

Stowarzyszenie Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

XXXI

KONFERENCJA NAUKOWA INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska (Polska), 15 – 17 czerwca 2026



Infrastructure and Ecology of Rural Areas Association

**CONFERENCE MATERIALS
OF
XXXI
SCIENTIFIC CONFERENCE
INFRASTRUCTURE AND ENVIRONMENT
IN CIRCULAR ECONOMY**

Bukowina Tatrzańska (Poland), June 15 – 17, 2026



Redaktor ds. publikacji: *Jakub Sikora*
Redaktor merytoryczny: *Anna Krakowiak-Bal, Roman Rolbiecki*
Redaktor prowadzący: *Mateusz Malinowski*
Korekta: *Arkadiusz Bieszczad*

Projekt okładki i stron tytułowych: *Maciej Gliniak*



ISBN 978-83-966062-4-2

Wydanie I

Kraków 2026

Wydawca: Stowarzyszenie Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich
Ul. Św. Jana 28
31-018 Kraków
tel. 12 662 46 59
www.infraeco.pl
e-mail: infraeco.konferencja@gmail.com

Skład i łamanie: *Arkadiusz Bieszczad*

Książka abstraktów jest dostępna jedynie na stronie internetowej
www.infraeco.pl w zakładce Konferencja

Przedmowa

Szanowni Państwo,

Drodzy Uczestnicy XXXI Konferencji Naukowej „Infrastruktura i Środowisko w Gospodarce o Obiegu Zamkniętym”. Oddajemy w Państwa ręce książkę abstraktów XXXI Konferencji Naukowej „Infrastruktura i Środowisko w Gospodarce o Obiegu Zamkniętym”, zawierającą zbiór prac prezentujących aktualne kierunki badań oraz doświadczenia praktyczne związane ze zrównoważonym rozwojem, ochroną środowiska i wdrażaniem założeń gospodarki o obiegu zamkniętym.

Tematyka konferencji odzwierciedla współczesne wyzwania stojące przed nauką, gospodarką i społeczeństwem. Zaprezentowane prace obejmują zagadnienia związane z transformacją energetyczną, odnawialnymi źródłami energii, gospodarką odpadami, odzyskiem surowców, nowoczesnymi technologiami środowiskowymi, biomateriałami oraz zrównoważonym gospodarowaniem zasobami wodnymi. Ważne miejsce zajmują również badania nad zmianami klimatu oraz z zakresu monitoringu środowiska, ochrony ekosystemów oraz rozwiązań opartych na przyrodzie wspierających adaptację do zachodzących przemian środowiskowych.

W prezentowanych opracowaniach podkreślono znaczenie innowacyjnych technologii umożliwiających efektywniejsze wykorzystanie zasobów, ograniczenie ilości odpadów oraz zmniejszenie presji na środowisko naturalne. Szczególną uwagę poświęcono praktycznym aspektom wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze przemysłowym, rolnictwie, energetyce oraz gospodarce komunalnej. Istotnym elementem konferencji jest również udział młodych naukowców, którzy prezentują wyniki badań dotyczących nowoczesnych technologii środowiskowych, materiałów przyszłości, odzysku surowców oraz rozwiązań wspierających zrównoważony rozwój. Potwierdza to rosnącą rolę interdyscyplinarnej współpracy oraz konieczność poszukiwania nowych metod odpowiadających na wyzwania XXI wieku. Mamy nadzieję, że zgromadzone w niniejszej publikacji abstrakty będą źródłem wiedzy, inspiracji oraz impulsem do dalszych badań i współpracy naukowej. Różnorodność prezentowanych tematów potwierdza, że skuteczne wdrażanie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym wymaga zaangażowania przedstawicieli wielu dyscyplin naukowych oraz praktyki gospodarczej.

Składamy serdeczne podziękowania Autorom, Recenzentom, Członkom Komitetu Naukowego i Organizacyjnego oraz wszystkim Uczestnikom Konferencji za wkład w przygotowanie tego wydarzenia. Życzymy Państwu inspirującej lektury oraz wielu owocnych dyskusji prowadzących do rozwoju wiedzy i innowacyjnych rozwiązań na rzecz środowiska i zrównoważonej przyszłości.

dr hab. Anna Krakowiak-Bal, prof. URK
dr hab. inż. Jakub Sikora, prof. URK
dr hab. inż. Mateusz Malinowski, prof. URK



ORGANIZATORZY



UNIWERSYTET ROLNICZY
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie



**SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO**



**UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY**
w Lublinie



**UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY
W POZNANIU**



**UNIWERSYTET
ŁÓDZKI**



ITP-PIB



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich



POLSKA AKADEMIA NAUK





KOMITET NAUKOWY

Przewodniczący:

Prof. Roman Rolbiecki - University of Science and Technology in Bydgoszcz, Poland

Z-cy przewodniczącego:

Prof. Piotr Bugajski - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Yusuf Ucar - University of Applied Sciences, Isparta, Turkiye

Honorowy przewodniczący:

Prof. Jerzy Gruszczyński - Polish Academy of Sciences, Poland

Członkowie:

Prof. Hakan Aktas - University of Applied Sciences, Isparta, Turkiye

Assoc. Prof. Ozan Artun - Cukurova University in Adana, Turkiye

Prof. Atilgan Atilgan - Alanya Alaaddin Keykubat University, Turkiye

Dr hab. inż. Anna Baryła, prof. SGGW - Warsaw University of Life Sciences, Poland

Dr hab. inż. Justyna Bauza-Kaszewska, prof. PBS - UST in Bydgoszcz, Poland

Dr hab. inż. Tomasz Bergel, prof. URK - Polish Academy of Sciences, Poland

Dr hab. inż. Barbara Breza-Boruta, prof. PBS - UST in Bydgoszcz, Poland

Dr hab. inż. Adam Brysiewicz - Institute of Technology and Life Science in Falenty, Poland

Prof. Patrik Burg - Mendel University in Brno, Czechia

Prof. Juhasz Csaba - University of Debrecen, University of Szeged, Hungary

Prof. Andrzej Czerniak - University of Life Science in Poznań, Poland

Dr hab. inż. Monika Czop - Politechnika Śląska, Poland

Prof. Kamil Ekinci - University of Applied Sciences, Isparta, Turkiye

Dr hab. Marcin Feltynowski, prof. UŁ - University of Lodz, Poland

Prof. Pavol Findura - Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

Dr hab. inż. Marek Gancarz, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Agnieszka Generowicz - Cracow University of Technology, Poland

Assoc. Prof. Vilda Grybauskienė - Aleksandras Stulginskis University, Lithuania

Prof. Piotr Herbut - University of Agriculture in Krakow, Poland

Dr hab. inż. Tomasz Jakubowski, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Wojciech Janczukowicz - University of Warmia i Mazury in Olsztyn, Poland

Prof. Krzysztof Jóźwiakowski - University of Life Sciences in Lublin, Poland

Dr hab. inż. Grzegorz Kaczor, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Dr hab. inż. Agnieszka Karczmarczyk, prof. SGGW - Warsaw University of Life Sciences, Poland

Dr hab. inż. Adam Kiczko, prof. SGGW - Warsaw University of Life Sciences, Poland

Dr hab. inż. Renata Kędzior, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Dr hab. inż. Jarosław Knaga - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Jozef Krilek - Technical University in Zvolen, Slovakia

Prof. Maciej Kuboń - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Sławomir Kurpaska - University of Agriculture in Krakow, Poland

Dr hab. inż. Renata Kuśmierk-Tomaszewska, prof. BPŚ - UST in Bydgoszcz, Poland

Dr hab. inż. Daniel Liberacki, prof. UPP - University of Life Science in Poznań, Poland

Prof. Grzegorz Majewski, prof. SGGW - Warsaw University of Life Sciences, Poland

Dr hab. inż. Dariusz Młyński, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Dr hab. inż. Grzegorz Nawalany, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Pavel Neuberger - Czech University of Life Sciences in Prague, Czechia

Dr hab. inż. Agnieszka Operacz, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. dr h.c. Jan Pawełek - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Stanisław Rolbiecki - University of Science and Technology in Bydgoszcz, Poland

Dr hab. inż. Jacek Salamon, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Ulas Senyigit - University of Applied Sciences, Isparta, Turkiye

Dr hab. inż. Jakub Sikora, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Mariusz Sojka - University of Life Science in Poznań, Poland

Dr hab. inż. Piotr Stachowski, prof. UPP - University of Life Science in Poznań, Poland

Prof. Ewa Stachura - Cracow University of Technology, Poland

Dr hab. inż. Andrzej Wałęga, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Dr hab. inż. Tomasz Wojewódzic, prof. URK - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Katarzyna Wolny-Koładka - University of Agriculture in Krakow, Poland

Dr hab. inż. Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek - University of Agriculture in Krakow, Poland

Prof. Jacek Żarski - University of Science and Technology in Bydgoszcz, Poland



TEMATYKA KONFERENCJI

INFRASTRUKTURA TECHNICZNA

- Infrastruktura wodno-ściekowa
- Infrastruktura energetyczna i odnawialne źródła energii
- Magazynowanie, odzysk i efektywne wykorzystanie energii
- Zrównoważone budownictwo, infrastruktura transportowa i logistyczna
- Infrastruktura przyjazna środowisku i rozwiązania Nature-Based Solutions

ŚRODOWISKO I ZASOBY NATURALNE

- Ochrona środowiska i adaptacja do zmian klimatu
- Zarządzanie zasobami wodnymi i naturalnymi
- Monitoring środowiska i nowoczesne metody analityczne
- Renaturyzacja ekosystemów oraz ochrona bioróżnorodności

ROZWÓJ OBSZARÓW WIEJSKICH

- Zrównoważony rozwój i ochrona środowiska
- Planowanie przestrzenne
- Bezpieczeństwo żywnościowe i odporność systemów produkcji żywności
- Zarządzanie
- Edukacja i społeczne aspekty wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym

GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

- Gospodarka odpadami i odzysk surowców
- Recykling, upcykling i ponowne wykorzystanie zasobów
- Zagospodarowanie produktów ubocznych i odpadów przemysłowych
- Ekoprojektowanie



KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący:

Dr hab. Anna Krakowiak-Bal, prof. URK

Z-cy przewodniczącej:

dr hab. inż. Mateusz Malinowski, prof. URK

dr hab. inż. Jakub Sikora, prof. URK

mgr inż. Zuzanna Basak

dr inż. Arkadiusz Bieszczad

mgr inż. Stanisław Bodziacki

dr inż. Stanisław Famielec

dr inż. Maciej Gliniak, prof. URK

dr inż. Paweł Guzdek

mgr inż. Małgorzata Jarosz

mgr inż. Rafał Jończy

mgr inż. Karolina Józwiakowska

dr inż. Adrian Kasztelan

dr inż. Anna Kochanek

dr inż. Joanna Kocięcka

mgr inż. Bartłomiej Kois

dr Aleksandra Lis

dr inż. arch. kraj. Ariel Łangowski

mgr inż. Michał Majewski

dr inż. Arkadiusz Malik

mgr inż. Beata Matuszek

dr inż. Małgorzata Michalik

dr Krzysztof Misztal

dr inż. Krzysztof Nęcka

dr inż. Agnieszka Petryk

mgr inż. Łukasz Skrzypek

dr inż. Urszula Solecka

dr inż. Paweł Sokołowski

dr inż. Tomasz Szul, prof. URK

dr inż. Kacper Świechowski

dr inż. Mariusz Wala

dr inż. Krzysztof Wąs

dr inż. Barbara Włodarczyk

dr inż. Paweł P. Włodarczyk

dr inż. Michał Wróbel

dr inż. Urszula Ziemiańczyk

ABSTRAKTY REFERATÓW I POSTERÓW



SIMULATION AND EXPERIMENTAL VALIDATION OF OPTIMAL TILT ANGLES ON THE THERMAL PERFORMANCE OF A SERPENTINE ACTIVE FLAT-PLATE SOLAR WATER HEATER IN A TROPICAL SAVANNA CLIMATE

**Benjamin Ternenge Abur¹, Adamu Sagir Gidado², Ibrahim Muhammad Hadi Ibrahim³,
Engr. Dr. Lawal Salisu⁴ (L. Salisu)**

¹Abubakar Tafawa Balewa University Bauchi-Nigeria, Faculty of Engineering and Engineering Technology,
Department of Mechanical/Production Engineering, tbabur@atbu.edu.ng,

²Federal Polytechnic, Bauchi-Nigeria, School of Engineering,
Department of Mechanical Engineering, sargidado@gmail.com

³Abubakar Tafawa Balewa University, Bauchi-Nigeria, Faculty of Engineering and Engineering Technology,
Department of Automotive Engineering, hmibrahim@atbu.edu.ng

⁴Federal University of Transport, Daura-Nigeria, Faculty of Engineering,
Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, engrdanbaba3@gmail.com

Conventional fixed-tilt flat-plate solar water heaters often suffer from reduced efficiency due to seasonal variations in solar radiation, leading to greater dependence on unreliable and costly grid electricity for hot water supply in Nigerian pre-primary educational institutions. This study simulated, fabricated, experimentally tested, and validated an active serpentine flat-plate solar water heater (collector area 2.04 m², storage tank capacity 65 litres) designed to provide hot water at 50 °C for pre-primary schools in Bauchi, Nigeria. System sizing and optimal collector tilt angles (monthly, quarterly, and annual) were determined using MATLAB. Thermal performance was simulated in TRNSYS 16 with Typical Meteorological Year (TMY) data for Bauchi. The prototype was tested under monthly optimal tilt during February–April 2025, with hourly temperature measurements using calibrated thermocouples. Model accuracy was assessed via root mean square error (RMSE) and Nash–Sutcliffe efficiency (NSE). Simulation results showed that monthly optimal tilt outperformed quarterly and fixed-latitude configurations, achieving the target 50 °C by 09:00 h in most months and a peak of 82 °C in April. Experimental validation indicated strong agreement (highest RMSE = 2.71 °C in March; NSE = 0.92 in April), with experimental peaks reaching 85 °C at 15:00 h in April. Economic analysis revealed that the ₦439,616 initial investment could be recovered within the 15-year lifespan at minimum of 210 clear sunny days per year using Jos Electricity Distribution (JED) Band B tariffs. The findings confirm that adjustable monthly optimal tilt enhances reliability, economic viability and sustainability. Future studies should include long-term durability tests, evacuated-tube comparisons, and larger-scale institutional applications.

Keywords: Solar water heater, optimal tilt angle, experimental validation, economic viability



NUMERICAL MODELLING AND FIELD MEASUREMENT ASSESSMENT OF SUBSOIL COMPACTNESS FROM GPR AND DIGITAL PENETRATING METER DATASETS

Akinniyi Akinsunmade¹, Paweł Pysz¹, Paweł Kilbasa¹ Mirosław Zagorda¹

¹University of Agriculture in Kraków, Faculty of Production Engineering and Energy, e-mail: akinniyi.akinsunmade@urk.edu.pl,
pawel.pysz@urk.edu.pl, pawel.kilbasa@urk.edu.pl, mirosław.zagorda@urk.edu.pl

The bane of mechanization in agricultural practices is its direct impact on soil structure, particularly through tractor-induced compaction, which inevitably affects its optimal utilization by the plants that grow on it. This situation is worrisome to both the direct farmers and the stakeholders in the agricultural sector. Hitherto, the methods for assessing such a situation have largely relied on discrete point measurements at the field scale and core sample analysis at the laboratory scale, with attendant pitfalls such as natural setting distortion and time-consuming operations. The present study aimed to investigate the characteristic signature of soil compactness through ground penetrating radar (GPR), a geophysical method of survey that allows non-invasive investigation using a proximal sensor. The method also promotes the possibility of swift spatial evaluation, which ameliorates the drawback of point-scale methods. The initial stage of this study involves numerically simulating the soil compactness scenario and the electromagnetic response to the target material's physical properties, thereby enhancing understanding of the methods when deployed in real field measurements. Sequel to the modelling, field measurements using GPR equipment with antenna frequency of 800 MHz were made at a farmland in Balicka, Krakow, Poland, where mechanical compaction was induced in the soil through tractor movements at different passes (1 to 10). The study was also supplemented with the integration of digital penetrometer measurements, which allow evaluation of the penetration resistance, which is related to the soil bulk density measurement at some selected points within the profiles of the GPR scanning. The results analysis of both the synthetic data from the numerical modeling and the field data shows that soil compactness can be mapped through the GPR scanning, fostering the spatial delineation of the compacted zones. The digital penetrometer data plots also corroborated the GPR results at the designated points, where some correlations in both methods were noted. The gradational effects of the soil compactness based on the number of passes of the tractor were seen on the GPR section, showcasing the distinguishable attributes of soil compactness in the field situation. Statistical analysis of the GPR field data also supported the specific identification of the zone of compaction. Thus, the results enhance the possibility of the characterization of the soil based on the compactness variation that may guide the optimum utilization.



**XXXI KONFERENCJA NAUKOWA
INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM**

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

ŚRODOWISKOWE ASPEKTY ZIELONYCH DACHÓW

Anna Baryła, Agnieszka Karczmarczyk, Agnieszka Bus

*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,
Katedra Kształtowania Środowiska i Teledetekcji, e-mail anna_baryla@sggw.edu.pl*

Zielone dachy stanowią istotny element błękitno-zielonej infrastruktury, wspierającej zrównoważony rozwój obszarów zurbanizowanych oraz adaptację miast do zmian klimatu. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania tego typu rozwiązaniami ze względu na ich wielokierunkowy wpływ na środowisko przyrodnicze oraz gospodarkę wodną terenów miejskich. Celem pracy jest przedstawienie środowiskowych aspektów funkcjonowania zielonych dachów ze szczególnym uwzględnieniem ich znaczenia hydrologicznego, klimatycznego i ekologicznego. Zastosowanie zielonych dachów przyczynia się do zwiększenia retencji wód opadowych, redukcji odpływu powierzchniowego oraz opóźnienia czasu odpływu do systemów kanalizacji deszczowej. Dzięki warstwie roślinnej i substratu możliwe jest magazynowanie części wody opadowej oraz intensyfikacja procesów ewapotranspiracji, co wpływa na poprawę bilansu wodnego w środowisku miejskim. Zielone dachy odgrywają również istotną rolę w ograniczaniu efektu miejskiej wyspy ciepła poprzez obniżenie temperatury powierzchni dachów oraz poprawę lokalnego mikroklimatu. Do ważnych aspektów środowiskowych należy także zaliczyć poprawę jakości powietrza wynikającą z absorpcji pyłów zawieszonych. Ponadto zielone dachy zwiększają bioróżnorodność obszarów silnie zurbanizowanych, tworząc siedliska dla owadów zapylających i drobnych organizmów. Efektywność środowiskowa tych systemów zależy jednak od wielu czynników, takich jak dobór warstw konstrukcyjnych, właściwości substratu, rodzaju roślinności, warunków klimatycznych oraz sposobu eksploatacji obiektu.

Wyniki licznych badań wskazują, że zielone dachy mogą stanowić skuteczne narzędzie wspomagające zrównoważone gospodarowanie wodami opadowymi oraz poprawę jakości środowiska miejskiego. Ich wdrażanie wpisuje się w założenia nowoczesnego planowania urbanistycznego oraz strategii adaptacyjnych ukierunkowanych na zwiększenie odporności miast na skutki zmian klimatu.



PRICE ELASTICITY OF ENERGY DEMAND IN THE CZECH REPUBLIC: IMPLICATIONS FOR SUSTAINABLE ECONOMIC POLICY

Martin Bařka¹, Natálie Várořová², David Hampel³

¹Mendel University in Brno, Department of Statistics and Operation Analysis, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, e-mail: martin.batka@mendelu.cz

²Mendel University in Brno, Department of Statistics and Operation Analysis, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, e-mail: xvarosov@mendelu.cz

³Mendel University in Brno, Department of Statistics and Operation Analysis, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic, e-mail: david.hampel.uso@mendelu.cz

This paper investigates the price elasticity of demand for electricity and natural gas in the Czech Republic, reflecting recent economic and geopolitical disruptions, including the COVID-19 pandemic and the 2022 energy crisis. The primary objective is to assess the responsiveness of energy consumption to price changes and to evaluate the implications for sustainable economic policy. The analysis is based on a comprehensive dataset of monthly observations covering the period 2021-2024, incorporating energy consumption, prices, meteorological variables, and selected socioeconomic indicators. Price elasticity is estimated using log-linear regression models, with attention paid to model robustness and statistical validity.

The empirical results indicate that energy demand is predominantly price inelastic in the short term, with estimated elasticity coefficients relatively close to zero, particularly in the case of natural gas. These findings suggest that price-based instruments alone, such as taxation or tariff adjustments, have limited effectiveness in reducing energy consumption. Instead, consumption patterns are significantly influenced by non-price determinants, including temperature variations, seasonal effects, and gradual technological changes, such as the increasing adoption of electric vehicles and electrification processes.

From the perspective of the economic aspects of sustainable development, the results highlight important policy implications. The low responsiveness of demand constrains the effectiveness of market-based environmental policies and may contribute to regressive distributional effects, increasing the risk of energy poverty among vulnerable households. Therefore, achieving sustainability objectives requires a more comprehensive policy framework that combines price signals with structural measures, including investments in energy efficiency, support for low-carbon technologies, and improvements in data availability and monitoring systems. The study contributes to the existing literature by providing country-specific evidence and by emphasizing the need for integrated policy approaches within the broader context of the circular economy.

Acknowledgements:

This work is a part of the IGA25-PEF-DP-008 project supported by the Internal Grant Agency of the Faculty of Business and Economics (FBE) at Mendel University in Brno.



PRZEDSTAWIENIE PROCESU PROJEKTOWANIA URZĄDZENIA PRZEPŁYWOWEGO WYKORZYSTUJĄCEGO POLE ELEKTROMAGNETYCZNE DO KONDYCJONOWANIA ŚCIEKÓW

Arkadiusz Bieszczad

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki,
Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatykacji, arkadiusz.bieszczad@urk.edu.pl*

Projektowanie stanowiska doświadczalnego, które umożliwia prowadzenie badań nad oddziaływaniem pola elektromagnetycznego na ścieki przemysłowe, wymagało zastosowania metodycznego podejścia łączącego wiedzę inżynierską i narzędzia wspierające proces decyzyjny. Głównym celem opracowania było stworzenie koncepcji reaktora przepływowego, zdolnego do pracy w warunkach zbliżonych do eksploatacyjnych, przy jednoczesnym zachowaniu kontroli nad parametrami indukcji magnetycznej oraz powtarzalnością uzyskiwanych wyników.

Podstawą metodologiczną procesu projektowania było wykorzystanie analizy morfologicznej. Opracowane tabele morfologiczne obejmowały szeroki zakres wariantów konstrukcyjnych dotyczących m.in. geometrii i materiału cewki, rodzaju rdzenia, sposobu chłodzenia, zasilania, obudowy ochronnej, systemu transportu ścieków, rodzaju zaworów i metod integracji układu z instalacją przemysłową. Każdy z wariantów został następnie poddany ocenie eksperckiej z zastosowaniem zdefiniowanych kryteriów technicznych, eksploatacyjnych i ekonomicznych. W proces oceny zaangażowano specjalistów z zakresu inżynierii środowiska, energetyki oraz konstrukcji aparatury badawczej, co umożliwiło nadanie poszczególnym rozwiązaniom wag odpowiadających ich praktycznemu znaczeniu. Ocena wariantów realizowano wielokryterialnie biorąc pod uwagę m.in. jednorodność pola elektromagnetycznego, wytrzymałość mechaniczną, łatwość montażu i konserwacji, koszty eksploatacyjne, a także wpływ poszczególnych rozwiązań na precyzję i powtarzalność pomiarów. Zastosowanie macierzy morfologicznych pozwoliło nie tylko na ograniczenie liczby potencjalnych konfiguracji, lecz także na wskazanie najbardziej optymalnych kombinacji elementów, które spełniały jednocześnie wymagania techniczne i badawcze. Efektem końcowym była konstrukcja stanowiska badawczego opartego na solenoidzie o długości 1000 mm i średnicy wewnętrznej 100 mm z chłodzeniem wodnym, zintegrowanego ze zbiornikiem przepływowym o pojemności 1000 l. Uzyskana konfiguracja została zweryfikowana w warunkach zbliżonych do procesowych. Potwierdzono zarówno zgodność teoretycznych obliczeń z wynikami pomiarów pola, jak i jednorodność indukcji magnetycznej w zakresie $\pm 2\%$.

Przeprowadzone prace potwierdziły, że zastosowanie analizy morfologicznej i oceny eksperckiej stanowi efektywne narzędzie wspierające proces projektowania skomplikowanych układów badawczych. Dzięki temu możliwe było stworzenie stanowiska doświadczalnego, dostosowanego do badań w skali ćwierć technicznej, które otwiera perspektywy do dalszych prac nad ograniczaniem materii organicznej w ściekach przemysłowych za pomocą oddziaływania pola elektromagnetycznego



OCENA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA LAMPY UV-C W KONTEKŚCIE ELIMINACJI BAKTERII *ESCHERICHIA COLI* Z SOLANKI KRAŻĄCEJ W MIKRO-TĘŻNI

Stanisław Bodziacki, Katarzyna Wolny-Koładka, Patrycja Szczechura

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii i Biomonitoringu,
stanislawbodziacki@gmail.com, katarzyna.wolny@urk.edu.pl, patrycja.szczechura@student.urk.edu.pl*

Bakterię *Escherichia coli* wykrywamy w krakowskich mikro-tężniach solankowych nieprzerwanie od 2021 r. Od tego czasu informowaliśmy Zarząd Zieleni Miejskiej w Krakowie (zarządzający tymi obiektami) o tym fakcie. Pierwsze działania poprawiające jakość mikrobiologiczną solanki podjęto dopiero w lipcu 2025 r., kiedy zainstalowano w mikro-tężniach lampy UV-C, których celem była eliminacja drobnoustrojów obecnych w solance i stanowiących zagrożenie dla osób korzystających z inhalacji. W niniejszej pracy dokonaliśmy oceny efektywności działania lampy UV-C w mikro-tężni w Nowej Hucie (Kraków). Jako wskaźnik wybraliśmy potencjalnie chorobotwórcze dla człowieka bakterie *E.coli*, które regularnie izolowaliśmy z solanki. Analizy mikrobiologiczne solanki pod kątem obecności *E.coli* przeprowadzono w 2025 roku w okresie od maja do października (okres funkcjonowania mikro-tężni solankowej), stosując metodę filtracji membranowej. Uzyskane wyniki odniesiono do wymagań określonych w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r., dotyczących jakości wody leczniczej stosowanej do inhalacji. Wyniki badań wykazały istotną zmienność liczebności *E. coli* w ciągu sezonu. Już w maju, czyli w miesiącu uruchomienia mikro-tężni solankowej, stwierdzono obecność bakterii *E. coli* na poziomie $18 \text{ CFU} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$. W kolejnym miesiącu liczba kolonii wzrosła, osiągając w czerwcu wartość $36 \text{ CFU} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$. Po zainstalowaniu i włączeniu w lipcu 2025 r. lampy UV-C zaobserwowano niewielki spadek liczebności *E. coli* ($25 \text{ CFU} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$), jednak nie przełożyło się to na trwałą poprawę jakości mikrobiologicznej solanki. W sierpniu przeprowadzono całościową wymianę solanki oraz dezynfekcję instalacji i mimo funkcjonującej lampy UV-C, działania te nie zapobiegły dalszemu jej skażeniu przez *E. coli*. W porównaniu z latami wcześniejszymi, rok 2025 charakteryzował się większą dynamiką zmian oraz wyraźnym wzrostem liczebności *E.coli* w okresie jesiennym. Uzyskane wyniki wskazują, że obecność bakterii wskaźnikowych w solance przeznaczonej do inhalacji stanowi istotny problem epidemiologiczny. Lampa UV-C zainstalowana przez Zarząd Zieleni Miejskiej w mikro-tężni w Nowej Hucie nie spełniła swojej roli, a solanka w dalszym ciągu jest skażona przez bakterie kałowe. Dlatego koniecznym jest podejmowanie dalszych działań, których celem będzie eliminacja patogenów z solanki, którą inhalują się ludzie.



**OCENA WPLYWU BIONAWOZU NA WYBRANE PARAMETRY GLEBOWE
ORAZ EFEKTYWNOŚĆ PŁONOWANIA W PORÓWNIANIU
Z KONWENCJONALNYMI SYSTEMAMI NAWOŻENIA**

Barbara Breza-Boruta, Justyna Bauza-Kaszewska, Agata Maciuszek

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii,
Katedra Mikrobiologii i Ekologii Roślin*

Celem badań było określenie poziomu zmian w dynamice rozwoju wybranych grup mikrobiomu glebowego, pod wpływem zastosowanego doglebowo nawozu nowej generacji zawierającego w składzie kompozycję bakterii asymilujących azot z powietrza. Wpływ aplikowanego preparatu został oceniony w oparciu o liczebność: bakterii z rodzaju *Azotobacter*, drobnoustrojów celulolitycznych, kopiotroficznych i oligotroficznych, grzybów strzępkowych, promieniowców oraz ogólną liczbę bakterii heterotroficznych, a także o aktywność wybranych enzymów (celulazy, β -glukozydazy, katalazy, dehydrogenazy). Ponadto określono podstawowe właściwości chemiczne gleby m.in.: całkowity węgiel organiczny (TOC) oraz azot ogółem (TN) i rozpuszczalny, kwasowość wymienną i czynną.

W oparciu o przeprowadzone badania mikrobiologiczne próbek glebowych pobranych w trakcie okresu wegetacyjnego roślin uprawnych stwierdzono relatywnie bardziej korzystne warunki do rozwoju mikrobiomu w glebie na obiektach doświadczalnych po zastosowaniu badanego biopreparatu, w porównaniu do obiektów kontrolnych (bez bionawozu). Potwierdzeniem tego są uzyskane wartości liczebności większości badanych grup drobnoustrojów. Efekt działania preparatu był zauważalny zwłaszcza po dłuższym czasie od jego aplikacji, czyli pod koniec wegetacji (w okresie zbioru roślin). Wyraźny wzrost liczebności odnotowano w przypadku bakterii ogółem, drobnoustrojów kopiotroficznych oraz promieniowców. Wyniki z analiz biochemicznych i chemicznych były bardziej zróżnicowane i nie wskazywały jednoznacznie na poprawienie właściwości chemicznych i parametrów enzymatycznych w glebie po zastosowaniu bionawozu. Jedynie aktywność dehydrogenaz była zdecydowanie wyższa na obiektach z aplikowanym biopreparatem niż w kontroli.

Przeprowadzone badania wykazały pozytywny wpływ badanego biopreparatu na skład mikrobiomu glebowego. Z uwagi na zróżnicowane wyniki aktywności enzymatycznej i właściwości chemicznych gleby monitorowanych obiektów doświadczalnych, nie można wskazać tak jednoznacznego efektu stymulacyjnego.



**TAMY BOBROWE JAKO INFRASTRUKTURA OPARTA NA PRZYRODZIE
(NATURE-BASED SOLUTIONS): WPŁYW NA ZESPOŁY
MAKROBEZKRĘGOWCÓW W ZLEWNI ZBIORNIKA STRZESZYŃSKIEGO**

Adam Brysiewicz¹, Jarosław Dąbrowski¹, Przemysław Czerniejewski²

¹Institut Technologiczno-Przyrodniczy Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Szczecinie, ul. Czesława 9, Szczecin,
a.brysiewicz@itp.edu.pl; j.dabrowski@itp.edu.pl

²Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa,
Katedra Towaroznawstwa, Oceny Jakości, Inżynierii Procesowej i Żywności Człowieka, K. Królewicza 4,
Szczecin przemyslaw.czerniejewski@zut.edu.pl

W obliczu rosnącego deficytu wód w Europie tamy bobrowe stanowią istotny element naturalnej infrastruktury hydrologicznej typu *nature-based solutions*, wpływając na retencję wody oraz przekształcanie siedlisk rzecznych. Celem pracy była ocena wpływu tam bobrowych na strukturę zespołów makrobezkręgowców w zlewni zbiornika Strzeszyńskiego.

Badania przeprowadzono w trzech sezonach w dwóch strefach: powyżej tamy bobrowej (AB – poza i w strefie jej oddziaływania) oraz poniżej tamy (BP), obejmującej staw bobrowy i odcinek cieku poniżej. Na stanowiskach wykonano pomiary parametrów fizykochemicznych wody oraz cech siedliskowych. Zespoły makrobezkręgowców analizowano pod względem bogactwa taksonomicznego, różnorodności oraz struktury funkcjonalnej.

Wyniki wskazały, że powyżej tam bobrowych (strefa AB) zespoły makrobezkręgowców były bardziej wyrównane i stabilne, co może świadczyć o większej różnorodności mikrosiedlisk sprzyjających współwystępowaniu różnych grup organizmów. Poniżej tam (strefa BP), gdzie obserwowano spowolnienie przepływu i warunki bardziej stagnujące, skład zespołów był bardziej zróżnicowany pod względem dominacji wybranych grup. Różnice między strefami dotyczyły przede wszystkim jednego z taksonów (Isopoda), natomiast skoczogonki (Collembola) występowały wyłącznie w warunkach stagnujących. Wśród parametrów środowiskowych istotne różnice dotyczyły przede wszystkim prędkości przepływu oraz stężenia azotanów. Analiza wieloczynnikowa wskazała, że oddziaływanie tam bobrowych wraz z sezonowością wyjaśniało około 48% zmienności obserwowanych zespołów organizmów.



**ZDOLNOŚĆ SORPCYJNA FOSFORU I AZOTU ZŁOŻA GRUNTOWO-
KORZENIOWEGO W HYDROFITOWEJ OCZYSZCZALNI Z POZIOMYM
PRZEPŁYWEM ŚCIEKÓW**

Piotr Bugajski¹, Krzysztof Józwiakowski², Alexandros Stefanakis³

¹Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, piotr.bugajski@urk.edu.pl

²Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji,
Katedra Inżynierii Środowiska i Geodezji, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, krzysztof.jozwiakowski@up.lublin.pl

³Laboratory of Environmental Engineering & Management, School of Chemical and Environmental Engineering,
Technical University of Crete, Chania, Greece

W wyniku przeprowadzonych badań dotyczących wyników analiz z 48 próbek ścieków surowych pobranych w okresie 2010-2021 (11lat) stwierdzono, że mediana stężenia fosforu ogólnego wyniosła 25,2 mgTP/dm³ (średnia arytmetyczna 24,8 mgTP/dm³). Natomiast mediana stężenia azotu ogólnego wyniosła 70,4 mgTN/dm³ (średnia arytmetyczna 71,3 mgTN/dm³). Współczynnik zmienności (Cv) dla stężenia fosforu ogólnego w ściekach surowych wyniósł Cv=0,36, a dla azotu ogólnego Cv=0,30 co świadczy o średnim zróżnicowaniu cechy. Stężenie fosforu i azotu w ściekach dopływających do oczyszczalni była typowa dla ścieków bytowych.

Przeprowadzone analizy wykazały, że zdolność sorpcyjna złoża gruntowo-korzeniowego ulega stopniowemu wyczerpaniu wraz z czasem eksploatacji i osiąga granicę efektywnego działania po około 25 latach użytkowania. Zjawisko to związane jest przede wszystkim z nasyceniem materiału filtracyjnego związkami fosforu, materią organiczną oraz innymi substancjami zatrzymywanymi w strukturze złoża podczas procesu oczyszczania ścieków.

Jednocześnie wyniki badań nie wykazały istnienia zależności korelacyjnej pomiędzy czasem eksploatacji oczyszczalni a skutecznością usuwania związków azotu ze ścieków. Oznacza to, że wraz ze starzeniem się systemu nie zaobserwowano jednoznacznej tendencji do wzrostu lub spadku efektywności procesów odpowiedzialnych za eliminację azotu. Fakt ten można tłumaczyć odmiennym charakterem mechanizmów odpowiedzialnych za usuwanie tych związków. W przeciwieństwie do fosforu, którego retencja w znacznym stopniu zależy od właściwości sorpcyjnych materiału filtracyjnego, usuwanie azotu zachodzi głównie na drodze procesów biologicznych, takich jak nitrifikacja i denitrifikacja.



EFFECT OF HEMP BIOCHAR ADDITION AND MICROWAVE POWER ON DRYING KINETICS AND ENERGY PROPERTIES OF SEWAGE SLUDGE

Wojciech Cel, Justyna Kujawska

Faculty of Environmental Engineering and Energy, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Poland

The growing interest in the utilization of sewage sludge as an alternative energy source requires the development of efficient processing methods, particularly for reducing its high moisture content. One of the promising technologies is microwave drying, which, due to volumetric heating, enables intensification of water removal and reduction of processing time. The aim of this study was to evaluate the effect of hemp biochar addition and microwave power on the drying kinetics and energy properties of sewage sludge.

The research material consisted of mixtures of sewage sludge with hemp biochar at proportions of 0%, 5%, 10%, and 15% (w/w). The drying process was carried out under microwave conditions at power levels of 300 W, 450 W, and 600 W in an intermittent mode, with simultaneous monitoring of mass and temperature changes. The analysis included moisture variation over time, temperature–moisture relationships, and the calorific value of the final material.

The results showed that both microwave power and biochar content significantly affected the drying process. An increase in microwave power led to higher moisture removal rates and shorter drying time. The addition of biochar influenced the drying phases and improved the final calorific value of the material.

The obtained results indicate that the application of hemp biochar in combination with appropriately selected microwave parameters can be an effective method for intensifying the drying process of sewage sludge and enhancing its energy properties.

Keywords:

sewage sludge; microwave drying; hemp biochar; drying kinetics; moisture removal; calorific value; energy properties; thermal processing



WPLYW DODATKU BIEWĘGLA KONOPNEGO I MOCY MIKROFAL NA KINETYKĘ SUSZENIA I WŁAŚCIWOŚCI ENERGETYCZNE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Wojciech Cel¹, Justyna Kujawska²

¹Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, w.cel@pollub.pl

²Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Katedra Konwersji Biomasy i Odpadów w Biopaliwa, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, j.kujawska@pollub.pl

Osady ściekowe nadal stanowią problem środowiskowy ze względu na wysoką wilgotność, dużą masę oraz ograniczone możliwości dalszego zagospodarowania. Jednocześnie zawierają znaczną ilość substancji organicznych, co stwarza możliwość ich wykorzystania energetycznego po odpowiednim przygotowaniu. Jednymi z metod poprawy właściwości paliwowych osadów są procesy suszenia wspomagane promieniowaniem mikrofalowym oraz zastosowanie dodatków zwiększających ich wartość opałową. Celem pracy była analiza wpływu dodatku biewęgla konopnego oraz mocy mikrofal na kinetykę suszenia i właściwości energetyczne osadów ściekowych.

Badania przeprowadzono dla osadów ściekowych bez dodatku oraz z 5% i 10% dodatkiem biewęgla konopnego. Osady suszono w mikrofalach w zakresie mocy 350 W, 560 W oraz 700 W. W trakcie eksperymentów analizowano zmiany temperatury i masy wilgotności oraz obliczano szybkości suszenia i stosunki wilgotności. Dodatkowo wyznaczono wartości opałowe badanych osadów po zakończeniu procesu suszenia.

Moc suszenia mikrofalami, jak i dodatek biewęgla wpływają na przebieg suszenia osadów. Wraz ze wzrostem mocy mikrofal obserwowano szybszy wzrost temperatury osadów oraz szybsze odparowanie wilgoci. Najwyższe szybkości suszenia uzyskano przy mocy mikrofal 700W dla osadów z dodatkiem biewęgla z konopi, których wartości przekraczały 0,25 g/g·min. Dodatek biewęgla do osadów zwiększa szybkość suszenia oraz skraca czas osiągnięcia niskiej wilgotności końcowej.

Analiza właściwości energetycznych wykazała wzrost wartości opałowej wraz ze wzrostem mocy mikrofal oraz udziału biewęgla w badanych osadach. Dla osadu bez dodatków wartość opałowa wzrosła z 8864 kJ/kg po suszeniu mikrofalami o mocy 350 W do 12627 kJ/kg dla mocy 700 W. Najwyższą wartość opałową uzyskano dla osadu z 10% dodatkiem biewęgla, po suszeniu mikrofalami o mocy 700 W, wynoszącą 15165 kJ/kg. Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że dodatek biewęgla konopnych poprawia właściwości energetyczne osadów ściekowych oraz zwiększa ich potencjał wykorzystania jako paliwa alternatywnego. Suszenie mikrofalowe osadów z dodatkiem biewęgla może stanowić efektywną metodę przygotowania osadów do dalszego zagospodarowania energetycznego.



**XXXI KONFERENCJA NAUKOWA
INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM**

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

**ANALIZA WARUNKÓW MIKROKLIMATYCZNYCH ZIELONYCH DACHÓW
W KRAKOWIE**

Paulina Dobrowolska, Kamil Suchta, Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Ekologii, Klimatologii i
Ochrony Powietrza, adres, agnieszka.ziarnicka-wojtaszek@urk.edu.pl)*

Zielone dachy stanowią kluczowy element błękitno-zielonej infrastruktury, będący doskonałą alternatywą dla klasycznych form miejskich terenów zieleni. Choć powszechnie przypisuje się im istotną rolę w kształtowaniu i poprawie mikroklimatu miasta, wciąż odczuwalny jest deficyt długoterminowych badań (obejmujących co najmniej pełny okres wegetacyjny), które jednoznacznie potwierdzałyby tę zależność. W Polsce, w obliczu dynamicznie rosnącego zainteresowania tego typu konstrukcjami, kluczowe staje się prowadzenie ciągłych, wysokiej jakości pomiarów umożliwiających rzetelną ocenę ich efektywności środowiskowej. Celem niniejszego opracowania była analiza warunków mikroklimatycznych dwóch zielonych dachów zlokalizowanych w Krakowie: Hali Sportowej Uniwersytetu Rolniczego (al. 29 Listopada 58) oraz Małopolskiego Centrum Nauki Cogiteon (ul. Stefana Steca 1) w porównaniu z dachem referencyjnym bez zieleni na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego (al. Mickiewicza 24/28). Na dachach zamontowano stanowiska pomiarowe składające się z rejestratorów temperatury i wilgotności względnej powietrza (HOBO Pro v2) oraz prędkości i kierunku wiatru (WindLog), co umożliwiło analizę wybranych parametrów mikroklimatycznych. Scharakteryzowano konstrukcję dachów (układ i przekrój warstw) oraz strukturę gatunkową zastosowanej roślinności wraz z jej wymaganiami siedliskowymi. Uzyskane wyniki wskazują, że zarówno konstrukcja dachu, jak i dobór roślinności wpływają na kształtowanie lokalnego mikroklimatu. Przeprowadzone badania podkreślają znaczenie zielonych dachów w planowaniu przestrzennym oraz adaptacji miast do zmian klimatu.



ANALIZA ZMIAN PROFILU UBEZPIECZONEGO W SYSTEMIE KRUS

Maria Duchnik¹, Anna Krakowiak-Bal²

¹Kasa Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego, PT Limanowa,

²Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, anna.krakowiak-bal@urk.edu.pl

W artykule analizowano zmiany zachodzące w strukturze osób ubezpieczonych w systemie KRUS oraz ich konsekwencje dla funkcjonowania rolniczego systemu zabezpieczenia społecznego. W ostatnich latach obserwowany jest systematyczny spadek liczby osób objętych ubezpieczeniem rolniczym, co wynika m.in. z przemian demograficznych, koncentracji gospodarstw rolnych oraz odpływu ludności z sektora rolniczego.

Badania pokazują, że zmienia się charakter osób pozostających w KRUS. Coraz większy udział stanowią osoby łączące działalność rolniczą z aktywnością pozarolniczą, a także osoby utrzymujące formalny związek z gospodarstwem rolnym przy jednoczesnym uzyskiwaniu dochodów z innych źródeł. Zmniejsza się natomiast liczba osób utrzymujących się wyłącznie z pracy w gospodarstwie.

Stwierdzono, że obserwowane zmiany wpływają na strukturę finansowania systemu oraz na relacje między KRUS a powszechnym systemem ubezpieczeń społecznych. Malejąca liczba ubezpieczonych przy jednoczesnym starzeniu się populacji rolników powoduje wzrost znaczenia dotacji budżetowych dla utrzymania stabilności systemu.

We wnioskach podkreślono, że profil współczesnego ubezpieczonego w KRUS różni się od modelu tradycyjnego rolnika funkcjonującego wyłącznie w sektorze rolnym. Proces ten jest trwałym elementem przemian społeczno-ekonomicznych polskiej wsi i powinien być uwzględniany przy projektowaniu przyszłych reform systemu ubezpieczeń społecznych rolników.



OGRODY DZIAŁKOWE W PRZESTRZENI WIEJSKIEJ – CODZIENNOŚĆ CZY LUKSUS?

Marcin Feltynowski¹

*¹Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Katedra Gospodarki Samorządu Terytorialnego,
marcin.feltynowski@uni.lodz.pl*

Referat podejmuje problematykę funkcjonowania rodzinnych ogrodów działkowych (ROD) w przestrzeni wiejskiej, stawiając pytanie, czy stanowią one element codzienności mieszkańców, czy raczej formę rekreacji, analizując również przestrzenną dostępność tych elementów infrastruktury zielonej. W literaturze przedmiotu ogrody działkowe są najczęściej analizowane w kontekście miejskim, jako istotny składnik zielonej infrastruktury miast oraz przestrzeń realizacji funkcji społecznych, rekreacyjnych i produkcyjnych. Tymczasem ich obecność na obszarach wiejskich pozostaje marginalna i słabiej rozpoznana badawczo.

W referacie wskazano na uwarunkowania rozmieszczenia ogrodów działkowych w Polsce, podkreślając, że ich rozwój był ściśle związany z procesami urbanizacji oraz industrializacji. Dodatkowo szczególną uwagę zwrócono na zróżnicowanie wynikające z dziedzictwa porozbiorowego w tym fakt, że na terenach dawnego zaboru rosyjskiego ogrody działkowe praktycznie nie występują na obszarach wiejskich, co potencjalnie wynika ze specyfiki struktury osadniczej i społeczno-gospodarczej.

Analiza opiera się na przeglądzie literatury, danych statystycznych, danych przestrzennych, uwzględniających wszystkie przestrzenie wiejskie, z uwzględnieniem kryterium administracyjnego. Wykazano, że w przestrzeni wiejskiej ogrody działkowe są elementami, które wzbogacają zróżnicowanie przestrzeni i mimo ograniczeń w ich tworzeniu są akceptowalną w przestrzeni formą użytkowania.

Jednocześnie przeprowadzone analizy wskazują, że ogrody działkowe w przestrzeni wiejskiej nie stanowią zjawiska jednoznacznie wpisanego w strukturę tej przestrzeni. Ich występowanie ma charakter punktowy i zależy od lokalnych uwarunkowań historycznych, funkcjonalnych oraz społeczno-ekonomicznych. Istotnym ograniczeniem badawczym pozostaje brak możliwości jednoznacznego określenia struktury własnościowej i użytkowej ogrodów działkowych w kontekście miejsca zamieszkania ich użytkowników. Dostępne dane statystyczne oraz rejestry nie pozwalają na powiązanie działek z konkretnymi kategoriami użytkowników, co utrudnia ocenę rzeczywistej roli ogrodów działkowych w systemie powiązań miasto – wieś. W konsekwencji nie jest możliwe precyzyjne ustalenie, czy ogrody działkowe zlokalizowane na terenach wiejskich służą głównie lokalnej społeczności, czy też pełnią funkcję zaplecza rekreacyjnego dla mieszkańców obszarów miejskich.



**AKUMULACJA I TRANSLOKACJA PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH
(Zn, Cu, Mn, Fe) W ORGANACH CYKORII PODRÓŻNIK (*CICHORIUM
INTYBUS* L.) W ZALEŻNOŚCI OD ODDZIAŁYWANIA TRANSPORTU
DROGOWEGO**

Anna Figas¹, Magdalena Tomaszewska-Sowa¹, Wojciech Kozera², Tomasz Stosik³

¹Politechnika Bydgoska, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Biotechnologii,
figasanna@pbs.edu.pl, magda@pbs.edu.pl,

²Politechnika Bydgoska, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Biogeochemii, Gleboznawstwa i Melioracji
Wodnych, Wojciech.Kozera@pbs.edu.pl,

³Politechnika Bydgoska, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Mikrobiologii i Ekologii Roślin,
Tomasz.Stosik@pbs.edu.pl

Celem niniejszej pracy była ocena poziomu akumulacji oraz zdolności do translokacji wybranych pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Mn, Fe) w organach cykorii podróżnik (*Cichorium intybus* L.) zasiedlającej stanowiska naturalne w województwie kujawsko-pomorskim. Wybór gatunku podyktowany był jego szerokim rozpowszechnieniem w krajobrazie rolniczo-ruderalnym oraz znaczeniem jako surowca zielarskiego. Podjęto próbę oceny wpływu czynników siedliskowych na jakość ekologiczną surowca oraz przydatności bioindykacyjnej badanego gatunku w monitoringu środowiska. Materiał badawczy (glebę oraz rośliny) pobrano w sierpniu 2018 roku z 4 lokalizacji zróżnicowanych pod względem odległości od drogi: (A) Łochowo (strefa bezpośredniego oddziaływania, 0–5 m); (B) Okole (strefa krawędziowa, 5–10 m); (C) Władysławowo (strefa agrotechniczna, 15–30 m) oraz (D); Łosiny (tło środowiskowe, > 50 m). Zawartość metali oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS). Analiza chemiczna gleb wykazała zróżnicowanie stężeń badanych pierwiastków w zależności od stanowiska. Zawartość Zn wahała się od 5,65 do 12,51 mg·kg⁻¹ s.m., Fe od 121,14 do 255,32 mg·kg⁻¹ s.m., a Cu od 1,32 do 2,62 mg·kg⁻¹ s.m., przy czym najwyższe wartości tych metali odnotowano na stanowisku B. Zawartość Mn mieściła się w przedziale od 23,58 do 44,64 mg·kg⁻¹ s.m. (stanowisko A). Wykazano, że *C.intybus* w największym stopniu kumuluje Cu (BCF > 1) oraz wykazuje wysoką efektywność biokoncentracji Zn, szczególnie w kwiatach (BCF = 2,66). W stosunku do Fe i Mn badany gatunek skutecznie ogranicza pobieranie pierwiastków z podłoża (BCF < 0,5). Stwierdzono, że najwyższą mobilnością w tkankach roślinnych charakteryzował się Zn. Na wszystkich badanych stanowiskach współczynnik translokacji (TFs) dla tego metalu był wyższy od 1 (1,01–1,69). W przypadku Mn wartości TFs wahały się od 0,61 do 1,38, przy czym na stanowiskach A, B i C metal ten był akumulowany głównie w korzeniach. Współczynniki translokacji dla Cu i Fe w żadnej z lokalizacji nie przekroczyły wartości 1, osiągając minima dla Fe (0,33–0,73). Analiza korelacji wykazała, że skład chemiczny *C.intybus* jest ściśle determinowany przez właściwości fizykochemiczne podłoża. Szczególnie wysoką zależność odnotowano pomiędzy zawartością Cu w kwiatach a jej zawartością w glebie (r=0.917). Silne właściwości bioindykacyjne cykorii podróżnik w odniesieniu do Cu wskazują na duży potencjał wykorzystania tego gatunku w monitoringu środowiskowym zanieczyszczeń gleb tym metalem.



SKUTECZNOŚĆ PROCESU KOMPOSTOWANIA W DEGRADACJI BIODEGRADOWALNYCH TWORZYW SZTUCZNYCH

Katarzyna Grąź¹, Agnieszka Generowicz²

¹Katolicki Uniwersytet Lubelski, Wydział Medyczny, Instytut Nauk Farmaceutycznych, ul. Konstantynów 1H, 20-708 Lublin,

²Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii Środowiskowych,
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków,

Proces kompostowania stanowi powszechnie stosowaną metodę zagospodarowania odpadów organicznych, jednak wraz z bioodpadami do kompostu mogą trafiać różnego rodzaju materiały polimerowe. Celem pracy była ocena skuteczności procesu kompostowania w degradacji wybranych polimerów występujących w strumieniu odpadów komunalnych, takich jak celofan, polietylen (PE) oraz polistyren (PS). Przeanalizowano zmiany fizyczne i chemiczne zachodzące w materiałach podczas kompostowania oraz określono stopień ich podatności na biodegradację. Szczególną uwagę poświęcono wpływowi warunków procesu, takich jak temperatura, wilgotność oraz aktywność mikroorganizmów, na tempo rozkładu badanych materiałów. Wyniki wskazują, że celofan, będący materiałem pochodzenia celulozowego, ulega znaczącej degradacji w warunkach kompostowania, podczas gdy tworzywa syntetyczne, takie jak PE i PS, wykazują wysoką odporność na rozkład biologiczny i mogą pozostawać w kompoście w postaci makro- i mikroplastików. Obecność tych zanieczyszczeń wpływa negatywnie na jakość uzyskanego kompostu oraz może prowadzić do wtórnego zanieczyszczenia środowiska glebowego. Uzyskane wyniki podkreślają znaczenie skutecznej segregacji odpadów oraz monitorowania zawartości polimerów w materiałach kierowanych do kompostowania.



**KOMPOSTY Z BIOODPADÓW JAKO POTENCJALNE ŹRÓDŁO
MIKROPLASTIKU W ŚRODOWISKU GLEBOWYM – IDENTYFIKACJA
I CHARAKTERYSTYKA Z WYKORZYSTANIEM METOD DLS I FT-IR**

Katarzyna Grąż¹

¹Katolicki Uniwersytet Lubelski, Wydział Medyczny, Instytut Nauk Farmaceutycznych, ul. Konstantynów 1H, 20-708 Lublin,

W ostatnich latach mikroplastik został uznany za jeden z najistotniejszych czynników zanieczyszczających środowisko. Jego obecność stwierdzono w różnych komponentach środowiska, w tym w wodach powierzchniowych, osadach dennych, atmosferze oraz glebach. Szczególną uwagę zwraca się obecnie na komposty wytwarzane z bioodpadów komunalnych, które mogą stanowić istotną drogę transferu mikroplastiku do środowiska glebowego. Pomimo procesów segregacji i biologicznego przetwarzania odpadów, cząstki tworzyw sztucznych mogą pozostawać w materiale wsadowym i finalnym produkcie kompostowania.

Celem badań jest identyfikacja oraz charakterystyka mikrocząstek tworzyw sztucznych występujących w kompostach pochodzących z instalacji przetwarzania bioodpadów. Analizie poddane zostaną próbki kompostów pozyskane z wybranych zakładów zagospodarowania odpadów. Po przeprowadzeniu odpowiednich etapów przygotowania próbek i izolacji mikroplastiku określony zostanie rozkład wielkości cząstek z wykorzystaniem techniki Dynamic Light Scattering (DLS). Identyfikacja chemiczna wykrytych cząstek zostanie przeprowadzona metodą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR), umożliwiającą określenie rodzaju występujących polimerów.

Uzyskane wyniki pozwolą na ocenę stopnia zanieczyszczenia kompostów mikroplastikiem oraz określenie właściwości fizykochemicznych obecnych w nich cząstek tworzyw sztucznych. Badania przyczynią się do lepszego poznania roli kompostów z bioodpadów jako potencjalnego źródła mikroplastiku w środowisku glebowym oraz mogą stanowić podstawę do doskonalenia systemów selektywnej zbiórki i przetwarzania bioodpadów w kierunku ograniczenia emisji mikroplastiku do środowiska.



**DROBNE CZĄSTKI (<10 MM) W ODPADACH Z CZYSZCZENIA ULIC:
ROCZNE STUDIUM PRZYPADKU MIASTA ŚREDNIEJ WIELKOŚCI**

Anna Gronba-Chyla¹, Paweł Kwaśnicki^{1,2,3}

¹*Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Wydział Medyczny, Instytut Farmacji, amgronba@kul.pl;
pawel.kwasnicki@kul.pl*

²*Research & Development Centre for Photovoltaics, ML System S.A.*

³*Politechnika Rzeszowska, Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej, Katedra Fizyki i Inżynierii Medycznej*

Odpady z czyszczenia ulic stanowią niejednorodną, sezonowo zmienną mieszaninę cząstek mineralnych, organicznych i antropogenicznych. W badaniu przeprowadzono kompleksową charakterystykę frakcji drobnych (<10 mm) zbieranych w różnych porach roku, wykorzystując podejście wieloparametryczne obejmujące: przesiewanie, analizę obrazu w systemie Morphologi G3S, dynamiczne rozpraszanie światła (DLS) oraz obrazowanie SEM-BSE. Próbkki wiosenne charakteryzowały się dominacją dużych, kanciastych ziaren mineralnych pochodzących z degradacji nawierzchni. W próbkach letnich i jesiennych obserwowano natomiast większy udział cząstek zaokrąglonych, wskazujący na rosnący udział zużycia opon, produktów korozji oraz wtórnych aerozoli miejskich. Analiza parametrów morfologicznych (AR) potwierdziła istotne sezonowe różnice w strukturze cząstek, wpływające na ich przenoszalność i potencjał emisyjny. DLS ujawniło obecność nanofrakcji (<200 nm), co sugeruje ich wysoką mobilność środowiskową oraz znaczenie dla oceny ryzyka. Obrazowanie SEM-BSE potwierdziło wyraźne różnice mikrostrukturalne między porami roku, szczególnie w zakresie ostrości krawędzi, stopnia aglomeracji oraz obecności powłok powierzchniowych. Uzyskane wyniki podkreślają kluczowe znaczenie frakcji drobnych w ocenie oddziaływań środowiskowych i dostarczają wartościowych informacji dla procesów odzysku zasobów w gospodarce obiegu zamkniętego. Zwracają również uwagę, że frakcje <10 mm powinny być traktowane priorytetowo przy projektowaniu ścieżek ich zrównoważonego zagospodarowania.



ANALIZA POCZĄTKU FLUIDYZACJI PROCESU PŁUKANIA WYBRANYCH ZŁÓŻ FILTRACYJNYCH

Paweł Guzdek Michał Zielina

¹Politechnika Krakowska. Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki. Katedra Wodociągów, Kanalizacji i Monitoringu Środowiska,
pawel.guzdek@pk.edu.pl, michal.zielina@pk.edu.pl

Ważnym zagadnieniem w eksploatacji filtrów pośpiesznych jest płukanie złóż. Właściwe rozpoznanie tego procesu opartego o zjawisko fluidyzacji ma istotne znaczenie zarówno dla technologii oczyszczania wody, jak również determinuje dobór właściwych urządzeń do płukania, a więc wpływa na koszty utrzymania stacji uzdatniania wody.

Celem badań było eksperymentalne wyznaczenie parametrów fizycznych analizowanych materiałów, które posłużyły do obliczenia minimalnej prędkości fluidyzacji (V_{mf}) w oparciu o najczęściej stosowane w literaturze wzory. Analizie poddano materiały tradycyjnie stosowane takie jak hydroantracyt i piasek oraz garnet i kruszone szkło. Otrzymane wyniki obliczeń zestawiono z eksperymentalnie wyznaczonymi prędkościami minimalnej fluidyzacji (V_{mf}), co pozwoliło na wybór najlepiej dopasowanych wzorów matematycznych minimalnej prędkości fluidyzacji dla poszczególnych typów złóż. Minimalną prędkość fluidyzacji dla szkła kruszonego i piasku najtrafniej odwzorowują obliczenia wykonywane przy użyciu wzoru Gidaspow, natomiast prędkość V_{mf} dla hydroantracytu najlepiej określa równanie Majcherek, a dla garnetu równanie Erguna. Uzyskane wyniki mogą stanowić istotną pomoc przy doborze materiałów wielowarstwowych złóż filtracyjnych.



BEZPIECZEŃSTWO EKOLOGICZNE A RYZYKO POGODOWE W INWESTYCJACH W KORYTACH RZEK

Justyna Hachol¹, Małgorzata Biniak-Pieróg², Kalina Dancewicz³

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, justyna.hachol@upwr.edu.pl

²Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, malgorzata.biniak-pierog@upwr.edu.pl

³Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, kalina.dancewicz@upwr.edu.pl

Realizacja inwestycji w korytach rzek wymaga uwzględnienia nie tylko potrzeb ochrony środowiska, ale również warunków pogodowych, które bezpośrednio wpływają na bezpieczeństwo ludzi, jakość i trwałość robót oraz ich oddziaływanie na środowisko. Okresy uznawane za najkorzystniejsze z punktu widzenia ekosystemów wodnych i od wód zależnych często pokrywają się z okresami o dużym ryzyku intensywnych opadów czy ekstremalnych temperatur. W konsekwencji realizacja prac w terminach „bezpiecznych środowiskowo” może wiązać się ze zwiększonym ryzykiem harmonogramowym oraz zagrożeniem dla bezpieczeństwa ludzi i jakości wykonanych prac.

Celem pracy jest analiza zależności między ograniczeniami środowiskowymi a ryzykiem pogodowym w inwestycjach prowadzonych w korytach rzek nizinnych na Dolnym Śląsku oraz identyfikacja optymalnych terminów realizacji tych prac. W pracy dokonano analizy rozkładu temperatur powietrza, sum opadów oraz usłonecznienia w wieloleciu 1991-2020 na obszarze Dolnego Śląska, co pozwoliło na zidentyfikowanie okresów najkorzystniejszych pogodowo do realizacji prac w korytach rzek. Wyniki te zestawiono z okresami optymalnymi ze względu na ochronę ekosystemów wodnych i wskazano obszary konfliktu oraz potencjalne „okna kompromisowe”. Na podstawie przeprowadzonych analiz dokonano oceny ryzyka ekologicznego i pogodowego w przedsięwzięciach w korytach rzek w zależności od terminów prac.

Wyniki analiz wskazują, że planowanie inwestycji ingerujących w ekosystemy wodne wymaga integracji danych środowiskowych i meteorologicznych oraz uwzględniania ich w harmonogramowaniu prac. Zaproponowane podejście może wspierać proces decyzyjny, przyczyniając się do zwiększenia bezpieczeństwa ekologicznego i operacyjnego realizowanych przedsięwzięć.



NIEWYKORZYSTANY POTENCJAŁ ŹRÓDEŁ – ROLA WYSOKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH POMIARÓW AUTOMATYCZNYCH W OPTYMALIZACJI MONITORINGU WÓD PODZIEMNYCH

Małgorzata Jarosz¹

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki w Krakowie, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków,
malgorzata.jarosz@pgi.gov.pl

Źródła wód podziemnych, szczególnie te zlokalizowane w spękanych poziomach wodonośnych fliszu karpackiego, pełnią funkcję "naturalnych sensorów" systemu hydrogeologicznego. Charakteryzują się one niemal natychmiastową reakcją na opady atmosferyczne, co precyzyjnie odzwierciedla płytką cyrkulację wody oraz wysoką impulsywność дренаżu. Dzięki wysokiej wrażliwości, źródła stanowią doskonały system wczesnego ostrzegania przed suszą hydrogeologiczną oraz konsekwencjami postępujących zmian klimatycznych.

Zasadniczym celem pracy była ocena dynamiki дренаżu wód podziemnych we fliszu karpackim oraz wykazanie, że w tak wysoce reaktywnych układach tradycyjny monitoring manualny prowadzony metodą wolumetryczną jest niewystarczający.

Analizie poddano 28 źródeł stanowiących punkty sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych (SOBWP) prowadzonej przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), zlokalizowanych w południowej Polsce w obrębie zewnętrznych Karpat fliszowych. Podstawę analityczną stanowiły surowe, wieloletnie ciągi danych z manualnych pomiarów wydajności (głównie cotygodniowych), obejmujące serie o długości od 8 do 50 lat. Zrezygnowano ze sztucznej interpolacji przerw w obserwacjach, opierając analizy statystyczne i wnioskowanie wyłącznie na rzetelnych, historycznych pomiarach. Zastosowano klasyczne wskaźniki i klasyfikacje hydrogeologiczne (m.in. Meinzera, Mailleta i Keilhacka), wykorzystując je jako obiektywne narzędzia diagnostyczne i decyzyjne do udowodnienia ekstremalnej zmienności badanych obiektów.

Badania potwierdziły niezwykle wysoką dynamikę дренаżu: 100% źródeł sklasyfikowano jako zmienne według wskaźnika V Meinzera ($>100\%$). W przypadku wielu źródeł współczynnik zmienności (CV) przekraczał 150%. W skali Mailleta ponad 60% źródeł uznano za wysoce zmienne ($R > 50$).

Na podstawie otrzymanych wyników klasyfikacji oraz statystyki opisowej udowodniono, iż rzadkie pomiary ręczne (aktualnie wykonywane raz w tygodniu) skutkują zjawiskiem "aliasingu sygnału", czyli omijaniem nagłych, krótkotrwałych pików wezbraniowych. Powoduje to utratę informacji nawet o 70% tego typu zdarzeń. W efekcie prowadzi to do znacznego niedoszacowania dynamicznych zasobów wodnych oraz uniemożliwia prawidłowe wyznaczenie krzywych recesji.

Podsumowując, wdrożenie zautomatyzowanego, wysokoczęstotliwościowego monitoringu wydajności źródeł krajowej sieci SOBWP stanowi absolutny wymóg metodyczny.



**XXXI KONFERENCJA NAUKOWA
INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM**

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

**SYSTEM MONITOROWANIA EMISJI I JAKOŚCI DANYCH
W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM**

Marzena Jędrzejowska

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Krajowa Baza o emisji gazów cieplarnianych i innych substancji jest systemem informatycznym zawierającym zbiór informacji o wielkościach emisji i ich źródłach. Dane o emisjach przekazywane są do Krajowej Bazy przez podmioty zobowiązane do składania corocznego raportu. Wprowadzone do systemu informacje wykorzystywane są m.in. na potrzeby: sprawozdań krajowych i międzynarodowych, modelowania matematycznego transportu i przemian substancji w powietrzu, krajowej inwentaryzacji emisji, programów ochrony środowiska czy prac naukowych. Dbanie o wiarygodność tych danych jest niezwykle istotne dlatego też doskonalenie Krajowej Bazy jest procesem niezbędnym. W pracy przedstawiono problem czasochłonności oraz podatności na błędy metody manualnych testów systemu. Planowane badania obejmują analizę danych wprowadzonych przez podmioty z sektora Gospodarki odpadami i ściekami oraz możliwość zastosowania testów automatycznych jako wsparcia procesu zapewnienia jakości systemu informatycznego i wiarygodności informacji przezywanych przez te podmioty.



EFEKTYWNOŚĆ USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ Z WÓD POWIERZCHNIOWYM W SYSTEMIE HYDROFITOWYM

**Krzysztof Józwiakowski¹, Michał Marzec¹, Magdalena Gizińska-Górna¹,
Agnieszka Micek¹, Grzegorz Wyrkowski¹, Justyna Bochacz²,
Kamila Rybczyńska-Tkaczyk², Marta Duda³**

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Inżynierii Środowiska, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin,
krzysztof.jozwiakowski@up.lublin.pl, michal.marzec@up.edu.pl, magdalena.gizinska-gorna@up.edu.pl, agnieszka.micek@up.edu.pl,
grzegorz.wyrkowski@up.edu.pl

²Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Katedra Mikrobiologii Środowiskowej, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069
Lublin, kamila.rybczynska-tkaczyk@up.edu.pl, justyna.bohacz@up.edu.pl

³Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Środowiska, ul. Leszczyńskiego 7,
20-069 Lublin, duda.marta001@gmail.com

Obiektem badań był system hydrofitowy, który oczyszcza wody z rzeki Ciemięgi, zasilające mały zbiornik retencyjny na terenie gminy Jastków w woj. lubelskim. System hydrofitowy składa się ze zbiornika sedimentacyjnego oraz z czterech następujących po sobie układów oczyszczania z podpowierzchniowym i powierzchniowym przepływem, skonstruowanych w formie serpentynowych rowów biologicznych i wypełnionych materiałem filtracyjnym oraz porośniętych roślinnością wodnolubną i wodną.

Celem badań była ocena jakości wody z rzeki Ciemięgi przed i za zbiornikiem retencyjnym oraz w efektów oczyszczania wody w systemie hydrofitowym. Próby wód do badań pobierano raz w miesiącu w latach 2024-2025. Analizowano takie parametry, jak: temperatura, pH, tlen rozpuszczony, przewodność elektrolityczna, zawiesina ogólna, BZT₅, ChZT_{cr}, azot ogólny, azot azotanowy, azot azotynowy, azot amonowy, fosfor ogólny, chlorki, siarczany, potas, jak również obecność bakterii *Escherichia coli* (*E.coli*) oraz enterokoków kałowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że analizowany system hydrofitowy przed zalewem w Jastkowie spełnia swoją rolę, zarówno w zakresie usuwania zanieczyszczeń z wody, jak i wzbogacania jej w tlen, niezbędny do zapewnienia korzystnych warunków do samooczyszczania. Szczególnie wysokie efekty uzyskano w zakresie redukcji enterokoków kałowych i bakterii *E.coli*. w systemie hydrofitowym – odpowiednio w 100 i 90%, co jest bardzo korzystne w aspekcie wykorzystania zalewu w celach turystycznych – np. do organizacji kąpieliska, czy uprawiania sportów wodnych.



**NATURE-BASED SOLUTIONS W PRAKTYCE
- FUNKCJONOWANIE HYDROFITOWEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW
W OKRESIE ROZRUCHU**

Karolina Jóźwiakowska¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji,
Katedra Maszyn Rolniczych, Leśnych i Transportowych, karolina.jozwiakowska@up.edu.pl

Hydrofitowe oczyszczalnie ścieków stanowią przykład rozwiązań typu Nature-Based Solutions (NBS), ponieważ wykorzystują naturalne procesy zachodzące w układzie roślinność–podłoże–mikroorganizmy do efektywnego oczyszczania ścieków przy ograniczonym zużyciu energii i stosunkowo niskiej ingerencji technologicznej.

W ramach badań przeanalizowano działanie pełnowymiarowej hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków zaprojektowanej na średnią dobową przepustowość 74 m³/dobę pod kątem jej wydajności operacyjnej i niezawodności w okresie rozruchu (12 miesięcy, od kwietnia 2023 r. do marca 2024 r.). Skupiono się wyłącznie na części biologicznej składającej się z 2 równoległych systemów złożów gruntowo-roślinnych, z czego pierwsze złożo hydrofitowe posiada pionowy przepływ ścieków (vertical flow - VF), a drugie - poziomy przepływ ścieków (horizontal flow - HF). Wybrano trzy punkty poboru próbek, tj. ścieki po oczyszczeniu mechanicznym, odpływ ze złożów typu VF oraz odpływ ze złożów typu HF. Na przestrzeni pierwszego roku funkcjonowania obiektu, raz w miesiącu, w pobranych ściekach analizowano podstawowe wskaźniki zanieczyszczeń: BZT₅, ChZT, stężenie zawiesiny ogólnej oraz stężenia związków biogennych: fosforu ogólnego (P_{og.}) i azotu ogólnego (N_{og.}).

Badany system zapewniał wysoką skuteczność oczyszczania ścieków usuwając odpowiednio 96% i 89% zanieczyszczeń organicznych wyrażonych wskaźnikami BZT₅ i ChZT, a także redukując stężenie zawiesiny ogólnej, P_{og.} i N_{og.} o odpowiednio 82%, 41% i 50%. Przy wyższych temperaturach powietrza w sezonie wiosenno-letnim (średnia od kwietnia do września wynosiła 16,8 °C) w złożu typu VF osiągnięto wyższe wskaźniki redukcji dla ChZT, P_{og.} i N_{og.}. Ponadto w złożu typu HF w sezonie wegetacyjnym uzyskano większą redukcję stężenia zawiesiny ogólnej w porównaniu z okresem jesienno-zimowym, kiedy średnia temperatura od października do marca wynosiła 3,9 °C. Wskazuje to, że zbiorowe hydrofitowe oczyszczalnie ścieków, obsługujące całe społeczności (w przeciwieństwie do małych systemów przydomowych), są bardziej podatne na sezonowe wahania temperatury powietrza, co prowadzi do zmniejszenia skuteczności usuwania zanieczyszczeń w okresach chłodnych. W niniejszej pracy wykazano również, że wyższe wartości wskaźników BZT₅/N_{og.} i BZT₅/P_{og.} nie zwiększały podatności ścieków na rozkład związków biogennych. Wskazano także na konieczność prowadzenia dalszych analiz w celu oceny, jak zmieni się funkcjonowanie obiektu w późniejszym czasie, po okresie rozruchu.



REALIZACJA CELÓW ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU W KONTEKŚCIE ŚLADÓW ŚRODOWISKOWYCH DIETY STUDENTA

Agnieszka Karczmarczyk¹, Anna Baryła¹, Agnieszka Bus¹

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Kształtowania Środowiska i Teledetekcji,
Nowoursynowska 159, e-mail: agnieszka_karczmarczyk@sggw.edu.pl

Realizacja celów zrównoważonego rozwoju (SDG) wymaga ograniczenia presji środowiskowej systemów żywnościowych. Badania analizujące ślad środowiskowy diet studenckich opierają się najczęściej na śladzie węglowym (Henriksson i in. 2021), czasami wspieranym śladem wodnym (Hatjiathanassiadou i in. 2023), a wyniki wskazują na rozwój niezdrowych i wysokoemisyjnych wzorców żywieniowych (Jovanovic i in. 2025) oraz niską zgodność z dietami zrównoważonymi (Ludwig-Borycz i in. 2023). Wybory żywieniowe studentów mogą znacząco wpływać na realizację co najmniej ośmiu celów zrównoważonego rozwoju (SDG 2-4, 6, 12-15).

Celem pracy jest ocena śladu wodnego i węglowego diety studenta oraz analiza możliwości wpływu uczelni na ograniczenie śladów środowiskowych diety studentów i tym samym wsparcie realizacji celów zrównoważonego rozwoju. W badaniu wzięło udział 64 studentów I roku kierunku Architektura krajobrazu (44) oraz III roku kierunku Ochrona środowiska (20). Ślady środowiskowe były określane samodzielnie przez studentów na podstawie tygodniowego jadłospisu. Studenci określili ślady diety dla każdego dnia, a następnie obliczyli średnią z tygodnia. Dane źródłowe do obliczeń pochodziły z otwartych i powszechnie dostępnych zasobów.

Średni ślad wodny diety studenta wyniósł 2162,0 L/d (min 687,0; max 4634,3; med. 1988,0 L/d). Średni ślad węglowy diety studenta wyniósł 3,50 kg CO₂e/d (min 1,28, max 11,75, med. 3,20 kg CO₂e/d). Na podstawie określonych śladów można stwierdzić, że badana populacja studentów prezentuje relatywnie zrównoważone wzorce żywieniowe. Analiza możliwości wpływu uczelni na ograniczenie śladów środowiskowych diety studentów wykazała szeroki wachlarz możliwych aktywności w zakresie edukacji i kształtowania postaw, wspierania produktów o niższym śladzie środowiskowym (polityka cenowa, strategie marketingowe), a także rozwiązań organizacyjnych mających na celu ograniczanie marnowania żywności.

LITERATURA

- Hatjiathanassiadou, M., Rolim, P. M., & Seabra, L. M. J. (2023). Nutrition and its footprints: Using environmental indicators to assess the nexus between sustainability and food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1078997. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1078997>
- Henriksson, P. J. G., Cucurachi, S., Guinée, J. B., Heijungs, R., Troell, M., & Ziegler, F. (2021). A rapid review of meta-analyses and systematic reviews of environmental footprints of food commodities and diets. *Global Food Security*, 28, 100508. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100508>
- Kendel Jovanović, G., Krešić, G., Dujmić, E., & Pavičić Žeželj, S. (2025). Adherence to the Planetary Health Diet and Its Association with Diet Quality and Environmental Outcomes in Croatian University Students: A cross-sectional study. *Nutrients*, 17(11), 1850. <https://doi.org/10.3390/nu17111850>
- Ludwig-Borycz, E., Neumark-Sztainer, D., Larson, N., Baylin, A., Jones, A. D., Webster, A., & Bauer, K. W. (2023). Personal, behavioural and socio-environmental correlates of emerging adults' sustainable food consumption in a cross-sectional analysis. *Public Health Nutrition*, 26(6), 1306–1316. <https://doi.org/10.1017/S1368980023000654>



POSSIBILITIES FOR UTILIZING SAWDUST WASTE FROM PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR*) AS A NATURAL ADSORBENT FOR REMOVING METALS FROM WATER

Tomasz Kalak

Poznań University of Economics and Business, Institute of Quality Science, Department of Industrial Products and Packaging Quality, Niepodległości 10, 61-875 Poznań, Poland, e-mail: tomasz.kalak@ue.poznan.pl

The increasing contamination of aquatic environments with heavy metals has intensified the search for effective, low-cost, and environmentally friendly adsorbents. Lignocellulosic residues generated by the wood-processing sector are of particular interest because they combine wide availability, biodegradability, and potential usefulness in circular economy strategies. This review discusses the possibilities of utilizing sawdust waste from pedunculate oak (*Quercus robur*) as a natural adsorbent for removing selected metal ions from water and wastewater.

The analysis was based on publications and selected statistical or technical sources related to biomass valorization, wood-processing residues, and biosorption. Particular attention was given to the physicochemical features of oak sawdust, including its porous structure and the presence of hydroxyl, carboxyl, and phenolic groups that may participate in metal binding. The main adsorption mechanisms considered include ion exchange, complexation, physical adsorption, and electrostatic interactions.

The review summarizes the influence of key process parameters such as pH, contact time, initial metal concentration, adsorbent dose, and particle size on adsorption performance. Available literature data indicate that oak-derived or deciduous sawdust can remove metals such as Pb(II), Cd(II), Cu(II), Zn(II), and Ni(II), although reported adsorption capacities vary considerably depending on experimental conditions and modification methods. Chemical, physical, and bio-based modifications may improve adsorption efficiency by increasing surface activity, porosity, or the availability of functional groups.

The poster also considers the potential availability of oak sawdust waste in Poland using national wood harvest data and typical sawdust-generation assumptions. This approach highlights the relevance of oak sawdust as an underutilized biomass residue that could be valorized in sustainable water treatment systems. Although raw sawdust is generally less efficient than engineered adsorbents, its low cost, renewability, and environmental compatibility support its use as a preliminary or complementary treatment material. Further research should focus on standardized adsorption studies for *Quercus robur*, regeneration and reuse, real wastewater testing, and techno-economic and life-cycle assessment.



RENATURYZACJA RZEKI RABY JAKO NARZĘDZIE POPRAWY FUNKCJONOWANIA EKOSYSTEMU I JAKOŚCI EKOLOGICZNEJ WÓD

Renata Kędzior¹, Natalia Michnowska¹

¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Aleja Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: renata.kedzior@urk.edu.pl

Rzeki górskie są dynamicznymi ekosystemami, których struktura i funkcjonowanie zależą od naturalnych procesów hydromorfologicznych, w tym erozji bocznej, transportu rumowiska oraz zróżnicowania siedlisk korytowych. Długotrwała regulacja koryt, eksploatacja osadów oraz ograniczanie swobodnej migracji rzek prowadzą do uproszczenia morfologii koryta, degradacji siedlisk i pogorszenia warunków dla organizmów wodnych. Jednym z kierunków przeciwdziałania tym procesom jest renaturyzacja, ukierunkowana na odtworzenie naturalnej dynamiki rzeki oraz poprawę warunków ekologicznych. Celem badań była ocena wpływu działań renaturyzacyjnych na stan ekologiczny górnego odcinka rzeki Raby w Karpatach Zachodnich. Analizowany obszar obejmował fragment rzeki objęty projektem „Upper Raba River Spawning Grounds”, realizowanym w latach 2011–2016, którego istotnym elementem było wyznaczenie erodowalnego korytarza rzeczno-geomorfologicznego umożliwiającego swobodniejszą migrację koryta i rozwój naturalnych procesów fluwialnych. Badania przeprowadzono w 2020 roku na sześciu stanowiskach: trzech zlokalizowanych w odcinkach renaturyzowanych oraz trzech w odcinkach nierenaturyzowanych. Ocenę oparto na analizie zgrupowań makrobezkręgowców bentosowych, obejmującej liczebność, liczbę taksonów, indeks różnorodności Shannona-Wienera oraz wybrane wskaźniki biotyczne, w tym BMWP-PL i udział taksonów EPT. Wyniki wskazują, że odcinki renaturyzowane charakteryzowały się korzystniejszymi parametrami biologicznymi niż odcinki nierenaturyzowane, co przejawiało się większą różnorodnością makrobezkręgowców oraz wyższymi wartościami wskaźników biotycznych. Uzyskane rezultaty sugerują, że odtworzenie przestrzeni dla procesów korytowych może sprzyjać poprawie jakości siedlisk oraz warunków ekologicznych w górskich ciekach wodnych. Badania potwierdzają przydatność makrobezkręgowców bentosowych jako wskaźników oceny skuteczności działań renaturyzacyjnych. Wyniki wskazują również, że renaturyzacja oparta na koncepcji erodowalnego korytarza rzeczno-geomorfologicznego może stanowić skuteczne narzędzie wspierające poprawę funkcjonowania ekosystemów rzecznych.

Słowa kluczowe: renaturyzacja rzek; funkcjonowanie ekosystemu; jakość wód: hydromorfologia; odtwarzanie koryta; monitoring ekologiczny; bioindykatory



ZAGOSPODAROWANIE ODPADOWEJ SERWATKI KWAŚNEJ DO PRODUKCJI FORMULACJI KOSMETYCZNYCH

Ewa Kilian-Pięta¹, Mateusz Szczygielda²

¹Symbiosis Sp. z o. o., Rubież 46H, 61-612 Poznań, ewa.kilian@symbiosis.pl

²Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Berdychowo 4, 60-965 Poznań, mateusz.szczygielda@put.poznan.pl

Jednym z głównych wyzwań stawianych przez współczesny przemysł mleczarski jest zagospodarowanie poprodukcyjnej serwatki będącej mieszaniną wartościowych składników takich jak białka, laktoza, tłuszcze, kwasy organiczne i witaminy [1]. Szczególnie problematycznym odpadem w produkcji serów twarogowych jest serwatka kwaśna, charakteryzująca się wyższą zawartością kwasu mlekowego i niższą zawartością białek w porównaniu do serwatki podpuszczkowej (pH 5,2–6,7) [1]. W ostatnich latach proponuje się wiele metod zagospodarowania serwatki, w tym: jej bezpośrednie zastosowanie w rolnictwie, frakcjonowanie membranowe, wykorzystanie serwatki jako surowca do produkcji biogazu oraz poddanie jej fermentacji z użyciem mieszanych kultur bakterii, ukierunkowanej na produkcję średniołańcuchowych kwasów karboksylowych [2-3]. Wydaje się jednak, że dzięki obecności składników o charakterze prozdrowotnym tj. witaminy C, witamin z grupy B (ryboflawina – B2, pirydoksyna – B6) oraz białek, takich jak laktoglobulina, laktoalbumina, immunoglobulina i laktoferyna, głównym sektorem wykorzystania serwatki może stać się przemysł kosmetyczny [4]. Jednocześnie, dzięki zastosowaniu ciśnieniowych procesów membranowych, takich jak mikrofiltracja (MF), ultrafiltracja (UF) i nanofiltracja (NF), możliwe jest projektowanie nowych surowców kosmetycznych na bazie serwatki o określonym składzie. Co istotne, serwatka kwaśna stosowana jako podstawowy surowiec w formulacjach kosmetycznych może stanowić alternatywę dla wody technologicznej. Takie podejście, w którym odpad jednej gałęzi przemysłu staje się surowcem dla innej, jest zgodne z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ). W niniejszej pracy przedstawiono sposób zagospodarowania odpadowej serwatki kwaśnej powstałej jako odpad po produkcji serów białych w OSM Rawicz stanowiącej bazowy surowiec do produkcji nowej serii kosmetyków *MilkyWhey* opracowanej przez Symbiosis Sp. z o.o.

Literatura:

- [1] S. Maślanka, A. Kos, M. Bańczyk, I. Czopek, Ł. Adam, CHEMIK 2015, 69, 4, 241–251.
- [2] M. Stobiecka, J. Król, A. Brodziak, B. Topyła, ISBN 978-83-7259-280-4 on-line, str. 19-25.
- [3] J. Xu, J. Hao, J. J.L. Guzman, C. M. Spirito, L.A. Harroff, L.T. Angenent, Joule, 2 (2018) 280-295.
- [4] E. Czarnecka-Skubina, M. Pielak, K. Neffe-Skocińska, K. Kajak-Siemaszkó, S. Karp-Paździerska, A. Głuchowski, M. Mroczkowska-Wyrwisz, E. Rosiak, J. Rutkowska, A. Antoniewska-Krzeska, D. Zielińska, Foods, 14,4258.



PERSPEKTYWY ROZWOJU FOTOWOLTAIKI W SYSTEMIE ENERGETYCZNYM POLSKI

Jarosław Knaga¹, Krzysztof Nęcka¹, Piotr Łyszczarz¹

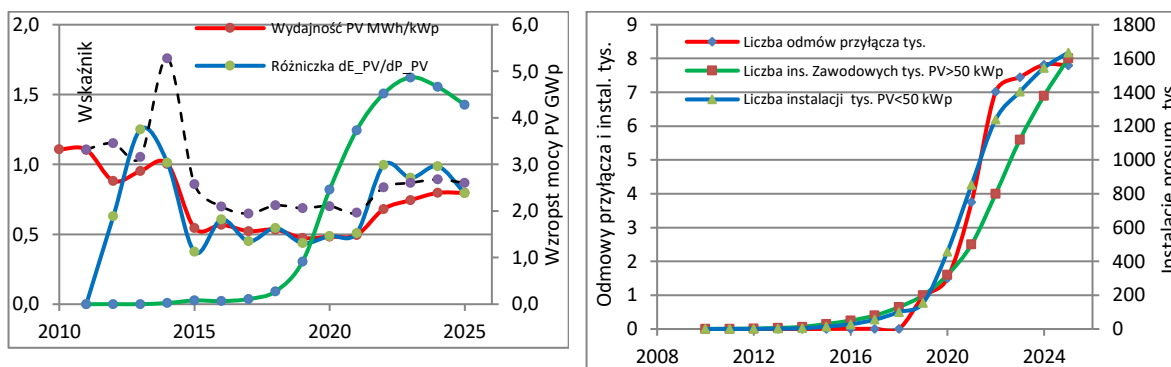
¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatykacji, jaroslaw.knaga@urk.edu.pl,

Fotowoltaika (PV) jest obecnie najszybciej rozwijającym się sektorem odnawialnych źródeł energii w Polsce. W latach 2010–2025 moc zainstalowana instalacji PV wzrosła z poziomu marginalnego do około 26 GW, czyniąc ją największym źródłem mocy zainstalowanej w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (KSE). Dynamiczny rozwój technologii, wsparcie systemów prosumenckich oraz spadek kosztów inwestycyjnych przyczyniły się do gwałtownego wzrostu liczby instalacji i produkcji energii elektrycznej. Jednocześnie coraz wyraźniej ujawniają się ograniczenia techniczne związane z integracją dużej liczby źródeł fotowoltaicznych z systemem elektroenergetycznym.

Celem pracy była analiza perspektyw dalszego rozwoju fotowoltaiki w Polsce w kontekście rosnącego nasycenia KSE mocą zainstalowaną PV oraz identyfikacja ograniczeń technicznych i systemowych wpływających na możliwości przyłączania nowych instalacji fotowoltaicznych. Szczególną uwagę poświęcono problemom bilansowania systemu, ograniczeniom sieciowym oraz zjawisku redukcji generacji energii z PV.

Badania przeprowadzono metodą analityczno-diagnostyczną, wykorzystując dane publikowane przez PSE, URE, ARE, Ministerstwo Klimatu i Środowiska oraz Eurostat. Analizie poddano dynamikę wzrostu mocy zainstalowanej PV, produkcję energii elektrycznej, udział OZE w KSE, liczbę odmów przyłączeń nowych źródeł oraz wskaźniki wydajności instalacji fotowoltaicznych w latach 2010–2025.

Wyniki wskazują, że dalszy rozwój fotowoltaiki coraz częściej napotyka ograniczenia wynikające z możliwości pracy systemu elektroenergetycznego. Moc źródeł OZE osiągnęła poziom przewyższający minimalne zapotrzebowanie KSE, co prowadzi do okresowych nadwyżek energii i konieczności ograniczania generacji. Jednocześnie obserwowany jest wzrost liczby odmów przyłączenia nowych źródeł OZE, świadczący o wyczerpywaniu się zdolności przyłączeniowych sieci elektroenergetycznych. Analiza wskaźników wydajności instalacji PV sugeruje również, że po 2023 roku (rys.1) zaczęły pojawiać się symptomy ograniczania możliwości oddawania energii do sieci, pomimo dalszego wzrostu mocy zainstalowanej. Oznacza to, że przyrost nowych mocy PV nie przekłada się już proporcjonalnie na wzrost energii wykorzystywanej przez system.



Rys. 1. Przebieg wybranych wskaźników instalacji PV



**XXXI KONFERENCJA NAUKOWA
INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM**

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

Wnioski: Polska znajduje się obecnie na etapie przejścia od dynamicznego rozwoju fotowoltaiki do fazy ograniczanej przez możliwości techniczne i eksploatacyjne KSE. Głównymi barierami dalszego wzrostu są ograniczona przepustowość sieci, rosnąca liczba odmów przyłączy oraz konieczność redukcji generacji w okresach nadprodukcji energii. Dalszy rozwój fotowoltaiki będzie wymagał rozbudowy sieci elektroenergetycznych, wdrażania magazynów energii, zwiększania elastyczności odbiorców oraz rozwoju mechanizmów zarządzania popytem. W najbliższych latach kluczowym wyzwaniem będzie nie tyle budowa nowych instalacji PV, ile efektywna integracja ich produkcji z Krajowym Systemem Elektroenergetycznym.

Słowa kluczowe: fotowoltaika, KSE, OZE, ograniczenia przyłączeniowe, transformacja energetyczna.



OCENA JAKOŚCI MAD PRÓCHNICZNYCH: STABILNOŚĆ AGREGATÓW GLEBOWYCH JAKO KLUCZOWY WSKAŹNIK W RÓŻNYCH SYSTEMACH UŻYTKOWANIA GRUNTÓW

Mirosław Kobierski¹, Beata Łabaz², Piotr Wojewódzki¹, Mariusz Piekarczyk³

¹Department of Biogeochemistry, Soil Science, Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Bydgoszcz University of Science and Technology, 6 Bernardyńska Street, 85-029 Bydgoszcz, Poland, kobierski@pbs.edu.pl; Piotr.Wojewodzki@pbs.edu.pl

²Institute of Soil Science, Plant Nutrition and Environmental Protection, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, 53 Grunwaldzka Street, 50-357 Wrocław, Poland,

³Department of Agronomy and Food Processing, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Bydgoszcz University of Sciences and Technology, 7 Kaliskiego Street 85, 85-796 Bydgoszcz, Poland, mapiek@pbs.edu.pl

Zawartość agregatów glebowych może służyć jako wiarygodny wskaźnik kondycji gleby, a obecność agregatów stabilnych w wodzie stanowi jeden z kluczowych parametrów stosowanych do oceny jakości gleb rolniczych wykorzystywanych jako grunty orne i użytki zielone dolin zalewowych Dolnej Wisły.

Ocena zawartości węgla organicznego w glebie (SOC), stężenia kationów wymiennych oraz roli minerałów ilastych i tlenków żelaza w stabilności agregatów glebowych ma zasadnicze znaczenie dla określenia potencjału mad rzecznych jako kluczowego rezerwuaru węgla na obszarach równin zalewowych. Niewiele jednak wiadomo na temat wpływu rolniczego użytkowania mad na właściwości gleby i stabilność agregatów, co stanowi cel niniejszego badania. Praktyki uprawowe na glebach ornym zmniejszają zawartość węgla organicznego ogółem i rozpuszczonego (DOC), a także zawartość glomaliny – czynników kluczowych dla określenia stabilności agregatów glebowych. Próbkę gleby scharakteryzowano za pomocą standardowych analiz fizykochemicznych. Rozkład wielkości agregatów i ich stabilność w wodzie oceniono metodą przesiewania na mokro. Skład minerałów ilastych określono za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). Przekształcenie gleb aluwialnych równiny zalewowej Wisły z trwałych użytków zielonych w grunty orne spowodowało zmniejszenie zasobów węgla organicznego ogółem (TOC) (z 10,3 do 4,43 kg m⁻²) oraz 33-procentowy spadek zdolności wymiany kationów (CEC), co znacznie osłabiło zdolność buforową tych chronionych ekosystemów. Intensyfikacja rolnictwa spowodowała pogorszenie jakości fizycznej gleby o czym świadczy spadek stabilności wodnej makroagregatów o ponad 90%. W tych bogatych w smektyt glebach spadek zawartości TOC aktywuje naturalny potencjał dyspersyjny gleby, co prowadzi do szybkiej degradacji struktur agregatowych. Ta fizyczna destabilizacja jest bezpośrednio powiązana ze spadkiem zawartości glomaliny i stężenia kationów Ca²⁺ wymiennych, co podkreśla, że utrzymanie wysokiej zawartości SOC jest podstawowym warunkiem łagodzenia niestabilności mineralogicznej i zachowania integralności ekologicznej mad próchnicznych.

Na chronionych obszarach równin zalewowych utrzymanie półnaturalnych użytków zielonych ma zasadnicze znaczenie dla sekwestracji węgla i zachowania funkcji gleby podczas powodzi.



MONITORING EMISJI CO₂ Z GLEB ORGANICZNYCH W RAMACH PROJEKTU LIFE ORGFLUX-PL

***Joanna Kocięcka¹, Barbara Kęsicka¹, Daniel Liberacki¹, Marcin Stróżecki², Patryk Poczta²,
Damian Józefczyk², Bogdan H. Chojnicki²***

¹Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, joanna.kociecka@up.poznan.pl, barbara.kesicka@up.poznan.pl, daniel.liberacki@up.poznan.pl

²Katedra Bioklimatologii, Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, marcin.strozecki@up.poznan.pl, patryk.poczta@up.poznan.pl, damian.jozefczyk@up.poznan.pl, bogdan.chojnicki@up.poznan.pl

Ilościowe szacowanie wielkości emisji gazów cieplarnianych z obszarów o zróżnicowanym zagospodarowaniu jest jednym z większych wyzwań stojących obecnie przed krajami Unii Europejskiej. Jest to niezbędny krok ku lepszemu poznaniu zachodzących procesów i osiągnięciu ambitnego celu neutralności klimatycznej do 2050 roku. W celu poprawy szacowania emisji strumieni gazów cieplarnianych w glebach organicznych użytkowanych rolniczo potrzebny jest zestaw danych dotyczących zarówno warunków środowiskowych, jak i praktyk zarządzania wpływających na dynamikę obiegu węgla w środowisku. Dane te zostaną zgromadzone dzięki realizacji projektu LIFE pt. „Opracowanie zaawansowanej wielopoziomowej metody inwentaryzacji strumieni gazów cieplarnianych z gleb organicznych użytkowanych rolniczo” (akronim OrgFluX-PL). Projekt ten realizowany jest przez konsorcjum takich instytucji, jak: Instytut Ochrony Środowiska PAN, Instytut Agrofizyki PAN, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Łódzki oraz Instytut Technologiczno-Przyrodniczy PAN.

W OrgFluX-PL, wykorzystana będzie kombinacja danych przestrzennych, teledetekcyjnych i gromadzonych in situ, dzięki temu stworzone zostanie narzędzie modelowania przestrzennego emisji CO₂ z gleb organicznych. W ramach projektu zaplanowano systematyczne wykonywanie pomiarów emisji CO₂ metodą komorową w różnych obszarach Polski, a w Wielkopolsce wyznaczono pięć lokalizacji znajdujących się na łąkach na glebach organicznych.

Dzięki systematycznym pomiarom na tych stanowiskach możliwa będzie kwantyfikacja strumieni gazów cieplarnianych, a opracowana metodologia integracji danych przestrzennych umożliwi precyzyjne określenie współczynników emisji dla badanych gruntów. Wyniki modelowania strumieni gazów cieplarnianych zostaną rozpowszechnione w formie interaktywnego narzędzia, które w dalszej perspektywie może wspierać proces rolnictwa węglowego poprzez dostarczanie danych referencyjnych dotyczących emisji. Ponadto system inwentaryzacji gazów cieplarnianych oparty na danych przestrzennych pomoże zidentyfikować obszary, na których występują straty węgla z degradowanych gleb organicznych i gdzie należy podjąć działania naprawcze.

Projekt finansowany jest ze środków UE z programu LIFE oraz ze środków krajowych z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (Um. Nr 101212871).



REMOTE SENSING APPROACHES FOR MAPPING FOREST DISTURBANCES

Richard Kovárník¹

¹*Mendel University in Brno, Faculty of Business and Economics, Department of Statistics and Operation Analysis, Zemědělská 1, 61300 Brno, Czech Republic, xkovarn1@mendelu.cz*

This study presents remote sensing-based approaches for assessing the impact of disturbances on forest ecosystems, using case studies from selected forest areas. The main objective is to demonstrate the potential of Sentinel-2 optical satellite data and vegetation indices for monitoring forest dynamics before and after disturbance events. In addition, the study highlights the complementary use of LiDAR data for the automated detection of fallen trees in protected forest environments.

Sentinel-2 surface reflectance data were processed within the Google Earth Engine Python API, including cloud masking and radiometric scaling. Vegetation indices, namely the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Burn Ratio (NBR), were derived and used to characterize changes in vegetation condition and disturbance intensity. Multi-temporal composites representing pre- and post-disturbance periods were utilized to identify spatial patterns of change.

Time series of NDVI and NBR were further analyzed at multiple temporal resolutions (monthly, quarterly, yearly) to capture vegetation dynamics over time. Smoothing techniques, including Savitzky–Golay filtering and LOWESS, were applied to reduce noise and enhance trend interpretation. In addition, unsupervised clustering was used to identify distinct temporal patterns in vegetation response.

The presented workflow demonstrates a flexible and transferable approach for forest disturbance monitoring, combining satellite-based time series analysis with advanced data processing techniques. The integration of optical and LiDAR data can provide a comprehensive framework for assessing both spectral and structural changes in forest ecosystems.

Acknowledgements: Supported by the grant IGA26-PEF-DP-003 of the IGA PEF MENDELU Grant Agency.



**BIOWĘGIEL W UPRAWIE WIERZBY ENERGETYCZNEJ
(*SALIX VIMINALIS* L.: WPŁYW NA WZROST I EFEKTYWNOŚĆ
ENERGETYCZNĄ**

Agnieszka Koziol¹, Małgorzata Mikiciuk², Dominika Paliwoda²

¹Instytut Technologiczno-Przyrodniczy Państwowy Instytut Badawczy, Al. Hrabka 3, 05-090 Raszyn (a.koziol@itp.edu.pl)

²Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin (Malgorzata.Mikiciuk@zut.edu.pl)

W obliczu rosnącego zapotrzebowania na energię oraz konieczności ograniczania emisji gazów cieplarnianych istotne znaczenie zyskuje rozwój odnawialnych źródeł energii, w tym biomasy, a wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.) jest powszechnym gatunkiem wykorzystywanym na cele energetyczne.

Celem pracy była ocena wpływu biowęgla na wzrost elongacyjny pędów i plon biomasy, intensywność fotosyntezy (A), transpirację (E), przewodnictwo szparkowe (gs), podszparkowe stężenie CO₂, efektywność wykorzystania wody (WUE) oraz wartość opałową biomasy klonu Bjor wierzby wiciowej. Analizowano wpływ biowęgla z łusek słonecznika (BS) oraz z brzozy (BB) na badane parametry wzrostowe, fizjologiczne i energetyczne roślin.

W badaniu nie stwierdzono wyraźnych różnic w dynamice wzrostu elongacyjnego pędów oraz przyroście biomasy pomiędzy analizowanymi wariantami doświadczenia. Tendencję do większego wzrostu pędów i wyższego plonu biomasy obserwowano jednak u roślin uprawianych w podłożu z dodatkiem biowęgla z brzozy. Dodatek biowęgla nie wpłynął istotnie na intensywność asymilacji CO₂ netto oraz przewodnictwo szparkowe. Biowęgiel z łusek słonecznika zwiększał efektywność wykorzystania wody (WUE), podczas gdy biowęgiel z brzozy nie wykazywał takiego efektu. W wariantach z dodatkiem biowęgla odnotowano obniżenie podszparkowego stężenia CO₂, przy czym najniższą wartość uzyskano dla biowęgla z łusek słonecznika. Najbardziej wyraźny efekt działania biowęgla dotyczył wartości opałowej biomasy. Najwyższą wartość opałową uzyskano w przypadku roślin rosnących w podłożu z dodatkiem biowęgla z brzozy (18,64 MJ/kg).

Uzyskane wyniki wskazują, że wpływ biowęgla na produktywność wierzby wiciowej zależy od jego rodzaju, a jego zastosowanie może przyczyniać się do poprawy wybranych parametrów użytkowych biomasy, w szczególności jej wartości energetycznej. Najkorzystniejsze efekty odnotowano w przypadku biowęgla z brzozy, który wpływał na zwiększenie wartości opałowej biomasy oraz wykazywał tendencję do stymulowania wzrostu i plonowania roślin. Otrzymane rezultaty sugerują możliwość wykorzystania biowęgla jako dodatku poprawiającego efektywność upraw roślin energetycznych, jednak konieczne są dalsze badania prowadzone w warunkach polowych oraz na glebach o zróżnicowanych właściwościach.



**ANALIZA POTRZEB EDUKACYJNYCH W ZAKRESIE
NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII KOMPOSTOWANIA ODPADÓW –
DOŚWIADCZENIA Z PROJEKTU BOKASHI**

***Anna Krakowiak-Bal, Kamil Ekinci, Yasemin Kavdir, Yahya Dogan, Ahemt E. Erginal,
Zuzanna Basak, Stanisław Famielec, Mateusz Malinowski***

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, anna.krakowiak-bal@urk.edu.pl

W kontekście realizacji założeń gospodarki o obiegu zamkniętym, strategii „zero odpadów” oraz zrównoważonego gospodarowania zasobami glebowymi, rośnie znaczenie ekologicznych metod zagospodarowania odpadów organicznych, w szczególności odpadów żywnościowych. Kompostowanie stanowi jedno z kluczowych narzędzi ograniczania ilości odpadów trafiających na składowiska, a jednocześnie przyczynia się do poprawy jakości gleby i wspierania zrównoważonej produkcji rolnej.

Opracowanie prezentuje wyniki analizy potrzeb przeprowadzonej w ramach projektu „Zero odpadów dzięki kompostowaniu Bokashi – produkcja kompostu dla zdrowej gleby”. Celem badania było określenie poziomu wiedzy, postaw oraz praktyk związanych z kompostowaniem odpadów organicznych, ze szczególnym uwzględnieniem metody Bokashi, a także identyfikacja potrzeb edukacyjnych w tym zakresie. W pracy dokonano identyfikacji i oceny potrzeb edukacyjnych różnych grup interesariuszy (studentów, rolników, pracowników samorządowych) w zakresie stosowania nowoczesnych technologii kompostowania odpadów biodegradowalnych.

Wyniki badań pozwoliły ocenić poziom świadomości ekologicznej respondentów, ich postrzeganie zrównoważonego gospodarowania odpadami oraz znajomość korzyści środowiskowych, ekonomicznych i społecznych wynikających z kompostowania. Analiza objęła również ocenę potencjału przedsiębiorczego związanego z wykorzystaniem kompostowania oraz identyfikację obszarów wymagających wsparcia edukacyjnego i rozwoju kompetencji. Uzyskane wyniki dostarczają podstaw do opracowania działań edukacyjnych i materiałów szkoleniowych promujących metodę Bokashi w kształceniu zawodowym. Stanowią również źródło wiedzy wspierające wdrażanie lokalnych strategii gospodarki o obiegu zamkniętym oraz rozwój kompetencji ekologicznych niezbędnych do efektywnego gospodarowania bioodpadami. Rezultaty badania będą wykorzystane do przygotowania programów edukacyjnych, modeli wdrożeniowych oraz strategii upowszechniania rezultatów projektu.

Wyniki badań pozwolą na opracowanie rekomendacji dotyczących tworzenia programów edukacyjnych dostosowanych do potrzeb poszczególnych grup odbiorców, z uwzględnieniem szkoleń praktycznych, kursów e-learningowych, warsztatów terenowych oraz działań promujących korzyści środowiskowe i ekonomiczne wynikające z prawidłowego kompostowania.



WPLYW APLIKACJI BIOWĘGLI NA DYNAMIKĘ MINERALIZACJI WĘGLA W GLEBACH – 3-LETNIE DOŚWIADCZENIE

Justyna Kujawska¹, Barbara Charmas²

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Konwersji Biomasy i Odpadów w Biopaliwa,
Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, j.kujawska@pollub.pl

² Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Chemii, Katedra Chromatografii, plac Marii Skłodowskiej-Curie 2,
20-031 Lublin, barbara.charmas@umcs.pl

W ostatnich latach coraz większą uwagę poświęca się metodom poprawy jakości gleb oraz zwiększania sekwestracji węgla organicznego. Jednym z rozwiązań wspomagających te procesy jest stosowanie biowęgla otrzymywanych w procesie pirolizy biomasy. Szczególne znaczenie mają biowęgla z osadów ściekowych, które mogą stanowić skuteczną metodę zagospodarowania odpadów oraz poprawy właściwości gleb, a także wpływać na zmiany form węgla i materii organicznej w pierwszych latach po ich aplikacji do gleby.

Celem badań była ocena wpływu temperatury wytwarzania biowęgla z osadów ściekowych, dawki aplikacji oraz typu gleby na zmiany wybranych form węgla w trzyletnim doświadczeniu wazonowym. Biowęgla otrzymano w procesie pirolizy w temperaturach 400°C, 500°C, 600°C oraz 800°C i zastosowano je w dwóch typach gleb: czarnoziem oraz glebie piaszczystej, w dawkach 5, 10, 20 i 40 t·ha⁻¹. W doświadczeniu analizowano zmiany całkowitego węgla organicznego (TOC), rozpuszczalnego węgla organicznego (DOC), rezydualnego węgla organicznego (ROC) oraz zawartości rodzimego węgla organicznego gleby (n-SOC) po miesiącu oraz po 3 latach od aplikacji biowęgla. Oznaczenia wykonano z wykorzystaniem analizatora RC612 LECO.

W większości badanych mieszanin glebowych po 3 latach stwierdzono wzrost zawartości n-SOC w porównaniu z wartościami oznaczonymi po miesiącu od aplikacji biowęgla. Wyższe wartości n-SOC uzyskano w czarnoziemie niż w glebie piaszczystej, szczególnie w wariantach z wyższymi dawkami biowęgla, otrzymanych w wyższych temperaturach pirolizy 600–800°C. Czarnoziem wykazał większą zdolność do stabilizacji materii organicznej. Najwyższą wartość n-SOC, 15,52 g·kg⁻¹, uzyskano dla mieszaniny czarnoziem z biowęgłem otrzymanym w 800°C, w dawce 20 t·ha⁻¹. Po 3 latach doświadczenia nastąpił spadek stężenia DOC w obu typach gleb. W mieszaninie czarnoziem z biowęgłem otrzymanym w 400 °C w dawce 40 t/ha wartości DOC zmniejszyły się z 7,67 mg·kg⁻¹ w 1 miesiącu do 6,50 mg·kg⁻¹ po 3 latach. Jednocześnie obserwowano wzrost wartości ROC, szczególnie dla biowęgla otrzymanych w temperaturach 600–800°C, wskazuje na większą trwałość i stabilność ROC w glebie.

Przeprowadzone badania wykazały, że temperatura wytwarzania biowęgla oraz typ gleby wpływają na stabilizację materii organicznej oraz potencjał sekwestracji węgla w glebie.



EFFECT OF SEWAGE SLUDGE-DERIVED BIOCHAR ON SOIL ORGANIC CARBON AND ORGANIC MATTER UNDER DIFFERENT APPLICATION RATES: A 3-YEAR POT EXPERIMENT

Justyna Kujawska¹, Barbara Charmas²

¹ Politechnika Lubelska, Faculty of Environmental Engineering and Energy, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, j.kujawska@pollub.pl

² Faculty of Chemistry, Maria Curie-Skłodowska University, Maria Curie-Skłodowska 3, 20-031 Lublin, Poland; barbara.charmas@mail.umcs.pl

Soil organic carbon (SOC) plays a key role in soil fertility and carbon sequestration. Biochar, due to its high stability and carbon content, may significantly influence soil carbon dynamics depending on application rate and properties. The aim of this study was to evaluate the effect of sewage sludge-derived biochar on soil organic carbon and organic matter content under controlled pot conditions.

A three-year pot experiment was conducted using increasing biochar application rates equivalent to 2.5%, 5%, 10% and 15% (w/w), with untreated soil as a control. The results showed a clear increase in total organic carbon (TOC) and total carbon content in biochar-amended soils compared to the control. The highest TOC values reached approximately 2.38%, whereas in control treatments they did not exceed 1.42%. Similarly, total carbon content increased up to 2.67% in amended soils.

Organic matter content also increased with biochar addition, reaching values above 4.8% at higher application rates. The observed effects were dose-dependent, with the most pronounced increases occurring at medium to high biochar levels (10–15%). Lower application rates resulted in smaller changes, indicating that the response of soil carbon fractions depends strongly on biochar dose.

The findings confirm that sewage sludge-derived biochar can significantly enhance soil carbon content and organic matter accumulation. These results are consistent with long-term studies showing that biochar influences soil carbon dynamics through modification of soil properties and interactions with native organic matter. The study highlights the importance of optimizing biochar application rates to maximize soil carbon sequestration benefits.

Keywords:

biochar, sewage sludge, soil organic carbon, total organic carbon, soil organic matter



TOWARDS SUSTAINABLE WATER USE IN MAIZE CULTIVATION: IRRIGATION SCHEDULING BASED ON LONG-TERM FIELD

Renata Kuśmierek-Tomaszewska¹, Jacek Żarski¹, Stanisław Dudek

¹Katedra Biogeochemii, Gleboznawstwa i Melioracji Wodnych, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii
Politechnika Bydgoska im. J.J. Śniadeckich, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
Renata.Kusmierek-Tomaszewska@pbs.edu.pl, Jacek.Zarski@pbs.edu.pl

The economic importance of grain maize in Poland is steadily increasing, with a significant portion of its cultivation (approx. 42%) concentrated in the central regions (Wielkopolskie, Kujawsko-Pomorskie, and Mazowieckie). However, these areas face the lowest average rainfall in the country and frequent agricultural droughts, leading to yield losses of up to 28% in dry years. The study aimed to evaluate the impact of drip irrigation on maize yields and to identify the most critical periods of water demand to improve irrigation scheduling.

The research was based on long-term field experiments conducted between 2005 and 2020 at the research station in Mochełek (near Bydgoszcz) on light soil. The study utilized innovative drip irrigation technology combined with fertigation and advanced automation. Researchers monitored agrometeorological indices, including total precipitation (P), Sielianinov's hydrothermal coefficient (k), and the Relative Precipitation Index (RPI), across different growth stages.

Key Findings:

- **Critical Period:** The study identified that the period of **intensive plant growth (June and July) is the most critical time when weather conditions have the greatest impact on final yields.
- **Yield Increase:** Drip irrigation resulted in a substantial average yield increase of 54.1%, which translates to an additional 4.77 t·ha⁻¹ of grain compared to non-irrigated crops.
- **Stabilization of Production:** Irrigation significantly reduced production risk. The coefficient of variation (CV) for yields dropped from 50.5% in rain-fed cultivation to 17.1% with drip irrigation, ensuring much more predictable harvests.
- **Water Use Efficiency:** On average, every 1 mm of irrigation water applied produced an additional 40.3 kg of grain per hectare.

Conclusion and Practical Implications:

The study concludes that drip irrigation is a highly effective tool for neutralizing the negative effects of drought and stabilizing maize production in central Poland. While the technical and production benefits are clear, the authors note that the widespread adoption of these systems in practical farming will depend on economic factors (grain market prices), infrastructure development, and the availability of water sources. The established correlations between June–July rainfall and yield increases provide a reliable basis for forecasting and programming irrigation needs in the region.



ANIZOTROPOWA TEKSTURYZACJA POWIERZCHNI KRZEMU DLA ZAAWANSOWANYCH OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH III GENERACJI

Paweł Kwaśnicki^{1,2,3}, Anna Gronba-Chyla¹

¹Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Wydział Medyczny, Instytut Farmacji, amgronba@kul.pl; pawel.kwasnicki@kul.pl

²Research & Development Centre for Photovoltaics, ML System S.A.

³Politechnika Rzeszowska, Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej, Katedra Fizyki i Inżynierii Medycznej

Anizotropowa teksturyzacja powierzchni krzemu stanowi kluczowy element inżynierii pułapki optycznej oraz redukcji współczynnika odbicia w zaawansowanych strukturach fotowoltaicznych, szczególnie w konfiguracjach wykorzystujących zjawiska falowe i rezonansowe w nanostrukturach. W połączeniu ze strukturami niskowymiarowymi, takimi jak kropki kwantowe, nanodruty czy nanowarstwy, odpowiednio zaprojektowany profil topografii powierzchni umożliwia poszerzenie spektrum efektywnej absorpcji promieniowania słonecznego poza klasyczne ograniczenia krzemu monokrystalicznego.

W pracy przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem anizotropowego trawienia powierzchni krzemu jako metody formowania nowych typów teksturyzacji, zoptymalizowanych pod kątem współpracy ze strukturami niskowymiarowymi w krzemowych ogniwach fotowoltaicznych III generacji o architekturze IBC/BIFACIAL. Punktem wyjścia były monokrystaliczne podłoża krzemowe: niedomieszkowane, domieszkowane typu n oraz typu p, które poddano kontrolowanemu procesowi modyfikacji powierzchni oraz charakterystyce strukturalno-elektronicznej. Wykorzystano skaningową mikroskopię elektronową (SEM), mikroskopię sił atomowych (AFM), dyfrakcję rentgenowską (XRD), spektroskopię Ramana oraz pomiary efektu Halla metodą van der Pauw w szerokim zakresie temperatur 110–350 K, co umożliwiło korelację topografii i jakości krystalicznej z parametrami transportu ładunku. Obrazy SEM nie wykazały niepożądanych przejść fazowych w pobliżu warstw domieszkowanych, natomiast wyniki XRD potwierdziły wysoką jakość krystalograficzną materiału po procesach technologicznych, a widma Ramana były zgodne z charakterystyczną sygnaturą krzemu monokrystalicznego. Pomiary efektu Halla dostarczyły wartości koncentracji nośników dla poszczególnych typów podłoży (0-Si, n-Si, p-Si) w temperaturze pokojowej oraz ich zależności od temperatury, co stanowi podstawę do dalszej optymalizacji złączy p–n oraz integracji ze strukturami niskowymiarowymi rozszerzającymi spektrum absorpcji. Uzyskane wyniki potwierdzają, że odpowiednio zaprojektowane procesy anizotropowego trawienia pozwalają na kształtowanie tekstur powierzchni sprzyjających efektywnemu sprzęganiu światła i zachowaniu korzystnych własności transportowych, co jest kluczowe dla rozwoju wysokosprawnych, krzemowych ogniw fotowoltaicznych III generacji.



WPLYW NAWADNIANIA PODPOWIERZCHNIOWEGO NA STRUKTURĘ KORZENI *CATALPA BIGNONIOIDES* I *CATALPA OVATA*

Ariel Łangowski

*Katedra Biogeochemii, Gleboznawstwa i Melioracji Wodnych, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii
Politechnika Bydgoska im. J.J. Śniadeckich, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
Ariel.Langowski@pbs.edu.pl*

Celem pracy była ocena wpływu podpowierzchniowego nawadniania kropłowego na strukturę systemu korzeniowego dwóch gatunków surmii – *Catalpa bignonioides* i *Catalpa ovata* – uprawianych w nasadzeniach szpalerowych na glebie lekkiej. Analizowano rozmieszczenie korzeni w zależności od intensywności nawadniania, uwzględniając ich pionowy i poziomy zasięg oraz udział poszczególnych klas średnic. Badania przeprowadzono w latach 2021-2024 metodą profilu glebowego Oskampa w układzie dwuczynnikowym obejmującym dwa poziomy wilgotności gleby (W1 – nawadnianie przy spadku wilgotności do -40 kPa, W2 – do -20 kPa) oraz gatunek drzewa, a uzyskane wyniki porównano z obiektem kontrolnym (W0).

Wykazano, że zastosowanie podpowierzchniowego nawadniania kropłowego istotnie wpływało na rozwój systemu korzeniowego obu gatunków. Największa koncentracja korzeni występowała w warstwie gleby 0–30 cm, jednak *Catalpa ovata* charakteryzowała się większym zasięgiem pionowym korzeni, szczególnie w wariancie intensywniejszego nawadniania (W2), gdzie korzenie sięgały do głębokości 60 cm. Wraz ze wzrostem dostępności wody zwiększała się liczba korzeni, zwłaszcza korzeni drobnych o średnicy poniżej 1 mm, które stanowiły dominującą część struktury systemu korzeniowego. Reakcja na nawadnianie była widoczna u obu badanych gatunków, jednak silniejsze zmiany odnotowano u *Catalpa ovata*.

Uzyskane wyniki wskazują, że podpowierzchniowe nawadnianie kropłowe sprzyja intensyfikacji rozwoju korzeni, zwiększa udział korzeni drobnych odpowiedzialnych za pobieranie wody i składników pokarmowych oraz wpływa na kształtowanie przestrzennej struktury systemu korzeniowego. Zastosowanie tej metody nawadniania może poprawiać adaptację, stabilność i przeżywalność drzew rosnących na glebach lekkich oraz w warunkach okresowych niedoborów wody.



ŚRODOWISKOWA ANALIZA KIERUNKÓW ZAGOSPODAROWANIA ZUŻYTYCH FILTRÓW WODY

Mateusz Malinowski¹, Konrad Krakowski

¹ Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki,
ul. Balicka 116 B,, 30-149 Kraków
mateusz.malinowski@urk.edu.pl

Liczba zużytych filtrów stosowanych w dzbankach oraz butelkach filtrujących wodę systematycznie się powiększa, co powoduje, że stają się one coraz większym problemem środowiskowym. Wynika to w szczególności z braku regulacji prawnych dotyczących metod postępowania z odpadami powstałymi po ich wykorzystaniu. Celem pracy było wskazanie optymalnego kierunku zagospodarowania tego typu odpadów z uwzględnieniem aspektów środowiskowych, ekonomicznych oraz logistycznych. Metodyka badań obejmowała identyfikację składu materiałowego czterech różnych typów filtrów wody, ocenę ich oddziaływania na środowisko z wykorzystaniem metody LCA oraz analizy wielokryterialnej (AHP). W analizie uwzględniono sześć kryteriów optymalizacyjnych w celu wskazania optymalnej metody zagospodarowania tego typu odpadów.

Wyniki badań wskazały na różnice w oddziaływaniu na środowisko pomiędzy analizowanymi typami filtrów wody oraz wskazały optymalny kierunek zagospodarowania tego typu odpadu, jakim jest recykling, który nieznacznie wyprzedził spalanie.

Słowa kluczowe: biosorption, *Saccharomyces cerevisiae*, polymers, immobilization, heavy metals



INNOWACYJNE OPAKOWANIA I MATERIAŁY DO KONTAKTU Z ŻYWNOSCIĄ

Beata Matuszek

*Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki,
Katedra Inżynierii Bioprocusów, Energetyki i Automatyizacji, Kraków, email:beata.chudy@urk.edu.pl*

Rosnąca ilość odpadów plastikowych oraz obecność mikroplastiku w środowisku i żywności powodują konieczność poszukiwania nowych, bardziej zrównoważonych materiałów opakowaniowych. Dodatkowym impulsem do rozwoju innowacyjnych rozwiązań są regulacje Unii Europejskiej, takie jak Dyrektywa SUP oraz rozporządzenie PPWR, nakładające obowiązek ograniczania ilości odpadów opakowaniowych i zwiększenia możliwości recyklingu opakowań.

W pracy przedstawiono wybrane przykłady innowacyjnych biofilmów i aktywnych powłok przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Omówiono proces przygotowania biofilmów polisacharydowych na bazie skrobi, chitozanu, alginianu oraz pektyn, a także możliwości wzbogacania ich ekstraktami roślinnymi i dodatkami o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych. Szczególną uwagę zwrócono na zastosowanie olejków eterycznych, polifenoli oraz nanododatków poprawiających właściwości mechaniczne, barierowe i bakteriostatyczne materiałów.

Przedstawione badania wykazały, że dodatki takie jak olejek tymiarkowy, ekstrakt kasztanowy, olejek cynamonowy czy imbirowy skutecznie ograniczają rozwój drobnoustrojów oraz wydłużają trwałość produktów spożywczych, m.in. pieczywa, ciasta mlecznego i warzyw liściowych. W wielu przypadkach uzyskano również poprawę wytrzymałości mechanicznej oraz zmniejszenie przepuszczalności dla wilgoci i gazów. Wyniki wskazują, że biodegradowalne biofilmy mogą stanowić obiecującą alternatywę dla tradycyjnych opakowań z tworzyw sztucznych.



**DETERMINANTY ZMIENNOŚCI SKUTECZNOŚCI PRACY OCZYSZCZALNI
HYDROFITOWEJ Z PIONOWYM PRZEPŁYWEM W RZECZYWISTYCH
WARUNKACH EKSPLOATACYJNYCH**

Karolina Migdał

*Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej,
karolina.migdal@urk.edu.pl*

Celem analizy była ocena determinant zmienności skuteczności pracy przydomowej oczyszczalni hydrofitowej z pionowym przepływem (VF-CW) w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Badaniami objęto system pracujący w układzie zdecentralizowanego oczyszczania ścieków bytowych. Głównym celem było określenie niezawodności technologicznej oczyszczalni oraz wskazanie parametrów jakości ścieków, które w największym stopniu ograniczają stabilność jej pracy. Zakres badań obejmował analizę jakości ścieków surowych i oczyszczonych w latach 2017–2020, ze szczególnym uwzględnieniem BZT₅, ChZT_{Cr} oraz zawiesiny ogólnej. W pierwszym etapie wykonano charakterystykę danych empirycznych oraz ocenę dopasowania rozkładów teoretycznych do badanych zmiennych. Następnie zastosowano symulację Monte Carlo, która umożliwiła ocenę prawdopodobieństwa występowania przekroczeń wartości dopuszczalnych oraz wyznaczenie wskaźników niezawodności pracy oczyszczalni: współczynnika niezawodności CR, wskaźnika technologicznej efektywności R, wskaźnika ryzyka negatywnej pracy R_e oraz średniej skuteczności usuwania η . Uzyskane wyniki wykazały zróżnicowaną niezawodność pracy oczyszczalni w zależności od analizowanego wskaźnika zanieczyszczeń. Najbardziej stabilne efekty oczyszczania uzyskano dla BZT₅ oraz zawiesiny ogólnej. Dla BZT₅ wartości wskaźników wyniosły: CR = 0,33, R = 0,98, R_e = 0,00 oraz η = 0,98, natomiast dla zawiesiny ogólnej: CR = 0,46, R = 0,91, R_e = 0,00 oraz η = 0,93. Wyniki te wskazują na wysoką niezawodność usuwania zanieczyszczeń organicznych łatwo biodegradowalnych oraz zawiesiny. Najmniej korzystne wyniki stwierdzono dla ChZT_{Cr}, dla którego CR wyniósł 1,10, R osiągnął jedynie 0,49, a R_e był równy 1,00. Pomimo średniej skuteczności usuwania ChZT_{Cr} na poziomie η = 0,82, symulacje wykazały istotne ryzyko niespełnienia wymagań jakościowych odpływu. Oznacza to, że ChZT_{Cr} był głównym parametrem ograniczającym niezawodność eksploatacyjną badanego systemu. Przeprowadzone badania wykazały, że ocena pracy oczyszczalni hydrofitowych wyłącznie na podstawie średniej skuteczności usuwania zanieczyszczeń może prowadzić do zbyt optymistycznej interpretacji ich działania. Metoda Monte Carlo pozwala lepiej uwzględnić losowy charakter zmian jakości ścieków i ryzyko przekroczeń. Uzyskane wyniki mogą wspierać optymalizację eksploatacji małych oczyszczalni ścieków, m.in. poprzez poprawę warunków tlenowych, recyrkulację lub dodatkowe napowietrzanie.



GOSPODARKA ENERGETYCZNA W BUDYNKU CYKLICZNIE OGRZEWANYM NA PRZYKŁADZIE BROJLERNI

Grzegorz Nawalany¹, Paweł Sokołowski¹, Małgorzata Michalik¹

¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Budownictwa,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, grzegorz.nawalany@urk.edu.pl, pawel.sokolowski@urk.edu.pl, malgorzata.michalik@urk.edu.pl

Produkcja kurcząt brojlerów odbywa się w ściśle określonych warunkach termicznych. Do budynku wprowadza się jednodniowe pisklęta wymagające temperatury w pomieszczeniu 30-33°C, a na końcu cyklu sześciomiesięczne kurczaki powinny przebywać w temperaturze 18-20°C. Pomiędzy cyklami produkcyjnymi w celu oczyszczenia i dezynfekcji budynku stosuje się przerwę technologiczną, podczas której ogrzewanie jest wyłączone. Brojlernia jest przykładem budynku ogrzewanego cyklicznie, zatem długość przerwy technologicznej ma w przypadku zapotrzebowania energetycznego budynku duże znaczenie. Za najważniejsze czynniki kształtujące warunki termiczne w strefie przebywania kurcząt brojlerów uważa się temperaturę powietrza wewnętrznego, obsadę oraz temperaturę ściółki. Zjawiska termiczne zachodzące w ściółce, która pokrywa nieizolowaną termicznie posadzkę betonową leżącą na gruncie, kształtują się pod wpływem kontaktu z ciałem ptaków oraz wymianą ciepła z ośrodkiem gruntowym.

W pracy poruszono zagadnienie racjonalnej gospodarki energetycznej w brojlerni, w której stosuje się okresowe ogrzewanie. Celem pracy było oszacowanie wielkości nakładów energetycznych, niezbędnych do wygrzania posadzki budynku dla cyklu produkcyjnego, poprzedzonego przerwą technologiczną o różnym czasie trwania. Zakres badań obejmował pomiary temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego, oraz temperatury gruntu zalegającego pod posadzką badanego budynku. Wyniki badań poligonowych pozwoliły na przeprowadzenie symulacji komputerowych w oprogramowaniu komputerowym z dziedziny fizyki budowli WUFIplus. Analizę wariantową poprzedzono walidacją modelu obliczeniowego, której wyniki wykazały silną korelację danych teoretycznych z wynikami rzeczywistymi. Do szczegółowej analizy wybrano cykl produkcyjny zimowy. Szczegółowe przebiegi temperatur w gruncie i powietrzu przedstawiono graficznie. Uzyskane wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że długość przerwy technologicznej ma istotny wpływ na wielkość potrzebnych nakładów energetycznych w pierwszych dniach odchowu broilerów. Wydłużenie przerwy technologicznej o 7 dni przyczynia się do wzrostu zapotrzebowania energetycznego na cele grzewcze w pierwszym dniu cyklu o 24 %. Wydłużenie przerwy technologicznej wpływa również na konieczność dłuższego wygrzewania posadzki w pierwszym dniu cyklu.



**XXXI KONFERENCJA NAUKOWA
INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM**

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

**CLIMATE CHANGE IMPACTS ON MAIZE WATER DEMAND AND
PRECIPITATION PATTERNS IN CENTRAL–NORTHERN POLAND**

Haq Nawaz¹, Stanisław Rolbiecki², Roman Rolbiecki², Renata Kuśmerek-Tomaszewska², Wiesława Kasperska-Wołowicz³, Ulaş Şenyigit⁴, Barbara Jagosz⁵, Wiesław Ptach⁶, Jacek Żarski²

¹Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops,
32-260 Isparta, Turkey, haqnawaz63@aup.edu.pk

²Bydgoszcz University of Science and Technology, Faculty of Agriculture and Biotechnology,
Department of Agrometeorology, Plant Irrigation and Horticulture, 85-029 Bydgoszcz, Poland, rolbs@pbs.edu.pl, rolbr@pbs.edu.pl,
rkusmier@pbs.edu.pl, jacek.zarski@pbs.edu.pl

³Institute of Technology and Life Sciences – National Research Institute, Falenty, 05-090 Raszyn, Poland, w.kasperska-wolowicz@itp.edu.pl

⁴Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation,
32-260 Isparta, Turkey, ulassenyigit@isparta.edu.tr

⁵University of Agriculture in Krakow, Faculty of Biotechnology and Horticulture, Department of Plant Biology and Biotechnology,
31-120 Krakow, Poland, Barbara.Jagosz@urk.edu.pl

⁶Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Department of Engineering and Geodesy,
02-776 Warszawa, Poland, wieslaw_ptach@sggw.edu.pl

Climate change is expected to substantially affect maize cultivation, particularly through alterations in crop water requirements and precipitation patterns. This study evaluates the impact of projected climate change on maize water demand and precipitation deficits in the Kuyavian–Pomeranian province in central–northern Poland. Maize water requirements were estimated as potential evapotranspiration (ET_p) using the crop coefficient approach, based on reference evapotranspiration calculated with the modified Blaney–Criddle method. Analyses were conducted for two reference periods (1961–1990 and 1991–2020) and one future projection period (2021–2050) under the SRES A1B climate scenario. Precipitation deficits were determined for normal, medium dry, and very dry conditions. The results indicate a consistent increase in maize water demand over time, with maximum seasonal ET_p rising from 460 mm in 1961–1990 to 506 mm in 2021–2050. The highest water demand occurred in July, with projected daily values increasing from 4.3 to 4.7 mm. Trend analysis revealed significant upward tendencies during the summer months, particularly in August, with increases of up to 2.8 mm per decade. Overall, seasonal water demand is projected to rise by approximately 2–7%, with the greatest increases observed in late summer. At the same time, precipitation deficits are expected to intensify, especially in July, reaching up to 144 mm in very dry years. Total seasonal deficits may increase to 385 mm under extreme conditions, indicating a growing imbalance between water demand and precipitation supply. These findings highlight the increasing risk of water stress in maize cultivation in central–northern Poland. They underline the need for improved irrigation strategies, enhanced water-use efficiency, and the implementation of climate-adaptive management practices to ensure stable and sustainable maize production under future climatic conditions.



DŁUGOTERMINOWA DEGRADACJA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH

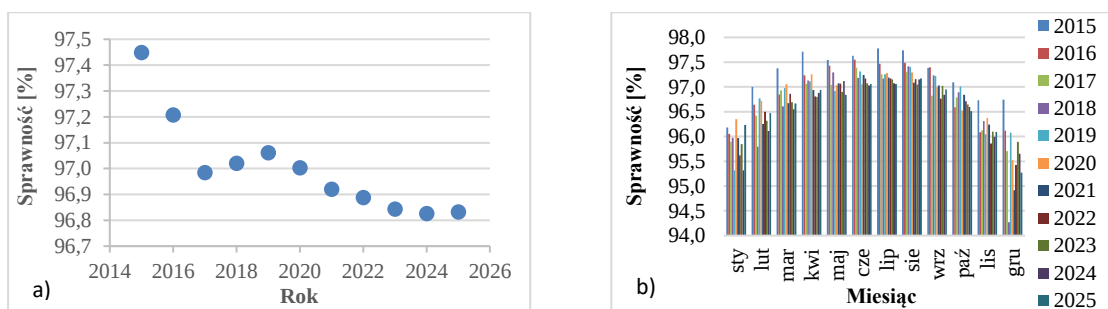
Krzysztof Nęcka¹, Jarosław Knaga¹, Piotr Łyszczarz¹

¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatykacji, ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków, telefon: +48 12 662 46 12

e-mail: krzysztof.necka@urk.edu.pl; jaroslaw.knaga@urk.edu.pl; piotr.lyszczarz@urk.edu.pl

Celem pracy była ocena stopnia degradacji wybranych elementów systemu fotowoltaicznego w czasie. Badaniem objęto trzy siłownie fotowoltaiczne zbudowane w oparciu o panele mono - i poli-krystalicznych oraz CIGS, których łączna moc wynosiła odpowiednio 4,2 kWp, 4,27 kWp i 4,4 kWp. W instalacjach zastosowane były trzy falowniki Fronius Symo o mocy nominalnej 4,5 kW. Parametry eksploatacyjne systemu fotowoltaicznego były monitorowane i archiwizowane w sposób ciągły w latach 2015-2026. System pomiarowy umożliwiał rejestrację komórek pamięci z inwerterów i liczników energii oraz pomiarów wykonywanych przez czujniki monitorujące parametry meteorologiczne takie jak całkowite natężenie promieniowania słonecznego, temperatura zewnętrzna i temperatura paneli PV.

Z wykonanych badań wynika, że w analizowanym okresie średnia sprawność inwertera zmniejszyła się o 0,62% (Rys. 1a). Znacznie większą zmianę sprawności rejestrowano w poszczególnych miesiącach, co wynikało głównie ze stopnia wykorzystania mocy znamionowej falownika (Rys. 1b).



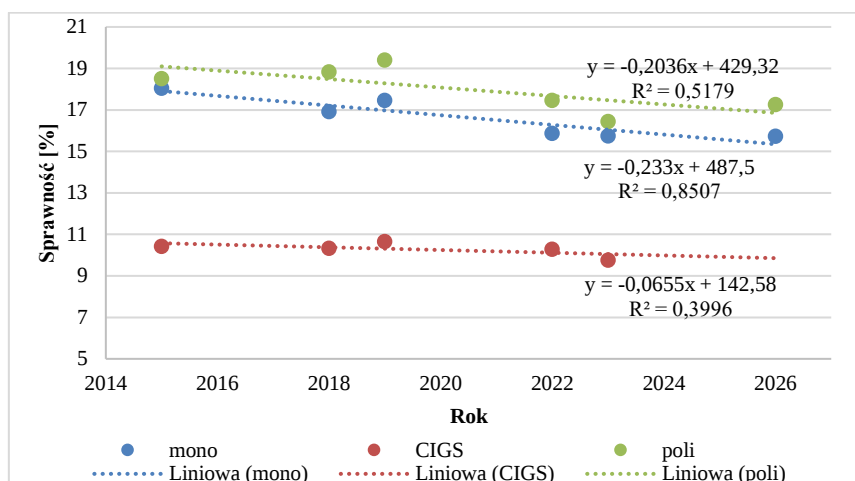
Rys. 1. Zmiana sprawności pracy falownika w okresie: a) rocznym, b) miesięcznym

Większe zmiany w zakresie sprawności konwersji energii rejestrowano dla paneli fotowoltaicznych. Niestety, ale stanowisko badawcze umożliwiało rejestrację tylko całkowitego natężenia promieniowania słonecznego padającego na płaszczyznę poziomą. W celu zapewnienia porównywalnych warunków eksploatacyjnych instalacji PV do analiz wybrano dni o zbliżonych warunkach meteorologicznych z miesiąca kwietnia. W badanych dniach ograniczono się tylko do przedziału czasu od godziny 11 do 13. Z wykonanych analiz wynika, że po uwzględnieniu korekty ze względu na pracę paneli PV w temperaturze różniącej się od 25°C średnie roczne obniżenie sprawności wyniosło od 0,066% dla paneli CIGS do 0,23% dla monokrystalicznych (Rys. 2).



XXXI KONFERENCJA NAUKOWA INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026



Rys. 2. Sprawność konwersji fotowoltaicznej w latach 2014-2026

Są to wskaźniki wyznaczone dla sprzyjających warunków pracy tj. natężenie promieniowania słonecznego od $600 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ do $760 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ i dla ograniczonej liczby punktów pomiarowych. W celu kompleksowej oceny procesu starzenia konieczne jest rozszerzenie analizy na większą liczbę dni z okres całego roku. W analizach podjęte będą również działania nad uwzględnieniem stopnia zabrudzenia paneli.



OPTIMALIZACJA SKŁADU KOMPOZYTÓW GRUNTOWO-SPOIWOWYCH DLA OGRANICZENIA ŚŁADU WĘGLOWEGO W BUDOWNICTWIE DROGOWYM

Przemysław Nowak¹ Andrzej Gruchot²

¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, przemyslaw.nowak2@student.urk.edu.pl

²Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, andrzej.gruchot@urk.edu.pl

Rozwój infrastruktury drogowej wiąże się z wysokim zapotrzebowaniem na materiały budowlane, co nabiera szczególnego znaczenia w kontekście emisji gazów cieplarnianych, w szczególności wynikającej ze stosowania spoiw hydraulicznych.

Celem badań była ocena możliwości redukcji zawartości spoiwa przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych parametrów mechanicznych i trwałościowych poprzez zastosowanie zbrojenia rozproszonego w postaci włókien polipropylenowych. W pracy podjęto problem optymalizacji składu kompozytów gruntowo-spoiwowych stosowanych w budownictwie drogowym w aspekcie redukcji śladu węglowego. Stabilizacja gruntów spoistych spoiwami hydraulicznymi stanowi powszechną metodę poprawy nośności i trwałości podłoża gruntowego, jednak wiąże się z istotną emisją CO₂, wynikającą z energochłonnej produkcji klinkieru portlandzkiego. Dodatkowo kompozyty te wykazują podatność na degradację pod wpływem oddziaływań środowiskowych, w szczególności cykli zamrażania i rozmrażania.

Metodyka badań obejmowała badania wstępne dotyczące optymalnego doboru spoiwa oraz identyfikację zależności pomiędzy składem kompozytu a jego wytrzymałością na ściskanie i wybranymi właściwościami geotechnicznymi. W analizie prognostycznej, z uwzględnieniem danych literaturowych dotyczących wpływu włókien na właściwości kompozytów gruntowo-spoiwowych, przeanalizowano możliwość redukcji ilości spoiwa dzięki zastosowaniu zbrojenia rozproszonego.

Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowanie około 0,2% włókien polipropylenowych umożliwia ograniczenie ilości cementu nawet o około 25%, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych parametrów wytrzymałościowych. Przeprowadzona analiza wykazała ponadto istotny potencjał środowiskowy proponowanego rozwiązania. Redukcja emisji CO₂ została oszacowana na poziomie od około 1,2 do 2,1 kg CO₂/m², w zależności od rodzaju zastosowanych włókien (produkcja pierwotna lub recykling). W skali inwestycji liniowych przekłada się to na znaczące ograniczenie emisji, sięgające kilkunastu lub kilkudziesięciu ton CO₂, w zależności od długości odcinka.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowanie zbrojenia rozproszonego stanowi efektywne narzędzie optymalizacji składu kompozytów gruntowo-spoiwowych pod kątem środowiskowym, wpisujące się w założenia zrównoważonego rozwoju. Jednocześnie wskazują na konieczność dalszych badań oraz opracowania wytycznych projektowych umożliwiających szersze wdrożenie tego typu rozwiązań w praktyce inżynierskiej.



KWANTYFIKACJA HYDROENERGETYCZNEGO POTENCJAŁU RZEK PODGÓRSKICH

Agnieszka Operacz¹

*¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, a.operacz@urk.edu.pl*

Celem analizy była ocena możliwości hydroenergetycznego wykorzystania rzek podgórskich z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju. Jako reprezentatywny obiekt wybrano rzekę Rabę w południowej Polsce. Głównym celem badań była kwantyfikacja „rzeczywistego potencjału hydroenergetycznego” (effective potential), który odzwierciedla realne możliwości budowy nowych elektrowni wodnych przy uwzględnieniu aktualnych ograniczeń środowiskowych, prawnych i technicznych.

Zakres badań obejmował analizę hydrologiczną rzeki Raby, wyznaczenie jej potencjału teoretycznego oraz technicznego, a następnie określenie potencjału rzeczywistego. W obliczeniach wykorzystano dane hydrologiczne z posterunków wodowskazowych IMGW, parametry przepływów charakterystycznych oraz wymagania dotyczące przepływu nienaruszalnego. Rzekę podzielono na 18 odcinków obliczeniowych, dla których oszacowano możliwą produkcję energii. Uwzględniono także istniejące elektrownie wodne, sprawność urządzeń hydroenergetycznych, obowiązek zachowania ciągłości ekologicznej cieków oraz ograniczenia wynikające z Ramowej Dyrektywy Wodnej i krajowych regulacji środowiskowych. Analizie poddano również możliwość wykorzystania istniejących budowli hydrotechnicznych i historycznych piętrzeń.

Uzyskane wyniki wykazały bardzo duże różnice pomiędzy potencjałem teoretycznym, technicznym i rzeczywistym rzeki. Potencjał teoretyczny Raby oszacowano na około 36,9 MW mocy oraz 323,5 GWh rocznej produkcji energii. Po uwzględnieniu ograniczeń technicznych wartość ta zmniejszyła się do 24 MW i 161,3 GWh rocznie. Natomiast potencjał rzeczywisty, uwzględniający faktyczne możliwości realizacji inwestycji hydroenergetycznych w warunkach polskich, wyniósł jedynie około 0,4 MW mocy i 2,77 GWh energii rocznie, co stanowi około 1% potencjału teoretycznego.

Badania wykazały, że największe szanse realizacji mają inwestycje wykorzystujące istniejącą infrastrukturę hydrotechniczną, natomiast budowa nowych piętrzeń wyłącznie dla celów energetycznych jest obecnie silnie ograniczona przez wymogi środowiskowe i proceduralne. Zaproponowany termin „potencjału rzeczywistego” może stanowić bardziej wiarygodne narzędzie oceny rzeczywistych możliwości rozwoju hydroenergetyki niż powszechnie stosowane potencjały teoretyczne i techniczne.



OCENA BIORÓŻNORODNOŚCI I DYNAMIKI POPULACJI DROBNOUSTROJÓW W OSADZIE CZYNNYM Z WYKORZYSTANIEM METOD MOLEKULARNYCH

Iwona Beata Paśmionka

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii i Biomonitoringu,
iwona.pasmionka@urk.edu.pl*

Wymagania w stosunku do jakości ścieków oczyszczonych stale wzrastają. Powoduje to konieczność prowadzenia ciągłych badań mających na celu określenie możliwości obniżenia stężenia substancji organicznych i biogennych w oczyszczanych ściekach. Dlatego koniecznym staje się zrozumienie czynników wpływających na różnorodność oraz dynamikę populacji mikroorganizmów zasiedlających osad czynny. W osadzie czynnym bada się archebakterie i bakterie właściwe. Populacja archebakterii jest bardzo zróżnicowana i dominują w niej bakterie metanowe. Natomiast najliczniej obserwowanymi klasami bakterii właściwych są *Alphaproteobacteria* i *Betaproteobacteria*, które izoluje się w różnych stosunkach ilościowych. Różnorodność składu populacji drobnoustrojów osadu czynnego jest zmienna i zależy od warunków panujących w układzie biologicznego oczyszczania (rodzaj układu, sezonowe zmiany temperatury, skład dopływających ścieków, stosowane parametry technologiczne). Zmiany składu populacji drobnoustrojów nie są przypadkowe. Wpływają na nie również wiek osadu, temperatura oraz naprzemienne warunki tlenowe i beztlenowe.



SZTUCZNE ZASILANIE WÓD PODZIEMNYCH (MAR) JAKO STRATEGIA ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU I ZRÓWNOWAŻONEGO ZARZĄDZANIA ZASOBAMI WODNYMI

Kamil Pawelec¹, Małgorzata Tott¹, Tomasz Operacz¹

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki w Krakowie, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków, kpaw@pgi.gov.pl

Sztuczne zasilanie warstw wodonośnych (MAR – Managed Aquifer Recharge) to celowe wprowadzanie wód powierzchniowych do struktur hydrogeologicznych dla zwiększenia zasobów wód podziemnych. W dobie zmian klimatycznych, przejawiających się długotrwałymi suszami i rosnącymi deficytami, technologie MAR stają się bardzo ważnym elementem strategii adaptacyjnej. Wdrażanie tych rozwiązań odgrywa zasadniczą rolę w budowaniu zrównoważonej gospodarki wodnej, stanowiąc bezpośrednią odpowiedź na dzisiejsze wyzwania hydrogeologiczne w Polsce i całej Europie.

Cele technologii MAR obejmują aspekty ilościowe i jakościowe. W ujęciu ilościowym systemy te zapewniają długoterminowe bezpieczeństwo zaopatrzenia w wodę dla celów komunalnych, rolniczych oraz szeroko pojętego przemysłu. Skutecznie zapobiegają nadmiernej eksploatacji warstw wodonośnych, zapobiegają obniżaniu zwierciadła, ograniczają osiadanie terenu i chronią ekosystemy zależne od wód. Z perspektywy jakościowej sztuczne zasilanie z powodzeniem wykorzystuje naturalne zdolności środowiska do procesów geoocyszczania. Przepływ przez porowaty ośrodek poprawia właściwości fizykochemiczne wody, ogranicza migrację zanieczyszczeń oraz hamuje niebezpieczną intruzję wód słonych w rejonach nadmorskich.

W nowoczesnych instalacjach MAR wykorzystuje się zróżnicowane źródła: okresowe nadmiary wód rzecznych, wody powodziowe, opadowe, a po bardzo rygorystycznym uzdatnieniu – także odzyskane ścieki komunalne. Wybór odpowiedniej metody zależy w pełni od precyzyjnie określonej budowy geologicznej. W warstwach o zwierciadle swobodnym powszechnie stosuje się obiekty powierzchniowe, takie jak rozległe baseny i stawy infiltracyjne, systemy rowów czy studnie suche. Natomiast w przypadku głębokich struktur naporowych, skutecznie odizolowanych od powierzchni warstwami słaboprzepuszczalnymi, wodę należy bezpośrednio zatłaczać z wykorzystaniem studni iniekcyjnych.

Magazynowanie wody pod ziemią to niezwykle korzystna alternatywa dla tradycyjnych zbiorników powierzchniowych. Podziemne magazynowanie całkowicie niweluje straty wywołane parowaniem, nie zabiera cennych gruntów użytkowych, nie ingeruje negatywnie w lokalny krajobraz i charakteryzuje się ogromną odpornością na skrajne zjawiska pogodowe. Należy jednak pamiętać, że skuteczność układów MAR wymaga doskonałego rozpoznania hydrogeologicznego oraz ścisłego monitoringu jakości. Dynamiczny rozwój tych metod to krok niezbędny dla zagwarantowania bezpieczeństwa wodnego na nadchodzące dziesięciolecie.



UWARUNKOWANIA I EFEKTYWNOŚĆ RYNKOWA GWARANCJI POCHODZENIA W POLSCE PO KRYZYSIE ENERGETYCZNYM (2022–2025)

Agnieszka Petryk¹

¹Krakow University of Economics, Department of Space Management and Social-Economic Geography
Rakowicka 27 St., 31-510 Kraków, Poland; +48 12 293 74 20; agnieszka.petryk@uek.krakow.pl

Kryzys energetyczny z lat 2022–2023 w istotny sposób przekształcił funkcjonowanie rynku gwarancji pochodzenia (GO) w Polsce, ujawniając jego strukturalne nieefektywności oraz przyspieszając zmiany regulacyjne i behawioralne wśród uczestników rynku. Celem niniejszego badania jest identyfikacja kluczowych determinant wpływających na poziom cen oraz płynność rynku GO w okresie pokryzysowym (2022–2025), ze szczególnym uwzględnieniem interwencji regulacyjnych, dynamiki podaży energii odnawialnej, popytu korporacyjnego na instrumenty wspierające dekarbonizację oraz rosnącej roli handlu transgranicznego w ramach systemu AIB. W badaniu zastosowano podejście mieszane, łączące modelowanie ekonometryczne, analizę mikrostruktury rynku oraz wywiady eksperckie, co umożliwiło identyfikację głównych czynników determinujących zmienność cen. Do najważniejszych z nich należą zmiany profili generacji energii ze źródeł odnawialnych, presja inflacyjna, modyfikacje strategii zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw oraz zaostreżenie polityki klimatycznej Unii Europejskiej. Uzyskane wyniki wskazują, że pomimo wzrostu przejrzystości rynku oraz zwiększenia wolumenów obrotu po 2023 r., polski rynek gwarancji pochodzenia nadal wykazuje cechy częściowej nieefektywności. Przejawiają się one m.in. w opóźnionych dostosowaniach cen, asymetrii informacji oraz ograniczonej orientacji prognostycznej po stronie nabywców. Wnioski z badania podkreślają, że dalsza integracja z rynkami europejskimi, zwiększenie wymogów sprawozdawczości oraz rozwój instrumentów kontraktów długoterminowych są kluczowe dla poprawy efektywności rynku i zapewnienia skutecznego wykorzystania gwarancji pochodzenia w procesie transformacji energetycznej Polski.

Słowa kluczowe: gwarancje pochodzenia (GO), energia odnawialna, efektywność rynku, kryzys energetyczny, dekarbonizacja, rynek energii elektrycznej.



WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE KARBONIZATU Z PIROLIZY ODPADÓW POLIMEROWYCH I MOŻLIWOŚCI JEGO WYKORZYSTANIA

Gabriela Poznańska¹, Beata Jabłońska¹

¹Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, Katedra Inżynierii Środowiska i Biotechnologii
ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa,
gabriela.poznanska@pcz.pl, beata.jablonska@pcz.pl

Karbonizat jest stałym produktem procesu pirolizy powstającym podczas recyklingu chemicznego odpadów z tworzyw sztucznych. Jego właściwości fizykochemiczne oraz wydajność zależą zarówno od rodzaju przetwarzanego surowca, jak i parametrów prowadzenia procesu. Dotychczasowe badania wskazują, że najwyższe uzyski karbonizatu osiąga się podczas pirolizy powolnej. Ze względu na obecność fazy węglowej oraz rozwiniętą strukturę porowatą materiał ten może stanowić wartościowy surowiec do zastosowań materiałowych i środowiskowych.

W pracy przeprowadzono badania powolnej pirolizy frakcji tworzyw sztucznych wydzielonej z odpadów komunalnych w temperaturze 450 °C. Celem badań była charakterystyka fizykochemiczna otrzymanego karbonizatu oraz ocena możliwości jego dalszego zagospodarowania. Zakres analiz obejmował oznaczenie składu pierwiastkowego (CHNS/O), analizę techniczną, w tym zawartość wilgoci, części lotnych, popiołu i węgla związanego, a także badania struktury porowatej metodą adsorpcji/desorpcji azotu z wykorzystaniem analizatora ASAP 2020. Ponadto, w celu oceny potencjalnych kierunków wykorzystania karbonizatu oznaczono zawartość wybranych metali ciężkich oraz przeprowadzono badania ich wymywalności. Analizy wykonano z zastosowaniem spektrometru atomowego emisyjnego z indukcyjnie sprzężoną plazmą typu ICP-AES.

Otrzymany karbonizat charakteryzuje się niską powierzchnią właściwą (5,27 m²/g) oraz niewielką całkowitą objętością porów (0,0446 cm³/g), co wskazuje na słabo rozwiniętą strukturę porowatą. Brak oznaczalnej objętości mikroporów metodą t-Plot wskazuje na ich znikomy udział lub całkowity brak w badanym materiale. Struktura porowata karbonizatu jest zdominowana przez mezopory, a ich dominująca szerokość wynosząca 24 nm świadczy o przewadze porów o stosunkowo dużych rozmiarach, mieszczących się w zakresie mezoporów według klasyfikacji IUPAC (2–50 nm). Analiza składu chemicznego karbonizatu wykazała dominujący udział tlenków wapnia (CaO), potasu (K₂O), magnezu (MgO) oraz tytanu (TiO₂). Badania zawartości pierwiastków śladowych wykazały niskie stężenia metali ciężkich. Zawartość kadmu, kobaltu i ołowiu znajdowały się poniżej granicy oznaczalności, natomiast stężenia chromu, miedzi, niklu i cynku były relatywnie niskie, co wskazuje na niewielki stopień zanieczyszczenia materiału metalami ciężkimi.

Uzyskane wyniki wskazują, że karbonizat powstający w procesie pirolizy odpadów polimerowych może stanowić materiał o potencjale aplikacyjnym. Mimo słabo rozwiniętej struktury porowatej, obecność mezoporów oraz składników mineralnych stwarza możliwość jego wykorzystania jako dodatku do materiałów kompozytowych, materiału wypełniającego (np. w żywicach epoksydowych) lub surowca do dalszej modyfikacji w celu uzyskania materiałów o bardziej rozwiniętej powierzchni właściwej (np. węgla aktywnych). Potencjał ten wymaga jednak potwierdzenia w dalszych badaniach obejmujących ocenę właściwości sorpcyjnych i stabilności środowiskowej.



ANALIZA CZĘSTOTLIWOŚCIOWA SYGNAŁÓW SEJSMICZNYCH GENEROWANYCH PRZEZ RUCH DROGOWY W KONTEKŚCIE MONITORINGU INFRASTRUKTURY

Paweł Pysz¹

¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie; Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki; Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych; ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków; e-mail: pawel.pysz@urk.edu.pl

Ruch drogowy stanowi istotne źródło drgań mechanicznych oddziałujących na nawierzchnie drogowe, podłoże gruntowe oraz obiekty infrastruktury zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie ciągów komunikacyjnych. W pracy przedstawiono wyniki pilotażowych badań terenowych ukierunkowanych na analizę częstotliwościową sygnałów sejsmicznych generowanych przez przejazdy pojazdów. Celem badań była ocena możliwości wykorzystania prostego układu pomiarowego opartego na geofonach do rejestracji i wstępnej charakterystyki oddziaływania ruchu drogowego na otoczenie infrastruktury transportowej.

Pomiary przeprowadzono z wykorzystaniem geofonów SmartSolo IGU-16 rozmieszczonych w jednej linii prostopadłej do krawędzi jezdni, w zróżnicowanych odległościach od źródła drgań. Przyjęta geometria pomiarowa umożliwiła ocenę zmian amplitudy sygnału wraz z odległością od drogi oraz porównanie odpowiedzi podłoża dla różnych typów przejazdów. Rejestracji podlegały sygnały generowane przez rzeczywisty ruch drogowy, obejmujący samochody osobowe, pojazdy dostawcze oraz pojazdy o większej masie. Dodatkowo wykonano równoległą dokumentację wideo, pozwalającą na identyfikację wybranych zdarzeń przejazdu i przypisanie ich do zarejestrowanych sygnałów.

Analiza danych obejmowała ocenę przebiegów czasowych, wyznaczenie parametrów amplitudowych oraz wartości skutecznej RMS, analizę widmową z wykorzystaniem transformaty Fouriera i estymacji gęstości widmowej mocy, a także analizę czasowo-częstotliwościową w postaci spektrogramów. Szczególną uwagę zwrócono na identyfikację dominujących pasm częstotliwościowych związanych z przejazdami pojazdów oraz na porównanie charakteru sygnałów rejestrowanych w różnych odległościach od jezdni.

Przeprowadzona analiza umożliwiła wskazanie zakresów częstotliwości, w których koncentruje się energia drgań generowanych przez ruch drogowy, a także ocenę zmian amplitudy sygnałów w funkcji odległości od źródła drgań. Uzyskane wyniki wskazują na przydatność prostego układu pomiarowego opartego na geofonach do wstępnej charakterystyki oddziaływań dynamicznych związanych z ruchem pojazdów. Przedstawiona metodyka może stanowić podstawę do dalszych badań nad niskonakładowym monitoringiem wpływu transportu drogowego na infrastrukturę oraz jej bezpośrednie otoczenie. Badania mają charakter pilotażowy i stanowią etap wstępny przed rozszerzeniem analiz o ocenę stanu nawierzchni, identyfikację lokalnych nieciągłości oraz porównanie różnych typów podłoża i konstrukcji drogowych.



CLIMATE CHANGE EFFECTS ON WATER REQUIREMENTS OF CUCURBITA PEPO L. UNDER BARE AND MULCHED SOIL CONDITIONS

**Stanisław Rolbiecki¹, Roman Rolbiecki¹, Barbara Jagosz², Piotr Stachowski³,
Ewa Kanecka-Geszke⁴, Hicran Sadan-Ozdemir¹, Ariel Langowski¹, Anna Krakowiak-Bal⁵,
Renata Kuśmerek-Tomaszewska¹, Ferenc Pal-Fam⁶**

¹Bydgoszcz University of Science and Technology, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Department of Biogeochemistry, Soil Science, Irrigation and Drainage, 85-796 Bydgoszcz, Poland; rolbs@pbs.edu.pl (S.R.); rolbr@pbs.edu.pl (R.R.); sadanhicran76@gmail.com (H.S.-O.); arilan000@pbs.edu.pl (A.L.); Renata.Kusmerek-Tomaszewska@pbs.edu.pl (R.K.-T)

²University of Agriculture in Krakow, Faculty of Biotechnology and Horticulture, Department of Plant Biology and Biotechnology, 31-120 Krakow, Poland; barbara.jagosz@urk.edu.pl (B.J.)

³Poznan University of Life Sciences, Department of Land Improvement, Environmental Development and Spatial Management, Piątkowska 94, 60-649 Poznań, Poland; piotr.stachowski@up.poznan.pl (P.S.)

⁴Poland Institute of Technology and Life Sciences—National Research Institute, Falenty, Hrabka 3, 05-090 Raszyn, Poland; e.kanecka-geszke@itp.edu.pl (E.K.-G.)

⁵University of Agriculture in Krakow, Department of Bioprocess, Power Engineering and Automation, Poland, anna.krakowiak-bal@urk.edu.pl (A.K.-B)

⁶Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Plant Production, Kaposvár Campus, H 7400 Kaposvár, Hungary; pal-fam.ferenc.istvan@uni-mate.hu (F.P.-F)

This study evaluates the impact of projected climate change on the water requirements of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivated under bare and mulched soil conditions in the Kuyavia region (central Poland). The study is based on long-term meteorological observations and climate projections, combined with the FAO Penman–Monteith method and crop coefficient (K_c) approach. Water requirements were estimated based on reference evapotranspiration (E_{To}) calculated using the FAO Penman–Monteith method for the reference period (1981–2010) and the forecast period (2021–2050). Rainfall deficits were determined using the Ostromęcki method. The results indicate an increase in water requirements during the forecast period for both cultivation systems, amounting to 27.4 mm (8.2%) for bare soil and 23.8 mm (8.7%) for mulched soil over the growing season. The highest increase is expected in August (approximately 16%), identifying this month as the most critical for irrigation. Mulching significantly reduced water requirements by approximately 18–19% compared to bare soil. Rainfall deficits are projected to increase substantially, particularly in July, and may reach up to 310 mm during very dry years for bare soil conditions. The findings highlight the growing importance of irrigation in Central Poland under changing climatic conditions and demonstrate the effectiveness of mulching as a water-saving practice. The results may support irrigation planning and the design of water storage systems for sustainable crop production.



POTRZEBY WODNE JAGODY KAMCZACKIEJ W ŚWIETLE PRZEWIDYWANYCH ZMIAN KLIMATYCZNYCH W REJONIE BYDGOSZCZY

**Stanisław Rolbiecki¹, Roman Rolbiecki¹, Anna Figas², Barbara Jagosz³, Renata Kuśmerek-
Tomaszewska¹, Jacek Żarski¹, Wiesława Kasperska-Wołowicz⁴, Bogdan Bąk⁴**

¹Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Biogeochemii, Gleboznawstwa i Melioracji Wodnych, al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Stanislaw.Rolbiecki@pbs.edu.pl, Roman.Rolbiecki@pbs.edu.pl, Renata.Kusmerek-Tomaszewska@pbs.edu.pl, Jacek.Zarski@pbs.edu.pl

²Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Biotechnologii, figasanna@pbs.edu.pl

³Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa, Katedra Biologii Roślin i Biotechnologii, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, barbara.jagosz@urk.edu.pl

⁴Instytut Technologiczno – Przyrodniczy, Kujawsko – Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy, ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz, w.kasperska-wolowicz@itp.edu.pl (W.K.-W.), b.bak@itp.edu.pl (B.B.)

Celem badań była próba oszacowania potrzeb wodnych jagody kamczackiej w okresie 2021-2050 w rejonie Bydgoszczy na podstawie przewidywanych zmian temperatur powietrza. Region Bydgoszczy znajduje się w obszarze Polski centralnej tj. w strefie o największych potrzebach nawodnień uzupełniających w okresie wegetacji. Do oszacowania potrzeb wodnych jagody kamczackiej wykorzystano w niniejszej pracy wartości średnich miesięcznych temperatur powietrza prognozowanych dla rejonu Bydgoszczy w latach 2021-2050 według scenariusza zmian klimatu dla Polski SRES: A1B. Jako okres referencyjny przyjęto 30-lecie 1991-2020, wykorzystując wartości średnich miesięcznych temperatur powietrza dla Bydgoszczy według pomiarów stacji IMUZ (ITP). Potrzeby wodne jagody kamczackiej – na podstawie temperatury powietrza – obliczono metodą Tredera. W metodzie Tredera potrzeby wodne jagody kamczackiej utożsamiane są z ewapotranspiracją potencjalną danego gatunku drzewa (krzewu) owocowego (ET_p). ET_p jagody kamczackiej obliczono zatem ze wzoru: $ET_p = k \cdot ET_o$, gdzie: k – współczynnik roślinny dla jagody kamczackiej wg Tredera, ET_o – ewapotranspiracja wskaźnikowa (mm). ET_o policzono wg wzoru: $ET_o = n \cdot \alpha \cdot t$, gdzie: n – liczba dni w miesiącu, α – współczynnik empiryczny dla danego miesiąca wyznaczony przez Tredera, t – średnia miesięczna temperatura powietrza (°C). Wyniki opracowano statystycznie wyznaczając wartości: średnią, zwyczajną (medianę), maksymalną i minimalną oraz odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Podjęto także próbę określenia ewentualnych tendencji (trendów) zmian badanych wskaźników potrzeb wodnych jagody kamczackiej w obu porównywanych okresach z użyciem analizy regresji liniowej, z wyznaczeniem współczynników korelacji i determinacji. Istotność współczynników korelacji, przy liczbie próby (tj. liczby lat) wynoszącej $n=30$, wyznaczono dla $\alpha = 0.1$ ($p = 90\%$) oraz $\alpha = 0.05$ ($p = 95\%$). Wartość współczynnika korelacji była zatem – odpowiednio do przedziału ufności – istotna dla: $r_{\alpha} \geq 0.3069$ oraz $r_{\alpha} \geq 0.362$. Średnie dla lat 2021-2050 sezonowe potrzeby wodne jagody kamczackiej – w świetle przewidywanych zmian temperatury – wyniosą 562 mm. Największe miesięczne potrzeby wodne wystąpią w lipcu i sierpniu – odpowiednio na poziomie 121 mm i 118 mm. Trend zmienności czasowej potrzeb wodnych jagody kamczackiej w okresie przewidywanym (2021-2050) będzie istotny w sierpniu i październiku. W tych miesiącach – zgodnie z przyjętym, przewidywanym wzrostem temperatury powietrza – zapotrzebowanie na wodę u jagody kamczackiej miałyby wzrastać odpowiednio o 4.4 mm i 1.6 mm w każdym dziesięcioleciu. W całym okresie wegetacji (1 kwiecień-31 październik) potrzeby wodne zwiększą się o 14.1 mm w każdym dziesięcioleciu.



CLIMATE CHANGE EFFECTS ON WATER REQUIREMENTS OF CUCURBITA PEPO L. UNDER BARE AND MULCHED SOIL CONDITIONS

**Stanisław Rolbiecki¹, Roman Rolbiecki¹, Barbara Jagosz², Piotr Stachowski³, Ewa Kanecka-Geszke⁴, Hicran Sadan-Ozdemir¹, Ariel Łangowski¹, Anna Krakowiak-Bal⁵,
Renata Kuśmerek-Tomaszewska¹, Ferenc Pal-Fam⁶**

¹Bydgoszcz University of Science and Technology, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Department of Biogeochemistry, Soil Science, Irrigation and Drainage, 85-796 Bydgoszcz, Poland; rolbs@pbs.edu.pl (S.R.); rolbr@pbs.edu.pl (R.R.);

sadhanhcran76@gmail.com (H.S.-O.); arilan000@pbs.edu.pl (A.L.); Renata.Kusmerek-Tomaszewska@pbs.edu.pl (R.K.-T)

²University of Agriculture in Krakow, Faculty of Biotechnology and Horticulture, Department of Plant Biology and Biotechnology, 31-120 Krakow, Poland; barbara.jagosz@urk.edu.pl (B.J.)

³Poznan University of Life Sciences, Department of Land Improvement, Environmental Development and Spatial Management, Piątkowska 94, 60-649 Poznań, Poland; piotr.stachowski@up.poznan.pl (P.S.)

⁴Poland Institute of Technology and Life Sciences—National Research Institute, Falenty, Hrabka 3, 05-090 Raszyn, Poland; e.kanecka-geszke@itp.edu.pl (E.K.-G.)

⁵University of Agriculture in Krakow, Department of Bioprocess, Power Engineering and Automation, Poland, anna.krakowiak-bal@urk.edu.pl (A.K.-B)

⁶Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Plant Production, Kaposvár Campus, H 7400 Kaposvár, Hungary; pal-fam.ferenc.istvan@uni-mate.hu (F.P.-F)

This study evaluates the impact of projected climate change on the water requirements of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivated under bare and mulched soil conditions in the Kuyavia region (central Poland). The study is based on long-term meteorological observations and climate projections, combined with the FAO Penman–Monteith method and crop coefficient (K_c) approach. Water requirements were estimated based on reference evapotranspiration (ETo) calculated using the FAO Penman–Monteith method for the reference period (1981–2010) and the forecast period (2021–2050). Rainfall deficits were determined using the Ostromęcki method. The results indicate an increase in water requirements during the forecast period for both cultivation systems, amounting to 27.4 mm (8.2%) for bare soil and 23.8 mm (8.7%) for mulched soil over the growing season. The highest increase is expected in August (approximately 16%), identifying this month as the most critical for irrigation. Mulching significantly reduced water requirements by approximately 18–19% compared to bare soil. Rainfall deficits are projected to increase substantially, particularly in July, and may reach up to 310 mm during very dry years for bare soil conditions. The findings highlight the growing importance of irrigation in Central Poland under changing climatic conditions and demonstrate the effectiveness of mulching as a water-saving practice. The results may support irrigation planning and the design of water storage systems for sustainable crop production.



CLIMATE CHANGE EFFECTS ON WATER REQUIREMENTS OF *CUCURBITA* *PEPO* L. UNDER BARE AND MULCHED SOIL CONDITIONS

¹Stanisław Rolbiecki, ¹Roman Rolbiecki, ²Barbara Jagosz, ³Piotr Stachowski, ⁴Ewa Kanecka-Geszke,
¹Hicran Sadan-Ozdemir, ¹Ariel Langowski, ⁵Anna Krakowiak-Bal,
¹Renata Kuśmierek-Tomaszewska, ⁶Ferenc Pal-Fam

¹Department of Agrometeorology, Irrigation and Horticulture, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Bydgoszcz University of Science and Technology, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-021 Bydgoszcz, Poland, Stanislaw.Rolbiecki@pbs.edu.pl, Roman.Rolbiecki@pbs.edu.pl, Ariel.Langowski@pbs.edu.pl, Renata.Kusmirek-Tomaszewska.Rolbiecki@pbs.edu.pl

²Department of Plant Biology and Biotechnology, Faculty of Biotechnology and Horticulture, University of Agriculture in Krakow, 31-120 Krakow, Poland, Barbara.Jagosz@urk.edu.pl

³Department of Land Improvement, Environmental Development and Spatial Management, Faculty of Environmental Engineering and Mechanical Engineering, Poznań University of Life Sciences, ul. Piłkowska 94, 60-649 Poznań, Poland Piotr.Stachowski@up.poznan.pl

⁴Institute of Technology and Life Sciences – National Research Institute, Falenty, 05-090 Raszyn, Poland, Ewa.Kanecka-Geszke@itp.edu.pl

⁵Department of Bioprocess Engineering, Power Engineering and Automation, Faculty of Production and Power Engineering, University of Agriculture in Krakow, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Poland, Anna.Krakowiak-Bal@urk.edu.pl

⁶Department of Agronomy, Institute of Plant Production, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-7400 Kaposvár, Hungary, Pal-Fam.Ferenc.Istvan@uni-mate.hu

Climate change is expected to substantially affect crop water requirements and irrigation demand in many agricultural regions of Europe, including Central Poland. This study evaluates the potential impact of projected climatic changes on the water requirements of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivated under two soil management systems: bare soil and soil covered with organic mulch in the Kuyavia region, one of the most important agricultural areas of Poland. The analysis was based on long-term meteorological observations and climate projections for the period 2021–2050, compared with the reference period 1981–2010.

Crop water requirements were estimated using the FAO Penman–Monteith method to calculate reference evapotranspiration (ET_o), combined with crop coefficients (K_c) adjusted for the different cultivation systems. Rainfall deficits were determined using the Ostromecki method, allowing an assessment of irrigation needs under average, dry, and very dry conditions. Seasonal and monthly changes in water demand were analysed to identify periods of increased vulnerability to water shortages.

The results indicate a significant increase in water requirements during the forecast period. For cultivation on bare soil, seasonal water requirements are projected to rise by 27.4 mm (8.2%), while for mulched soil the increase is estimated at 23.8 mm (8.7%) relative to the reference period. The largest increase in water demand is expected in August, reaching approximately 16% in both cultivation systems, making this month the most critical period for irrigation management. The application of mulch considerably reduced crop water requirements throughout the growing season, lowering irrigation demand by approximately 18–19% compared with bare soil cultivation.

Climate projections also indicate a substantial increase in rainfall deficits, particularly in July, when water shortages may become more pronounced. Under very dry conditions, cumulative rainfall deficits may reach up to 310 mm for crops grown on bare soil, highlighting the growing risk of water stress and yield reduction. These findings demonstrate the increasing importance of efficient irrigation practices and water resource management in the context of climate change. Furthermore, the study confirms the effectiveness of mulching as a sustainable adaptation strategy that can reduce water consumption and improve agricultural resilience. The results provide valuable information for irrigation scheduling, regional water management planning, and the design of water storage infrastructure supporting sustainable vegetable production in Central Poland.



SPOŁECZNO-EKONOMICZNE I EKOLOGICZNE KORZYŚCI Z UPRAWY TRUFLI W POLSCE

Aleksandra Rosa-Gruszecka, Dorota Hilszczańska, Radosław Gawryś, Michał Wróbel

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ekologii Lasu, m.wrobel@ibles.waw.pl

Uprawa trufli letniej (*Tuber aestivum* Vitt.) w Polsce zyskuje na znaczeniu zarówno jako działalność gospodarcza, jak i narzędzie wspierające ochronę przyrody. Wysoka wartość rynkowa owocników (200–600 euro/kg, przy czym ceny mogą przekraczać 1000 euro/kg) w połączeniu ze stosunkowo niskimi kosztami założenia plantacji (ok. 5000 euro/ha) oraz jej prowadzenia (ok. 1200 euro/ha/rok) sprawia, że plantacje truflowe stanowią atrakcyjną formę dywersyfikacji dochodów na obszarach wiejskich.

Plantacje truflowe pełnią jednocześnie funkcję ochrony *ex situ*, wzbogacając bioróżnorodność terenów rolniczych poprzez wprowadzanie drzew i krzewów, będących gospodarzami symbiozy ektomykoryzowej. Struktura tych nasadzeń tworzy siedliska dla wielu grup fauny, w tym owadów zapylających, ptaków i drobnych ssaków. Dodatkowe korzyści ekologiczne obejmują ograniczanie erozji gleby, zwiększenie produkcji biomasy oraz przepływ energii w ekosystemie.

W krajach tradycyjnie związanych z uprawą trufli (Francja, Hiszpania, Włochy) wzrasta liczba plantacji truflowych, co wynika m.in. z niewielkich nakładów rolniczych, zwiększaniu zalesień i odbudowie gospodarczej oraz stabilizacji użytkowania gruntów w regionach o trudnych warunkach środowiskowych. Podobne tendencje obserwuje się również w Polsce, w ostatnich latach zainteresowanie tą formą produkcji agroleśnej wyraźnie wzrosło, podkreślając jej rosnący potencjał społeczno-ekonomiczny i ekologiczny.

W Instytucie Badawczym Leśnictwa od 2007 roku prowadzone są kompleksowe badania dotyczące ekologii i uprawy trufli (*Tuber* spp.). Obecnie realizowany projekt „Uprawa trufli jako innowacyjne przedsięwzięcie w agroleśnictwie” (nr umowy NdS-II/SN/0281/2024/01 z dnia 17 kwietnia 2024 r.), finansowany w ramach programu Nauka dla Społeczeństwa II, ma na celu popularyzację zakładania i prowadzenia plantacji trufli w Polsce.



UPRAWA TRUFLI JAKO INNOWACYJNE PRZEDSIĘWZIĘCIE W AGROLEŚNICTWIE

Aleksandra Rosa-Gruszecka, Dorota Hilszczańska, Michał Wróbel, Radosław Gawryś

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ekologii Lasu, a.rosa@ibles.waw.pl

Trufle (*Tuber* spp.), to grzyby podziemne, tworzące ektomykoryzę z wieloma gatunkami drzew i krzewów. Uznawane są za jeden z najbardziej wartościowych nieдрzewnych produktów leśnych. W Polsce do zakładania upraw truflowych, określanych również jako „ogrody” lub „plantacje truflowe”, jako rośliny-gospodarze trufli najczęściej wykorzystuje się dąb i leszczynę. W Instytucie Badawczym Leśnictwa od 2007 roku prowadzone są badania nad ekologią i uprawą trufli (*Tuber* spp.), obejmujące zarówno zagadnienia biologii tych grzybów, jak i praktyczne aspekty zakładania oraz prowadzenia plantacji.

Aktualnie realizowany projekt „Uprawa trufli jako innowacyjne przedsięwzięcie w agroleśnictwie” (NdS-II/SN/0281/2024/01), finansowany w ramach programu Nauka dla Społeczeństwa II, ma na celu upowszechnienie wyników badań oraz opracowanie praktycznych rozwiązań dla rolników i ogrodników. Celem projektu jest pokazanie historycznych danych na temat trufli w Polsce oraz edukacja w aspekcie zakładania i prowadzenia plantacji trufli letniej (*Tuber aestivum* Vitt.) w regionach spełniających wymagania glebowe tego gatunku. W ramach projektu realizowane są m.in. badania ankietowe, wykłady oraz opracowanie materiałów popularyzatorskich. Równolegle prowadzone są szeroko zakrojone działania edukacyjne dotyczące grzybów podziemnych, skierowane do różnych grup odbiorców. Obejmują one zajęcia w „Domku Truflowym” IBL, udział w ogólnopolskich wydarzeniach naukowych oraz promocję w wielu płaszczyznach medialnych tematyki zakładania ogrodów truflowych z rodzimymi gatunkami drzew inokulowanych truflą letnią.

Badania terenowe uprawy trufli letniej prowadzone są obecnie w trzech plantacjach, w południowej i wschodniej Polsce. Obejmują one inwentaryzacje roślin miododajnych, analizy fizyko-chemiczne gleby i badania struktury mykoryz oraz testowanie różnych technik agrotechnicznych, takich jak np. „domykoryzacja” czy wykładanie agrotkanin. Badanie wymienionych czynników pozwoli ocenić ich wpływ na stabilność i długotrwałą efektywność upraw.

Projekt podkreśla potencjał ogrodów truflowych jako formy agroleśnictwa sprzyjającej regeneracji gleb, zwiększeniu bioróżnorodności oraz tworzeniu nowych możliwości gospodarowania na terenach rolniczych.



DOSTARCZANIE LOKALNYCH USŁUG PUBLICZNYCH – MODELE ORGANIZACYJNE W GMINACH WIEJSKICH

Lukasz Satola¹

*¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Zarządzania i Ekonomii Przedsiębiorstw,
lukasz.satola@urk.edu.pl*

Lokalne usługi publiczne stanowią kluczowy element zarządzania w jednostkach samorządu terytorialnego. Badania dotyczące dostarczania lokalnych usług publicznych oraz modeli organizacyjnych funkcjonujących w polskich gminach są istotne zarówno z perspektywy naukowej, jak i praktycznej. Utrzymanie ciągłości i niezawodności ich dostarczania, a także standard oferowanych usług w dużej mierze decydują o jakości życia mieszkańców oraz podmiotów prowadzących działalność gospodarczą lub zamierzających ją tam zlokalizować.

Celem artykułu jest identyfikacja oraz ocena modeli organizacyjnych świadczenia lokalnych usług publicznych w gminach. Szczegółnej analizie poddano formy organizacyjne podmiotów w zakresie dostarczania wody, odprowadzania i oczyszczania nieczystości płynnych oraz zagospodarowania odpadów komunalnych. Zakres prowadzonych analiz obejmował gminy województw: Małopolskiego, Podkarpackiego i Świętokrzyskiego. Badania empiryczne w gminach przeprowadzono w latach 2025-2026.

Wśród czynników, które zdaniem zarządzających, z którymi przeprowadzano wywiady, determinują wybór określonej formy organizacyjno-prawnej gospodarki komunalnej znalazły się takie argumenty, jak: kwestie finansowe (oszczędność środków budżetowych, chęć obniżenia opłat dla mieszkańców), dobre dopasowanie do aktualnych potrzeb gminy oraz mieszkańców, wieloletnia tradycja funkcjonowania podmiotów (np. samorządowych zakładów budżetowych, referatów gospodarki komunalnej). W sytuacjach zmian modelu organizacyjnego wskazywano konieczność poszerzania zakresu działalności. W konsekwencji miało to zapewnić pozyskiwanie dodatkowych zleceń, a w rezultacie źródeł przychodów (spółki komunalne).

Dominującą ilościowo formę organizacyjną stanowiły zakłady budżetowe. Model spółki kapitałowej był częściej wybierany przez gminy charakteryzujące się większym zaludnieniem i dynamiką rozwoju. Jednostki budżetowe były natomiast wskazywane głównie w gminach mniejszych, wykazujących oznaki depopulacji. Mała skala prowadzonej gospodarki komunalnej pozwalała gminom organizować ją w formie referatów w strukturze urzędów. W odniesieniu do branży gospodarki odpadami gminy najczęściej wybierały wykonawców w trybie zamówień publicznych.

Wyniki badań wskazują, że na wybór formy organizacji usług komunalnych w gminach miały głównie uwarunkowania finansowe w ramach sektora finansów publicznych. Część zmian sposobu organizacji gospodarki komunalnej była spowodowana sytuacją finansową samorządów i chęcią jej poprawy.

Słowa kluczowe: finanse samorządu terytorialnego, gospodarka komunalna, sektor finansów publicznych



ŚRODOWISKOWA OCENA WYBRANYCH PROCESÓW ODZYSKU ELEKTRO-ZŁOMU

Łukasz Skrzypek¹

¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki,
lukasz.skrzypek95@gmail.com

Elektroodpady (ZSEiE) stanowią jednocześnie istotny problem środowiskowy oraz cenne źródło surowców wtórnych, ponieważ zawierają metale nieżelazne, szlachetne oraz metale ziem rzadkich o znaczeniu strategicznym, a obecność substancji toksycznych (Pb, Hg, Cd) stwarza poważne zagrożenie dla środowiska i zdrowia. Z tego względu ich właściwe przetwarzanie jest kluczowym elementem gospodarki o obiegu zamkniętym oraz warunkiem bezpieczeństwa surowcowego. Celem pracy była analiza i porównanie oddziaływania na środowisko czterech różnych wariantów procesu przetwarzania elektro-złomu, prowadzonych w ramach procesu R12 (wymiana odpadów), w kierunku wskazania wariantu cechującego się najmniejszą presją środowiskową. Analizowane warianty obejmowały: ręczny demontaż ZSEiE, automatyczny demontaż ZSEiE, odzysk metali żelaznych z przekazaniem pozostałości do spalarni oraz składowanie odpadów na składowisku. Ocenę przeprowadzono z wykorzystaniem metody oceny cyklu życia (LCA), która umożliwia analizę aspektów środowiskowych i potencjalnego wpływu procesów na środowisko, przy zastosowaniu oprogramowania SimaPro 8.1 (model ReCiPe) oraz bazy danych Ecoinvent, przyjmując jako jednostkę funkcjonalną 1 Mg przetwarzanych elektroodpadów. Zakres pracy obejmował pozyskanie danych o zużyciu energii, paliw, wody i innych substancji w czterech zakładach przetwarzania, opracowanie bilansu masowego odpadów wraz z określeniem kierunków ich dalszego zagospodarowania, ustalenie granic analizowanego systemu oraz przeprowadzenie analizy LCA i oceny poszczególnych procesów. Uzyskane wyniki umożliwiły porównanie analizowanych scenariuszy pod względem ich potencjalnego wpływu na środowisko oraz wskazanie rozwiązania charakteryzującego się najniższą presją środowiskową w procesie odzysku elektro-złomu, co może stanowić wsparcie przy wyborze optymalnych metod przetwarzania tego rodzaju odpadów.



ANALIZA DYNAMIKI ZMIAN TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI POWIETRZA W ZALEŻNOŚCI OD TRYBU PRACY KLIMATYZATORA W BUDYNKU JEDNORODZINNYM

Paweł Sokołowski¹, Grzegorz Nawalany¹

¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Budownictwa,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, pawel.sokolowski@urk.edu.pl, grzegorz.nawalany@urk.edu.pl

Zapewnienie odpowiedniego komfortu cieplnego w budownictwie jednorodzinnym stało się jednym z kluczowych wyzwań współczesnej inżynierii środowiska, szczególnie w obliczu coraz częstszych ekstremów pogodowych. Niniejsza praca koncentruje się na szczegółowej analizie zmienności wybranych parametrów mikroklimatu wewnętrznego oraz zewnętrznego w typowym budynku mieszkalnym. Głównym celem podjętych działań było nie tylko systematyczne monitorowanie naturalnych wahań temperatury i wilgotności, ale przede wszystkim krytyczna ocena wpływu okresowej pracy systemu klimatyzacji na stabilizację warunków termicznych wewnątrz pomieszczeń. Badania te pozwalają lepiej zrozumieć dynamikę zmian mikroklimatu w odpowiedzi na zmieniające się warunki atmosferyczne oraz aktywność systemów HVAC.

Proces badawczy miał charakter długofalowy i był prowadzony w okresie od stycznia 2025 do grudnia 2025 roku, co pozwoliło na uchwycenie szerokiego spektrum zjawisk pogodowych. Monitorowanie oparto na 8 punktach pomiarowych, z których 6 zlokalizowano wewnątrz budynku w strefach przebywania domowników, natomiast dwa pozostałe na zewnątrz, co umożliwiło analizę korelacji między pogodą a stanem powietrza wewnątrz obiektu. Gromadzone dane dotyczące temperatury oraz wilgotności względnej zostały poddane precyzyjnej segregacji sezonowej na jesień, zimę, wiosnę oraz lato. Taki podział umożliwił weryfikację, jak izolacja termiczna budynku oraz urządzenia techniczne radzą sobie w skrajnie odmiennych scenariuszach klimatycznych.

Istotnym elementem pracy były testy eksperymentalne urządzenia klimatyzacyjnego, w trakcie których skupiono się na analizie dynamiki zmian parametrów powietrza przy dwóch skrajnych trybach pracy, czyli minimalnym oraz maksymalnym nawiewie. W toku eksperymentu szczegółowej analizie poddano tempo spadku temperatury w fazie aktywnego chłodzenia oraz zmiany wilgotności względnej, która jest kluczowym czynnikiem wpływającym na subiektywne odczucie komfortu i zapobieganie nadmiernemu osuszeniu powietrza. Ważnym aspektem była również obserwacja bezwładności cieplnej pomieszczeń, czyli zachowania mikroklimatu bezpośrednio po zakończeniu pracy urządzenia, co pozwoliło ocenić trwałość uzyskanego efektu chłodniczego.

Przeprowadzone analizy dowiodły wysokiej skuteczności zastosowanego systemu klimatyzacji w procesie stabilizacji parametrów wewnętrznych. Wykazano, że urządzenie nie tylko efektywnie obniżało temperaturę w okresach letnich upałów, ale również pełniło funkcję stabilizatora mikroklimatu, skutecznie zapobiegając gwałtownym skokom wilgotności. Całość zgromadzonego materiału badawczego potwierdziła, że w analizowanym budynku jednorodzinnym komfort cieplny był utrzymany przez większość czasu trwania pomiarów. Uzyskane wyniki mogą stanowić cenną wskazówkę przy optymalizacji systemów klimatyzacyjnych w budownictwie o podobnej charakterystyce, podkreślając znaczenie dostosowania mocy nawiewu do pożądanej dynamiki zmian temperatury i wilgotności.



**XXXI KONFERENCJA NAUKOWA
INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM**

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

**MIKROSTRUKTURA MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH W ŚWIECIE
SPOLARYZOWANYM - ZAPRAWY I BETONY**

Urszula Solecka

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Budownictwa,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, u.solecka@urk.edu.pl*

Mikroskopia w świetle spolaryzowanym stanowi jedną z metod analizy mikrostruktury materiałów budowlanych, umożliwiając ocenę zarówno składu fazowego, cech morfologicznych, jak i procesów degradacyjnych zachodzących w materiale. Metoda ta pozwala na określenie składu mineralnego kruszywa, rozpoznanie produktów hydratacji cementu oraz wtórnych faz powstających w wyniku procesów chemicznych zachodzących w zaprawach i betonach. Umożliwia diagnostykę procesów degradacyjnych takich jak uszkodzenia mrozowe lub chemiczne czy zmiany mineralne związane z karbonatyzacją i wylugowaniem. Ponadto może służyć do analizy wielkości, kształtu i orientacji ziaren, rozmieszczenia porów oraz identyfikacji mikrospękań i ścieżek ich propagacji. Analizę mikroskopową wybranych zapraw wapiennych, zapraw cementowych oraz elementów betonowych wykonano w celu charakterystyki ich mikrostruktury oraz oceny zmian zachodzących w strukturze materiału. Na podstawie obserwacji mikroskopowych określono skład fazowy badanych materiałów, charakter porowatości i spójność struktury, a także zidentyfikowano obecność mikrospękań oraz wykazano zróżnicowanie struktury w zależności od rodzaju zastosowanego spoiwa i kruszywa. Uzyskane wyniki mogą służyć do oceny stanu materiałów oraz identyfikacji procesów degradacyjnych zachodzących w ich strukturze.



NOWA KONCEPCJA SYSTEMU MAGAZYNOWANIA CIEPŁA W WARSTWACH WODONOŚNYCH

Marek L. Solecki¹, Jerzy M. Stopa², Marek Hajto³

*¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu,
Katedra Inżynierii Naftowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, marek.solecki@agh.edu.pl*

*²Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu,
Katedra Inżynierii Naftowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, stopa@agh.edu.pl*

*³Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, mhajto@agh.edu.pl*

Systemy magazynowania energii cieplnej w warstwach wodonośnych (ATES – Aquifer Thermal Energy Storage) stanowią jedno z perspektywicznych rozwiązań wspierających transformację energetyczną oraz rozwój niskoemisyjnych systemów ogrzewania i chłodzenia. Technologia ta opiera się na sezonowym magazynowaniu energii cieplnej w strukturach wodonośnych poprzez cykliczne zatłaczanie i odbiór wód podziemnych o zmienionej temperaturze. Efektywność funkcjonowania systemów ATES jest silnie uzależniona od warunków hydrogeologicznych, właściwości termicznych ośrodka skalnego oraz parametrów przepływu wód podziemnych.

Przedstawiono opatentowaną koncepcję magazynowania ciepła w warstwach wodonośnych, ukierunkowaną na zwiększenie efektywności odzysku energii oraz ograniczenie strat ciepłych podczas długoterminowej eksploatacji systemu. Proponowane rozwiązanie opiera się na zoptymalizowanej konfiguracji otworów oraz kontrolowanym przepływie wód podziemnych w obrębie strefy magazynowania, co umożliwia poprawę stabilności pracy systemu oraz efektywniejsze wykorzystanie zakumulowanej energii.

Niniejsza koncepcja może znaleźć zastosowanie w systemach płytkiej geotermii oraz sezonowego magazynowania energii dla potrzeb ciepłownictwa i chłodnictwa. Rozwiązanie to wpisuje się w rozwój technologii odnawialnych źródeł energii oraz działań zmierzających do ograniczenia emisji CO₂. Szczególne znaczenie w projektowaniu tego typu instalacji mają badania hydrogeologiczne oraz modelowanie numeryczne procesów przepływu i transportu ciepła w ośrodkach porowatych.



WYKORZYSTANIE BIEWĘGLA Z MLECZARSKICH OSADÓW ŚCIEKOWYCH DO MINIMALIZACJI WYBRANYCH ZWIĄZKÓW ODOROWYCH W PROCESIE KOMPOSTOWANIA

Sylvia Stegenta-Dąbrowska¹, Joanna Rosik², Hanna Niedworok¹, Kacper Świechowski¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Katedra Biogospodarki Stosowanej,
ul. Chelmońskiego 37a, 51-630 Wrocław, sylvia.stegenta-dabrowska@upwr.edu.pl, kacper.swiechowski@upwr.edu.pl

²Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska,
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, joanna.rosik@upwr.edu.pl

Efektywne zagospodarowanie osadów ściekowych pochodzących z przemysłu mleczarskiego stanowi istotne wyzwanie środowiskowe ze względu na wysoką zawartość materii organicznej oraz związków sprzyjających emisji uciążliwych substancji odorowych podczas ich przetwarzania. Jednym z potencjalnych sposobów ograniczenia emisji lotnych związków odorotwórczych jest zastosowanie biowęgla, charakteryzującego się rozwiniętą powierzchnią sorpcyjną oraz zdolnością do stabilizacji procesów biologicznych zachodzących w trakcie kompostowania.

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania biowęgla otrzymanego z mleczarskich osadów ściekowych do ograniczenia emisji wybranych związków odorowych podczas kompostowania osadów mleczarskich z odpadami zielonymi i zrębkami drzewnymi. Badania przeprowadzono w kilku wariantach doświadczalnych różniących się udziałem biowęgla, wynoszącym 0%, 3%, 6%, 9% oraz 12% względem suchej masy mieszaniny. Proces realizowano w zamkniętych reaktorach laboratoryjnych przez 13 dni.

Uzyskane wyniki wykazały, że zastosowanie biowęgla w dawkach 9–12% skutkowało całkowitym ograniczeniem emisji 2-butanonu oraz aldehydu octowego. Wyższe dawki biowęgla wpływały również na poprawę wybranych parametrów kompostu oraz ograniczenie emisji gazów i lotnych związków organicznych (LZO). Jednocześnie stwierdzono, że niższa dawka biowęgla (3%) przyczyniła się do zmniejszenia emisji merkaptanu metylu, indolu, siarkowodoru oraz dwutlenku węgla. Przeprowadzone badania potwierdzają, że biowęgiel z mleczarskich osadów ściekowych może stanowić skuteczny dodatek wspomagający minimalizację emisji wybranych związków odorowych podczas kompostowania, jednak jego efektywność zależy od zastosowanej dawki oraz rodzaju emitowanych związków.



**INTEGRACJA BIOTRANSFORMACJI I KOMPOSTOWANIA
W KOMPLEKSOWYM ZAGOSPODAROWANIU ODPADÓW PRZEMYSŁU
MLECZARSKIEGO: BADANIE TYPU PROOF-OF-CONCEPT**

Sylvia Stegenta-Dąbrowska¹, Joanna Rosik², Ada Spodniewska¹, Katarzyna Kosiorowska¹, Kacper Świechowski¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Katedra Biogospodarki Stosowanej,
ul. Chelmońskiego 37a, 51-630 Wrocław, sylvia.stegenta-dabrowska@upwr.edu.pl; katarzyna.kosiorowska@upwr.edu.pl;
kacper.swiechowski@upwr.edu.pl

²Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska,
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, joanna.rosik@upwr.edu.pl

Odpady generowane przez przemysł mleczarski, w tym osady ściekowe oraz wody pochodowlane, stanowią istotne wyzwanie środowiskowe ze względu na wysoką zawartość substancji organicznej i składników biogennych. Poszukiwanie efektywnych metod ich zagospodarowania wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym oraz zrównoważonego rozwoju. Jednym z obiecujących kierunków jest integracja procesów biotransformacji i kompostowania, umożliwiająca jednoczesną stabilizację odpadów oraz odzysk wartościowych składników nawozowych.

Celem pracy było przeprowadzenie badania typu proof-of-concept dotyczącego wykorzystania wody pochodowlanej, zawierającej szczepy mikroorganizmów obecnych w osadzie mleczarskim, jako czynnika wspomagającego proces kompostowania. Badania laboratoryjne przeprowadzono z udziałem osadu mleczarskiego, trawy oraz zrębków drzewnych. Analizowano wpływ różnych udziałów osadu i wody pochodowlanej na przebieg procesów biologicznych zachodzących podczas kompostowania.

Uzyskane wyniki wykazały, że odpowiednio dobrany udział osadu mleczarskiego oraz dodatku wody pochodowlanej sprzyja intensyfikacji procesów biodegradacyjnych i poprawie efektywności kompostowania. Jednocześnie stwierdzono, że zarówno niedostateczna ilość osadu i brak dodatku wody pochodowlanej, jak i nadmierne obciążenie mieszaniny tymi komponentami prowadzą do pogorszenia warunków procesu oraz obniżenia jego efektywności. Przeprowadzone badania potwierdzają potencjał integracji biotransformacji i kompostowania jako kompleksowej strategii zagospodarowania odpadów przemysłu mleczarskiego.



MATERIALY

XXXI KONFERENCJA NAUKOWA

INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

LIGHTWEIGHT AGGREGATES DERIVED FROM POST-PROCESSING MINERALS FOR USE IN THE CONSTRUCTION OF GREEN ROOFS

Agata Stempkowska¹, Tomasz Gawenda¹

¹AGH University of Kraków, Faculty of Civil Engineering and Resources Management, Department of Environmental Engineering,
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland, stemp@agh.edu.pl

The aim of the research is to produce lightweight aggregates with specific performance parameters for use in plant substrates, green roofs, and vertical walls. Sustainable construction is developing in Poland. Buildings with flat roofs are being designed to function as utility gardens. Buildings with flat roofs are being designed to function as utility gardens. Special aggregate mixtures are required for the vegetation layers of such gardens. Several companies producing substrates and establishing gardens are addressing the shortage of native natural products (light tuffs and volcanic lava) and lightweight aggregates with good parameters. For this purpose, an attempt was made to produce aggregates with various grain sizes and shapes (round, flat) from post-process raw materials. These raw materials are obtained by washing crushed aggregates. It turns out that such materials possess plastic properties and sinterability, allowing them to be transformed into lightweight aggregates with high open porosity. The following instrumental techniques were used to evaluate the aggregate parameters: X-ray fluorescence (XRF) to obtain detailed information on the oxide composition of the tested raw materials; high-temperature microscopy (HSM) to determine the appropriate sintering temperature; and pH and conductivity meters to examine the filtration solutions in direct contact with the aggregate. An important issue was to examine the microstructure of the produced aggregates after firing using SEM microscopy and X-ray diffraction (XRD) analysis techniques. The produced aggregates are characterized by high water absorption (approx. 50%) and low bulk density (0.82 g/cm³), as well as meso (approx. 30-100 µm) and bio (approx. 100-500 µm) porosity, which favorably influences the proper development of plant roots and the absorption and release of water. The added value of this research is the identification of resources that can be transformed into lightweight aggregates for urban greening, which is consistent with circular economy strategies and environmental protection.



WYSTĘPOWANIE LEKOOPORNYCH SZCZEPÓW *E. COLI* W EKOLOGICZNYM I KONWENCJONALNYM SYSTEMIE UTRZYMANIA BYDŁA MLECZNEGO

Patrycja Szczechura¹, Katarzyna Wolny-Koładka¹, Stanisław Bodziacki¹, Katarzyna Cichy¹

¹ Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii i Biomonitoringu,
patrycja.szczechura@student.urk.edu.pl

Celem niniejszej pracy była ocena profilu lekooporności szczepów *Escherichia coli* wyizolowanych z obornika pobranego z obór, w których utrzymywano bydło mleczne w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Izolację przeprowadzono z wykorzystaniem metody seryjnych rozcieńczeń Kocha na podłożu TBX agar. Profil lekooporności określono metodą dyfuzyjno-krażkową na podłożu MHA agar z wykorzystaniem 20 antybiotyków należących do antybiogramu podstawowego i rozszerzonego, przeprowadzono także testy w kierunku obecności mechanizmu ESBL (β -laktamazy o rozszerzonym spektrum działania). W ramach badań, z obornika pobranego w oborze konwencjonalnej wyizolowano 14 szczepów. Analiza wykazała, że 33% szczepów było w pełni wrażliwych na wszystkie badane antybiotyki, natomiast u pozostałych szczepów stwierdzono oporność na pojedyncze lub liczne antybiotyki. Mechanizm ESBL potwierdzono u jednego z izolatów. Natomiast, w przypadku próbek obornika pochodzącego z obory ekologicznej, badania wykazały relatywnie niski poziom oporności wśród wyizolowanych 36 szczepów. Spośród nich, aż 65% izolatów zachowało pełną wrażliwość na wszystkie badane antybiotyki. Ponadto, w tej grupie nie odnotowano przypadków wielolekooporności, a mechanizm ESBL potwierdzono u trzech izolatów. Uzyskane wyniki wskazują, że obornik bydła mlecznego może stanowić istotny rezerwuuar szczepów *E. Coli* wykazujących oporność na antybiotyki. Wyraźnie zaznaczyły się różnice między systemami utrzymania bydła mlecznego, ponieważ zaobserwowano, iż system konwencjonalny sprzyja występowaniu szczepów o szerszym profilu oporności oraz zjawisku wielolekooporności, podczas gdy system ekologiczny charakteryzował się obecnością szczepów wrażliwych. Należy podkreślić, że mimo jednakowej liczby pobranych próbek, w oborze konwencjonalnej wyizolowano istotnie mniej szczepów niż w oborze ekologicznej, co prawdopodobnie wynika z wyższych standardów higienicznych i bardziej rygorystycznych procedur sanitarnych ograniczających ogólną liczebność bakterii. W obu systemach utrzymania bydła, zaobserwowano nasilenie cech oporności w sezonie zimowym, co prawdopodobnie mogło wynikać z intensyfikacji leczenia zwierząt w tym okresie lub z procesów selekcji środowiskowej. Uzyskane wyniki wskazują zasadność dalszego monitorowania antybiotykooporności w produkcji zwierzęcej.

Niniejsza praca stanowi część badań prowadzonych w ramach projektu „Sieć badawcza uczelni przyrodniczych na rzecz rozwoju polskiego sektora mleczarskiego – projekt badawczy (SUP-RIM)” finansowanego przez MNiSW (nr grantu: MEiN/2023/DPI/2872).



EFEKTYWNOŚĆ TECHNICZNO-EKONOMICZNA PROSUMENCKIEGO SYSTEMU FOTOWOLTAICZNO-BATERYJNEGO W KLIMACIE KONTYNENTALNYM: EMPIRYCZNA WERYFIKACJA ROCZNYCH WSKAŹNIKÓW EKSPLOATACYJNYCH Z WALIDACJĄ METEOROLOGICZNĄ

Tomasz Szul¹

¹Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Katedra Inżynierii Biprocesów, Energetyki i Automatykacji, t.szul@urk.edu.pl

Praca przedstawia kompleksową analizę rzeczywistych danych eksploatacyjnych instalacji fotowoltaiczno-bateryjnej w budynku jednorodzinny w południowej Polsce, zrealizowaną w ciągu 365 dni ciągłego monitoringu (wrzesień 2024 – sierpień 2025). Badany system składał się z instalacji PV o mocy 10 kWp (układ wschód–zachód, nachylenie 30°) oraz magazynu energii LiFePO₄ o pojemności 19,2 kWh. Celem badań była empiryczna weryfikacja skuteczności energetycznej i opłacalności ekonomicznej systemu z bateryjnym magazynem energii w warunkach polskiego systemu net-billingu, przy jednoczesnej walidacji wyników względem danych klimatycznych PVGIS TMY.

Dane pomiarowe rejestrowano z rozdzielczością 15-minutową, a jakość zbiorów kontrolowano bilansem energetycznym czterech strumieni: generacja PV, pobór z sieci, zużycie oraz eksport. Analizę przeprowadzono przy użyciu standaryzowanych wskaźników: współczynnika autokonsumpcji (SCR), współczynnika samowystarczalności (SSR), wskaźnika wykorzystania baterii (BUR) oraz sprawności cyklu magazynowania (RTE).

Zmierzony roczny uzysk energetyczny instalacji wyniósł 882,7 kWh/kWp, co odpowiada odchyleniu –4,4% względem wzorca klimatycznego PVGIS (923 kWh/kWp), mieszczącemu się w granicach typowej zmienności międzyrocznej dla tej strefy klimatycznej. Roczny SCR osiągnął poziom 46,2%, a SSR – 81,0%, przy czym pełną niezależność od sieci (SSR = 100%) odnotowano w 70,1% dni roku. Sprawność cyklu baterii wyniosła 91,1%, potwierdzając prawidłową pracę i dobry stan techniczny ogniów. Wskaźnik BUR osiągnął zaledwie 26,5% (≈95 pełnych cykli/rok), ujawniając znaczne niedowyzkorzystanie pojemności magazynu względem deklarowanej trwałości cyklowej (6000 cykli).

Analiza ekonomiczna wykazała, że prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych na magazyn energii wynosi ok. 26 lat i istotnie przekracza techniczną żywotność kalendarzową baterii (15–20 lat). Jednostkowy koszt magazynowania (LCSE = 0,37 PLN/kWh) jest wprawdzie korzystny względem taryfy detalicznej (0,80 PLN/kWh), lecz niskie natężenie cyklowania uniemożliwia odzyskanie kapitału w realistycznym horyzoncie eksploatacji. Kluczowym czynnikiem destabilizującym bilans energetyczny okazało się niekontrolowane ładowanie pojazdu elektrycznego – odpowiadało ono za 74% dni z SSR poniżej 20%. Wyniki wskazują, że integracja inteligentnego zarządzania ładowaniem EV stanowi interwencję o najwyższym potencjale poprawy efektywności systemu, przewyższającym korzyści wynikające z rozbudowy pojemności magazynu.

**WIELKOŚĆ I ZASIĘG DEPOZYCJI ZANIECZYSZCZEŃ PRZEMYSŁOWYCH
W REJONIE PUŁAW NA PODSTAWIE ANALIZY FIZYKOCHEMICZNEJ I
MIKROSKOPOWEJ SUBSTANCJI ZAWARTYCH W POKRYWIE ŚNIEŻNEJ***Mirosław Szwed¹, Krzysztof Jarzyna²*

¹Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,
ul. Uniwersytecka 7, 25-406 Kielce, miroslaw.szwed@ujk.edu.pl

²Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Katedra Geografii Fizycznej,
Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, k.jarzyna3@uw.edu.pl

Pokrywa śnieżna, jako naturalny kolektor depozycji suchej i mokrej, umożliwia precyzyjną retrospektywną ocenę jakości powietrza oraz identyfikację kierunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w sezonie zimowym. Wyjątkowe warunki badawcze w sezonie 2025/2026, charakteryzujące się nieprzerwanym zaleganiem śniegu przez ponad miesiąc (od 30 grudnia 2025 r. do 6 lutego 2026 r.), pozwoliły na analizę skumulowanej antropopresji przemysłowej w rejonie Puław. Celem podjętych badań była ocena przestrzennej zmienności składu chemicznego śniegu wzdłuż wyznaczonych transektów oraz identyfikacja mechanizmów modyfikacji właściwości fizykochemicznych opadów stałych w zasięgu oddziaływania Zakładów Azotowych w Puławach.

Prace terenowe przeprowadzono 6 lutego 2026 r., pobierając próbki w 18 punktach pomiarowych oraz w jednym punkcie tła (Suchedniowsko-Oblęgorski Park Krajobrazowy) przy użyciu certyfikowanego cylindra śnieżnego. Proces topnienia próbek realizowano w kontrolowanej temperaturze 6°C, co zapobiegło transformacjom chemicznym analitów. Skład jonowy oznaczono metodą chromatografii jonowej (DIONEX ICS 6000), zachowując rygor analityczny dzięki wykorzystaniu certyfikowanych materiałów odniesienia KEJIM15. Morfologię i skład pierwiastkowy cząstek stałych zbadano techniką SEM-EDAX przy użyciu mikroskopu Quanta 250 FEI. Badania wykazały istotną modyfikację chemizmu opadów. Stwierdzono zjawisko alkalizacji śniegu w sąsiedztwie emitora (maksymalne pH 7,42) mimo wysokich stężeń anionów mocnych kwasów (maksymalne: NO₃⁻ 10,10 mg/L wobec 0,91 mg/L w punkcie tła). Wykazano, że kluczowym mechanizmem jest powstawanie tzw. "bufora amonowego" – zasadowy amoniak neutralizuje kwasowość opadów (kwas siarkowy i azotowy) do soli amonowych, co wyjaśnia wysokie pH w strefie silnego zanieczyszczenia. Analiza PCA pozwoliła na wyodrębnienie dwóch głównych składowych: PC1 (ładunki: Ca 0,505; NO₃ 0,487; pH 0,406), reprezentującej emisję przemysłową i neutralizację kwasowości przez pyły zasadowe, oraz PC2 (NH₄ 0,494; Mg 0,426; Na 0,373; Cl 0,375), będącej czynnikiem mieszanym emisji amoniaku i wtórnego zasolenia antropogenicznego (sole drogowe). Analiza SEM-EDAX dostarczyła dowodów antropopresji przemysłowej w postaci technogenicznych sferul (10 µm) o składzie Si-Al-Fe oraz zagregowanych cząstek przemysłowych (50 µm) zawierających C, Ca, Cl, Si i Al.

Wyniki dowodzą, że wpływ przemysłu azotowego na środowisko pozostaje dominujący w promieniu 5 km od emitora. Skumulowany ładunek azotu uwalniany podczas topnienia śniegu stanowi istotne obciążenie eutrofizacyjne dla ekosystemów leśnych, sprzyjając wymywaniu kationów zasadowych z kompleksu sorpcyjnego gleb. Mimo modernizacji instalacji, specyficzny mechanizm modyfikacji opadów przez "bufor amonowy" pozostaje kluczowym czynnikiem kształtującym lokalną hydrochemię i stan ekologiczny regionu.

**ANALIZA ZMIENNOŚCI ORAZ SKUTECZNOŚCI REDUKCJI ZWIĄZKÓW
ORGANICZNYCH W MODELU WYCINKOWYM REAKTORA MBBR***Paulina Śliz¹, Karolina Migdał²*

¹ Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Studiów Miejskich, Katedra Gospodarki Przestrzennej,
slizp@uek.krakow.pl

² Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej,
karolina.migdal@urk.edu.pl

Celem badań była analiza zmienności oraz skuteczności redukcji związków organicznych w ściekach oczyszczonych w modelu wycinkowym reaktora typu MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor). Przedmiotem analizy były dwa podstawowe wskaźniki zanieczyszczeń ścieków: BZT₅ oraz ChZT_{Cr}. Badania przeprowadzono w pięciu wycinkowych modelach reaktorów (K1, K2, K3, K4, K5), różniących się stopniem wypełnienia nośnikami biomasy wynoszącym odpowiednio 70%, 60%, 40%, 20% oraz 0% w przypadku reaktora K5. Najwyższą średnią skuteczność redukcji BZT₅ uzyskano w reaktorze z wypełnieniem nośnikami biomasy na poziomie 60%, gdzie osiągnęła ona 90,51%. Zbliżoną efektywność odnotowano w reaktorze o wypełnieniu 70% (88,51%). Wraz ze zmniejszaniem ilości kształtek obserwowano stopniowy spadek skuteczności oczyszczania, która w reaktorze pozbawionym nośników wyniosła 65,88%. W przypadku wskaźnika ChZT_{Cr} najwyższą skuteczność redukcji uzyskano w reaktorze wypełnionym kształtkami w 40% (72,59%), natomiast najniższą w reaktorze bez nośników biomasy (59,73%). Uzyskane wyniki wskazują, że obecność nośników biomasy w reaktorach MBBR istotnie zwiększa efektywność usuwania związków organicznych ze ścieków i może stanowić podstawę do optymalizacji parametrów pracy tego typu instalacji. Analiza współczynników zmienności wykazała zróżnicowaną stabilność procesu oczyszczania w zależności od analizowanego wskaźnika. W przypadku skuteczności redukcji BZT₅ większość reaktorów (K1, K3 i K4) charakteryzowała się małą zmiennością wyników ($V_s < 20\%$), co wskazuje na stosunkowo stabilny przebieg procesu biologicznego rozkładu łatwo biodegradowalnej materii organicznej. Dużą zmienność skuteczności redukcji odnotowano w reaktorach K2 oraz K5 ($40\% < V_s < 100\%$), co może świadczyć o większej wrażliwości procesu na zmienność jakości ścieków dopływających oraz warunki pracy reaktora. W przypadku wskaźnika ChZT_{Cr} we wszystkich analizowanych reaktorach stwierdzono przeciętną zmienność skuteczności redukcji ($20\% < V_s < 40\%$), co może wynikać z obecności w ściekach frakcji związków organicznych o różnym stopniu biodegradowalności.

**ANALIZA PROCESU HYDROTHERMALNEJ KARBONIZACJI I
HYDROTHERMALNEGO UPŁYNNIANIA MLECZARSKICH OSADÓW
ŚCIEKOWYCH W KONTEKŚCIE ZINTEGROWANEGO PRZETWARZANIA*****Kacper Świechowski¹, Joanna Rosik², Katarzyna Kosiorowska¹, Marzena Domińska²***

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Katedra Biogospodarki Stosowanej,
ul. Chelmońskiego 37a, 51-630 Wrocław, kacper.swiechowski@upwr.edu.pl, katarzyna.kosiorowska@upwr.edu.pl

²Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska,
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, joanna.rosik@upwr.edu.pl, marzena.dominska@upwr.edu.pl

Rosnąca ilość osadów ściekowych powstających w procesach oczyszczania ścieków przemysłowych stanowi istotne wyzwanie środowiskowe i technologiczne. Ze względu na wysoką zawartość wody, materii organicznej oraz związków biogennych, osady ściekowe wymagają odpowiedniego zagospodarowania. Wobec zaostrzających się regulacji prawnych dotyczących składowania i rolniczego wykorzystania osadów ściekowych, coraz większego znaczenia nabierają technologie ich termochemicznego przetwarzania. Jednym z perspektywicznych kierunków zagospodarowania osadów ściekowych są procesy hydrotermalne, w szczególności hydrotermalna karbonizacja (HTC) oraz hydrotermalne upłynnianie (HTL). Hydrowęgiel otrzymywany w procesie HTC charakteryzuje się podwyższoną wartością ciepła spalania, zmniejszoną zawartością tlenu oraz zwiększonym stopniem uwęglenia w porównaniu do surowca wejściowego, co czyni go potencjalnym paliwem stałym lub surowcem do dalszego przetwarzania energetycznego np. w procesie zgazowania. Drugim istotnym produktem procesów HTC i HTL jest woda po procesowa, zawierająca znaczne ilości rozpuszczonych związków organicznych, w tym lotnych kwasów tłuszczowych, związków azotowych oraz innych produktów reakcji hydrotermalnych. Skład chemiczny wody po procesowej jest silnie uzależniony od warunków prowadzenia procesu i może determinować zarówno jej potencjalne wykorzystanie, jak i konieczność dalszego oczyszczania. Coraz częściej wskazuje się na możliwość zagospodarowania wody procesowej w procesach biologicznych, takich jak fermentacja metanowa, pod warunkiem kontroli składu chemicznego i eliminacji związków potencjalnie inhibujących. Celem niniejszego badania była kompleksowa analiza procesu hydrotermalnej karbonizacji i hydrotermalnego upłynniania osadów ściekowych pochodzących z przykładowej oczyszczalni ścieków mleczarskich, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu temperatury procesu na właściwości otrzymanego hydrowęgla oraz skład chemiczny wody procesowej. Zakres badań obejmował ocenę wydajności masowej i energetycznej hydrowęgla, jego właściwości paliwowych określonych na podstawie analizy technicznej i składu elementarnego, a także charakterystykę związków organicznych obecnych w wodzie po procesowej. Przeprowadzona analiza stanowi podstawę do dalszych rozważań nad możliwością wdrożenia technologii hydrotermalnych w praktyce przetwarzania osadów mleczarskich i ich integracji z innymi metodami przetwarzania i zagospodarowania odpadów.



WPLYW POBORU NIEREJESTROWANEGO NA RZETELNOŚĆ BILANSOWANIA WÓD PODZIEMNYCH W KONTEKŚCIE ZRÓWNOWAŻONEGO GOSPODAROWANIA ZASOBAMI

Małgorzata Tott, Kamil Pawelec, Tomasz Operacz*

*Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki w Krakowie, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków,
mtot@pgi.gov.pl

Precyzyjne wyznaczenie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych stanowi podstawę odpowiedzialnego zarządzania gospodarką wodną. W obliczu prognozowanych zmian klimatu, które nasilają presję na ekosystemy wodne i zwiększają niepewność co do ich przyszłego stanu, konieczne staje się wypracowanie skutecznych metod adaptacji do zmiennych warunków hydrogeologicznych. Ocena potencjału wód podziemnych w obszarze bilansowym musi zatem kompleksowo obejmować wszystkie składowe, w tym te dotychczas pomijane lub niedoszacowane.

Celem podjętych badań było określenie skali oddziaływania poboru nierejestrowanego na zasoby odnawialne i dyspozycyjne oraz opracowanie metodyki szacowania zużycia wody w ramach zwykłego korzystania. Prace przeprowadzono w zlewni górnego Wisłoka i Sanu w granicach Karpat fliszowych (obszar o powierzchni 3934,77 km²). Uwzględnienie tego komponentu w obliczeniach wynika z faktu, że pobory na potrzeby własnych gospodarstw domowych są zwolnione z obowiązku uzyskiwania pozwoleń wodnoprawnych, co prowadzi do braku ich ewidencji w oficjalnych bazach danych.

Wielkość poboru nierejestrowanego wyznaczono na podstawie danych GUS dotyczących demografii oraz zużycia wody z sieci wodociągowej. Analizy wykazały, że włączenie tych wartości znacząco koryguje szacunki dotyczące całkowitego wykorzystania wód przez mieszkańców – podnosząc je nawet kilkukrotnie. Choć w skali całej jednostki bilansowej wpływ na zasoby odnawialne (0,76%) i dyspozycyjne (1,62%) jest procentowo niski, to w ujęciu lokalnym zjawisko to bezpośrednio rzutuje na faktyczną dostępność wód dla użytkowników. Aż 95% obszaru opracowania stanowią tereny niezabudowane. Składają się na nie lasy (45,40%), użytki rolne (ponad 49,05%) oraz cieki i zbiorniki wodne wraz z bagnami (0,55%), na których pobór wody prawie w ogóle nie występuje. Całość presji nierejestrowanej kumuluje się na zaledwie 5,00% powierzchni (tereny zabudowane). W efekcie, w ujęciu lokalnym intensywność poboru jest 20-krotnie wyższa niż wartość średnia.

Problem nieudokumentowanego poboru stanowi wyzwanie zwłaszcza w regionach o ograniczonych rezerwach wodnych. Wraz z postępem deficytów klimatycznych, spodziewany wzrost zapotrzebowania na wodę wymusza uszczelnienie systemu kontroli i monitoringu. Działania te są niezbędne dla zapewnienia rzetelności bilansów wodnogospodarczych, trwałości zasobów oraz sprawiedliwego nimi gospodarowania w przyszłości.



MATERIAŁY

XXXI KONFERENCJA NAUKOWA

INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

PRZEJŚCIA DLA ZWIERZĄT I INFRASTRUKTURA PRZYSZŁOŚCI: MNIEJ BARIER, WIĘCEJ CIĄGŁOŚCI EKOLOGICZNEJ

Ewelina Tyszkó – Szymańska¹, Renata Zarówna²

Port Polska, spółka Centralny Port Komunikacyjny

Rozwój infrastruktury transportowej jest jednym z kluczowych wyzwań obecnych czasów. W ramach inwestycji strategicznych Port Polska spółka Centralny Port Komunikacyjny przygotowuje inwestycje kolejowe, które będą elementem zintegrowanego systemu transportowego, opartego na sieci Kolei Dużych Prędkości (KDP) połączonych m.in. z nowym lotniskiem.

Budowa szlaków komunikacyjnych stanowi ingerencję w przestrzeń przyrodniczą. Realizacja linii KDP wiąże się z koniecznością budowy ogrodzeń, mających znaczący wpływ na fragmentację terenu, siedlisk i ograniczenie migracji zwierząt. W prezentacji odniesiono się do zagadnień związanych z projektowaniem planowanych linii kolejowych w sposób integrujący potrzeby człowieka i przyrody, ze szczególnym uwzględnieniem konieczności budowy przejść dla zwierząt.

Prezentowano podejście do planowania lokalizacji tego typu obiektów oraz ich znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej. Przeanalizowano przykłady dobrych praktyk związanych z planowaniem i realizacją przejść dla zwierząt w celu zachowania ciągłości ekologicznej, czyli możliwości swobodnego przemieszczania się zwierząt między siedliskami mimo barier w postaci infrastruktury liniowej. Odniesiono się także do zaleceń technicznych dla przejść dla zwierząt, biorąc pod uwagę m.in. zalecane parametry, zasady lokalizacji, klasyfikację obiektów.

Przyszłość infrastruktury transportowej powinna opierać się na zasadach zrównoważonego rozwoju, minimalizacji barier przestrzennych oraz tworzeniu krajobrazu bardziej odpornego na zmiany klimatyczne i presję urbanizacyjną.

¹ Port Polska, spółka Centralny Port Komunikacyjny, Biuro Wsparcia Projektowania Pionu Kolejowego, ewelina.tyszko-szymanska@portpolska.pl,

² Port Polska, spółka Centralny Port Komunikacyjny, Biuro Wsparcia Projektowania Pionu Kolejowego, renata.zarowna@portpolska.pl



MATERIALY

XXXI KONFERENCJA NAUKOWA

INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

DISTRIBUTION OF RENOVATION SUBSIDIES IN THE CZECH REPUBLIC

Natália Várošová¹, David Hampel²

¹ Mendel University in Brno, Department of Statistics and Operation Analysis, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic
e-mail: xvarosov@mendelu.cz

² Mendel University in Brno, Department of Statistics and Operation Analysis, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic
e-mail: david.hampel.uso@mendelu.cz

This study examines the economic and regional distributional aspects of two public subsidy schemes supporting energy-efficient housing renovations in the Czech Republic: the standard New Green Savings (NGS) programme and its low-income-targeted variant, New Green Savings Light (NGSL). The study focuses on differences between the schemes and the factors that influence them. District-level data on successful subsidy recipients were analysed using descriptive statistics, correlation analysis, linear regression, and cluster analysis, with results related to population size, housing stock, and the Social Exclusion Index.

The results show that the standard NGS programme is associated with district size and housing capacity, suggesting that its distribution is driven mainly by structural factors. By contrast, uptake in NGSL is less dependent on population size and more closely linked to regional socio-economic profiles. Prague is a statistical outlier because of its exceptionally large population and high number of applications, which increase explanatory power but distort the broader national pattern. Models excluding Prague provide a more representative picture of regional disparities. The statistical significance of the negative coefficient for the social exclusion index indicates the presence of economic and institutional barriers, such as limited co-financing capacity, limited access to information, and lower administrative readiness.

The two programmes also differ substantially in the structure of supported measures. While NGS focuses on technology-intensive investments such as photovoltaics, e-mobility, and heating-system upgrades, NGSL is dominated by basic thermal insulation. From a sustainable development perspective, this distinction is important: NGSL more directly supports reductions in household energy expenditure, whereas NGS is more accessible to households with greater investment capacity.

Overall, the findings suggest that the current subsidy policy functions more as a structurally accessible instrument than as an explicitly redistributive tool. If sustainable development policy aims to combine environmental efficiency with social equity, subsidy design should be complemented by targeted advisory support, administrative simplification, and stronger territorial targeting of vulnerable regions.

Supported by the grant No. IGA26-PEF-DP-013 of the Grant Agency IGA PEF MENDELU



MATERIAŁY

XXXI KONFERENCJA NAUKOWA

INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

OCENA FUNKCJONOWANIA SYSTEMU ZBIÓRKI ODPADÓW KOMUNALNYCH W WYBRANYCH GMINACH WIEJSKICH I MIEJSKICH WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

Mariusz Wala

*MPGK Alba Sp. z o.o. ul. Starocmentarna 41-300 Dąbrowa Górnicza 2, Akademia WSB
ul. Zygmunta Ciepłaka 1c 41-300 Dąbrowa Górnicza Wydział Nauk Stosowanych
wama.firmajastrzebie@gmail.com*

System zbiórki odpadów komunalnych stanowi kluczowy element funkcjonowania gospodarki odpadami. Jego efektywność zależy zarówno od rozwiązań organizacyjnych jak i od poziomu świadomości oraz zaangażowania mieszkańców. Współczesne systemy gospodarki odpadami muszą sprostać zmieniający się wymaganiom prawnym, środowiskowym i ekonomicznym co wymaga optymalizacji procesów zbiórki i zagospodarowania odpadów. Istotną rolę w tym systemie odgrywają również punkty PSZOK, w których selektywnie odbierane są znaczące ilości różnych kategorii odpadów. Celem pracy była ocena efektywności funkcjonowania systemu zbiórki odpadów komunalnych w wybranych gminach wiejskich i miejskich województwa śląskiego. Wyniki badań wskazują na wyraźne różnice pomiędzy tymi typami gmin. Gminy wiejskie generują więcej odpadów w przeliczeniu na mieszkańca Godów (496 kg/os.) i Jejkowice (551 kg/os.) znacząco przewyższając zarówno średnią krajową, jak i wartości obserwowane w miastach regionu. Miasta natomiast charakteryzują się wyższym udziałem odpadów zmieszanych, czego przykładem jest Jastrzębie-Zdrój (56,84%), podczas gdy gminy wiejskie, takie jak Godów (33,86%), osiągają lepsze wyniki w zakresie segregacji u źródła. Miasta wykazują również intensywniejsze wykorzystanie PSZOK, natomiast gminy wiejskie generują znacznie większy udział bioodpadów w Godowie (27,31%) i Markłowicach (24,57%) podczas gdy w Jastrzębiu-Zdroju udział ten wynosi jedynie 7,24%. Poziom surowców wtórnych jest zbliżony w obu typach gmin, choć najlepszy wynik odnotowano w Markłowicach (16,31%). W pracy dokonano również wstępnej oceny wpływu systemu kaucyjnego na ilość zbieranych odpadów z tworzyw sztucznych, porównując dane z pierwszego kwartału 2025 i 2026 roku. We wszystkich gminach zaobserwowano spadek ilości odbieranych tworzyw sztucznych, co wskazuje na systemowy charakter zmian, prawdopodobnie związany z przejęciem części strumienia przez system kaucyjny. W gminach wiejskich odnotowano spadki sięgające nawet około 19% (Jejkowice), podczas gdy w miastach zmiany były minimalne, na przykład w Rybniku wyniosły około 1,5%. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność dalszych badań w tym zakresie.



MATERIAŁY

XXXI KONFERENCJA NAUKOWA

INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

OCENA ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ UŻYTKOWĄ DO OGRZEWANIA BUDYNKU O KONSTRUKCJI POLISTYRENOWEJ W KLIMACIE UMIARKOWANYM CHŁODNYM

Krzysztof Wąs¹

¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Budownictwa Wiejskiego,
krzysztof.was@urk.edu.pl

Efektywność energetyczna w budownictwie to jedno z kluczowych zadań w realiach ciągłych wzrostów cen energii. Podstawowym sposobem ograniczania strat energii w budynkach pozostaje izolacja termiczna przegród. Tradycyjne konstrukcje murowe mają ograniczenia związane z uzasadnioną ekonomicznie grubością przegród, stąd na popularności zyskują konstrukcje szkieletowe drewniane, jak również stalowe, które z racji swojej konstrukcji pozwalają na skuteczniejszą izolację przegród z uwagi na zwiększoną warstwę ocieplenia przy zachowaniu takiej samej grubości przekroju ścian. Kolejnym krokiem w kierunku lepszej izolacji przegród jest stosowanie materiałów izolacyjnych, które zarazem spełniają również funkcję nośną budynku. Przykładem takiego rozwiązania jest konstrukcja łukowa wykonana w całości z polistyrenu wzmocniona obustronnie siatką z włókna szklanego. Takie rozwiązanie pozwala w pełni wykorzystać potencjał izolacyjny przekroju przegrody. Analizy zapotrzebowania energetycznego w takiej konstrukcji wykonano przy użyciu oprogramowania WUFI®Plus dla klimatu umiarkowanego chłodnego.

**BIOKOMPOZYTY POLISACHARYDOWE Z DODATKIEM NANOKRZEMU
W OCHRONIE I AKTYWACJI NASION: WPŁYW NA EFEKTYWNOŚĆ
PRODUKCJI ROŚLINNEJ W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM*****Anna Wisła-Świder¹, Tomasz Bujalski², Agnieszka Klimek-Kopyra², Tomasz Zaleski³***¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatykacji,
anna.wisla-swider@urk.edu.pl²Akademia Bialska im. Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, Zakład Rolnictwa, t.bujalski@dys.akademiabialska.pl²Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Katedra Agroekologii i Produkcji Roślinnej,
agnieszka.klimek-kopyra@urk.edu.pl³Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Katedra Gleboznawstwa i Agrofizyki,
tomasz.zaleski@urk.edu.pl

Wzrastająca populacja ludzi i postępujące zmiany klimatu wywierają istotny wpływ na zdolność zaspokajania światowych potrzeb żywnościowych. W obliczu tych wyzwań istotne staje się zwiększenie plonowania roślin uprawnych. Rośliny stanowią fundament życia, zapewniając pożywienie, odzież, leki i wiele innych niezbędnych surowców. Kukurydza należy do najważniejszych gatunków roślin uprawnych w Polsce, a jej powierzchnia uprawy przekracza 1,9 mln ha, obejmując plantacje przeznaczone zarówno na ziarno, jak i na kiszonkę [MRiRW 2025].

Celem przeprowadzonych badań było opracowanie metody wytwarzania biozawiesiny na bazie biokompozytu polisacharydowego z dodatkiem nanotlenku krzemu (BionanoSi) oraz ocena zastosowania tej zawiesiny w celu zwiększenia plonowania kukurydzy. Aplikacja nalistna BionanoSi miała na celu poprawę gospodarki wodnej roślin, stymulowanie wzrostu, zwiększenie odporności na stresy abiotyczne, poprawę dostępności składników odżywczych, co w efekcie prowadziło do wyższego plonowania kukurydzy oraz poprawy jakości plonu.

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe założono metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, na glebie o podłożu lessowym, klasy bonitacyjnej V, należącej do kompleksu żyniego dobrego. Czynnikiem doświadczenia były: I- poziom nawożenia azotem mineralnym (0, 120, 140 kg N ha⁻¹) oraz aplikacja nalistna BionanoSi. Doświadczenie zlokalizowano w prywatnym gospodarstwie rolnym w miejscowości Cicibór Duży. Zasobność gleby w przyswajalne składniki pokarmowe była średnia (18,9 mg/ 100g gleby) dla P i wysoka (12,2mg/100g) dla K. Przedplonem dla kukurydzy było żyto na zielonkę. Miejscowość Cicibór Duży odznacza się średnią ilością rocznych opadów na poziomie 561mm. Poszczególne zabiegi uprawowe zostały wykonane zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki. Zastosowano jednakowe we wszystkich obiektach nawożenia fosforowo-potasowe aplikując nawozy wczesną wiosną w dawce 100 kg P ha⁻¹ w formie superfosfatu (46% P₂O₅) i 130 kg K ha⁻¹ w formie soli potasowej (60% K₂O) oraz azot w formie mocznika 46%, w ilości 120 kg ha⁻¹. Kukurydzę odmiany LID2020C (FAO 240-250) firmy Lidea wysiano w 3 dekadzie maja. W momencie osiągnięcia dojrzałości technologicznej (1 dekada listopada) z każdego poletka pobrano losowo po 10 roślin w celu określenia cech morfologicznych. Oznaczono wysokość roślin z wiechą, wysokość osadzenia pierwszej kolby. Wykonano pomiar wilgotności ziarna podczas zbioru, a także biometrię kolb. Obliczono masę 1000 ziaren i plon ziarna.

Na podstawie badań wskazano tendencję do znaczącego wzrostu plonowania kukurydzy po zastosowaniu wysokiej dawki azotu i nawożenia BionanoSi. Nie wykazano istotnego wpływu poziomu nawożenia azotem i aplikacji BionanoSi na plon ziarna kukurydzy. Obecność BionanoSi ujawnia potencjał produkcyjny kukurydzy przy zastosowaniu niższych dawek azotu.



MATERIAŁY

XXXI KONFERENCJA NAUKOWA

INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

WYKORZYSTANIE PRODUKTÓW ODPADOWYCH Z MAŁEGO BROWARU BADAWCZEGO DO PRODUKCJI BIOELEKTRYCZNOŚCI W MIKROBIOLOGICZNYM OGNIWIE PALIWOWYM

Barbara Włodarczyk, Paweł P. Włodarczyk

Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Uniwersytet Opolski

Stale rosnąca ilość przemysłowych produktów odpadowych wymaga zrównoważonych strategii ich utylizacji w połączeniu z odzyskiem zasobów. Przemysł, którego produkty odpadowe mogą zostać wykorzystane do odzysku energii, to przemysł rolno-spożywczy. W niniejszym badaniu oceniono wykonalność wytwarzania energii elektrycznej z produktów odpadowych pochodzących z małego browaru badawczego, wykorzystując dwukomorowe szklane mikrobiologiczne ogniwo paliwowe (MFC) wyposażone w anodę z filcu węglowego i separator ze spienionego szkła. System pracował w trybie okresowym fed-batch przez sześć kolejnych 100-godzinnych cykli, a świeże ścieki były dostarczane, gdy napięcie ogniwa spadło do 60% jego wartości maksymalnej. Zaobserwowano stabilną wydajność elektrochemiczną, przy średnim napięciu ogniwa 304 mV i maksymalnej gęstości mocy $24 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$. Zanotowano stały spadek stężenia ChZT o około 8,66% na 100 godzin cyklu operacyjnego, a także redukcję stężenia NO_3^- o 4,93%, podczas gdy poziom NH_4^+ pozostawał zasadniczo niezmienny. Wyniki wskazują, że produkt odpadowy pochodzący z małego browaru badawczego może być wykorzystywany do prowadzenia ciągłej aktywności bioelektrochemicznej w uproszczonych, niezoptymalizowanych warunkach.



MATERIAŁY

XXXI KONFERENCJA NAUKOWA

INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO W GOSPODARCE O OBIEGU
ZAMKNIĘTYM

Bukowina Tatrzańska, 15-17 czerwca 2026 / June 15-17, 2026

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ANODY GAZODYFUZYJNEJ W MIKROBIOLOGICZNYM OGNIWIE PALIWOWYM

Paweł P. Włodarczyk, Barbara Włodarczyk

Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Uniwersytet Opolski

Parametrem, który ogranicza powszechność stosowania mikrobiologicznych ogniw paliwowych (MFC) jest niska gęstość prądu. Kluczową kwestią jest więc dobór odpowiednich materiałów elektrodowych zwiększających szybkość reakcji anodowych, a więc i gęstość prądu. W niniejszym badaniu jako anodę MFC zastosowano elektrodę gazodyfuzyjną na bazie węgla (GDE), która standardowo przeznaczona jest dla tradycyjnych ogniw paliwowych (FC). Anodę (GDE) porównano z innymi elektrodami węglowymi (filc węglowy, włókna węglowe), które zastosowano w różnych konfiguracjach z katodami. Jako katody użyto elektrody z katalizatorami nie zawierającymi metali szlachetnych (Cu-B, Ni-Co). W niniejszym badaniu przeanalizowano zarówno parametry elektryczne MFC, jak i czas redukcji ChZT. Elektroda gazodyfuzyjna okazała się dobrym rozwiązaniem jako anoda dla technologii MFC. W każdym przypadku (dla każdego układu elektrod) uzyskano produkcję bioelektryczności, jednak najbardziej wydajnym okazał się układ GDE/Ni-Co. Wykorzystując ten układ uzyskano czas rozruchu ok. 600 h, napięcie ogniwa 350 mV, gęstość mocy $35 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ i sprawność kulombowską ponad 18%.



DETERMINANTY I KIERUNKI DZIAŁAŃ INWESTYCYJNYCH GOSPODARSTW MLECZNYCH W POLSCE

**Tomasz Wojewodzik¹, Andrzej Parzonko², Wojciech Sroka³, Katarzyna Utnik-Banas⁴,
Anna Krakowiak-Bal⁵, Marta Czekaj⁶**

¹ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Ekonomii i Gospodarki Żywnościowej,
e-mail: tomasz.wojewodzik@urk.edu.pl

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Ekonomiczny, Katedra Ekonomii i Organizacji Przedsiębiorstw,
e-mail: andrzej_parzonko@sggw.edu.pl

³ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Ekonomii i Gospodarki Żywnościowej,
e-mail: wojciech.sroka@urk.edu.pl

⁴ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Zarządzania i Ekonomii Przedsiębiorstw,
e-mail: katarzyna.utnik-banas@urk.edu.pl

⁵ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatyzacji, e-mail:
anna.krakowiak-bal@urk.edu.pl

⁶ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Zarządzania i Ekonomii Przedsiębiorstw,
e-mail: marta.czekaj@urk.edu.pl

Celem opracowania jest identyfikacja czynników różnicujących deklarowane zamiary inwestycyjne gospodarstw mlecznych w Polsce w perspektywie najbliższych 5 lat, z uwzględnieniem zasobów gospodarstwa, cech rolnika oraz wybranych czynników finansowych i rynkowych. Badanie przeprowadzono w 2025 roku na próbie 768 gospodarstw mlecznych z województw podlaskiego, warmińsko-mazurskiego i podkarpackiego. Dane pozyskano z wykorzystaniem formularza ankiety, a w analizie zastosowano statystykę opisową oraz metodę drzew klasyfikacyjnych C&RT.

Analiza wykazała, że w badanej próbie dominowały gospodarstwa, które w pięcioletniej perspektywie deklarowały realizację inwestycji. Łącznie 61,2% respondentów planowało działania inwestycyjne, co wskazuje na relatywnie wysoką aktywność modernizacyjną gospodarstw mlecznych. Najczęściej deklarowano zakup ziemi (30,7%), maszyn do uprawy roli (25,3%), budowę budynków dla zwierząt (25,1%) oraz zakup ciągnika (18,6%). Inwestycje energetyczne, takie jak instalacje fotowoltaiczne, magazyny energii czy elektrownie wiatrowe, były wskazywane sporadycznie.

Wyniki badań wskazują, że kluczowym czynnikiem różnicującym plany inwestycyjne jest subiektywna ocena zdrowia i zdolności do pracy rolnika, pełniąca funkcję warunku progowego aktywizującego potencjał rozwojowy gospodarstwa. Skłonność do inwestowania wzrasta wraz ze skalą produkcji i zasobami ziemi, a istotne znaczenie mają również młodszy wiek producenta oraz obecność następcy. Z kolei brak następcy, starszy wiek i ograniczona zdolność do pracy sprzyjają orientacji defensywnej i rezygnacji z działań rozwojowych.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że plany inwestycyjne mają charakter konfiguracyjny i wynikają z kombinacji zasobów materialnych, kapitału ludzkiego oraz zdolności adaptacyjnych, zgodnie z założeniami koncepcji RBV i dynamic capabilities. Wyróżniono profil proinwestycyjny gospodarstw o większej skali produkcji, prowadzonych przez młodszych rolników w dobrej kondycji zdrowotnej i posiadających następcę, oraz profil nieinwestycyjny obejmujący gospodarstwa małe, prowadzone przez starszych producentów bez następcy i o ograniczonej (z racji wieku i stanu zdrowia) zdolności do pracy.

**REKONSTRUKCJA STRUKTURY ODDZIAŁYWAŃ POMIĘDZY CELAMI
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU W SYSTEMIE TRANSFORMACJI
ENERGETYCZNEJ Z WYKORZYSTANIEM METODY DEMATEL***Agnieszka Woźniak¹*¹Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, 38-400 Krosno, Poland; agnieszka.wozniak@pans.krosno.pl

Transformacja energetyczna stanowi złożony proces przebudowy współczesnego systemu energetycznego, obejmujący równoczesne zmiany technologiczne, środowiskowe, ekonomiczne i społeczne. W warunkach rosnącego znaczenia odnawialnych źródeł energii oraz polityki klimatycznej szczególnego znaczenia nabiera identyfikacja struktury współzależności pomiędzy czynnikami determinującymi efektywność i stabilność procesu transformacji. Cele Zrównoważonego Rozwoju (SDGs) mogą być interpretowane jako wzajemnie oddziałujące elementy systemu transformacji energetycznej, a nie wyłącznie odrębne kierunki polityki.

Celem badania jest rekonstrukcja relacji pomiędzy wybranymi Celami Zrównoważonego Rozwoju powiązanymi z transformacją energetyczną z wykorzystaniem metody DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory). Badanie przyjmuje perspektywę systemową i koncentruje się na identyfikacji kierunku oraz intensywności oddziaływań pomiędzy analizowanymi elementami systemu energetycznego. Na podstawie ocen eksperckich skonstruowano macierze relacji bezpośrednich i całkowitych, umożliwiające identyfikację czynników przyczynowych i skutkowych oraz określenie struktury współzależności występujących w systemie transformacji energetycznej.

Wyniki wskazują na zróżnicowane funkcje strukturalne poszczególnych SDGs. Część celów pełni rolę czynników napędzających transformację energetyczną, podczas gdy inne mają charakter zależny i stanowią rezultat zmian zachodzących w systemie energetycznym. Analiza ujawnia również obecność sprzężeń zwrotnych oraz silnych współzależności pomiędzy celami związanymi z energetyką, gospodarką i środowiskiem. Uzyskane wyniki potwierdzają użyteczność metody DEMATEL w analizie złożonych systemów transformacji energetycznej i mogą wspierać identyfikację strategicznych obszarów interwencji w polityce energetycznej i środowiskowej.



SYMULATOR DESZCZU W BADANIACH INFILTRACJI I SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO WODY OPADOWEJ NA DROGACH LEŚNYCH

Marcin Wróbel¹, Adrian Kasztelan²

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Katedra Inżynierii Leśnej,
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, marcino774@gmail.com

²Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Katedra Inżynierii Leśnej,
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, adrian.kasztelan@up.poznan.pl

W ostatnich latach obserwuje się wzrost częstości występowania intensywnych opadów atmosferycznych, które wpływają na funkcjonowanie infrastruktury drogowej na terenach leśnych. Szczególnie istotne jest rozpoznanie procesów infiltracji oraz spływu powierzchniowego zachodzących w konstrukcjach nawierzchni dróg leśnych, gdyż decydują one zarówno o skuteczności odwodnienia, jak i o warunkach wilgotnościowych wpływających na trwałość nawierzchni.

Celem pracy było opracowanie i przedstawienie metodyki badań infiltracji wody opadowej oraz spływu powierzchniowego z wykorzystaniem symulatora deszczu dostosowanego do badań nawierzchni drogowych. Konstrukcję stanowiska badawczego opracowano na podstawie rozwiązań stosowanych wcześniej w badaniach hydrologicznych i glebowych, dokonując jego modyfikacji pod kątem zastosowań w budownictwie leśnym. Symulator umożliwi prowadzenie kontrolowanych doświadczeń terenowych przy zadanych parametrach opadu oraz rejestrację ilości wody infiltrującej i odpływającej z powierzchni badawczej.

Planowane badania będą prowadzone na odcinkach drogi leśnej o pełnej dokumentacji technicznej, zlokalizowanych na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Analizie poddana zostanie typowa konstrukcja nawierzchni stosowana w Lasach Państwowych, wykonana z wykorzystaniem kruszyw łamanych. Doświadczenia będą realizowane na powierzchniach badawczych o wymiarach $0,5 \times 0,5$ m, w minimum sześciu powtórzeniach dla każdego wariantu spadku podłużnego i poprzecznego jezdni drogi leśnej, przy różnych intensywnościach opadu odpowiadających rzeczywistym warunkom atmosferycznym. Ocenie podlegać będzie ilość wody infiltrującej do konstrukcji nawierzchni oraz wielkość spływu powierzchniowego rejestrowanego w specjalnie przygotowanym układzie pomiarowym.

W wyniku realizacji prac opracowano kompletne stanowisko badawcze oraz procedurę terenowych pomiarów infiltracji i spływu powierzchniowego dla nawierzchni dróg leśnych. Przedstawiona metodyka może stanowić podstawę do dalszych badań dotyczących wpływu konstrukcji nawierzchni, parametrów odwodnienia oraz charakterystyki opadów na trwałość dróg leśnych w warunkach zmieniającego się klimatu.

**ANALIZA TRENDÓW TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE I NA
SŁOWACJI W KONTEKŚCIE WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU**

**Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek¹, Katarína Štrelcová², Adriana Leštianska², Vladimír Kišš³,
Martin Minárik⁴, Zora Snopková⁵**

¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kolláta w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, Poland,
agnieszka.ziarnicka-wojtaszek@urk.edu.pl

²Technical University in Zvolen, Faculty of Forestry, Department of Natural Environment,
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovakia, strelcova@is.tuzvo.sk; adriana.lestianska@tuzvo.sk

³Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of European Studies and Regional Development,
Institute of Sustainable Regional and Local Development, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovakia, vlado.kiss@gmail.com

⁴Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Horticulture and Landscape Engineering, Institute of Landscape Engineering,
Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovakia, xminarikm@uniag.sk

⁵Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovakia

Od lat 80. XX wieku w Polsce i na Słowacji podobnie jak na kontynencie europejskim i w skali globalnej obserwuje się, niezależnie od regionu, wzrost średniej rocznej temperatury powietrza. Celem opracowania była charakterystyka tempa ocieplania w okresie 1985–2022 na przykładzie średniej rocznej temperatury powietrza i jego zróżnicowania przestrzennego na obszarze Polski i na Słowacji. Wykorzystano dane dotyczące średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza z 41 stacji meteorologicznych z Polski i 17 ze Słowacji. Ze względu na niedostateczną liczbę stacji meteorologicznych nie uwzględniono obszarów górskich na obszarze Polski.

Pomimo widocznej w poszczególnych latach zmienności, temperatura powietrza w rozpatrywanym okresie generalnie wykazywała tendencję wzrostową. Średni przyrost temperatury rocznej był bardzo podobny w Polsce i na Słowacji, odpowiednio 0,52°C/dekadę i 0,53°C/dekadę. Wszystkie analizowane trendy były istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$, co wskazuje na silny i spójny sygnał ocieplenia na całym obszarze badań.

Największy przyrost temperatury powietrza dla wartości rocznych na obszarze Polski (0,67°C/dekadę) odnotowano w południowo-zachodniej Polsce, w okolicy Wrocławia. Podobny przyrost temperatury powietrza (0,64°C/dekadę) zaobserwowano w środkowej części Polski, w okolicy Warszawy. Najwyższe tempo ocieplenia odnotowano również we wschodniej Słowacji, zwłaszcza w miejscowości Košice (0,64°C/dekadę), a następnie w Kamenicy nad Cirochou (0,61°C na dekadę) i Tisinec (0,62°C na dekadę), co wskazuje na nasilone ocieplenie w tych regionach. Zachodnia Słowacja wykazała stosunkowo jednolite trendy ocieplenia (0,53–0,58°C na dekadę), podczas gdy środkowa Słowacja wykazała nieco bardziej zróżnicowane wartości (0,49–0,57°C/dekadę), odzwierciedlające wpływ bardziej złożonego ukształtowania terenu.

Najniższy przyrost temperatury (0,19°C/dekadę) wystąpił w północnej części Polski, w okolicy Elbląga. Wartości trendów temperatury powietrza wzrastały z północy na południe Polski. Natomiast najniższy trend odnotowano na stacji Čadča (0,33°C/dekadę) w północno-zachodniej części regionu dorzecza, co prawdopodobnie odzwierciedla lokalne czynniki klimatyczne, takie jak warunki inwersji lub efekty związane z ukształtowaniem terenu.



ANALIZA BARIER ORAZ DETERMINANTÓW ROZWOJU GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM NA PRZYKŁADZIE POSTAW MIESZKAŃCÓW KIELCE

Monika Żelezik¹, Aleksandra Drogosz²

¹Monika Żelezik (Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Geografii i Nauk o Środowisku, monika.zelezik@ujk.edu.pl)

²Aleksandra Drogosz Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,

W obliczu narastających wyzwań klimatycznych oraz wyczerpywania się zasobów naturalnych niezbędna staje się radykalna redefinicja dotychczasowych modeli ekonomicznych. Konieczne jest odejście od wyczerpanego modelu gospodarki liniowej na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym. Sukces tej transformacji zależy od fundamentalnej zmiany postaw społecznych, gdyż to codzienne świadome wybory jednostek, gwarantują powodzenie procesów cyrkularnych.

Celem badań jest identyfikacja barier oraz determinantów wdrażania założeń gospodarki o obiegu zamkniętym w skali lokalnej, poprzez analizę korelacji między infrastrukturą miejską a realnymi wyborami mieszkańców Kielc.

Metodyka badań. Podstawę empiryczną stanowi badanie terenowe przeprowadzone metodą sondażu diagnostycznego. Narzędziem badawczym był autorski, anonimowy kwestionariusz ankiety skierowany do reprezentatywnej grupy mieszkańców Kielc. W konstrukcji narzędzia postawiono na weryfikację faktycznych nawyków konsumenckich takich jak: skłonność do korzystania z usług naprawczych (przedłużenie życia produktów), akceptacja społeczna dla spożycia wody z sieci wodociągowej (ograniczenie odpadów PET), oraz wykorzystanie miejskich systemów transportu współdzielonego. Uzyskane dane zostaną poddawane analizie statystycznej.

Wyniki i wnioski (wstępne ujęcie) Wstępna analiza pozwala na postawienie hipotezy o występowaniu zjawiska „intuicyjnego GOZ” czyli działań cyrkularnych motywowanych raczej czynnikami ekonomicznymi i tradycją niż profesjonalną terminologią. Oczekuje się, że wyniki potwierdzą dominującą rolę barier psychologicznych (w zakresie jakości infrastruktury wodnej) oraz barier dostępności jeśli chodzi o sektor usług naprawczych. Konkluzje z badań mogą posłużyć jako rekomendacje dla władz samorządowych w zakresie optymalizacji strategii komunikacji środowiskowej oraz planowania inwestycji wspierających model cyrkularny w Kielcach.