistomi pagal poreikį vandentiekio vandeniu.

Išaugę vasarinių miežių augalai su žirkėmis iš vegetacinių indelių buvo nupjauti ir pasverti. Žaliosios masės ėminiai buvo išdžiovinti VDU Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje termostate (+40 °C). Išdžiovinti augalai pasverti. Išdžiovintų augalų biomasės cheminė sudėtis iširta LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje.

Paimta dirvožemio ėminių dirvožemio agrocheminėms savybėms iširti. Iš vieno tyrimo varianto paimti du dirvožemio ėminiai. Dirvožemio agrocheminių savybių rodiklių reikšmės nustatytos LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje.

Tyrimų duomenys matematiškai apdoroti dispersinės analizės metodu, naudojant programą ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

## Rezultatai ir aptarimas

Skysti biologiniai preparatai, pagaminti iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, esmingai paveikė vasarinių miežių žaliosios biomasės derlių vegetaciniuose indeliuose. Dėl jų įtakos žaliosios biomasės derlius padidėjo 0,378–0,392 g arba 17,06–17,69 proc. Didžiausias vasarinių miežių žaliosios biomasės derlius gautas juos nupurškus skystu biologiniu preparatu „Agrolinija – S“ du kartus po 3 l ha<sup>-1</sup> norma, bet, lyginant su purškimu sapropelio biologiniu preparatu „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ skystų biologinių preparatų mišiniu, esmingų žaliosios biomasės derliaus skirtumų negauta (3 lentelė).

Atlikus vegetacinius bandymus, nustatyta, kad skysti biologiniai preparatai, pagaminti iš Lietuvoje esamų organinių medžiagų, esmingai paveikė vasarinių miežių sausosios biomasės derlių vegetaciniuose indeliuose. Dėl jų įtakos sausosios biomasės derlius padidėjo 0,084–0,104 g arba 15,61–19,33 proc. Didžiausias vasarinių miežių sausosios biomasės derlius (0,642 g) gautas juos nupurškus biologiniu preparatu „Agrolinija – S“ du kartus po 3 l ha<sup>-1</sup> norma, bet, lyginant su purškimu sapropelio preparatu „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ biologinių preparatų mišiniu, esmingų sausosios biomasės derliaus skirtumų negauta (3 lentelė).

Ištyrus skystų biologinių preparatų įtaką sausųjų medžiagų kiekiui vasarinių miežių biomasėje, nustatyta, kad tirti biologiniai preparatai neturėjo esminės įtakos sausųjų medžiagų kiekiui, palyginti su nepurkštais vasariniais miežiais. Saproelio biologinis preparatas „Sapro Extract“ labiau didino sausųjų medžiagų kiekį vasarinių miežių biomasėje nei purškimas „Agrolinija – S“ ir „Sapro Extract“ biologinių preparatų mišiniu (3 lentelė).

**3 lentelė.** Skystų biologinių preparatų formų įtaka vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derliui ir sausųjų medžiagų kiekiui biomasėje

**Table 3.** The influence of the forms of liquid biological preparations on the yield of green and dry biomass of spring barley and the amount of dry matter in the biomass

Variantai <i>Treatments</i>	Žaliosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio <i>Green biomass yield, g of vegetative dish</i>	Sausosios biomasės derlius, g iš vegetacinio indelio <i>Dry biomass yield, g of vegetative dish</i>	Sausosios medžiagos, % <i>Dry matter, %</i>
Nepurkšta skystais biologiniais preparatais <i>Do not spray with liquid biological preparations</i>	2,216	0,538	24,28
Purkšta „Sapro Extract“ 3+3 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Sapro Extract” 3+3 l ha<sup>-1</sup></i>	2,594	0,622	23,98
Purkšta „Agrolinija – S“ 3+3 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Agrolinija – S” 3+3 l ha<sup>-1</sup></i>	2,640	0,642	24,32
Purkšta „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ mišiniu 1+2 + 1+2 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Sapro Extract” and “Agrolinija – S” mixture 1+2 + 1+2 l ha<sup>-1</sup></i>	2,608	0,630	24,16
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,051	0,026	0,680

Nupurškus vasarinius miežius „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ biologinių preparatų mišiniu, azoto kiekis vasarinių miežių biomasėje nustatytas esmingai didesnis nei nepurkštuose vasariniuose miežiuose. Nupurškus skystu sapropelio biologiniu preparatu „Sapro Extract“, esmingai padidėjo azoto kiekis miežių biomasėje, palyginti su purškimu „Agrolinija – S“, bet esminių skirtumų nenustatyta, palyginti su purškimu „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ mišiniu (4 lentelė).

Palyginus su nepurkštais vasariniais miežiais, purškimas „Agrolinija – S“ fosforo kiekį didino, o purškimas „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ mišiniu fosforo kiekį vasarinių miežių biomasėje mažino. Nupurškus biologiniu preparatu „Agrolinija – S“, fosforo kiekis vasarinių miežių biomasėje esmingai padidėjo, palyginti tiek su nepurkštais vasariniais miežiais, tiek su purkštais „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ mišiniu (4 lentelė).

**4 lentelė.** Skystų biologinių preparatų formų įtaka ekologiškai auginamų vasarių miežių biomasės cheminei sudėčiai  
*Table 4. The influence of the forms of liquid biological preparations on the chemical composition of organically grown spring barley biomass*

<b>Variantai</b> <i>Treatments</i>	<b>N,</b> <b>%</b>	<b>P,</b> <b>%</b>	<b>K,</b> <b>%</b>	<b>Ca,</b> <b>%</b>	<b>Mg,</b> <b>%</b>	<b>Fe,</b> <b>mg kg<sup>-1</sup></b>
Nepurkšta skystais biologiniais preparatais <i>Do not spray with liquid biological preparations</i>	5,86	1,06	6,40	2,19	0,40	439,60
Purkšta „Sapro Extract“ 3+3 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Sapro Extract” 3+3 l ha<sup>-1</sup></i>	6,16	0,85	6,52	2,29	0,44	339,30
Purkšta „Agrolinija – S“ 3+3 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Agrolinija – S” 3+3 l ha<sup>-1</sup></i>	5,96	1,39	7,85	2,11	0,39	350,00
Purkšta „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ mišiniu 1+2 + 1+2 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Sapro Extract” and “Agrolinija – S” mixture 1+2 + 1+2 l ha<sup>-1</sup></i>	6,03	0,89	6,80	2,13	0,43	352,90
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,14	0,07	0,12	0,12	0,06	24,71

Purškiant vasarinius miežius biologiniais preparatais, jų išaugintoje biomasėje esmingai padaugėjo kalio, palyginti su nepurkštais miežiais. Nupurškus „Agrolinija – S“, kalio kiekis vasarinių miežių biomasėje esmingai padidėjo, palyginti tiek su nepurkštais vasariniais miežiais, tiek su purkštais „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ biologinių preparatų mišiniu. Lyginant „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ mišinio įtaką kalio kiekiui vasariniuose miežiuose, nustatyta, kad, nupurškus „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ biologinių preparatų mišiniu, jo kiekis buvo esmingai didesnis, nei purškiant tik „Sapro Extract“ (4 lentelė).

Nupurškus vasarinius miežius biologiniu preparatu „Sapro Extract“, kalcio kiekis miežių biomasėje esmingai padidėjo, palyginti su purškimu „Agrolinija – S“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ biologinių preparatų mišiniu. Palyginus skirtingas biologinių preparatų formas tarpusavyje, esmingų magnio kiekio skirtumų vasarinių miežių biomasėje negauta.

Purškimas skystais biologiniais preparatais esmingai mažino geležies kiekį vasarinių miežių biomasėje, palyginti su nepurkštais vasariniais miežiais. Palyginus skirtingų biologinių preparatų formas tarpusavyje, nustatyta, kad jos neturėjo esmingos įtakos geležies kiekiui vasarinių miežių biomasėje (4 lentelė).

Vasarinių miežių purškimas skystais biologiniais preparatais turėjo menką įtaką dirvožemio agrocheminių rodiklių reikšmėms. Skysti biologiniai preparatai neturėjo esmingos įtakos dirvožemio pH, humuso, judriųjų fosforo ir kalio bei bendrojo azoto kiekiui dirvožemyje (5 lentelė).



**5 lentelė.** Skystų biologinių preparatų formų įtaka dirvožemio agrocheminių savybių rodiklių reikšmėms**Table 5.** The influence of the forms of liquid biological preparations on the values of indicators of soil agrochemical properties

<b>Variantai</b> <i>Treatments</i>	<b>pH</b>	<b>Humusas, %</b> <i>Humus, %</i>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>K<sub>2</sub>O, mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>Bendrasis azotas (N), %</b> <i>Total nitrogen (N), %</i>
Nepurkšta skystais biologiniais preparatais <i>Do not spray with liquid biological preparations</i>	7,25	2,34	214,0	146,0	0,141
Purkšta „Sapro Extract“ 3+3 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Sapro Extract” 3+3 l ha<sup>-1</sup></i>	7,26	2,34	213,5	146,5	0,143
Purkšta „Agrolinija – S“ 3+3 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Agrolinija – S” 3+3 l ha<sup>-1</sup></i>	7,25	2,35	214,5	146,5	0,144
Purkšta „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ mišiniu 1+2 + 1+2 l ha <sup>-1</sup> <i>Spray “Sapro Extract” and “Agrolinija – S” mixture 1+2 + 1+2 l ha<sup>-1</sup></i>	7,25	2,34	213,5	146,4	0,142
R <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,125	0,084	4,210	5,512	0,017

**Išvados**

1. Skysti biologiniai preparatai, pagaminti iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, esmingai paveikė vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlių. Dėl jų įtakos žaliosios biomasės derlius padidėjo 0,378–0,392 g arba 17,06–17,69 proc., o sausosios biomasės – 0,084–0,104 g arba 15,61–19,33 proc. Didžiausias vasarinių miežių žaliosios ir sausosios biomasės derlius gautas juos nupurškus skystu biologiniu preparatu „Agrolinija – S“ du kartus po 3 l ha<sup>-1</sup> norma, bet, lyginant su purškimu sapropelio biologiniu preparatu „Sapro Extract“ ir „Agrolinija – S“ bei „Sapro Extract“ skystų biologinių preparatų mišiniu, esmingų biomasės derliaus skirtumų negauta. Biologiniai preparatai neturėjo esminės įtakos sausųjų medžiagų kiekiui vasarinių miežių biomasėje.
2. Skysti biologiniai preparatai, pagaminti iš sapropelio ir mėšinių galvijų mėšlo komposto, esmingai paveikė vasarinių miežių biomasės cheminę sudėtį, bet neturėjo esminės įtakos dirvožemio agrocheminėms savybėms.

**Literatūra**

1. Bakšienė, E. ir Janušienė, V. (2005). Ilgalaikiai karbonatinio sapropelio tyrimai paprastojo išplautžemio dirvožemyje. *Žemdirbystė-Agriculture*, 89, 3–17.
2. Booth, C. A., Baksienė, E., Fullen, M. A. and Ciunys, A. (2007). Long-term agrochemical dynamics: Engineering, application and challenges of calcareous sapropel as a soil fertilizer. *International Journal of Ecodynamics*, 2(2), 108–116.
3. Bunere, S., Stankeviča, K. and Klavins, M. (2014). Effects of sapropel on the growth of radish (*Raphanus sativus* L.). In: The 56th International Scientific Conference of Daugavpils University, Saule, Daugavpils, pp. 16–24.
4. Daux, V., Foucault, A., Melieres, F. and Turpin, M. (2006). Sapropel-like pliocene sediments of Sicily deposited under oxygenated bottom water. *Bulletin de la Societe geologique de France*, 177(2), 79–88.
5. Grimm, E. C., Donovan, J. J. and Brown, K. J. (2011). A high-resolution record of climate variability and landscape response from Kettle Lake, northern Great Plains, North America. *Quaternary Science Reviews*, 30(20), 2626–2650.
6. Ozola, I., Ceriņa, A. and Kalniņa, L. (2010). Reconstruction of palaeovegetation and sedimentation conditions in the area of ancient Lake Burtnieks, northern Latvia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 59(2), 164–179.
7. Pekarskas, J. (2022a). Sapropelio skystų biologinių preparatų, įterptų į dirvą, įtaka ekologiškai auginamiems žemės ūkio augalams ir dirvožemio savybėms. *Žmogaus ir gamtos sauga: mokslo straipsnių rinkinys*, p. 162–165.
8. Pekarskas, J. (2022b). Skystų biologinių sapropelio preparatų, purškiamų per lapus, įtaka ekologiškai auginamiems žemės ūkio augalams. *Žmogaus ir gamtos sauga: mokslo straipsnių rinkinys*, p. 169–172.

9. Pekarskas, J., Gavenauskas, A. ir Jančius, R. (2021). Skystų organinių trąšų įtaka segetalinei florai ekologiškų vasarinių kviečių, kvietrugių ir rugių agroekosistemose Rytų Lietuvoje. *Žmogaus ir gamtos sauga: mokslo straipsnių rinkinys*, p. 195–198.
10. Sliesaravičius, A., Pekarskas, J., Rutkoviėnė, V. ir Baranauskis, K. (2006). Grain yield and disease resistance of winter cereal varieties and applications of biological agent in organic agriculture. *Agronomy Research*, 4(special issue), 371–378.
11. Stankevica, K. Z., Vincevica-Gaile, Z. and Klavins, M. (2016). Freshwater sapropel (gyttja): Its description, properties and opportunities of use in contemporary agriculture. *Agronomy Research*, 14(3), 929–947.
12. Tarakanovas, P. ir Raudonius, S. (2003). Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPULIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. *Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas*.

### Juozas Pekarskas, Bertoldas Gumbaragis, Algirdas Gavenauskas

Vytautas Magnus University, Lithuania

#### Effects of Liquid Biological Preparations Made from Sapropel and Beef Cattle Manure Compost on Organically Grown Plants and Soil Properties

When studying the influence of liquid biological preparations made from sapropel and beef cattle manure compost on spring barley, it was found that they significantly influenced the green and dry biomass yield of spring barley. Under their influence, the yield of green biomass increased by 0.378–0.392 g or 17.06–17.69 percent, and that of dry biomass by 0.084–0.104 g or 15.61–19.33 percent. The highest yield of green and dry biomass of spring barley was obtained after spraying it with liquid biological preparation “Agrolinija – S” twice at the rate of 3 l ha<sup>-1</sup>, but compared to spraying with sapropel biological preparation “Sapro Extract” and a mixture of liquid biological preparations “Agrolinija – S” and “Sapro Extract”, essential biomass no yield differences were obtained. Biological preparations did not significantly affect the amount of dry matter in spring barley biomass. Liquid biological preparations made from sapropel and beef cattle manure compost significantly affected the chemical composition of spring barley biomass, but did not significantly affect soil agrochemical properties.

Biological preparations, compost, barley, sapropel.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Juozas PEKARSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros Agroekologijos centro vadovas, biomedicinos mokslų daktaras, docentas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 671 03749, el. paštas: juozas.pekarskas@vdu.lt

Juozas PEKARSKAS. Vytautas Magnus University Academy of Agriculture, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forests and Ecology, Head of the Agroecology Center, doctor of biomedical sciences, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 671 03749, e-mail: juozas.pekarskas@vdu.lt

Bertoldas GUMBARAGIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 630 17140, el. paštas: bertoldas.gumbaragis@vatzum.lt

Bertoldas GUMBARAGIS. Vytautas Magnus University Academy of Agriculture, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forestry and Ecology, Master student. Address: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 630 17140, e-mail: bertoldas.gumbaragis@vatzum.lt

Algirdas GAVENAIUSKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros docentas, biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752224, el. paštas: algirdas.gavenauskas@vdu.lt

Algirdas GAVENAIUSKAS. Vytautas Magnus University Academy of Agriculture, Department of Environment and Ecology, Faculty of Forestry and Ecology, assistant professor, doctor of biomedical sciences. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: algirdas.gavenauskas@vdu.lt

# SKIRTINGŲ ORGANINIŲ MULČIŲ IR JŲ SLUOKSNIO STORIO ĮTAKA VALGOMŲJŲ MORKŲ (*DAUCUS SATIVA* L.) PRODUKTYVUMUI IR KOKYBINIAMS RODIKLIAMS

Karolina Jackevičienė, Aušra Sinkevičienė, Kęstutis Romaneckas, Rasa Kimbirauskienė, Augustas Sederevičius, Inesa Sinkevičiūtė

Vytauto Didžiojo universitetas

Tyrimai atlikti Giedrių kaime, Vilkaviškio rajone. Eksperimento lauko dirvožemio humusingumas – 5,85 proc., pH<sub>KCl</sub> 6,70 – neutralus. Tyrimo tikslas – įvertinti skirtingų organinių mulčių įtaką valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) produktyvumui ir kokybiniais rodikliais. Eksperimento variantai: 1) nemulčiuota (NE); 2) durpės (DP); 3) žolė (ŽO); 4) šiaudai (ŠD). Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: pradinis – 18 m<sup>2</sup> (3×6 m). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai buvo padengti 5 cm ir 10 cm storio sluoksniu.

Tiriamuoju laikotarpiu nustatyta, kad žolės ir šiaudų mulčias esmingai didino valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) derlingumą. Storesnis 10 cm sluoksniu esmingai mažino valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) derlių, lyginant su 5 cm mulčio sluoksniu. Visi organiniai mulčiai esmingai mažino žaliųjų proteinų kiekį valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) šakniavaisiuose, palyginti su nemulčiuotais laukeliais. Storesniu (10 cm) mulčio sluoksniu padengtuose laukeliuose valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) šakniavaisiuose sausųjų medžiagų ir absoliučiai sausųjų medžiagų kiekis esmingai didesnis nei 5 cm storio sluoksniu mulčiuotuose laukeliuose.

Valgomosios morkos (*Daucus sativa* L.), organiniai mulčiai, kokybiniai rodikliai.

## Įvadas

Pasaulyje nedaug tirta, kaip mulčias veikia kultūrinių augalų derlingumą. Serbijoje atliktų tyrimų metu nustatyta, kad šiaudų mulčias mažino bulvių gumbų skaičių, lyginant su nemulčiuotu variantu, tačiau gumbų dydis ir bendras derlingumas buvo nustatytas didžiausias mulčiuojant šiaudais (Oljača et al., 2018). Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos (VDU ŽŪA) Bandymų stotyje 2018 m. įrengtame eksperimente nustatyta, kad visi organiniai mulčiai turėjo teigiamos įtakos svogūnų derlingumui. Tiesioginė įtaka derlingumui priklauso nuo pasirinktų organinių mulčių, jų cheminės sudėties, naudojamo storio sluoksnio ar padengimo laiko (Bajorienė, 2013). Mulčiavimas neleidžia pasiekti saulės spinduliams sudryškusių piktžolių sėklių (Jodaugienė ir kt., 2006), trukdo drėgmei išgaruoti iš dirvožemio, palaiko vienodesnę, pastovesnę dirvožemio temperatūrą, sudaro geresnes sąlygas dirvoje gyvenantiems mikroorganizmams (Jodaugienė ir kt., 2016). Optimalios sąlygos leidžia užauginti geresnės kokybės augalus ir gauti didesnę bei kokybiškesnę derlių.

Tyrimo tikslas – įvertinti ir palyginti skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaką valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) produktyvumui ir kokybiniais rodikliais.

Tyrimo objektas – valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) pasėlis, mulčiuotas skirtingais organiniais mulčiais.

## Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas Algirdo Jackevičiaus ūkyje Vilkaviškio rajone, Giedrių kaime, 2023 metais. Eksperimente naudoti organiniai mulčiai: 1) nemulčiuota (NE); 2) durpės (DP); 3) žolė (ŽO); 4) šiaudai (ŠD). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai buvo padengti 5 cm ir 10 cm storio sluoksniu gegužės 11 d. Tyrimų lauke naudoti smulkinti žieminių kviečių šiaudai, vidutiniškai susiskaidžiusios žemapelkių durpės, dažnai pjaunama vejų žolė. Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: pradinis – 18 m<sup>2</sup> (3×6 m). Eksperimento variantų laukeliai išdėstyti atsitiktine tvarka. Laukelio apsauginė juosta – 4 m pločio.

Eksperimente valgomųjų morkų (*Daucus Sativa* L.) pasėlis buvo auginamas taikant ekologiniuose ūkiuose priimtą auginimo technologiją, nenaudojant mineralinių trąšų ir cheminių augalų apsaugos priemonių. Iš rudens dirva buvo suarta traktoriumi „MTZ–550“ 3 korpusų plūgu „Bomet Leo“ 20–25 cm gyliu. Pavasarį, kai dirva pasiekė fizinę brandą, prieš sėją buvo kultivuojama kultivatoriumi „Kvelneland“ skirtingomis kryptimis. Morkos sėtos balandžio 8 d., veislė – 'Namdal'. Sėta sėjama „Nodel-gougis“ 75 cm tarpueiliais, ir sėkla įterpta 2 cm gyliu, sėklos norma – 1,4 kg ha<sup>-1</sup>.

Valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) derlingumas apskaičiuotas pasveriant šakniavaisius be antžeminės dalies. Išmatuotas valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) ilgis ir skersmuo.

Morkų cheminės sudėties analizės atliktos pagal standartines medžiagų nustatymo metodikas:

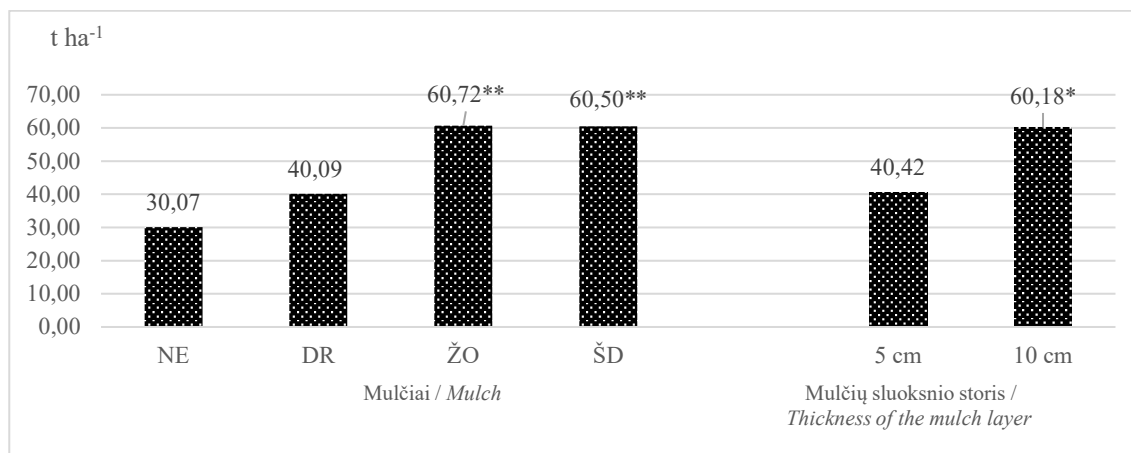
1. Sausųjų medžiagų kiekis nustatytas džiovinant mėginius iki pastovios masės 105 °C temperatūroje (LST ISO 751:2000). Apskaičiuojant sausųjų medžiagų kiekį, naudota iki 65 °C džiovinto mėginio masė. Absoliučiai sausųjų medžiagų kiekis apskaičiuotas naudojant iki 105 °C džiovintą mėginio masę.
2. Tirpiųjų sausųjų medžiagų kiekis nustatytas refraktometriniu metodu (LST ISO 2173:2004).
3. Žaliųjų baltymų kiekis nustatytas Kjeldalio metodu (LST 1523).
4. Žaliųjų pelenų kiekis nustatytas deginant mėginį mufelinėje krosnyje sausuoju būdu (Methodenbuch, 1993).
5. Žaliosios ląstelienos kiekis nustatytas Weender metodu (LST 1523).
6. Vitamino C kiekis, mg 100 g<sup>-1</sup> – nustatytas S. K. Murio titravimo metodu. Titruojant mėginius 2,6-dichlorfenolindofenolio natrio druska iki rožinės spalvos (LST ISO 6557 2:2000);

Tyrimo duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterines programas ANOVA ir GLM iš programų paketo SYSTAT 10. Skirtumų tikimybės lygis įvertintas LSD testu: \* 0,05 ≤ P > 0,01; \*\* 0,01 ≤ P > 0,001; \*\*\* P ≤ 0,001 (SPSS Inc., 2000).

## Rezultatai ir aptarimas

Organiniai mulčiai ir jų sluoksnio storis gali nulemti daugelį veiksnių, turinčių įtaką žemės ūkio augalų derlingumui. 2019 m. VDU ŽŪA Bandymų stotyje įrengtame eksperimente nustatyta, kad visi organiniai mulčiai turėjo teigiamos įtakos svogūnų derlingumui, o didžiausias esmingas, arba 2,1 karto didesnis, derliaus priedas buvo gautas dirvą padengus neįprastu saulėgražų lukštų granulių mulčiu, lyginant su nemulčiuotų laukelių derliumi (Pupalienė, Grakauskė, 2019). Žolės mulčias esmingai didino kopūstų, bulvių ir pupelių derlingumą, o pjuvenų mulčias turėjo esminės neigiamos įtakos šių daržovių derlingumui. Lyginant su nemulčiuota dirva, pjuvenų mulčias net 14,8 karto mažino pupelių derlingumą (Sinkevičienė, 2011).

2023 m. atlikto tyrimo metu nustatyta, kad organiniai mulčiai nevienodai veikė valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) augimą ir vystymąsi. Žolės ir šiaudų mulčiai esmingai didino valgomųjų morkų derlių (1 pav.).



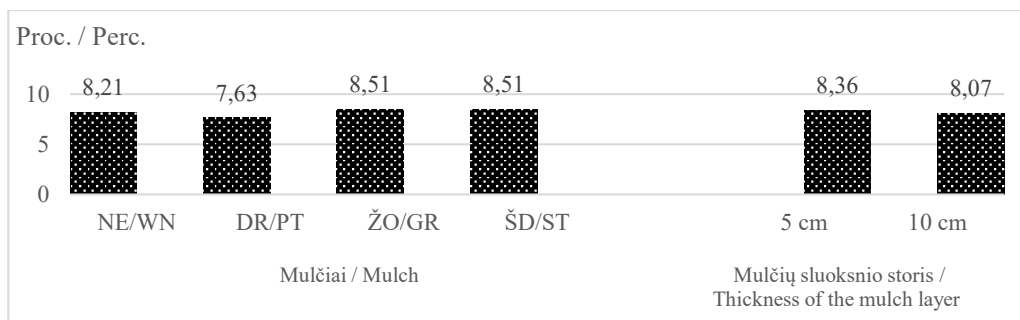
**1 pav.** Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka valgomųjų morkų derliui  
**Fig. 1.** The effect of different organic mulches and their thick layer on carrot productivity

Pastaba. \* 0,05 ≤ P > 0,01; \*\* P ≤ 0,01; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
 Note. \* 0,05 ≤ P > 0,01; \*\* P ≤ 0,01 > 0,001; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Žolė mulčiuotuose laukuose valgomųjų morkų derlingumas nustatytas 2,2 karto didesnis, lyginant su nemulčiuotais laukeliais. Durpių mulčias esminės įtakos neturėjo, lyginant su kontrolinio varianto laukeliais.

Ištyrus mulčių sluoksnio storio įtaką, nustatyta, kad storesnis (10 cm) mulčio sluoksnis esmingai didino valgomųjų morkų derlingumą.

Atlikus tyrimą nustatyta, kad skirtingi organiniai mulčiai turėjo nevienodą įtaką vitamino C kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose. Mažiausias vitamino C kiekis nustatytas durpėmis mulčiuotuose laukuose (2 pav.). Žolės ir šiaudų mulčiumi dengtuose laukuose vitamino C kiekis vienodas – 8,51 proc.

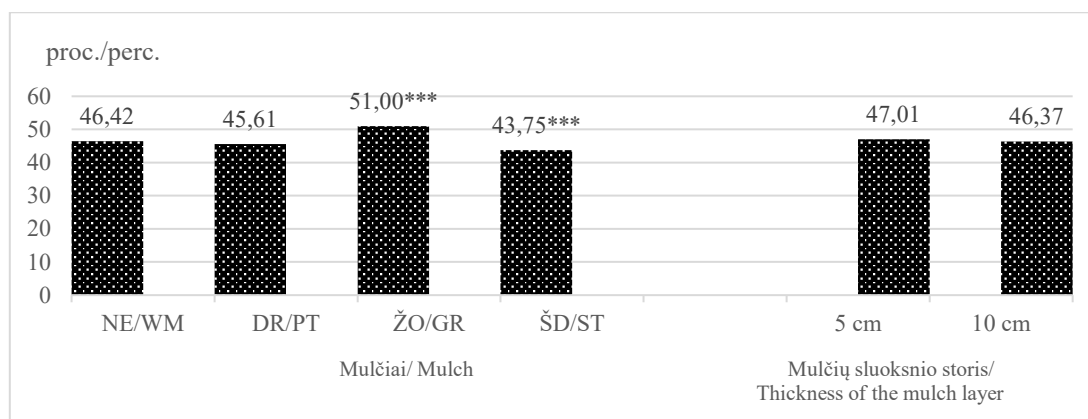


**2 pav.** Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka vitamino C kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose  
**Fig 2.** The effect of different organic mulches and their thick layer thickness for vitamin C content in edible carrot root vegetables

Pastaba. Esminių skirtumų nėra:  $P > 0,050$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
 Note. There are no significant differences:  $P > 0.05$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Vitamino C kiekis nustatytas mažesnis tuose laukuose, kurie buvo dengti storesniu (10 cm) mulčio sluoksniu: tai 0,29 proc. vnt. mažiau nei 5 cm storio sluoksniu mulčiuotuose laukuose.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad esmingai daugiau žaliųjų pelenų valgomųjų morkų šakniavaisiuose rasta žole mulčiuotuose laukuose (51,00 proc.) ir esmingai mažiau šiaudais mulčiuotuose laukuose (43,75 proc.) (3 pav.). Nemulčiuotuose ir durpėmis mulčiuotuose laukuose žaliųjų pelenų kiekis vyravo labai panašus.

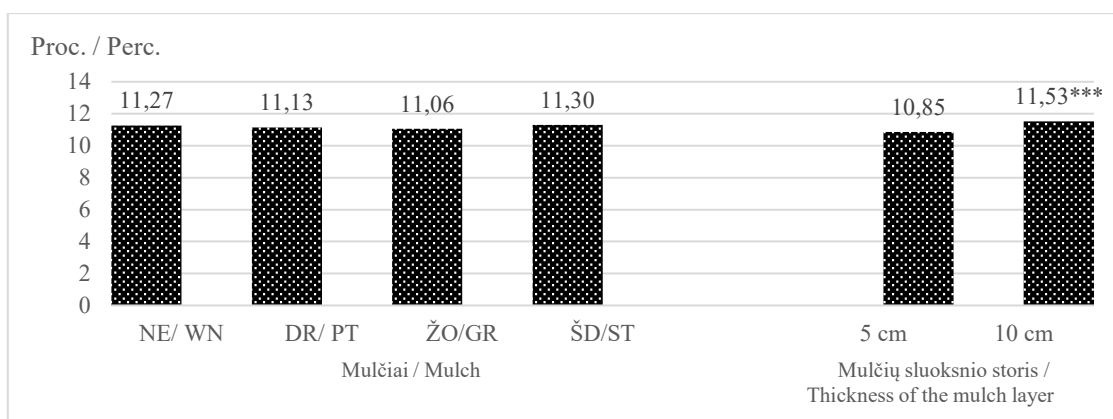


**3 pav.** Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka žaliųjų pelenų kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose  
**Fig. 3.** The effect of different organic mulches and their thick layer thickness on green ash content in edible carrot roots

Pastaba. \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
 Note. \*\*\*  $P \leq 0.001$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Žaliųjų pelenų kiekiui mulčiaus storio sluoksnis esminės įtakos neturėjo.

Sausosios medžiagos svarbios valgomosioms morkoms, nes nulemia daržovių kokybę ir išeigą (Tutkienė, Černiausienė, 2011). Sausųjų medžiagų morkų šakniavaisiuose yra apie 15 proc., vandens – nuo 85 iki 91 proc. (Mikalasuskas, 2004). Skirtingais organiniais mulčiais padengtuose laukuose nustačius absoliučią sausųjų medžiagų kiekį valgomųjų morkų šakniavaisiuose, galima teigti, kad esminių skirtumų nenustatyta, lyginant su kontrolinio varianto laukeliais (4 pav.).



**4 pav.** Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka absoliučiąjų sausųjų medžiagų kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose

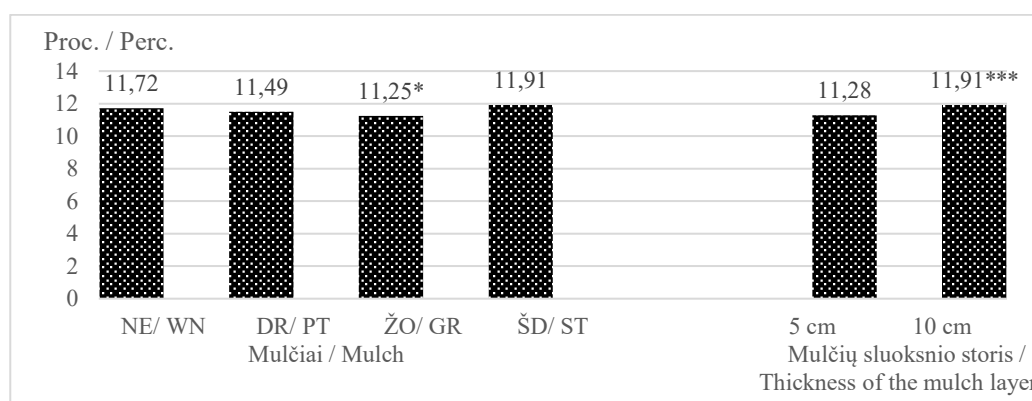
**Fig. 4.** The effect of different organic mulches and their thick layer thickness for absolute dry matter content in edible carrot roots

Pastaba. \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.

Note. \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Išanalizavus gautus rezultatus matome, kad esmingai daugiau absoliučiąjų sausųjų medžiagų buvo nustatyta 10 cm mulčiaus storio sluoksniu mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su 5 cm storio sluoksniu mulčiuotais laukeliais.

Daugiausiai sausųjų medžiagų, lyginant su nemulčiuotais laukeliais, nustatyta šiaudais mulčiuotuose laukeliuose, tačiau esmingai mažiau žole mulčiuotuose laukeliuose. Esmingai mažesnis sausųjų medžiagų kiekis matomas tik žole mulčiuotuose laukeliuose. Tyrimo nustatyta, kad sausųjų medžiagų kiekis labai panašus į nustatytą absoliučiąjų sausųjų medžiagų kiekį (5 pav.).



**5 pav.** Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka sausųjų medžiagų kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose

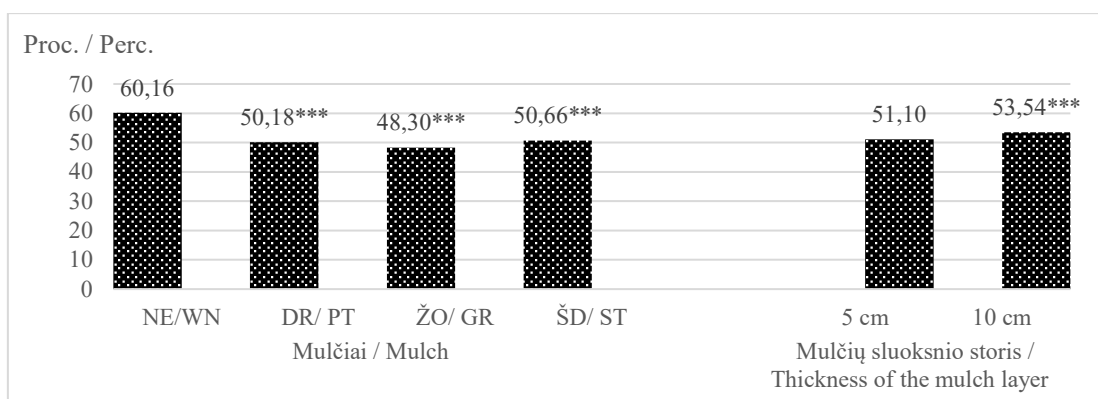
**Fig 5.** The effect of different organic mulches and their thick layer thickness for dry matter content in edible carrot roots

Pastaba. \*  $0,05 \leq P > 0,01$ ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.

Note. \*  $0,05 \leq P > 0,01$ ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Taip pat sausųjų medžiagų esmingai daugiausia nustatyta 10 cm storio mulčiaus sluoksniu dengtuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais

Atlikus tyrimus nustatyta, kad žaliųjų proteinų valgomųjų morkų šakniavaisiuose buvo esmingai mažiau durpėmis, žole ir šiaudais mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuota dirva (6 pav.).

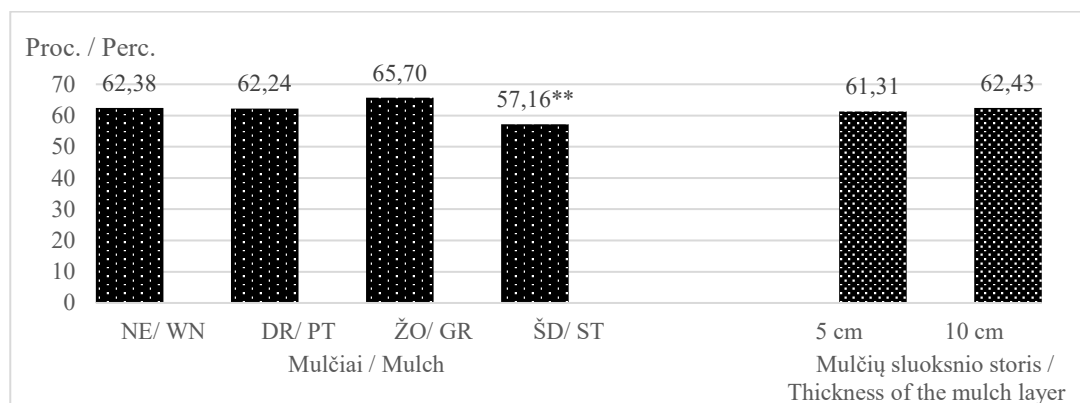


**6 pav.** Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka žaliųjų proteinų kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose  
**Fig. 6.** The effect of different organic mulches and their thick layer thickness on the content of green proteins in edible carrot root vegetables

Pastaba. \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
 Note. \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Taip pat ištyrus mulčiaus sluoksnio storio įtaką nustatyta, kad esmingai daugiau žaliųjų proteinų valgomųjų morkų šakniavaisiuose rasta 10 cm storio sluoksniu mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su 5 cm storio sluoksniu mulčiuotais laukeliais.

2023 m. duomenimis, skirtingi organiniai mulčiai žaliosios ląstelienos kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose esminės įtakos turėjo tik šiaudais mulčiuotuose laukeliuose (7 pav.).



**7 pav.** Skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka žaliosios ląstelienos kiekiui valgomųjų morkų šakniavaisiuose

**Fig. 7.** The effect of different organic mulches and their thick layer thickness on the amount of green fiber in edible carrot root vegetables

Pastaba. \*\*  $P \leq 0,01$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
 Note. \*\*  $P \leq 0,01 > 0,001$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Daugiausiai žaliosios ląstelienos rasta žolės mulčiumi dengtuose laukeliuose.

Išanalizavus įvairių mulčių sluoksnio storio įtaką matyti, kad esminio skirtumo žaliosios ląstelienos kiekiui jis neturėjo.

## Išvados

1. Žolės ir šiaudų mulčiumi dengtuose laukeliuose valgomųjų morkų derlius esmingai didesnis (1,6 karto). Valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) derlingumas esmingai didesnis (1,4 karto) nustatytas 10 cm storio sluoksniu mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su 5 cm storio mulčiaus sluoksniu.
2. Organiniai mulčiai ir jų sluoksnio storis vitamino C kiekiui valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) šakniavaisiuose esminių skirtumų neturėjo, lyginant su nemulčiuotais laukeliais.
3. Visi organiniai mulčiai esmingai mažino (1,2 karto) žaliųjų proteinų kiekį valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) šakniavaisiuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais. Žaliosios ląstelienos kiekį esmingai mažino (1,1 karto) šiaudų mulčias, žaliųjų pelenų esmingai mažiau (1,1 karto) rasta šiaudais mulčiuotuose

laukeliuose, o žolė mulčiuotuose laukeliuose – esmingai daugiau (1,1 karto), lyginant su nemulčiuotais laukeliais.

3. Storesniu (10 cm) sluoksniu mulčiuotuose laukeliuose sausųjų medžiagų ir absoliučią sausųjų medžiagų valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) šakniavaisiuose nustatyta esmingai daugiau (1,1 karto) nei 5 cm storio sluoksniu mulčiuotuose laukeliuose.

## Literatūra

1. Bajorienė, K. (2013). Organinių mulčių liekamasis poveikis agrocenozėms: daktaro disertacija. Kaunas, 115 p.
2. Jodaugienė, D., Pupalienė, R. ir Urbonienė, M. (2006). Įvairių organinių mulčių įtaka trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių dygimui. LŽŪU mokslo darbai, 71(24), 27–32.
3. Jodaugienė, D., Sinkevičienė, A., Adamavičienė, A., Steponavičienė, V. ir Munikienė, J. (2016). Organinių mulčių poveikis dirvožemio savybėms. Žemės ūkio mokslai, 23(3), 114–122. Prieiga per internetą: <https://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/zemesukiomokslai/article/view/3358/2163/>
4. Mikalauskas, V. (2004). Naudingiausia daržovė. Vilnius, p. 7.
5. Oljača, J., Brocici, Z., Momirovici, N., Poštic, D., Pantelic, D., Rudic, J. and Momčilovic, I. (2018). Effects of cultivar and mulching on the potato yield. Agrofor International Journal, 3(1), 132–138. Prieiga per internetą: [http://www.soltra.lt/gallery/Straipsniai/32-32\\_%5Bsoltra%5D\\_ss3.pdf/](http://www.soltra.lt/gallery/Straipsniai/32-32_%5Bsoltra%5D_ss3.pdf/)
6. Pupalienė, R. ir Grakauskė, K. (2019). Jau yra naujų organinių mulčių. Mano ūkis, 6, 40–41.
7. Sinkevičienė, A. (2011). Organinių mulčių poveikis dirvožemio savybėms, segetinei florai ir augalų derlingumui: daktaro disertacija. Akademija, Kauno r., 100 p.
8. SPSS (2000). Instat 10. Statistics I. Chicago. 663 p.
9. Tutkienė, R. ir Černiauskienė, J. (2011). Aliejinio moliūgo (*Cucurbita pepo* L. Var. styriaca) vaisių kokybės įvertinimas. Dekoratyviųjų ir sodo augalų asortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas: mokslo darbai, 2(7), 94–99.

**Karolina Jackevičienė, Aušra Sinkevičienė, Kęstutis Romaneckas, Rasa Kimbirauskienė, Augustas Sederevičius, Inesa Sinkevičiūtė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### The Effect of Organic Mulches and Their Thick Layer on the Carrot's Productivity and Qualitative Indicators

The experiment was carried out in the farm, located in Giedriai village, Vilkaviškis District Municipality. Humus content in soil – 5.85%, pH – neutral (6.70). The object of the investigation: the carrot (*Daucus Sativa* L.) crop where different types of organic mulch were utilized. The aim of the experiment: to is evaluate and compare the impact of differing organic mulches for productivity and quality indicators of carrot. The field experiment was conducted by employing the area division method, with 3 replications, resulting in 12 areas. The size of each area: initial – 18 m<sup>2</sup> (3 x 6 m). All of the areas of the investigation were covered by a 5 and 7 cm thick layer of mulch. Variants of the experiment: 1) no mulching (WN); 2) peat (PT); 3) grass (GR); 4) wheat straw (ST).

During the research period, it was found that grass and straw mulch significantly increased the yield of edible carrots (*Daucus sativa* L.), and a 5 cm thick layer of mulch had a significantly lower yield of edible carrots (*Daucus sativa* L.) compared to a 10 cm layer of mulch. All organic mulches significantly reduced the amount of crude protein in edible carrot (*Daucus sativa* L.) root vegetables compared to carrot (*Daucus sativa* L.) roots grown in non-mulched fields. Dry matter and absolute dry matter were significantly higher in edible carrot (*Daucus sativa* L.) root crops grown in mulched fields with a 10 cm layer than in a 5 cm thick layer.

Carrot (*Daucus sativa* L.), organic mulches, quality.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

Karolina JACKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 295287, el. paštas: karolina.jackeviciene@vdu.lt

Karolina JACKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, graduate student of Agronomy Science (MSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 295287, e-mail: karolina.jackeviciene@vdu.lt



Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktarė, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [ausra.sinkeviciene@vdu.lt](mailto:ausra.sinkeviciene@vdu.lt)

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of biomedical science, assoc. prof. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: [ausra.sinkeviciene@vdu.lt](mailto:ausra.sinkeviciene@vdu.lt)

Kęstutis ROMANECKAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: [kestutis.romaneckas@vdu.lt](mailto:kestutis.romaneckas@vdu.lt)

Kęstutis ROMANECKAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: [kestutis.romaneckas@vdu.lt](mailto:kestutis.romaneckas@vdu.lt)

Rasa KIMBIRAUŠKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros jaunesnioji mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: [rasa.kimbirauskiene@vdu.lt](mailto:rasa.kimbirauskiene@vdu.lt)

Rasa KIMBIRAUŠKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, junior researcher. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: [rasa.kimbirauskiene@vdu.lt](mailto:rasa.kimbirauskiene@vdu.lt)

Augustas SEDEREVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: [augustas.sederevicius@vdu.lt](mailto:augustas.sederevicius@vdu.lt)

Augustas SEDEREVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, graduate student of Agronomy Science (MSc). Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: [augustas.sederevicius@vdu.lt](mailto:augustas.sederevicius@vdu.lt)

Inesa SINKEVIČIŪTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: [inesa.sinkeviciute@vdu.lt](mailto:inesa.sinkeviciute@vdu.lt)

Inesa SINKEVIČIŪTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, graduate student of Agronomy Science (MSc). Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: [inesa.sinkeviciute@vdu.lt](mailto:inesa.sinkeviciute@vdu.lt)

# SĖJOMAINOS ĮTAKA ORGANINĖS ANGLIES IR MIKROSKOPINIŲ GRYBŲ GAUSUMUI PAPRASTŲJŲ KUKURŪZŲ (*ZEА MAYS L.*) PASĖLIO DIRVOŽEMYJE

Saulius Mileris, Nijolė Maršalkienė, Lina Skinulienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Organinės anglies ( $C_{org}$ ) kiekis ir mikroskopinių grybų gausumas buvo tirtas penkių sėjomainų: mono- (atsėliuojama), mono- intensyvos (atsėliuojama, trąšos+herbicidai), prierfemio, pašarinės ir intensyvos kukurūzų pasėlio ir nuolatinio juodojo pūdymo dirvožemyje.  $C_{org}$  kiekis buvo nustatytas 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje, grybų skaičius – 0–5 cm, 6–10 cm ir 11–20 cm dirvožemio sluoksniuose kukurūzų vegetacijos pabaigoje (BBCH 90), iškart po kukurūzų nuėmimo.  $C_{org}$  kiekį tirtų sėjomainų kukurūzų laukų dirvožemyje labiausiai didino ankštinių-miglinių mišiniai ir kaip priešsėlis auginami kaupiamieji, labiausiai mažino atsėliavimas ir nuolatinio juodojo pūdymo laikymas. Pagal didžiausią vidutinį mikroskopinių grybų skaičių tirtų kukurūzų pasėlių 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje, sėjomainos išsidėstė taip: prierfemio > intensyvi > pašarinė > mono- > pūdymas > mono- intensyvi. Statistiškai patikima priklausomybė tarp  $C_{org}$  ir grybų skaičiaus sėjomainose nenustatyta. Vertinant skirtingo gylio dirvožemio sluoksnius, didžiausias grybų skaičius rastas 11–20 cm sluoksnyje, mažiausias – 6–10 cm sluoksnyje.

Sėjomaina, dirvožemis,  $C_{org}$ , kukurūzai, grybai.

## Įvadas

Visose sausumos ekosistemose saprotrofiniai grybai yra svarbus dirvožemio mikrobiotos komponentas (Clocchiatti et al., 2020). Gebantys skaidyti bet kurį gamtinį polimerą ir per hifų tinklus transportuojantys maisto medžiagas, grybai yra maisto medžiagų reguliatoriai dirvožemyje (Crowther et al., 2012). Grybų formuojami hifų tinklai ir jų išskiriamos lipnios medžiagos aktyviai dalyvauja formuojant dirvožemio agregatus, svarbius drėgmės išlaikymui ir atsparumui dirvožemio erozijai (Liao et al., 2018; Maršalkienė, 2022). Saprotrofiniai grybai per konkurencinę ar mutualistinę sąveiką daro didelę įtaką visai dirvožemio biotai (Morriën et al., 2017; Deveau et al., 2018).

Priešingai nei natūralių ekosistemų dirvožemyje, saprotrofinių grybų biomasė intensyviai naudojamoje ariamoje žemėje yra maža (de Vries, Wallenstein, 2017; Clocchiatti et al., 2020). Vis labiau pripažįstama didelio saprotrofinių grybų aktyvumo ir biomasės nauda ariamų žemės ūkio laukų dirvožemio tvarumui (Six et al., 2006; Clocchiatti et al., 2020; Ning et al., 2021). Nustatyta, kad saprotrofinių grybų biomasės padidėjimas ariamų laukų dirvožemyje sutampa su mažesniais mineralinių maisto medžiagų nuostoliais (de Vries et al., 2011), didesne anglies dioksido sekvestracija (Six et al., 2006) ir geresniu vandens sulaikymu (Helfrich et al., 2015). Saprotrofiniai grybai taip pat prisideda prie šaknis infekuojančių grybinių patogenų slopinimo (Xiong et al., 2017; Siegel-Hertz et al., 2018).

Į sėjomainą įtrauktos augalų rūšys daro didelę įtaką į dirvožemį patenkančių šaknų, nuosėdų ir liekanų kokybei ir kiekiui. Sėjomainose naudojami augalai gali nulemti mikroorganizmų, įskaitant grybus, bendrijos sudėtį. Dirvožemio saprotrofinių grybų svarbai agroekosistemose skiriama vis daugiau dėmesio. Tačiau ryšiai tarp grybų bendrijų, sėjomainose auginamų augalų ir naudojamų agrotechninių priemonių dar yra menkai ištirti (Clocchiatti et al., 2020; Ning et al., 2021).

Iš Pietų ir Centrinės Amerikos kilę kukurūzai nuo 1955 m. Lietuvoje pradėti auginėti kaip pašarinė lauko kultūra. Šiltėjantis klimatas bei atsirandančios naujos derlingos šių augalų veislės sudaro sąlygas kukurūzus auginėti ir dėl grūdų. Lietuvos ūkininkai, auginami kukurūzus, neišnaudoja visų galimybių. Vis dar ne itin daug žinoma ir apie šių augalų derliaus potencialą, ir apie tai, kokie sėjomainos faktoriai daro didžiausią įtaką.

Tyrime buvo įvertintas organinės anglies ir mikroskopinių grybų gausumas paprastųjų kukurūzų (*Zea mays L.*) pasėlio dirvožemyje skirtingo intensyvumo ir sudėties sėjomainų sąlygomis.

## Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas 2023 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje (54°53'N + 23°50'E). Tyrimai vykdyti ilgametėje, nekeičiamų sėjomainų kolekcijoje, kuri įkurta 1966 m. Eksperimentas atliktas giliau karbonatingame, sekliai glėjiškame rudžemyje (*Endocalcaris-Epithypogleyic Cambisol*). Eksperimento dirvožemio vyraujanti granulimetrinė sudėtis – dulkiškas priemolis ant moreninio priemolio ir molio. Dirvožemio ariamasis sluoksnis – 25 cm. Pagal agrochemines savybes

dirvožemis neutralus (pH – 6,6–7,0), vidutinio–didelio fosforingumo ( $P_2O_5$  – 131–200,0 mg kg<sup>-1</sup>), vidutinio kalkingumo ( $K_2O$  – 72,0–126,9 mg kg<sup>-1</sup>).

Tyrimas atliktas juodajame nuolatiniam pūdyje ir penkių sėjomainų kukurūzų laukuose (1 lentelė).

**1 lentelė.** Tyrime naudotos sėjomainos  
**Table 1.** Crop rotations used in the research

Sėjomaina / Crop rotation	Sėjomainos komponentai / Crop rotation components
Mono- / Monoculture	Atsėliuojami kukurūzai (be trąšų ir herbicidų) / Reseeding maize (without fertilizers and herbicides)
Mono- intensyvi / Monoculture intensive	Atsėliuojami kukurūzai (su trąšomis ir herbicidais) / Reseeding maize (with fertilizers and herbicides)
Intensyvi / Intensive	(1) Kukurūzai / Maize; (2) miežiai -> baltosios garstyčios žaliajai trąšai / barley -> white mustard for green manure; (3) vikių-avižių mišinys žaliajam pašarui + įsėlis / vetch and oat mix for green fodder + undersowing; (4) žieminiai rugiai -> žieminiai rapsai žaliajai trąšai / winter rye -> winter rape for green manure; (5) dobilai + motiejukai I m. / clover + timothy I; (6) bulvės -> žieminiai rugiai žaliajam pašarui / potatoes + rye for green fodder
Priefermio / Cattle farm	(1) Kukurūzai / Maize; (2) vikių-avižių mišinys žaliajam pašarui / vetch and oat mix for green fodder; (3) bulvės / potatoes; (4) pašariniai runkeliai / fodder beets
Pašarinė / Fodder	(1) Kukurūzai / Maize; (2) pašariniai runkeliai / fodder beets; (3) miežiai + įsėlis / barley + undersowing; (4) dobilai + motiejukai I m. / clover + timothy I; (5) dobilai + motiejukai II m. / clover + timothy II; (6) dobilai + motiejukai III m. / clover + timothy III; (7) dobilai + motiejukai IV m. / clover + timothy IV; (8) linai / flax
Pūdymas / Fallow	Nuolatinis juodasis pūdymas / Permanent black fallow

Kukurūzai sėti gegužės pradžioje, sėklos norma – 100 tūkst. sėklų ha<sup>-1</sup>. Sėjos gylis – 5–6 cm. Trąšos įterptos 6–7 cm gylyje. Veislė – P8057 (X8T133). Sėta plačiaeliu punktyrinu būdu 45 cm pločio tarpueiliais sėjama „Accord“. Visose sėjomainose balandžio mėn. prieš kukurūzų sėją atliktas lėkščiavimas, pagrindinis ir paviršinis žemės dirbimas. Visose sėjomainose, išskyrus mono- (atsėliuojami kukurūzai), prieš sėją išberta trąšų „Azofoska“ (NPK 16:16:16) 250 kg ha<sup>-1</sup>, vegetacijos pradžioje purkšta herbicidu „Maister“ (150 g ha<sup>-1</sup>), birželio mėn. papildomai tręšta amonio salietra (N<sub>61</sub>) 180 kg ha<sup>-1</sup>. Kukurūzai nupjauti spalio I dekadą (BBCH 90). Nuolatiniam pūdyje, palaikant švarų paviršių be piktžolių, naudojamas lėkščiavimas (5 kartus).

Pradinis laukelių plotas – 182 m<sup>2</sup>. Kiekvienas laukelis suskirstytas į 3 pakartojimus. Apskaitomojo laukelio dydis – 32 m<sup>2</sup>. Dirvožemio ėminiai analizėms imti iškart po kukurūzų nupjovimo. Dirvožemio organinei angliai (C<sub>org</sub>) nustatyti ėminiai imti Nekrasovo grąžtu 0–25 cm gyliu, mikrobiologinėms analizėms – 0–5 cm (I sluoksnis), 6–10 cm (II sluoksnis), 11–20 cm (III sluoksnis) gyliu. C<sub>org</sub> kiekis dirvožemyje nustatytas Tiurino metodu, spektrofotometriniu būdu.

Mikroskopiniams grybams išskirti iš dirvožemio taikyti praskiedimo ir tiesioginio užsėjimo metodai. Auginimui naudota agarizuota PDA (Potato Dextrose Agar) mitybinė terpė, bakterijų augimui slopinti į terpę dėta 0,5 g/l chloramfenikolio. Užsėtos Petri lėkštelės inkubuotos termostate 25±2 °C temperatūroje 7 paras. Tyrimas atliktas keturiais pakartojimais. Mikroskopinių grybų pradų skaičius 1 g dirvožemio nustatytas pagal šią formulę:

$$KFV = \frac{(a \times b \times c)}{d}, \quad (1)$$

- čia KFV – kolonijas formuojantys vienetai, vienetais;  
a – užsėtos suspensijos tūris, ml;  
b – išaugusių kolonijų skaičius, vienetais;  
c – praskiedimas, ml;  
d – tyrimams naudojamo dirvožemio svoris, g.

Statistiniams rodikliams apdoroti naudota SPSS programa. Nustatyti vidurkiai ir jų standartiniai nuokrypiai. Įvertinti skirtumų statistiniai reikšmingumai ( $p < 0,05$ ), lyginant su kitų variantų atitinkamais duomenimis (t testas).

## Rezultatai ir aptarimas

Tyrimų duomenimis,  $C_{org}$  kiekis tirtuose dirvožemiuose vidutiniškai siekė 1,1 proc. (2 lentelė). Mažiausias  $C_{org}$  kiekis buvo nuolatiname juodajame pūdyme, kuriame augo tik nuolat lėkščiavimu naikinamos piktžolės. Kukurūzų atsėliavimas turėjo neigiamos įtakos abiejų mono- sėjomainų dirvožemio  $C_{org}$  kiekiui, tačiau naudojant trąšas bei herbicidus ir atsėliuojant mono- intensyvioje sėjomainoje,  $C_{org}$  kiekis buvo 22,2 proc. didesnis, nei nenaudojant minėtų priemonių mono- sėjomainoje. Didžiausias  $C_{org}$  kiekis rastas intensyvios ir pašarinės sėjomainų kukurūzų pasėlio dirvožemiuose; tam įtakos turėjo kumuliacinį poveikį turintys tokie sėjomainų nariai kaip ankštinių-miglinių mišiniai, kaupiamieji ir po jų įterpta žalioji trąša.

**2 lentelė.** Dirvožemio organinės anglies ( $C_{org}$ ) kiekis skirtingų sėjomainų kukurūzų laukų dirvožemyje

*Table 2. Soil organic carbon ( $C_{org}$ ) content in the soil of maize fields with different crop rotations*

Sėjomaina Crop rotation	Mono- / Monoculture	Mono- intensyvi / Monoculture intense	Priefermio / Cattle farm	Intensyvi / Intense	Pašarinė / Fodder	Pūdymas / Fallow
$C_{org}$ , proc. / $C_{org}$ , pct.	d 0,9±0,1	c 1,1±0,1	b 1,2±0,1	ab 1,5±0,2	a 1,4±0,0	e 0,7±0,0

Pastaba. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d, e), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

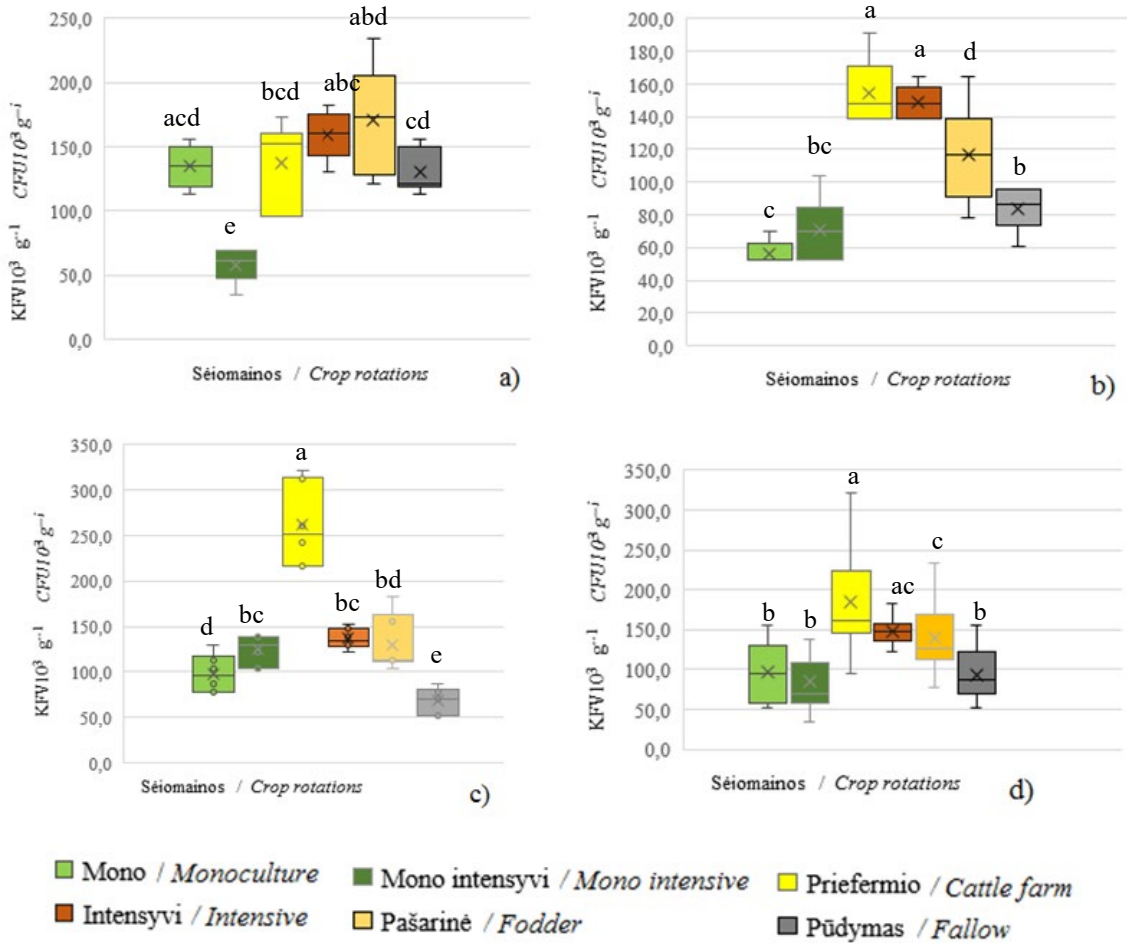
Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c, d, e) are significant ( $P < 0.05$ ).

Tyrimų duomenimis, daugiausiai mikroskopinių grybų tirtų kukurūzų laukų dirvožemyje aptikta priefermio sėjomainoje (1 pav., d), ypač 11–20 cm sluoksnyje (1 pav., c). Grybų gausumui čia teigiamą įtaką turėjo kaupiamieji, sudarantys 50 proc. rotacijos narių, ir pupiniai, sudarantys dalį javų mišinio (1 lentelė). Vienas didžiausių grybų skaičius (19,9 proc. mažesnis nei priefermio) rastas ir intensyvios sėjomainos kukurūzų pasėlio dirvožemyje, tačiau, skirtingai nei priefermio, čia daugiausiai grybų aptikta viršutiniame, 0–5 cm sluoksnyje (1 pav., a). Vertinant priefermio sėjomainą, grybų čia aptikta 24,4 proc. mažiau nei priefermio. Kaip ir intensyvioje, pašarinėje sėjomainoje daugiausiai grybų aptikta viršutiniame, 0–5 cm sluoksnyje, kiek mažiau – giliausiam, 11–20 cm sluoksnyje.

Mažiausias vidutinis grybų skaičius 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje rastas mono- intensyvioje sėjomainoje ir buvo 54,3 proc. mažesnis nei vidutinis priefermio. Gana panašus grybų skaičius rastas dviejų laukų – atsėliuojamoje mono- ir nuolatinio juodojo pūdymo lauko dirvožemyje, atitinkamai 47,8 proc. ir 49,1 proc. mažesnis nei priefermio (1 pav., d). Abiejų minėtų sėjomainų didžiausias grybų skaičius rastas viršutiniame, 0–5 cm dirvožemio sluoksnyje (1 pav., a). Tačiau, skirtingai nei pūdyme, kuriame aptiktų grybų didėjant gyliui nuosekliai mažėjo, mono- sėjomainoje 11–20 cm sluoksnyje jis buvo 74 proc. didesnis, lyginant su 6–10 cm sluoksniu. Panaši tendencija pastebėta mono- intensyvioje, priefermio ir, kiek mažesnė, pašarinėje sėjomainose, kuriose grybų skaičius 11–20 cm sluoksnyje buvo atitinkamai 75,5 proc., 69,2 proc. ir 11,1 proc. didesnis nei 6–10 cm gylyje (1 pav., b).

Iš visų tirtų kukurūzų pasėlių dirvožemių išsiskyrė mono- intensyvios sėjomainos grybų skaičius skirtinguose sluoksniuose: didėjant gyliui, nuosekliai didėjo ir grybų skaičius. 11–20 cm gylyje šios sėjomainos dirvožemyje aptiktas grybų skaičius buvo 43 proc. didesnis nei 6–10 cm gylyje ir beveik dvigubai (115 proc.) didesnis nei 0–5 cm gylyje (1 pav., a–d).

Vertinant skirtingus tirtus dirvožemio sluoksnius, didžiausias vidutinis mikroskopinių grybų skaičius kukurūzų pasėlio dirvožemyje buvo aptiktas 11–20 cm gylyje (2 pav.); tam įtakos galimai turėjo gilesniuose sluoksniuose esantis didesnis drėgmės ir šaknų masės kiekis. Nedaug (12,1 proc.) mažesnis vidutinis grybų skaičius buvo 0–5 cm sluoksnyje. Šiame sluoksnyje grybų gausumui įtakos galėjo turėti antžeminės, arti dirvožemio paviršiaus esančios augalinės masės patekimas vegetacijos metu. 6–10 cm dirvožemio sluoksnyje grybų skaičius buvo 27,0 proc. mažesnis nei 11–20 cm ir 12,1 proc. mažesnis nei paviršiniame, 6–10 cm sluoksnyje.

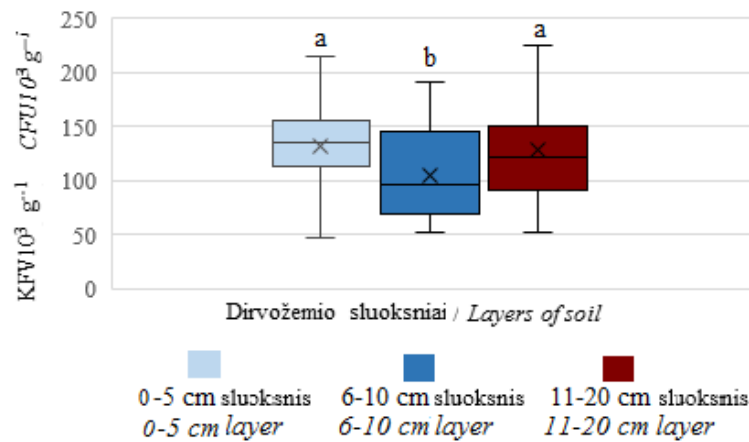


1 pav. Mikroskopinių grybų skaičius skirtingų sėjomainų kukurūzų laukų dirvožemyje: a) 0–5 cm sluoksnyje, b) 6–10 cm sluoksnyje, c) 11–20 cm sluoksnyje, d) vidutiniškai 0–20 cm sluoksnyje

Fig. 1. Number of microscopic fungi in the soil of maize fields of different rotations: a) 0–5 cm layer, b) 6–10 cm layer, c) 11–20 cm layer, d) average 0–20 cm layer

Pastaba. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d, e), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b, c, d, e) are significant ( $P < 0.05$ ).



2 pav. Mikroskopinių grybų skaičius skirtinguose kukurūzų laukų dirvožemio sluoksniuose

Fig. 2. Number of microscopic fungi in different soil layers of maize fields

Pastaba. Tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b) are significant ( $P < 0.05$ ).

## Išvados

1.  $C_{org}$  kiekį tirtų sėjomainų kukurūzų laukų dirvožemyje labiausiai didino kumuliacinis ankštinių-miglinių mišinių poveikis ir kaip priešsėlis auginami kaupiamieji. Juodojo nuolatinio pūdymo ir atsėliavimo sąlygomis  $C_{org}$  buvo žymiai mažesnis nei tirtose sėjomainose.
2. Pagal didžiausią vidutinį mikroskopinių grybų skaičių tirtų kukurūzų laukų dirvožemyje sėjomainos išsidėstė taip: prierfemio > intensyvi > pašarinė > mono- > pūdymas > mono- intensyvi.
3. Išskyrus pūdyimą ir prierfemio sėjomainą, mikroskopinių grybų buvo daugiau 11–20 cm dirvožemio sluoksnyje nei 6–10 cm sluoksnyje. Išskyrus mono- intensyvią ir prierfemio sėjomainas, grybų rasta daugiau 0–5 cm sluoksnyje nei 6–10 cm sluoksnyje.
4. Vertinant tirtų kukurūzų laukų skirtingus dirvožemio sluoksnius, didžiausias vidutinis grybų skaičius rastas 11–20 cm sluoksnyje, mažiausias – 6–10 cm sluoksnyje.

## Literatūra

1. Clocchiatti, A., Hannula, S. E., van den Berg, M., Korthals, G. and de Boer, W. (2020). The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of short-term stimulation by organic amendments. *Applied Soil Ecology: A Section of Agriculture, Ecosystems & Environment*, 147, 103434. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103434>
2. Buivydaitė, V., Vaičys, M., Juodis, J. ir Motuzas, A. 2001. Lietuvos dirvožemių klasifikacija. Ser. „Lietuvos mokslas“, kn. 34. Vilnius: Lietuvos mokslas, 139 p.
3. Crowther, T. W., Boddy, L. and Hefin Jones, T. (2012). Functional and ecological consequences of saprotrophic fungus-grazer interactions. *The ISME Journal*, 6(11), 1992–2001. <https://doi.org/10.1038/ismej.2012.53>
4. Deveau, A., Bonito, G., Uehling, J., Paoletti, M., Becker, M., Bindschedler, S., ... Wick, L. Y. (2018). Bacterial-fungal interactions: Ecology, mechanisms and challenges. *FEMS Microbiology Reviews*, 42(3), 335–352. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy008>
5. Helfrich, M., Ludwig, B., Thoms, C., Gleixner, G. and Flessa, H. (2015). The role of soil fungi and bacteria in plant litter decomposition and macroaggregate formation determined using phospholipid fatty acids. *Applied Soil Ecology: A Section of Agriculture, Ecosystems & Environment*, 96, 261–264. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.023>
6. Liao, K., Bai, Y., Huo, Y., Jian, Z., Hu, W., Zhao, C. and Qu, J. (2018). Integrating microbial biomass, composition and function to discern the level of anthropogenic activity in a river ecosystem. *Environment International*, 116, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.003>
7. Maršalkienė, N. (2022). Grybai: tarp etnologijos ir ekologijos: papildoma mokomoji medžiaga, metodinė priemonė. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas.
8. Morriën, E., Hannula, S. E., Snoek, B., Helmsing, N. R., Zweers, H., de Hollander, M., ... Duyts, H. (2017). Linking belowground and aboveground succession in terrestrial ecosystems. *Nat Commun*, 8, 14349.
9. Ning, Q., Chen, L., Zhang, C., Ma, D., Li, D., Han, X., ... Zhang, J. (2021). Saprotrophic fungal communities in arable soils are strongly associated with soil fertility and stoichiometry. *Applied Soil Ecology: A Section of Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159, 103843. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103843>
10. Siegel-Hertz, K., Edel-Hermann, V., Chapelle, E., Terrat, S., Raaijmakers, J. M. and Steinberg, C. (2018). Comparative Microbiome Analysis of a Fusarium Wilt Suppressive Soil and a Fusarium Wilt Conducive Soil From the Châteaurenard Region. *Frontiers in Microbiology*, 9, 568–568. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00568>
11. Six, J., Frey, S. D., Thiet, R. K. and Batten, K. M. (2006). Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2), 555–569.
12. de Vries, F. T. and Wallenstein, M. D. (2017). Below-ground connections underlying above-ground food production: A framework for optimising ecological connections in the rhizosphere. *The Journal of Ecology*, 105(4), 913–920. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12783>
13. de Vries, F. T., van Groenigen, J. W., Hoffland, E. and Bloem, J. (2011). Nitrogen losses from two grassland soils with different fungal biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, 43(5), 997–1005. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.01.016>
14. Xiong, W., Li, R., Ren, Y., Liu, C., Zhao, Q., Wu, H., ... Shen, Q. (2017). Distinct roles for soil fungal and bacterial communities associated with the suppression of vanilla *Fusarium* wilt disease. *Soil Biology & Biochemistry*, 107, 198–207. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.01.010>

**Saulius Mileris, Nijolė Maršalkienė, Lina Skinulienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

**Effect of Crop Rotation on the Organic Carbon and Population of Microscopic Fungi in the Soil of Maize (*Zea mays* L.) Crop**

The organic carbon ( $C_{org}$ ) content and the abundance of microscopic fungi were investigated in permanent black fallow and mono, mono-intensive (fertilizer+herbicide), cattle farm, intensive and fodder rotation maize crop fields soil. After harvesting of maize (BBCH 90)  $C_{org}$  was estimated in the 0–20 cm soil layer and the number of microscopic fungi in 0–5 cm, 6–10 cm and 11–20 cm soil layers. The most significant increases in  $C_{org}$  content in the soil of maize crop fields in the studied rotations were caused by legume-cereal mixtures and the use of cumulative cultures as a pre-crop, while the most significant decreases were caused by reseeding monoculture and the use of permanent black fallow. In terms of the highest average number of microscopic fungi in the 0–20 cm soil layer of the maize fields studied, the rotations were as follows: cattle-farm > intensive > fodder > mono > black fallow > mono-intensive. No statistically reliable relationship was found between  $C_{org}$  and the number of fungi in the rotations. In soil layers of different depths, the highest number of fungi was found in the 11–20 cm layer and the lowest in the 6–10 cm layer.

Crop rotation, soil,  $C_{org}$ , maize, fungi.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Saulius MILERIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros ekologijos ir klimato kaitos magistrantas. Adresas: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752224, el. paštas: saulius.mileris@stud.vdu.lt

Saulius MILERIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, Ecology and climate change Master student. Address: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: saulius.mileris@stud.vdu.lt

Nijolė MARŠALKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros lektorė. Adresas: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 37 752224, el. paštas: nijole.marsalkiene@vdu.lt

Nijolė MARŠALKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, lecturer. Address: Studentų g. 11-518, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: nijole.marsalkiene@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752333, el. paštas: lina.skinuliene@vdu.lt

Lina SKINULIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, j. researcher. Address: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752333, e-mail: lina.skinuliene@vdu.lt

# ORGANINIŲ MULČIŲ IR JŲ SLUOKSNIO STORIO ĮTAKA PIKTŽOLIŲ SĖKLŲ KIEKIUI VALGOMŲJŲ MORKŲ (*DAUCUS SATIVA* L.) PASĖLYJE

Karolina Jackevičienė<sup>1,2</sup>, Aušra Sinkevičienė<sup>1</sup>, Nerijus Jurkonis<sup>2</sup>, Alfredas Sinkevičius<sup>1</sup>, Rasa Kimbirauskienė<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vytauto Didžiojo universitetas, <sup>2</sup> Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodas

Lietuvoje ir visame pasaulyje didėja pesticidų naudojimas. Tai paskatino keisti intensyvų ūkininkavimą ekologiniu – tuomet naudojamos gamtai ir žmogui nekenksmingos technologijos, mažinančios cheminių medžiagų kiekį aplinkoje, ribojančios sintetinių cheminių medžiagų naudojimą (Atkocevičienė, 2016). Viena iš necheminės piktžolių kontrolės priemonių yra mulčiavimas, mažinantis vandens ir dirvožemio taršą, išsaugantis biologinę įvairovę, saugus aplinkai, žinomas kaip gera alternatyva herbicidams (Mockevičienė, 2017). Tyrimai atlikti Giedrių kaime, Vilkaviškio rajone. Eksperimento lauko dirvožemio humusingumas – 5,85 proc., pHKCl 6,70 – neutralus. Tyrimo tikslas – įvertinti ir palyginti skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaką piktžolių sėklų kiekiui valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) pasėlyje. Eksperimento variantai: 1) nemulčiuota (NE); 2) durpės (DP); 3) žolė (ŽO); 4) šiaudai (ŠD). Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: apskaitomasis – 10 m<sup>2</sup> (2 m x 5 m). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai padengti 5 ir 10 cm storio sluoksniu.

Tiriamuoju laikotarpiu nustatyta, kad esmingai mažiau (1,7 karto) buvo baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklų durpėmis mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais.

Laukeliuose, kurie buvo padengti 5 cm mulčio sluoksniu, tirtame viršutiniame (0–10 cm) dirvožemio sluoksnyje daugiamečių piktžolių sėklų nustatyta tik žolė mulčiuotuose laukeliuose. Durpių ir žolės organiniai mulčiai esmingai (1,6–2,0 karto) mažino trumpaamžių piktžolių sėklų kiekį gilesniame (10–20 cm) tirtame dirvožemio sluoksnyje, lyginant su nemulčiuotais laukeliais. Daugiamečių piktžolių sėklų gilesniame (10–20 cm) tirtame dirvožemio sluoksnyje nebuvo nustatyta.

Valgomoji morka (*Daucus sativa* L.), organiniai mulčiai, piktžolių sėklos, piktžolės.

## Įvadas

Žemdirbystės tikslas – užauginti kuo didesnę derlių, kuo mažiau teršiant gamtą (Vilkienė ir kt., 2018). Daugelio ūkininkavimo sistemų pagrindinė problema yra piktžolės, ir jų kontrolė labai svarbi norint užauginti kokybišką produkciją (Auškalnienė et al., 2018). Todėl mulčiavimas įgyja vis didesnę svarbą žemės ūkyje (Steponavičienė ir kt., 2017). Mulčiavimas teigiamai veikia ne tik pasėlio derlingumą, bet ir mažina piktžolėtumą, šiltnamio efektą sukeliančių dujų išsiskyrimą iš dirvožemio, didina organinės anglies kaupimąsi (Munikienė ir kt., 2014). Siekiant tvarios augalininkystės, mulčiavimas yra naudingas norint išsaugoti požeminio vandens išteklius, derlingą dirvožemio sluoksnį bei tvarią aplinką (Kaur, Bons, 2017).

Ekologiniuose ūkiuose reikėtų efektyviau naudoti organinį mulčių. Yrant organiniam mulčiui, dirvožemis papildomas maisto medžiagomis ir palaikomas balansas tarp jų (Bajorienė, 2013). Natūralių medžiagų pasirinkimas didelis, nes kiekviena medžiaga skiriasi ir pritaikoma prie esamų augimo sąlygų (Ranjan et al., 2017). Natūraliam mulčiui galima naudoti sode nukritusius lapus, kietmedžių ir spygliuočių žievę, iš lauko išvežtus šiaudus ar susmulkintą vejos žolę, kompostuojamą gyvulių mėšlą (Stelli et al., 2018).

Tyrimo tikslas – įvertinti ir palyginti skirtingų organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaką piktžolių sėklų kiekiui valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) pasėlyje.

Tyrimo objektas – valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) pasėlis, mulčiuotas skirtingais organiniais mulčiais.

## Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas Algirdo Jackevičiaus ūkyje Vilkaviškio rajone, Giedrių kaime, 2023 metais. Eksperimente naudoti organiniai mulčiai: 1) nemulčiuota (NE); 2) durpės (DP); 3) žolė (ŽO); 4) šiaudai (ŠD). Visuose eksperimento laukeliuose mulčiai buvo padengti 5 cm ir 10 cm storio sluoksniu. Tyrimų lauke naudoti smulkinti žieminių kviečių šiaudai, vidutiniškai susiskaidžiusios žemapelkių durpės, dažnai pjaunama vejų žolė. Eksperimentas įrengtas 3 pakartojimais, iš viso 12 laukelių. Laukelių dydis: apskaitomasis – 10 m<sup>2</sup> (2 m x 5 m). Eksperimento variantų laukeliai išdėstyti atsitiktine tvarka. Laukelio apsauginė juosta – 4 m pločio.

Eksperimente valgomųjų morkų (*Daucus sativa* L.) pasėlis buvo auginamas taikant ekologiniuose ūkiuose priimtą auginimo technologiją, nenaudojant mineralinių trąšų ir cheminių augalų apsaugos priemonių. Iš rudens dirva suarta traktoriaumi „MTZ–550“ 3 korpusų plūgu „Bomet Leo“ 20–25 cm gyliu. Pavasarį, kai dirva



pasiekė fizinę brandą, prieš sėją buvo kultivuojama kultivatoriumi „Kvelneland“ skirtingomis kryptimis. Morkos sėtos balandžio 8 dieną, veislė – 'Namdal'. Sėta sėjama „Nodel-gouis“ 75 cm tarpueiliais, ir sėkla įterpta 2 cm gylyje, sėklos norma – 1,4 kg ha<sup>-1</sup>.

Dirvos užteršimas piktžolių sėklomis tirtas visuose laukeliuose po derliaus nuėmimo mažųjų ėminių metodu (Stancevičius, 1980). Piktžolių lietuviški ir lotyniški pavadinimai – pagal Z. Gudžinsko „Lietuvos induočiai augalai“ (1999).

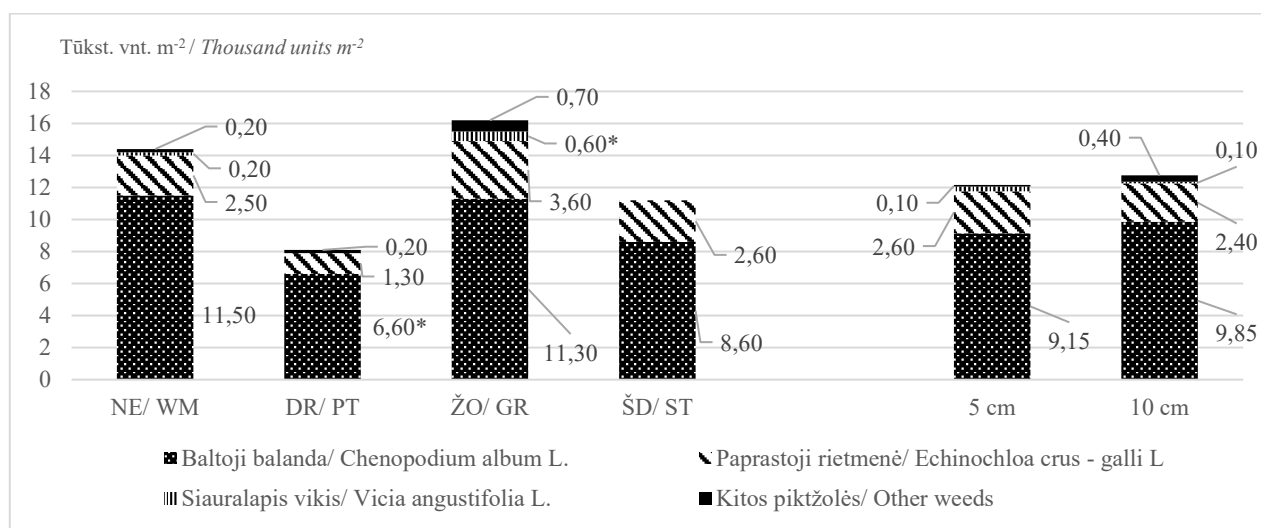
Tyrimo duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodu, naudojant kompiuterines programas ANOVA ir GLM iš programos paketo SYSTAT 10. Skirtumų tikimybės lygis įvertintas LSD testu: \* 0,05 ≤ P < 0,01; \*\* 0,01 ≤ P < 0,001; \*\*\* P ≤ 0,001 (SPSS Inc., 2000).

## Rezultatai ir aptarimas

Lietuvoje randama 420 piktžolių rūšių, iš jų apie 250 – žemės ūkio pasėliuose (Skuodienė, 2007). Didinant žemės ūkio gamybą, keičiasi augalų auginimo sąlygos ir piktžolių rūšinė sudėtis (Rašomavičius, 2008). Vienos ar kitos rūšies gausumą nulemia tarprūšinė konkurencija dėl maisto medžiagų, šviesos, drėgmės (Špokienė, Jodaugienė, 2009). Įvairių piktžolių rūšių poreikiai šiems veiksniams yra skirtingi (Špokienė, Jodaugienė, 2009), todėl paplitimas taip pat nevienodas.

Reikia žinoti, kad naudojant žolės ir šiaudų mulčių labai svarbu įsitikinti, ar jie netaps piktžolių sėklų šaltiniu (Jodaugienė ir kt., 2006). Nepageidaujamos piktžolių sėklos į dirvą gali patekti su blogai išvalyta, nesertifikuota augalų sėkla, organinėmis trąšomis, jas gali išnešioti vėjas, vanduo, paukščiai bei gyvūnai.

Išanalizavus 2023 m. gautus rezultatus nustatyta, kad tirtame viršutiniame (0–10 cm) dirvožemio sluoksnyje iš trumpaamžių piktžolių daugiausia paplitusios baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklos (1 pav.). Taip pat viršutiniame (0–10 cm) dirvožemio sluoksnyje nustatyta paprastųjų rietmenių (*Echinochloa crus-galli* L.) sėklų, bet siauralapių vikių (*Vicia angustifolia* L.) ir kitų piktžolių paplito dar mažiau. Esmingai mažiau (1,7 karto) nustatyta baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklų durpėmis mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais. Siauralapių vikių (*Vicia angustifolia* L.) sėklų esmingai daugiau (3,0 karto) rasta žole mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais.



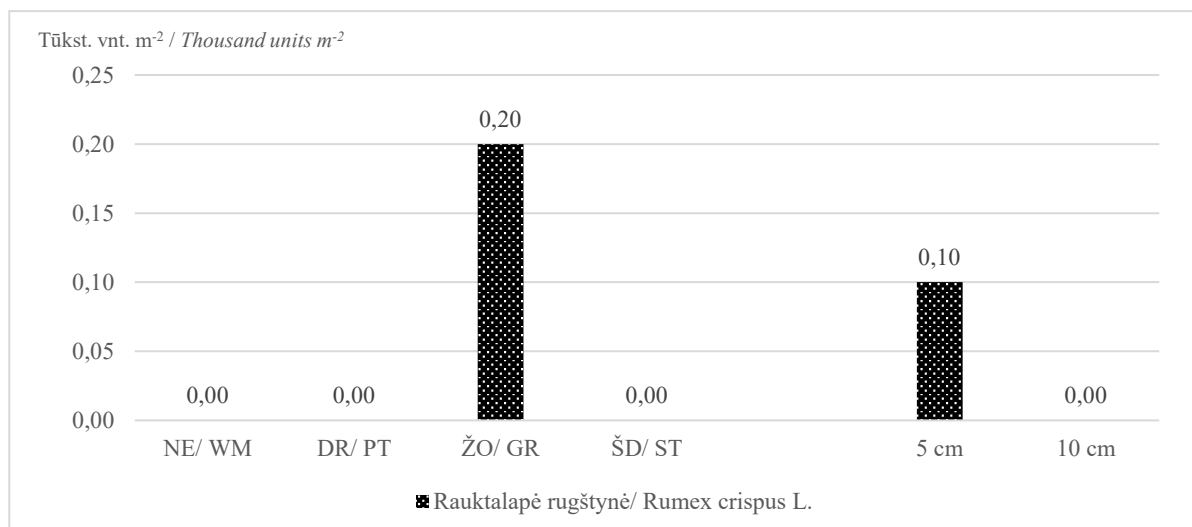
**1 pav.** Organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka trumpaamžių piktžolių sėklų rūšinei sudėčiai (0–10 cm) dirvožemio sluoksnyje

**Fig. 1.** The effect of organic mulches and their layer thickness on the species composition of annual weeds seeds in the 0–10 cm soil layer

Pastaba. \* P ≤ 0,05; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
Note. \* P ≤ 0,05; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Daugiausiai trumpaamžių piktžolių nustatyta žole mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuota dirva. Žole mulčiuotuose laukeliuose nustatytas ir didžiausias kiekis kitų piktžolių (0,70 tūkst. vnt. m<sup>-2</sup>). Storesnis (10 cm) mulčio sluoksnis trumpaamžėms piktžolėms esminės įtakos neturėjo ir buvo nustatytas labai panašus (apie 12 tūkst. vnt. m<sup>-2</sup>) piktžolių sėklų kiekis, kaip ir plonesniu (5 cm storio) sluoksniu mulčiuotuose laukeliuose.

Analizuojant tyrimo rezultatus nustatyta, kad viršutiniame dirvožemio sluoksnyje (0–10 cm) iš daugiamečių piktžolių aptikta tik rauktalapių rūgštynių (*Rumex crispus* L.) sėklų, žole mulčiuotuose laukuose – 0,20 tūkst. vnt. m<sup>-2</sup> (2 pav.).



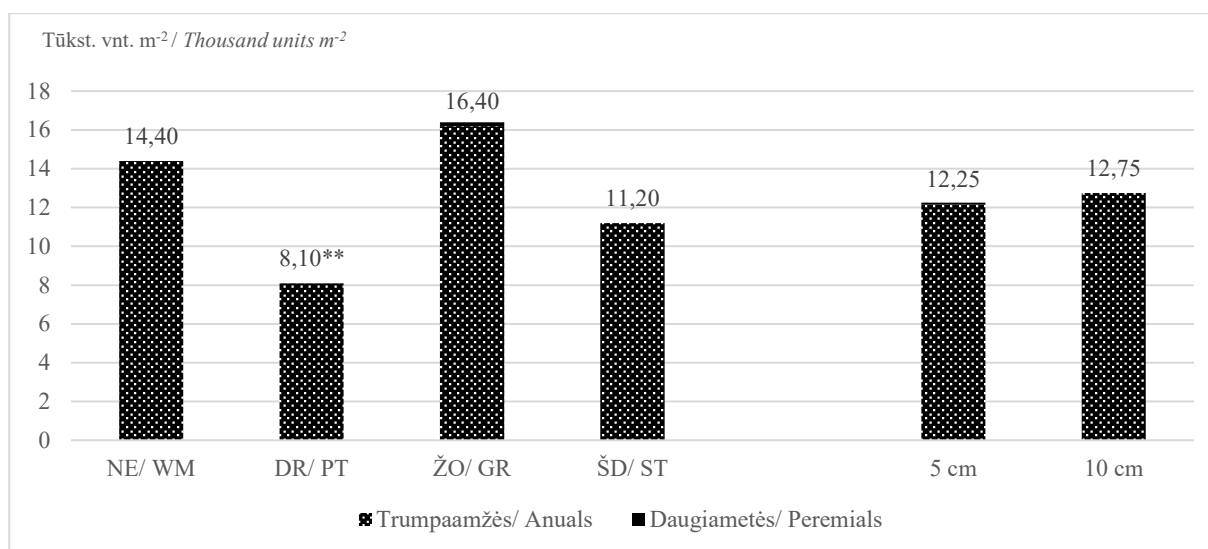
**2 pav.** Organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka daugiamečių piktžolių gausumui viršutiniame (0–10 cm) dirvožemio sluoksnyje

**Fig. 2.** The effect of organic mulches and their layer thickness on the species composition of perennial weed seeds in the 0–10 cm soil layer

Pastaba. Esminių skirtumų nėra:  $P > 0,05$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
Note. There are no significant differences:  $P > 0,05$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Viršutiniame dirvožemio sluoksnyje (0–10 cm) daugiamečių piktžolių sėklų 5 cm storio mulčiaus sluoksniu dengtuose laukuose rasta 0,10 tūkst. vnt. m<sup>-2</sup>, o 10 cm storio mulčiaus sluoksniu dengtuose laukuose daugiamečių piktžolių sėklų nenustatyta.

Dėl šių priežasčių bendras trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių sėklų kiekis panašus į trumpaamžių piktžolių sėklų kiekį (3 pav.).



**3 pav.** Organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka piktžolių sėklų kiekiui viršutiniame (0–10 cm) dirvožemio sluoksnyje

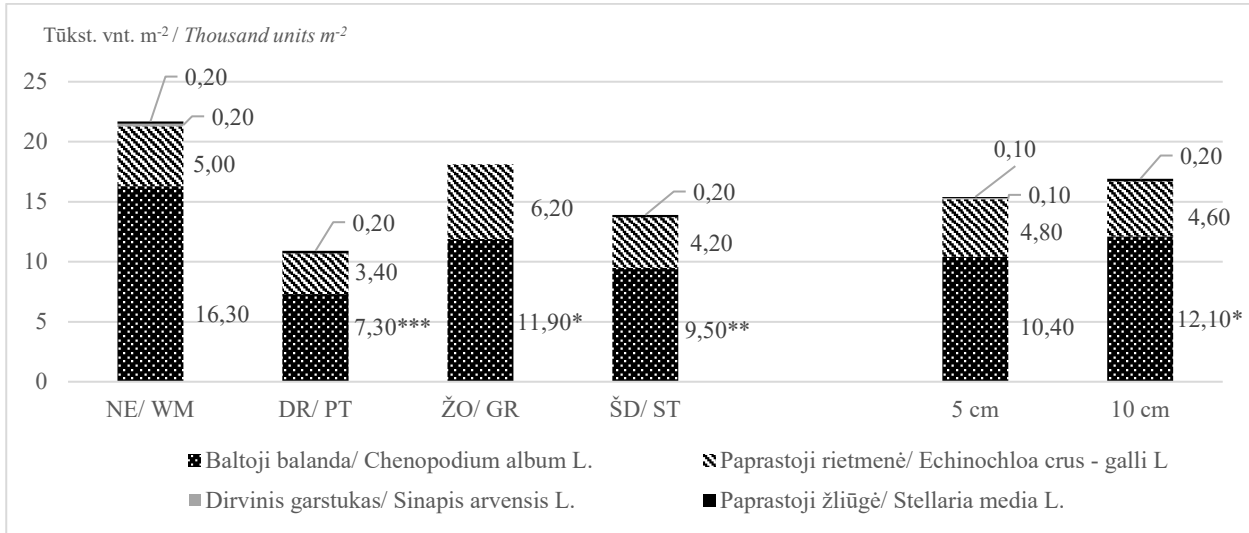
**Fig. 3.** The effect of organic mulches and their layer thickness on the amount of weed seeds in the 0–10 cm soil layer

Pastaba. \*\*  $0,01 \leq P < 0,001$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
Note. \*\*  $0,01 \leq P < 0,001$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Esmingai mažiau (1,8 karto) trumpaamžių piktžolių sėklų nustatyta durpėmis mulčiuotuose laukuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais. Daugiausiai (16,40 tūkst. vnt. m<sup>-2</sup>) piktžolių sėklų viršutiniame (0–10 cm)

dirvožemio sluoksnyje nustatyta žole mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais, tačiau neesmingai.

Atlikus tyrimus nustatyta, kad durpių ir šiaudų mulčiai esmingai mažino (1,6–2,0 karto) trumpaamžių piktžolių sėklų kiekį apatiniame (10–20 cm) tirtame dirvožemio sluoksnyje, lyginant su nemulčiuotais laukeliais (4 pav.). Iš trumpaamžių piktžolių daugiausia vyravo baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklos. Visi organiniai mulčiai esmingai mažino (1,3–2,2 karto) baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklų paplitimą apatiniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje, lyginant su nemulčiuotais laukeliais. Dirvinių garstukų (*Sinapis arvensis* L.) sėklų nustatyta tik nemulčiuotuose laukeliuose.



4 pav. Organinių mulčių ir jų sluoksnio storio įtaka trumpaamžių piktžolių sėklų gausumui apatiniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje

Fig. 4. The effect of organic mulches and their layer thickness on the species composition of annual weeds seeds in the 10–20 cm soil layer

Pastaba. \*\*  $0,01 \leq P < 0,001$ ; \*\*\*  $P \leq 0,05$ ; NE – nemulčiuota (kontrolinis), DR – durpės, ŽO – žolė, ŠD – šiaudai.  
Note. \*\*  $0,01 \leq P < 0,001$ ; \*\*\*  $P \leq 0,05$ ; WM – without mulch (control), PT – peat, GR – grass, ST – straw.

Durpėmis mulčiuotuose laukeliuose trumpaamžių piktžolių nustatyta 2,0 karto mažiau nei nemulčiuotuose laukeliuose. Daugiausiai trumpaamžių piktžolių sėklų nustatyta nemulčiuotuose laukeliuose.

Taip pat, ištyrus mulčiaus sluoksnio storio įtaką trumpaamžių piktžolių paplitimui apatiniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje, nustatyta esminių skirtumų. Esmingai daugiau (14 proc.) baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklų nustatyta 10 cm storio mulčiaus sluoksniu dengtuose laukeliuose, lyginant su 5 cm storio mulčiaus sluoksniu dengtais laukeliais.

Daugiamečių piktžolių gilesniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje nebuvo nustatyta.

## Išvados

1. Tiek viršutiniame (0–10 cm), tiek gilesniame (10–20 cm) tirtame dirvožemio sluoksnyje baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklų nustatyta esmingai mažiau (1,7–2,2 karto) durpėmis mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuotais laukeliais.
2. Esmingai didesnis (14 proc.) baltųjų balandų (*Chenopodium album* L.) sėklų kiekis nustatytas 10 cm storio mulčiaus sluoksniu dengtuose laukeliuose, lyginant su plonesniu 5 cm mulčio sluoksniu padengtais laukeliais.
3. Žole mulčiuotuose laukeliuose viršutiniame (0–10 cm) tirtame dirvožemio sluoksnyje vyravo tik rauktalapių rūgštynių (*Rumex crispus* L.) sėklos. Gilesniame (10–20 cm) dirvožemio sluoksnyje nebuvo rasta daugiamečių piktžolių sėklų.
4. Mulčiuojant plonesniu (5 cm storio) mulčio sluoksniu rasta rauktalapių rūgštynių (*Rumex crispus* L.) sėklų, o padengus storesniu (10 cm) mulčio sluoksniu šių piktžolių sėklų nenustatyta.
5. Bendras trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių sėklų kiekis viršutiniame (0–10 cm) tirtame dirvožemio sluoksnyje esmingai mažesnis (1,8 karto) durpėmis mulčiuotuose laukeliuose, lyginant su nemulčiuota dirva.

## Literatūra

1. Atkocevičienė, V., Juknelienė, D., Valčiukienė, J. ir Ūselis, J. (2016). Darnus ekologinis ūkininkavimas Telšių rajone. *Miškininkystė ir kraštovarkla*, 3(10), 6–13.
2. Auškalnienė, O., Kadžienė, G., Janušauskaitė, D. and Supronienė, S. (2018). Changes in weed seed bank and flora as affected by soil tillage systems. *Žemdirbystė-Agriculture*, 105 p.
3. Bajorienė, K. (2013). Organinių mulčių liekamasis poveikis agrocenozėms: daktaro disertacija. Kaunas, 115 p.
4. Gudžinskas, Z. (1999). Lietuvos induočiai augalai. Vilnius: Botanikos instituto leidykla. 211 p.
5. Jodaugienė, D., Pupalienė, R. ir Urbonienė, M. (2006). Įvairių organinių mulčių įtaka trumpaamžių ir daugiamečių piktžolių dygimui. *Mokslo darbai*, 71(24).
6. Kaur, J. and Bons, H. K. (2017). Mulching: A viable option to increase the productivity of field and fruit crops. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2), 974–982.
7. Munikienė, J., Sinkevičienė, A., Jodaugienė, D. ir Steponavičienė, V. (2014). Organinių mulčių poveikis segetalinei florai ir augalų derlingumui. *Žemės ūkio mokslai*, 21(4), 209–220.
8. Ranjan, P., Patle, G. T., Prem, M. and Solanke, K. R. (2017). Organic mulching – a water saving technique to increase the production of fruits and vegetables. *Current Agriculture Research Journal*, 5(3), 372, 378. Prieiga per internetą: [https://www.agriculturejournal.org/pdf/vol5no3/CARJ\\_Vol5\\_No3\\_p\\_371-%20380.pdf](https://www.agriculturejournal.org/pdf/vol5no3/CARJ_Vol5_No3_p_371-%20380.pdf)
9. Rašomavičius, V., Gudžinskas, Z., Lančickas, L. ir Dobravolskaitė, R. (2008). Invazinių augalų rūšių populiacijų dinamikos ir plitimo tyrimai: mokslo tiriamojo darbo ataskaita. Floros ir geobotanikos laboratorija, Botanikos institutas.
10. Skuodienė, R. (2007). Piktžolių paplitimas trumpalaikių kombinuotai naudojamų žolynų ir po jų auginamų žieminių kviečių agrofitecenoze. *Žemdirbystė: mokslo darbai*, 94(2), 59–60.
11. SPSS (2000). *Instat 10. Statistics I*. Chicago. 663 p.
12. Stancevičius, A. (1980). Nauja racionali metodika piktžolių sėklų kiekiui dirvoje nustatyti. *Agronomija, melioracija ir hidrotechnika: LŽŪA mokslo darbų rinkinys*. Kaunas: Lithuanian University of Agriculture, p. 74–75.
13. Stancevičius, A., Jodaugienė, D., Špokienė, N., Raudonius, S. ir Trečiokas, K. (2003). Ilgamečio arimo ir beplūgio žemės dirbimo įtaka dirvožemiui ir vasarinių miežių pasėliui. *Žemdirbystė*, 83(3), 40–51.
14. Stelli, S., Hoy, L., Hendrick, R. ir Taylor, M. (2018). Effects of different mulch types on soil moisture content in potted shrubs. *Water Science Agriculture*, 44(3), 495–503.
15. Špokienė, N. ir Jodaugienė, D. (2009). Piktžolės ir jų naikinimas: mokomoji knyga. Akademija, Kauno r.
16. Vilkenė, M., Ambrazaitienė, D. ir Dabkevičius, Z. (2018). Organinės anglies atsargų kaupimosi dirvožemyje dėsnų įvertinimas sėjomainoje. *LAMMC agrariniai ir miškininkystės mokslai: naujausi tyrimų rezultatai ir inovatyvūs sprendimai*. Mokslinės konferencijos pranešimai, 8, 18 p.

Karolina Jackevičienė<sup>1,2</sup>, Aušra Sinkevičienė<sup>1</sup>, Nerijus Jurkonis<sup>2</sup>, Alfredas Sinkevičius<sup>1</sup>, Rasa Kimbirauskienė<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vytautas Magnus University, <sup>2</sup>Vytautas Magnus University Botanical Garden, Lithuania

### The Effect of Organic Mulches and Their Layer Thickness on Soil Contamination with Weed Seeds in Carrot Crop

The experiment was carried out in the farm, located in Giedriai village, Vilkaviškis District Municipality. Humus content in soil – 5.85%, pH – neutral (6.70). The object of the investigation: the carrot (*Daucus sativa* L.) crop where several type of organic mulch were utilized. The aim of the experiment: to evaluate and compare the influence of organic mulches and their layer thickness on weed seed germination in the edible carrot (*Daucus sativa* L.) crop. The field experiment was conducted by split-plot method, with 3 replications, resulting in 12 plots. The size of each area: accounting – 10 m<sup>2</sup> (2 m x 5 m). All of the areas of the investigation were covered by a 5 and 7 cm thick layer of mulch. Variants of the experiment: 1) no mulching (WN); 2) peat (PT); 3) grass (GR); 4) wheat straw (ST).

During the research period, significantly fewer short-lived weeds (1.7 times) were found in peat-mulched fields compared to non-mulched fields. For perennial weeds, only grass was found in the upper soil layer (0–10 cm) in mulched fields with a 5 cm layer of mulch. Peat and grass organic mulches significantly reduced the amount of short-lived weeds in the lower soil layer (10–20 cm) compared to non-mulched fields. Perennial weeds were not found in the lower soil layer.

Carrot, organic mulches, weed seeds, weeds.

Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.

Karolina JACKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 295287, el. paštas: karolina.jackeviciene@stud.vdu.lt

Karolina JACKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, Master student of agronomy science (MSc). Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 295287, e-mail: karolina.jackeviciene@stud.vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktarė, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, doctor of biomedical (agricultural) sciences, assoc. prof. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: ausra.sinkeviciene@vdu.lt

Nerijus JURKONIS. Vytauto Didžiojo universiteto Botanikos sodo direktorius, dr. Adresas: Ž. E. Žilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. Tel. +370 37 291604, el. paštas: nerijus.jurkonis@vdu.lt

Nerijus JURKONIS. Vytautas Magnus University Botanical Garden, Director, dr. Address: Ž. E. Žilibero g. 6, LT-46324 Kaunas. Phone: +370 37 291604, e-mail: nerijus.jurkonis@vdu.lt

Alfredas SINKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros žemės ūkio mokslų daktaras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: alfredas.sinkevicius@agrokonzernas.lt

Alfredas SINKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Sciences, doctor of agricultural sciences. Address: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: alfredas.sinkevicius@agrokonzernas.lt

Rasa KIMBIRAUSKIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros jaunesnioji mokslo darbuotoja. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: rasa.kimbirauskiene@vdu.lt

Rasa KIMBIRAUSKIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, junior researcher. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: rasa.kimbirauskiene@vdu.lt

## APLINKOS SĄLYGŲ ĮTAKA *TRICHODERMA* GENTIES GRYBŲ ANTAGONISTINIAM AKTYVUMUI

Dominykas Liukpetris, Vita Raudonienė, Jurgita Švedienė, Danguolė Bridžiuvienė

Gamtos tyrimų centras

Mikroskopinių grybų naudojimas žemės ūkyje yra aktyviai tyrinėjamas visame pasaulyje. Norint naudoti grybus kaip biokontrolės priemones, reikia atlikti išsamesnius tyrimus ir įvertinti jų efektyvumą, saugumą ir galimą šalutinį poveikį. Darbo tikslas buvo įvertinti temperatūros ir pH poveikį *Trichoderma* genties grybų ir augalų šaknų patogenų antagonizmui. Buvo tirtas penkių *Trichoderma* grybų padermių antagonistinis poveikis *Fusarium*, *Verticillium* ir *Alternaria* genčių mikroskopiniams grybams, esant skirtingoms terpės pH (4; 5; 6; 7; 8) reikšmėms ir temperatūrai (7 °C; 15 °C; 26 °C; 35 °C). Tyrimų rezultatai parodė, kad visos tirtos *Trichoderma* padermės pasižymėjo aukštu antagonistiniu poveikiu augalų patogenams, esant 26 °C temperatūrai ir visoms pH reikšmėms, išskyrus *V. lecanii*. Visos, išskyrus *T. tomentosum*, grybų padermės smarkiai slopino *A. pluriseptata* augimą (PIRG ≥ 75 %). Tirtos *Trichoderma* grybų padermės smarkiai ir vidutiniškai veikė *Fusarium* genties grybų augimą. Silpniausiu antagonistiniu aktyvumu pasižymėjo *T. tomentosum*.

*Trichoderma*, antagonizmas, terpės pH, temperatūra.

### Įvadas

Augalų ligos yra didelis iššūkis ir rimta problema visame pasaulyje (Gupta et al., 2017). Fitopatogenai yra vieni iš pavojingiausių augalams mikroorganizmų. Augalų antžeminė dalis ir šaknų sistema yra ypač palanki buveinė jiems vystytis. Mikroskopiniai grybai, tokie kaip *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, gali sunaikinti pradėjusius augti sėklų daigelius ar jau subrendusį augalą. Šiandien taikomos griežtos cheminių pesticidų naudojimo taisyklės ir daromas spaudimas pašalinti iš rinkos pavojingiausias chemines medžiagas (Tran, Salhofer, 2018). Cheminės medžiagos sunaikina ne tik patogeninį grybą, bet ir kitus dirvoje esančius mikroorganizmus (pvz., saprofitinius grybus), sutrikdo mikorizę, o tai trukdo mikroorganizmų ir augalo simbiozės procesams. Todėl ieškoma kitokių būdų, kurie nekenks kitiems mikroorganizmams. Daugumai dirvožemio grybų, gyvenančių rizosferoje ir ant augalų šaknų, būdingas antagonizmas, t. y. viena mikroorganizmų rūšis cheminiais junginiais (metabolizmo atliekomis, fermentais, antibiotikais) iš dalies arba visiškai slopina kitų mikroorganizmų augimą ir dauginimąsi.

*Trichoderma* spp. dažniau aptinkamos augalų rizosferoje, rečiau – ant šaknų ir pačiose šaknyse. Gausiau jų galima aptikti augalų, kurių antžeminė dalis pažeista ligų, rizosferoje. Didelis augimo tempas ir stiprūs antagonistiniai gebėjimai, būdingi daugeliui *Trichoderma* spp., leidžia juos naudoti kaip patogeninių grybų, tokių kaip *Botrytis*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Sclerotinia*, biokontrolės priemones (Saba, 2012; Gracia et al., 2012). Antagonizmu pasižymi ir dažniausiai naudojami *Trichoderma harzianum* ir *T. viride* mikroskopiniai grybai (van Wyk, 2003).

Šių grybų, kaip antagonistų, sėkmė priklauso nuo jų gebėjimo išgyventi įvairiomis nepalankiomis sąlygomis. *Trichoderma* genties grybų metabolitų gamyba ir fermentų aktyvumas labai priklauso nuo aplinkos sąlygų, drėgmės, temperatūros, pH, auginamų augalų. Šie fiziniai parametrai daro didelę įtaką, skatindami jų biomasės kultivavimą. Iš biomasės augimui įtaką darančių veiksnių temperatūra yra svarbiausias parametras. Mikroorganizmų metu gaminami įvairūs fermentai, pavyzdžiui, celiuliazė, chitinazė, kurie skaido patogeninio grybo ląstelių sienelės (Rabea et al., 2003). Be to, *Trichoderma* genties grybai pasižymi gebėjimu skatinti augalų augimą ir gerinti jų apsisaugojimo mechanizmus (Hermosa et al., 2012). Šio darbo tikslas buvo įvertinti temperatūros ir pH poveikį *Trichoderma* genties grybų ir augalų šaknų patogenų antagonizmui.

### Tyrimų metodika

Tyrimams buvo panaudotos Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos kolekcijoje saugomos *Trichoderma* genties (*T. viridescens* (A. S. Horne & H. S. Will.) Jaklitsch & Samuels G-183, *T. tomentosum* Bissett G-179, *T. ghanense* Yoshim. Doi, Y. Abe & Sugiy. G-170, *T. rossicum* Bissett, C. P. Kubicek & Szakács G-177, *T. hamatum* (Bonord.) Bainier G-171) ir patogeninių mikroorganizmų (*Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas 0932, *Fusarium oxysporum* Schltdl. G-101, *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. G-109, *Alternaria pluriseptata* (P. Karst. & Har.) Jørst.) 0727 padermės, išskirtos iš dirvožemio. Sąveika tarp *Trichoderma* genties ir patogeninių grybų buvo nustatyta pagal Denis ir kt. (1971) metodą. Mikroskopiniai grybai buvo pasėti ant Čapeko terpės (sacharozė – 30 g/l; NaNO<sub>3</sub> – 2 g/l; MgSO<sub>4</sub> x 7 H<sub>2</sub>O – 0,5 g/l; KCl – 0,5g/l; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 1 g/l; FeSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O – 0,01g/l; agaras – 20 g/l; distiliuotas vanduo – 1 l). Diskai (6 mm

skersmens) su 7 dienų inkubacijos *Trichoderma* genties padermėmis ir patogenais buvo perkelti į Petri lėkšteles su agarizuota bulvių dekstrozės terpe („Liofilchem“, Italija), esant skirtingoms terpės pH (4; 5; 6; 7; 8) reikšmėms, 2 cm atstumu nuo išorinės lėkštelės sienelės. Kontrolinėse lėkštelėse buvo auginamos pavienės patogeninių grybų padermės. Paruoštos mišrių kultūrų lėkštelės buvo inkubuotos  $7\pm 1$  °C,  $15\pm 1$  °C,  $26\pm 1$  °C,  $35\pm 1$  °C temperatūroje 7 paras. *Trichoderma* genties padermių ir patogenų micelio spinduliai (R) buvo išmatuoti kiekvienoje lėkštelėje. Mikroskopinio grybo augimo procentinė inhibicija (*percent inhibition of radial growth*, PIRG) buvo apskaičiuota pagal šią formulę:

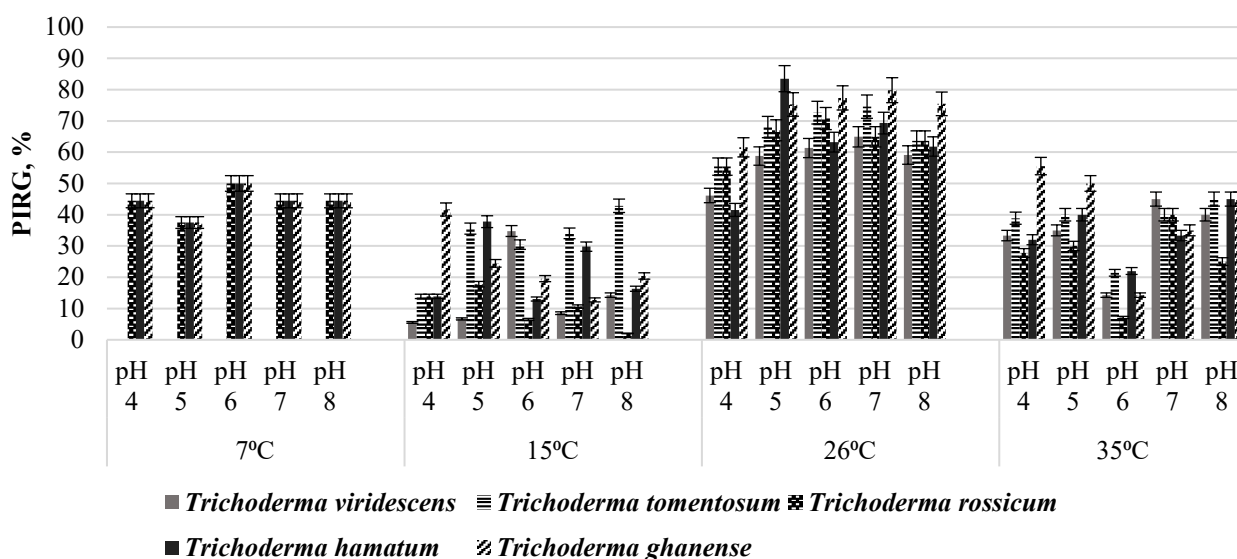
$$PIRG = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100 \%, \quad (1)$$

čia: R1 – patogeno augimo spindulys kontroliniame variante, mm;  
R2 – patogeno augimo spindulys lėkštelėje su antagonistu, mm.

Antagonistinio aktyvumo kriterijai (Soytong, 1998): 1. Labai aukštas (PIRG > 75 %); 2. Aukštas (PIRG 61–75 %); 3. Vidutinis (PIRG 50–60 %); 4. Žemas (PIRG < 50 %). Paruoštos terpės pH matuojamas universaliu pH-metru ir koreguojamas HCl (rūgštinamas) arba KOH (šarminamas) (Yarrow, 1998). Bandydas buvo atliktas dviem pakartojimais. Apskaičiuotas atliktų tyrimų duomenų matematinis vidurkis, santykinis standartinis nuokrypis. Duomenys buvo statistiškai apdoroti naudojant kompiuterinę programą „Microsoft Office Excel“.

## Rezultatai ir aptarimas

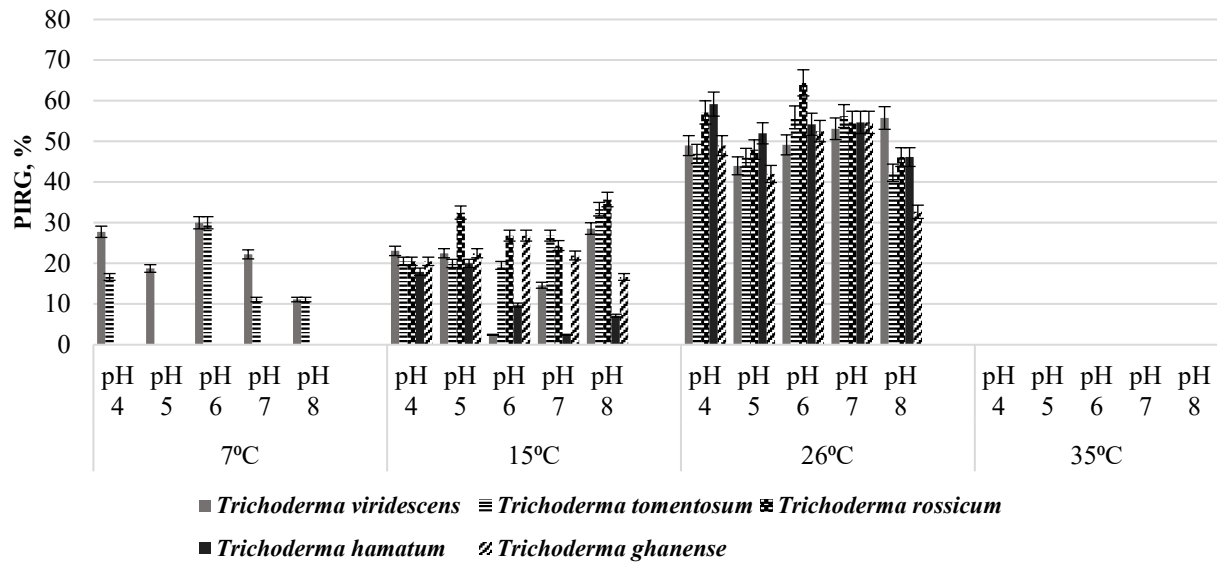
Tyrimo metu nustatyta, kad, esant skirtingai temperatūrai (7 °C, 15 °C, 26 °C, 35 °C) ir skirtingoms pH (4; 5; 6; 7; 8) reikšmėms, tirtos *Trichoderma* genties padermės pasižymėjo antagonistinėmis savybėmis sąveikoje su visais tirtais patogenais, esant 15 °C ir 26 °C temperatūrai. Visos tirtos *Trichoderma* padermės, esant 7 °C ir 35 °C temperatūrai, silpnai veikė arba visai neveikė tirtų patogenų augimo. Tiek antagonistams, tiek patogeniniams grybams sunkiau sekėsi formuoti micelį, išskyrus *F. oxysporum*, kurio augimo intensyvumas buvo spartus visose tirtose temperatūrose. Esant 7 °C temperatūrai, žemu (<50 %) antagonistiniu aktyvumu pasižymėjo *T. rossicum*, *T. hamatum*, *T. ghanense* sąveikoje su *F. oxysporum*, visame tirtame pH diapazone, o *T. viridescens* ir *T. tomentosum* antagonistinis poveikis nebuvo nustatytas (1 pav.).



1 pav. *Trichoderma* grybų inhibicinis poveikis *Fusarium oxysporum* (PIRG, %)

Fig. 1. Inhibitory effect of *Trichoderma* fungi against *Fusarium oxysporum* (PIRG, %)

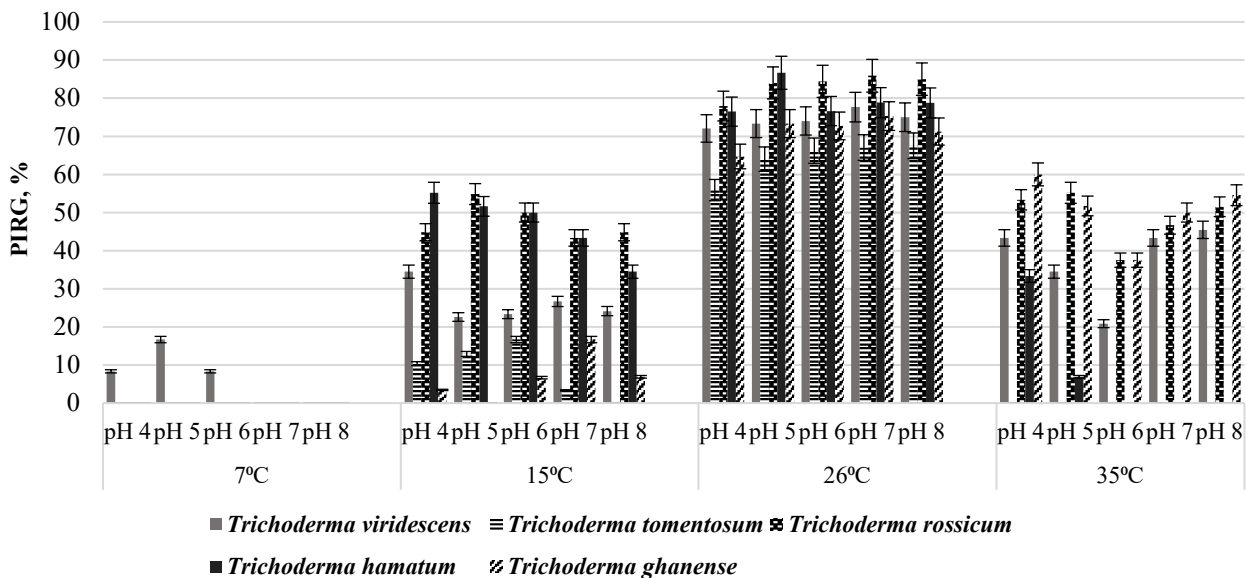
*T. viridescens* ir *T. tomentosum* pasižymėjo silpnu (<30 %) antagonistiniu aktyvumu sąveikoje su *F. avenaceum* 7 °C temperatūroje, pH 5. Esant 35 °C temperatūrai, kai terpės pH 4 ir pH 5, tik *T. ghanense* vidutiniškai slopino (PIRG atitinkamai 55,5 % ir 50 %) *F. oxysporum* augimą (1, 2 pav.).



2 pav. *Trichoderma* grybų inhibicinis poveikis *Fusarium avenaceum* (PIRG, %)

Fig. 2. Inhibitory effect of *Trichoderma* fungi against *Fusarium avenaceum* (PIRG, %)

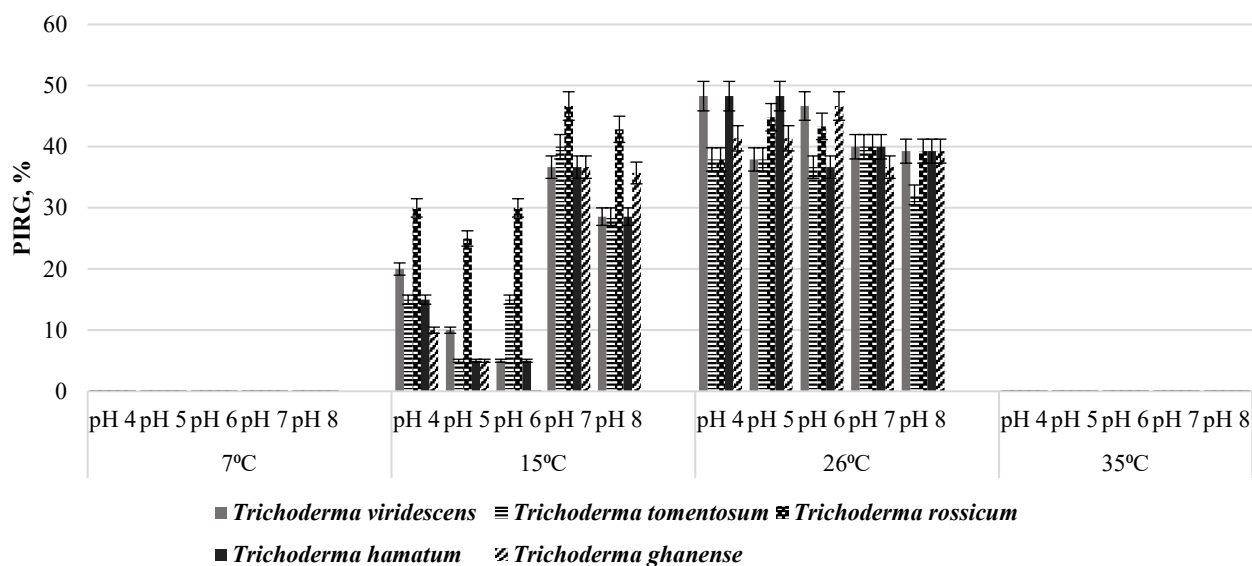
Esant toms pačioms sąlygoms, *T. ghanense* ir *T. rossicum* taip pat pasižymėjo vidutiniu antagonistiniu aktyvumu (PIRG atitinkamai 60 % ir 55,17 %) sąveikoje su *A. pluriseptata*. *T. hamatum* smarkiausiai slopino *A. pluriseptata* augimą (PIRG 86,6 %), esant 26 °C temperatūrai, pH 5 (3 pav.). Matas-Baca ir kt. (2022) nustatė, kad *T. asperellum* gana smarkiai slopino *Alternaria sp.* augimą (antagonistinis aktyvumas 50–93 %). Dideliu antagonistiniu aktyvumu (PIRG 83,5 %) *T. hamatum* pasižymėjo slopinant *F. oxysporum* augimą, esant 26 °C temperatūrai, pH 5 (1 pav.). Rahman ir kt. (2021) atlikti tyrimai parodė, kad *T. hamatum* turėjo panašų antagonistinį aktyvumą sąveikoje su *F. oxysporum* (PIRG 60,61–70,59 %).



3 pav. *Trichoderma* grybų inhibicinis poveikis *Alternaria pluriseptata* (PIRG, %)

Fig. 3. Inhibitory effect of *Trichoderma* fungi against *Alternaria pluriseptata* (PIRG, %)





4 pav. *Trichoderma* grybų inhibicinis poveikis *Verticillium lecanii* (PIRG, %)

Fig. 4. Inhibitory effect of *Trichoderma* fungi against *Verticillium lecanii* (PIRG, %)

Tirtos *Trichoderma* padermės silpniau veikė *V. lecanii* (<50 % PIRG) ir *F. avenaceum* augimą, išskyrus *T. rossicum*, kurios inhibicijos aktyvumas sąveikoje su *F. avenaceum* buvo didelis (PIRG 64,4 %), esant 26 °C temperatūrai, pH 6 (2 pav.). Prieš *V. lecanii* silpnomis antagonistinėmis savybėmis pasižymėjo *T. hamatum* ir *T. viridescens* – 48,27 %, esant 26 °C temperatūrai, pH 4–5 (4 pav.). Mažiausiu antagonistiniu aktyvumu pasižymėjo *T. tomentosum* sąveikoje su visais tirtais augalų šaknų patogenais.

## Išvados

1. Visos tirtos *Trichoderma* genties grybų padermės 26 °C temperatūroje ir visame pH (4–8) diapazone pasižymėjo dideliu arba vidutinišku antagonistiniu aktyvumu, išskyrus *Verticillium lecanii* patogeną, kurio slopinimas buvo silpnas (<50 %).
2. Nustatyta, kad temperatūra turėjo didesnę poveikį *Trichoderma* genties grybų antagonistiniam aktyvumui negu terpės pH.
3. *Trichoderma rossicum*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma ghanense* 7 °C temperatūroje silpnai slopino visų patogenų augimą visame pH (4–8) diapazone, o 35 °C temperatūroje tik *T. ghanense* pasiekė vidutinę inhibiciją, kai terpės pH 4 ir pH 5, sąveikoje su tirtais patogenais.

## Literatūra

1. Denis, L. W. J. (1971). Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma*. I. Production of non-volatile antibiotics. Transactions of the British Mycological Society, 57, 25–39.
2. Gracia, C., Banaay, B., Cuevas, V. and Vera Cruz, C. M. (2012). *Trichoderma ghanense* promotes plant growth and controls disease caused by *Pythium arrhenomanes* in seedlings of aerobic rice variety apo. The Philippine Agricultural Scientist, 95(2), 175–184. <https://www.researchgate.net/publication/266485635>
3. Gupta, S., Sharma, D. and Gupta, M. (2017). Climate change impact on plant disease. In Microbes for Climate Resilient Agriculture (pp. 41–56). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119276050.ch3>
4. Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I. and Monte, E. (2012). Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. Microbiology, 158(1), 17–25. <https://doi.org/10.1099/mic.0.052274-0>
5. Yarrow, D. (1998). Methods for the isolation, maintenance and identification of yeasts. In: C. P. Kurtzman and J. W. Fell (Eds.), The Yeasts (4<sup>th</sup> ed.).
6. Matas-Baca, M. Á., Urías García, C., Pérez-Álvarez, S., Flores-Córdova, M. A., Escobedo-Bonilla, C. M., Magallanes-Tapia, M. A. and Sánchez Chávez, E. (2022). Morphological and molecular characterization of a new autochthonous *Trichoderma* sp. isolate and its biocontrol efficacy against *Alternaria* sp. Saudi Journal of Biological Sciences, 29(4), 2620–2625. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.052>

7. Rabea, E. I., Badawy, M. E.-T., Stevens, C. V., Smagghe, G. and Steurbaut, W. (2003). Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4(6), 1457–1465. <https://doi.org/10.1021/bm034130m>
8. Rahman, S. S. M. S. A., Zainudin, N. A. I. M. and Aziz, N. A. A. (2021). Evaluation of *Trichoderma asperellum* B1902 in controlling Fusarium wilt of cavendish banana cultivar. *Sains Malaysiana*, 50(9), 2549–2561. <https://doi.org/10.17576/jsm-2021-5009-05>
9. Saba, H. (2012). *Trichoderma* – a promising plant growth stimulator and biocontrol agent. *Mycosphere*, 3(4), 524–531. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/3/4/14>
10. Soyong, K. (1998). Identification of species of *Chaetomium* in the Philippines and screening for their biocontrol properties against seed-borne fungi of rice. ULPB, College.
11. Tran, C. D. and Salhofer, S. P. (2018). Analysis of recycling structures for e-waste in Vietnam. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 110–126. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0549-1>
12. van Wyk, J. (2003). Biodegradation of wastepaper by cellulase from *Trichoderma viride*. *Bioresource Technology*, 86(1), 21–23. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00130-X)

**Dominykas Liukpetris, Vita Raudonienė, Jurgita Švedienė, Danguolė Bridžiuvienė**

Nature Research Centre, Lithuania

### **The Influence of Environmental Conditions on the Fungal Antagonistic Activity of *Trichoderma* Genus**

The use of fungi in agriculture is actively studied in the world. The use of fungal biocontrol agents requires extensive investigation and evaluation of their effectiveness, safety, and potential side effects. The aim of the work was to evaluate the influence of temperature and pH on the antagonistic properties of *Trichoderma* fungi against plant root pathogens. The antagonistic activity of five strains of *Trichoderma* fungi against microscopic fungi of the genera *Fusarium*, *Verticillium* and *Alternaria* was investigated at the different medium pH (4; 5; 6; 7; 8) and temperature (7 °C; 15 °C; 26 °C; 35 °C) values. The research results show that all tested *Trichoderma* strains showed high antagonistic activity against pathogens at 26 °C temperature and all pH values, except for *V. lecanii*. All fungal strains except *T. tomentosum* strongly inhibited the growth of *A. pluriseptata* (PIRG ≥ 75%). The tested *Trichoderma* fungal strains strongly and moderately affected the growth of *Fusarium* fungi. *T. tomentosum* showed the weakest antagonistic activity.

*Trichoderma*, antagonism, medium pH, temperature.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Dominykas LIUKPETRIS. Vilniaus universiteto Gamtos mokslų centro mikrobiologijos IV kurso studentas. Adresas: Saulėtekio al. 7, LT-10257 Vilnius. Tel.: +370 656 41018, el. paštas: dominykas.liukpetris@gmc.stud.vu.lt

Dominykas LIUKPETRIS. Vilnius University Center of Natural Sciences, student of the 4th year of Microbiology. Address: Saulėtekio al. 7, LT-10257 Vilnius dist. Phone: +370 656 41018, e-mail: dominykas.liukpetris@gmc.stud.vu.lt

Vita RAUDONIENĖ. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Akademijos g. 2-2, LT08412 Vilnius. Tel. +370 52 796640, el. paštas: vita.raudoniene@botanika.lt

Vita RAUDONIENĖ. Nature Research Centre, Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Akademijos g. 2-2, LT-08412 Vilnius. Phone: +370 52 796640, e-mail: vita.raudoniene@botanika.lt

Jurgita ŠVEDIENĖ. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Akademijos g. 2-2, LT-08412 Vilnius. Tel. +370 52 796640, el. paštas: jurgita.svediene@botanika.lt

Jurgita ŠVEDIENĖ. Nature Research Centre, Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Akademijos g. 2-2, LT-08412 Vilnius. Phone: +370 52 796640, e-mail: jurgita.svediene@botanika.lt

Danguolė BRIDŽIUVIENĖ. Gamtos tyrimų centro Botanikos instituto Biodestruktorių tyrimo laboratorijos (biomedicinos) mokslų daktarė. Adresas: Žaliųjų Ežerų g. 49, LT-08406 Vilnius. Tel. +370 52 796640, el. paštas: danguole.bridziuviene@botanika.lt

Danguolė BRIDŽIUVIENĖ. Nature Research Centre, Institute of Botany Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Žaliųjų Ežerų g. 49, LT-08406 Vilnius. Phone: +370 52 796640, e-mail: danguole.bridziuviene@botanika.lt

# AUKŠTUMALOS PELKĖS PIETVAKARINĖS DALIES HIDROLOGINĖS BŪKLĖS VERTINIMAS

Živilė Simutytė

Vytauto Didžiojo universitetas

Jau beveik 130 metų rytinėje Aukštumalos aukštapelkės dalyje įrengtame durpyne kasamos durpės. Didžiausius pokyčius pelkė patyrė po 1968 m., kai prasidėjo mechanizuota durpių gavyba. Durpių gavybos intensyvėjimas sukėlė reikšmingus pelkių pokyčius: iškasus sausinamuosius griovius, pažemėjo gruntinio vandens lygis ne tik eksploatuojamoje pelkės dalyje, bet ir aplinkiniuose plotuose. Tyrimo metu vertinant 2021 ir 2022 metų kritulių ir gruntinio vandens lygio svyravimus, pastebėta, kad po gamtotvarkos darbų požeminio vandens lygis pelkėje reikšmingai pakilo.

Aukštumala, aukštapelkė, hidrologinis režimas.

## Įvadas

Pelkės sukaupia milžinišką kiekį organinės anglies. Nors užima tik apie 3 % viso pasaulio sausumos plotų, jose yra vidutiniškai pusės atmosferoje esančio anglies dioksido CO<sub>2</sub> ekvivalento (Dise, 2009). Klimato kaita ir intensyvaus žemės naudojimo pokyčiai pavertė durpynus anglies šaltinio ekosistemomis. Dėl žemės ūkio, miškininkystės ir kitų ūkio sektorių plėtros nuolatinių šlapynių sausinimo veiksnių rezultatas yra beveik 20 % pelkių išteklių praradimas pasaulio mastu (Jarašius, 2015). Durpių kasyba, sausinimas, žemės ūkis išskiria durpėse sukauptą anglį ir taip papildoma atmosferoje esantį anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) kiekį (Minasny et al., 2019). Dėl klimato šiltėjimo ir dirvožemio sausėjimo taip pat daugėja durpinių plotų gaisrų, kurie yra dar vienas ŠESD (CO<sub>2</sub> ir metano (CH<sub>4</sub>)) išmetimo į atmosferą šaltinis, o tai daro neigiamą poveikį žmonių sveikatai ir socialiniam bei ekonominiam veiksniams (Paige et al., 2016).

Lietuvoje ši problema akivaizdi, nes dėl sausinamosios melioracijos šalyje prarasta net du trečdaliai pelkių išteklių, kasmet atimama apie 1,6–2,5 mln. tonų anglies (Jarašius, 2015). Lietuvos teritorijoje žmogaus veiklos nulemta šlapynių kaita platesnį mastą įgavo XIX a. antrojoje pusėje, kai valstybės mastu pradėti organizuoti žemės ūkio naudmenų sausinimo darbai, taip pat išaugo durpių kaip energinės žaliavos poreikiai (Povilaitis ir kt., 2011).

Šlapynių sausinimo darbai Lietuvoje turėjo nevienodą poveikį, ypač didelį jį patyrė Vakarų Lietuvoje esanti Nemuno delta, kurioje beveik išnyko žemapelkės. XX a. viduryje prasidėjusi mechanizuota durpių kasyba ir sausinimo darbai nulėmė didžiulius pelkių pokyčius, kurie šiuo metu turi neigiamą įtaką hidrologiniam režimui ir pelkių augalinei dangai (Jarašius, 2015).

XX a. pradžioje Aukštumalos pelkės teritorijoje buvo iškasti seklūs melioracijos grioviai, skirti durpių gavybos tikslams. Rytinėje dalyje susiformavo tankus griovių tinklas, o kitose rezervato dalyse tinklas yra ne toks tankus, tačiau tebeaktyvus iki šių dienų (Zableckis ir kt., 2017).

Pasaulyje Aukštumala žinoma kaip pirmoji monografijoje aprašyta pelkė. Vokiečių botanikas K. A. Vėberis savo 1902 m. pasirodžiusiame leidinyje (WEBER, 1902) išsamiai aprašė Aukštumalos pelkės augaliją, durpės klodo stratigrafiją ir fiziologinius aukštapelkių augalų prisitaikymo aspektus. Monografijos autorius jau tada pastebėjo Aukštumalos apypelkio sausinimo sukeltą pelkės bendrijų kaitą (Jarašius, 2015). Nuolatinis drenažas sukuria nepalankias sąlygas plėtotis aukštapelkės augalijai, kuri yra pakeičiama beržų (*Betula pubescens*) ir paprastųjų pušų (*Pinus sylvestris*) miškais. Šiuo metu apie pusė aukštapelkės teritorijos naudojama durpių gavybai. Šie iškasti plotai yra šalia vis dar nepalietos aukštapelkės, kuri taip pat kenčia nuo drenažo poveikio (Zableckis ir kt., 2017).

Pelkėtos vietovės (durpių sluoksnis yra storesnis nei 0,4 m, atskirais atvejais – 0,5 ir 0,6 m) Lietuvoje užima apie 10 % (653 933 ha) šalies ploto (Zableckis ir kt., 2020). Nors šiuo metu Lietuvoje apie 15 % pelkių yra saugoma, daugiau dėmesio turėtų būti skirta ekologiniam pelkių atkūrimui, ypač atsižvelgiant į pasaulinę pelkių atkūrimo patirtį (Jarašius, 2015).

Tyrimo tikslas – įvertinti Aukštumalos pelkės pietvakarinės dalies hidrologinį režimą.

## Tyrimų metodika

Tyrimė analizuojama 2013–2022 metų kritulių duomenys ir lyginami su daugiamete vidutine kritulių norma (1991–2020 m.). Duomenys gauti iš teritorijai artimiausios Šilutės AMS (automatinio matavimo stoties). Analizė padeda atskleisti ilgalaikius klimato modelius ir jų pokyčius, kurie tiesiogiai veikia aukštapelkės hidrologinį režimą ir ekosistemą. Kritulių duomenys yra būtini norint suprasti natūralų arba

antropogeninį poveikį aukštapelkei, o lyginimas su daugiamečiu vidurkiu leidžia įvertinti, kaip neseniai stebimi reiškiniai atitinka arba skiriasi nuo įprastų sąlygų, padeda nustatyti, kokie veiksmai reikalingi pelkės hidrologinėi pusiausvyrai išlaikyti ir jos ekologiniam stabilumui užtikrinti. Visa tai suteikia galimybę prognozuoti būsimas hidrologinio režimo tendencijas, kurios nepaprastai svarbios reaguojant į klimato kaitos keliamus iššūkius.

Aukštumos aukštapelkės pietvakarinėje teritorijoje dėl lėšų trūkumo nebuvo vykdomi jokie gamtotvarkos darbai bei gruntinio vandens lygio stebėjimas. 2021 m., gavus finansavimą iš Vokietijos fondo „Stiftung Zukunft Jetzt“, su partneriais iš Vokietijos pradėta įgyvendinti gamtotvarkos priemonės. Projekto tikslas – pagerinti Aukštumos telmologinio draustinio pietvakarinėje dalyje esančių Europos svarbos buveinių ekologinę būklę ir sumažinti ŠESD emisijas iš sausinimo pažeistos aukštapelkės. Darbai buvo vykdomi nuo 2021 m. kovo 1 d. iki gruodžio 31 d.

Projekto įgyvendinimo etapai:

1. 2021 m. kovo–birželio mėn. – vietovės įvertinimas projekto darbams įvykdyti.
2. 2021 m. liepos mėn. – dviejų hidrologinio matavimo aikštelių įrengimas.
3. 2021 m. spalio mėn. – pasiruošimas tolesniems darbams.
4. 2021 m. gruodžio mėn. – sausinamųjų griovelių tvenkimo pradžia.

Nuo 2021 m. liepos mėn. pradėtas gruntinio vandens lygio monitoringas tiriamoje teritorijoje, kurioje įrengtos dvi hidrologinio režimo matavimo aikštelės: viena 5 m nutolusi nuo užtvenkto sausinamojo griovio, kita – pelkės plynėje. Šulinėliai, skirti hidrologinio režimo monitoringui, padeda įvertinti duomenis apie vandens lygio svyravimus tiriamoje vietovėje. Šulinėliai kas tris valandas matuoja gruntinio vandens lygį, o surinkti duomenys suteikia išsamią informaciją apie tiriamos teritorijos hidrologinį režimą, užtikrinant nuolatinį stebėjimą ir leidžiant identifikuoti sezoniškus ar ilgalaikius pokyčius.

Vietų koordinatės, kuriose įrengtos gruntinio vandens lygio matavimo stotelės (pagal LKS-94) (1 pav.):

1. Stotelė Nr. 1 (5 m nuo sausinamojo griovio) įrengta pagal koordinates X:6143241,00 ir Y:330177,00.
2. Stotelė Nr. 2 (pietvakarinės dalies aukštapelkės plynėje) įrengta pagal koordinates X:6143341,00 ir Y:330078,00.

Stočių įrengimas konkrečiose vietose leidžia gauti duomenis iš skirtingų pelkės zonų, kurios gali būti skirtingai paveiktos. Stotelė, įrengta 5 m nuo užtvenkto sausinamojo griovio, gali rodyti tiesioginį sausinimo poveikį, o stotelė pelkės plynėje – atspindėti natūresnę hidrologinę aukštapelkės būklę.

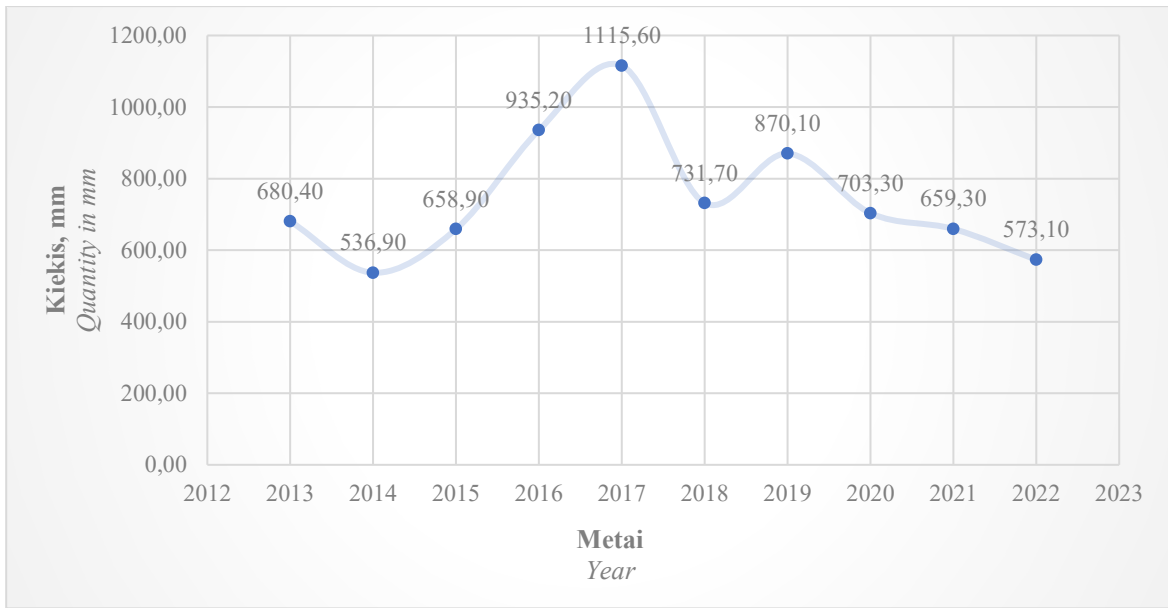


1 pav. Gruntinio vandens lygio matavimo stotelių įrengimo vietos

Fig. 1. Locations of groundwater level measuring stations

## Rezultatai ir aptarimas

Diagrama, vaizduojanti metinį kritulių kiekį Šilutės automatinėje meteorologijos stotyje per dešimties metų laikotarpį (2 pav.), parodo reikšmingus kritulių svyravimus tam tikrais metais. 2014 m. kritulių kiekis siekė daugiau nei 536,90 mm. Ypač išsiskiria 2017 metai, kurie buvo itin drėgni – kritulių kiekis siekė 1 115,60 mm. Po drėgnų 2017 m. stebimas kritulių kiekio mažėjimas iki pat 2022 m. – pastaraisiais metais užfiksuotas kiekis buvo tik 573,10 mm.

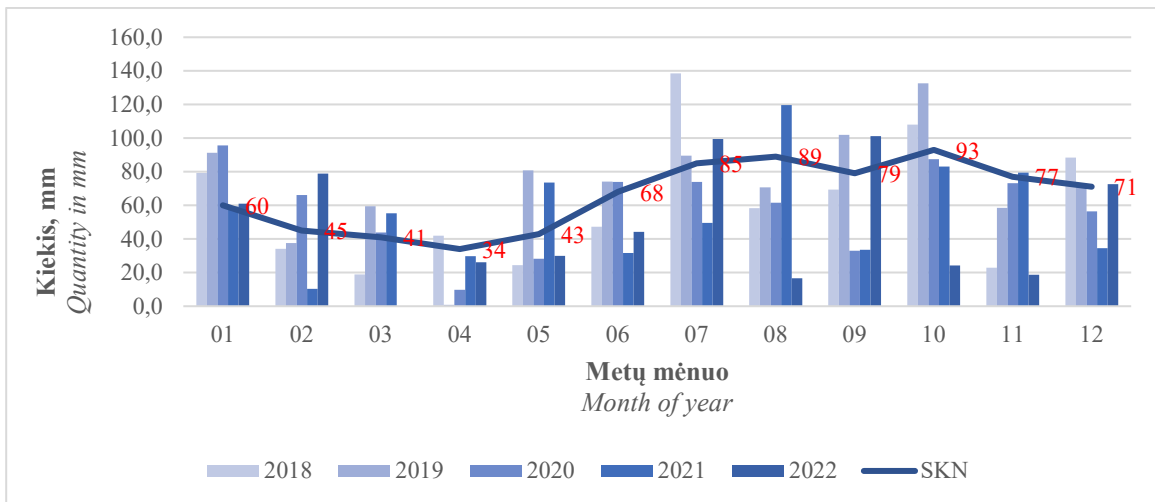


**2 pav.** Metinis kritulių kiekis Šilutės AMS 2013–2022 metais  
**Fig. 2.** Annual precipitation at Šilutė AMS for 2013–2022

Diagramoje (3 pav.) pavaizduotas mėnesinis kritulių kiekis Šilutės automatinėje meteorologijos stotyje (AMS) per penkerius metus, nuo 2018 iki 2022 m. Taip pat pateikiama vidutinė daugiametė 1991–2020 m. kritulių (SKN) linija, vertinama kaip ilgalaikis kritulių kiekio rodiklis, su kuriuo galima palyginti kiekvienų metų duomenis.

Iš diagramos pastebima, kad kritulių kiekis skirtingais mėnesiais ir metais labai svyruoja. Yra aiškiai matomi kritulių pikai, pavyzdžiui, 2018 m. liepos mėn. kritulių kiekis siekė 140 mm, o 2021 m. rugpjūčio mėn. – beveik 120 mm. Šių konkrečių mėnesių krituliai ženkliai viršija SKN liniją, o tai reiškia, kad tais mėnesiais buvo ypač drėgna, lyginant su ilgalaikiu vidurkiu.

Taip pat matyti, kad kai kuriais mėnesiais, pavyzdžiui, 2021 m. vasario ar tų pačių metų birželio ir rugsėjo mėn. kritulių kiekis buvo ženkliai žemiau SKN linijos, tad šie mėnesiai buvo sausesni, nei įprasta.



**3 pav.** Mėnesinis kritulių kiekis Šilutės AMS 2018–2022 metais  
**Fig. 3.** Monthly precipitation in Šilutė AMS 2018–2022

Diagramoje (4 pav.) pateikiami gruntinio vandens lygio nuo pelkės paviršiaus duomenys, užfiksuoti įrengtose gruntinio vandens lygio matavimo stotelėse per laikotarpį nuo 2021 liepos mėn. iki 2022 m. kovo mėn. Vandens lygis matuotas dviejose vietose – 5 m atstumu nuo griovio (stotelė Nr. 1) ir pelkės plynėje (stotelė Nr. 2). Pastebėta, kad abiejose vietose vandens lygio svyravimai atspindi aiškų sezoninį ritmą, kuris susijęs su metų laikų kaita, krituliais. Nuo pat gruntinio vandens lygio stebėjimo pradžios ypač ryškūs vandens lygio pokyčiai pelkės plynėje, kurioje vandens lygis išlieka aukštesnis ir stabilus, mažiau reaguoja į aplinkos pokyčius, o tai rodo didesnę aukštapelkės gebėjimą sulaukyti vandenį. Tačiau, praėjus beveik 6 mėnesiams nuo

gamtotvarkos darbų įgyvendinimo pradžios, galima stebėti, kaip keičiasi gruntinio vandens lygis pelkės pakraštyje, 5 m nuo sausinamojo griovio (4 pav.). Ten gruntinio vandens lygis (GVL) perkopia aukštapelkės plynės lygį. 2022 m. sausio 2 d. pelkės plynėje matuojamas GVL siekia -4,20 mm nuo pelkės paviršiaus, o pakraštyje GVL siekia -10,075 mm. Po mažiau nei savaitės, sausio 6 d., pelkės plynėje fiksuojamas GVL yra -0,925 mm, o pelkės pakraštyje GVL jau siekia 4,43 mm nuo pelkės paviršiaus. Galima daryti prielaidą, kad sausinamųjų griovių patvenkimas sudaro puikias sąlygas atsikurti aukštapelkės hidrologiniam režimui.

Matyti, kad per stebėjimo laikotarpį gruntinio vandens lygis kinta: pradžioje jis buvo žemesnis, tačiau vėliau pradėjo laipsniškai kilti. Nors 2021–2022 m. matomas metinių kritulių kiekio sumažėjimas (2 pav.), analizuojamos pelkės lygis kilo, todėl galima daryti prielaidą, kad atlikti gamtotvarkos darbai daro teigiamą įtaką hidrologiniam pelkės režimui. Staigūs vandens lygio pokyčiai rodo, kad aukštapelkė gali būti veikiamą ekstremalių oro sąlygų, pavyzdžiui, intensyvių liūčių arba ilgalaikių sausrų. Iš toliau pateiktos diagramos matyti, kad aukštapelkės vandens lygis laipsniškai kilo nuo 2021 m. liepos 28 d. (gruntinio vandens lygis siekė -41,7625 cm nuo pelkės paviršiaus) iki tų pačių metų rugpjūčio 28 d. (GVL siekė -12,4583 cm nuo pelkės paviršiaus). Iš anksčiau nurodytos diagramos duomenų (3 pav.) matyti, kad 2021 m. rugpjūčio mėnesis pasižymėjo didesniu kritulių kiekiu (120 mm), lyginant su vidutine daugiamete 1991–2020 m. rugpjūčio mėnesio (89 mm) linija, todėl tai galėjo padaryti įtaką staigesniam vandens lygio pakilimui tiriamoje teritorijoje. Tam tikrais laikotarpiais pastebėtas ir nedidelis vandens lygio kritimas, pavyzdžiui, nuo 2021 m. rugsėjo 23 d. (GVL siekė -19,2833 cm nuo pelkės paviršiaus) iki tų pačių metų spalio 12 d. (GVL siekė -28,45 cm nuo pelkės paviršiaus). Mėnesinių kritulių kiekio diagramoje matyti, kad tuo laikotarpiu rugsėjis (33,50 mm) ir spalio (83,00 mm) pasižymėjo mažesniais krituliais nei vidutinė daugiametė linija rugsėjo (79,00 mm) ir spalio (93,00 mm) mėnesiais.



4 pav. Gruntinio vandens lygio matavimai nuo pelkės paviršiaus iš dviejų matavimo stotelių

Fig. 4. Groundwater level measurements from the surface of the bog from two measuring stations

## Išvados

1. Tyrimas parodė, kad per 2013–2022 metus kritulių kiekis tiriamoje vietovėje ženkliai svyravo, buvo išskirtinai drėgnų metų, pavyzdžiui, 2017-ieji, kai kritulių kiekis siekė 1 115,60 mm, ir ypač sausų metų, pavyzdžiui, 2022 m. kritulių kiekis buvo 573,10 mm. Tai rodo, kad pastarąjį dešimtmetį klimato pokyčiai gali turėti tiesioginį poveikį hidrologiniam pelkės režimui ir jos ekosistemai.
2. Nuo 2021 m. įgyvendinti aukštapelkės gamtotvarkos darbai ir gruntinio vandens lygio monitoringas parodė, kad vandens lygio svyravimai atspindi aiškų sezoninį ritmą, susijusį su metų laikais, krituliais, o gamtotvarkos darbai padeda suvaldyti ypač stiprius gruntinio vandens lygio svyravimus. Tai ypač svarbu analizuojant pelkių ekosistemų gebėjimą sulaikyti vandenį ir atsparumą aplinkos pokyčiams.

## Literatūra

1. Dise, B. N. (2009). Peatland response to global change. *Science*, 326, 810–811. doi:10.1126/science.1174268
2. Jarašius, L. (2015). Aukštapelkių augalijų bendrijų ekologinio atkūrimo galimybės degradavusioje Aukštumos pelkės dalyje ir išekspluototame durpyne: daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas, Gamtos tyrimų centro institutas.
3. Minasny, B., Berglund, Ö., Connolly, J., Hedley, C., de Vries, F., Gimona, A., Kempen, B., Kidd, D., Lilja, H., Malone, B., McBratney, A., Roudier, P., O'Rourke, S., Rudiyanto, Padarian, J., Poggio, L., ten Caten, A., Thompson, D., Tuve, C. and Widyatmanti, W. (2019). Digital mapping of peatlands – A critical review. *Earth-Science Reviews*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.05.014>
4. Page, S. E. and Baird, A. J. (2016). Peatlands and global change: Response and resilience. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 35–57. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085520>
5. Povilaitis, A., Taminskas, J., Gulbinas, Z., Linkevičienė, R. ir Pileckas, M. (2011). Lietuvos šlapynės ir jų vandensauginė reikšmė: monografija. Vilnius: Gamtos paveldo fondas.
6. Zableckis, N., Jarašius, L. ir Sendžikaitė, J. (2020). Pelkininkystės (paludikultūros) bandomųjų vietovių išankstinio planavimo dokumentai. Vilnius.
7. Zableckis, N., Sinkevičius, Ž., Jarašius, L. ir Sendžikaitė, J. (2017). Geroji praktika atkuriant Aukštumos aukštapelkę. Vilnius: Lietuvos gamtos fondas.

## Živilė Simutyte

Vytautas Magnus University, Lithuania

### Assessment of the Hydrological Status of the South-Western Part of the Aukštumala Raised Bog

Peat has been mined for almost 130 years in a peat bog in the eastern part of the Aukštumala raised bog. The biggest changes in the peat bog occurred after 1968, when mechanised peat extraction began. The intensification of peat extraction has led to significant changes in the wetland: the excavation of drainage ditches has lowered the water table, not only in the exploited part of the wetland, but also in the surrounding areas. By analysing the variations in rainfall and groundwater levels in 2021 and 2022, it was observed that the groundwater level in the marsh increased significantly after the restoration works.

Aukštumala, raised bog, hydrological regime.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Živilė SIMUTYTĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel.: +370 647 79437, el. paštas: z.simutyte@gmail.com

Živilė SIMUTYTĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, postgraduate. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 647 79437, e-mail: z.simutyte@gmail.com

# SĖJOS LAIKO ĮTAKA ŽIEMINIŲ KVIEČIŲ PASĖLIUI

Darija Jodaugienė, Ilona Vagusevičienė, Lukas Aukselis

Vytauto Didžiojo universitetas

Labai svarbus veiksnys, užtikrinantis žieminių kviečių derlingumą, yra optimalus sėjos laikas. Šiltėjantis klimatas, ilgėjantis šiltas laikotarpis rudenį reikalauja kitokio požiūrio į žieminių kviečių sėjos laiką. Tam tikslui 2021–2022 m. atliktas tyrimas ūkininko Algirdo Aukselio ūkyje Šimkūnų kaime, Joniškio rajone. Eksperimento metu tirta žieminių kviečių veislė 'Etana', kuri sėta skirtingu laiku. Eksperimente taikyti žieminių kviečių sėjos laiko variantai: 1) rugsėjo 7 d.; 2) rugsėjo 14 d.; 3) rugsėjo 21 d.; 4) rugsėjo 28 d. Tyrimais nustatyta, kad skirtingas sėjos laikas neturėjo esminės įtakos žieminių kviečių pasėlio tankumui rudenį ir pavasarį atsinajinus augalų vegetacijai. Nustatyta, kad vėlinant sėją pavasarį pasėlio tankumas turėjo tendenciją mažėti. Prieš derliaus nuėmimą esmingai didžiausias produktyvių stiebų skaičius (738,4 vnt. m<sup>-2</sup>) nustatytas žieminių kviečių laukeliuose, apsėtuose rugsėjo 14 d., lyginant su ankstyviausia sėja. Didžiausias žieminių kviečių derlingumas gautas ankstyvosios sėjos (rugsėjo 7 d.) laukeliuose ir siekė 9,08 t ha<sup>-1</sup>, o vėlinant sėją derlingumas mažėjo. Esmingai mažesnis žieminių kviečių derlingumas nustatytas sėjant juos rugsėjo 21 ir 28 d.

Žieminiai kviečiai, sėjos laikas, pasėlio tankumas, grūdų derlingumas.

## Įvadas

Pasaulio mastu kviečiai priskiriami prie trijų svarbiausių grūdinių augalų, įskaitant kukurūzus (*Zea mays* L.) ir ryžius (*Oryza sativa* L), kurių kasmet nuimami didžiausi derliai (FAO, 2023). Lietuvoje žieminių kviečių auginama didžiausi plotai, nes jie yra vieni iš derlingiausių bei pelningiausių žemės ūkio kultūrinių augalų. Šalyje 2022 m. iš visų auginamų pasėlių ploto grūdinių augalų pasėliai sudarė 67,5 proc., o iš jų kviečiai sudarė 57 proc. (Oficialiosios statistikos portalas, 2023). Žiūrint pasaulio mastu, 2023 m. kviečių grūdų produkcija pasiekė vidutiniškai 2 840 mln. t, t. y. 1,1 proc. daugiau nei 2022 m. (FAO, 2023).

Vienas iš svarbiausių technologinių darbų yra sėja, nuo kurios kokybės priklauso pasėlio tankumas, augalų apšvietimas, vegetacija, taip pat pasėlio derlingumas ir jo kokybė (Romaneckas ir kt., 2017). Javų sėja pradedama paruošus kokybišką sėklos guoliavietę. Įprastai sėklų guoliavietę paruošiama suariant dirvą, paskui taikant paviršinį žemės dirbimą, pabaigiama paruošti vienu važiavimu (Fanigliulo et al., 2021).

Žieminių kviečių sėjos laikas gali būti taikomas ir kaip priemonė pasėlio piktžolėtumui mažinti. Pavėlinus sėją galima tikėtis pasėlio mažesnio piktžolėtumo, nes piktžolės sunaikinamos ruošiant dirvą sėjai, todėl per trumpesnę laiko tarpą sudygsta mažiau piktžolių. Tačiau, ženkliai pavėlinus žiemkenčių sėją, iki žiemos jie dažnai nespėja išsivystyti, blogiau žiemoja, o pavasarį sunkiau konkuruoja su peržiemojusiomis piktžolėmis. Todėl rekomenduojama javus sėti optimaliu laiku (Špokienė, Jodaugienė, 2009; Romaneckas ir kt., 2017). Laiku vykdoma sėja yra vienas iš svarbiausių agronominių uždavinių, kuris užtikrina greitesnę sėklų dygimą, geresnę augalo augimą ir vystymąsi, derliaus formavimąsi. Dažniausiai žieminių kviečių sėja dėl įvairių aplinkos veiksnių vėluojama, o to pasekmė – mažesnis grūdų derlingumas ir jo kokybė (Shah et al., 2020). Pasak A. A. Šiuliausko (2015), agronominiu aspektu Lietuvoje optimalius sėjos laikas yra nuo rugsėjo 10 iki 25 d. Apskaičiuota, kad Lietuvoje per anksti (iki rugsėjo 10 d.) apsėjama iki 5 proc., o po rugsėjo 25 d. pasėjama dar apie ketvirtadalis (iki 25 proc.) žieminių kviečių ploto. Žinoma, sėjos laiko neigiamą poveikį galima šiek tiek kompensuoti didinant sėklos normą, mažinant sėklos įterpimo gylį, naudojant didesnes beico normas (Šiuliauskas, 2015; Abbas et al., 2019). Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti sėjos laiko įtaką žieminių kviečių pasėlio tankumui ir produktyvumui.

## Tyrimų metodika

Eksperimentas atliktas 2021–2022 m. ūkininko Algirdo Aukselio ūkyje Šimkūnų kaime, Joniškio rajone. Eksperimento metu tirta žieminių kviečių veislė 'Etana', kuri sėta skirtingu laiku. Eksperimente taikyti žieminių kviečių sėjos laiko variantai: 1) rugsėjo 7 d.; 2) rugsėjo 14 d.; 3) rugsėjo 21 d.; 4) rugsėjo 28 d. Nuėmus žieminių rapsų priešsėlį, laukas buvo skustas lėkštiniu skutikliu „Unia“ 5 cm gyliu. Rapsų pabiroms sudygus, laukas buvo nupurkštas glifosatu. Po kelių savaičių prieš sėją žemė buvo išdirbta noraginiu skutikliu DAL BO 300 14–16 cm gyliu. Sėta sėjama „Väderstad Super Rapid 400 C“ 12,5 cm tarpueiliais ir 4 cm gyliu, sėklos norma – 3,8 mln. ha<sup>-1</sup>. Vieno laukelio pradinis plotas – 2 400 m<sup>2</sup> (20 x 120 m), apskaitinio laukelio plotas – 800 m<sup>2</sup> (10 x 80 m).

Iš rudens pasėliai buvo tręšti. Herbicidai rudenį taip pat nebuvo naudoti. Kovo mėnesio pabaigoje laukeliai buvo patręšti NPK (S) 15–15–15–10 kompleksinėmis trąšomis. Po keleto dienų kviečių pasėlis akėtas



ekologinėmis akėčiomis, siekiant įterpti išbertas mineralines trąšas ir sunaikinti dygstančias piktžoles. Po kelių savačių tręšta amonio sulfatu ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Po savaitės išpurkštos KAS skystos trąšos  $200 \text{ l ha}^{-1}$  norma. Gegužės pradžioje panaudotas herbicidas „Elegant 2FD“  $0,6 \text{ l ha}^{-1}$ . Pieninės brandos pradžioje pasėlis purkštas karbamido tirpalu ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Po 12 dienų pakartotas purškimas karbamido tirpalu ta pačia norma. Rugsėjo 12 d. nuimtas žieminių kviečių derlius.

Atliktas lauko eksperimentas, kurio metu nustatytas žieminių kviečių sudygimas, pasėlio tankumas bei derlingumas. Žieminių kviečių tankumo skaičiavimai atlikti 10-yje apskaitinio laukelio atsitiktinių vietų, derlingumo – 5 vietose. Duomenų statistiniam vertinimui taikytas pasikliautinasis intervalas, naudojantis „Basic Statistics“ analizę prognoje STAT iš programų paketo SELEKCIJA.

## Rezultatai ir aptarimas

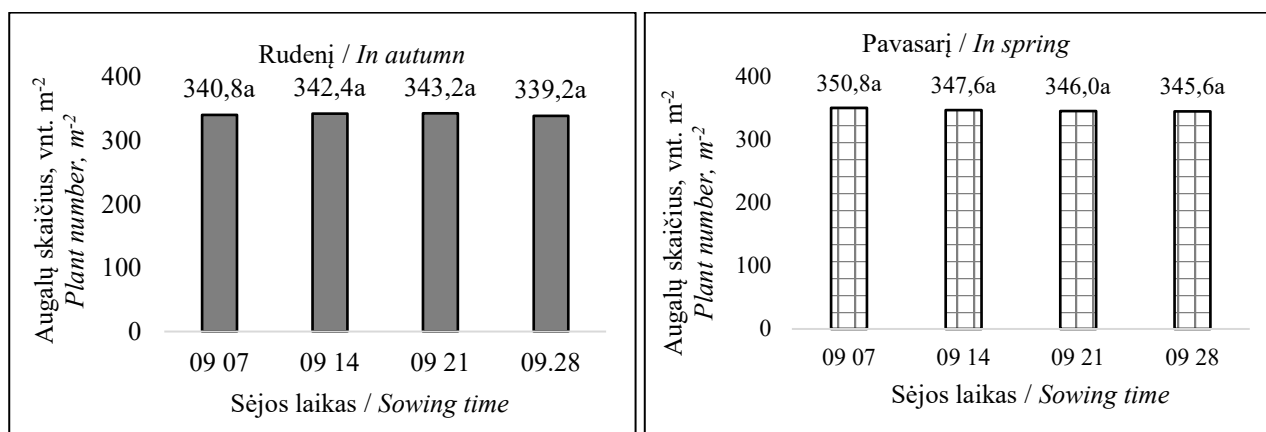
Sėklų sudygimui turi įtakos daug veiksnių, tokių kaip temperatūra, šviesa, drėgmės kiekis, deguonis, dirvožemis bei jo pH, sėklų gyvybingumas (Romaneckas ir kt., 2017). Sėjos laikas taip pat yra vienas iš veiksnių, turinčių įtaką sėklų sudygimui. Žieminiai kviečiai, pasėti rugsėjo 7 dieną, sudygo per savaitę, pasėti rugsėjo 14 dieną sudygo per 13 dienų, pasėti rugsėjo 21 dieną – per 17 dienų, o pasėti rugsėjo 28 dieną sudygo per 19 dienų (1 lentelė). Greičiausiai sudygo anksčiausiai pasėti kviečiai (rugsėjo 7 d.), nes buvo palankios sąlygos sudygti. Vėlinant sėją, mažėjo vidutinė paros temperatūra ir iškrito daugiau kritulių, lyginant su rugsėjo pradžia, todėl pasėlis dygo ilgiau, nes nebuvo tokios optimalios sąlygos kaip rugsėjo pirmąją savaitę. Atliktas eksperimentas įrodė, kad sėjos laikas turėjo įtaką žieminių kviečių sudygimui. Taigi, kuo anksčiau pasėti žieminiai kviečiai, tuo jų sudygimas buvo greitesnis.

1 lentelė. Žieminių kviečių sudygimo laikas

Table 1. Germination time of winter wheat

Sėjos laiko variantai <i>Treatments of sowing time</i>	Sudygimas <i>Germination</i>	Sudygimo trukmė dienomis <i>Germination duration in days</i>
I. 09 07	09 14	7
II. 09 14	09 27	13
III. 09 21	10 08	17
IV. 09 28	10 17	19

Žieminių kviečių sudygusių augalų optimalus tankumas rudenį turėtų būti apie  $250\text{--}300 \text{ vnt. m}^{-2}$ . Esant didesniai tankumui nei  $350\text{--}450 \text{ vnt. m}^{-2}$  pasėliai prasčiau žiemoja, nes būna silpnesni (Gaigalaitė, 2019). Eksperimento metu buvo nustatyta sėjos laiko įtaka žieminių kviečių pasėlio tankumui rudenį 3-ą dygimo dieną, pavasarį vegetacijai atsinaujinus ir prieš derliaus nuėmimą įvertinta produktyvių stiebų skaičius. Atliekant pasėlio tankumo skaičiavimus 3-ą dygimo dieną, gauti panašūs rezultatai visuose skirtingose sėjos laukeliuose (1 pav.). Sudygusių žieminių kviečių tankumas svyravo nuo  $339,2$  iki  $343,2 \text{ vnt. m}^{-2}$ , todėl tankumas tarp skirtingų sėjos laikų esmingai nesiskyrė. Atsižvelgus į tyrimo rezultatus, galima teigti, kad sėjos laikas neturėjo esminės įtakos pasėlio tankumui 3-ą dygimo dieną.



1 pav. Sėjos laiko įtaka žieminių kviečių tankumui rudenį ir pavasarį vegetacijai atsinaujinus

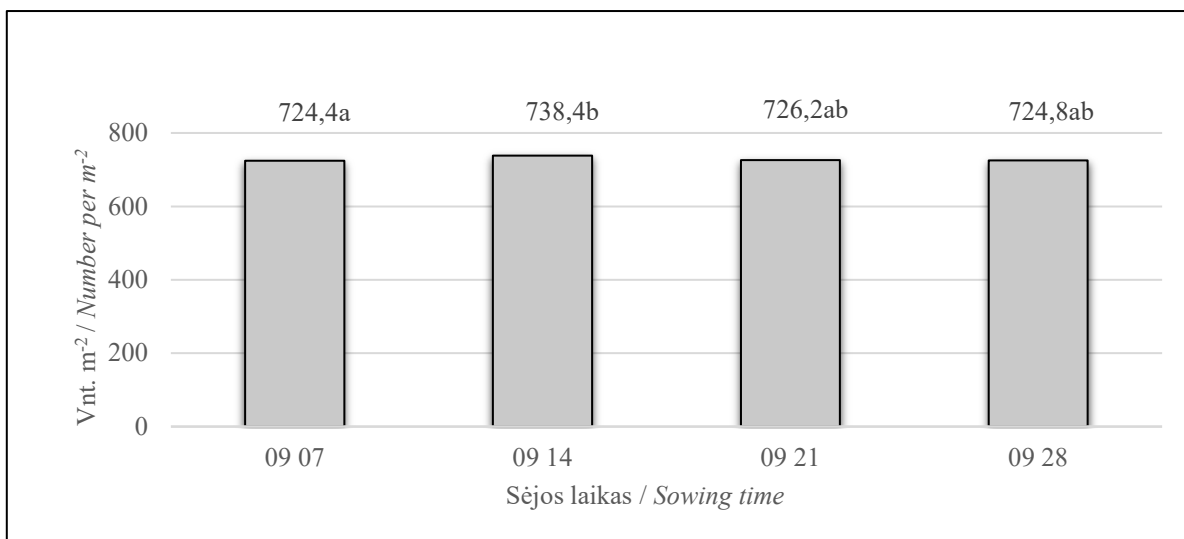
Fig. 1. The influence of sowing time on the density of winter wheat in autumn and after vegetation renewal in spring

Pastaba. Variantų vidurkiai, neturintys bendrų raidžių, esmingai skiriasi esant 95 % tikimybės lygiui, taikant Fišerio testą.  
Note. Values followed by different letters are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Fisher's LSD test.

Žiema buvo palanki žieminių kviečių žiemojimui, todėl pasėlis gerai peržiemojo, nežuvo ir neišretėjo. Atlikus pasėlio tankumo apskaitą pavasarį buvo gauta, kad didžiausias žieminių kviečių augalų skaičius buvo ankstyvosios sėjos ( $350,8 \text{ vnt. m}^{-2}$ ), o mažiausias ( $345,6 \text{ vnt. m}^{-2}$ ) – vėliausios sėjos laukeliuose. Atsižvelgus į gautus rezultatus galima teigti, kad pasėlio tankumas pavasarį vegetacijai atsinaujinus tarp skirtingų sėjos variantų esmingai nesiskyrė, tačiau vėlinant sėją tankumas turėjo tendenciją mažėti.

Pasak P. Duchovskio ir V. Šlapausko (2008), siekiant optimalaus žieminių kviečių tankumo kvadratiniam metre turėtų augti apie 500–700 produktyvių stiebų. Atlikus pasėlio tankumo apskaitą prieš derliaus nuėmimą, nustatyta, kad tankumas buvo kiek didesnis nei optimalus ir svyravo nuo 724,4 iki 738,4  $\text{vnt. m}^{-2}$  (2 pav.).

Esmingai didžiausias produktyvių stiebų skaičius nustatytas rugsėjo 14 dieną sėtame žieminių kviečių pasėlyje ( $738,4 \text{ vnt. m}^{-2}$ ). Prasčiausiai augalai krūmijosi ir mažiausias produktyvių stiebų skaičius nustatytas ankstyviausios ir vėlyviausios (t. y. rugsėjo 7 d. ir rugsėjo 28 d.) žieminių kviečių sėjos laukeliuose – atitinkamai 724,4 ir 724,8  $\text{vnt. m}^{-2}$ . Apskaičiavus kviečių krūmijimosi koeficientą, galima teigti, kad jis buvo labai panašus ir svyravo nuo 2,06 (sėta rugsėjo 7 d.) iki 2,12 (sėta rugsėjo 14 d.). Pasėjus vėliau, t. y. rugsėjo 21 ir 28 d., krūmijimosi koeficientas abiem atvejais siekė 2,10.



**2 pav.** Sėjos laiko įtaka žieminių kviečių produktyvių stiebų skaičiui prieš derliaus nuėmimą,  $\text{vnt. m}^{-2}$

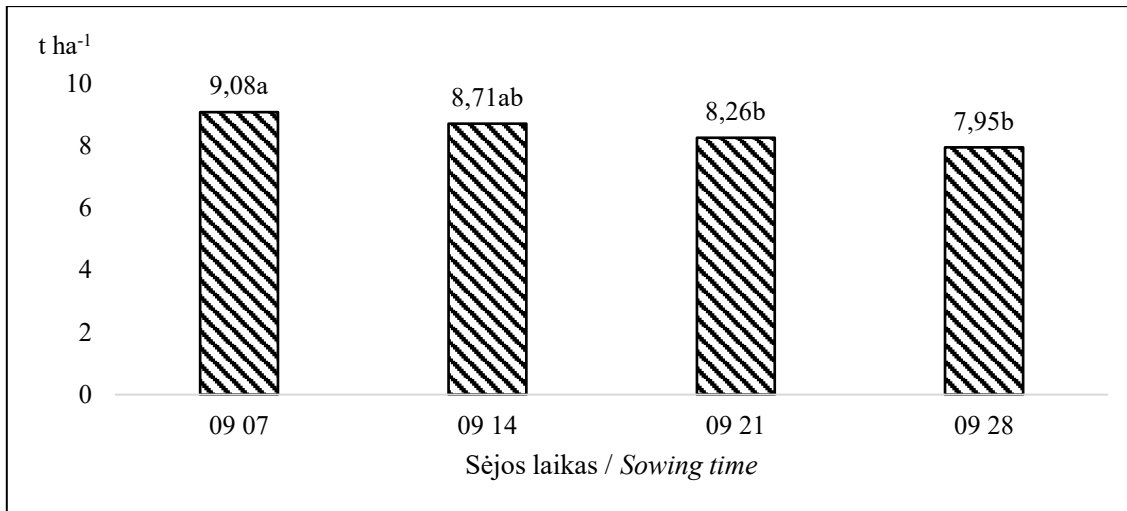
**Fig. 2.** The influence of sowing time on the number of productive stems of winter wheat before harvest per  $\text{m}^{-2}$

Pastaba. Variantų vidurkiai, neturintys bendrų raidžių, esmingai skiriasi esant 95 % tikimybės lygiui, taikant Fišerio testą.  
Note: Values followed by different letters are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Fisher's LSD test.

Remiantis gautais tyrimų rezultatais galima teigti, kad sėjos laikas turėjo esminės įtakos produktyvių stiebų skaičiui prieš derliaus nuėmimą tik rugsėjo 14 d. sėtame laukelyje. Čia produktyvių stiebų skaičius buvo esmingai didesnis (1,9 proc.) nei rugsėjo 7 d. sėtame laukelyje.

Sėjos laikas turi didelę įtaką pasėlio produktyvumo susiformavimui ir produktyvumui. Pasak A. A. Šiuliausko (2015), vėlinant sėją didėja nuostoliai, lyginant su sėjos optimaliu (rugsėjo 10–25 d.) terminu. Pavyzdžiui, Lenkijoje 2008–2013 m. ūkiuose buvo atlikti sėjos laiko įtakos derlingumui tyrimai. Nustatyta, kad, sėjant žieminius kviečius anksčiau negu optimalus terminas, derlingumas ne tik nesumažėjo, bet ir buvo didesnis, lyginant su optimaliomis datomis pasėtais kviečiais. Pavėluota sėja gana reikšmingai mažina derlingumą (Oleksiak, 2014).

Analizuojant gautus derlingumo rezultatus nustatyta, kad didžiausias žieminių kviečių derlingumas buvo ankstyvosios sėjos (rugsėjo 7 d.) pasėlio ir siekė  $9,08 \text{ t ha}^{-1}$  (3 pav.). Remiantis gautais tyrimo duomenimis, vėlinant sėją derlingumas mažėjo. Žieminių kviečių, kurie buvo pasėti rugsėjo 14 d. ir 21 d. (optimalus terminas), derlingumas gautas mažesnis, atitinkamai  $0,37$  ir  $0,82 \text{ t ha}^{-1}$ , lyginant su pasėtais rugsėjo 7 d.



**3 pav.** Sėjimo laiko įtaka žieminių kviečių derlingumui

**Fig. 3.** The influence of sowing time on the yield of winter wheat

Pastaba. Variantų vidurkiai, neturintys bendrų raidžių, esmingai skiriasi esant 95 % tikimybės lygiui, taikant Fišerio testą.  
 Note. Values followed by different letters are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Fisher's LSD test.

Vėliausiai (rugsėjo 28 d.) sėtų žieminių kviečių derlingumas buvo mažiausias ir siekė 7,95 t ha<sup>-1</sup>, t. y. buvo net 1,13 t ha<sup>-1</sup> arba 12,5 proc. mažesnis, lyginant su ankstyviausia sėja. Esmingai mažesnis žieminių kviečių derlingumas nustatytas sėjant juos rugsėjo 21 ir 28 d.

## Išvados

- Skirtingas sėjimo laikas neturėjo esminės įtakos žieminių kviečių pasėlio tankumui rudenį ir pavasarį atsinaujinus augalų vegetacijai. Nustatyta, kad vėlinant sėją pavasarį pasėlio tankumas turėjo tendenciją mažėti. Prieš derliaus nuėmimą esmingai didžiausias produktyvių stiebų skaičius (738,4 vnt. m<sup>-2</sup>) nustatytas žieminių kviečių laukeliuose, apsėtuose rugsėjo 14 d., lyginant su ankstyviausia sėja.
- Didžiausias žieminių kviečių derlingumas gautas ankstyvosios sėjimo (rugsėjo 7 d.) laukeliuose ir siekė 9,08 t ha<sup>-1</sup>, o vėlinant sėją derlingumas mažėjo. Esmingai mažesnis žieminių kviečių derlingumas nustatytas sėjant juos rugsėjo 21 ir 28 d.

## Literatūra

- Abbas, G., Younis, H., Naz, S., Fatima, Z., Hussain, S., Ahmed, M. and Ahmad, S. (2019). Effect of planting dates on agronomic crop production. *Agronomic Crops: Production Technologies*, 1, 131–147. Prieiga per internetą: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-32-9151-5\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-32-9151-5_8)
- Fanigliulo, R., Pochi, D. and Servadio, P. (2021). Conventional and conservation seedbed preparation systems for wheat planting in silty-clay soil. *Sustainability*, 13(11), 6506. <https://doi.org/10.3390/su13116506>
- FAO (2024). FAO cereal supply and demand brief. Prieiga per internetą: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>
- Oficialiosios statistikos portalas (2024). Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S9R088#/>
- Oleksiak, T. (2014). Effect of sowing date on winter wheat yields in Poland. *Journal of Central European Agriculture*, 15(4), 83–99. Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/publication/289330107\\_Effect\\_of\\_sowing\\_date\\_on\\_winter\\_wheat\\_yields\\_in\\_Poland](https://www.researchgate.net/publication/289330107_Effect_of_sowing_date_on_winter_wheat_yields_in_Poland)
- Romanekas, K., Pilipavičius, V., Trečiokas, K., Šarauskis, E. ir Liakas, V. (2017). *Agronomijos pagrindai*. Akademija.
- Romanekas, K., Steponavičius, D., Jasinskas, A., Kazlauskas, M., Naujokienė, V., Bručienė, I. and Šarauskis, E. (2022). How to analyze, detect and adjust variable seedbed depth in site-specific sowing systems: A case study. *Agronomy*, 12(5), 1092. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051092>

8. Shah, F., Coulter, J. A., Ye, C. and Wu, W. (2020). Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate. *European Journal of Agronomy*, 119, 126120. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126120>
9. Šiuliauskas, A. A. (2015). *Praktinė augalininkystė. Javai ir rapsai*. Vilnius.
10. Šlapakauskas, V. ir Duchovskis, P. (2008). *Augalų produktyvumas*. Klaipėda.
11. Špokienė, N. ir Jodaugienė, D. (2009). *Piktžolės ir jų naikinimas*. Akademija.

**Darija Jodaugienė, Ilona Vagusevičienė, Lukas Aukselis**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Effect of Sowing Time on Winter Wheat Crop**

In Lithuania, winter wheat is grown in the largest areas, as it is one of the most productive and profitable agricultural crops. One of the main problems in the fields, due to which the yield and its quality decreases, is the weediness of the crops. Winter wheat sowing time can be used as a tool to reduce weediness in the crop. With late sowing, you can expect less weediness of the crop. However, if the sowing of winter wheat is significantly delayed, they often do not have time to develop until winter, they overwinter worse, and in spring it is more difficult to compete with weeds that have overwintered. To that end, in 2021–2022 a field experiment was conducted in Joniškis district on the farm of farmer Algirdas Aukselis. Common wheat (*Triticum aestivum* L.) winter variety 'Etana' crop was sown at different sowing times. Research has shown that different sowing times of winter wheat did not significantly affect the density of the crop on the 3rd day of germination and the number of plants after vegetation renewal in the spring. However, there was a significant impact on the number of productive stems of winter wheat, which were mostly found on September 14. The highest yield of winter wheat was obtained in the fields of early sowing (September 7) and reached 9.08 t ha<sup>-1</sup>. Significantly lower yield of winter wheat was determined when it was sown on September 21 and 28.

Winter wheat, sowing time, crop density, yield.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Darija JODAUGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [darija.jodaugiene@vdu.lt](mailto:darija.jodaugiene@vdu.lt)

Darija JODAUGIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: [darija.jodaugiene@vdu.lt](mailto:darija.jodaugiene@vdu.lt)

Ilona VAGUSEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [ilona.vaguseviciene@vdu.lt](mailto:ilona.vaguseviciene@vdu.lt)

Ilona VAGUSEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: [ilona.vaguseviciene@vdu.lt](mailto:ilona.vaguseviciene@vdu.lt)

Lukas AUKSELIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [lukas.aukselis@vdu.lt](mailto:lukas.aukselis@vdu.lt)

Lukas AUKSELIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Master student of Agronomy. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: [lukas.aukselis@vdu.lt](mailto:lukas.aukselis@vdu.lt)

# SKIRTINGO ŽEMĖS DIRBIMO POVEIKIS ŽIRNIŲ PASĖLIUI

Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Karolis Vaičys

Vytauto Didžiojo universitetas

Pupiniai augalai yra vertinga augalų grupė, kurioje gausu baltymų ir kuri dažnai naudojama žmonių mitybai bei gyvūnų pašarams. Pastaruoju metu pupinių augalų plotai didėja dėl jų gebėjimo iš atmosferos kaupti azotą, o tai leidžia mažinti azoto trąšų panaudojimą augalininkystėje ir labiau atliepti Žaliojo kurso reikalavimus. Tačiau pupinių augalų derlius ne visada būna didelis ir labai priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir ypač nuo žemės dirbimo sistemos. Kiekvienas metodas skirtingai veikia augalų produktyvumą, nes skiriasi drėgmės kiekis dirvoje, deguonies patekimas prie augalo šaknų, dirvos temperatūra, sėklos išsidėstymas sėjos metu ir dirvožemio tankis. 2021–2022 m. atliktas lauko eksperimentas Tauragės rajone, Tauragės seniūnijoje, Kalniškių kaime, ūkininko Remigijaus Vaičio ūkyje. Eksperimento lauke sėti žirniai į skirtingai įdirbtą dirvą, siekiant nustatyti skirtingo žemės dirbimo poveikį žirnių pasėlio piktžolėtumui ir produktyvumui. Tyrimo rezultatai rodo, kad skirtingas žemės dirbimas turėjo esminės įtakos piktžolių paplitimui. Piktžolių skaičius buvo 1,8 karto, o masė 1,6–1,9 karto didesnė nei giliai artuose laukeliuose. Seklusis dirvos purenimas didino daugiamėčių piktžolių, ypač dirvinių asiūklių ir paprastųjų varpučių kiekį. Skirtingas žemės dirbimas žirnių produktyvumui esminės įtakos neturėjo.

Žirniai, pasėlio piktžolėtumas, pasėlio tankumas, sėklų derlingumas.

## Įvadas

Sėjamas žirnis (*Pisum sativum* L.) yra pupinis (ankštinis) augalas, auginamas visame pasaulyje dėl maistinės vertės ir teigiamo priešsėlio poveikio sėjomainose (Knight, 2012). Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2023 m. Lietuvoje auginamų žirnių plotas pasiekė 71,1 tūkst. ha (Oficialiosios statistikos portalas, 2023). Žirnių šaknų sistema iš visų pupinių javų yra silpniausia, nors pavienės šaknys sugeba įsikverbti ir iki 1 m ir giliau, tačiau dauguma jų išsidėsto ariamajame ir jam artimame dirvožemio sluoksnyje (20–40 cm). Optimalių augimo sąlygų neužtikrins supuolusios, sunkios ir šlapios molio dirvos (Šiuliauskas, 2015).

Lenkijos mokslininkų atliktų tyrimų duomenimis, taikant ariminę (įprastinę) žemės dirbimo sistemą, kurioje naudotas verstuvinis plūgas giliajam dirvos arimui atlikti, gautas esmingai didesnis sėjamųjų žirnių (*Pisum sativum* L.) derlingumas, nei juos auginant pagal supaprastintas žemdirbystės sistemas, kuriose plūgas nenaudojamas (Woźniak, 2013). Tačiau pastaraisiais metais arimas, kaip viena iš brangiausių agrotechninių priemonių, keičiama supaprastintomis žemės dirbimo arba sėjos į neįdirbtą dirvą sistemomis (Morris et al., 2010; Soane et al., 2012; Santín-Montanyá et al., 2014; Gregory et al., 2016). Be to, arimas didina CO<sub>2</sub> emisiją, turi neigiamos įtakos mikroorganizmų ir sliekų populiacijai. Supaprastintų žemės dirbimo sistemų naudojimas sumažina energijos ir darbo sąnaudas (Morris et al., 2010) ir turi teigiamą poveikį dirvožemio derlingumui, anglies (C) kiekio didėjimui ir mikroorganizmų aktyvumui (Soane et al., 2012).

A. M. Gajda ir kt. (2013) tyrė trijų žemės dirbimo sistemų: įprastinio (giliojo arimo), supaprastinto ariminio ir neariminio įdirbimo įtaką mikroorganizmams ir jų aktyvumui. Pastebėta, kad po aštuonerių metų supaprastintas neariminis žemės dirbimas padidino dirvožemio biologinį aktyvumą vidutiniškai 15–40 proc., palyginti su įprastine (arimine) žemės dirbimo sistema. Be to, I. Małecka-Jankowaik ir kt. (2016) teigė, kad ilgalaikis supaprastinto žemės dirbimo ir tiesioginės sėjos taikymas buvo palankus dirvožemio fermentų aktyvumui didinti. Tačiau neariminės žemės dirbimo sistemos privalumus dažnai gali atsverti didėjantis pasėlių piktžolėtumas, kuris neigiamai veikia pupinių augalų derlingumą (Soane et al., 2012; Panasiewicz et al., 2020).

Tyrimo tikslas – įvertinti skirtingo žemės dirbimo poveikį žirnių pasėlio piktžolėtumui ir produktyvumui.

## Tyrimų metodika

Eksperimentas atliktas 2021–2022 m. ūkininko Remigijaus Vaičio ūkyje Tauragės rajone, Kalniškių kaime. 2021 m. pasirinktame lauke buvo auginami veislės 'Edvins' žieminiai kviečiai, kurie buvo pasėti ilgą laiką neartoje daugiametėje pievoje. 2021 m. rudenį po žieminių kviečių priešsėlio laukas buvo skirtingai įdirbtas. Taikyti žemės dirbimo variantai: 1) įprastinis arimas 20–22 cm gyliu; 2) seklausis arimas 14–16 cm gyliu; 3) seklausis purenimas 10–12 cm gyliu. Eksperimentinių laukelių plotis siekė 18 m, o ilgis – 150 m.

Dėl sauso pavasario dirva fizinę brandą pasiekė anksti, todėl kovo mėn. pabaigoje dirva sekliai kultivuota, siekiant suardyti dirvos paviršių ir sustabdyti drėgmės garavimą iš dirvožemio. Prieš antrąjį dirvos dirbimą išbertos fosforo ir kalio trąšos – P<sub>80</sub>K<sub>100</sub>. Pasirinktoje dirvoje pupiniai augalai ilgą laiką nebuvo auginami, todėl

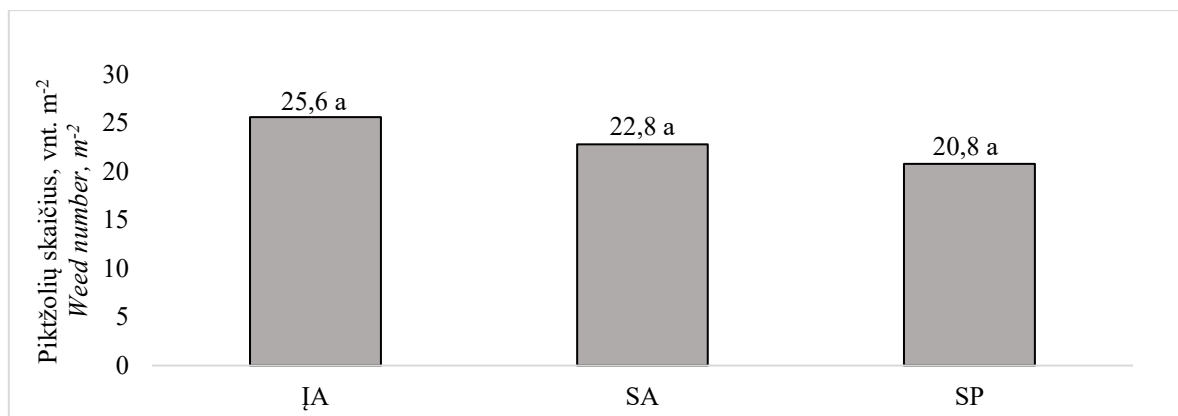
prieš sėją žirnių sėklos apveltos preparatu „Rizogen“ (*Rhizobium leguminosarum*) gumbelinių bakterijų kiekiui padidinti ir dygimo energijai paskatinti. Prasidėjus trečiajam balandžio mėnesio dešimtadieniui, pasėta veislės 'Ingrid' žirnių, sėklos norma – 1,2 mln. ha<sup>-1</sup> daigių sėklų, tarpueilių plotis – 12,5 cm. Ši veislė pasirinkta dėl stambių sėklų ir atsparumo išgulimui. Žirnių vegetacijos laikotarpiu pasėlis purkštas sisteminio veikimo dirviniu herbicidu „Stomp CS“ 2,9 l ha<sup>-1</sup>. Žirnių derlius nuimtas rugpjūčio 8 d.

Pasėlio tankumas įvertintas 3-ą ir 10-ą dieną dygimo dienas vieno ilgio metre skaičiuojant dvi eilutes, kiekviename laukelyje 12-oje vietų. Gautas sudygusių augalų skaičius perskaičiuotas į kiekį viename kvadratiname metre. Pasėlio produktyvumui nustatyti naudotas 0,5 x 0,5 m rėmelis. Iš rėmelio išrauti augalai ir nuskintos visos ankštys iš penkių kiekvieno laukelio vietų. Išskulti žirniai pasverti, ir jų masė perskaičiuota į derlingumą t ha<sup>-1</sup>. Žirniams išskulti naudota Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje esama stacionari kuliamoji „Wintersteiger“. Pasėlio piktžolėtumui nustatyti naudotas 0,5 x 0,5 m rėmelis. Tyrimai atlikti dešimtyje apskaitos vietų kiekviename laukelyje prieš pirmąjį dirvos dirbimą pavasarį ir prieš derliaus nuėmimą. Rėmelyje rastos piktžolės surinktos ir perskaičiuotos į kiekį viename kvadratiname metre.

Duomenys statistiškai įvertinti taikant pasikliautinąjį intervalą (tikimybės lygmuo – 95,0 proc.), naudojantis programa STAT iš programinio paketo SELEKCIJA. Variantų vidurkiai, tarp kurių buvo nustatyti esmingi skirtumai esant 95,0 proc. tikimybės lygiui ( $P < 0,05$ ), pažymėti skirtingomis raidėmis (a, b, c...). Piktžolių duomenys, neatitinkantys normaliojo pasiskirstymo, esminiams skirtumams nustatyti buvo transformuoti, naudojant kvadratinę šaknį  $\sqrt{x + 1}$ .

## Rezultatai ir aptarimas

Piktžolių išplitimas pasėlyje yra rimta sėjamųjų žirnių auginimo problema. Pasak R. A. Mousos ir kt. (2022), žirnių pasėlio derlingumas gali smarkiai nukentėti dėl piktžolių konkurencijos, todėl labai svarbu nustatyti piktžolių kiekį ir parinkti kontrolės metodą. Įvertinus piktžolių kiekį prieš pavasarinį žemės dirbimą paaiškėjo, kad daugiausiai buvo sudygusių trumpaamžių piktžolių, o daugiamečių piktžolių atžėlimas buvo menkesnis. Prieš pirmąjį dirvos dirbimą pavasarį iš trumpaamžių piktžolių buvo rastos 3 rūšys: baltoji balanda (*Chenopodium album* L.), dirvinis garstukas (*Sinapsis arvensis* L.) ir siauralapis vikis (*Vicia angustifolia* L.), o daugiamečių viena rūšis – paprastasis varputis (*Elytrigia repens* L.). Trumpaamžės piktžolės sparčiau dygo įprastinio arimo laukeliuose, o varpučiai gausiau atžėlė sekliose purentuose laukeliuose. Įvertinus visų sudygusių piktžolių kiekį nustatyta, kad jis buvo didesnis įprastinio arimo laukeliuose ir siekė 25,6 vnt. m<sup>-2</sup> (1 pav.). Viena iš gausesnio piktžolių dygimo priežasčių galėjo būti tai, kad pavasarį arta dirva išyla greičiau, nei taikant neariminį būdą, kai dirvos paviršiuje lieka didesnis kiekis augalinių liekanų, kurios lėtina dirvos išilimą.



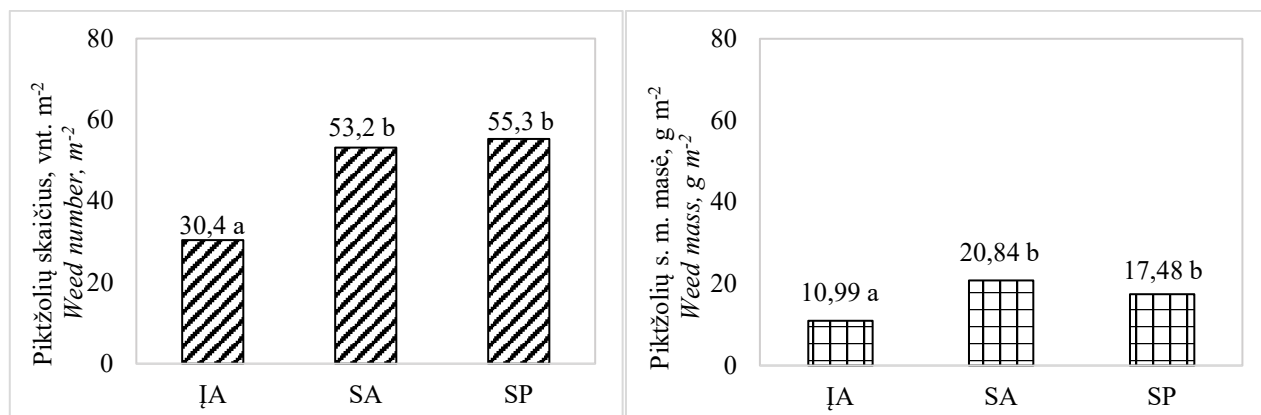
**1 pav.** Skirtingo žemės dirbimo poveikis piktžolių kiekiui pavasarį prieš dirvos dirbimą  
**Fig. 1.** Effect of different soil tillage on weed number in spring before tillage

Pastaba. Variantų vidurkiai, neturintys bendrų raidžių, esmingai skiriasi esant 95 % tikimybės lygiui, taikant Fišerio testą. ĮA – įprastinis arimas, SA – sekliasis arimas, SP – sekliasis purenimas.

Note. Values followed by different letters are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Fisher's LSD test. ĮA – conventional ploughing, SA – shallow ploughing, SP – shallow loosening.

Analizuojant žirnių pasėlio piktžolėtumą prieš derliaus nuėmimą daugiausia vyravo daugiamečių piktžolės: šliaužiančiosios tramažolės (*Glechoma hederacea* L.), dirviniai asiūkliai (*Equisetum arvense* L.), paprastieji varpučiai (*Elytrigia repens* L.). Iš trumpaamžių buvo randama tik viena rūšis – baltoji balanda

(*Chenopodium album* L.) Įprastinį arimą pakeitus sekliuoju arimu ir sekliuoju purenimu, susidarė geresnės sąlygos išplisti dirviniams asiūkliams ir paprastiesiems varpučiams. Įvertinus bendrą piktžolių paplitimą nustatyta, kad sekliojo arimo laukuose piktžolių skaičius buvo 1,7, o sekliojo purenimo – 1,8 karto didesnis nei įprastinio arimo laukuose (2 pav.). Šie skirtumai buvo esminiai.



2 pav. Skirtingo žemės dirbimo poveikis piktžolių skaičiui žirnių pasėlyje prieš derliaus nuėmimą

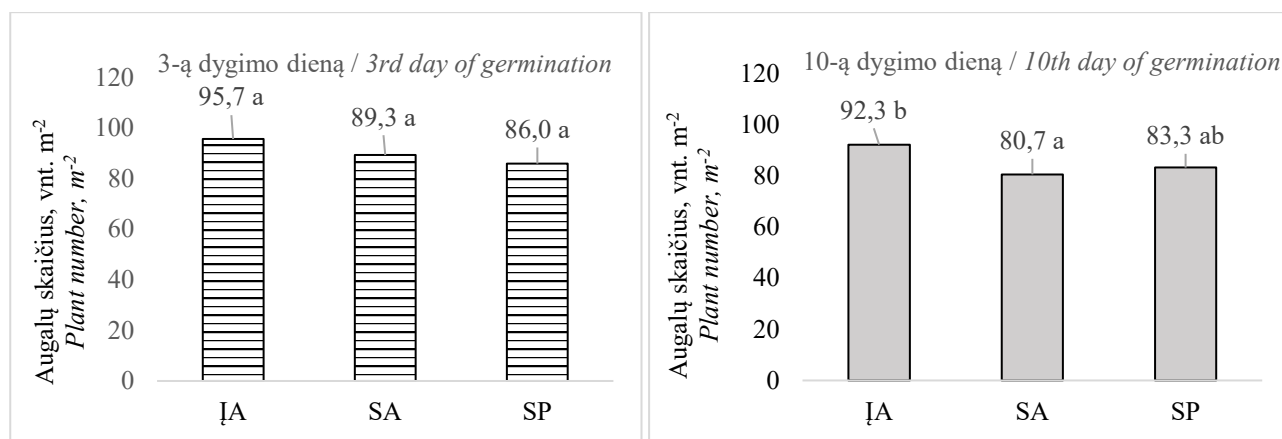
Fig. 2. Effect of different soil tillage on pre-harvest weed content of pea crops

Pastaba. Variantų vidurkiai, neturintys bendrų raidžių, esmingai skiriasi esant 95 % tikimybės lygiui, taikant Fišerio testą. IA – įprastinis arimas, SA – sekliasis arimas, SP – sekliasis purenimas.

Note. Values followed by different letters are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Fisher's LSD test. IA – conventional ploughing, SA – shallow ploughing, SP – shallow loosening.

Trumpaamžių piktžolių sausųjų medžiagų masei skirtingas žemės dirbimas esminės įtakos neturėjo, tačiau esmingai didėjo daugiamečių piktžolių kiekis. Dėl šios priežasties bendra piktžolių sausųjų medžiagų masė, įprastinį arimą pakeitus sekliuoju arimu ir sekliuoju purenimu, nustatyta esmingai didesnė (atitinkamai 1,9 ir 1,6 karto).

Supaprastinus žemės dirbimą, didesnį žirnių pasėlio piktžolėtumą galėjo nulemti mažesnis pasėlio tankumas. Pasak A. A. Šiuliausko (2015), žirnius auginant intensyviai, vienam žirnio augalui vidutiniškai reikia 115–125 cm<sup>2</sup> ploto erdvės, todėl viename kvadratiname metre turėtų būti vidutiniškai apie 80–87 žirnių augalus. Įvertinus žirnių pasėlio tankumą 3-ą dygimo dieną matyti, kad jie geriausiai dygo taikant įprastinį gilųjį arimą (3 pav.). Šiuose laukuose viename kvadratiname metre buvo vidutiniškai 95,7 vnt. m<sup>-2</sup> augalų. Seklinant arimo gylį bei taikant tik sekliųjį dirvos purenimą, žirnių sudygimas buvo mažesnis – atitinkamai 89,3 ir 86,0 vnt. m<sup>-2</sup>, tačiau šie skirtumai nebuvo esminiai.



3 pav. Skirtingo žemės dirbimo poveikis žirnių dygimui

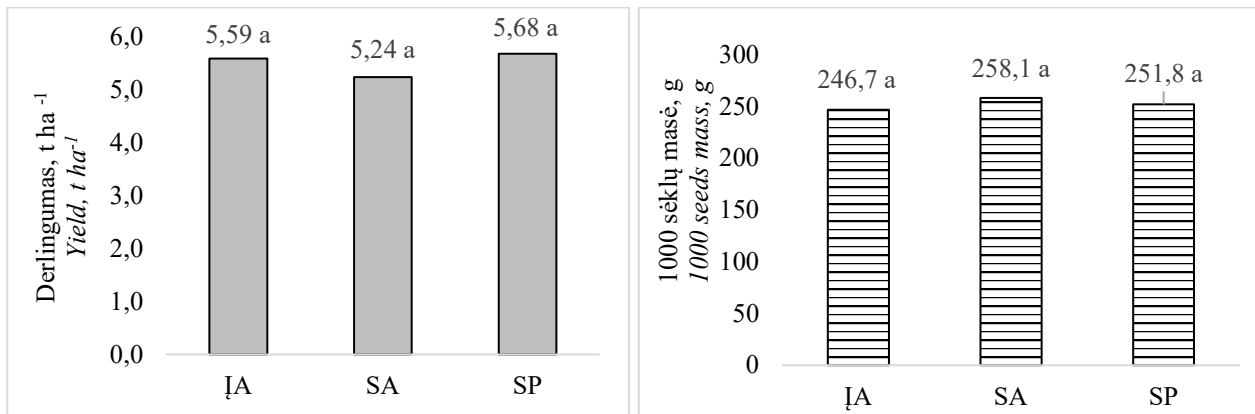
Fig. 3. Effect of different soil tillage on pea germination

Pastaba. Variantų vidurkiai, neturintys bendrų raidžių, esmingai skiriasi esant 95 % tikimybės lygiui, taikant Fišerio testą. IA – įprastinis arimas, SA – sekliasis arimas, SP – sekliasis purenimas.

Note. Values followed by different letters are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Fisher's LSD test. IA – conventional ploughing, SA – shallow ploughing, SP – shallow loosening.

Įvertinus žirnių pasėlio tankumą 10-ą dygimo dieną nustatyta, kad jis buvo nežymiai mažesnis nei 3-ią dygimo dieną. Viena iš priežasčių galėjo būti ta, kad žirniams dygti nebuvo palankios meteorologinės sąlygos. Analizuojant skirtingo žemės dirbimo poveikį žirnių pasėlio tankumui 10-ą dygimo dieną matyti, kad sekliojo arimo laukeliuose jis buvo esmingai mažesnis (14,5 proc.), lyginant su pasėlio tankumu giliai artuose laukeliuose. Seklusis dirvos purenimas neturėjo esminės įtakos žirnių pasėlio tankumo pokyčiams, tačiau pastebėta pasėlio tankumo mažėjimo tendencija (9,8 proc. arba 9,0 vnt.  $m^{-2}$  mažiau), lyginant su giliuoju arimu.

Vertinant skirtingo žemės dirbimo poveikį žirnių pasėlio derlingumui, esminių skirtumų, turinčių įtakos pasėlio derlingumui, nenustatyta (4 pav.). Žirnių sėklų derlingumas svyravo nuo 5,24 t  $ha^{-1}$  sekliai artuose iki 5,68 t  $ha^{-1}$  sekliai purentuose laukeliuose.



4 pav. Skirtingo žemės dirbimo poveikis žirnių pasėlio derlingumui

Fig. 4. Effect of different soil tillage on pea crop yield

Pastaba. Variantų vidurkiai, neturintys bendrų raidžių, esmingai skiriasi esant 95 % tikimybės lygiui, taikant Fišerio testą. IA – įprastinis arimas, SA – sekliasis arimas, SP – sekliasis purenimas.

Note. Values followed by different letters are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Fisher's LSD test. IA – conventional ploughing, SA – shallow ploughing, SP – shallow loosening.

Gilųjį (įprastinį) arimą pakeitus sekliuoju arimu, žirnių sėklų derlingumas sumažėjo 0,35 t  $ha^{-1}$  arba 6,3 proc., o pakeitus sekliuoju purenimu padidėjo – 0,09 t  $ha^{-1}$  arba 1,6 proc. Įvertinus žirnių 1 000 sėklų masę, esminių skirtumų, taikant skirtingą žemės dirbimą, nenustatyta. Žirnių sėklų masė kito 246,7–258,1 g ribose. Galima pastebėti, kad supaprastinus žemės dirbimą žirnių 1 000 sėklų masę turėjo tendenciją didėti.

## Išvados

- Įprastinį arimą pakeitus sekliuoju arimu, piktžolių skaičius žirnių pasėlyje buvo 1,7, o sekliojo purenimo – 1,8 karto didesnis. Trumpaamžių piktžolių sausųjų medžiagų masei skirtingas žemės dirbimas esminės įtakos neturėjo, tačiau esmingai didėjo daugiamečių piktžolių kiekis. Dėl šios priežasties bendra piktžolių sausųjų medžiagų masė, įprastinį arimą pakeitus sekliuoju arimu ir sekliuoju purenimu, nustatyta esmingai didesnė (atitinkamai 1,9 ir 1,6 karto).
- Žirnių pasėlio tankumas 3-ą dygimo dieną nustatytas geriausias, taikant įprastinį gilųjį arimą, – 95,7 vnt.  $m^{-2}$  augalų. Seklinant arimą ir taikant sekliųjį dirvos purenimą, žirnių sudygimas buvo mažesnis – atitinkamai 89,3 ir 86,0 vnt.  $m^{-2}$ , tačiau šie skirtumai nebuvo esminiai. Žirnių pasėlio tankumas 10-ą dygimo dieną nustatytas esmingai mažesnis (14,5 proc.) sekliojo arimo laukeliuose.
- Įprastinį arimą pakeitus sekliuoju arimu, žirnių sėklų derlingumas sumažėjo 0,35 t  $ha^{-1}$  arba 6,3 proc., o pakeitus sekliuoju purenimu padidėjo – 0,09 t  $ha^{-1}$  arba 1,6 proc. Įvertinus žirnių 1 000 sėklų masę, esminių skirtumų, taikant skirtingą žemės dirbimą, nenustatyta. Žirnių 1 000 sėklų masė kito 246,7–258,1 g ribose.

## Literatūra

- Faligowska, A., Kalembasa, S., Kalembasa, D., Panasiewicz, K., Szymańska, G., Ratajczak, K. and Skrzypczak, G. (2022). The nitrogen fixation and yielding of pea in different soil tillage systems. *Agronomy*, 12, 352.
- Gajda, A. M., Przewłoka, B. and Gawryjolek, K. (2013). Changes in soil quality associated with tillage system applied. *International Agrophysics*, 27, 133–141.



3. Gregory, A. S., Dungait, J. A. J., Watts, C. W., Bol, R., Dixon, E. R., White, R. P. and Whitmore, A. P. (2016). Long-term management changes topsoil and subsoil organic carbon and nitrogen dynamics in a temperate agricultural system. *European Journal of Soil Science*, 67, 421–430.
4. Knight, J. D. (2012). Frequency of field pea in rotations impacts biological nitrogen fixation. *Canadian Journal of Plant Science*, 92, 1005–1011.
5. Małecka-Jankowiak, I., Blecharczyk, A., Swedrzynska, D., Sawinska, Z. and Piechota, T. (2016). The effect of long-term tillage systems on some soil properties and yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 15, 37–50.
6. Morris, N. L., Miller, P. C. H., Orson, J. H. and Froud-Williams, R. J. (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil Tillage Research*, 108, 1–15.
7. Mousa, R. A., Abou-Zied, Kh. A. and Elattar, M. H. M. (2022). Estimation of critical period for weed control in field pea (*Pisum sativum* L.) under different seeding rates. *Alexandria Science Exchange Journal*, 43, 4.
8. Oficialiosios statistikos portalas (2024). Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S9R088#/>
9. Panasiewicz, K., Faligowska, A., Szymanska, G., Szukała, J., Ratajczak, K. and Sulewska, H. (2020). The effect of various tillage systems on productivity of narrow-leaved lupin-winter wheat-winter triticale-winter barley rotation. *Agronomy*, 10, 304.
10. Santín-Montanyá, M. I., Zambrana, E., Fernández-Getino, A. P. and Tenorio, J. L. (2014). Dry pea (*Pisum sativum* L.) yielding and weed infestation response, under different tillage conditions. *Crop Protection*, 65, 122–128.
11. Soane, B. D., Ball, B. C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F. and Roger-Estrade, J. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Tillage Research*, 118, 66–87.
12. Šiuliauskas, A. A. (2015). *Praktinė augalininkystė. Javai ir rapsai*. Vilnius.
13. Wozniak, A. (2013). The yielding of pea (*Pisum sativum* L.) under different tillage conditions. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 12, 133–141.

**Darija Jodaugienė, Aušra Sinkevičienė, Karolis Vaičys**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Effect of Different Soil Tillage on Pea Crop**

Recently, rapid progress in science and technology has been taking place in agriculture, tillage technologies are changing, which contribute to the maintenance of organic matter and the creation of suitable conditions for crop growth. Reduced tillage methods not only result in higher crop yields, but also reduce energy and time costs and have a lower negative impact on the environment. Legumes are a valuable group of crops that are rich in proteins and are often used for human nutrition and animal feed. However, their yield is not always high and depends a lot on meteorological conditions and especially on the tillage system. Each method affects crop productivity differently due to differences in soil moisture, oxygen access to plant roots, soil temperature, seed placement at sowing, and soil density. Field experiment conducted in 2021–2022 in Tauragė district, in the village of Kalniškiai, on the farm of farmer Remigijus Vaičys. In the experimental field, peas were sown in differently tilled soils in order to determine the effect of different tillage on the weediness and productivity of the pea crop. The results of the study show that different tillage methods had a significant impact on the spread of weeds. Shallow tillage increased the number of perennial weeds. Different tillage methods had no significant effect on pea productivity.

*Pisum sativum* L., crop weediness, crop density, yield.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Darija JODAUGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [darija.jodaugiene@vdu.lt](mailto:darija.jodaugiene@vdu.lt)

Darija JODAUGIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Tel. +370 37 752229, e-mail: [darija.jodaugiene@vdu.lt](mailto:darija.jodaugiene@vdu.lt)

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [ausra.sinkeviciene@vdu.lt](mailto:ausra.sinkeviciene@vdu.lt)

Aušra SINKEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: [ausra.sinkeviciene@vdu.lt](mailto:ausra.sinkeviciene@vdu.lt)

Karolis VAIČYS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros Agronomijos studijų programos magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [karolis.vaicys@vdu.lt](mailto:karolis.vaicys@vdu.lt)

Karolis VAIČYS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, Master student of Agronomy. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: [karolis.vaicys@vdu.lt](mailto:karolis.vaicys@vdu.lt)

# SĖJOS LAIKO IR SĖKLOS NORMOS ĮTAKA ŽIEMINIŲ KVIEČIŲ PRODUKTYVUMUI IR GRŪDŲ KOKYBEI

Ilona Vagusevičienė, Darija Jodaugienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Eksperimentas, kuriame žieminiai kviečiai buvo sėjami skirtingu laiku (rugsėjo 7, 14, 21, 28 d. ir spalio 5 d.) ir skirtinga sėklos norma (5, 4, 3 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup>), atliktas 2022–2023 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje. Dirvožemio granulimetrinėje sudėtyje vyravo vidutinio sunkumo priemolis. Dirvožemio ariamasis sluoksnis prieš eksperimento įrengimą buvo neutralios reakcijos (pH=7,0), vidutinio humusingumo (2,15 %), didelio fosforingumo (226 mg kg<sup>-1</sup>) ir vidutinio kalingumo (143 mg kg<sup>-1</sup>). Įvertinus gautus rezultatus nustatyta, kad vėliausiai pasėti žieminiai kviečiai (spalio 5 d.) subrandino geriausios kokybės grūdus, kuriuose baltymų nustatyta 13,9–14,4 %, šlapiojo glitimo – 27,5–29,9 %. Prastesnės kokybės grūdai subrendo visais terminais pasėtame, tankiausiame (5,0 mln. ha<sup>-1</sup> sėklų norma) pasėlyje. Žieminių kviečių derlingumas svyravo nuo 6,5 t ha<sup>-1</sup> iki 8,1 t ha<sup>-1</sup>. Esmingai mažiausias derlingumas (6,5 t ha<sup>-1</sup>) nustatytas rugsėjo 21 ir 28 d. mažiausia sėklos norma (2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup>) pasėtuose pasėliuose. Didžiausias derlingumas (8,1 t ha<sup>-1</sup>) nustatytas ankstyvosios sėjos laukeliuose, kuriuose žieminiai kviečiai pasėti 3 ir 4 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos norma.

Žieminiai kviečiai, sėjos laikas, sėklos norma, produktyvumas, grūdų kokybė.

## Įvadas

Sėjos laikas – viena svarbiausių agrotechnikos priemonių, lemiančių javų produktyvumą (Porter et al., 1999). Optimalus žieminių kviečių sėjos laikas priklauso nuo kelių veiksnių: auginimo regiono, klimato ir vietos sąlygų. Pavėluota sėja reikšmingai sumažina žieminių kviečių augalų aukštį, neproduktyvių stiebų skaičių, lapų plotą ir šaknų biomąsę (Fang et al., 2010; Buriro et al., 2011; Ruža, Kreita, 2008; Ma et al., 2018; Li et al., 2020). Dėl produktyvumą mažinančių įvairių veiksnių svarbu sėti optimaliu laiku, nes tuo metu augalams prieinamų ir įsisavinamų maisto medžiagų kiekis didžiausias, vyrauja palankiausia temperatūra dygti ir formuoti naujoms augalo dalims (Alam et al., 2022). Paprastai žieminių kviečių sėjos laikas Lietuvos regionuose yra rugsėjo 10–25 d., nes tada dirvožemis turi pakankamai drėgmės ir šilumos, kad sėklos galėtų greičiau dygti, išsikrūmyti ir optimaliai pasiruošti žiemoti (Šiuliauskas, 2015). Lietuvoje atliktų daugiamečių stebėjimų duomenys parodė, kad rudeninės vegetacijos laikotarpio trukmė per pastarąjį dešimtmetį pailgėjo vidutiniškai 8–16 dienų. Tačiau suvėlinus sėją (rugsėjo pabaiga – spalio mėnuo) žieminiai kviečiai ilgiau dygsta, menkai išsišaknija, mažiau krūmijasi, gali susiformuoti per retas pasėlis, todėl sėklos norma turėtų būti didesnė. Tačiau jei rugsėjo gale ar spalio pradžioje pasėti kviečiai spėja suformuoti tris lapelius ir užmegzti šoninių ūglių gemalines užuomazgas, tada augalai pavasarį baigia krūmytis. M. Klepeckas ir kt. (2020) ištyrė, kad vėlesnė sėjos data gali turėti didelę įtaką žieminių kviečių fenologijai: viena savaitė vėluojanti sėja gali paankstinti žydėjimą ir brendimą beveik 6 dienomis, grūdų pieninės brandos tarpsnis gali sutrumpėti 1,25 dienos, o derlius – sumažėti nuo 6,0 iki 7,7 %. Dažniausiai sėja vėlinama, nes po nuimto priešsėlio nespėjama paruošti dirvos arba dėl nepalankių klimato sąlygų. Per anksti pasėti žieminiai javai iki rudens vegetacijos pabaigos gali perželti, o tokie augalai sunkiau užsigrūdina, patekę po sniegu (jei žemė neįšalus), dar vegetuoja, plinta grybinės ligos, pasėlis gali išsusti (Kanapickas et al., 2022). Regionuose, kuriuose šiltesnis ir drėgnesnis klimatas, sėjos laikas gali būti atidėtas iki spalio pabaigos ar lapkričio pradžios (Mekonnen, 2017). Didžiausią produktyvumą nulemia laiku atlikta sėja ir parinktos geresnių genetinių savybių turinčios veislės (Singh et al., 2021; Alam et al., 2022).

Optimali sėklos norma yra vienas iš svarbiausių faktorių siekiant didesnio ir kokybiško grūdų derliaus. Optimaliam augalų tankumui, be sėklos normos, didelę įtaką daro klimato sąlygos, dirvožemis, sėjos laikas ir veislės savybės. Skirtingų augalų veislių sėklos norma gali skirtis, priklausomai nuo jų gebėjimo krūmytis. Netinkamai parinkta sėklos norma ne tik padidina gamybos sąnaudas, bet ir turi įtakos produktyviam žieminių kviečių formavimuisi. Didėjant augalų tankumui, didėja konkurencija dėl išteklių, ypač dėl vandens (nulemia augalų didesnę vandens suvartojimą), maisto medžiagų ir erdvės, o tai daro didelę įtaką galutiniam derliui (Fang et al., 2010; Ma et al., 2018; Li et al., 2020; Fazily, 2021). Esant optimalioms augalų mitybos sąlygoms, gerai formuojasi bei vystosi šaknų sistema ir augalo antžeminė dalis (Tilley et al., 2019; Jarecki, Czernicka, 2022; Easson et al., 1993; Ferrari et al., 2021; Fazily, 2021). Nustatyta, kad Lietuvoje norint gauti maksimalų žieminių kviečių derlių reikia sėti 3–4 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> daigų sėklų. Baigiantis rudens vegetacijai, pasėlio tankumas neturi viršyti 1 200 ūglių m<sup>-2</sup>, o vegetacijos pabaigoje optimalus pasėlio tankumas turėtų būti 500–600 vnt. m<sup>-2</sup> (Šiuliauskas, 2015).

Tyrimo objektas – skirtingu laiku ir nevienoda sėklos norma pasėtas žieminių kviečių pasėlis.

Tyrimo tikslas – palyginti skirtingu sėjos laiku ir skirtinga sėklos norma pasėtų paprastųjų kviečių (*Triticum aestivum* L.) derlingumą ir grūdų kokybę.

## Tyrimų metodika

Lauko eksperimentas atliktas 2022–2023 m. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Bandymų stotyje. Eksperimento dirvožemis – karbonatingas stagniškas išplautžemis (*Endocalcaric Amphistagnic Luvisol*) (WRB, 2022). Lauko dirvožemio ariamasis sluoksnis prieš eksperimento įrengimą buvo neutralios reakcijos (pH=7,0), vidutinio humusingumo (2,15 %), didelio fosforingumo (226 mg kg<sup>-1</sup>) ir vidutinio kalingumo (143 mg kg<sup>-1</sup>). Pradinio laukelio dydis – 40 m<sup>2</sup>, o apskaitinio – 20 m<sup>2</sup>. Tyrimai atlikti 4 pakartojimais.

*Eksperimento variantai.* Dviejų veiksmų eksperimente A veiksnys – sėjos laikas: rugsėjo 7 d.; rugsėjo 14 d.; rugsėjo 21 d.; rugsėjo 28 d.; spalio 5 d. B veiksnys – sėklos norma: 2,0 mln.; 3,0 mln.; 4,0 mln.; 5,0 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> daigų sėklų.

Rudenį, prieš sėją buvo išberta kompleksinių trąšų (NPK: 8-19-29+3S) 200 kg ha<sup>-1</sup>. Pavasarį, vegetacijai atsinaujinus tręšta amonio salietra: N<sub>51</sub> (kovo 21 d.), N<sub>68</sub> (balandžio 22 d.). Paskutinį kartą amonio salietra – N<sub>34</sub> tręšta birželio 7 d. Auginti veislės 'Skagen' žieminiai kviečiai.

Agrocheminės dirvožemio savybės nustatytos prieš eksperimento įrengimą. Dirvožemio agrocheminių analizių metodai: dirvožemio pH<sub>KCl</sub> – potenciometrinis, 1 N KCl ištraukoje (LST ISO 10390:2005); organinė anglis (C), % – Tiurino (LST EN 13037:2012); humusas, % – apskaičiuotas anglies kiekį padauginus iš koeficiento 1,724; judrieji fosforas (P<sub>205</sub>) ir kalis (K<sub>2</sub>O), mg kg<sup>-1</sup> – Egnerio–Rimo–Domingo (A–L) (LST EN ISO 6878:2004; LST EN ISO 9964:3:1998). Tyrimai atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro (LAMMC) Agrocheminių tyrimų laboratorijoje.

Kiekvieno laukelio grūdų derlius nustatytas kombaine esančia kompiuterizuota svėrimo sistema. Derlingumas perskaičiuotas, esant 14 % drėgmei, absoliučiai švaria grūdų mase.

Grūdų kokybės rodikliai nustatyti UAB „Agrochema“ Šeduvos grūdų supirkimo punkto laboratorijoje. Kokybės rodiklių nustatymo metodai:

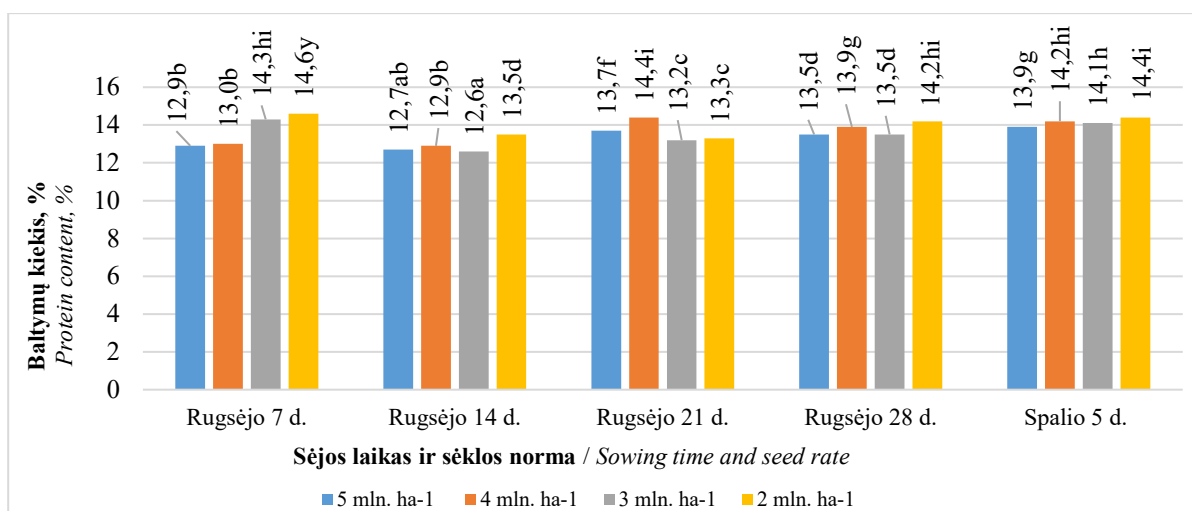
- Baltymų kiekis, % – Kjeldalio metodu (LST EN ISO 20483). Esant absoliučiai sausai medžiagai, nustatytas suminio azoto kiekis. Suminio azoto kiekį padauginus iš koeficiento 5,7, gautas baltymų kiekis.
- Šlapijojo glitimo kiekis, % – sistema GLUTOMATIC („Perten“) (pagal LST EN ISO 21415-2; LST EN ISO 21415-4). Kviečiai. Šlapijojo glitimo kiekio ir kokybės nustatymas.

*Statistinė analizė.* Tyrimų duomenų statistinė analizė atlikta naudojant kompiuterinę programą ANOVA iš programų paketo SELEKCIJA. Duomenų statistinis patikimumas įvertintas mažiausia esminio skirtumo absoliutine riba R<sub>05</sub> (esminiai skirtumai (p < 0,05) tarp vidurkių pažymėti skirtingomis mažosiomis abėcėlės raidėmis) (Tarakanovas, Raudonius, 2003).

## Tyrimų rezultatai ir rezultatų aptarimas

Mokslininkai nustatė, kad glitimo ir baltymų kiekiui grūduose didžiausią įtaką turi sėjos laikas ir aukštesnė aplinkos temperatūra grūdų formavimosi metu (BBCH 70–79). Baltymų kiekis yra vienas iš svarbiausių kviečių grūdų komponentų, nulemiančių žaliavos kokybę. Baltymų kiekis kviečių grūduose gali skirtis priklausomai nuo daugelio veiksnių, įskaitant augalų rūšį, genetines savybes, dirvožemio sudėtį, klimato sąlygas ir augalų tręšimo lygį. Dažniausiai baltymų kiekis kviečių grūduose svyruoja nuo 10 iki 15 % (Zhao et al., 2022; Bagulho et al., 2015).

Analizuojant eksperimento duomenis (1 pav.) nustatyta, kad vėlinant sėjos laiką grūdų baltymingumas turėjo tendenciją didėti, nors esmingai didžiausias baltymų kiekis (14,6 %) susikauptė, sėjant 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos norma, ankstyvosios sėjos (rugsėjo 7 d.) kviečių grūduose. Ankstyvosios sėjos kviečių, kurie augo tankesniame pasėlyje (5 ir 4 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos norma), grūduose nustatytas esmingai mažesnis baltymų kiekis nei augusių retesniame (3 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos norma) pasėlyje. Esmingai mažiausias baltymų kiekis (12,6 ir 12,7 %) grūduose nustatytas pasėjus rugsėjo 14 d. 3 ir 5 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normų pasėliuose.



1 pav. Baltymų kiekis žieminių kviečių grūduose

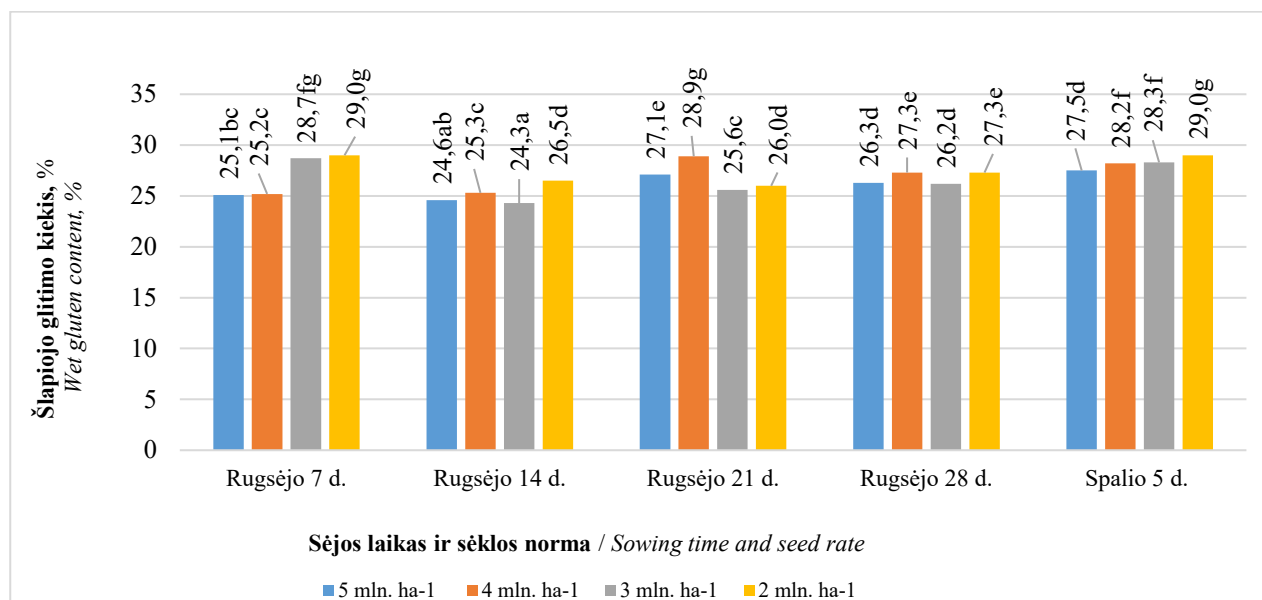
Fig. 1. Protein content of winter wheat cereals

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b) are significant ( $P < 0.05$ ).

Glitimo kiekis grūduose gali skirtis priklausomai nuo veislės ir augimo sąlygų. Kviečių šlapiojo glitimo kiekis gali svyruoti nuo 20 iki 30 %. Tai priklauso nuo veislės savybių, klimato, dirvožemio ir kitų augimo sąlygų. Daugumos žieminių kviečių veislių grūduose, kuriuose yra didesnis baltymų kiekis, nustatomas ir didesnis glitimo kiekis (Kruger et al., 1995).

Ekspimente nustatyta (2 pav.), kad šlapiojo glitimo kiekis svyravo nuo 24,3 iki 29,0 %. Ankstyvosios sėjos (rugsėjo 7 d.) esmingai didžiausias glitimo kiekis (29,0 %) nustatytas 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėliu kviečių grūduose nustatytu glitimo kiekiu. Rugsėjo 14 d. pasėtuose 5 ir 3 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėliuose nustatytas esmingai mažesnis šlapiojo glitimo kiekis, kurie siekė 24,3 ir 24,6 %, lyginant su šlapiojo glitimo kiekiu (25,3 ir 26,5 %), nustatytu 4 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėliu kviečiuose.



2 pav. Šlapiojo glitimo kiekis žieminių kviečių grūduose

Fig. 2. Wet gluten content of winter wheat grains

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

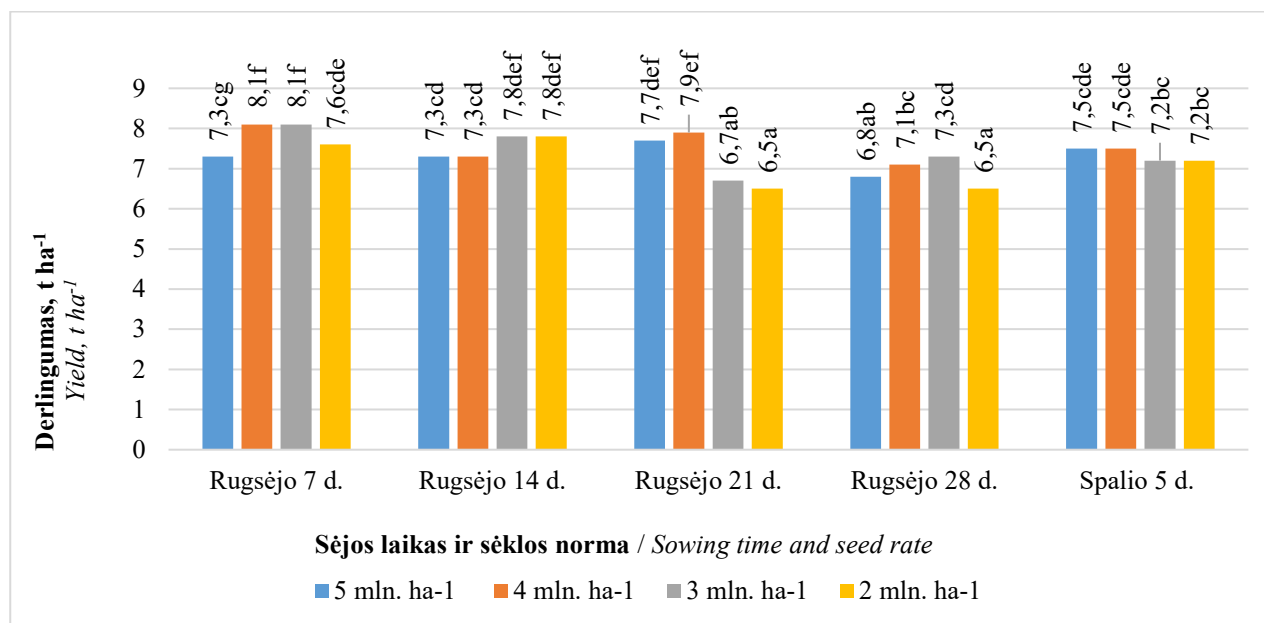
Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b) are significant ( $P < 0.05$ ).

Pasėjus rugsėjo 21 d., esmingai didžiausias glitimo kiekis (28,9 %) nustatytas grūduose, kviečius pasėjus 4 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos norma, lyginant su retesniais pasėliais (3 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup>), kuriuose šlapiojo glitimo kiekis siekė nuo 25,6 iki 26,0 %. Pasėjus rugsėjo 28 d., esmingai mažiausias šlapiojo glitimo kiekis (26,2 ir

26,3 %) nustatytas 3 ir 5 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėliuose augusių kviečių grūduose, lyginant su šlapiojo glitimo kiekiu (27,3 %), nustatytu 4 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos kviečių grūduose. Vėlyvosios sėjos (spalio 5 d.) kviečių grūduose šlapiojo glitimo kiekis didėjo, mažinant sėklos normą. Esmingai mažiausias glitimo kiekis rastas didžiausia sėklos norma pasėto pasėlio grūduose, o esmingai didesnis (0,7–1,5 % vnt.) – mažesnėmis sėklos normomis pasėtų kviečių grūduose.

Žieminių kviečių derlingumą galima didinti įvairiomis priemonėmis, tokiomis kaip sėklų kokybės gerinimas, tinkamas trąšų naudojimas, optimali sėklos norma ir tinkamas sėjos laikas, augalų apsauga nuo ligų bei kenkėjų ir kt. Tai reikalauja nuoseklios ir tikslingos žemės ūkio praktikos taikymo ir gebėjimo derinti ir prisitaikyti prie skirtingų augimo sąlygų (Porter et al., 1999; Nielsen, Halvorson, 1991). Dėl pastaruoju metu šiltėjančio klimato pastebimai kinta ir augalų fenologinių tarpsnių datos, ilgėja rudeninės vegetacijos laikotarpis, todėl anksčiau rekomenduotą optimalios sėjos pradžios datą (rugspjūčio 25 d.) rekomenduotina perkelti į rugsėjo 10–25 d. Tai patvirtina ir Lietuvoje atliktų daugiamečių stebėjimų duomenys, kurie parodė, kad rudeninės vegetacijos laikotarpis pailgėjo (Kanapickas et al., 2022).

Atliktame eksperimente žieminių kviečių derlingumas (3 pav.) svyravo nuo 6,5 iki 8,1 t ha<sup>-1</sup>. Ankstyvosios sėjos (rugsėjo 7 d.) esmingai didžiausias derlingumas (8,1 t ha<sup>-1</sup>) nustatytas 4 ir 3 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėliuose, lyginant su 5 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėliais. Mažiausias derlingumas (7,3 t ha<sup>-1</sup>) buvo tankiausiame pasėlyje (5 mln. vnt. ha<sup>-1</sup>). Rugsėjo 14 d. pasėtame tankiausiame pasėlyje (5 ir 4 mln. vnt. ha<sup>-1</sup>) nustatytas esmingai mažesnis derlingumas (0,5 t ha<sup>-1</sup>), lyginant su derlingumu (7,8 t ha<sup>-1</sup>), nustatytu 3 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėliuose. Esmingai didžiausias derlingumas (7,9 ir 7,7 t ha<sup>-1</sup>) nustatytas kviečių pasėliuose, kurie pasėti rugsėjo 21 d., 4 ir 5 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> norma, lyginant su retesniais pasėliais (3 ir 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup>), kurių derlingumas siekė nuo 6,5 iki 6,7 t ha<sup>-1</sup>.



3 pav. Žieminių kviečių derlingumas

Fig. 3. Winter wheat yields

Pastaba. Variantų vidurkiai, pažymėti ne tomis pačiomis raidėmis (a, b), yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Note. Differences between the averages of treatments marked with different letters (a, b) are significant ( $P < 0.05$ ).

Pasėjus rugsėjo 28 d., esmingai mažiausiu derlingumu (6,5 t ha<sup>-1</sup>) pasižymėjo 2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos pasėlis, lyginant su didžiausiu derlingumu (7,1 ir 7,3 t ha<sup>-1</sup>), kuriuo pasižymėjo 4 ir 3 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos normos kviečiai. Vėlyvosios sėjos (spalio 5 d.) kviečių derlingumas esmingai neišsiskyrė, svyravo nuo 7,5 iki 7,2 t ha<sup>-1</sup>.

## Išvados

- Vėliausiai (spalio 5 d.) pasėti žieminiai kviečiai subrandino geriausios kokybės grūdus, kuriuose baltymų nustatyta 13,9–14,4 %, šlapiojo glitimo – 27,5–29,9 %. Prastesnės kokybės grūdai subrendo visais terminais pasėtame tankiausiame (5,0 mln. ha<sup>-1</sup> sėklų norma) pasėlyje.

2. Žieminių kviečių derlingumas svyravo nuo 6,5 iki 8,1 t ha<sup>-1</sup>. Esmingai mažiausiu derlingumu (6,5 t ha<sup>-1</sup>) pasižymėjo rugsėjo 21 ir 28 d. mažiausia sėklos norma (2 mln. vnt. ha<sup>-1</sup>) pasėti pasėliai. Didžiausias derlingumas (8,1 t ha<sup>-1</sup>) nustatytas ankstyvosios sėjos laukeliuose, kuriuose žieminiai kviečiai pasėti 3 ir 4 mln. vnt. ha<sup>-1</sup> sėklos norma.

## Literatūra

1. Alam, M. S., Kumar, R. and Patel, J. N. (2022). Effect of sowing dates and varieties on the nutrient uptake and economics of wheat crop (*Triticum aestivum* L.) under changing climate. *The Pharma Innovation Journal*, 11(2), 533–538.
2. Bagulho, A., Costa, R., Almeida, A., Pinheiro, N., Moreira, J., Gomes, C., Coutinho, J., Costa, A., Coutinho, J. and Macas, B. (2015). Influence of year and sowing date on bread wheat quality under Mediterranean conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(2), 186–199. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i2.19279>
3. Easson, D. L., White, E. M. and Pickless, S. J. (1993). The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. *Journal of Agricultural Science*, 121, 145–156. <https://doi.org/10.1017/S0021859600077005>
4. Fang, Y., Xu, B. C., Turner, N. C. and Li, F. M. (2010). Grain yield, dry matter accumulation and remobilization, and root respiration in winter wheat as affected by seeding rate and root pruning. *European Journal of Agronomy*, 33, 257–266. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.07.001>
5. Fazily, T. (2021). Effect of sowing dates and seed rates on growth and yield of different wheat varieties: A review. *International Journal of Agricultural Science and Technology*, 8, 10–26. <http://dx.doi.org/10.47856/ijaast.2021.v08i3.002>
6. Ferrari, M., Dal Cortivo, C., Panozzo, A., Barion, G., Visioli, G., Giannelli, G. and Vamerali, T. (2021). Comparing soil vs. foliar nitrogen supply of the whole fertilizer dose in common wheat. *Agronomy*, 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112138>
7. Jarecki, W. and Czernicka, M. (2022). Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on multi-component foliar fertilization. *Journal of Elementology*, 27(3), 559–567. <https://doi.org/10.5601/jelem.2022.27.2.2286>
8. Kanapickas, A., Vagusevičienė, I., Juknys, R. and Sujetovienė, G. (2022). Effects of climatic and cultivar changes on winter wheat phenology in central Lithuania. *International Journal of Biometeorology*, 66, 2009–2020. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02336-9>
9. Klepeckas, M., Januškaitienė, I., Vagusevičienė, I. and Juknys, R. (2020). Effects of different sowing time to phenology and yield of winter wheat. *Agricultural and Food Science*, 29(4), 346–358. <https://doi.org/10.23986/afsci.90013>
10. Kruger, J. E. and Hatcher, D. W. (1995). FY sedimentation test for evaluation of flour quality of Canadian wheats. *Department of Agriculture and Agri-Food*, 72(1), 33–37. Prieiga per internetą: [https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1995/documents/72\\_33.pdf](https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1995/documents/72_33.pdf)
11. Li, D. X., Zhang, D., Wang, H. G., Li, H. R., Fang, Q., Li, H. Y. and Li, R. Q. (2020). Optimized planting density maintains high wheat yield under limiting irrigation in North China plain. *International Journal of Plant Production*, 14(9), 107–117. <https://doi.org/10.1007/s42106-019-00071-7>
12. Ma, S. C., Wang, T. C., Guan, W. K. and Zhang, X. (2018). Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. *Field Crops Research*, 221, 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028>
13. Mekonnen, A. (2017). Effects of seeding rate and row spacing on yield and yield components of bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) in Gozamin District, East Gojam Zone, Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 7(4), 19–37.
14. Nielsen, D. C. and Halvorson, A. D. (1991). Nitrogen fertility influence on water stress and yield of winter wheat. *Agronomy Journal*, 83(6), 1065–1070. <https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300060025x>
15. Porter, J. R. and Gawith, M. (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: A review. *European Journal of Agronomy*, 10, 23–36. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(98\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(98)00047-1)
16. Ruža, A. and Kreita, D. (2008). Sowing time influence on the yield of winter wheat under the climate conditions of Zemgale. *Agronomijas Vēstis*, 11, 271–276.

17. Singh, N., Singh, S. S., Singh, G., Singh, R. and Yadav, S. K. (2021). Effects of interaction (date of sowing X varieties) on wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 9(2), 201–203. <https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i2c.11807>
18. Šiuliauskas, A. A. (2015). *Praktinė augalininkystė. Javai ir rapsai*. Vilnius: Eugrimas, p. 95–172.
19. Tarakanovas, P. ir Raudonius, S. (2003). *Agrominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija: Lietuvos žemės ūkio universitetas, 57 p.
20. Tilley, M. S., Heiniger, R. W. and Crozier, C. R. (2019). Tiller initiation and its effects on yield and yield components in winter wheat. *Agronomy Journal*, 111(3), 1323–1332. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0469>
21. Zhao, K., Tao, Y., Liu, M., Yang, D., Zhu, M., Ding, J., Zhu, X., Guo, W., Zhou, G. and Li, Ch. (2022). Does temporary heat stress or low temperature stress similarly affect yield, starch, and protein of winter wheat grain during grain filling? *Journal of Cereal Science*, 103, 103408. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103408>

### **Ilona Vagusevičienė, Darija Jodaugienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

#### **Effect of Sowing Time and Seed Rate on Winter Wheat Productivity and Grain Quality**

The experiment, in which winter wheat was sown at different times (7, 14, 21, 28 September, and 5 October) and at different seed rates (5, 4, 3, and 2 million seeds ha<sup>-1</sup>), was carried out between 2022 and 2023 at the Experimental Station of the VMU Academy of Agriculture. The soil granulometric composition was predominantly medium loam. The topsoil before the experiment was installed had a neutral reaction (pH – 7,0), the concentration of available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 226 mg kg<sup>-1</sup>, available K<sub>2</sub>O – 143 mg kg<sup>-1</sup>, and the humus content in the soil surface layer was 2.15%. The results obtained showed that the winter wheat sown at the latest date (5 October) produced grain of the best quality, with 13,9–14,4 % protein and 27,5–29,9% wet gluten. The lower quality grains matured in the densest crop sown at all dates (5,0 million ha<sup>-1</sup> seed rate). Yields of winter wheat varied from 6,5 to 8,1 t ha<sup>-1</sup>. The lowest yields (6,5 t ha<sup>-1</sup>) were recorded on 21 and 28 September and the lowest seed rate (2 million seed ha<sup>-1</sup>) was recorded in the crop sown. The highest yields (8,1 t ha<sup>-1</sup>) were recorded in the early sown fields where winter wheat was sown at a seed rate of 3 and 4 million ha<sup>-1</sup>.

Winter wheat, sowing time, seed rate, productivity, grain quality.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Ilona VAGUSEVIČIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos mokslų daktarė, docentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752236, el. paštas: [ilona.vaguseviciene@vdu.lt](mailto:ilona.vaguseviciene@vdu.lt)

Ilona VAGUSEVIČIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of biomedical (agricultural) sciences, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752236, e-mail: [ilona.vaguseviciene@vdu.lt](mailto:ilona.vaguseviciene@vdu.lt)

Darija JODAUGIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Agronomijos fakulteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų katedros biomedicinos (žemės ūkio) mokslų daktarė, docentė. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752229, el. paštas: [darija.jodaugiene@vdu.lt](mailto:darija.jodaugiene@vdu.lt)

Darija JODAUGIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Agronomy, Department of Agroecosystems and Soil Science, doctor of biomedical (agricultural) sciences, assoc. prof. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752229, e-mail: [darija.jodaugiene@vdu.lt](mailto:darija.jodaugiene@vdu.lt)



# VANDENS TELKINIUOSE GYVENANČIŲ VĖŽIŲ LIGAS SUKELIANČIŲ MIKROSKOPINIŲ GRYBŲ PAIEŠKA

Jurgita Švedienė, Gintautas Vaitonis, Vita Raudonienė, Algimantas Paškevičius

Gamtos tyrimų centras

Pastaraisiais metais stebimas žymus plačiažnyplių vėžių (*Astacus astacus* (Linnaeus, 1758)) žuvinimas ar net visiškai buvusių gausių populiacijų išnykimas. Dažniausiai plačiažnypliai vėžiai žūsta tuose vandens telkiniuose, į kuriuos patenka invazinių vėžių, bet būna atvejų, kad vėžiai išmiršta ir dėl kitų, nenustatytų priežasčių. Taip pat stebimas žymus rainuotųjų vėžių (*Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817)) populiacijų gausumo sumažėjimas. Darbo tikslas – išskirti iš vėžių mikroskopinius grybus, galimus vėžių ligų sukėlėjus. Tirti plačiažnyplių vėžių, rainuotųjų vėžių (*Flexonius limosus*), siauražnyplių vėžių (*Pontastacus leptodactyles* (Eschscholtz, 1823)), žymėtųjų vėžių (*Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852)) kepenų ir raumenų audiniai. Vėžiai buvo sugauti Lietuvos šiaurės rytuose, rytuose-pietryčiuose ir Žemaitijoje esančiuose vandens telkiniuose. Mikroskopiniai grybai, galimai sukeliantys vėžių ligas, buvo išskiriami ant PG-1 terpės su antibiotikais. Išskyrus mikroskopinių grybų iš vėžių raumenų ir kepenų audinių, mikroskopinių grybų aptikta 9 mėginiuose. *Faxonius limosus* (Šiaulių r.) ir *Pacifastacus leniusculus* (Trakų r.) raumenų ir kepenų audiniuose mikroskopinių grybų nebuvo aptikta.

*Astacus astacus*, *Pontastacus leptodactyles*, *Faxonius limosus*, *Flexonius limosus*, invazinės rūšys.

## Įvadas

Vėžiai yra didžiausi mūsų gėlųjų vandenų bestuburiai gyvūnai. Jie svarbūs ekosistemose, nes, būdami visaėdžiai, suvartoja daug detrito ir vandens augalų ir taip daro didelį poveikį vandens telkinių būklei, rausdami ir sujudindami dugno nuosėdas, prisideda prie telkinių dugno aeravimo ir eutrofikacijos lygmens mažinimo (Holdich, 2002).

Nuo seno Lietuvoje gyvena plačiažnypliai vėžiai. Tai yra vertingiausia Europoje gyvenančių vėžių rūšis, kuri yra įtraukta į tarptautinės Berno konvencijos (1979 m.) globojamų gyvūnų sąrašą. Jų aptinkama beveik visuose vandens telkiniuose. Dar praėjusio šimtmečio pradžioje Lietuva buvo viena didžiausių vėžių eksportuotojų – eksportas siekė iki 250 tonų vėžių per metus. Pradėjus mažėti vėžių ištekliams dėl beatodairiško jų eksploatavimo, didėjančios taršos, vandens telkinių eutrofikacijos, pasikartojančių vėžių maro epizootijų vėžių sugavimo ir eksporto mastas pradėjo staigiai kristi, ir 1967 m. vėžių eksportas praktiškai nutrūko (Šeštokas, 1969).

Siauražnypliai vėžiai mažiau reiklūs aplinkos sąlygoms, vislesni nei plačiažnypliai vėžiai ir atsparesni kai kurioms vėžių ligoms. Jie buvo pradėti introdukuoti į Lietuvą (daugiausia šiaurės rytinę dalį) dar XIX a. pabaigoje, siekiant pakeisti išnykusias plačiažnyplių vėžių populiacijas (Šeštokas, 1969).

Žymėtasis vėžys kilo iš vakarinės Šiaurės Amerikos dalies. Ši rūšis eksterjero bei maistinėmis savybėmis beveik nenusileidžia plačiažnypliams vėžiams. Į Europą (Švediją) šie vėžiai buvo introdukuoti 1959 m. iš Tahou (*Tahoe*) ežero Kalifornijoje, siekiant pakeisti išnykusias plačiažnyplių vėžių populiacijas. Vėliau buvo introdukuojami ir į kitas Europos šalis (Holdich et al., 2009).

Rainuotieji vėžiai, kilę iš Šiaurės Amerikos rytinės dalies, buvo introdukuoti 1890 m. Oderio intake Vokietijoje. Introdukuojant taip pat siekta pakeisti jau išnykusias plačiažnyplių vėžių populiacijas. Šie vėžiai nereiklūs aplinkos sąlygoms, labai vislūs (Holdich, 2002). Tačiau introdukuojant šiuos vėžius neįvertinta, kad jie perneša ligas, pavojingas tiek vietinėms europinėms vėžių rūšims, tiek jiems patiems.

Rainuotiesiems vėžiams patekus į vandens telkinį, paprastai vyksta procesas, būdingas daugumai invazijų bei introdukcijų. Po keleto metų laikotarpio, kuriuo rainuotieji vėžiai išgyvena naujame vandens telkinyje, jų skaičius labai išauga – net iki 5–6 individų/m<sup>2</sup>. Tačiau toks gausumas neišlieka ilgai: dažniausiai po 2–4 metų dėl prasidėjusių ligų išmiršta didžioji populiacijos dalis. Negausi populiacija išlieka, bet prarandama galimybė reintrodukuoti plačiažnyplius vėžius. Kol kas nežinomas nė vienas vandens telkinys, kuriame rainuotieji vėžiai būtų visiškai išnykę. Atliekant tyrimus pastebėta, kad rainuotųjų vėžių išmirimo priežastis nebūtinai būna, kaip anksčiau buvo laikoma, vėžių maras.

## Tyrimų metodika

Vėžiai buvo sugauti įvairiuose Lietuvos regionuose esančiuose vandens telkiniuose (1 lentelė).

**1 lentelė.** Tirtos vėžių rūšys ir jų sugavimo vietovės**Table 1.** Investigate crayfish and their habitats

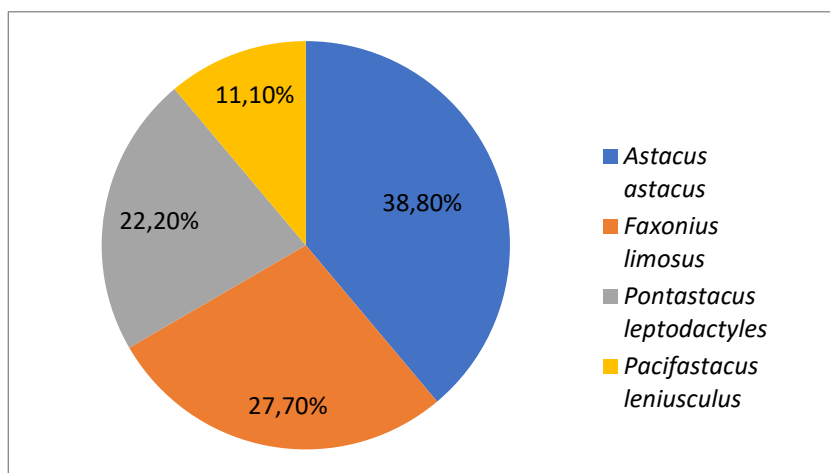
Eil. nr. No.	Vėžių rūšys Crayfish	Vietovė Habitats
1.	<i>Astacus astacus</i>	Molėtų r.
2.	<i>Faxonius limosus</i>	Zarasų r.
3.	<i>Pontastacus leptodactyles</i>	Zarasų r.
4.	<i>Astacus astacus</i>	Rokiškio r.
5.	<i>Astacus astacus</i>	Telšių r.
6.	<i>Faxonius limosus</i>	Molėtų r.
7.	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Molėtų r.
8.	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Trakų r.
9.	<i>Faxonius limosus</i>	Elektrėnų sav.
10.	<i>Pontastacus leptodactyles</i>	Varėnos r.
11.	<i>Faxonius limosus</i>	Šiaulių r.

Mikroskopiniams grybams išskirti buvo naudojama PG-1 terpė, kurios sudėtis: 1 g/l mielių ekstraktas, 5 g/l gliukozė, 10 mg/l oksolinės rūgšties, 1 g/l penicilino G, 12,0 g/l agaras, 1 litras vandens (Makkonen et al., 2013). Terpei gaminti naudotas vanduo iš vandens telkinių, kuriuose buvo pagauti vėžiai.

Prieš preparuojant, vėžiai buvo šaldomi -20 °C temperatūroje 1 val. Mikroskopiniai grybai buvo išskiriami iš plačiažnyplių, rainuotųjų, siauražnyplių, žymėtųjų vėžių kepenų ir raumenų audinių. Kepenų ir raumenų audiniai, kurių dydis – 0,5 × 0,5 cm, buvo dedami ant agarizuotos terpės. Lėkštelės su pasėliais buvo laikomos termostate 16 °C temperatūroje 14 dienų. Išaugę mikroskopiniai grybai buvo gryninami ant bulvių dekstrozės agaras („Liofilchem“, Italija). Grynos mikroskopinių grybų padermės buvo laikomos mėgintuvėliuose salyklo ekstrakto (20 g/l salyklo ekstraktas, 20 g/l gliukozė, 1 g/l peptonas, 0,01 g/l cinko sulfato heptahidratas, 0,005 g/l vario sulfato pentahidratas, 20 g/l agaras, 1 litras distiliuoto vandens) (Frisvad, 2011) terpėje, šaldytuve 4 °C temperatūroje.

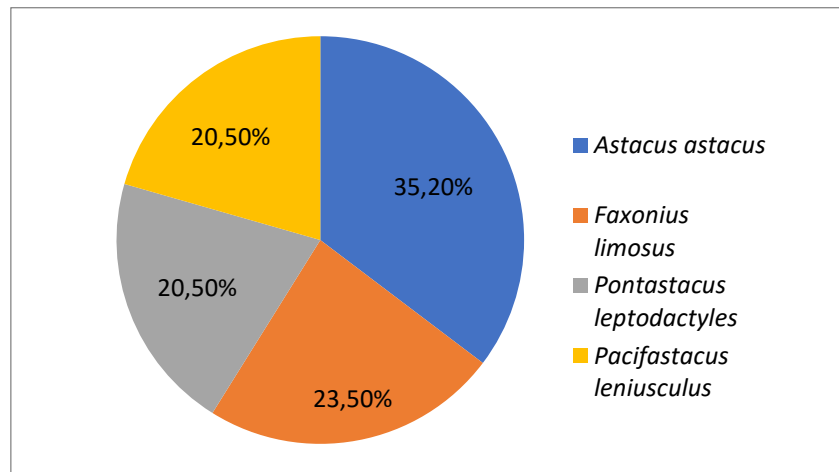
## Rezultatai ir aptarimas

Tirta 11 vėžių (3 plačiažnypliai, 2 siauražnypliai, 2 žymėtieji, 4 rainuotieji) iš įvairių Lietuvos vandens telkinių. Išskyrus mikroskopinių grybų iš vėžių raumenų ir kepenų audinių, mikroskopinių grybų aptikta 9 vėžių audiniuose. Rainuotojo (Žemaitija) ir žymėtojo vėžių (Vilnius) raumenų ir kepenų audiniuose mikroskopinių grybų nebuvo aptikta. Iš likusių tirtų vėžių buvo išskirta 70 mikroskopinių grybų padermių: 36 grybų padermės iš raumenų ir 34 – iš kepenų audinių. Daugiausiai grybų (38,8 %) aptikta plačiažnyplių vėžių raumenų audiniuose, mažiausiai – žymėtųjų vėžių (11,1 %) raumenų audiniuose (1 pav.).

**1 pav.** Mikroskopinių grybų paplitimas (%) tirtų vėžių raumenų audiniuose**Fig. 1.** Prevalence (%) of microscopic fungi in the muscle tissue of the crayfish studied

Literatūros apžvalgoje, kurią atliko Dragičević ir kt., 2020 nurodoma, kad mikroskopinių grybų aptikta 11,8 % tirtų vėžių raumenų audiniuose.

Daugiausiai grybų (35,2 %) aptikta plačiažnyplių vėžių kepenyse, mažiausiai – žymėtųjų (20,5 %) ir siauražnyplių (20,5 %) vėžių kepenyse (2 pav.).



2 pav. Mikroskopinių grybų paplitimas (%) vėžių kepenų audiniuose

Fig. 2. Prevalence (%) of microscopic fungi in crayfish liver tissue

Mikroskopiniais grybais infekuoti vėžiai neturi ryškių ir išskirtinių klinikinių požymių, kurie akivaizdžiai skirtųsi nuo požymių, kuriuos sukelia virusinės ar bakterinės infekcijos. Mikroskopiniai grybai į vėžių organizmą dažniausiai patenka per žaizdas ir dažniausiai užkrečia egzoskeletą, ypač minkštąją kutikulą. Literatūroje esama duomenų apie tai, kad mikroskopiniai grybai dažnai išskiriami iš egzoskeleto (Dragičević et al., 2020). Įvairioms gentims priklausantys mikroskopiniai grybai buvo išskirti iš *Procambarus clarkii* egzoskeleto (Dörr et al., 2012). Mikroskopiniai grybai taip pat gali sukelti antrines infekcijas sužeistiems ar imuniteto sutrikimui turintiems vėžiams.

## Išvados

1. Daugiausiai mikroskopinių grybų padermių išskirta iš plačiažnyplių vėžių raumenų (38,8 %) ir kepenų (35,2 %) audinių. Jų kiekis abiejuose tirtuose audiniuose buvo beveik vienodas.
2. Siauražnyplių, rainuotųjų ir žymėtųjų vėžių kepenų audiniuose mikroskopinių grybų kiekis buvo beveik vienodas. Siauražnyplių ir rainuotųjų vėžių raumenų audiniuose mikroskopinių grybų kiekis buvo vienodas, o žymėtųjų vėžių – perpus mažiau.
3. Dviejų tirtų invazinių vėžių (rainuotojo (Šiaulių r.) ir žymėtojo (Elektrėnų sav.)) raumenų ir kepenų audiniuose mikroskopinių grybų neaptikta visai.

## Literatūra

1. Dörr, A. J. M., Rodolfi, M., Elia, A. C., Scalici, M., Garzoli, L. and Picco A. M. (2012). Mycoflora on the cuticle of the invasive crayfish *Procambarus clarkii*. *Fundamental and Applied Limnology*, 180(1), 77–84.
2. Dragičević, P., Bielen, A., Petrić, I. and Hudina S. (2021). Microbial pathogens of freshwater crayfish: A critical review and systematization of the existing data with directions for future research. *Journal of Fish Diseases*, 44, 221–247.
3. Frisvad, J. C. (2012). Media and growth conditions for induction of secondary metabolite production. *Methods in Molecular Biology*, 944, 47–58. [https://doi.org/10.1007/978-1-62703-122-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-62703-122-6_3)
4. Holdich, D. M. (ed.). (2002). *Biology of freshwater crayfish*. Nottingham. 702 p.
5. Holdich, D. M., Reynolds, J. D., Souty-Grosset, C. and Sibley, P. J. (2009). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 11, 394–395.
6. Makkonen, J., Jussila, J., Koistinen, L., Paaver, T., Hurt, M. and Kokko, H. (2013). *Fusarium avenaceum* causes burn spot disease syndrome in noble crayfish (*Astacus astacus*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 113, 184–190.
7. Šeštokas, J. (1969). Vėžių paplitimas, išteklių būklė ir jų atstatymo galimybės Lietuvoje: disertacija biologijos mokslų kandidato laipsniui įgyti. Vilnius. 252 p.

**Jurgita Švedienė, Gintautas Vaitonis, Vita Raudonienė, Algimantas Paškevičius**

Nature Research Centre, Lithuania

### **Search for Microscopic Fungi that Cause Crayfish Diseases in Water Bodies**

In recent years, there have been significant declines or even complete extinctions of formerly abundant populations of *Astacus astacus*. The most frequent deaths are in water bodies where invasive crayfish are introduced, but there are also cases where crayfish die out for other, unidentified reasons. There has also been a significant decline in the abundance of *Faxonius limosus*. The aim of this work is to isolate microscopic fungi from crayfish, which are potential pathogens of crayfish diseases. The following were analysed: liver and muscle tissues of *Astacus astacus*, *Flexonius limosus*, *Pontastacus leptodactyles*, and *Pacifastacus leniusculus*. The crayfish were caught in water bodies in north-eastern, eastern-south-eastern Lithuania and Žemaitija. Microscopic fungi potentially responsible for crayfish diseases were isolated on PG1 media. The isolation of microscopic fungi from crayfish muscle and liver tissues resulted in the detection of microscopic fungi in 9 samples. No microscopic fungi were detected in the muscle and liver tissues of *Faxonius limosus* (Žemaitija) and *Pacifastacus leniusculus* (Vilnius).

*Astacus astacus*, *Pontastacus leptodactyles*, *Faxonius limosus*, *Flexonius limosus*, invasive species.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Jurgita ŠVEDIENĖ. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Tel. +370 52 796640, el. paštas: jurgita.svediene@gamtc.lt

Jurgita ŠVEDIENĖ. Nature Research Centre, Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Phone: +370 52 796640, e-mail: jurgita.svediene@gamtc.lt

Gintautas VAITONIS. Gamtos tyrimų centro Hidrobiotų evoliucinės ekologijos laboratorijos biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412, Vilnius. Tel. +370 699 58301, el. paštas: gintautas.vaitonis@gamtc.lt

Gintautas VAITONIS. Nature Research Centre, Laboratory of Evolutionary Ecology of Hydrobionts. Address: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Phone: +370 699 58301, e-mail: gintautas.vaitonis@gamtc.lt

Vita RAUDONIENĖ. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos biomedicinos mokslų daktarė. Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Tel. +370 52 796640, el. paštas: vita.raudoniene@gamtc.lt

Vita RAUDONIENĖ. Nature Research Centre, Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Phone: +370 52 796640, e-mail: vita.raudoniene@gamtc.lt

Algimantas PAŠKEVIČIUS. Gamtos tyrimų centro Biodestruktorių tyrimo laboratorijos biomedicinos mokslų daktaras. Adresas: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Tel. +370 52 711723, el. paštas: algimantas.paskevicius@gamtc.lt

Algimantas PAŠKEVICIUS. Nature Research Centre, Laboratory of Biodeterioration Research, doctor of biomedicine sciences. Address: Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius. Phone: +370 52 711723, e-mail: algimantas.paskevicius@gamtc.lt

# NEGYVOS MEDIENOS KIEKYBINIS VERTINIMAS ĮVAIRAUS AMŽIAUS IR RŪŠINĖS SUDĖTIES MIŠKUOSE

Ingrida Kezienė, Žydrūnas Preikša, Laima Česonienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Tyrimo tikslas – nustatyti negyvos medienos pasiskirstymą įvairaus amžiaus ir rūšinės sudėties miškuose. Nuvertinus negyvą medieną, per mažai jos paliekama miškuose. Pakankamas kiekis paliktos negyvosios medienos užtikrina maisto medžiagas dirvožemiui ir gausią biologinę įvairovę.

Tirti miško sklypai yra priskirti patikėjimo teise valdyti VI valstybinės miškų urėdijos Dubravos padalinio Vaišvydavos girininkijai. Tyrimams atrinkti ketvirtos miškų grupės ūkiniai sklypai. Tyrimas buvo atliekamas nuo 2022 m. spalio mėn. iki 2023 m. kovo mėn. Sklypai buvo atrenkami pagal amžiaus grupes ir vyraujančių medžių rūšį. Sklypuose buvo inventorizuojama stambi negyva mediena: sausuočiai, stuobriai ir virtuoliai, ne plonesni nei 15 cm diametro. Stuobriui laikomas nulūžęs medis, kurio aukštis nuo šaknies kaklelio – daugiau nei 0,5 m. Kitų tipų negyva mediena, tokia kaip kelmai, buvo skaičiuojama vienetais.

Nustatyta, kad, didėjant medyno amžiui, negyvos medienos kiekis didėja. Pribrešančiuose medynuose vidutinis negyvos medienos kiekis: eglynuose vidutinis negyvos medienos kiekis – 6,9 m<sup>3</sup>/ha, pušynuose – 4,59 m<sup>3</sup>/ha, beržynuose – 3,91 m<sup>3</sup>/ha. Brandžiuose medynuose kiekis didesnis. Brandžiuose eglynuose vidutinis negyvos medienos kiekis – 11,89 m<sup>3</sup>/ha, pušynuose – 11,46 m<sup>3</sup>/ha, o beržynuose – 10,65 m<sup>3</sup>/ha.

Negyva mediena, mikrobuvinė, saproksiliniai organizmai, nesaproksiliniai organizmai.

## Įvadas

Miškas žmonėms asocijuojasi su sveikų medžių vaizdais, kurie primintų tankiai apsodintą parką: žaliuojantis pavasarį, vasarą, o rudenį nusidažęs įvairiaspalviais lapais. Tačiau miškuose taip pat yra negyvų ir mirstančių medžių. Jų šaknys, kamienai ir šakos, neturinčios gyvybės, yra tokios pat svarbios miško ekosistemai kaip ir sveiki medžiai.

Kai kurie autoriai (Atici, 2008; Fridman, Walheim, 2000; Christensen, 2005; Vacik, 2009) išskiria tik dvi negyvosios medienos rūšis – stovinčią ir gulinčią, kituose darbuose naudojama detalesnė klasifikacija su keturiais ar penkiais negyvosios medienos komponentais. Pagal pagrindines klasifikacijas išskiriama stovinti ir nuvirtusi arba nukritusi negyvoji mediena, o bendra atskyrimo riba yra 45 laipsnių kampas (Harmon, Sexton, 1996; Rondeux, Sanchez, 2009).

Bryertonas (2017) teigia, kad viskas iš negyvų ar mirstančių medžių miške yra naudinga. Jie labai svarbūs miško sveikatai. Negyvi stovintys medžiai, gyvi medžiai, kuriuos pažeidžia grybai ar vabzdžiai, ir nukritusios šakos ar medžiai, kurie yra ant žemės, suteikia mikrobuveinių ir maisto miške gyvenantiems kitiems organizmams. Kai kurios rūšys ypač orientuotos į naudą iš negyvų medžių. Kadangi negyva mediena yra suskaidyta grybų, bakterijų ir kitų gyvybės formų, ji padeda naujiems augalams augti, grąžindama svarbias maistines medžiagas į ekosistemą.

Rąstai ir nuvirtę palikti medžiai atlieka gyvybiškai svarbų vaidmenį šimtų laukinės gamtos rūšių gyvavimo cikluose, suteikdami vietos lizdams, poilsiui, maitintis ir augti. Kai kurie plėšrieji ir pelėdiniai paukščiai naudoja užkandžius ar negyvas šakas, kad gautų aiškų vaizdą apie galimą grobį medžioklės metu (Bryerton, 2017). Ropliai vasarą naudoja rąstus šildytis, kad šie padėtų reguliuoti jų vidinę temperatūrą. Rąstai taip pat suteikia ropliams vietos pasislėpti, rasti maisto arba saugiai peržiemoti.

Negyvos medienos kiekis miško ekosistemose yra svarbus išteklius daugeliui organizmų, įskaitant saproksilines rūšis, tiesiogiai ar netiesiogiai priklausomas nuo mirstančios ar negyvos medienos, ir nesaproksilines rūšis. Saproksilinėms rūšims priskiriama daug įvairių medieną ardančių grybų, kurie yra viena iš pačių įvairiausių, bet mažiausiai suprantamų grupių iš saproksilinių taksonų (Stokland, 2012), didelė dalis visų miško nariuotakojų rūšių ir erdmėje lizdus sukančių paukščių (Fauteux, 2012) arba tie, kuriems naudinga negyva mediena kaip gana stabilus drėgmės šaltinis ir apsauga nuo ekstremalios temperatūros (Ulyshen, 2011).

Kai kurie žinduoliai naudoja negyvus medžius lizdams, drevėtus ar uoksinius medžius ir stuobrius ar kelmus kaip slėptuvę ir maisto šaltinį. Daugelis grybų rūšių auga tik negyvoje medienoje, ją suskaido ir grąžina svarbias maistines medžiagas į dirvą. Taigi negyvos medienos klausimai nuolat aktualūs. Tyrimo tikslas – nustatyti negyvos medienos pasiskirstymą įvairaus amžiaus ir rūšinės sudėties miškuose.

## Tyrimo metodika

Tirti miško sklypai yra priskirti patikėjimo teise valdyti VĮ Valstybinių miškų urėdijos Dubravos regioninio padalinio Vaišvydavos girininkijai. Tyrimams atrinkti ketvirtos miškų grupės ūkiniai sklypai. Lauko tyrimai buvo atliekami nuo 2022 m. spalio mėn. iki 2023 m. kovo mėn., kai geriausiai matoma negyva mediena. Sklypai buvo atrenkami pagal amžiaus grupes ir vyraujančių medžių rūšį.

Pagal rūšinę sudėtį buvo pasirinkti tirti brandžių ir pribrežtančių amžiaus grupių eglynai, beržynai ir pušynai. Naudojantis Dubravos regioninio padalinio Dubravos girininkijos taksoraščiu (miškotvarka 2012 m.), iš kiekvienos amžiaus grupės buvo atrinkta ištirti mažiausiai po 5 sklypus, kurie buvo atrinkti pagal šiuos kriterijus: skalsumas ne mažiau 0,7, sklypo plotas > 1 ha, vyraujanti medžių rūšis sudaro ne mažiau 50 proc. medyno tūrio.

Sklypuose buvo inventorizuojama stambi negyva mediena: sausuoliai, stuobriai ir virtuoliai, ne plonesni nei 15 cm diametro. Stuobriu laikomas nulūžęs medis, kurio aukštis nuo šaknies kaklelio – daugiau nei 0,5 m. Kitų tipų negyva mediena, tokia kaip kelmai, buvo skaičiuojama vienetais.

Negyvos medienos apskaitos metu buvo fiksuojami šie rodikliai:

- negyvos medienos tipas (sausuolis, stuobrys ar virtuoelis);
- medžio rūšis;
- ilgis ir skersmuo (naudojant matavimo ruletę, žergles);
- aukštis, naudojant aukštmatį (sausuoliams ir stuobriams).

Sausuolių tūriui nustatyti naudotos medžių stiebų tūrio su žieve lentelės. Virtuolių ir stuobrių stiebų tūris nustatytas pagal Huberio formulę ( $m^3$ ) (Fridman, Walheim, 2000):

$$V = \pi \times \frac{d^2}{4} \times l, \quad (1)$$

čia  $d$  – vidurinis rąsto skersmuo,  $d = \frac{d_{pl} + d_{st}}{2}$ , m;  $l$  – rąsto ilgis, m.

Mediena buvo matuojama nuo 15 cm skersmens. Atliekant matavimus, buvo pildoma kortelė atskirai kiekvieno tyrimų barelio atveju.

Pildant kortelę, buvo renkami tokie duomenys:

- medžio pavadinimas;
- aukštis (m);
- medžio skersmuo (cm);
- puvimo stadija;
- sklypo amžius (m.);
- sklypo plotas (ha);
- bonitetas.

Duomenys buvo apdorojami naudojant programą „MS Excel“.

Skirtumai tarp negyvos medienos tūrio ir kiekio, skirtingo amžiaus medynuose (pribrežstantis ir brandus) bei skirtinguose medynuose (eglynas, pušynas ir beržynas) įvertinti programa STATISTICA, apskaičiuota  $t$  vertė.  $T$  testas buvo naudojamas nepriklausomas, pagal kintamuosius. Reikšmingumo lygmuo: skirtumai statistiškai reikšmingi, jei  $p \leq 0,05$ .

## Rezultatai ir aptarimas

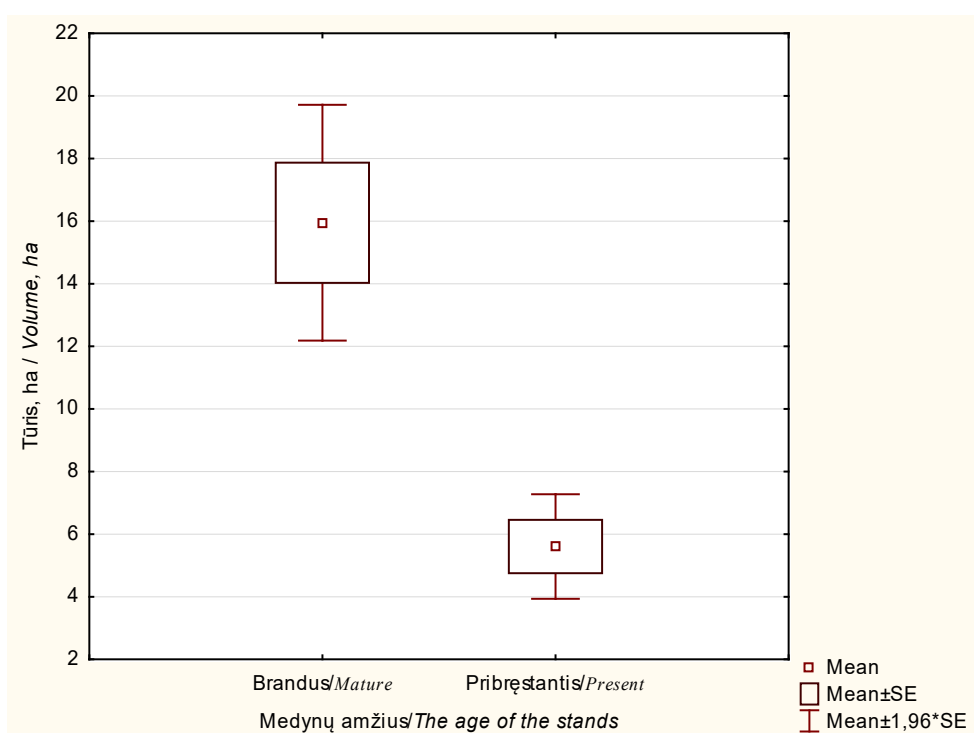
Pagal rūšinę sudėtį buvo pasirinkti tirti brandžių ir pribrežtančių amžiaus grupių eglynai, beržynai ir pušynai. Buvo renkami atsitiktine tvarka ūkinės paskirties miškai ir ištirti 36 sklypai.

Tyrimai parodė, kad kai kuriuose sklypuose negyvos medienos kiekis nesiekė nei  $1 m^3/ha$ , o didžiausias negyvos medienos kiekis (daugiau nei  $20,91 m^3/ha$ ) rastas brandžiame beržyne (1 lentelė).

**1 lentelė.** Negyvos medienos kiekis skirtingos rūšinės sudėties ir skirtingo amžiaus medynuose**Table 1.** Amount of dead wood in stands of different species composition and age

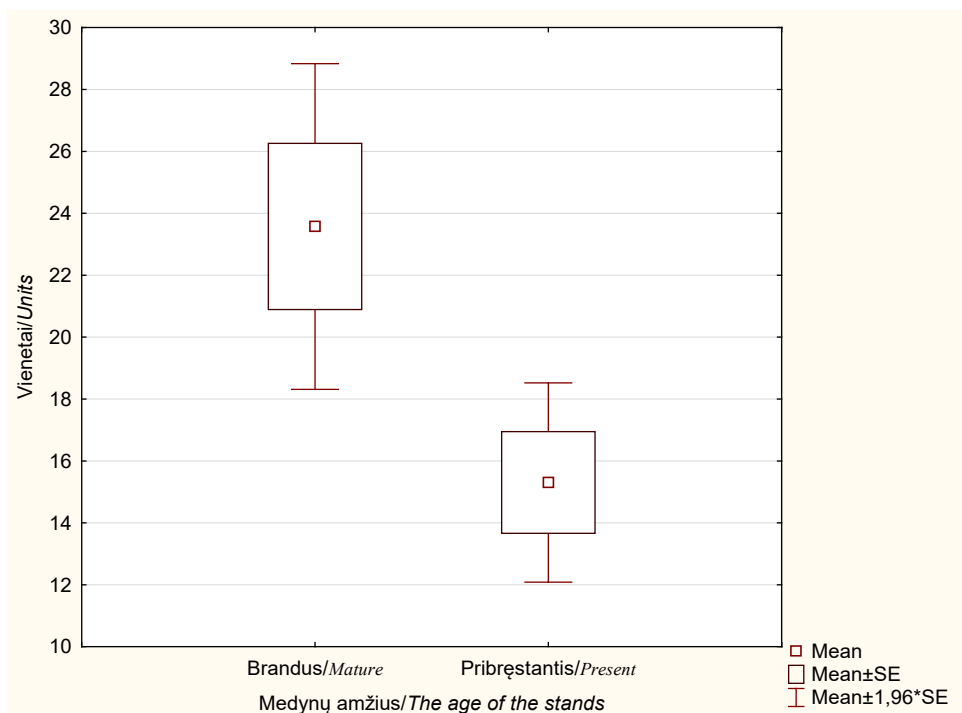
Medyno amžius <i>The age of the tree</i>	Minimalus negyvos medienos kiekis, m <sup>3</sup> /ha <i>Minimum amount of dead wood, m<sup>3</sup>/ha</i>			Vidutinis negyvos medienos kiekis, m <sup>3</sup> /ha <i>Average amount of dead wood, m<sup>3</sup>/ha</i>			Maksimalus negyvos medienos kiekis, m <sup>3</sup> /ha <i>Maximum amount of dead wood, m<sup>3</sup>/ha</i>		
	Eglynas <i>Spruce</i>	Pušynas <i>Pine</i>	Beržynas <i>Birch</i>	Eglynas <i>Spruce</i>	Pušynas <i>Pine</i>	Beržynas <i>Birch</i>	Eglynas <i>Spruce</i>	Pušynas <i>Pine</i>	Beržynas <i>Birch</i>
Pribręstantis <i>Present</i>	2,2	0,89	1,67	6,9	4,59	3,91	15,23	8,89	6,16
Brandus <i>Mature</i>	3,24	2,29	0,4	11,89	11,46	10,65	20,54	20,21	20,91

Išmatuotas negyvos medienos tūris (m<sup>3</sup>/ha) skirtingo amžiaus medynuose pateiktas 1 pav.

**1 pav.** Negyvos medienos tūris m<sup>3</sup>/ha skirtingo amžiaus medynuose**Fig. 1.** Volume of dead wood in m<sup>3</sup>/ha in stands of different ages

Atlikus analizę matyti, kad, didėjant medyno amžiui, vidutinis negyvos medienos kiekis taip pat didėja (1 pav.). Negyvos medienos tūris brandaus amžiaus medynuose reikšmingai didesnis nei pribręstančiuose medynuose, skirtumas statistiškai reikšmingas ( $t = 5,60$ ;  $p = 0,000$ ). Pribręstančiuose eglynuose vidutinis negyvos medienos kiekis – 6,9 m<sup>3</sup>/ha, o brandžiuose medynuose – 11,89 m<sup>3</sup>/ha, skirtumas – 58,03 %. Pribręstančiuose pušynuose vidutinis negyvos medienos kiekis – 4,59 m<sup>3</sup>/ha, o brandžiuose medynuose – 11,89 m<sup>3</sup>/ha, skirtumas – 40,05 %. Pribręstančiuose beržynuose vidutinis negyvos medienos kiekis – 3,91 m<sup>3</sup>/ha, o brandžiuose medynuose – 10,65 m<sup>3</sup>/ha, skirtumas – 36,71 %.

Negyvos medienos kiekis (vnt./ha) skirtingo amžiaus medynuose pateiktas 2 pav.

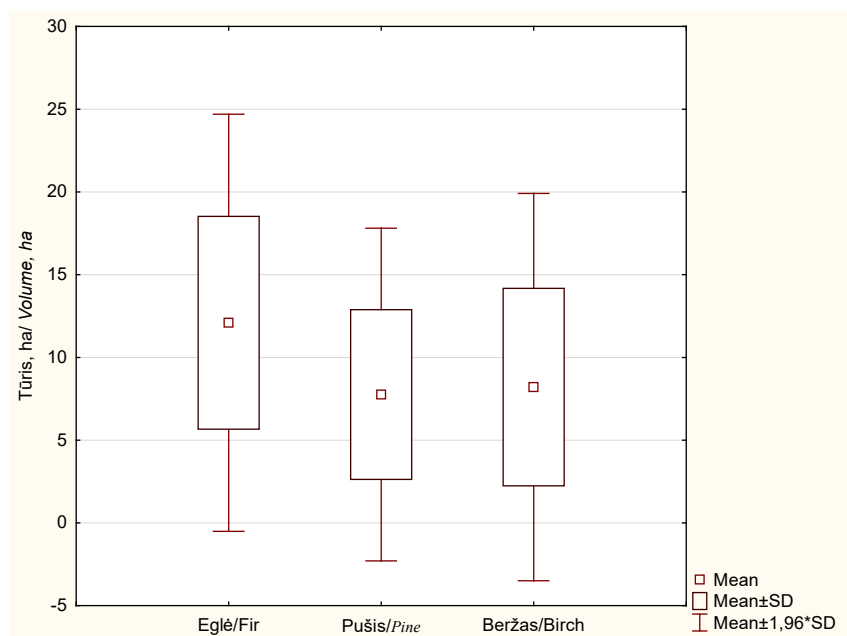


**2 pav.** Negyvos medienos kiekis vnt./ha skirtingo amžiaus medynuose

*Fig. 2. Dead wood units/ha in stands of different ages*

Atlikus negyvos medienos kiekio pagal vienetus analizę, matyti, kad, didėjant medyno amžiui, vidutinis negyvos medienos kiekis taip pat didėja (2 pav.). Negyvos medienos kiekis brandaus amžiaus medynuose reikšmingai didesnis nei pribrestančiuose medynuose, skirtumas statistiškai reikšmingas ( $t = 2,77$ ;  $p = 0,009$ ). Pribrestančiuose medynuose vidutinis negyvos medienos kiekis – 15,2 vnt./ha, o brandžiuose – 23,8 vnt./ha. Skirtumas tarp tirtų amžiaus grupių yra 63,86 %.

Išmatuotas negyvos medienos tūris ( $m^3/ha$ ) skirtinguose medynuose pateiktas 3 pav.



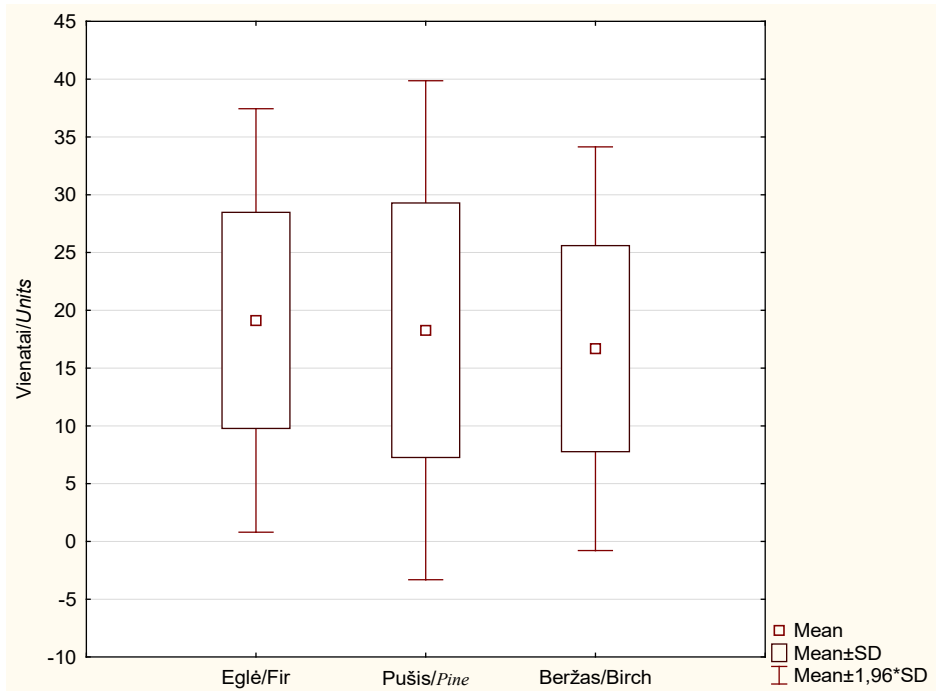
**3 pav.** Negyvos medienos tūris  $m^3/ha$  skirtinguose medynuose

*Fig. 3. Volume of dead wood in  $m^3/ha$  in different stands*

Negyvos medienos tūris eglynuose reikšmingai didesnis nei pušynuose ir eglynuose, skirtumai statistiškai reikšmingi ( $t = 2,77$ ;  $p = 0,046$ ). Statistiškai reikšmingų skirtumų tarp negyvos medienos tūrio pušynuose ir eglynuose nenustatyta, negyvos medienos tūris panašus.

Negyvos medienos kiekis (vnt./ha) skirtinguose medynuose pateiktas 4 pav.





4 pav. Negyvos medienos kiekis vnt./ha skirtinguose medynuose

Fig. 4. Dead wood units/ha in different stands

Statistiškai reikšmingų skirtumų tarp negyvos medienos kiekio beržynuose, pušynuose ir eglynuose nenustatyta, negyvos medienos kiekis panašus ( $p > 0,05$ ). Nustatyta, kad, didėjant medyno amžiui, negyvos medienos kiekis didėja. Pribrežtančiuose medynuose vidutinis negyvos medienos kiekis: eglynuose vidutinis negyvos medienos kiekis –  $6,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ , pušynuose –  $4,59 \text{ m}^3/\text{ha}$ , o beržynuose –  $3,91 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Brandžiuose medynuose negyvos medienos kiekis didesnis: brandžiuose eglynuose vidutinis negyvos medienos kiekis –  $11,89 \text{ m}^3/\text{ha}$ , pušynuose –  $11,46 \text{ m}^3/\text{ha}$ , o beržynuose –  $10,65 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

### Išvados

1. Mūsų tyrimais nustatyta, kad kai kuriuose sklypuose negyvos medienos kiekis nesiekė nė  $1 \text{ m}^3/\text{ha}$ , o didžiausias negyvos medienos kiekis (daugiau nei  $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) rastas brandžiame beržyne.
2. Negyvos medienos tūris brandaus amžiaus medynuose statistiškai reikšmingai didesnis nei pribrežtančiuose medynuose.
3. Negyvos medienos kiekis brandaus amžiaus medynuose statistiškai reikšmingai didesnis nei pribrežtančiuose medynuose.
4. Nustatyta, kad eglynuose vidutinis negyvos medienos tūris yra statistiškai reikšmingai didesnis nei pušynuose ir eglynuose.

### Literatūra

1. Fridman, J. and Walheim, M. (2000). Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 131 23–36. Prieiga per duomenų bazę „ScienceDirect“: <http://www.sciencedirect.com/>
2. Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, K. and Cummins, K. W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.*, 15, 133–276. Prieiga per duomenų bazę „ScienceDirect“: <http://www.sciencedirect.com/>
3. Lassauce, A., Lieutier, F. and Bouget C. (2012). Woodfuel harvesting and biodiversity conservation in temperate forests, effects of logging residue characteristics on saproxylic beetle assemblages. *Biol. Conserv.*, 147(1), 204–212. Prieiga per duomenų bazę „ScienceDirect“: <http://www.sciencedirect.com/>
4. Stokland, J. N., Tomter, S. M. and Söderberg, U. (2004). Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring: Experiences from Scandinavia. In: Marchetti, M. (Ed.), *Monitoring and*

- indicators of forest biodiversity in Europe – From ideas to operationality. *EFI proceedings*, 51, 207–226. Prieiga per internetą: [www.iufro.org/download/file/.../80701-40205-40206-florence03\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/.../80701-40205-40206-florence03_pdf/)
5. Waddell, K. L. (2002). Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecological Indicators*, 1, 139–153. Prieiga per duomenų bazę „ScienceDirect“: <http://www.sciencedirect.com/>
  6. Woodall, C. W. and Monleon, V. J. (2008). Sampling protocols, estimation procedures, and analytical guidelines for the down woody materials indicator of the Forest Inventory and Analysis Program. Gen. Tech. Rep. NRS-22. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 68 p. Prieiga per internetą: [http://www.uvm.edu/vmc/attachments/project/999/reports/related/17\\_\\_pdf\\_Downand\\_woodydebrisgtr\\_nc256.pdf](http://www.uvm.edu/vmc/attachments/project/999/reports/related/17__pdf_Downand_woodydebrisgtr_nc256.pdf)

**Ingrida Kezienė, Žydrūnas Preikša, Laima Česonienė**

Vytautas Magnus University, Lithuania

### **Quantitative Assessment of Dead Wood in Forests of Different Age and Species Composition**

The purpose of the study is to determine the distribution of dead wood in forests of various ages and species composition. Underestimating dead wood leaves too little of it in forests. Sufficient amounts of dead wood left behind provide nutrients for the soil and rich biodiversity.

The investigated forest plots are assigned to the Vaišvydava Forestry Department of the State Forestry Office, Dubrava Division, in trust. The forests are bordered by the Kaunas Marii Regional Park, as well as the forests of the first reserve group and the key habitats in them. Farm plots of the fourth group of forests were selected for research. Research data were collected in Dubrava Forest from October 2022 to spring 2023. The time of data collection was selected according to the forest foliage and visibility. The plots were selected according to age groups, tree species from the Vaišvydava forestry taxonomy. Large dead wood was inventoried in the plots: drywoods, trunks and whorls, with the smallest diameter at chest height of 15 cm, a broken tree with a height of more than 0.5 m from the root neck is considered a trunk. Other types of dead wood, such as stumps, were counted in units.

It was found that the amount of dead wood increases with the age of the stand. Average amounts of dead wood in maturing stands: average dead wood in spruce is 6.9 m<sup>3</sup>/ha, in pine forests it is 4.59 m<sup>3</sup>/ha, and in birches 3.91 m<sup>3</sup>/ha. Larger in mature stands. In mature spruces, the average amount of dead wood is 11.89 m<sup>3</sup>/ha, in pine forests it is 11.46 m<sup>3</sup>/ha, and in birch forests it is 10.65 m<sup>3</sup>/ha.

Dead wood, standing dead wood, lying dead wood, microhabitat, saproxylic organisms, non-proxylic organisms.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Ingrida KEZIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361, Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752224, el. paštas: [ingrida.keziene@stud.vdu.lt](mailto:ingrida.keziene@stud.vdu.lt)

Ingrida KEZIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology, Master student. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: [ingrida.keziene@stud.vdu.lt](mailto:ingrida.keziene@stud.vdu.lt)

Laima ČESONIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros vedėja, prof. dr. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752224, el. paštas: [laima.cesoniene1@vdu.lt](mailto:laima.cesoniene1@vdu.lt)

Laima ČESONIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology, Head, prof. dr. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: [laima.cesoniene1@vdu.lt](mailto:laima.cesoniene1@vdu.lt)

Žydrūnas PREIKŠA. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros lektorius, daktaras. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752224, el. paštas: [zydrunas.preiksa@vdu.lt](mailto:zydrunas.preiksa@vdu.lt)

Žydrūnas PREIKŠA. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Environment and Ecology, lecturer, dr. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752224, e-mail: [zydrunas.preiksa@vdu.lt](mailto:zydrunas.preiksa@vdu.lt)

# RUDŪJŲ LAPIŲ (*VULPES VULPES*) MITYBOS ĮVAIROVĖ VAKARŲ IR VIDURIO LIETUVOS REGIONUOSE

Giedrius Kurpeikis, Renata Špinkytė-Bačkaitienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Darbe analizuota rudųjų lapių (*Vulpes vulpes*) mitybos įvairovė vakarų ir vidurio Lietuvos regionuose. Buvo ištirti 465 individų skrandžiai. Maisto likučių aptikta 379 skrandžiuose (81,5 %). Mūsų tyrimas parodė, kad lapių maiste dominavo smulkieji graužikai (*Microtus*) (51,6 % skrandžių). Kitų maisto likučių lapių skrandžiuose aptikta rečiau: dvėsenos (24,4 %), paukščių (18,8 %), žuvų (4,9 %), bestuburių (45,0 %), vaisių, sėklų ir daržovių (39,4 %), augalinių medžiagų (55,0 %), antropogeninės kilmės medžiagų (1,7 %), kita (1,3 %). Nustatyti būdingi mitybos įvairovės skirtumai, priklausantys nuo lyties ir amžiaus. Suaugusių patinų ir jauniklių lapių maisto niša buvo didesnė nei suaugusių patelių. Remiantis mūsų išvadomis, rudosios lapės gali būti pripažintos visaišėdėmis plėšrūnėmis, mintančiomis lengvai pasiekiamu ir gausiu grobiu.

Rudoji lapė (*Vulpes vulpes*), mityba, grobis, skrandis.

## Įvadas

Rudoji lapė (*Vulpes vulpes*) šiuo metu yra labiausiai paplitęs laukinis plėšrūnas visame pasaulyje (Kidawa, Kowalczyk, 2011; Soulsbury et al., 2010; Schipper et al., 2008; Gloor et al., 2001; Macdonald, 1987; Harris, Rayner, 1986). Lapės yra nuostabiai prie aplinkos prisitaikę žvėrys, gyvena visose klimato juostose ir įvairiose vietose: lygumų miškuose, pamiškėse, krūmuose ir kituose įvairiuose kraštovaizdžiuose bei biotopuose (Baleišis ir kt., 2003). Didėjant lapių tankumui, išaugo jų įtaka biocenozėms, ypač neigiamas poveikis smulkiajai medžiojamai faunai ir pasiutligės plitimui (Baleišis, 2001).

Žmogaus ir plėšrūnų santykis visuomet buvo svarbus, nes plėšrūnai konkuruoja su žmogumi dėl medžiojamųjų gyvūnų, daro žalą žmogaus auginamiems naminiams gyvuliams ir paukščiams. Nepaisant duomenų apie lapių demografiją kaupimo ir nagrinėjimo, analizuoti ir teikti tikslūs duomenis ganėtinai sudėtinga (Saunders et al., 2010).

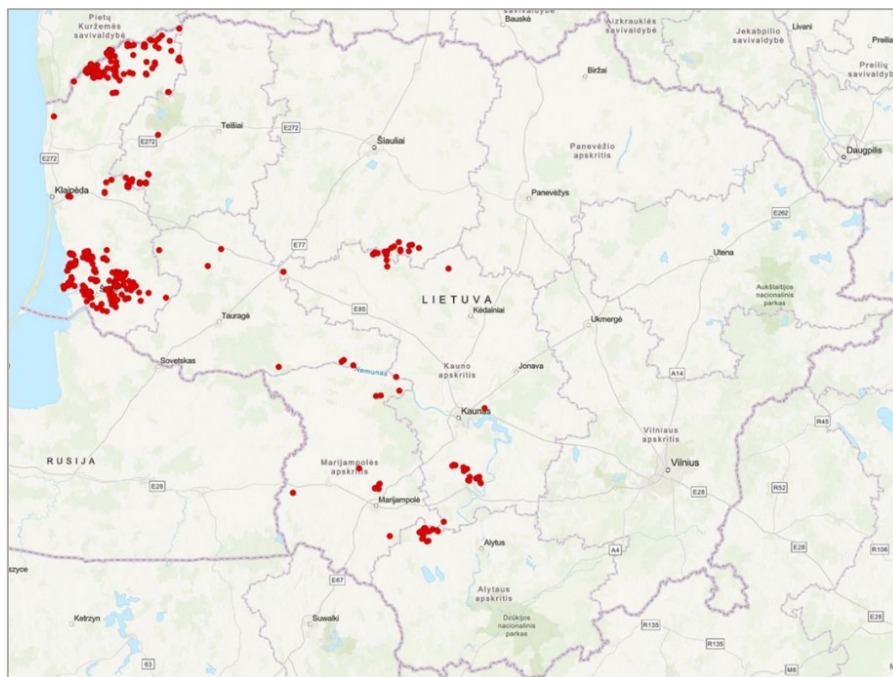
Daugumos (senesnių) ankstesnių mitybos tyrimų metu buvo atliekama ekskrementų analizė, todėl lapės grobio sudėtis pagal lapių lytį arba amžiaus klases nebuvo skiriama. Jauniklių mityba ne tokia įvairi – ją daugiausia sudaro žinduoliai bei paukščiai, o suaugusių lapių – labai įvairi. Patinai dažnai medžioja daugiau ir didesnę grobį nei patelės (Castaneda et al., 2022).

*Aktualumas.* Dauguma žinių apie Lietuvoje gyvenančių lapių mitybą yra pasenusios ir neatitinka dabartinės būklės. Paskutiniai tyrimai apie lapių mitybą buvo atlikti prieš 50 metų, neįvertinant mitybinės įvairovės, priklausomai nuo individo amžiaus ir lyties. Nuolat keičiantis aplinkos sąlygoms reikalingi nauji ir išsamesni tyrimai. Kintanti aplinka, intensyvėjantys antropogeniniai trikdžiai, šiltėjantis klimatas daro įtaką net tik lapių prisitaikymui prie aplinkos sąlygų, bet ir jų įpročiams bei mitybai. Svarbu surinkti ir apibendrinti informaciją apie lapių mitybos rūšinę sudėtį sezonų metu įvairiuose biotopuose.

Šio darbo tikslas – ištirti lapių mitybos įvairovę skirtingais sezonais, priklausomai nuo individo lyties ir amžiaus, vakarų ir vidurio Lietuvos regionų biotopuose.

## Tyrimų metodika

**Tiriamoji zona.** Tyrimo medžiaga buvo renkama Šilutės (Vakarų Lietuva), Skuodo ir Plungės (Šiaurės Vakarų Lietuva), Prienų ir Alytaus ((Žuvintas) (Pietų Lietuva)) bei Radviliškio (Šiaurės Lietuva) rajonuose (1 pav.). Nedidelė mėginių dalis buvo surinkta po susidūrimo su transporto priemonėmis (pavieniai taškai žemėlapyje). Atitinkamai pagal rajonus buvo surinkta mėginių Šilutės (196), Skuodo (175), Plungės (20), Prienų (26), Alytaus (18), Radviliškio (17), Šakių (4), Marijampolės (6), Jurbarko (3) rajonuose. Iš viso surinkti mėginiai iš 465 individų.



1 pav. Rudųjų lapių (*Vulpes vulpes*) mitybos tyrimų mėginių (n = 465) surinkimo vietos (raudoni taškai)  
 Fig. 1. Collection sites (red dots) for dietary surveys of brown foxes (*Vulpes vulpes*) (n=465)

**Medžiagos ir metodai.** Rudosios lapės buvo medžiojamos, gaudomos ir renkamos nuo 2021 m. spalio mėn. iki 2023 m. gruodžio mėn. Buvo nustatyta kiekvienos lapės lytis. Iš lapių kūnų buvo išimami skrandžiai. Jie buvo užšaldyti iki analizės. Iš 465 surinktų lapių skrandžių 86 (18,5 %) buvo tušti, o 379 skrandžiuose (81,5 %) buvo maisto likučių, ir jie buvo naudojami tolesnei analizei. Lapių amžius buvo nustatytas pagal dantų kaitą, viršutinio pirmojo krūminio danties M<sup>1</sup> nusidėvėjimą ir jo koreliaciją su amžiumi, nustatomą pagal antrinio dantų cemento prieaugio sluoksnio skaičių (Roulichova et al., 2007).

Skrandžiuose surasti maisto likučiai buvo išplauti per metalinį sietelį, kurio akučių dydis – 1 mm. Grobio liekanos buvo identifikuotos iki žemiausio įmanomo taksono ir suskirstytos į vienuolika pagrindinių maisto kategorijų: (1) smulkieji žinduoliai (pelės, žiurkės ir kt.); (2) kiškiažvėriai (kiškiai); (3) dvėseną (šernas, stirna, t. elnias, briedis, bebras); (4) paukščiai (laukiniai ir naminiai); (5) žuvis; (6) bestuburiai (vabalai, vabzdžiai, lervos, kirmėlės); (7) vaisiai, sėklos ir daržovės; (8) augalinės medžiagos (žolė ir spygliai); (9) antropogeninės kilmės medžiagos; (10) kita (kiaušiniai). Kai kurie maisto taksonai buvo sugrupuoti dėl nedidelės jų reikšmės analizuojamoje medžiagoje (Litvaitis et al., 1996; Goszczyński, 1974; Lockie, 1959).

Smulkūs žinduoliai buvo identifikuoti vizualiai. Žinduolių liekanos buvo identifikuotos vizualiai ir pagal plaukų struktūrą. Paukščių liekanos buvo identifikuotos pagal vizualiai matomas plunksnas, nagus ir kitas paukščiams būdingas kūno dalių liekanas (Debrot et al., 1982). Varliagyviai ir ropliai buvo atpažinti vizualiai pagal likusius matomus jų kūno darinius. Augalų vegetatyvinės dalys (sėklos, stiebai ir lapai, vaisiai ir kt.) buvo atpažintos vizualiai. Kadangi tyrimo metu nebuvo nustatomos tikslios smulkiųjų žinduolių, varliagyvių, žuvų, vabzdžių, vabalų rūšys, maisto sudėtis nustatyta dažniausiai vizualiai, įvertinant procentinę dalį ir priskiriant tiksliai maisto kategorijai.

Duomenys buvo analizuojami šiose grupėse: amžius, lytis, mėnuo, regionas ir medžioklės rajonas. Analizuojant lapių mitybą pagal individų skrandžių turinį, gauta informacija buvo suvedama į programą „Excel“.

Kiekvienos maisto kategorijos indėlis į lapių mitybą buvo išreikštas taip: 1) pasireiškimo procentas (%Pas), skrandžių, turinčių tam tikrą maisto produktą arba grobio grupę, proporcija, (2) tūrio procentinė dalis (%VC), duoto maisto tūrio dalis bendrame skrandžio tūryje, (3) suvartotos biomasės procentinė dalis (%BC), tam tikro maisto arba grobio grupės drėgno svorio procentas iš bendro skrandžio turinio drėgno svorio (Goszczyński, 1972).

## Rezultatai ir aptarimas

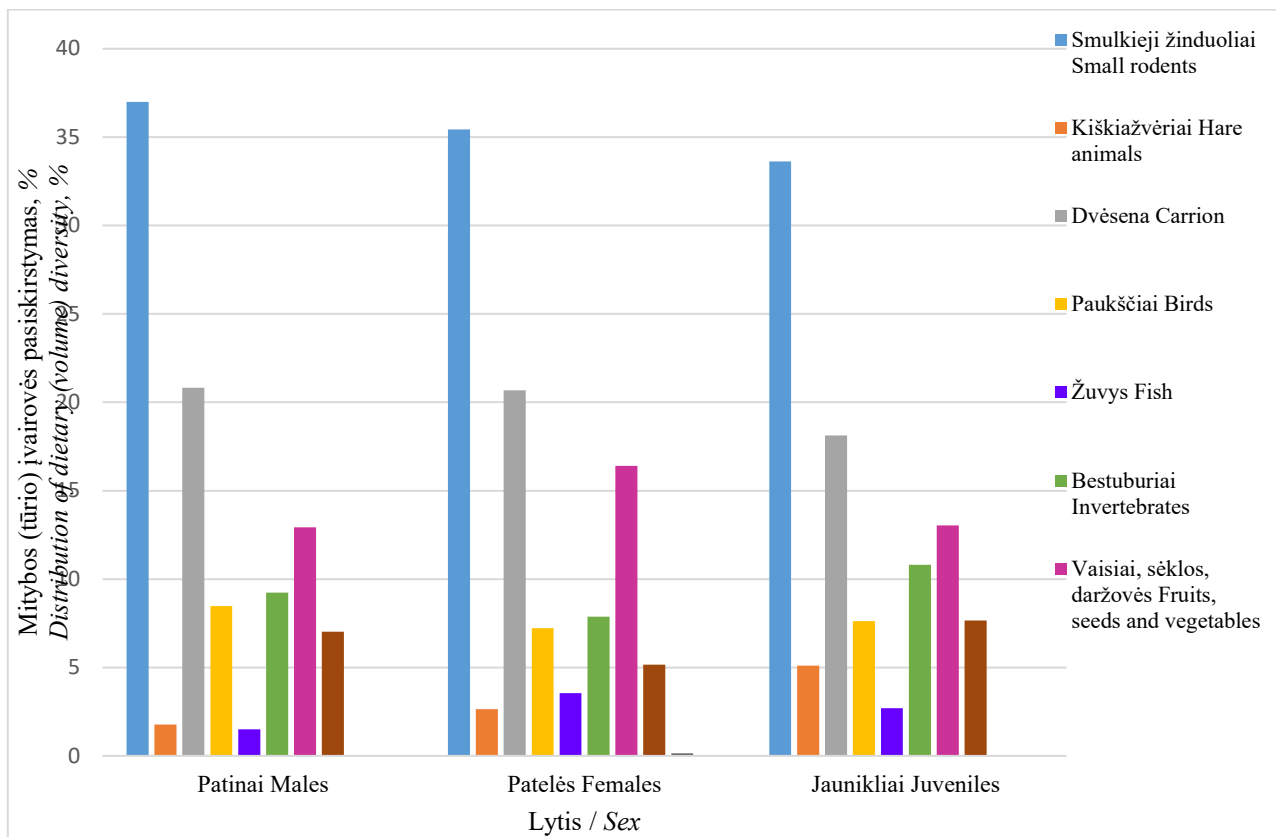
Tyrimui atlikti buvo naudojami duomenys, surinkti nuo 2021 m. spalio mėn. iki 2023 m. gruodžio mėn. Duomenys buvo renkami keliuose regionuose: Šilutės, Skuodo, Radviliškio, Plungės, Prienų, Alytaus

rajonuose. Iš viso surinkti 465 lapių skrandžiai, iš kurių 86 buvo tušti, o tolesnei analizei buvo naudojami 379 mėginiai, kuriuose buvo maisto likučių.

Tyrimo metu buvo tikimasi, kad rudųjų lapių maisto sudėtis skirsis, priklausomai nuo regiono, amžiaus, lyties ar sezoniškumo. Tačiau visose regionuose, amžiaus-lyties ir sezoniškumo grupėse *Microtus spp.* pelėnai buvo svarbiausias maisto šaltinis (2 pav.). Iš visų ištirtų skrandžių apskaičiuota, kad pelėnų buvo 51,6 % skrandžių ir jie sudarė 31,6 % maisto tūrio. Tikėtina, kad *Microtus spp.* graužikai yra lengvai prieinamas ir gausus lapių grobis, nes jų populiacijos tankis gali siekti daugiau nei 1 000 individų/ha (Briner et al., 2007).

Taip pat šis tyrimas patvirtino kanopinių gyvūnų dvėsenos kaip antrinio lapių maisto šaltinio Lietuvoje bei visuose tirtuose regionuose svarbą. Kanopinių dvėseną (daugiausia šernų, stirnų ir elnių) sudarė 16,8 % viso suvartojamo tūrio. Didžiausias dvėsenos suvartojimo kiekis buvo šaltuoju laikotarpiu – vėlyvą rudenį ir žiemą. Tikėtina, kad tam turėjo įtakos didysis (aktyvusis) medžioklės sezonas, medžioklės varant.

Kitas maistas: bestuburiai, paukščiai, žuvis, augalinės medžiagos (žolės), svarbūs kaip sezoninis maistas, didesniu kiekiu buvo aptinkami pavasarį ir vasarą, o vaisiai, sėklos, daržovės – rudens laikotarpiu.



2 pav. Lapių (*Vulpes vulpes*) mitybos įvairovė, priklausomai nuo lyties, %

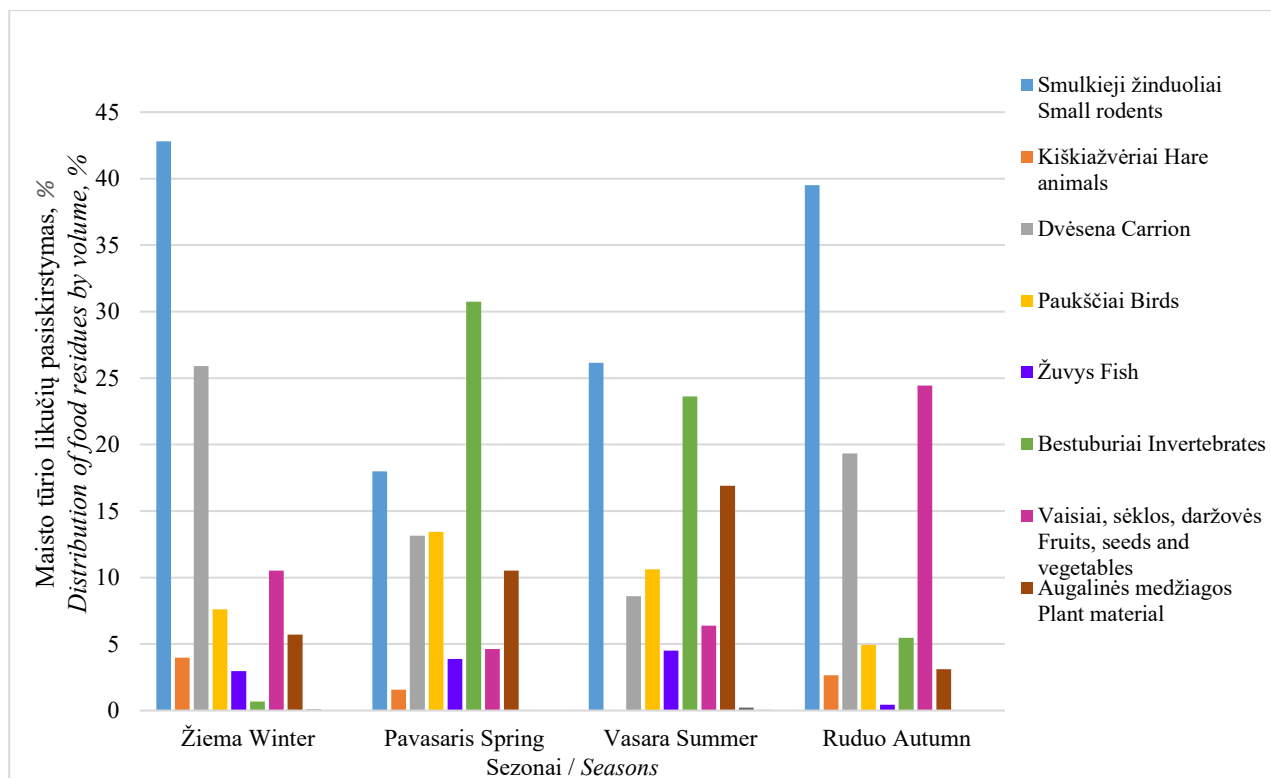
Fig. 2. Dietary diversity of foxes (*Vulpes vulpes*) by sex, %

Lapių amžius mitybos sudėčiai reikšmingos įtakos neturėjo. Visose amžiaus grupėse dominavo smulkieji žinduoliai, išskyrus vyriausią amžiaus grupę 5+. Antras pagal prieinamumą maisto šaltinis visose amžiaus grupėse buvo dvėseną (vidutiniškai 19,1 %). Trečias šaltinis penkiose amžiaus grupėse (IKI 1, 1+, 2+, 3+, 4+) buvo vaisiai, sėklos, daržovės (vidutiniškai 14,0 %). Vyriausioje amžiaus grupėje 5+ nebuvo aptikta vaisių, sėklų ir daržovių. Amžiaus grupėse 3+ ir 4+ nebuvo aptikta žuvis, tačiau 5+ amžiaus grupėje žuvis sudarė 10,4 %. Kiškiažvėrių neaptikta tik 4+ ir 5+ amžiaus grupėse, bet amžiaus grupėje IKI 1 metų kiškiažvėriai sudarė 5,1 %.

Pastebėta, kad suaugusių patinų, patelių ir jaunų lapių mityba susiliejo. Suaugusioms lapėms būdingas mitybos pasirinkimas pagal lytį gali būti dydžio, priklausančio nuo lyties, t. y. lytinio dimorfizmo, pasekmė, bet kadangi jaunos lapės vartojo panašias grobio rūšis, kaip ir suaugusios lapės, tikėtina, kad nevienodas maisto pasiskirstymo procentas tikriausiai yra susijęs su veisimosi laikotarpiu. Svarstyta, kad šiuo laikotarpiu patelės sumažina maitinimosi zonas ir pasirenka lengviau pasiekiamą grobį. Nuo sausio iki vasario, lapių veisimosi laikotarpiu, patelės gali išnaudoti mažesnes maitinimosi zonas ir mieliau ėdė lengviau pasiekiamą grobį. Pastebėta, kad vyresnių amžiaus grupių lapiniai 4+ ir 5+ medžiojo didesnę ir sunkiau pagaunamą grobį.

Lapių mityba pagal mėnesius (sezoniškumą) labai skyrėsi (3 pav.) Smulkiųjų žinduolių suvartojimas žiemos ir rudens laikotarpiu atitinkamai siekė 42,8 % ir 39,5 %. Taip pat šiuo laikotarpiu būdingas didžiausias lapių suvartotas dvėsėnos kiekis – 25,9 % žiemą ir 19,3 % rudenį.

Antrinis maistas buvo daugiausia kanopinių dvėsėnos, paukščiai, taip pat buvo randama kitų žinduolių, ypač vietovėse, kuriose mažus laukų miškelius supa dideli miškų masyvai. Žuvų buvo randama daugiausia vietovėse, kuriose gausu įvairių vandens telkinių. Taip pat maisto įvairovės prieinamumas ir pasiskirstymas skrandyje priklauso nuo lapės gyvenamosios vietovės ir supančio arealo.



**3 pav.** Rudųjų lapių (*Vulpes vulpes*) mitybos įvairovė skirtingais sezonais  
**Fig. 3.** Dietary diversity of brown foxes (*Vulpes vulpes*) in different seasons

Lyginant mitybos įvairovę biotopuose (regionuose), iš tyrimo rajonų, kuriuose buvo rinkti mėginiai, pasirinkti du rajonai: Šilutės (148 mėginiai) ir Skuodo (148 mėginiai). Abiejuose regionuose pagrindinis lapių maistas buvo smulkieji žinduoliai, o po jų – kanopinių dvėsėna. Trečias pagal pasirinkimą abiejuose regionuose maisto šaltinis buvo bestuburiai bei vaisiai, uogos, daržovės. Pagrindiniai skirtumai buvo būdingi žuvų suvartojimui, kuris buvo didesnis Šilutės rajone (4,4 %) nei Skuodo (0,8 %). Toks skirtumas tikėtinas dėl didesnės vandens telkinių gausos ir įvairovės Šilutės rajone. Taip pat įtakos turi pavasariniai potvyniai ir atoslūgiai. Didelę įtaką daro žvejai, palikdami, numesdami pagautas smulkias žuvis į krantą. Taip pat išsiskyrė vaisių, sėklų, daržovių suvartojimas: Skuodo rajone jis siekė 16,6 %, atitinkamai Šilutės – 8,0 %.

Tyrimas patvirtina lanksčią ir oportunistinę lapių mitybos elgseną. Šis bruožas leidžia joms klestėti įvairiomis klimato sąlygomis ir įvairiausiose buveinėse. Taip pat šis tyrimas patvirtina, kad rudoji lapė pripažįstama visaėdžiu plėšrūnu, mintančiu lengvai prieinamu ir gausiu grobiu. Tai parodo šiame tyrime nustatytas gausus bestuburių, vaisių, sėklų, daržovių suvartojimas. Tačiau dėl oportunistinių rūšies įpročių, ypač buveinių, ji prisitaiko prie lengvai prieinamo maisto specializacijos. Maisto išteklių tyrimai daugelį metų nebuvo atlikti ir atnaujinti. Didelis pelėnų procentas lapių mityboje, nepaisant amžiaus, lyties, mėnesio (sezoniškumo), regiono ar buveinių įvairovės, parodo visapusišką lapių specializaciją medžiojant *Microtus spp.* graužikus.

## Išvados

1. Nepriklausomai nuo lyties, lapių patinų, patelių ir jauniklių mitybos pagrindą sudarė smulkieji graužikai ir dvėsėna. Nustatyta, kad antrinis pagal svarbą rudųjų lapių maistas buvo vaisiai, sėklos, daržovės ir bestuburiai. Amžiaus grupėse IKI 1, 1+, 2+, 3+, 4+ mitybos pagrindą sudarė smulkieji žinduoliai, o

vyriausioje amžiaus grupėje dominavo bestuburiai. Antrinis pagal svarbą maisto šaltinis buvo dvėseną visose amžiaus grupėse.

2. Vasaros, rudens, žiemos sezono metu tirtų lapių maisto pagrindą sudarė smulkieji žinduoliai, pavasario laikotarpiu – bestuburiai. Antrinis maisto šaltinis visais metų laikais buvo nustatytas skirtingas: vasaros laikotarpiu – bestuburiai, žiemos – dvėseną, pavasario – smulkieji žinduoliai, rudens – vaisiai, sėklos, daržovės.
3. Skuodo ir Šilutės rajonuose pagrindinis lapių maistas buvo smulkieji žinduoliai ir kanopinių žvėrių dvėseną. Pagrindiniai skirtumai regionuose buvo būdingi papildomiems lapių maisto šaltiniams: žuvų suvartojimas buvo didesnis Šilutės rajone, o Skuodo rajone buvo vartojama daugiau vaisių, sėklų, daržovių.

## Literatūra

1. Baleišis, R. (2001). Rudųjų lapių gausos fliuktuacija. *Theriologia Lituanica*, 1, 92–95.
2. Baleišis, R., Bukelskis, E., Brukas, A., Paltanavičius, S., Tamašiūnas, V., Tijušas, E. ir Ulevičius, A. (2003). Didžioji Lietuvos medžioklės knyga. I tomas. Vilnius, p. 112–115, 180–181.
3. Briner, T., Favre, N., Nentwig, W. and Airoldi, J. P. (2007). Population dynamics of *Microtus arvalis* in a weed strip. *Mammal Biol*, 72, 106–115.
4. Castaneda, I., Doherty, T. S., Fleming, P. A., Stobo-Wilson, A. M., Woinarski, J. C. Z. and Thomas, M. (2022). Variation in red fox *Vulpes vulpes* diet in five continents. *Mammal Review*, 52, 328–342.
5. Debrot, S., Fivaz, G., Mermod, C. and Weber, J. M. (1982). Atlas des poils des mammifères d'Europe. Institut de Zoologie, Universite de Neuchatel, Neuchatel, Switzerland.
6. Gloor, S., Bontadina, F., Hegglin, D., Deplazes, P. and Breitenmoser, U. (2001). The rise of urban fox populations in Switzerland. *Mammalian Biology*, 66, 155–164.
7. Goszczyński, J. (1972). Methods of studying the food of predatory birds and mammals. *Wiad Ekol*, 4, 360–371.
8. Goszczyński, J. (1974). Studies on the food of foxes. *Acta Theriologica*, 19, 1–18.
9. Harris, S. and Rayner, J. M. V. (1986). Urban fox (*Vulpes vulpes*) population estimates and habitat requirements in several British cities. *Journal of Animal Ecology*, 55, 575–591.
10. Kidawa, D. and Kowalczyk, R. 2011. The effects of sex, age, season and habitat on diet of the red fox *Vulpes vulpes* in northeastern Poland. *Acta Theriol*, 56, 209–218.
11. Litvaitis, J. A., Titus, K. and Anderson, E. M. (1996). Measuring vertebrate use of terrestrial habitats and foods. In: Bookhout, T. A. (Ed.), *Research and management techniques for wildlife and habitats* (pp. 254–274). Lawrence: Allen Press.
12. Lockie, J. D. (1959). The estimation of the food of foxes. *The Journal of Wildlife Management*, 23, 224–227.
13. Macdonald, D. (1987). *Running with the fox*. London: Unwin Hyman.
14. Roulichova, J. and Andera, M. (2007). Age determination in the Red Fox (*Vulpes vulpes*): A comparative study. *Lynx*, 38(1), 55–71.
15. Saunders, G. R., Gentle, M. N. and Dickman, Ch. R. (2010). The impacts and management of foxes *Vulpes vulpes* in Australia. *Mammal Review*, 40(3), 181–211.
16. Schipper, J. et al. (2008). The status of the world's land and marine mammals: Diversity, threat and knowledge. *Science*, 322, 225–230.
17. Soulsbury, C. D., Baker, P. J., Iossa, G. and Harris, S. (2010). Red foxes (*Vulpes vulpes*). In Gehrt, S. D., Riley, S. P. D. and Cypher, B. L. (Eds.), *Urban carnivores. Ecology, conflict, and conservation* (pp. 63–75). Baltimore: Johns Hopkins University Press.

## Giedrius Kurpeikis, Renata Špinkytė-Bačkaitienė

Vytautas Magnus University, Lithuania

### Dietary Diversity of Brown Foxes (*Vulpes vulpes*) in Western and Central Lithuania

The paper analyses the dietary diversity of brown foxes (*Vulpes vulpes*) in the regions of western and central Lithuania. The stomachs of 465 individuals were examined. Food residues were detected in 379 stomachs (81.5%). Our study showed that small rodents (*Microtus*) dominated in the diet of foxes (51.6% of stomachs). Other food residues were found less frequently in fox stomachs: carrion (24.4%), poultry (18.8%), fish (4.9%), invertebrates (45.0%), fruits, seeds and vegetables (39.4%), plant material (55.0%), anthropogenic material (1.7%), and other (1.3%). Characteristic differences in dietary diversity were found depending on gender and age. The food niche of adult male and juvenile foxes was larger

than that of adult females. Based on our findings, brown foxes can be recognised as omnivorous predators, feeding on readily available and abundant prey.

Brown fox (*Vulpes vulpes*), diet, prey, stomach.

*Gauta 2024 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Giedrius Kurpeikis. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miškų mokslo katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752282, +370 691 57820, el. paštas: mef@vdu.lt, kurpeikutis@gmail.com

Giedrius KURPEIKIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Forest Science, Master student. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone.: +370 37 752282, +370 69157820, e-mail: mef@vdu.lt, kurpeikutis@gmail.com

Renata ŠPINKYTĖ-BAČKAITIENĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miškų mokslo katedros lektorė, dr. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752282, el. paštas: renata.spinkyte-backaitiene@vdu.lt

Renata ŠPINKYTĖ-BAČKAITIENĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Forest Science, lect., dr. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752282, e-mail: renata.spinkyte-backaitiene@vdu.lt



# PILKŪJŲ ŽĄSŲ (*ANSER ANSER L.*) POPULIACIJOS DINAMIKA IR TERITORIJŲ NAUDOJIMAS MITYBAI ŽUVINTO BIOSFEROS REZERVATE

Regimantas Vabuolas, Gediminas Brazaitis

Vytauto Didžiojo universitetas

Pilkoji žąsis (*Anser anser L.*), dar prieš keletą metų buvusi Raudonosios knygos rūšimi, šiuo metu yra gana įprasta, prie sparčiai besikeičiančios žemės ūkio aplinkos puikiai prisitaikiusi paukščių rūšis. Pietvakarių Lietuva yra vienas pirmųjų pilkųjų žąsų paplitimo židinių, kuriame susiformavo tvari šios rūšies paukščių populiacija. Svarbu išsiaiškinti dabartinį pilkųjų žąsų paplitimą ir gausą pietvakarių Lietuvoje, įvertinti jų mitybos sezoninę elgseną, nustatant lokalių perskridimų pobūdį bei mėgstamas mitybos vietas žemės ūkio kraštovaizdyje. Tyrimai buvo atlikti Žuvinto biosferos rezervato ir aplinkinėse teritorijose. Siekiant šių tikslų, naudoti migruojančių žąsų apskaitų Žuvinto ežere duomenys, jie papildyti maršrutinių apskaitų rezultatais, apilankant potencialias žąsų maitinimosi vietas laukuose, taip pat paukščių su telemetriniais GPS siūstuvais stebėjimų registracijos. Buvo identifikuoti migruojančioms žąsims svarbūs maitinimosi plotai, pažymimi jų kontūrai, nustatoma pasėlių struktūra. Gauti rezultatai atskleidė, kad tirta teritorija gana svarbi migruojančių žąsų sankaupų formavimuisi ir mitybai. Nustatyta, kad migruojančios žąsys mitybai dažniausiai rinkosi šviežiai apšėtus ir žiemkenčių laukus. Pilkoji žąsis yra viena dominuojančių paukščių rūšių Žuvinto biosferos rezervate ir stebimas tolesnis populiacijos didėjimas. Nustatyta, kad biosferos rezervato teritorijoje peri apie 50 porų pilkųjų žąsų, o vasaros antroje pusėje čia susidarančios pilkųjų žąsų sankaupos sudaro didžiausią žąsų koncentraciją žemyninėje šalies dalyje. 2023 m. registruota rekordinė 12 tūkstančių paukščių pilkųjų žąsų vasarinė sankaupa.

Pilkoji žąsis, populiacijos dinamika, pasėlių struktūra, Žuvinto ežeras, GPS.

## Įvadas

Pastaraisiais dešimtmečiais susidomėjimas laukinių žąsų populiacijų valdymu išaugo, nes kai kurios žąsų populiacijos tampa tokios gausios, kad daro poveikį ekosistemoms ir sukelia konfliktus žemės ūkio, gamtosaugos ir laukinės gamtos valdymo srityse (Fox, Madsen, 2017; Liljebäck et al., 2021). Žąsų skaičiaus didėjimas kelia didelį susirūpinimą tiek specialistams: biologams, aplinkosaugininkams, medžiotojams, tiek plačiajai visuomenei (Wuczyński et al., 2012). Žąsų populiacijų gausėjimo priežastys ir populiacijų valdymas yra aktualūs šių dienų žemės ūkio klausimai. Norint suvaldyti šių paukščių didėjančias populiacijas ir išspręsti kylančius iššūkius, reikalingi papildomi tyrimai, susiję su žąsų mitybos įpročiais, pasiskirstymu jų sankaupų vietose. Svarbu gilinti žinias apie turimas priemones, kurios skirtos sumažinti žąsų daromam neigiamam poveikiui žemės ūkiui, ypač pasėlių derliui, bei ieškoti naujų galimybių, kurios būtų orientuotos į šių paukščių populiacijų reguliavimą (Månsson, 2017; Liljebäck et al., 2021).

Tyrimo tikslas – nustatyti pilkosios žąsies (*Anser anser*) populiacijos pokyčius, perskridimų tarp mitybinių žemės ūkio plotų charakteristikas bei šių plotų struktūrą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti pilkųjų žąsų sankaupų apskaitas Žuvinto biosferos rezervate.
2. Atlikti pilkųjų žąsų fenologinius stebėjimus.
3. Įvertinti pilkųjų žąsų perskridimų teritorijoje charakteristikas.
4. Nustatyti pilkųjų žąsų pasiskirstymą maitinimosi vietose ir jų pasėlių struktūrą.

## Tyrimų metodika

Tyrimai vykdyti Žuvinto biosferos rezervate ir jo apylinkėse. Migruojančių (baltakakčių, želmeninių, pilkųjų) žąsų sankaupų apskaitos vykdytos nuo 1989 m., naudojant Europos Bendrijos svarbos paukščių rūšių monitoringo metodikas (Raudonikis ir kt., 2016). Apskaitos atliktos pavasariinių ir rudeninių žąsų migracijų metu, stebint iš Žuvinto biosferos rezervato lankytojų centro bokštelio. Papildomos apskaitos atliktos liepos pabaigoje ir rugpjūčio mėn., siekiant išsiaiškinti pilkųjų žąsų gausumą. Žąsų sankaupų apskaitos pradedamos ne vėliau kaip 30 min. iki saulėtekio ir tęsiamos keletą valandų, iki kol į laukus išskrenda visos žąsys. Skaiciuotos visos iš Žuvinto ežero išskrendančios žąsys, nebūtinai jas apibūdinant pagal rūšį (Raudonikis ir kt.,

2016). Visoms žąsų apskaitoms buvo naudojami žiūronai. Žąsų apskaitų duomenys iš pagrindinio apskaitos taško Žuvinto ežere papildyti maršrutinių apskaitų rezultatais, kurių metu buvo stebimos potencialios žąsų maitinimosi vietos laukuose iki 10 km atstumu aplinkinėse teritorijose.

Apskaitų metu taip pat buvo identifikuojami migruojančioms žąsims svarbūs maitinimosi plotai, jie buvo pažymimi kartografinėje medžiagoje, nustatoma pasėlių struktūra ir pažymimi jų kontūrai.

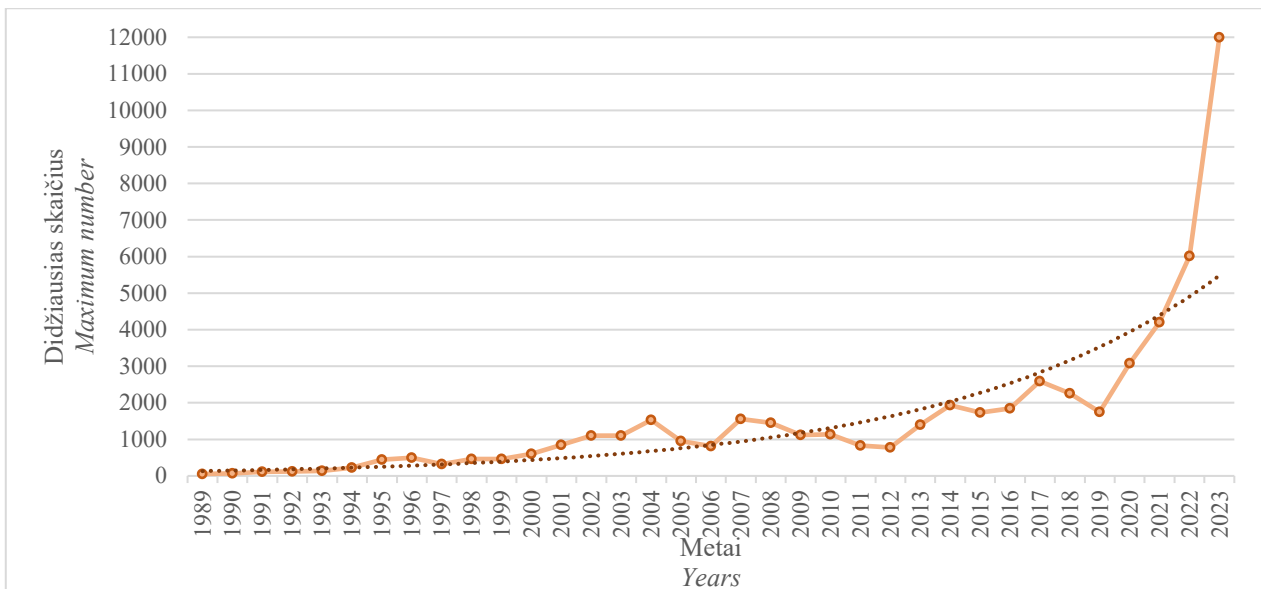
Papildomai paukščių pasiskirstymas teritorijoje buvo vertinamas naudojant GPS siūstuvais pažymėtų pilkųjų žąsų registracijų duomenis. Tam tikslui 2020 m. balandžio 27 d. Žuvinto ežero pakrantėje, naudojant patrankinį užmetamą tinklą, buvo sugautos besiveisiančios pilkosios žąsys, auginančios maždaug 15–25 d. amžiaus jauniklius. Iš jų trims paukščiams buvo uždėti GPS pozicijų nustatymo siūstuvai OT-N44-2GC (1 pav.). Pasirinktas GPS vietos registravimo intervalas – 90 sek. (15 min.), duomenys išsiunčiami du kartus per parą. Siunčiami GPS duomenys stebimi interneto svetainėje [www.glosendas.net](http://www.glosendas.net).

## Rezultatai ir aptarimas

Nuo 2000 m. Žuvinto ežero pilkųjų žąsų sankeupų dydis perkopė 500 paukščių, dar per penkerius metus – patrigubėjo. Praeitą dešimtmetį stebėtas dar vienas šios rūšies populiacijos dydžio šuolis. 2023 m. liepos mėn. registruota rekordinė 12 tūkstančių pilkųjų žąsų vasarinė sankeupa (2 pav.).



**1 pav.** Pilkoji žąsis (*Anser anser* L.) su uždėtu GPS pozicijos nustatymo siūstuvu  
**Fig. 1.** Greylag goose (*Anser anser* L.) with GPS positioning transmitter



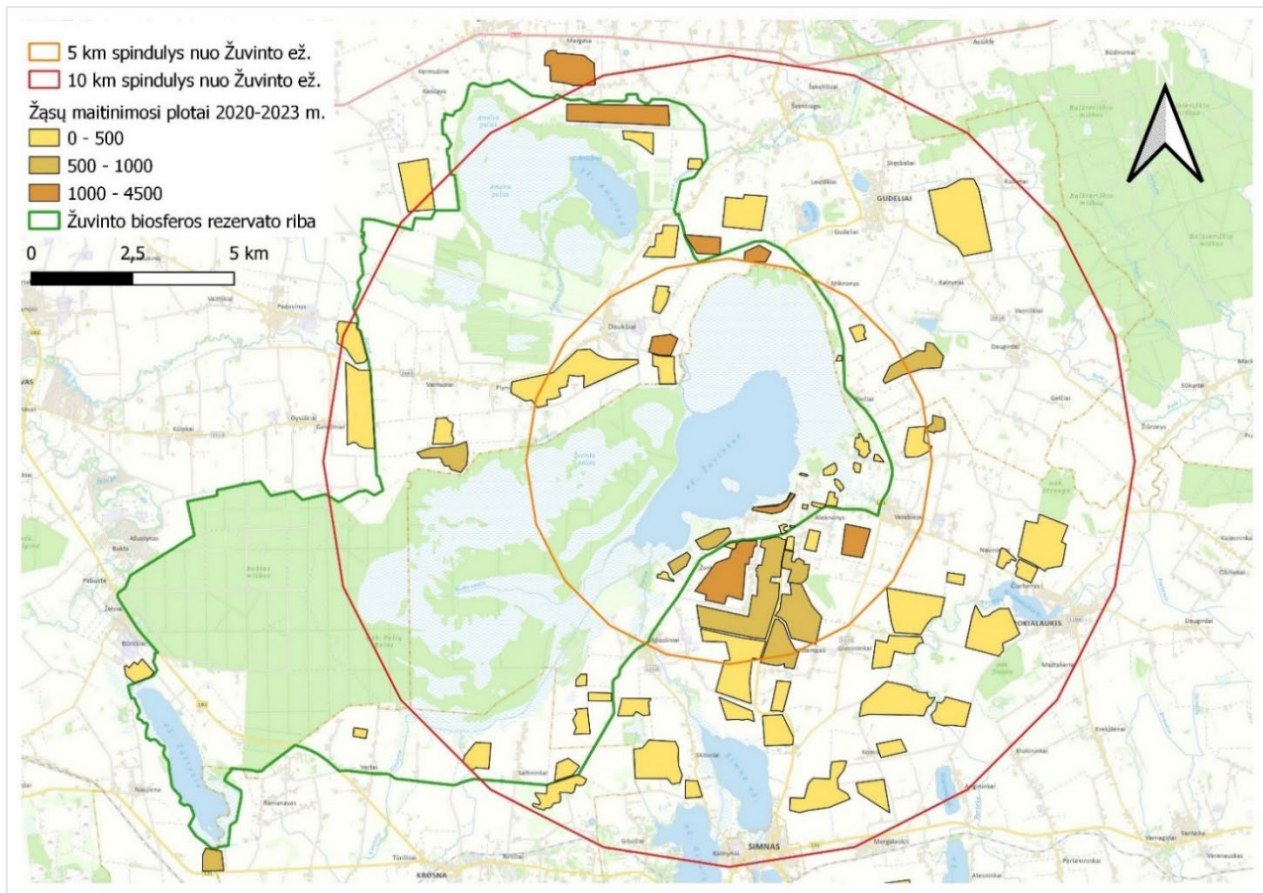
**2 pav.** Pilkųjų žąsų (*Anser anser*) sankeupų dinamika Žuvintos biosferos rezervate 1989–2023 m. (punkttyrinė linija žymi eksponentinį skaičiaus didėjimą)

**Fig. 2.** Dynamics of Greylag geese (*Anser anser*) accumulation in the Žuvintas Biosphere Reserve 1989–2023 years (the dotted line represents the exponential growth of the number)

Tyrimo metu nustatyta, kad tirta teritorija gana svarbi migruojančių žąsų sankeupų formavimuisi ir mitybai. Dirbamos žemės plotai tirtose teritorijose sudaro apie 50 proc., pievos ir šlapynės – 22 proc.; toks žemėnaudos santykis labai tinkamas žąsų sankeupų formavimuisi ir jų maitinimosi vietoms.

Absoliuti dauguma pilkosios žąsims svarbių teritorijų, kuriose siūstuvais pažymėti paukščiai maitinasi, yra nutolusios iki 5 km atstumu nuo nakvynės vietų Žuvinto ežere. Labiausiai nutolusios maitinimosi teritorijos yra 13 km PR kryptimi, 12 km R kryptimi, 17 km ŠV kryptimi, tačiau apsilankymų šiose teritorijose skaičius,

preliminariais vertinimais, nesudaro nė 10 proc. GPS siųstuvais pažymėtų pilkųjų žąsų maitinimosi arba perskridimo vietos Alytaus apskrityje už Žuvinto biosferos rezervato ribų užima apytiksliai 5 200 ha plotą (3 pav.).

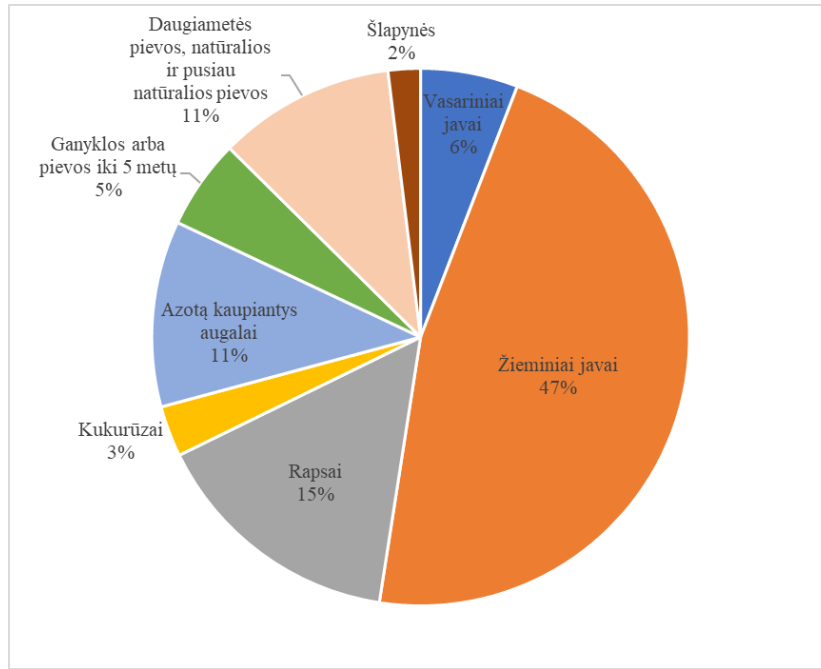


**3 pav.** GPS siųstuvais pažymėtų pilkųjų žąsų maitinimosi vietos 2020–2023 m.

**Fig. 3.** Feeding places of Greylag geese marked with GPS transmitters in 2020–2023

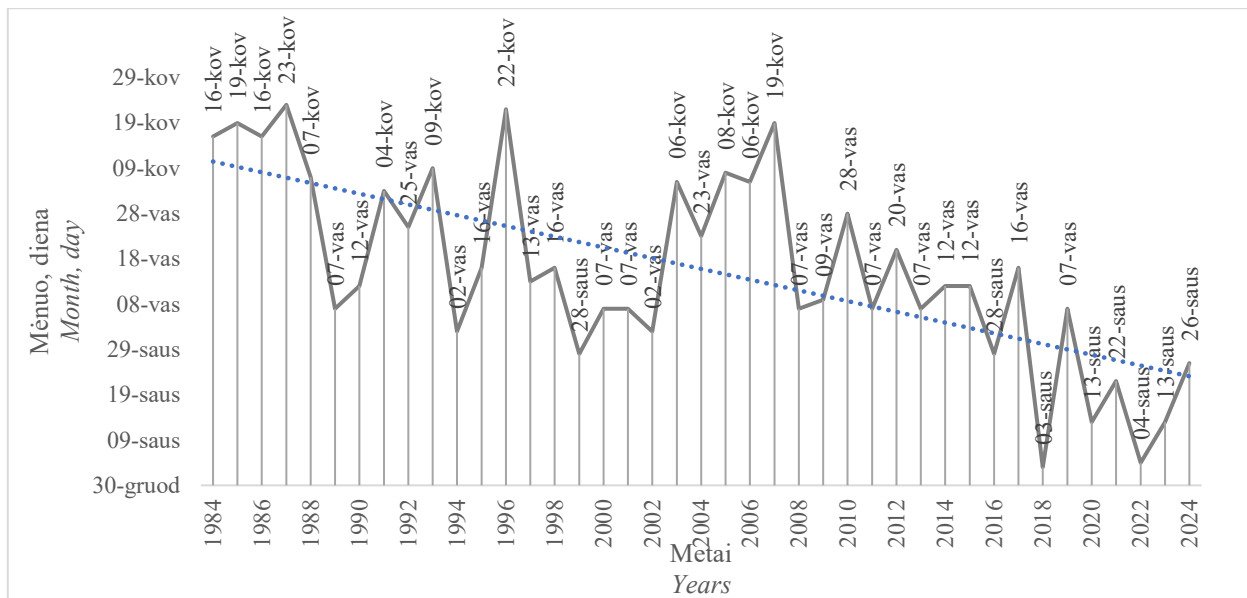
Įvertinus GPS siųstuvais pažymėtų pilkųjų žąsų vietinių perskridimų aukščio pasiskirstymą įvairiais atstumais nuo Žuvinto ežero nustatyta, kad paukščiai nuo ežero nenutoldavo daugiau nei 10 km. Į šį atstumą pateko 99,6 % atrinktų registracijos taškų. Vietiniai perskridimai iki 3 km nuo Žuvinto ežero sudarė 71,6 %, iki 5 km – 87,8 % visų registravimo atvejų. Daugiau nei 5 km atstumu nuo ežero fiksicijų buvo 12,2 %. Nustatyta, kad, tolstant nuo ežero, skrydžio aukštis didėja. Iki 1 km atstumu nuo ežero jis vidutiniškai būna 24,9 m, o 10 km nuo ežero – 88,7 m. Nustatytas vidutinis skrydžio aukštis yra 37,3 m.

Tyrimų teritorijoje, 10 km spinduliu nuo Žuvinto ežero, buvo nustatyta pilkųjų žąsų maitinimosi vietų pasėlių struktūra. Žąsų pavasarį dažniausiai rinkdavosi šviežiai apsėtuose vasarinių ir žieminių javų laukuose; tai sudarė 53 % visų maitinimosi plotų. Gerokai rečiau paukščiai leisdavosi natūraliose pievose ar ganyklose (16 % visų maitinimosi plotų). Esant azotą kaupiančių augalų pasėlių (pupų, žirnių), žąsų mielai išrinkdavo šių pasėlių įterptas sėklas. Azotą kaupiančių augalų pasėlių plotai sudarė 11 % visų maitinimosi plotų (4 pav.). Rudenį žąsų mėgstamiausi plotai buvo nesuarti ražienų laukai, ypač tie, kuriuose augo kukurūzai. Čia jos maitinosi derliaus ėmimo metu ant dirvos išbyrėjusiais grūdais.



**4 pav.** Pilkųjų žąsų (*Anser anser* L.) maitinimosi vietų pasėlių struktūra  
**Fig. 4.** Crop structure of Greylag geese feeding sites

Pilkosios žąsys peri anksčiausiai iš visų vandens paukščių, neretai pradeda sukti lizdus ir net dėti kiaušinius nendrynuose, kol Žuvinto ledas dar nenutirpęs. Fenologiniai pilkųjų žąsų stebėjimai rodo ankstesnę sugrįžimo į perėjimo vietas tendenciją ir vėlesnę rudeninę migraciją (5 pav.). Fenologiniai pokyčiai gali būti siejami su klimato kaita. Apskaičiuotas pilkųjų žąsų sugrįžimo į Žuvintą datos vidurkis 1984–2014 m. buvo vasario 15 d. Paskutinio dešimtmečio stebėjimai rodo, kad ši vidutinė parskridimo data yra sausio 25 d. Lyginant su kitomis žąsų rūšimis, pilkųjų žąsų sankaupos per metus formuojasi anksčiausiai ir išsilaiko ilgiausiai. Įprastai paukščiai būriuojasi ir renkasi į sankaupas jau liepos pabaigoje.



**5 pav.** Pilkųjų žąsų (*Anser anser* L.) parskridimo datos 1984–2024 m.  
**Fig. 5.** Dates of the first observed arrival of Greylag geese 1984–2024 years

### Išvados

1. Pilkųjų žąsų populiacija ir sankaupos vasaros antrojoje pusėje Žuvinto biosferos rezervate kasmet vis didėja. 2023 m. užregistruota rekordinė 12 tūkstančių pilkųjų žąsų vasarinė sankaupa.
2. Fenologiniai pilkųjų žąsų stebėjimai rodo ankstesnio sugrįžimo į perėjimo vietas tendenciją ir vėlesnę rudeninę migraciją; tai gali būti siejama su klimato kaita.

3. GPS siūstuvais pažymėtų pilkųjų žąsų registracijų analizė parodė, kad kuo tolesnis skrydis, tuo žąsų skrenda aukščiau. Nustatytas vidutinis skrydžio aukštis yra 37,3 m. Vietiniai perskridimai iki 3 km nuo Žuvinto ežero sudaro 71,6 %, iki 5 km – 87,8 % visų fiksacijų. Daugiau nei 5 km atstumu nuo ežero fiksacijų buvo 12,2 %.
4. Žąsų mitybai gausiau rinkdavosi vasarinių ir žieminių javų laukuose, ir tai sudarė 53 % visų maitinimosi plotų; rečiausiai leisdavosi į šlapynių plotus – 2 % visų maitinimosi plotų.

### Literatūra

1. Fox, A. D. and Madsen, J. (2017). Threatened species to super-abundance: The unexpected international implications of successful goose conservation. *Ambio*, 46, 179–187.
2. Liljebäck, N., Bergqvist, G., Elmberg, J., Haas, F., Nilsson, L., Lindström, Å. and Månsson, J. (2021). Learning from long time series of harvest and population data: Swedish lessons for European goose management. *Wildlife Biology*, 2021(1), 1–10.
3. Månsson, J. (2017). Lethal scaring – Behavioral and short-term numerical response of greylag goose *Anser anser*. *Crop Protection*, 96, 258–264.
4. Raudonikis, L., Riauba, G., Brazaitis, G., Čerkauskas, A., Dagys, M., Morkūnas, J., ... Vaitkuviene, D. (2016). Europos Bendrijos svarbos paukščių rūšių monitoringo metodikos.
5. Wuczyński, A., Smyk, B., Kołodziejczyk, P., Lenkiewicz, W., Orłowski, G. and Pola, A. (2012). Long-term changes in numbers of geese stopping over and wintering in south-western Poland. *Open Life Sciences*, 7(3), 495–506.

### Regimantas Vabuolas, Gediminas Brazaitis

Vytautas Magnus University, Lithuania

### Graylag Goose (*Anser anser* L.) Population Dynamics and Territorial Use for Feeding in Žuvintas Biosphere Reserve

The Greylag Goose (*Anser anser* L.), a Red Data Book species until a few years ago, is now a fairly common bird species that has adapted well to the rapidly changing agri-environment. South-western Lithuania is one of the first areas where the Greylag Goose has established a sustainable population. It is important to clarify the current distribution and abundance of Greylag Geese in south-western Lithuania, to assess their seasonal feeding behaviour, to determine the nature of localised migrations and their preferred foraging areas in the agricultural landscape. The surveys were carried out in the Žuvintas Biosphere Reserve and surrounding areas. To achieve these objectives, data from migratory goose surveys in Lake Žuvintas were used, supplemented by the results of route surveys, bypassing potential goose feeding sites in the fields, as well as records of observations of birds with telemetric GPS transmitters. Important foraging areas for migratory geese were identified, their contours mapped, and the structure of the crops determined. The results showed that the study area is sufficiently important for the formation and feeding of migratory geese. It was found that migratory geese mostly choose freshly sown and winter wheat fields for feeding. Greylag Goose is one of the dominant bird species in the Žuvintas Biosphere Reserve and further population growth is observed. About 50 pairs of Greylag Geese have been found to breed in the Biosphere Reserve, and in the second half of the summer, greylag goose flocks form the highest concentration of geese in the mainland of the country. In 2023, a record summer flock of 12,000 greylag geese was recorded.

Greylag Goose, population dynamics, crop structure, Lake Žuvintas, GPS.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Regimantas VABUOLAS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Aplinkos ir ekologijos katedros magistrantas. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 674 34185, el. paštas: regimantasemail@gmail.com

Regimantas VABUOLAS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Sciences and Ecology, Department of Environment and Ecology, postgraduate. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 674 34185, e-mail: regimantasemail@gmail.com

Gediminas BRAZAITIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miško mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. Tel. +370 37 752334, el. paštas: gediminas.brazaitis@vdu.lt

Gediminas BRAZAITIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forest Science and Ecology, Department of Forest Sciences, professor. Address: Studentų g. 11, LT-53362 Akademija, Kaunas dist. Phone: +370 37 752334, e-mail: gediminas.brazaitis@vdu.lt

# MIGRUOJANČIŲ ŽĄSŲ ĮTAKA ŽIEMINIAMS KVIEČIAMS IR PIEVOMS

Dalia Kančauskaitė, Kastytis Šimkevičius, Gediminas Brazaitis

Vytauto Didžiojo universitetas

Pastaraisiais dešimtmečiais padaugėjo pranešimų apie migruojančių žąsų padarytą žalą žemės ūkiui. Lietuvoje kiekvieną pavasarį ir rudenį apsistoja migruojančios žąsys. Tyrimo tikslas – ištirti žąsų daromą poveikį žieminiams kviečiams ir daugiametėms pievoms. Viso tyrimo metu buvo įrengiami kontroliniai bareliai, kurių plotas buvo aptvertas eliminuojant žąsų skabymą, ir tyrimo bareliai, kuriuose skaičiuojami žąsų ekskrementai, leidžiantys įvertinti žąsų ganymosi intensyvumą. Žąsų ganymosi intensyvumas buvo vertinamas pavasarinės žąsų migracijos metu, apskaitų metu buvo skaičiuojami žąsų ekskrementai kas 10–15 dienų. Žieminių kviečių derlius ir šienas buvo nuimami, išdžiovinami ir pasveriami. Rezultatai parodė, kad didelis žąsų ganymosi intensyvumas 7,45 ekskrementų/kv. m. sumažino derlių 10,8 %. Daugiametėse pievose žąsų ganymosi intensyvumas vidutiniškai siekė 4,55 ekskrementų/kv. m., o tai rodo, kad didelis ganymo slėgis sumažina pievų derlių 9,3 %.

Žąsų migracija, žieminiai kviečiai, pievos.

## Įvadas

Vienas iš pagrindinių iššūkių visame pasaulyje šiuo metu yra suderinti maisto gamybą su biologinės įvairovės išsaugojimu (Brussaard et al., 2010). Daugelyje dirbamų žemių paukščių rūšių populiacijos sumažėjo dėl suintensyvėjusios žemdirbystės (Donald et al., 2001; Wretenberg et al., 2006). Tačiau pastebėta, kad žemės ūkio plėtra ir intensyvėjimas nebūtinai yra neigiamas visoms paukščių rūšims, pavyzdžiui, kai kurioms žąsų rūšims buvo naudinga pasikeitusi žemės ūkio praktika (Fox, Abraham, 2017; Hemminger et al., 2022). Šios tendencijos iškėlė dar didesnius konfliktus dėl paukščių sukeltos žalos ūkininkams (Fox et al., 2017). Lietuvoje pavasarinės paukščių migracijos metu žemės ūkio laukai tampa žąsų maitinimosi vieta. Migruojančios žąsys pirmenybę teikė žemės ūkio plotams, esantiems šalia poilsio vietų (Vickery, Gill, 1999).

Patterson ir kt. (1989) žąsų ganymosi intensyvumą vertino skaičiuodami išmatų krūveles. Vertinant žąsų ganymosi intensyvumą pagal išmatas nustatyta, kad viena žąsis tuština vidutiniškai 125 kartus per dieną kas 3–5 minutes (Owen, 1971). Žemės ūkio laukuose užauginto derliaus analizė leidžia įvertinti pasėliams padarytos žalos dydį. Daugiamečių pievų derliui padarytą žalą galima įvertinti sveriant sausą šieną (Bergjord Olsen et al., 2017). Vertinant grūdų svorį, vidutinį grūdų skaičių varpoje ir bendrą kviečių varpų skaičių, galima įvertinti žąsų padarytą žalą žieminių kviečių derliui (Petkov et al., 2017).

Tyrimo tikslas – ištirti migruojančių žąsų daromą poveikį žieminiams kviečiams ir pievoms.

## Tyrimų metodika

Tyrimų plotai buvo parinkti Šilutės, Alytaus, Pagėgių ir Raseinių rajonuose. Plotai pasirinkti pagal ankstesnių stebėjimų metu užfiksuotą intensyvų žąsų ganymąsi migracijos metu žieminių kviečių ir pievų plotuose. Iš viso buvo stebima 15 tyrimų plotų, iš kurių 9 buvo žieminių kviečių plotai ir 6 – daugiametės pievos. Lauko darbai prasidėjo pavasario (kovo–balandžio) migracijos metu 2022 ir 2023 m. Kiekviename tiriamame plote buvo ne mažiau kaip 50 barelių, iš kurių ne mažiau kaip pusė buvo kontroliniai, o kitą dalį sudarė tyrimo bareliai. Kontroliniai bareliai buvo įrengiami izoliuojant žąsų ganymosi įtaką, aptveriant 1 m<sup>2</sup> plotą tinklu. Tyrimo bareliai buvo apvalios formos, kurių spindulys  $r = 1,8$  m (10 m<sup>2</sup>). Tyrimo bareliai buvo naudojami žąsų ganymosi intensyvumui įvertinti; pavasarinės migracijos metu žąsų išmatos buvo skaičiuojamos kas 10–15 dienų.

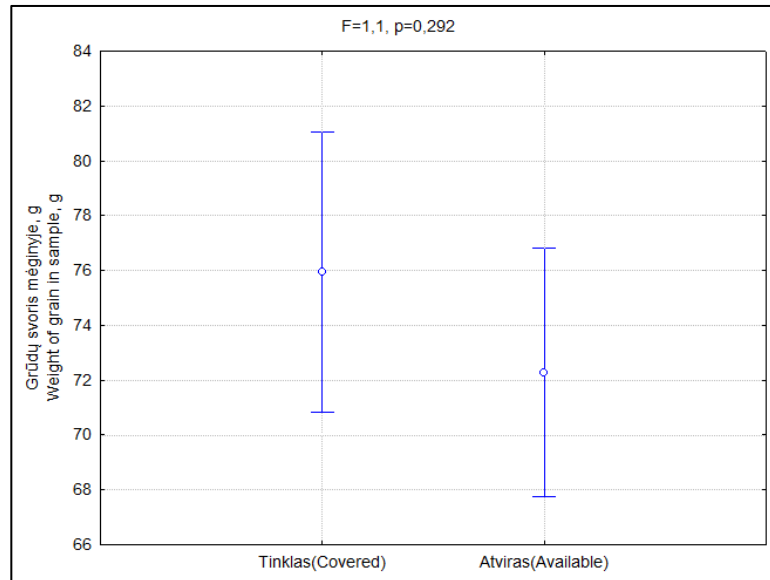
Daugiametėse pievose žolė buvo pjaunama bareliuose iš 0,25 m<sup>2</sup> ploto 1 cm aukštyje. Paimti mėginiai buvo džiovinami mažiausiai 72 valandas 60 °C temperatūroje. Išdžiovintos žolės mėginiai buvo pasverti.

Žieminiai kviečiai buvo imami kiekviename barelyje išpjaunant 1 m ilgio (2×50 cm) eiles. Nuskinti kviečių mėginiai buvo džiovinami mažiausiai 72 valandas 60 °C temperatūroje. Kviečių varpos buvo atskirtos nuo žolių, kviečių stiebų ir lapų. Kiekviename mėginyje buvo suskaičiuojamas varpų skaičius bei įvertinamas išsivysčiusių ir neišsivysčiusių varpų skaičius. Grūdai iš kviečių varpų buvo išgaunami rankiniu būdu, pelai pašalinti, išvalyti grūdai buvo pasveriami.

Naudojome ANOVA, kad palygintume kontrolinių ir tyrimo barelių duomenis.

## Rezultatai ir aptarimas

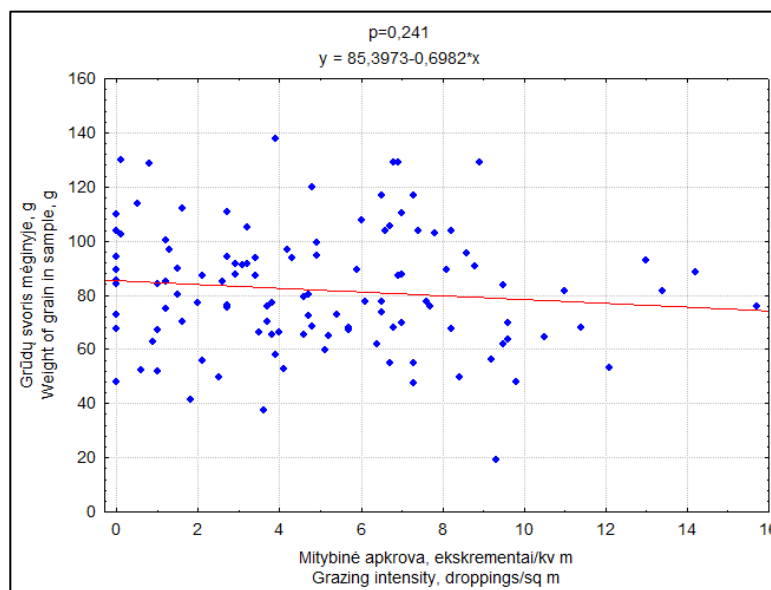
Pavasarinės migracijos metu žąsų ganymosi intensyvumas žieminių kviečių laukuose svyruoja vidutiniškai nuo 0,2 iki 7,45 ekskrementų/m<sup>2</sup>, pasiekdamas maksimalų 15,7 ekskrementų/m<sup>2</sup> skaičių. Vidutinis žąsų ganymosi intensyvumas siekia 4,96 ekskrementų/m<sup>2</sup>. Vertinant migruojančių žąsų mitybos įtaką grūdų derliui, lyginant kontrolinius ir žąsų maitinimosi paveiktus tyrimo barelius, statistiškai ženklus poveikio nebuvo nustatyta (1 pav.;  $F = 1,1$ ;  $p < 0,292$ ).



**1 pav.** Migruojančių žąsų įtaka grūdų svoriui tarp kontrolinių tinklu uždengtų ir žąsims prieinamų barelių

**Fig. 1.** Effect of migrating geese damage on weight of grain in sample between covered and available for grazing plots

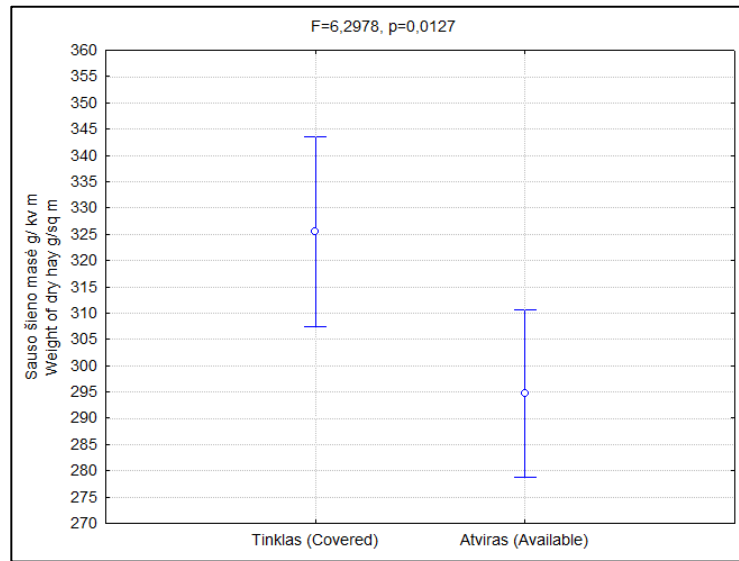
Bendras grūdų svoris mėginyje sumažėjo nereikšmingai, didėjant ganymo intensyvumui ( $p = 0,241$ ; 2 pav.). Vidutiniškai, kontroliniuose bareliuose esant mitybos apkrovoms, lygioms vienam ekskrementui/1 m<sup>2</sup>, gaunamas derlius sumažėjo 1,44 % 1 m<sup>2</sup>. Vidutinio intensyvumo žieminių kviečių ganymas nustatytas iki 2,6 ekskremento/m<sup>2</sup>. Vidutiniškai ganomas žieminių kviečių derlius sumažėjo 3,8 %. Didelio intensyvumo ganymas 7,45 ekskrementų/m<sup>2</sup> sumažino žieminių kviečių derlių 10,8 %.



**2 pav.** Migruojančių žąsų įtaka grūdų svoriui mėginyje, didėjant ganymo intensyvumui

**Fig. 2.** Effects of migrating geese damage on the total grain weight per sample with increasing grazing intensity

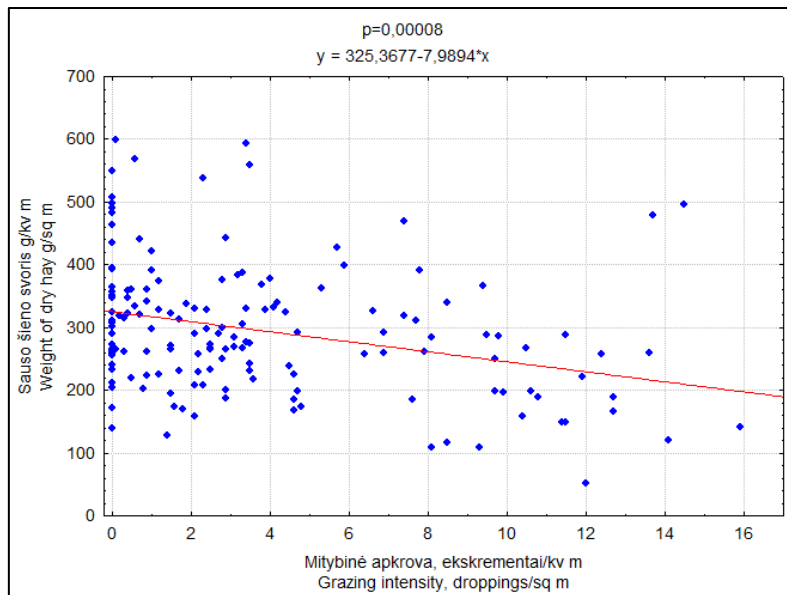
Visose tyrimo vietose lyginant tarp tyrimo ir kontrolinių barelių gautą vidutinį išdžiovinto šieno svorį, jis statistiškai ženkliai skyrėsi ( $F = 6,3$ ;  $p < 0,013$ ), ir pievų sausa biomasė atitinkamai buvo mažesnė 9,3 % (3 pav.).



**3 pav.** Migruojančių žąsų įtaka sauso šieno svoriui tarp kontrolinių tinklu uždengtų ir žąsims prieinamų barelių  
**Fig. 3.** Effect of migrating geese damage on weight of dry hay between covered and available for grazing plots

Didėjant besimaitinančių žąsų mitybos apkrovoms, sauso šieno derlius mažėja. Nustatytas statistiškai patikimas rezultatas, kai bareliuose aptiktų ekskrementų skaičius sauso šieno svoriui turi neigiamą įtaką ( $p = 0,00008$ ) (3 pav.). Vidutiniškai, tyrimo barelyje esant mitybos apkrovoms, lygioms vienam ekskrementui/1 m<sup>2</sup>, gaunamas derlius iš pievos sumažėja apie 2,2 %. Vidutinis ganymo intensyvumas siekė 4,55 ekskrementų/m<sup>2</sup>. Didžiausias ganymo intensyvumo įvertinimas siekė vidutiniškai 15,9 ekskrementų/m<sup>2</sup>.

Vertinant mitybos apkrovų pasiskirstymą intensyvaus skabymo plotuose nustatyta, kad ekskrementų buvo neaptikta 20 % ploto, o apie 40 % ploto buvo iki 2 ekskrementų/m<sup>2</sup> imtinai. Vidutiniškai penki ir daugiau ekskrementai, tenkantys 1 m<sup>2</sup>, buvo retai aptinkami. Tirtuoju atveju intensyvios mitybos teritorijose šieno sumažėjimas buvo lygus 364 kg/ha.



**4 pav.** Migruojančių žąsų įtaka sauso šieno svoriui didėjant žąsų ganymosi intensyvumui  
**Fig. 4.** Effects of migrating geese damage on the dry hay weight with increasing grazing intensity



Intensyviausios mitybos teritorijoje buvo aptikta vidutiniškai 10,49 ekskrementų/m<sup>2</sup>. Daugiametės pievos derlius, esant tokio intensyvumo žąsų mitybos apkrovoms, sumažėjo 27,42 %, perskaičiuojant bendram plotui 850 kg/ha.

### Išvados

1. Žieminių kviečių laukuose vidutinis ganymo intensyvumas siekė 4,96 ekskrementų/m<sup>2</sup>.
2. Žieminių kviečių laukuose, kuriuose įvertintas intensyvus žąsų ganymasis – 7,45 ekskrementų/m<sup>2</sup>, sumažino derlių 10,8 %. Vidutinis ganymo intensyvumas (2,6 ekskrementų/m<sup>2</sup>) sumažino derlių 3,8 %.
3. Daugiametėse pievose vidutinis ganymo intensyvumas siekė 4,55 ekskrementų/m<sup>2</sup>.
4. Daugiametėse pievose, kuriose įvertintas intensyvus žąsų ganymasis (10,49 ekskrementų/m<sup>2</sup>), šieno svorio sumažėjimas buvo lygus 364 kg/ha.

### Literatūra

1. Bergjord Olsen, A. K., Bjerke, J. W. and Tombre, I. M. (2017). Yield reductions in agricultural grasslands in Norway after springtime grazing by Pink-footed geese. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1836–1846. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12914>
2. Brussaard, L., Caron, P., Campbell, B., Lipper, L., Mainka, S., Rabbinge, R., Babin, D. and Pulleman, M. (2010). Reconciling biodiversity conservation and food security: Scientific challenges for a new agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(1–2), 34–42.
3. Donald, P. F., Green, R. E. and Heath, M. F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. Roy. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 268(1462), 25–29. doi:10.1098/rspb.2000.1325
4. Fox, A. D. and Abraham, K. F. (2017). Why geese benefit from the transition from natural vegetation to agriculture. *Ambio*, 46, 188–197.
5. Fox, A. D., Elmberg, J., Tombre, I. M. and Hessel, R. (2017). Agriculture and herbivorous waterfowl: A review of the scientific basis for improved management. *Biological Reviews*, 92(2), 854–877. doi:10.1111/brv.12258
6. Hemminger, K., König, H. J., Uthes, S., Ostermann-Miyashita, E. F., Eufemia, L., Hermanns, T., Bethwell, C., Stachow, U. and Helming, K. (2022). UNESCO biosphere reserves show demand for multifunctional agriculture. *Journal of Environmental Management*, 320, 115790. doi:10.1016/j.jenvman.2022.115790
7. Owen, M. (1971). The selection of feeding site by white-fronted geese in winter. *Journal of Applied Ecology*, 8, 905–917.
8. Patterson, I. J., Jalil, S. A. and East, M. L. (1989). Damage to winter cereals by greylag and pink-footed geese in North-East Scotland. *The Journal of Applied Ecology*, 26(3), 879. doi:10.2307/2403699
9. Petkov, N., Harrison, A. L., Stamenov, A. and Hilton, G. M. (2017). The impact of wintering geese on crop yields in Bulgarian Dobrudzha: Implications for agri-environment schemes. *European Journal of Wildlife Research*, 63(4). <https://doi.org/10.1007/s10344-017-1119-0>
10. Vickery, J. and Gill, J. (1999). Managing grassland for wild geese in Britain: A review. *Biological Conservation*, 89(1), 93–106. doi:10.1016/s0006-3207(98)00134-7
11. Wretenberg, J., Lindström, Å., Svensson, S., Thierfelder, T. and Pärt T. (2006). Population trends of farmland birds in Sweden and England: Similar trends but different patterns of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1110–1120. doi:10.1111/j.1365-2664.2006.01216.x

### Dalia Kančauskaitė, Kastytis Šimkevičius, Gediminas Brazaitis

Vytautas Magnus University, Lithuania

#### The Influence of Geese on Winter Wheat and Grasslands

In recent decades, reports, of agricultural damage, caused by migrating geese have increased. Migrating geese stay in Lithuania every spring and autumn. The main aim of this study was to investigate the effect of geese on winter wheat and permanent grassland. During the entire study covered plots were installed as a control where they have been isolated from the effects of geese grazing, and the research plots were dedicated to geese grazing. The intensity of geese grazing was assessed during the spring migration geese droppings was counted every 10–15 days. The winter wheat crop and hay were harvested, dried, and weighed. The results showed that a high grazing pressure of 7.45 droppings/sq. m. of winter wheat reduced yield by 10.8%. In perennial meadows, the grazing intensity of geese averaged 4.55 droppings/sq. m., indicating that high grazing pressure reduces grassland yield by 9.3%.

Migratory geese, grasslands, winter wheat.

*Gauta 2024 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2024 m. balandžio mėn.*

---

Dalia KANČAUSKAITĖ. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miško mokslų katedros studentė. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: [dalia.kancauskaite@vdu.lt](mailto:dalia.kancauskaite@vdu.lt)  
Dalia KANČAUSKAITĖ. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Forest Sciences, student. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: [dalia.kancauskaite@vdu.lt](mailto:dalia.kancauskaite@vdu.lt)

Kastytis ŠIMKEVIČIUS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miško mokslų katedros lektorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: [kastytis.simkevicius@vdu.lt](mailto:kastytis.simkevicius@vdu.lt)

Kastytis ŠIMKEVIČIUS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Forest Sciences, lecturer. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: [kastytis.simkevicius@vdu.lt](mailto:kastytis.simkevicius@vdu.lt)

Gediminas BRAZAITIS. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miško mokslų katedros profesorius. Adresas: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kauno r. El. paštas: [gediminas.brazaitis@vdu.lt](mailto:gediminas.brazaitis@vdu.lt)

Gediminas BRAZAITIS. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Faculty of Forestry and Ecology, Department of Forest Sciences, professor. Address: Studentų g. 11, LT-53361 Akademija, Kaunas dist. E-mail: [gediminas.brazaitis@vdu.lt](mailto:gediminas.brazaitis@vdu.lt)



ŽMOGAUS IR GAMTOS SAUGA 2024  
*HUMAN AND NATURE SAFETY 2024*

Leidinį maketavo Rasa Švobaitė

2024 05 02. Tiražas 20 egz. Užsakymo Nr. K24-017.

Išleido  
Vytauto Didžiojo universitetas  
K. Donelaičio g. 58, LT-44248, Kaunas  
[www.vdu.lt](http://www.vdu.lt) | [leidyba@vdu.lt](mailto:leidyba@vdu.lt)