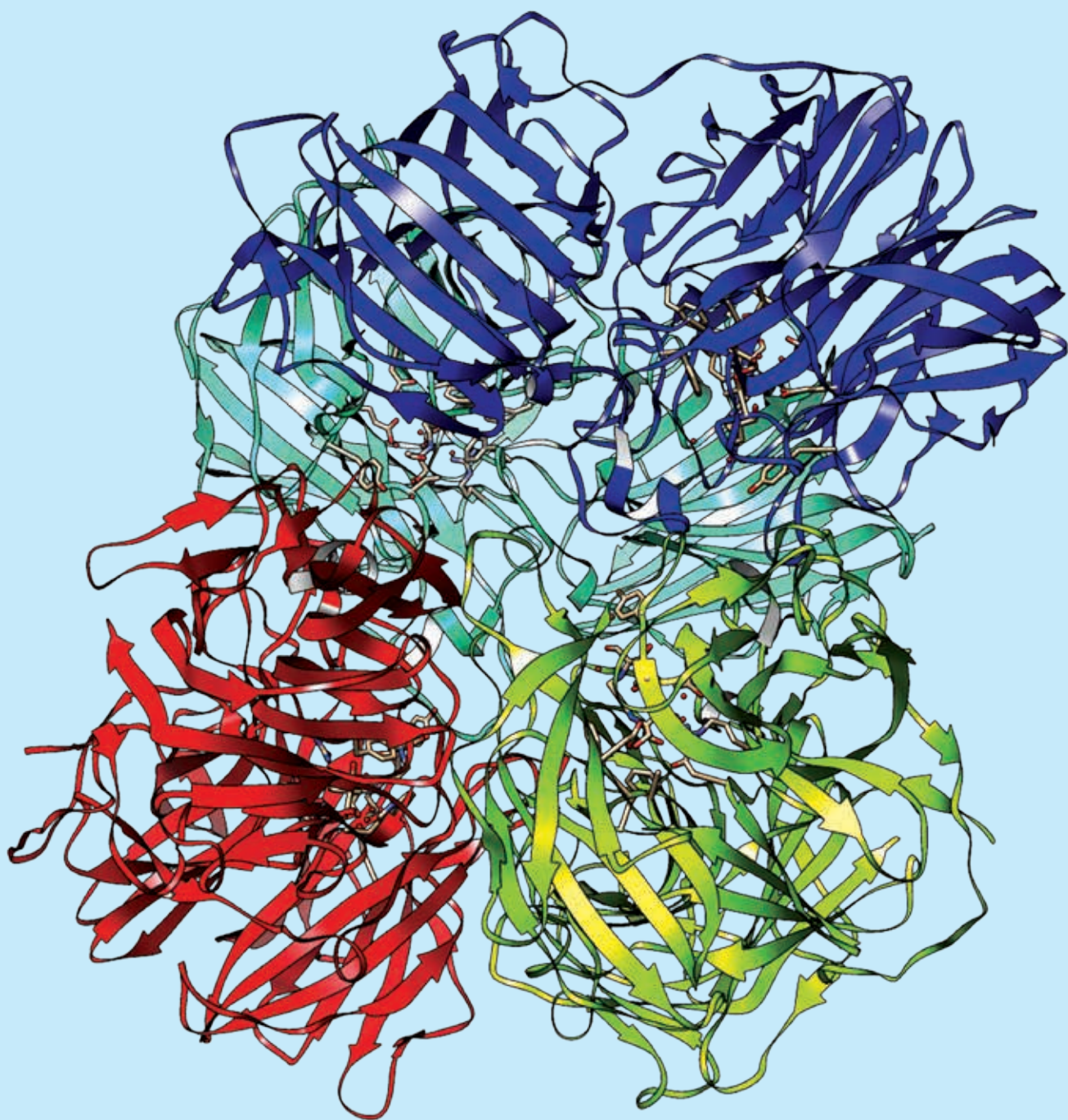


# *Eliksir*

ISSN 2449-5476

*czasopismo naukowo-dydaktyczne Wydziału Chemicznego PŁ*



*11/2021-2022*

Na okładce - trójwymiarowa struktura  $\beta$ -ksylozydazy pochodzącej z beztlenowej bakterii *Selenomonas ruminantium* obecnej w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy. Białko to składające się z czterech łańcuchów (każdy zawiera 538 aminokwasów) jest najsilniejszym katalizatorem hydrolizy 1,4- $\beta$ -D-ksylooligosacharydów do D-ksylozy.

Brunzelle, Joseph S., Jordan, Douglas B., McCaslin, Darrell R., Olczak, Andrzej, Wawrzak, Zdzisław, Structure of the two-subsite  $\beta$ -D-xylosidase from *Selenomonas ruminantium* in complex with 1,3-bis[tris(hydroxymethyl)methylamino]propane, (2008), Archives of Biochemistry and Biophysics, 474, 157–166.



## Drodzy Czytelnicy,

po ponad rocznej przerwie spotykamy się ponownie na łamach i przy lekturze kolejnego numeru Eliksiru. Pandemia COVID-19 istotnie zmieniająca w ostatnich trzech latach warunki studiowania i pracy na uczelni, powoli przechodzi do historii i oby tam pozostała. W nowym numerze Eliksiru nieco miejsca zajmują biogramy naszych mentorów. Pierwszy dotyczy prof. dr hab. inż. Danuty Marii Czakis-Sulikowskiej, znanej w kraju i za granicą specjalistki z zakresu związków koordynacyjnych, charyzmatycznej uczoney, która przez prawie pół wieku pracowała w Katedrze Chemii Nieorganicznej, a następnie w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej Politechniki Łódzkiej. Z kolei drugi biogram przedstawia osobę i osiągnięcia prof. dra hab. inż. Władysława Rzymkiego wybitnego technologa materiałów polimerowych, zwłaszcza elastomerów, przez kilkadziesiąt lat pracownika obecnego Instytutu Technologii Polimerów i Barwników Politechniki Łódzkiej. W części naukowej, podobnie jak w poprzednich wydaniach Eliksiru, znalazły się artykuły o bardzo zróżnicowanej tematyce, jednak wyraźnie związanej z ochroną środowiska oraz zdrowia człowieka.

Przyzwyczyliśmy się już do zajęć w oddanym do użytku we wrześniu 2021 r. nowoczesnym gmachu Alchemium – Magia chemii jutra. Jednak uwagę zwraca szybko postępująca budowa drugiej części tego obiektu, przewidywanej do realizacji w latach 2021–2024. W ramach tej inwestycji powstaną jeszcze dwa budynki laboratoryjno-dydaktyczne, w których znajdują się laboratoria chemiczne oraz pracownie naukowe. Generalnym wykonawcą jest firma Alstal Grupa Budowlana, z którą umowa została podpisana w styczniu 2022 roku.

Serdecznie zachęcamy do lektury niniejszego wydania licząc, że następny numer Eliksiru ukaże się na progu najbliższych wakacji. Zapraszamy chętnych na jego łamy zarówno z doniesieniami naukowymi, jak i relacjami z konferencji, wspomnieniami oraz wynikami pracy kół naukowych chemików.

**Komitet Redakcyjny**

# Eliksir

czasopismo naukowo-dydaktyczne  
Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej

### Komitet Naukowy

prof. dr hab. inż. Marek Główka  
prof. dr hab. inż. Tomasz Janecki  
prof. dr hab. inż. Piotr Ulański  
prof. dr hab. inż. Krzysztof Strzelec  
prof. dr hab. Piotr Polanowski

### Komitet Redakcyjny

Redaktor naczelny  
dr hab. inż. Agnieszka Czyłkowska, prof. PŁ  
Zespół redakcyjny  
dr inż. Dorota Adamczyk-Szabela  
dr hab. inż. Małgorzata Szczesio, prof. PŁ  
dr inż. Anna Turek  
dr inż. Andrzej Żarczyński – sekretarz Redakcji

Wydawca: Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Projekt okładki: Komitet Redakcyjny „Eliksir”, A. Olczak

Redakcja zastrzega sobie prawo do wprowadzania zmian, skracania i adiustacji tekstów

łamanie i druk: Drukarnia WIST Sp. z o.o., 95-100 Zgierz, ul. Barona 8 B, tel. 42 716 45 63

e-mail: drukarnia@wist.lodz.pl

Nr 11/2021-2022

Wszystkie artykuły zostały zrecenzowane przez promotorów/opiekunów prac



# Spis treści:

## **HISTORIA WYDZIAŁU CHEMICZNEGO ..... 5**

Profesor Danuta Maria Czakis-Sulikowska ..... 5

Profesor Władysław Rzymski – wspomnienia ..... 6

## **ARTYKUŁY ..... 7**

Fungicydy na skórkach owoców. Cz. I. Źródła i analityka ..... 7

Geotermia jako odnawialne źródło energii – porównanie składów wód geotermalnych z wybranych odwiertów w Polsce (Uniejów, Parzyce, Mszczonów i Gostynin) ..... 12

Metody unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów ściekowych stosowane w Polsce ..... 19

Wybrany przykład występowania lokalnego smogu w mieście Opoczno ..... 26

XIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików ..... 29

## **AKTUALNOŚCI ..... 43**

Nagrody w XII i XIII edycji konkursu im. prof. Osmana-Achmatowicza ..... 43

Spotkanie wigilijne OŁ SITPChem 2021 ..... 44

Sukcesy absolwentów Wydziału Chemicznego PŁ w konkursach prac dyplomowych OŁ SITPChem w latach 2017-2021 ..... 46

## **KONFERENCJE ..... 50**

XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej, PoKoChA 2022 ..... 50

XXV Konferencja „Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej” ..... 52

## **REKLAMA ..... 54**



# Profesor Danuta Maria Czakis-Sulikowska



Fot. J. Szabela

Profesor Danuta Maria Czakis-Sulikowska urodziła się 27 lutego 1929 roku w Podswile w dawnym ZSRR. Jako osiemnastoletnia dziewczyna przyjechała z rodzicami do Polski, gdzie spędziła resztę swojego życia. Początkowo mieszkała w Olsztynie, gdzie w 1947 roku zdała maturę w Państwowym Liceum Ogólnokształcącym. Jej zainteresowania chemią sprawiły, że w tym samym roku rozpoczęła studia na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, na którym w 1951 roku obroniła dyplom magistra. Swoją pracę dyplomową wykonywała pod kierunkiem prof. dr hab. Antoniego Basińskiego w Katedrze Chemii Fizycznej UMK. Dotyczyła ona badań nad syntezą i właściwościami jonitów ze szczególnym zwróceniem uwagi na aniony. Pracę jako nauczyciel akademicki podjęła jeszcze w czasie studiów i kontynuowała ją do roku 1960, w którym to uzyskała stopień doktora nauk przyrodniczych za pracę pt. „O niektórych własnościach rodanortęcianów metali ciężkich i alkalicznych”. Promotorem dysertacji był prof. dr hab. Antoni Swinarski. Również w 1960 roku w lipcu zawarła związek małżeński z Tadeuszem Sulikowskim i przeprowadziła się do Łodzi. Początkowo pracowała w Instytucie Celulozowo-Papierniczym w Łodzi na stanowisku inżyniera, gdzie prowadziła badania dotyczące opracowania metod analizy mieszanin dwuskładnikowych. Bardzo szybko okazało się jednak, że nie była to praca Jej

marzeń. Danuta Maria Czakis-Sulikowska od zawsze chciała pracować na uczelni i prowadzić badania naukowe. Tak też się stało. Już rok później, w październiku 1961 roku rozpoczęła pracę w Katedrze Chemii Nieorganicznej Politechniki Łódzkiej na stanowisku adiunkta. Z wielką radością powróciła do badań naukowych w dziedzinie chemii koordynacyjnej. Pasja ta była tak wielka, że sześć lat później uzyskała stopień doktora habilitowanego. Jej badania dotyczyły ukochanej chemii kompleksów, a rozprawa habilitacyjna nosiła tytuł: „Badanie mieszanych kompleksów rtęci(II)”. Pomimo szybkiej habilitacji Danuta Czakis-Sulikowska nie spoczęła na laurach. Zbudo-

wała własny zespół badawczy, który zajmował się szeroko pojętymi związkami koordynacyjnymi. Zwieńczeniem Jej wysiłku było uzyskanie w 1976 roku tytułu profesora. Była postacią barwną i bardzo charakterystyczną. Nie sposób było przejść obok Niej obojętnie. Uważała, że życie to chemia, więc jak można jej nie kochać. Na Politechnice Łódzkiej pracowała do przejścia na emeryturę w 2004, ale aktywna naukowo pozostała do końca życia. Była specjalistką w zakresie chemii nieorganicznej i koordynacyjnej. Jej dorobek naukowy wniósł znaczący wkład w rozwój chemii koordynacyjnej. Była autorem i współautorem licznych prac badawczych opublikowanych w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym oraz skryptów akademickich. Posiadała również liczne odznaczenia. Była członkiem Związku Zawodowego Nauczycielstwa Polskiego, a w latach 1951-52 mężem zaufania grupy związkowej. W latach 1991-93 była konsultantem w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy w Warszawie. Odeszła w wieku 92 lat 9 stycznia 2021 roku.

● dr hab. inż. Agnieszka Czyłkowska, prof. Pł

Artykuł napisany z wykorzystaniem materiałów: Zbigniew Piotrowski, Ewa Chojnacka, Ryszard Przybylski, Jadwiga Przygocka: *Profesorowie Politechniki Łódzkiej 1945–1996*. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 1999, s. 27



# Profesor Władysław Rzymiski

## – wspomnienia



Profesor dr hab. inż. Władysław Rzymiski urodził się w 1944 roku w Wilnie i ukończył w 1961 roku XXVI Liceum Ogólnokształcące w mieście powiatowym Wysokie Mazowieckie, woj. podlaskie. W 1966 roku ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej, specjalizacja: technologia

kauczuku i gumy. Stopień doktora nauk technicznych mgr inż. Władysław Rzymiski uzyskał w 1975 roku, tytuł rozprawy doktorskiej: „Badania zależności pomiędzy strukturą a starzeniem się wulkanizatów cis-1,4-poliizoprenu”. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Jerzy Ruciński. W 1989 roku uzyskał stopień naukowy doktora habilitowanego nadany przez Radę Naukową Senatu Technische Universität Karl-Marx-Stadt/NRD, tytuł rozprawy habilitacyjnej: „Dynamische Eigenschaften und Netzwerkstruktur von Vulkanisaten”, a w 2009 roku tytuł naukowy profesora nauk technicznych, nadany przez Prezydenta RP.

Cała kariera zawodowa Profesora Władysława Rzymiskiego związana była z Wydziałem Chemicznym Politechniki Łódzkiej, począwszy od zatrudnienia w 1966 roku na etacie asystenta-stażysty w Katedrze Technologii Kauczuku i Gumi Wydziału Chemicznego. W 2011 roku został zatrudniony jako profesor zwyczajny w Instytucie Technologii Polimerów i Barwników PŁ, a od 2014 roku stał się emerytowanym profesorem tego Instytutu.

Profesor Władysław Rzymiski pełnił liczne prestiżowe funkcje. Był członkiem Senatu PŁ, przewodniczącym ZNP w PŁ, prezesem Rady Szkolnictwa Wyższego i Nauki ZNP, członkiem Zarządu Głównego i Prezydium ZNP oraz członkiem Prezydium Rady Szkolnictwa Wyższego ZNP. Był także przewodniczącym Rady Naukowej Instytutu Przemysłu Skórzanego w Łodzi, członkiem Rady Naukowej Instytutu Przemysłu Gumowego „Stomil” w Piastowie oraz Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Kauczuku i Tworzyw Winyłowych w Oświęcimiu. Był członkiem Rady Programowej a następnie Rady Naukowej czasopisma „Elastomery”, członkiem komitetu redakcyjnego czasopism „Polimery” oraz „Tworzywa Sztuczne w Przemysle”. Człon-

kiem Komitetów Naukowych wielu cyklicznych konferencji, współzałożycielem, członkiem zarządu i wiceprezesem Stowarzyszenia Przemysłu Gumowego EKO GUMA.

Profesor Władysław Rzymiski był niekwestionowanym autorytetem naukowym w dziedzinie Technologii i Fizykochemii Elastomerów, nie tylko w Polsce, ale i zagranicą. Był nie tylko cenionym naukowcem, lecz także wielkim pasjonatem chemii, technologii polimerowych, technologii przetwórstwa i recyklingu wyrobów gumowych. Spośród wielu obszarów zainteresowań naukowych Profesora Rzymiskiego należy wymienić szczególnie niekonwencjonalne metody sieciowania elastomerów oraz technologie elastomerowych materiałów konstrukcyjnych. Zawsze troską Profesora było wykorzystanie wyników naukowych w praktyce. Był autorem ponad 114 publikacji naukowych, wielu patentów, ekspertyz, opracowań, prac naukowo-badawczych wykonanych na zamówienie przemysłu, a także kierownikiem lub wykonawcą licznych projektów badawczych.

Oddając się bez reszty pasji badawczej i dydaktycznej, Profesor Rzymiski zdobył szacunek wielu pokoleń społeczności akademickiej. Był wychowawcą młodzieży, około 120 studentów wykonało pod kierunkiem Profesora prace inżynierskie i magisterskie. Był promotorem 8 zakończonych przewodów doktorskich. Był także organizatorem i opiekunem praktyk studenckich i pełnomocnikiem Dziekana ds. studenckich praktyk zagranicznych. Profesor był organizatorem, autorem programu i kierownikiem 6 edycji Podyplomowego Studium Technologii Elastomerów oraz Studium Technologii Polimerów.

Za osiągnięcia w pracy naukowej, dydaktyczno-wychowawczej i organizacyjnej został wyróżniony 23 nagrodami Rektora PŁ oraz nagrodą indywidualną III stopnia Ministra Edukacji Narodowej. Został też odznaczony m.in.: Srebrnym i Złotym Krzyżem Zasługi, Medalem Komisji Edukacji Narodowej, Złotą odznaką ZNP i Medalem 100-lecia ZNP, Odznaką „Zasłużony dla PŁ” oraz Honorową Odznaką m. Łodzi.

W pamięci wychowanków i współpracowników Profesor Władysław Rzymiski pozostanie jako niedościgły wzór wybitnego uczonego, oddanego młodzieży nauczyciela i prawego człowieka.

Profesor Władysław Rzymiski odszedł od nas 5 grudnia 2021 roku.

● Prof. dr hab. inż. Krzysztof Strzelec

Anna Izydorczyk, Katarzyna Tomaszewska

e-mail: 244533@edu.p.lodz.pl; 244596@edu.p.lodz.pl

Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

# Fungicydy na skórkach owoców.

## Cz. I. Źródła i analityka

### Wprowadzenie

Na półkach sklepowych możemy dostrzec owoce cytrusowe oraz banany, wyglądające niezwykle pięknie, świeżo i błyszcząco pomimo faktu, że zanim znalazły się w sprzedaży w danym punkcie sklepowym musiały przebyć długą podróż, pokonać tysiące kilometrów leżąc zapewne nawet kilka tygodni w ładowniach statków, a następnie kolejne dni lub tygodnie spędziły w różnych magazynach dystrybutorów oraz hurtowniach. Najczęściej pochodzą one z upraw konwencjonalnych, czyli takich, na których możliwe jest stosowanie pestycydów i herbicydów. Kontrastem dla nich są owoce pochodzące z certyfikowanych upraw ekologicznych, które swoim wyglądem często nie dorównują owocom sklepowym, nie są ani tak ładne, ani się tak nie błyszczą, mimo że w smaku są równie znakomite. Cytrusy nie rosną w naszym klimacie i są transportowane z daleka. W związku z powyższym większość owoców cytrusowych trafiających na nasz rynek i do marketów jest zabezpieczana przed zepsuciem za pomocą substancji, które mogą być szkodliwe dla zdrowia. W naszej pracy przedmiotem rozważań będą jedne z owych substancji konserwujących – fungicydy.

### Dlaczego zabezpieczamy owoce i warzywa fungicydami i konserwantami?

Czy skórka cytrusów jest niejadalna? Każdy pokarm, w tym owoce i warzywa, po pewnym czasie się psują, ponieważ różne drobnoustroje, takie jak bakterie i grzyby atakują je stwarzając sobie w nich wygodne „lokum”. W związku z tym zabezpieczamy żywność przed szybkim rozkładem. Można tego dokonać na kilka różnych sposobów – wykorzystujemy tutaj m.in. mrożenie, pasteryzację, liofilizację, suszenie, dodawanie różnych konserwantów i wiele innych metod. Jeżeli natomiast zawężamy zakres do świeżych owoców, których skórek nie spożywamy, takich jak np. banany, pomarańcze, mandarynki, cytryny, czy grejpfruty, możemy zaobserwować, że ich skórkę bardzo często pokrywa się woskami (które jednakże mogą wywołać w pewnych przypadkach reakcje alergiczne), w tym wosk pszczeli biały i żółty (E 901), wosk carnauba (E 903) oraz szelak (E 904), które

uszczelniają ją i zapobiegają odparowywaniu wody. Dodatkowo stosuje się także substancje zapobiegające rozwijaniu się grzybów, czyli fungicydy. W przypadku wymienionych powyżej owoców najpowszechniej używanymi fungicydami są imazalil i tiabendazol [1, 2].

### Co to są fungicydy?

Zgodnie z definicją podawaną w *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* fungicydem nazywamy każdą substancję, preparat lub organizm, który jest przeznaczony do niszczenia lub kontrolowania wzrostu wszelkich grzybów podczas produkcji, przechowywania lub dystrybucji towaru rolnego bądź żywności, w sytuacjach zagrażających zdrowiu zwierząt bądź ludzi. Istnieje wiele chemicznych i biologicznych środków grzybobójczych, które hamują lub zabijają część ze znanych grzybowych patogenów roślin [3].

### Źródła fungicydów

Istnieje kilka klasyfikacji fungicydów, m. in. w zależności od ich miejsca zastosowania, według ich składu chemicznego, czy mechanizmu molekularnego w celu informowania o optymalnym zastosowaniu i zapobieganiu oporności grzybów. W zależności od miejsca ich zastosowania wyróżnia się:

- fungicydy glebowe, które działają jako fumiganty glebowe lub wprowadzane są do systemu korzeni rośliny;
- fungicydy „dolistne” stosowane są na zielone części roślin, gdzie tworzą barierę ochronną;
- fungicydy stosowane na zebrane plony spożywcze lub nasiona.

Ze względu na skład chemiczny wyróżnia się następujące grupy fungicydów:

- fungicydy nieorganiczne na bazie siarki, miedzi i potasu. Najczęściej stosuje się je jako fungicydy na liście oraz w uprawach ekologicznych;
- fungicydy organiczne. Większość z nich ma niską toksyczność, ale kilka z nich zostało zakazanych i wycofanych;
- biofungicydy. Należą do nich naturalnie wytwarzane biochemikalia, np. ekstrahowane oleje i antybiotyki wytwarzane w procesie fermentacji. Są mało toksyczne



dla kręgowców, ale niekoniecznie bezpieczniejsze od fungicydów organicznych lub nieorganicznych [4-6].

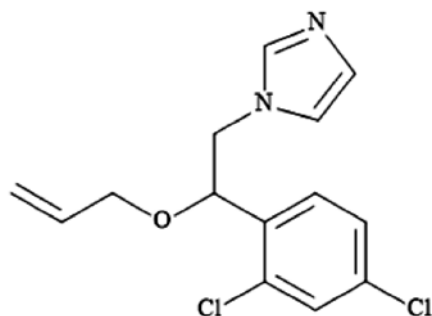
### Fungicydy występujące na skórkach owoców

Zostały one dopuszczone do użytku wyłącznie na skórkach owoców, których skórki zazwyczaj nie zjadamy. Z drugiej strony, skórki cytrusów znajdują zastosowania jako dodatki do wypieków, do herbat czy lemoniady. Wszakże wymienione fungicydy obecne na powierzchni owoców są toksyczne dla człowieka i skórka każdego z nich potraktowana tymi fungicydami nie nadaje się zasadniczo do spożycia.

### Fungicydy stosowane na cytrusach: imazalil i tiabendazol

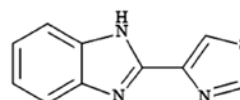
Cytrusy, takie jak pomarańcze, mandarynki, cytryny czy limonki są transportowane z daleka. W związku z tym, na ich skórkę nanoszone są różne konserwanty, takie jak fungicydy, które zapobiegają psuciu się cytrusów. Spośród nich najbardziej popularny jest imazalil. Zdecydowanie rzadziej stosuje się tiabendazol.

**Imazalil (1-[2-alliloksy-2-(2,4-dichlorofenylo)etylo]imidazol)** – o wzorze półstrukturalnym przedstawionym na rys. 1 – jest określany również jako enilkonazol lub chloramizol. Stosuje się go szeroko w rolnictwie, szczególnie w uprawie owoców cytrusowych. Związek ten można również wykorzystywać w weterynarii jako miejscowy środek przeciwgrzybiczy [7, 8].



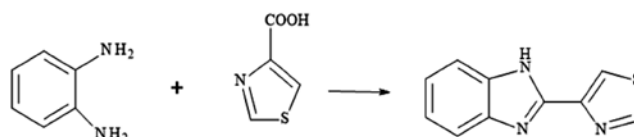
Rys. 1. Wzór półstrukturalny imazalilu (1-[2-alliloksy-2-(2,4-dichlorofenylo)etylo]imidazolu)

**Tiabendazol (4-(1H-benzimidazol-2-ilo)tiazol)** – o wzorze półstrukturalnym przedstawionym na rys. 2 – jest związkiem organicznym będącym pochodną benzimidazolu i tiazolu. Stosuje się go jedynie powierzchniowo. Dopuszczalna dobową dawką dla człowieka wynosi 0,1 mg na kilogram masy ciała. Jeśli się jej nie przekracza to tiabendazol nie wykazuje szkodliwego wpływu na organizm, ponieważ ulega hydrolizie w wątrobie i jest wydalany przez nerki [6, 9, 10].



Rys. 2. Wzór półstrukturalny tiabendazolu (4-(1H-benzimidazol-2-ilo)tiazolu)

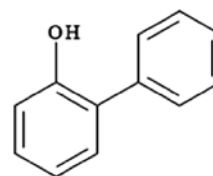
Tiabendazol, można wytworzyć na drodze heterocyklizacji. Zachodzi ona w reakcji o-fenylenodiaminy z kwasem 1,3-tiazol-4-karboxylovym przedstawionej na rys. 3 [11].



Rys. 3. Reakcja syntezy tiabendazolu (4-(1H-benzimidazol-2-ilo)tiazolu)

Oprócz wymienionych przez nas najczęściej spotykanych fungicydów, można również znaleźć na skórkach owoców takie związki jak o-fenylfenol, pirimetanil czy prochloraz.

Pierwszy z nich przedstawiony na rys. 4, czyli **o-fenylfenol (2-fenylfenol)** pod względem budowy należy do monohydroksylowanych izomerów bifenylu. Jest to biocyd stosowany jako konserwant o numerze E231. Głównym zastosowaniem 2-fenylfenolu – rolniczego środka grzybobójczego – jest woskowanie owoców cytrusowych. Fungicyd ten nie jest dozwolonym dodatkiem do żywności w Unii Europejskiej, chociaż w 4 krajach członkowskich nadal jest dopuszczony do stosowania po zbiorach. O-fenylfenol otrzymuje się przez kondensację cykloheksanonu z utworzeniem cykloheksenylocykloheksanonu, który ulega odwodornieniu. W wyniku tej reakcji otrzymuje się 2-fenylfenol [12, 13].



Rys. 4. Wzór półstrukturalny 2-fenylfenolu

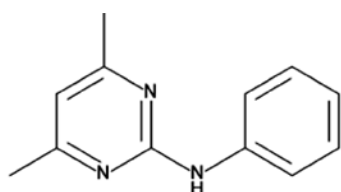
Również sól sodowa 2-fenylfenolu znajduje zastosowanie jako fungicyd i środek przeciwbakteryjny do celów komercyjnych i konsumenckich. Przykładowo stosowany jest jako środek konserwujący i grzybobójczy w opakowaniach do żywności [14-16].

**Pirymetanil (4,6-dimetylo-N-fenylpirymidyno-2-amina)** przedstawiony na rys. 5 jest związkiem z grupy fungicydów, który należy do klasy aminopirymidyn, czyli pochodnych N-fenylpirymidyno-2-aminy. Stosuje się go do zwalczania



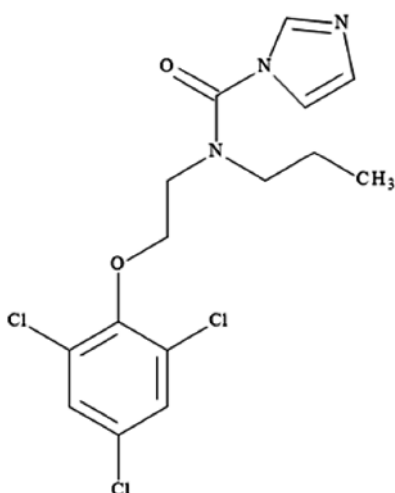
szarej pleśni na owocach, warzywach i roślinach ozdobnych, a także parcha liściowego na owocach ziarnkowych. Pełni rolę antagonisty receptora węglowodorów arylowych, zanieczyszczenia środowiska, ksenobiotyku i przeciwgrzybiczego agrochemicznego środka chemicznego. Ma szerokie spektrum działania. Hamuje biosyntezę metioniny, przez co wpływa na tworzenie białek i późniejszy podział komórek [17, 18].

Same anilinopiryminy są wysokoaktywnymi fungicydami przeciwko szerokiej gamie grzybów. Charakteryzują się one niską toksycznością. Zostały wprowadzone w latach 90. XX wieku po rozwinięciu się oporności grzybów na dikarboksimidy [19].



Rys. 5. Wzór półstrukturalny pirymetanilu (4,6-dimetylo-N-fenyl-piryminydo-2-aminy)

**Prochloraz (N-propylo-N-[2-(2,4,6-trichlorofenoksy)etylo]imidazolo-1-karboksyamid)** przedstawiony na rys. 6 – należy do fungicydów imidazolowych. Jest on szeroko stosowany w Europie, Australii, Azji i Ameryce Południowej w ogrodnictwie i rolnictwie do kontrolowania wzrostu grzybów [20, 21]. Jest inhibitorem enzymu niezbędnego do produkcji ergosterolu. Działa również jako antagonist receptorów androgenowych i estrogenowych, jako agonista receptora węglowodorów arylowych oraz jako inhibitor enzymów w szlaku steroidogenezy. Prochloraz jest środkiem grzybobójczym o szerokim spektrum ochronnym i leczniczym, który nie jest szczególnie selektywny w swoim działaniu [20, 22].



Rys. 6. Wzór półstrukturalny prochlorazu (N-propylo-N-[2-(2,4,6-trichlorofenoksy)etylo]imidazolo-1-karboksyamidu)

### Enancjoselektywność

Fungicydy używane w sektorze rolniczym, tak jak wiele innych substancji, są produkowane i sprzedawane bez różnicowania zawartości konkretnych enancjomerów. Może to prowadzić do nadużywania jednego lub drugiego enancjomeru i utrudniać ocenę ryzyka stosowania.

Badanie chińskich botaników z 2019 roku wzięło pod lupę aktywność biologiczną dwóch enancjomerów imazalilu: S-(+)-imazalilu i R-(-)-imazalilu, a także odpowiadającym im głównym metabolitom, oznaczonym jako S-(+)-imazalil-M i R-(-)-imazalil-M. Badanie to wykazało zwiększoną aktywność biologiczną S-(+)-imazalilu wobec siedmiu typowych patogenów roślinnych od 3,00 do 6,59 razy, niż przeciwny enancjomer. Badania molekularne wskazują na jego silniejsze oddziaływanie hydrofobowe i niskoenergetyczną konformację w centrach wiązania z CYP51 – enzymem grzybnym, niż R-(-)-imazalil. Natomiast ostra toksyczność konformeru S była 1,23-2,25 razy silniejsza wśród badanych patogenów. Analiza składu gleby ze szklarni, w której rosły pomidory i ogórki traktowane tym konformerem nie wykazała degradacji enancjoselektywnej w glebie. Oznacza to, że zastąpienie mieszaniny enancjomerów preparatem zawierającym wyłącznie konformer S może zmniejszyć ilość pestycydów i ryzyko związane z narażeniem na imazalil wśród organizmów wodnych [23].

### Analityka

#### Czy da się zmyć fungicydy z owoców?

Trzeba być świadomym, że pewne ilości związków toksycznych mogą przedostać się do środka owoców, aczkolwiek największe ich stężenia występują bezpośrednio na skórce lub tuż pod jej warstwą, dlatego tak bardzo ryzykowne dla zdrowia może być obieranie cytrusów gołymi dłońmi, ponieważ w taki sposób pozwalamy niebezpiecznej toksynie przedostać się do wnętrza naszego organizmu poprzez transmisję poziomą. Jeżeli nawet umyjemy owoce lub wyszorujemy je płynem do mycia naczyń, a ponad to dodatkowo wyparzymy wciąż około połowa początkowej ilości imazalilu pozostanie na skórce. W sytuacji, kiedy kroimy nieumyte owoce choćby nawet tylko na dwie połówki, wraz z nożem będą przedostawały się do wnętrza produktów duże stężenia toksyn ze skórki i jej okolic. Gdy obieramy ze skórki pomarańcze, mandarynki czy banany najczęściej od razu je zjadamy, nie myjąc wpieryw dłoni po ich obraniu. W taki sposób wprowadzamy do organizmu toksyczne substancje, które na tej skórce się znajdują. Dlatego najlepiej najpierw obrać owoc ze skórki i przed jego zjedzeniem dokładnie umyć dłonie, a do herbaty czy lemoniady lepiej wrzucić plasterki bez skórki lub tylko wycisnąć sok z owocu.



Tabela 1. Rozmieszczenie pestycydów w owocach. Interpretacja własna na podstawie publikacji [24]

Przedmiot badań	Tiabendazol [mg/kg]	Imazalil [mg/kg]
skórka	0,29	0,64
miąższ	0,00	0,04
cały owoc	0,07	0,20

Estońscy naukowcy badali występowanie pozostałości pestycydów na dostępnych na rynku pomarańczach i ocenili potencjalne metody ich mycia. Wyniki ich badań zostały przedstawione w *Estonian Academy of Sciences. Chemistry* [24]. W celu określenia lokalizacji pestycydów wykorzystano cztery pomarańcze. Dwie z nich zostały zhomogenizowane w całości. Dla dwóch kolejnych pomarańczy skórki i miąższ zhomogenizowano oddzielnie. Otrzymane ekstrakty przeanalizowano za pomocą chromatografii gazowej. W tabeli 1 przedstawiamy wyniki tych badań [24, 25].

Spośród analizowanych związków wykryto najczęściej występujące dwa fungicydy, czyli tiabendazol i imazalil. Przedstawione wyniki pokazują, że najwięcej tych związków znajduje się na skórcie pomarańczy. W miąższu stężenie tiabendazolu było poniżej limitu detekcji. Natomiast badania wykazały, że niewielkie stężenie imazalilu znajduje się w miąższu owocu. Może to być związane z tendencją do dyfuzji trans-egzokarpialnej (egzokarp – zewnętrzna część skórki) tego związku, wynikającą z wysokiej polaryzacji imazalilu.

Przebadano pięć różnych metod mycia owoców w celu oceny skuteczności usuwania fungicydów z powierzchni ich skórki. Analizy wykonano jedynie dla skórek pomarańczy w celu poprawy poziomu detekcji tych związków i ich ilościowego oznaczania. Do przebadanych metod mycia należą [24, 25]:

- zimna woda (temp. ok. 15°C);
- gorąca woda (60 – 70°C);
- mydło;
- płyn do mycia naczyń (Fairy);
- kąpiel ultradźwiękowa (10 min w temp. pokojowej).

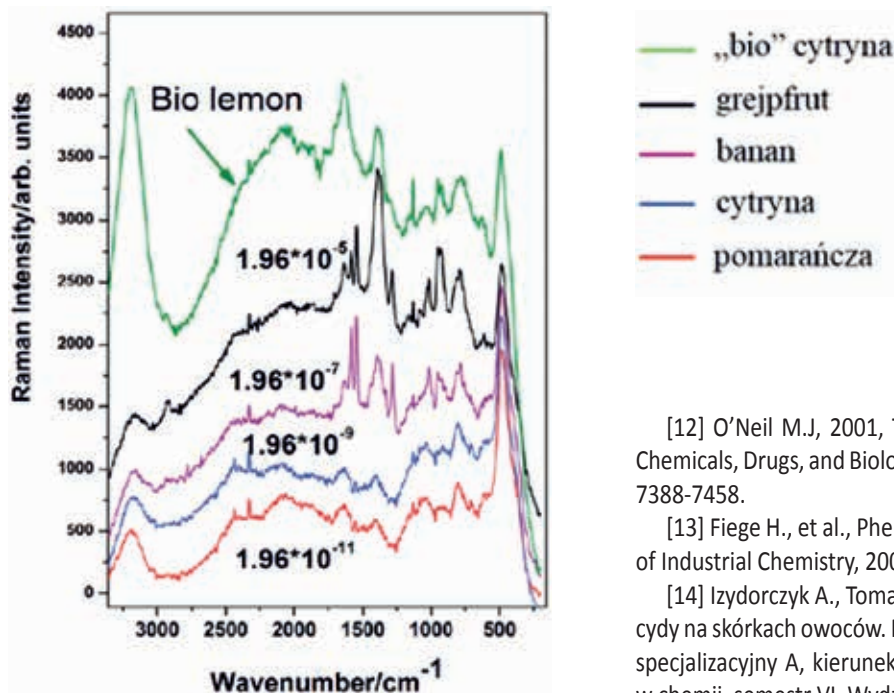
W przypadku związku, jakim jest tiabendazol można zaobserwować, że można go wyeliminować poprzez umycie skórki gorącą wodą lub z wykorzystaniem płynu do mycia naczyń. Dla pozostałych metod można jedynie zaobserwować zmniejszenie stężenia tiabendazolu. W przypadku imazalilu żadna z przedstawionych metod nie powoduje całkowitego wymycia tego związku ze skórki owoców. Najmniejsze stężenie tego związku obserwuje się po potraktowaniu pomarańczy kąpielą ultradźwiękową [24, 25].

Spektroskopia ramanowska wzmocniona powierzchniowo (SERS) jest jedną z najszybciej rozwijających się technik. Łączy w sobie specyfikę analizy typu „fingerprint” i wzmocnienie sygnału, co daje zdecydowanie lepsze wyniki od standardowej spektroskopii Ramana. Dzięki tej metodzie można wykrywać ślady związków organicznych, zanieczyszczenia, pestycydy i wiele innych chemikaliów. Spektroskopia ramanowska wzmocniona powierzchniowo została wykorzystana do wykrycia tiabendazolu w „bio” cytrynach dostępnych na rynku rumuńskim. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono na wykresie rys. 7, który ukazuje widma zależności stężenia tiabendazolu od mikromola do pikomola [26].

Widma SERS tiabendazolu rozpuszczonego w wodzie o stężeniach w zakresie od  $1,96 \times 10^{-5}$  mol/L do  $10^{-11}$  mol/L pokazują zakres spektralny osiągnięty za pomocą przenośnego spektrometru. Sygnał pochodzący od tiabendazolu przy pH równym 7 został zidentyfikowany w próbce wody powstałej po zanurzeniu „bio” cytryny. Przed zanurzeniem, owoce zostały umyte wodą z kranu. Po 15 minutach od zanurzenia owoców, tiabendazol zaczął być wykrywalny w wodzie [26].

Tabela 2. Wpływ rodzaju mycia pomarańczy na stężenie tiabendazolu i imazalilu. Interpretacja własna na podstawie publikacji [24]

Sposób mycia	Tiabendazol [mg/kg]	Imazalil [mg/kg]
bez mycia	0,28	0,93
zimna woda	0,24	0,58
gorąca woda	0,00	0,57
mydło	0,13	0,92
płyn do mycia naczyń	0,00	0,67
kąpiel ultradźwiękowa	0,13	0,44



Rys. 7. Widma zależności stężenia tybendazolu od mikromola do pikomola dla wybranych próbek owoców: pomarańcza, cytryna, banan, grejpfrut i „bio” cytryna. Górne widmo pokazuje sygnał zebrany z 10  $\mu$ l wody, które powstało po zanurzeniu „bio” cytryny na okres 24 godzin. Interpretacja własna na podstawie publikacji [26].

### Literatura:

[1] Portal OdkrywamyZakryte, Imazalil, Tiabendazol i spółka to trucizny! – Dlaczego trzeba myć cytrusy? <https://www.odkrywamyzakryte.com/trzeba-myc-cytrusy/>, 15.06.2022.

[2] Portal Zdrowepasje, Cytrusy które mogą Cię zabić – Dowiedz się, na co warto uważać przy zakupie cytrusów! <https://zdrowepasje.pl/zdrowie/szkodliwe-produkty/cytrusy-kt%C3%B3re-mog%C4%85-ci%C4%99-zabi%C4%87>, 15.06.2022.

[3] Reference Work, 2003, Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Second Edition, 2832-2842.

[4] Jepson P.C., 2001, Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition), Elsevier, 692-702.

[5] Iyer P., Makris S., 2010, Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition), 381-440.

[6] Gupta R.C., Crissman J.W., 2013, Haschek and Rousseau's Handbook of Toxicologic Pathology (Third Edition), 1349-1372.

[7] Vardanyan R. S., Hruby V. J., 2006, Synthesis of Essential Drugs, 583-593.

[8] Portal zneutralizujchemie.pl, Imazalil – efekt przyjmowania z pokarmem, <http://www.zneutralizujchemie.pl/imazalil-efekt-przyjmowania-z-pokarmem/>, 15.05.2022.

[9] Dumancas G.G., Hikkaduwa Koralege R.S., Mojica E.-R.E., Murdianti B.S., 2014, Thiabendazole, Encyclopedia of Toxicology (Third Edition), 533-536.

[10] Reference Work, 2006, Meyler's Side Effects of Drugs: The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions (Fifteenth Edition), 3416-3418.

[11] Portal Drugbank online, Thiabendazole, <https://go.drugbank.com/drugs/DB00730>, 15.06.2022.

[12] O'Neil M.J., 2001, The Merck Index : An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals, Whitehouse Station, N.J., Merck, 7388-7458.

[13] Fiege H., et al., Phenol derivatives, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2000.

[14] Izydorczyk A., Tomaszewska K., A. Witkowska, 2021, Fungicydy na skórkach owoców. Projekt zaliczający przedmiot pt. Projekt specjalizacyjny A, kierunek Chemia, specjalność Kontrola jakości w chemii, semestr VI, Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej.

[15] Coelhan M. et al., 2006, Determination and levels of the biocide ortho-phenylphenol in canned beers from different countries, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(16), 5731-5735.

[16] Appel K.E., 2000, The carcinogenicity of the biocide ortho-phenylphenol, Archives of Toxicology, 74(2), 61-71.

[17] Pirymentanil w bazie danych o właściwościach pestycydów (PPDB) <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/573.htm>, 15.06.2022.

[18] Rewcastle G.W., 2008, Pyrimidines and their benzo derivatives, 8, 117-272.

[19] Gupta P.K., 2018, Toxicity of fungicides, in Veterinary Toxicology, Basic and Clinical Principles, Third Edition, Academic Press, 569-580.

[20] Vinggaard A.M., et al., 2006, Prochloraz: an imidazole fungicide with multiple mechanisms of action, International Journal of Andrology, 29(1), 186-192.

[21] Kalyani Paranjape, Vasant Gowariker, V N Krishnamurthy, Sugha Gowariker, 2014, The Pesticide Encyclopedia, CABI, 406.

[22] Darbre P.D., 2015, Endocrine Disruption and Human Health, Elsevier Science, 86.

[23] Li Runan, et al., 2019, Systematic evaluation of chiral fungicide imazalil and its major metabolite R14821 (Imazalil-M): stability of enantiomers, enantioselective bioactivity, aquatic toxicity, and dissipation in greenhouse vegetables and soil, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67(41), 11331-11339.

[24] Krueve A., Lamos A., Kirillova J., Herodes K., 2007, Pesticide residues in commercially available oranges and evaluation of potential washing methods. In Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Chemistry, 56(3), 134-141.

[25] Portal StackExchange, <https://cooking.stackexchange.com/questions/63105/lemons-and-oranges-coated-with-imazalil>, 15.06.2022.

[26] Müller C., David L., Pînzaru S.C., 2013, Detection of thiabendazole applied to organic fruit by near infrared surface-enhanced Raman spectroscopy, Spectroscopy Europe, 24, 6-11.



Julia Cegielska, Karolina Kuzik, Andrzej Żarczyński<sup>1</sup>

e-mail: 231347@edu.p.lodz.pl; 211130@edu.p.lodz.pl; andrzej.zarczynski@p.lodz.pl

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

# Geotermia jako odnawialne źródło energii – porównanie składów wód geotermalnych z wybranych odwiertów w Polsce (Uniejów, Pырzyce, Mszczonów i Gostynin)

## Wstęp do geotermii

Energetyka geotermalna stanowi odnawialne źródło energii, które jest stosowane w mniejszym lub większym stopniu praktycznie na całym świecie. Dowiedzono, że energia pochodząca z wód geotermalnych posiada ogromny potencjał rozwojowy i celowe jest dążenie do jak najszerszego jej wykorzystania. Na tle innych źródeł odnawialnych wyróżnia ją to, że nie jest uzależniona od zmieniających się warunków pogodowych [1-4]. Dodatkowo posiada pewną zdolność magazynowania, co umożliwia współdziałanie z innymi, niedostępnymi w sposób ciągły źródłami odnawialnymi. Pozyskiwanie energii z wód geotermalnych przyczynia się do zahamowania zmian klimatycznych, co stanowi jeden z najważniejszych argumentów do promowania geotermii. Uwagę zwraca także komfort jej użytkowania, nowoczesna infrastruktura oraz konkurencyjność cenowa, zwiększająca jej atrakcyjność i dająca perspektywy dalszego rozwoju [1, 4-7].

## Definicja wód geotermalnych

Za wody geotermalne (termalne) są uważane wody podziemne o podwyższonej temperaturze, ogrzewane ciepłem pochodzącym z wnętrza Ziemi. Zgodnie z artykułem 5 ustawy Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. z późniejszymi zmianami „Wodą termalną jest woda podziemna, która na wypływie z ujęcia ma temperaturę nie mniejszą niż 20°C” [8]. Wody termalne znajdują się pod powierzchnią prawie 80% terytorium Polski, a ich temperatura mieści się w zakresie 20-130°C [1, 2, 6, 7, 9, 10].

## Klasyfikacje wód geotermalnych

Wody możemy sklasyfikować ze względu na ich mineralizację, bowiem stopień zmineralizowania wód podziemnych

wyrażany jest poprzez wartość ogólnej mineralizacji, którą określa się na podstawie masy suchej pozostałości.

Rozróżniamy wody [6]:

- słabo zmineralizowane – mineralizacja poniżej 1,0 g/l;
  - mineralne – zakres mineralizacji 1,0-60 g/l;
  - silnie zmineralizowane – zawierające powyżej 60,0 g/l) [6].
- Kolejnym czynnikiem klasyfikacji jest rodzaj związków rozpuszczonych w wodzie [6]:
- wody siarczanowe i siarczkowe – zawierają siarczki lub siarczany sodu i wapnia oraz siarkowodor;
  - szczawy – zawierają ditlenek węgla (pochodzący z wietrzenia skał lub stanowiący pozostałość procesów wulkanicznych), wodorowęglany(IV) wapnia i sodu (szczawa alkaliczna) oraz związki żelaza (szczawa żelazista) – pochodzące z utlenienia minerałów lub rozkładu pirytu;
  - solanki – zawierają sól kamienną w ilości ponad 15 g/l oraz sole magnezu, jodu i bromu;
  - wody radocenne – zawierają niewielkie ilości pierwiastków promieniotwórczych;
  - wody krzemowe – zawierają rozpuszczalne związki krzemu;
  - wody borowe – zawierają co najmniej 5 mg/l kwasu borowego;
    - wody bromkowe – zawierają co najmniej 5 mg/l jonu bromkowego [2, 6, 7, 10].

## Występowanie wód geotermalnych w Polsce

Występowanie wód geotermalnych w Polsce jest powiązane z trzema głównymi jednostkami geologicznymi. Jest to platforma paleozoiczna oraz teren Sudetów i Karpat.

Na platformie paleozoicznej wody termalne występują w skałach osadowych paleozoiku (era 538,8-251,9 mln lat temu) i mezozoiku (era 251,9-66,0 mln lat temu) w postaci zbiorników. Wody te pomimo tego, że występują dość

<sup>1</sup> Autor do korespondencji.

głęboko pod powierzchnią ziemi, są zasilane wodami infiltracyjnymi. Odbywa się to zwłaszcza przez strefy brzeżne tych zbiorników, gdzie skały osadowe tworzą wychodnie lub w miejscu stref tektonicznych. Takie wody infiltracyjne przez kontakt z wodami termalnymi ulegają mieszanii się z nimi, mineralizacji oraz ogrzaniu. Są to na ogół wody chlorkowe lub wody wodorowęglanowe (Łódź, Mszczonów i Poddębice) [2, 3, 5, 7, 9, 11-13].

W Sudetach duży wpływ na powstawanie wód termalnych ma tektonika blokowa oraz nieciągłość tektoniczna skał krystalicznych. To właśnie przez nieciągłość tektoniczną w formie spękań skał zachodzi infiltracja wód opadowych w głąb górotworu i ich przepływ pod Ziemią. Dzięki temu ciepło zostaje przeniesione ze skały o wyższej temperaturze do wody, która w ten sposób ogrzewa się. Wody termalne w Sudetach charakteryzują się tym, że występują na różnych głębokościach, w postaci głębokich otworów, ale i źródeł oraz wykazują dość niską mineralizację (0,2-0,6 g/dm<sup>3</sup>). Wody te są w głównej mierze zaliczane do wód leczniczych, ponieważ zawierają m.in. ditlenek węgla, radon i w podwyższonym stężeniu fluorki, siarczki i kwas metakrzemowy [2, 5, 9, 13].

W Karpatach z kolei wody termalne występują w utworach fliszowych (są to skały, charakteryzujące się cyklicznością – na dole zlepniec, powyżej piaskowiec, następnie mułowiec, a najwyżej iłowiec) oraz w skałach będących ich podłożem. Ze względu na ich dość skomplikowaną budowę – wody w nich występują punktowo, przykładowo w miejscach nieciągłości tektonicznych, np.: Rabka-Zdrój, Poręba Wielka czy Ustroń. Wody z Karpat charakteryzują się dość wysoką mineralizacją (od kilkunastu do 150 g/l), ograniczonymi zasobami i słabą lub zerową odnawialnością [2, 5, 7, 11-14].

Obecnie na terenie Polski funkcjonuje kilka geotermalnych ciepłowni oraz ponad 20 obiektów wykorzystujących wody geotermalne do celów leczniczych i rekreacyjnych. Ciepłowniami geotermalnymi są m.in.: Bańska Niżna (4,5 MJ/s, docelowo 70 MJ/s), Pырzyce (15 MJ/s, docelowo 50 MJ/s), Stargard Szczeciński (14 MJ/s), Mszczonów (7,3 MJ/s), Uniejów (3,2 MJ/s), Lasek (2,6 MJ/s) oraz Klikuszowa (1 MJ/h). W fazie realizacji jest projekt geotermalny w Toruniu. Ponadto w kilku polskich gminach trwają prace koncepcyjne nad utworzeniem zakładów ciepłowniczych i energetycznych [5, 7, 10, 11, 14, 15].

### **Czynniki decydujące o opłacalności wykorzystania wód geotermalnych**

Na ocenę możliwości budowy instalacji geotermalnych wpływają następujące czynniki lokalizacyjne [2, 9]:

- budowa instalacji jest ograniczona do obszarów, gdzie występują wody geotermalne o optymalnych własnościach;
  - energia uzyskana z wód geotermalnych powinna być wykorzystywana w miejscach wydobywania wód oraz w ich pobliżu;
  - szacowane koszty inwestycyjne i eksploatacyjne budowy instalacji geotermalnych.
- Czynniki decydujące o opłacalności wykorzystania wód geotermalnych [2]:
- wydajność eksploatacyjna wód podziemnych (tzw. moc cieplna ujęcia);
  - temperatura wód geotermalnych;
  - głębokość zalegania warstwy wodonośnej, co się przekłada na koszt wykonania odwiertu/ów);
  - skład chemiczny wody i jej mineralizacja (co się przekłada na koszty eksploatacji geotermii);
  - potencjał użytecznych i łatwych do pozyskania zasobów mineralnych zawartych w wodzie geotermalnej [16];
  - koncentracja zapotrzebowania na ciepło na obszarze jego odbioru (wpływa na koszty budowy sieci dystrybucji ciepła);
  - roczny współczynnik obciążenia instalacji – czas wykorzystania pełnej mocy cieplnej ujęcia (jednostkowe koszty produkcji ciepła);
  - konieczny stopień schłodzenia wody geotermalnej;
  - odległość otworów geotermalnych od odbiorcy (nakłady na rurociąg przesyłowy wody geotermalnej) [2, 11, 13, 14].

### **Eksploatacja wód geotermalnych**

W zależności od warunków geologicznych, hydrologicznych i termicznych, rozróżniamy eksploatacje wód złożowych: niskotemperaturową, wysokotemperaturową oraz wzbudzaną.

Geotermia płytka (niskotemperaturowa) charakteryzuje się temperaturą od kilkunastu do około 20°C. Wykorzystywane są tutaj wody gruntowe do kilkuset metrów głębokości. Odbiór energii odbywa się przez pompy ciepła – wymienniki ciepła. Ma zastosowanie w ogrzewaniu pojedynczych budynków. Nośnikiem ciepła (czynnikiem obiegowym) jest woda z dodatkiem środka przeciwzamarzającego [10].

Geotermia klasyczna (wysokotemperaturowa) jest oparta na naturalnych systemach geotermalnych. Woda wykorzystywana jest tu bezpośrednio – doprowadzana przez system rur, bądź pośrednio poprzez oddanie ciepła chłodnej wodzie i pozostaje w obiegu zamkniętym. Otwory odwiertów dochodzą do nawet 2500 m głębokości, a temperatura



wody termalnej może osiągać na tyle wysoką wartość, że ciepło odzyskuje się w tradycyjnych wymiennikach bez wspomaganie pompą ciepła. Taka instalacja może służyć do ogrzania większej liczby budynków, osiedli, a nawet dzielnic miast. Dodatkowo przy temperaturach powyżej 100°C (wody gorące, para wodna) znajduje ona też zastosowanie do produkcji energii elektrycznej [10].

W geotermii wzbudzonej odbiór ciepła odbywa się poprzez zatłaczane pod dużym ciśnieniem płyny (woda, solanka, itd.), które cyrkulują przez gorącą strukturę skalną. Znajdują one zastosowanie przy produkcji energii elektrycznej [10].

### Cel i zakres pracy

Celem pracy było przedstawienie zarysu specyfiki energetyki geotermalnej, ze szczególnym uwzględnieniem Polski, a także porównanie charakterystyki technologicznej i składu wód geotermalnych z trzech dużych systemów ich eksploatacji w naszym kraju oraz czwartego w perspektywie. Zakres pracy oprócz podkładu literaturowego objął zestawienie wybranych wskaźników fizykochemicznych (Tabela 1) oraz stężeń wybranych kationów i anionów (Tabela 2) z eksploatowanych odwiertów wód geotermalnych w Uniejowie, Pyrzycach i Mszczonowie i potencjalnego w Gostyninie, a także krótkie opisy ważniejszych kierunków praktycznego ich wykorzystania.

### Wody termalne Uniejów

Pierwszy otwór dokumentujący złożę wód termalnych – Uniejów IGH-1 – wykonano w 1978 r. Ujęto nim wody geotermalne występujące pod ciśnieniem artezyjskim w poziomie wodonośnym kredy dolnej. Kolejne dwa otwory: PIG/AGH-1 i PIG/AGH-2, stanowiące dublet geotermalny, wykonano na przełomie lat 1990–1991. Funkcję otworu eksploatacyjnego pełni otwór PIG/AGH-2, natomiast PIG/AGH-1 i IGH-1 są otworami chłonnymi [7, 14-19]. Od 2001 r. wody termalne są wykorzystywane przez firmę Geotermia Uniejów Sp. z o.o. do celów ciepłowniczych, a od 2008 r. część wód po odebraniu części ciepła służy do napełniania basenów w ośrodku rekreacyjnym Termy Uniejów [7, 14].

#### Skład chemiczny

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wybrane właściwości i skład chemiczny wody z Uniejowa pobranej z ujęcia PIG/AGH-2, która charakteryzuje się temperaturą 68°C oraz dość niską mineralizacją wynoszącą 8 g/l [13, 16-18]. Jednak woda ta zawiera dość znaczne stężenia jonów sodu – 2300 mg/l oraz chlorków – 3686,8 mg/l, jak również m.in. kationy wapnia w stężeniu – 70,14 mg/l, aniony bromkowe – 1,8

mg/l. Woda ta zawiera również jony jodkowe i fluorkowe o stężeniu poniżej 1 mg/l. Ze względu na relatywnie wysoką zawartość jonów chloru i sodu jest określana jako woda mineralna chlorkowo-sodowa [14, 18, 19].

#### Praktyczne wykorzystanie wody termalnej z Uniejowa

Jednym z najważniejszych zastosowań wód geotermalnych wydobywanych w Uniejowie jest ogrzewanie tegoż miasta. Woda, po jej wydobyciu jest kierowana do układu filtracyjnego, a następnie przekazywana do zestawu pięciu pomp o łącznej wydajności 120 m<sup>3</sup>/h. Dalej włącza się ją do wymienników centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. Zastosowanie wymienników ciepła, jako urządzeń pośredniczących jest spowodowane mineralizacją wody termalnej, która uniemożliwia uczestniczenie jej w obiegu sieciowym centralnego ogrzewania [14, 18]. Kolejnym zastosowaniem uniejowskiej wody termalnej są cele rekreacyjne, tj. Termy Uniejów. Woda ta jest także stosowana w celach uzdrowiskowych i leczniczych, w profilaktyce i leczeniu schorzeń układów: ruchu, mięśniowego, oddechowego, krążenia, nerwowego, pokarmowego, chorób skóry. Wykorzystywana jest do kąpieli, inhalacji i kuracji pitnych. W 2012 r. Uniejów uzyskało status uzdrowiska. Woda z ujęcia PIG/AGH-2 jest także stosowana do ogrzewania gruntu oraz do celów spożywczych. Od 2015 r. jest z niej produkowany „Ogórek termalny z Uniejowa”, którego recepturę opracowano przy współpracy z Instytutem Ogrodnictwa w Skierniewicach. W 2019 r. na rynek weszły kolejne produkty – barszcz z buraków oraz żurek, w skład których również wchodzi woda termalna. Wodą pochodzącą z tego samego ujęcia są ogrzewane murawa boiska piłkarskiego oraz ścieżki spacerowe w parku zamkowym. Część mieszkańców Uniejowa ma możliwość wykorzystania wody termalnej we własnych mieszkaniach, dzięki tzw. trzeciemu kurkowi zainstalowanemu w łazienkach domów i bloków wybudowanych przez spółkę PGK Termy Uniejów [7]. W 2019 r. do sprzedaży trafiła seria soków owocowych z dodatkiem tutejszej wody geotermalnej, a także butelkowana woda gazowana i niegazowana o nazwie „Thermal Uniejów” [5, 14, 17-19].

#### Wody termalne Pyrzyce

Ciepłownię geotermalną w Pyrzycach rozpoczęto budować w 1992 r. Pomysłodawcą była gmina Pyrzyce, natomiast jego realizacją zajęła się Geotermia Pyrzyce Sp. z o.o. Ciepłownia została uruchomiona w czerwcu 1997 r. jako pierwsza tego typu inwestycja w Polsce, która wykorzystuje ciepło pochodzące z wód termalnych. To bardzo

Tabela 1. Porównanie wybranych wskaźników technologicznych i fizykochemicznych wód geotermalnych z odwiertów w Uniejowie, Pyrzycach, Mszczonowie i Gostyninie

Parametr lub wskaźnik wody odwiertu	Uniejów PIG/AGH-2 [5, 14, 17-19]	Pyrzyce GT-2 [5, 20-23, 27]	Mszczonów IG-1 [14, 24-26, 28]	Gostynin GT-1 [29-32]
Zasoby eksploatacyjne, m <sup>3</sup> /h	120	200 [5]	60	120 [31]
Głębokość otworów geotermalnych pod poziomem terenu, m	2031	1620	1602,5	2734
Temperatura, °C	68	61-63	40,5-42,0	82 [30-32]
Mineralizacja ogólna, g/l	8,0	120 [19]; 121 [14]	0,460 [23, 25]; 0,610 [14]	143,5 [29]; 144,0 [30]
pH	7,20 (22°C)	5,81 [20]	7,60	6,28
Barwa, mg Pt	0	–	0	10,00
Zapach	Bardzo słaby naftowy	akceptowalny	akceptowalny	akceptowalny
Smak	słony	słony	akceptowalny	słony
Mętność, NTU	–	17,0	–	24,10
Przewodność, μS/cm	12 060	172 738	–	–

Tabela 2. Porównanie stężeń wybranych kationów i anionów w wodach geotermalnych z odwiertów w Uniejowie, Pyrzycach, Mszczonowie i Gostyninie

Parametr, mg/l	Uniejów PIG/AGH-2 [12, 14, 17-19]	Pyrzyce GT-2 [14, 20-23, 27]	Mszczonów IG-1 [24-25]	Gostynin GT-1 [14, 29]
Ca <sup>2+</sup>	70,14	2202,80	60,12	2725,00
Mg <sup>2+</sup>	25,52	690,46	13,37	656,80
Na <sup>+</sup>	2300	41 250	29,00	40 243
K <sup>+</sup>	21,00	205,00	8,00	397,00
Fe <sup>3+</sup>	0,450	14,97	0,32 [26]	29,25
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	140,5	216,00	320,95	311,10
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5,18	1114	6,78	808,00
Cl <sup>-</sup>	3686,8	69 488	9,39	69 133
F <sup>-</sup>	0,65	–	0,19	–
Br <sup>-</sup>	1,80	101,23	–	–
I <sup>-</sup>	0,42	4,11	–	0,04



nowoczesny obiekt, który spełnia europejskie standardy dotyczące produkcji energii, a także jej dystrybucji [20-23].

### **Skład chemiczny**

W tabelach 1 i 2 zostały przedstawione wyniki analiz wody pobranej z ujęcia Pырzyce GT-2, która jest wysoko zmineralizowana (~120 g/l), co wynika głównie z obecności chlorku sodowego (NaCl). Zawartość kationów sodowych wynosi 41,25 g/l, a anionów chlorowych 69,49 g/l. Z uwagi na wysokie stężenia jonów chlorkowych i sodowych woda ta jest określana jako chlorkowo-sodowa [19-22]. Cechuje się także obecnością jonów żelaza na drugim stopniu utlenienia o stężeniu 14,97 mg/l, a także jonów jodu w ilości 4,11 mg/l. Ponadto woda ta zawiera znaczące ilości kationów potasowych oraz anionów siarczanowych i bromkowych.

### **Praktyczne wykorzystanie wody termalnej z Pырzyce**

Głównym zastosowaniem wody termalnej z Pырzyce jest pozyskiwanie z niej ciepła, toteż Geotermia Pырzyce Sp. z o.o. funkcjonuje za zasadzie „podwójnego dubletu”. Eksploatacja wód jest prowadzona odwiertami GT-1 i GT-3, natomiast GT-2 i GT-4 służą do zatłaczania wód po odebraniu z nich ciepła. Otwory eksploatacyjne, oddalone od siebie o 1,5 km, mają łączną wydajność 340 m<sup>3</sup>/h. Wydobywana woda o temperaturze początkowej w zakresie 61-63°C jest kierowana do zespołu filtrów, a następnie do niskotemperaturowych wymienników ciepła. Jeden z nich w sposób bezpośredni przekazuje energię cieplną do wody sieciowej, a drugi współpracuje z absorpcyjnymi pompami ciepła. Takie rozwiązanie pozwala na pozyskiwanie energii cieplnej z wody termalnej nawet w okresie zimowym, kiedy woda systemu centralnego ogrzewania ma temperaturę wyższą niż pozyskiwana woda termalna. Następnie po schłodzeniu woda jest kierowana do odwiertów chłonnych i zatłaczana z powrotem do warstwy wodonośnej. Największym problemem napotkanym podczas eksploatacji tutejszej wody termalnej jest jej wysoka mineralizacja i powstający przy tym efekt kolmatacji [27]. Zjawisko to polega na wytrącaniu się licznych substancji mineralnych w przestrzeniach porowych warstwy wodonośnej i finalnie blokowaniu przepływu wód do odwiertu chłonnego. Z tego powodu w systemie zastosowano specjalną technologię, która polega na ciągłym dozowaniu niewielkich dawek kwasu solnego i dyspersatora. Takie rozwiązanie pozwoliło na uzyskanie pH wody termalnej na poziomie, który zapewniał zaprzestanie krystalizacji węglanu wapnia, będącego przyczyną kolmatacji węglanowej, a także innych związków mineralnych oraz rozpuszczenie ich w warstwie wodonośnej [14, 20-23, 27]. Analizy chemiczne przeprowadzane dla wody geotermal-

nej potwierdziły możliwość wykorzystania pырzyckich wód do celów balneoterapeutycznych oraz rekreacyjnych, ze względu na fakt, że woda ta jest bogata w związki bromu, jodu, żelaza, manganu oraz boru. Obecnie znajduje też zastosowanie w małych tężniach.

### **Wody termalne Mszczonów**

W 1994 r. powstała spółka pod nazwą Geotermia Żyrardowska S.A., której założycielem były władze samorządowe miasta Żyrardowa, ale jej siedziba znajdowała się w Mszczonowie, gdzie wykorzystanie wód geotermalnych cieszyło się dużą popularnością. W wyniku rozwoju przedsięwzięcia rozszerzono działalność spółki i rok później na bazie dotychczasowej firmy utworzono Geotermię Mazowiecką S.A., która funkcjonuje do dnia dzisiejszego. Jej częścią jest Zakład Geotermalny w Mszczonowie. Wydobywana w nim od 2000 r. woda geotermalna wykorzystywana jest do celów ciepłowniczych, rekreacyjnych oraz pitnych. Ciepłownia geotermalna, która jest zlokalizowana w Mszczonowie przy ulicy Sienkiewicza zastąpiła przestarzałe trzy miejskie kotłownie węglowe, które co roku emitowały do atmosfery 15 ton związków azotu, 60 ton związków siarki, 9700 ton ditlenku węgla oraz 145 ton pyłów [14]. Od 2008 r. tutejsze wody geotermalne wykorzystywane są również do celów rekreacyjnych w nowoczesnym aquaparku „Termy Mszczonów”, cieszącym się olbrzymim zainteresowaniem wśród mieszkańców aglomeracji warszawsko-łódzkiej [14, 24-26, 28].

### **Skład chemiczny**

W tabelach 1 i 2 zostały przedstawione wyniki analiz wody geotermalnej z odwiertu Mszczonów IG-1. Całkowita mineralizacja tej wody wynosi około 0,5 g/l. Tak niska jej wartość jest ewenementem w skali europejskiej, ale jest porównywalna z mineralizacją wody w odwiertach Poddębice GT-1 i Tomaszów Mazowiecki GT-1. Przeważają w niej jony wodorowęglanowe, których stężenie jest równe 320,95 mg/l, jony wapnia o stężeniu 60,12 mg/l, a także jony magnezu o stężeniu 13,37 mg/l. Pozostałe główne kationy i aniony to kationy sodu, potasu oraz aniony siarczanowy, chlorkowy i fluorkowy. Ze względu na przewagę jonów wodorowęglanowych, wapnia i sodu, woda ta jest określana jako woda wodorowęglanowo-wapniowo-sodowa [14, 24-26].

### **Praktyczne wykorzystanie wody termalnej z Mszczonowa**

Głównym zastosowaniem mszczonowskiej wody termalnej są cele ciepłownicze i rekreacyjne, a przykładem służy



Zakład Geotermalny w Mszczonowie, który powstał jako trzeci obiekt w Polsce. Woda termalna jest eksploatowana w systemie jednootworowym, z odwiertu Mszczonów IG-1. Temperatura wody na wypływie zawiera się w zakresie 40,5-42°C, stąd jest przekazywana do wymiennika ciepła, który współpracuje z kotłem wysokotemperaturowym, który przejmuje ciepło od spalin i obniża ich temperaturę poniżej 58°C. Następnie woda z wymiennika ciepła trafia do dolnego źródła ciepła absorpcyjnej pompy grzewczej, gdzie w zależności od potrzeby zostaje schłodzona do wartości 20-30°C. Kolejnym krokiem jest przekazanie wody do wentylatorowego schładzacza wody. Tak pozyskane ciepło służy do ogrzania budynków zakładu. Z zasilaniem geotermalnym współdziała dodatkowy system ogrzewania gazowego, który jest stosowany przy znacznym wzroście zapotrzebowania na ciepło. Po wykorzystaniu wody termalnej do celów ciepłowniczych, poddaje się ją schłodzeniu i przekazuje do zakładu stacji uzdatniania wody, gdzie po wymieszaniu z wodą czwartorzędową i uzdatnieniu, w tym odżelazieniu, kieruje się ją do miejskiego systemu wodociągowego [24-26, 28]. Główny Inspektor Sanitarny i Państwowy Zakład Higieny w lipcu 2016 r. potwierdziły, że woda geotermalna z ujęcia w Mszczonowie jest naturalną wodą mineralną, pozbawioną zanieczyszczeń i gotową do butelkowania. Ponadto woda z geotermii w Mszczonowie jest z powodzeniem stosowana w celach rekreacyjnych na terenie kompleksu basenowego „Termy Mszczonowskie” [26].

### Wody termalne Gostynin

Ujęcie wody geotermalnej Gostynin GT-1 zostało wykonane w 2007 r. w mieście o tej samej nazwie, znajdującym się w zachodniej części województwa mazowieckiego. Otwór zaprojektowany został w celu ujęcia dolno-jurajskiego horyzontu wodonośnego położonego w interwale głębokościowym 2538,0–2734,0 m. W drugiej połowie XX wieku realizowano także prace wiertnicze, m.in. wykonano odwiert Gostynin IG-3. Badania wykazały, że na tym terenie są korzystne warunki hydrogeotermalne związane głównie ze strefą kontaktu utworów jury środkowej i dolnej [14, 29-32].

#### Skład chemiczny

W tabelach 1 i 2 zostały przedstawione wyniki analiz wody geotermalnej z odwiertu Gostynin GT-1. Woda ta ma temperaturę 82°C i wydajność na poziomie 120 m<sup>3</sup>/h, nadającą się m.in. do celów ciepłowniczych i rekreacyjnych. Analiza właściwości fizykochemicznych tej wody wykazała, że posiada ona wysoką mineralizację na poziomie 144 g/l, głównie ze względu na zawarty w niej chlorek sodowy

o stężeniu 109,4 g/l, a więc jest to woda chlorkowo-sodowa. Uwzględniając jej skład można spodziewać się problemów z jej użytkowaniem, podobnie jak to ma miejsce w Pырzycach. Jednak zawartość w niej składników o właściwościach leczniczych wskazuje na możliwość zaliczenia tych wód do tzw. mineralnych swoistych [14, 32].

#### Praktyczne wykorzystanie wody termalnej z Gostynina

Aktualnie woda z odwiertu GT-1 nie jest wykorzystywana, chociaż władze samorządowe Gostynina opracowały plany powstania Zakładu Geotermalnego oraz Ponadregionalnego Centrum Turystyki, Wypoczynku i Rekreacji. Centrum, jeśli powstanie, to będzie zajmowało się świadczeniem usług medycznych, paramedycznych i rekreacyjnych w postaci kąpieli i inhalacji w leczeniu chorób dróg oddechowych, reumatycznych, ginekologicznych i dermatologicznych [14]. Eksploatacja wód termalnych w Gostyninie odbywać się będzie w systemie dwuotworowym, tzw. dublecie geotermalnym. Planowane są prace geologiczne związane z wykonywaniem otworu geotermalnego Gostynin GT-2, który będzie pełnił rolę otworu zatłaczającego schłodzoną wodę do pokładu wodonośnego [32].

### Wnioski

Porównując ze sobą składy chemiczne wód geotermalnych z odwiertów w Uniejowie, Pырzycach, Mszczonowie i Gostyninie widać, że różnią się one stężeniem poszczególnych jonów. Wody z Uniejowa, Pырzyc i Gostynina pomimo tego, że zostały zakwalifikowane jako wody chlorkowo-sodowe, to zdecydowanie różnią się zawartością tych jonów. Woda pozyskana z odwiertu w Pырzycach czy Gostyninie zawiera znacznie większe stężenia zarówno jonów Na<sup>+</sup>, jak i jonów Cl<sup>-</sup> niż woda z odwiertu w Uniejowie [21]. Z kolei woda z Mszczonowa, określana jako woda wodorowęglanowo – wapniowo – sodowa, zawiera w swoim składzie przykładowo jedynie 29 mg/l jonów Na<sup>+</sup>. W klasyfikacji wód uwzględnia się jony o najwyższych stężeniach. Dlatego też pomimo, że woda z Pырzyc czy Gostynina zawiera więcej jonów Ca<sup>2+</sup> niż woda z Mszczonowa, to nie jest określana mianem wody wapniowej [25, 26, 29].

Stosowanie energii geotermalnej ma duże znaczenie w ochronie środowiska. Jest to spowodowane tym, że ciepło pozyskiwane z wnętrza Ziemi jest energią odnawialną, która w znacznym stopniu minimalizuje zanieczyszczenia emitowane do atmosfery wydzielane za pośrednictwem klasycznych elektrowni węglowych. Na przykładzie ciepłowni geotermalnej w Mszczonowie można stwierdzić, że zastępując trzy miejskie kotłownie węglowe, wyeliminowała ona całkowicie emisję pyłów, sadzy oraz związków siarki



pochodzących z tych kotłowni (masy zredukowanych emisji zanieczyszczeń podano wyżej). Z kolei emisja związków azotu spadła do poziomu 18%, tlenku węgla do 2%, a ditlenku węgla do 25% [14].

Polska ma duże potencjalne możliwości pozyskiwania i wykorzystania energii geotermalnej, a rozwój tej gałęzi energetyki odnawialnej jest popularny w naszym kraju. Jednak z udokumentowanych obecnie parametrów wody termalnej na Niżu Polskim wynika, że najwyższą temperaturę wody termalnej na poziomie 87°C uzyskano w odwiercie Stargard Szczeciński, a znaczną wysokość 82°C odnotowano w otworze Gostynin GT-1 [31, 32]. Te i nawet o 30-40°C niższe temperatury wody termalnej są wystarczające dla ciepłownictwa i rekreacji. Jednak są one zbyt niskie, aby można było taką wodę wykorzystać do wysoce efektywnej produkcji energii elektrycznej. Wodę o takiej temperaturze można stosować do produkcji energii elektrycznej w systemach hybrydowych, gdzie woda termalna będzie użyta w pierwszym stopniu podgrzewania czynnika niskowrzącego.

## Literatura

- [1] M. Hajto, 2021, Stan wykorzystania energii geotermalnej w Europie i na świecie w 2020 r., *Przegląd Geologiczny*, 69(9), 566-577.
- [2] Górecki W. Wody geotermalne Polski, [https://www.pgi.gov.pl/images/stories/artykuly/geotermia\\_nizu\\_2/hydro\\_wojciech\\_gorecki.pdf](https://www.pgi.gov.pl/images/stories/artykuly/geotermia_nizu_2/hydro_wojciech_gorecki.pdf), 25.06.2022.
- [3] Żylicz T., 2017, *Geotermia, Aura*, 10, 20-21.
- [4] Góralczyk I., Tytko R., Milek M., Walka ze smogiem – ogrzewanie wodami geotermalnymi, *Aura*, 4, 5-8.
- [5] Kępińska B., 2021, Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce w latach 2019-2021, *Przegląd Geologiczny*, 69(9), 559-565.
- [6] Platforma Edukacyjna Ministerstwa Edukacji i Nauki, Występowanie i rodzaje wód termalnych i mineralnych w Polsce, [file:///C:/Users/admin/Downloads/Występowanie\\_i\\_rodzaje\\_wod\\_terma.pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/Wystepowanie_i_rodzaje_wod_terma.pdf), 25.06.2022.
- [7] Felter A., Filippovits E., Gryszkiewicz I., Lasek-Woroszkiwicz D., Skrzypczyk L., Socha M., Sokołowski J., Sosnowska M., Stożek J., Wrzosek A., 2021, Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2019 r., Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), Warszawa.
- [8] Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. (Dz.U. 2011, nr 163, poz. 981; tekst jednolity Dz.U. 2022, poz. 1072).
- [9] Porwisz B., 2013, Szlakiem wód leczniczych i termalnych w Małopolsce, Departament Środowiska Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego, Zespół Geologii, Kraków.
- [10] Portal PIG-PIB, Geotermia, <https://www.pgi.gov.pl/wody-mineralne/przydatne/geotermia.html>, 19.08.2022.
- [11] Portal Polskiej Geotermalnej Asocjacji im. prof. Juliana Sokołowskiego (PGA), Geotermia w Polsce, <http://www.pga.org.pl/geotermia-zasoby-polskie.html>, 26.06.2022.
- [12] Latour T., Drobniak M., 2016, Właściwości biochemiczne wód geotermalnych rozpoznanych w Polsce określające sposób ich wykorzystania do celów leczniczych lub rekreacji, *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 1, 67-74.
- [13] Portal PIG-PIB, Wody termalne. Wody termalne na platformie paleozoicznej, <https://www.pgi.gov.pl/wody-mineralne/przydatne/wody-termalne.html#wody-termalne-na-platformie-paleozoicznej>, 19.08.2022.
- [14] Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M., Piechota G., 2010, *Technologie geoenergetyczne – monografia*, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- [15] Sowizdzał A., 2018, Geothermal energy resources in Poland – Overview of the current state of knowledge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(2), 4020-4027.
- [16] Sapińska-Śliwa A., Dudek M., Wiśniowski R., Jaszczur M., Śliwa T., 2016, Pozyskiwanie surowców mineralnych z wód termalnych w Polsce, *Przemysł Chemiczny*, 95(8), 1524-1528.
- [17] Sapińska-Śliwa A., Kurpik J., 2011, Aktualne zagospodarowanie wody i ciepła geotermalnego w Uniejowie, *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 1-2, 225-235.
- [18] Portal Geotermia Uniejów im. Stanisława Olasa, Pochodzenie i skład, <http://geotermia-uniejow.pl/woda-geotermalna/sklad-i-wlasciwosci>, 02.08.2022.
- [19] Latour T., Smętkiewicz K., 2012, Właściwości fizykochemiczne i chemiczne wód geotermalnych i ich zastosowanie lecznicze ze szczególnym uwzględnieniem wody z odwiertu PIG/AGH-2 w Uniejowie, *Biuletyn Uniejowski*, 1, 79-93.
- [20] Zięba Z., Grzesiak E., 2010, Wpływ składu chemicznego wody geotermalnej na koszty eksploatacji systemu ciepłowniczego w Pyrzycach, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 8(1), 39-45.
- [21] Wachowicz-Pyzik A., Mazurkiewicz J., 2015, Charakterystyka hydrogeochemiczna wód termalnych geotermii Pyrzyce, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2, 52-55.
- [22] Chmurzyńska A., 2018, Geotermia Pyrzyce – druga najstarsza ciepłownia geotermalna w Polsce! <https://globenergia.pl/geotermia-pyrzyce-druga-najstarsza-cieplownia-geotermalna-w-polsce/>, 26.06.2022.
- [23] Kulik S., 2007, Ciepłowniczy zakład geotermalny w Pyrzycach: doświadczenia, wybrane aspekty pracy, perspektywy, *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 240, 63-67.
- [24] Szymańska M., Nowakowski W., Czarnowska K., 2005, Wykorzystanie energii geotermalnej w rejonie Mszczonowa, *Aura*, 7, 14-16.
- [25] Portal Termy Mszczonów, Woda termalna, <https://www.termy-mszczonow.eu/305,woda-termalna>, 26.06.2022.
- [26] Tomaszewska B., Bujakowski W., Tyszer M., 2016, Innowacyjne badania nad wykorzystaniem swoistych cech wód termalnych Mszczonowa w produkcji wód mineralnych, *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 1, 103-110.
- [27] Noga B., Kosma Z., Zieliński J., 2018, Analiza możliwości zwiększania chłonności otworów zatłaczających na przykładzie ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach, *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 57(2), 135-154.
- [28] Portal polskie i norweskie gminy razem dla klimatu i energii, Ciepłownia Geotermalna w Mszczonowie, <http://www.razemdla->

klimatu.eu/images/dobre\_praktyki/Mszczonow.pdf, 02.08.2022.

[29] Bujakowski F., Wierzbicki G., 2011, Zastosowania teorii SIT w numerycznej ocenie tendencji do wytrącania stałych faz mineralnych z roztworu geotermalnego na przykładzie danych z otworu Gostynin GT-1, Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój, 1-2, 387-401.

[30] Portal Vademecum dla uczniów technikum, Charakterystyka źródeł geotermalnych, <https://instsani.pl/technik-urzadzen-i-systemow-energetyki-odnawialnej/vademecum-energetyki-odnawialnej/energia-geotermalna/charakterystyka-zrodel-geotermalnych/>, 05.08.2022.

[31] Śliwa T., Sapińska-Śliwa A., Gonet A., Kowalski T., Sojczyńska A., 2021, Geothermal Boreholes in Poland—Overview of the Current State of Knowledge, Energies, 14, 3251. <https://doi.org/10.3390/en14113251>, 05.08.2022.

[32] Noga B., Kosma Z., Biernat H., 2011, Przegląd obecnie realizowanych projektów wykorzystania wód termalnych i energii geotermalnej na Niziu Polskim, Logistyka, 6, 3079-3088. ●

**Zuzanna Pietrzak\***, **Bartosz Karbowy\***, **Andrzej Żarczyński<sup>1</sup>**

e-mail: z.pawelczyk98@wp.pl; superszostka@gmail.com; andrzej.zarczynski@p.lodz.pl;

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

\* Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki

# Metody unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów ściekowych stosowane w Polsce

## Wprowadzenie

Osady ściekowe są wyodrębniane ze ścieków podczas ich oczyszczania i stanowią niewielki procent wszystkich odpadów wytwarzanych w polskiej gospodarce, jednak z uwagi na swoje właściwości wymagają odpowiedniego zagospodarowania. Ilość generowanych osadów wynosi jedynie 1-3% objętości oczyszczanych ścieków, mimo to mogą one stanowić potencjalne zagrożenie dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi, zwłaszcza przy niewłaściwym ich zagospodarowaniu, bowiem zawierają m.in. metale ciężkie, a także są siedliskiem wielu mikroorganizmów chorobotwórczych, pasożytów, a także różnych form przetrwalnikowych [1-3]. Ilość wytwarzanych osadów ściekowych w Polsce w ostatnich dwóch dekadach praktycznie nie maleje [4]. Przyczyną może być dość intensywna rozbudowa sieci kanalizacyjnych, modernizacja istniejących już oczyszczalni ścieków komunalnych i miejskich w celu przystosowania ich do technologii wysokosprawnych, nastawionych na usuwanie związków biogenych, jak również budowa nowych oczyszczalni ścieków. Z uwagi na te zagrożenia oraz na właściwości fizykochemiczne, osady muszą być poddawane odpowiedniej i skutecznej przeróbce, a następnie właściwie zagospodarowane. Z tego też względu gospodarka osadami jest niezwykle ważna, bowiem osady po przetworzeniu w oczyszczalniach powinny w miarę możliwości powracać do środowiska naturalnego [3, 5-8].

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w okresie ostatnich dwudziestu lat liczba oczyszczalni ścieków przemysłowych znacznie zmniejszyła się, tj. z 1626 w 2000 r. do 876 w 2020 r. Część z nich została zlikwidowana wraz z zamknięciem zakładów przemysłowych lub zreorganizowana na skutek uruchomienia podczyszczalni ścieków przemysłowych. W obecnie powstających podczyszczalniach ścieków przemysłowych uzyskuje się ścieki ze wstępnie obniżonym ładunkiem zanieczyszczeń w stopniu, który umożliwia odprowadzenie ich do oczyszczalni ścieków komunalnych lub oczyszczalni ścieków zakładowych [4].

Liczba oczyszczalni ścieków komunalnych w latach 2000-2020 wzrosła z 2417 w 2000 r. do 3281 w 2020 r. W 2020 r. wśród oczyszczalni przemysłowych dominowały oczyszczalnie biologiczne (60%) i mechaniczne (24%). Natomiast najwięcej oczyszczalni komunalnych wykorzystywało biologiczne metody oczyszczania ścieków (75%), w tym umożliwiające podwyższone usuwanie biogenów (25%) [4].

## Źródła i masy osadów ściekowych powstających w Polsce

W tabeli 1 przedstawiono wybrane dane Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) dotyczące sumarycznych mas osadów ściekowych, pochodzących z komunalnych i przemysłowych oczyszczalni ścieków w Polsce, w okresie lat 2000–2020 [4]. Po osiągnięciu w 2005 r. maksymalnej ilości 1124,4 tys. ton s.m. (ton suchej masy) wytworzonych osadów ściekowych i minimalnej 895,1 tys. ton s.m. w 2010 r.,

<sup>1</sup> Autor do korespondencji.



Tabela 1. Sumaryczne masy osadów ściekowych z przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków, a także nagromadzone na terenie oczyszczalni, według GUS z 2021 [4]

Rodzaje osadów ściekowych	2000	2005	2010	2015	2020
	w tys. ton s.m.				
Suma osadów wytworzonych w danym roku w oczyszczalniach ścieków przemysłowych	703,3	638,2	368,4	383,5	420,6
Suma osadów wytworzonych w danym roku w oczyszczalniach ścieków komunalnych	359,8	486,1	526,7	568,0	568,9
Suma osadów wytworzonych w danym roku	1063,1	1124,4	895,1	951,5	989,5
Suma osadów z przemysłowych oczyszczalni ścieków nagromadzonych na terenie oczyszczalni – stan w końcu danego roku	–	8560,1	6118,1	6237	5932,7
Suma osadów z komunalnych oczyszczalni nagromadzonych na terenie oczyszczalni – stan w końcu danego roku	–	782,7	332,4	246,9	210,9
Suma osadów nagromadzonych na terenie oczyszczalni – stan w końcu danego roku	14654	9342,8	6450,5	6483,9	6143,6

obserwowany jest od tego czasu wzrost ilości powstających osadów ściekowych [4]. W 2020 r. w oczyszczalniach ścieków komunalnych i przemysłowych łącznie wytworzono 989,5 tys. ton s.m. osadów ściekowych, tj. o prawie 10,6% więcej niż w 2010 r.

W 2020 r. ilość osadów ściekowych powstających w przemysłowych oczyszczalniach ścieków zmniejszyła się o 40,2% w stosunku do 2000 r. (z 703,3 tys. ton s.m. w 2000 r. do 420,6 tys. ton s.m. w 2020 r.). Jedną z przyczyn powyższego może być zmniejszenie liczby oczyszczalni przemysłowych oraz ilości wytwarzanych ścieków przez tę grupę oczyszczalni. Z kolei od wielu lat obserwuje się wzrost ilości osadów ściekowych powstających w oczyszczalniach ścieków komunalnych, ze względu na wzrost ilości ścieków trafiających do tych oczyszczalni [4]. Od 2000 r. do 2020 r. ilość osadów ściekowych wytworzonych w komunalnych oczyszczalniach ścieków wzrosła o około 58,1%. Z kolei w tym samym okresie suma osadów nagromadzonych na terenie oczyszczalni zmniejszyła się o 58,1%, co jest pozytywne, świadczy bowiem o ich rosnącej skali zagospodarowania.

### Prawne aspekty unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów ściekowych

Podstawowym aktem prawnym regulującym zagadnienia gospodarki odpadami jest ustawa z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach (Dz. U. z 2013 r. poz. 21, tekst jednolity Dz.U.2022, poz. 699), która definiuje komunalne osady ściekowe jako pochodzący z oczyszczalni ścieków osad z komór fermentacyjnych, innych instalacji służących do oczyszczania ścieków komunalnych oraz innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych. Zawiera ona szczególne zasady gospodarowania niektórymi rodzajami odpadów oraz określa sposoby utylizacji komunalnych osadów ściekowych. Według tej ustawy komunalne osady ściekowe mogą być stosowane tylko gdy są one ustabilizowane, a także odpowiednio przygotowane [5].

Wyżej wymienionej ustawie o odpadach towarzyszy wiele rozporządzeń, które szczegółowo regulują postępowanie z osadami ściekowymi. Do najważniejszych aktów prawnych w tym zakresie możemy zaliczyć [6]:

- Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów; Dz.U.2020, poz. 10;
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych; Dz. U. 2015, poz. 257;
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r.

w sprawie dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach, Dz. U. 2015, poz. 1277;

- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu, Dz. U. 2016, poz. 108;
- Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 24 września 2020 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów, Dz. U. 2020, poz. 1860;
- Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 31 grudnia 2021 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz. U. 2022, poz. 89.

### Właściwości osadów ściekowych

Jakość ścieków, które dopływają do oczyszczalni, jak również procesy technologiczne w nich prowadzone mają istotne znaczenie dla właściwości fizykochemicznych osadów ściekowych. Większość komunalnych osadów charakteryzuje się wysokim uwodnieniem, które zmienia się znacznie od ponad 99% dla osadów surowych, do 80-55% dla osadów odwodnionych i poniżej 10% dla osadów wysuszonych termicznie. W skład chemiczny osadów ściekowych wchodzi wiele pierwiastków, w tym metale ciężkie, które są źródłem zanieczyszczeń i ograniczają przez to wykorzystanie osadów ściekowych [7-12]. Do pierwiastków występujących w osadach możemy zaliczyć: ołów, kadm, chrom, miedź, nikiel oraz cynk. Innymi szkodliwymi związkami organicznymi zawartymi w osadach są między innymi: pestycydy, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorowane bifenyle lub adsorbowalne organiczne związki chloru [1-13].

Osady ściekowe mogą być używane w celach rolniczych z tego względu, iż są cennym źródłem biogenów w glebach. Jednak ich stosowanie nie może szkodzić zwierzętom czy roślinom oraz pogarszać jakości gleb i produktów rolnych. Osady wykorzystywane jako nawozy są źródłem składników pokarmowych, a także przyczyniają się do zwiększenia ilości próchnicy w glebie. Osady ściekowe charakteryzujące się niskim stężeniem metali ciężkich mogą również znacznie wpłynąć na przyrost biomasy oraz zwiększać liczbę mikroorganizmów biorących udział w procesach mineralizacji azotu organicznego. Osady są więc cennym składnikiem gleb [7].

### Metody unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów ściekowych

#### *Klasyfikacje metod postępowania z osadami ściekowymi*

Unieszkodliwianie osadów ściekowych bardzo często wiąże się z ich gospodarczym wykorzystaniem, dlatego wybór odpowiedniej metody zależy w dużej mierze od właściwości fizykochemicznych i mikrobiologicznych, między innymi od zawartości metali ciężkich, organizmów chorobotwórczych, składników nawozowych (azot, fosfor) lub od substancji organicznych [3].

Od 1 stycznia 2016 roku niemożliwe jest już składowanie nieprzetworzonych osadów ściekowych niespełniających wymagań określonych w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach [7]. Z uwagi na to rozporządzenie w Polsce do utylizacji osadów ściekowych stosowane są głównie trzy metody:

- rolniczo-przyrodnicze wykorzystanie;
- przeróbka pierwotna;
- metody termiczne.

Najkorzystniejszym i zarówno najtańszym rozwiązaniem jest rolniczo-przyrodnicze wykorzystanie osadów, ponieważ występujące w nich cenne składniki nawozowe powinny być w miarę możliwości przywracane do środowiska naturalnego. Jest to ważne dlatego, że obserwuje się coraz to większy deficyt substancji organicznej w glebie [8]. Do przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych możemy zaliczyć [2]:

- nawożenie użytków rolnych – jest to doskonały sposób na zachowanie próchnicy w glebie, jak również na dostarczanie składników pokarmowych roślinom,
- rekultywację gruntów bezglebowych – stosowana jest w celu ukształtowania szaty roślinnej, która chroni powierzchnię przed erozją wodną i wiatrową,
- zestalenie roślin z podłożem,
- produkcję kompostu – wiąże się to z nawożeniem osadami na danym terenie przez wiele lat. Kompostowanie osadów ściekowych może się przyczynić do okresowego wzrostu temperatury w złożu, a także wpłynąć pozytywnie na jego higienizację. Dzięki tej metodzie zniszczone zostają bakterie chorobotwórcze czy zarodniki niektórych grzybów. Powstający kompost jest cennym nawozem, bogatym w substancje organiczne, azot, fosfor i potas.

Podane wyżej metody recyklingu organicznego związane z odzyskiem pierwiastków nawozowych mogą być stosowane tylko dla osadów ustabilizowanych i zalecane są jedynie dla małych oraz średnich oczyszczalni ścieków ze względu na ich właściwości, głównie na zawartość związków biogenych [5-7].

Przeróbka pierwotna jest niezwykle ważna w procesie unieszkodliwiania osadów ściekowych. Składa się ona z szeregu działań i ma na celu przede wszystkim przygotowanie



osadów do ich późniejszego zagospodarowania. W ramach przeróbki pierwotnej możemy wyróżnić procesy zagęszczania, kondycjonowania, stabilizacji oraz odwadniania [5-10].

- Zagęszczanie – polega na oddzielaniu fazy stałej od fazy ciekłej, w celu zmniejszenia objętości osadów. Wyróżniamy metodę grawitacyjną i mechaniczną. Pierwsza z nich wykorzystuje siłę grawitacji, druga natomiast bazuje na wykorzystaniu sił takich jak ciśnienie czy siła odśrodkowa.
- Kondycjonowanie – jest to proces poprzedzający usuwanie wody z osadów, mający na celu zwiększenie podatności osadu na eliminację zawartej w nim wody.
- Stabilizację – w jej skład wchodzi procesy biologiczne (fermentacja metanowa, tlenowa stabilizacja, kompostowanie), procesy chemiczno-termiczne, procesy chemiczne (wapnowanie osadów) oraz procesy termiczne (mokre spalanie, piroliza, spalanie osadów).
- Odwadnianie – jest to proces usuwania wody z osadu w celu zmniejszenia jego objętości.

Wybór odpowiednich procesów zależy od ostatecznego zagospodarowania danych osadów ściekowych. Za dalsze przetworzenie osadów odpowiada już przeróbka wtórna, na którą składają się takie procesy jak: suszenie i spalanie osadów. Ze względu na duże i wciąż rosnące znaczenie praktyczne nieco więcej uwagi poświęcimy fermentacji metanowej i procesom termicznego spalania osadów ściekowych.

### ***Krótką charakterystyką procesu fermentacji metanowej***

**Fermentacja metanowa** jest procesem, który umożliwia połączenie oczyszczania osadów ściekowych z zawartych w nich zanieczyszczeń organicznych z równoczesnym odzyskiem zgromadzonej w nich energii. Fermentacja metanowa wywoływana jest przez dwie różne grupy drobnoustrojów, dlatego też przebiega dwufazowo. W pierwszej fazie następuje upłynnienie i hydroliza nierozpuszczalnych związków organicznych oraz degradacja wytworzonych związków pośrednich przez bakterie saprofityczne do niższych kwasów tłuszczowych i związków pośrednich. Faza ta nazywana jest fazą kwasową. W drugiej zaś fazie, nazywanej metanową, wytworzone substancje są dalej rozkładane przez bakterie metanowe do produktów gazowych, głównie metanu i ditlenku węgla. Istotą fermentacji jest biologiczny rozpad zanieczyszczeń organicznych pod wpływem bakterii anaerobowych. Produktami reakcji rozkładu są: biogaz i biomasa [9-13]. Aby proces fermentacji mógł prawidłowo przebiegać, niezbędne jest dotrzymanie odpowiednich warunków reakcji, jak: stały odczyn (w granicach 6-8 pH) i stała temperatura w zakresach:

10–20°C (fermentacja psychrofilowa),

25–35°C (fermentacja mezofilowa),  
50–60°C (fermentacja termofilowa) [11].

Najczęściej fermentację metanową prowadzi się w zakresie temperatur 30–40°C, ze względu na optymalny stopień rozkładu substancji organicznej (optimum wytwarzania gazu ~50%). Czas niezbędny do przeprowadzenia procesu fermentacji metanowej zależy od:

- temperatury,
- obciążenia komór fermentacyjnych – czyli stężenia substratu w reaktorze,
- stężenia aktywnej biomasy,
- wymaganego stopnia rozkładu [9-13].

Proces może być prowadzony w prostych urządzeniach, takich jak osadniki gnilne, osadniki Imhoffa lub w dużych oczyszczalniach w wydzielonych komorach fermentacyjnych, samodzielnie lub wspólnie z innymi odpadami (kofermentacja). Ilość produkowanego gazu waha się w zakresie od 0,4–0,6 m<sup>3</sup>/kg s.m.o. Gaz fermentacyjny zawiera około 67% (v/v) metanu, 30% (v/v) ditlenku węgla, parę wodną oraz w zakresie 0,02-1% (v/v) siarkowodoru [9, 13]. Bardzo istotną kwestią jest usuwanie toksycznego i korozyjnego siarkowodoru z biogazu, aby mógł być on bezpiecznie poddany spalaniu w instalacji ciepłej lub energetycznej danej biogazowni. W procesie tym jest stosowanych wiele metod, w tym oparte o sorbenty stałe zawierające związki żelaza [12-16].

### ***Krótką charakterystyką utylizacji osadów ściekowych metodami termicznymi***

W dużych oczyszczalniach ścieków sprawdzają się **metody termiczne**. Osady ściekowe zagospodarowane są tam energetycznie, przez monospalarnie oraz w biogazowniach [5, 14]. Do metod termicznych unieszkodliwiania osadów możemy zaliczyć [6-11, 17-21]:

- spalanie,
- współspalanie,
- procesy alternatywne, np. zgazowanie, pirolizę lub mokre utlenianie.

Racjonalnym rozwiązaniem służącym redukcji osadów ściekowych oraz właściwej ich utylizacji jest spalanie, które pozwala na całkowite unieszkodliwienie tych odpadów. Spalane mogą być zarówno osady surowe jak i ustabilizowane. Jednak biorąc pod uwagę ciepło spalania zalecane jest wykorzystanie tego procesu do utylizacji osadów surowych. Proces termicznego rozkładu dzieli się na kilka etapów. Pierwszym z nich jest suszenie, które prowadzi do zmiany postaci fizycznej poprzez ograniczenie objętości i masy osadów. Najtańszym w eksploatacji procesem suszenia jest wykorzystanie efektu cieplarnianego, który powstaje w su-

szarni dzięki przenikającym do niej promieniom słonecznym. Drugim etapem jest przegrzanie materiału oraz rozpoczęcie wylewania, czyli niskotemperaturowego odgazowania. Pierwsze dwie fazy są procesami endotermicznymi. Kolejnym etapem jest spalanie części lotnych oraz gazów wylewnych. Następnie rozpoczyna się spalanie właściwe, a także zgazowanie. Ostatnim etapem procesu termicznego rozkładu jest wypalanie oraz dopalanie. Trzy ostatnie fazy są procesami egzotermicznymi. Powstałe w procesie spalania ciepło wykorzystywane jest do przebiegu suszenia osadu [2, 6, 7, 17-21].

Wśród technologii realizujących proces spalania odpadów wyróżniamy kilka grup metod krótko poniżej opisanych [2, 10, 20, 21].

- Technologie **spalania w złożu fluidalnym** – jest to grupa najlepiej technicznie rozwiniętych rozwiązań biorąc pod uwagę konstrukcję. W obrębie tej grupy wykorzystuje się technologie spalania w złożu stacjonarnym, w złożu cyrkulacyjnym oraz w złożu wirowym. Technologie te charakteryzuje efektywność energetyczna, a także zastosowanie w energetyce zawodowej opartej na paliwach węglowych. Stosowane są do spalania osadów odpowiednio odwodnionych mechanicznie lub częściowo osuszonych, jak również w postaci granulatu.
- Technologie **spalania w piecach z mechanicznym rusztem ruchomym** – są to rozwiązania oparte na doświadczeniach konwencjonalnych instalacji, w których spalane są odpady komunalne. Charakteryzuje je prosta konstrukcja oraz wysoka efektywność energetyczna.
- Technologie **spalania w piecu obrotowym** – dotyczą osadów wprowadzanych przeciwprądowo w celu ich wstępnego osuszenia przed spalaniem.
- Technologie **spalania w piecach półkowych o różnej konstrukcji** – związane są z procesem osuszania osadów.
- Technologie wykorzystujące **proces pirolizy lub zgazowania, a także kombinacje tych procesów** – są to rozwiązania o wysokim ryzyku inwestycyjnym. Charakteryzuje je konieczność dostarczenia energii, w celu realizacji termicznego procesu przemiany odpadów.

### Statystyka postępowania z osadami ściekowymi w Polsce

W tabeli 2 zebrano dane według materiałów GUS na temat skali zastosowania głównych metod zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce w okresie lat 2000-2020 [4]. Bardziej szczegółowe dane, jeśli chodzi o specyfikację wykorzystania osadów z komunalnych i przemysłowych oczyszczalni ścieków można znaleźć, np. w opracowaniu GUS pt. Ochrona środowiska 2021 [4].

W latach 2000-2020, mimo wahań, stwierdzono spadek zastosowania osadów ściekowych w rolnictwie z 19,96 do 16,21%. Znacznie większy spadek z 14,57 do 2,68% wystąpił w stosowaniu osadów do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne, a minimalny wzrost z 2,65 do 3,08% w stosowaniu osadów ściekowych do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu. Jednak szczególną uwagę zwraca w tym okresie wzrost ilości osadów ściekowych – przemysłowych i komunalnych – przekształcanych termicznie, tj. z 3,21 do 22,17% [4]. Według Autorów statystyk GUS [4] zaobserwowano pozytywny trend w postępowaniu z przemysłowymi osadami ściekowymi, tj. wzrost ilości osadów poddanych utylizacji termicznej. W 2000 r. metodzie przekształcenia termicznego poddano 28,2 tys. ton osadów w przeliczeniu na suchą masę, a w 2020 r. masa osadów przekształconych termicznie była ponad 4-krotnie większa i wyniosła 120,9 tys. ton s.m. Ilość osadów ściekowych powstających w przemysłowych oczyszczalniach ścieków w 2020 r. stanowiła 42,5% całkowitej masy osadów ściekowych wytworzonych w danym roku.

Pozytywnym trendem jest coraz częstsze stosowanie utylizacji termicznej osadów z oczyszczalni komunalnych. Obecnie przekształca się ich w ten sposób ponad 6-krotnie więcej niż w 2010 r. Wpływa to na sukcesywny spadek ilości osadów składowanych na terenach komunalnych oczyszczalni ścieków. Ilość osadów ściekowych wytworzonych w 2020 r. w oczyszczalniach komunalnych wyniosła 568,8 tys. ton s.m. i stanowiła 58% całkowitej masy osadów wytworzonych w danym roku. Ponad 17% osadów z komunalnych oczyszczalni ściekowych (98,6 tys. ton s.m.) zostało przekształconych termicznie, a jedynie ok. 1% osadów (6,9 tys. ton s.m.) poddano składowaniu [4].

Pozytywnym zjawiskiem jest spadek skali składowania osadów ściekowych w latach 2000-2020 z 44,63% do 6,45% wymuszony przepisami prawnymi. Uwagę zwraca także rosnący w tym okresie udział innych metod zagospodarowania osadów ściekowych, aż z 14,98 do 49,41%, wynikający w znacznym stopniu z poddawania osadów procesom fermentacji w celu produkcji biogazu, który po oczyszczeniu jest stosowany do celów energetycznych w oczyszczalniach ścieków.

### Podsumowanie

Ze względu na postępującą rozbudowę i modernizację istniejących krajowych oczyszczalni ścieków komunalnych oraz powstawanie nowych obiektów, w najbliższych latach w Polsce zaobserwujemy dalszy wzrost masy osadów ściekowych, których zagospodarowanie będzie poważnym wyzwaniem. Aktualne przepisy prawne coraz ostrzej trak-



Tabela 2. Specyfikacja zastosowania głównych metod zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce w okresie lat 2000-2020

Rodzaje osadów ściekowych	2000		2005		2010		2015		2020	
	w tys. ton s.m.	%	w tys. ton s.m.	%	w tys. ton s.m.	%	w tys. ton s.m.	%	w tys. ton s.m.	%
Stosowane w rolnictwie	212,2	19,96	98,2	8,73	136,9	15,30	126,6	13,31	160,4	16,21
Stosowane do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne	154,9	14,57	324,9	28,90	150,4	16,80	31,3	3,29	26,5	2,68
Stosowane do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu	28,1	2,65	29,6	2,63	31,3	3,50	48,2	5,07	30,5	3,08
Przekształcane termiczne	34,1	3,21	37,4	3,33	66,4	7,42	165,4	17,38	219,4	22,17
Składowane	474,5	44,63	399,1	35,39	165,9	18,53	131,5	13,81	63,9	6,45
Inne metody postępowania	159,3	14,98	235,2	20,92	344,2	38,45	448,5	47,14	488,8	49,41
Suma osadów wytworzonych w danym roku	1063,1	100	1124,4	100	895,1	100	951,5	100	989,5	100

tują problem składowania osadów ściekowych na przepelnionych składowiskach odpadów komunalnych. Co więcej, dość popularne przyrodnicze metody zagospodarowania osadów ściekowych również tracą na atrakcyjności ze względu na wysoką zawartość substancji, zwłaszcza metali ciężkich, szkodliwych dla środowiska w komunalnych osadach ściekowych pochodzących szczególnie z dużych aglomeracji miejskich.

W Polsce stosuje się szereg metod w celu unieszkodliwiania oraz zagospodarowania osadów ściekowych w zależności od ich właściwości i jakości, a także od warunków lokalnych danej oczyszczalni. Każda z wyżej przedstawionych metod ma swoje wady i zalety. Chcąc przyrodniczo wykorzystać osady należy wziąć pod uwagę zawarte w nich związki biogenne i substancje organiczne. Jednak niewielki stan wiedzy z zakresu zawartości organizmów chorobotwórczych oraz mikrozanieczyszczeń w osadach ściekowych może ograniczać zastosowanie tej metody. Proces spalania

osadów ściekowych ma wiele zalet, jest to między innymi: minimalizacja odorów, zmniejszenie objętości osadów, niska wrażliwość na zmianę składu odpadów czy możliwość wykorzystania produktów wtórnych pochodzących ze spalania. Możliwość wykorzystania energetycznego osadu ściekowego zależy wyłącznie od jego właściwości fizykochemicznych, te właściwości wynikają natomiast ze składu przerabianych ścieków oraz procesów ich stabilizacji. Jednak ma on również swoje wady, do których można zaliczyć np. wysokie koszty budowy oraz utrzymania spalarni [2]. Koszty te można jednak obniżyć poprzez współspalanie osadów ściekowych z różnego rodzaju paliwami bądź odpadami. Można przewidywać zwiększenie masy osadów przetwarzanych metodami termicznymi oraz wzrost planowanych inwestycji z zakresu budowy nowych spalarni i suszarni. Prawdopodobne jest także coraz to większe wykorzystanie substancji biogennej zawartej w osadach z zachowaniem jak najlepszego stanu środowiska naturalnego.





*Osad ściekowy – surowiec do produkcji biogazu, kompostu czy energii w instalacji spalania  
– powstaje praktycznie w każdej oczyszczalni ścieków,  
fot. A. Żarczyński*

## Literatura

[1] Bień J., 2012, Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 15(4), 439-449.

[2] Środa K., Kijo-Kleczkowska A., Otwinowski H., 2013, Methods of disposal of sewage sludge, *Archives of Waste Management and Environmental Protection*, 15(2), 33-50.

[3] Malej J., 2000, Właściwości osadów ściekowych oraz wybrane sposoby ich unieszkodliwiania i utylizacji, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 2, 69-101.

[4] Domańska W. (red.) i inni, 2021, *Ochrona środowiska 2021*, GUS, Departament Badań Przestrzennych i Środowiska, Warszawa 2021.

[5] Bień J., Neczaj E., Worwąg M., Grosser A., Nowak D., Milczarek M., Janik M., 2011, Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 14(4), 375-384.

[6] KołECKA K., 2017, Metody unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów ściekowych, rozdz. 8, 71-76, w: *Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych na terenach wiejskich*, Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Warszawa, [https://mostwiedzy.pl/pl/publication/download/1/metody-unieszkodliwiania-i-zagospodarowania-osadow-sciekowych\\_15152.pdf](https://mostwiedzy.pl/pl/publication/download/1/metody-unieszkodliwiania-i-zagospodarowania-osadow-sciekowych_15152.pdf), 29.08.2022.

[7] Bień J., Bień B., 2015, Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi w obliczu zakazu składowania po 1 stycznia 2016, *Inżynieria Ekologiczna*, 45, 36-43.

[8] Grobelak A., Stępień W., Kacprzak M., 2016, Osady ściekowe jako składnik nawozów i substytutów gleb, *Inżynieria Ekologiczna*, 48, 52-60.

[9] Szruba M., 2015, Zagospodarowanie osadów ściekowych, *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, 3, 54-59.

[10] Jędrzak A., 2007, *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

[11] Pyssa J., 2014, Kierunki zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce, *Nowoczesna Gospodarka Odpadami*, 4, 18-23.

[12] Kwaśny J., Banach M., Kowalski Z., 2012, Przegląd technologii produkcji biogazu różnego pochodzenia, *Czasopismo Techniczne. Chemia*, 109(2-Ch), 83-102.

[13] Żarczyński A., Rosiak K., Anielak P., Wolf W., 2014, Practical methods of removing hydrogen sulfide from biogas. Part 1. Application of solid sorbents, *Acta Innovations*, 12, 24-35, [http://www.proakademia.eu/gfx/baza\\_wiedzy/255/nr\\_12\\_24-34\\_2.pdf](http://www.proakademia.eu/gfx/baza_wiedzy/255/nr_12_24-34_2.pdf).

[14] Grad P., Żarczyński A., Rajnert G., Ciołkowska E., 2020-2021, Odsiarczanie biogazu z udziałem sorbentu Sulphurex N w GOŚ ŁAM w Łodzi, *Eliksir*, 10, 30-36.

[15] Żarczyński A., Płacheta K., Ryłski A., Zaborowski M., Nowosielska M., Szynkowska M. I., 2020, Charakterystyka niemodyfikowanej i modyfikowanej rudy darniowej jako potencjalnego sorbentu H<sub>2</sub>S, *Przemysł Chemiczny*, 99(10), 1514-1517.

[16] Kociołek-Balawejder E., Wilk Ł., 2011, Przegląd metod usuwania siarkowodoru z biogazu, *Przemysł Chemiczny*, 90(3), 389-397.

[17] Latosińska J., Żygadło M., Łaboda H., 2005, Analiza opłacalności wykorzystania osadów ściekowych w produkcji kruszyw lekkich, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 1, 29-32.

[18] Wielgosiński G., Pająk T., 2003, Unieszkodliwianie osadów ściekowych metodami termicznymi – pułapki i zagrożenia, *Przegląd Komunalny*, 12, 56-57.

[19] Rečko K., 2005, Termiczna utylizacja osadów ściekowych. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*. 2, 17-24.

[20] Pająk T., 2016, Termiczne przekształcanie osadów ściekowych wobec wyzwań roku 2014, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 17(3), 363-376.

[21] Wielgosiński G., 2020, *Termiczne Przekształcanie Odpadów*, Wydawnictwo Nowa Energia, Racibórz.



Martyna Sadura, Dominika Chybowska\*, Andrzej Żarczyński<sup>1</sup>

e-mail: 234185@edu.p.lodz.pl; dominika.chybowska@um.opoczno.pl; andrzej.zarczynski@p.lodz.pl

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

\*Gmina Opoczno – Urząd Miejski w Opocznie, Wydział Ochrony Środowiska

# Wybrany przykład występowania lokalnego smogu w mieście Opoczno

## Wstęp

Według ekspertów WHO co roku na świecie ponad 4 miliony osób umiera z powodu złej jakości powietrza [1]. W raporcie Air Quality in Europe 2021 Europejska Agencja Środowiska (EEA) przedstawiła dane dotyczące oceny emisji i stężeń zanieczyszczeń powietrza w Europie w latach 2019 i 2020 oraz ich relację względem unijnych norm jakości powietrza i nowych rekomendacji Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) [2]. Oszacowano, że w 2019 r. w 27 krajach członkowskich UE doszło do 307 000 przedwczesnych zgonów ludzi, w wyniku narażenia ich na drobny pył zawieszony (PM<sub>2,5</sub>). Liczby te odzwierciedlają rozmiar problemów klimatycznych, z jakimi mierzy się Europa. Pojawiła się też jedna dobra wiadomość w 2019 r., że skala przedwczesnych zgonów związanych z narażeniem na drobny pył zawieszony zmniejszyła się o 33% w porównaniu z rokiem 2005. Celem działań na rzecz tzw. zerowego zanieczyszczenia jest ograniczenie liczby przedwczesnych zgonów spowodowanych narażeniem na pył frakcji PM<sub>2,5</sub> o 55% do 2030 r. w porównaniu do 2005 r. [2].

Według raportów WHO poziom smogu w naszym kraju dwukrotnie przewyższa dopuszczalne normy. Stężenie toksycznych składników spalin i szkodliwego pyłu w powietrzu nie jest jednakowe we wszystkich miastach. Wpływa na nie wiele czynników, między innymi natężenie ruchu samochodowego, rodzaj i jakość opału spalanego w okolicznych domach, wciąż powszechne używanie przestarzałych pieców, sąsiedztwo dużych zakładów przemysłowych, a nawet ukształtowanie terenu i aktualna pogoda. Kiedy poziom zanieczyszczeń gazowych i pyłowych zawieszonych w powietrzu przekracza dopuszczalne normy, eksperci zalecają ograniczenie aktywności ludzi na zewnątrz zabudowań [2]. W tym kontekście bardzo ważny jest pomiar stężenia pyłów frakcji PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, zdefiniowanych poniżej.

PM<sub>10</sub> – to mieszanina zawieszonych w powietrzu cząstek o średnicy nie większej niż 10 μm. W skład tej frakcji pyłu mogą wchodzić takie zabsorbowane substancje toksyczne jak: benzopiren, dioksyny oraz furany. Występowanie pyłów PM<sub>10</sub> związane jest m.in. z procesami spalania paliw stałych i ciekłych [3].

PM<sub>2,5</sub> – aerozole atmosferyczne (pył zawieszony) o średnicy nie większej niż 2,5 μm, który zdaniem Światowej Organizacji Zdrowia jest najbardziej szkodliwy dla zdrowia człowieka spośród wszystkich zanieczyszczeń atmosferycznych.

Dłuższa ekspozycja na PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> może znacznie zwiększać ryzyko rozwoju chorób nowotworowych oraz uszkodzeń układu oddechowego.

PM<sub>1</sub> – to zdecydowanie najbardziej niebezpieczna frakcja pyłów zawieszonych, którego źródłem są głównie złej jakości paliwa. Wszystko to przez rozmiar ich cząsteczek, który jest mniejszy niż 1 μm. Dla takich drobin przeniknięcie do płuc, następnie do krwi, a z nią do innych narządów jest całkiem realne. Zalecenia w zakresie PM<sub>1</sub> nie mają mocy prawnej. Są raczej sugestiami opartymi na aktualnym stanie wiedzy o oddziaływaniu pyłów na organizm ludzki.

W połowie 2021 r. WHO opublikowała nowe rekomendowane normy dotyczące jakości powietrza. Najważniejszymi zmianami są te dotyczące maksymalnych stężeń pyłów zawieszonych PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>. Jedną z najważniejszych zmian jest bardziej restrykcyjny limit dopuszczalnego stężenia pyłów PM<sub>2,5</sub> uznanych za najbardziej szkodliwe dla zdrowia. Zgodnie z nowymi wytycznymi:

- maksymalne stężenie średnioroczne PM<sub>2,5</sub> nie powinno przekraczać 5 μg/m<sup>3</sup> (wcześniej było to 10 μg/m<sup>3</sup>);
- stężenie dobowe nie powinno zaś przekraczać 15 μg/m<sup>3</sup> (wcześniej było to 25 μg/m<sup>3</sup>).

Obniżono także maksymalne dopuszczalne stężenie pyłów PM<sub>10</sub> do wartości średniorocznego limitu 15 μg/m<sup>3</sup>, przy czym nowe wytyczne prezentują się następująco:

- maksymalne stężenie średnioroczne PM<sub>10</sub> nie powinno przekraczać 15 μg/m<sup>3</sup> (wcześniej było to 20 μg/m<sup>3</sup>);

<sup>1</sup> Autor do korespondencji.

Tabela 1. Wybrane normy jakości powietrza według WHO i polskich przepisów prawnych [1, 2, 5]

Wskaźnik zanieczyszczający	Okres czasu	Wytyczne WHO z 2005 r.	Wytyczne WHO z 2021 r.	Polskie normy jakości powietrza [5]
PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rok	10	5	20
	dość	25	15	–
PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rok	20	15	40
	dość	50	45	50
NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rok	40	10	40
	dość	–	25	–
SO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	dość	20	40	125
CO [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	dość	–	4	–

- stężenie dobowe PM<sub>10</sub> nie powinno zaś przekraczać 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (wcześniej było to 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Normy jakości powietrza wg WHO dotyczą łącznie 6 zanieczyszczeń: oprócz pyłów zawieszonych PM także ditlenku azotu (NO<sub>2</sub>), ditlenku siarki (SO<sub>2</sub>), ozonu (O<sub>3</sub>) oraz tlenu węgla (CO). Zostały one przedstawione w tabeli 1. Główne wymogi jakości powietrza w Unii Europejskiej reguluje Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy [4], natomiast w Polsce przede wszystkim Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2021, poz. 845 [5].

### Metodyka pomiarów lokalnych stężeń pyłu w Opcznie

Opczno jest miastem powiatowym w województwie łódzkim, położonym nad rzeką Drzewiczką, na krańcu Wyżyny Przedborskiej. W przeszłości, tzw. Stare Opczno i Nowe Opczno były niegdyś miastami królewskimi Korony Królestwa Polskiego [6]. Obecnie Opczno jest całkiem atrakcyjnym turystycznie miastem, ale nie pozbawionym przemysłu, np. zakłady ceramiczne i szereg mniejszych. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) z 31 grudnia 2021 r. miasto liczyło 21 060 mieszkańców [7]. Jednak w ostatnich latach Opczno znalazło się wysoko na niechlubnej liście w raportach Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), pod względem zanieczyszczenia powietrza w Unii Europejskiej, np. w 2016 r. na szóstym miejscu, a w 2018 r. już na drugim, za bułgarskim miastem Vidim. Przykładowo w 2014 r. dopuszczalny średnioroczny poziom

rakotwórczego benzopirenu 1  $\text{ng}/\text{m}^3$ , został w Opcznie przekroczony niemal piętnastokrotnie, wyniósł bowiem 14,6  $\text{ng}/\text{m}^3$  [8].

Celem pracy było rozpoznanie poziomu zanieczyszczeń pyłowych w mieście Opczno w okresie od 15 października 2021 r. do 1 maja 2022 r., a także wstępna ocena zagrożenia z ich strony dla mieszkańców.

W ramach prac zmierzających do poprawy jakości powietrza w opisywanym mieście Urząd Miejski w Opcznie zakupił w ostatnich latach siedem czujników (stacji pomiarowych) jakości powietrza firmy „Syngeos”, z których siódmy zainstalowano w lipcu 2022 r. Czujniki te wraz z tablicami informacyjnymi zostały zamontowane na terenie wybranych instytucji lub obiektów o nazwach:

- Komenda Powiatowa Policji w Opcznie, ul. Aleja Dąbrówki 1;
- Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej, ul. Krótka 1;
- Przedszkole „Tygrysek”, ul. Partyzantów 65;
- Urząd Miejski, ul. Staromiejska 6;
- Zalew, ul. Wałowa;
- Zespół Szkół Prywatnych, ul. Partyzantów 1 A;
- Opczno, „Orlik”, ul. Kossaka 16.

Czujniki jakości powietrza – nazywane także czujnikami smogu, dostarczone przez firmę Syngeos (Katowice) są wysoce czułymi urządzeniami zapewniającymi bardzo dokładny pomiar jakości powietrza. Czujniki smogu skonstruowane są według koncepcji IoT (Internet of Things). Pomiar cząstek pyłu dokonywany jest przez czujnik powietrza metodą laserową. Zaawansowane technologicznie stacje pomiarowe w Opcznie rejestrują temperaturę, wilgotność powietrza, wartość ciśnienia atmosferycznego oraz stężenie cząstek pyłu frakcji: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> [9].

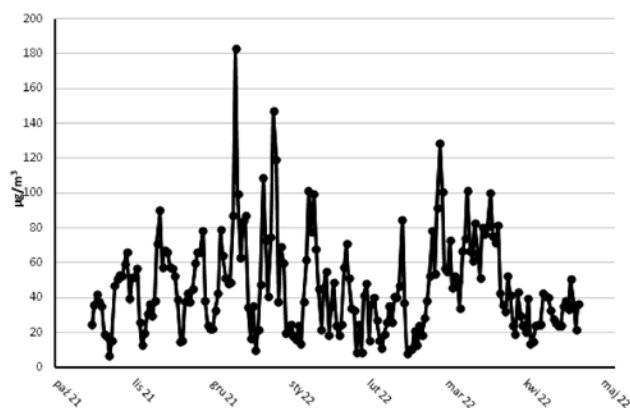


## Wyniki lokalnych pomiarów stężenia pyłu w Opocznie i ich dyskusja

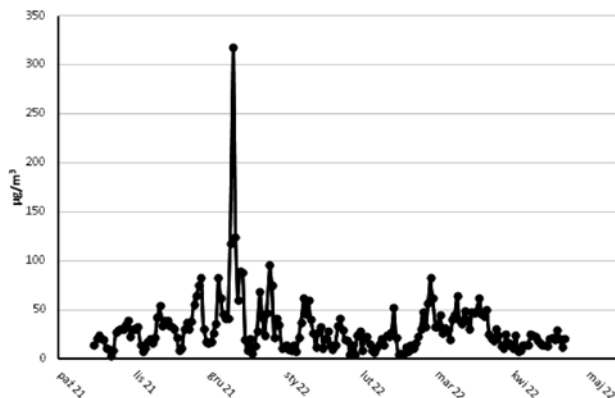
Za zgodą Wydziału Ochrony Środowiska w Urzędzie Miejskim w Opocznie, zostały udostępnione i przeanalizowane wyniki rejestracji stężeń pyłów: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> z sześciu czujników pomiarowych „Syngeos” rozmieszczonych w różnych częściach miasta Opoczno [10].

Realizując cel pracy na rys. 1-3 przedstawiono wyniki oznaczania stężeń pyłów frakcji PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> na terenie Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Opocznie w okresie 15.10.2021-01.05.2022 r. W wyniku wstępnej selekcji zarejestrowanych danych z sześciu stacji „Syngeos” stwierdzono, że najwyższe stężenia pyłu w okresie zimy przełomu lat 2021-2022 występowały właśnie na terenie tej instytucji [10, 11].

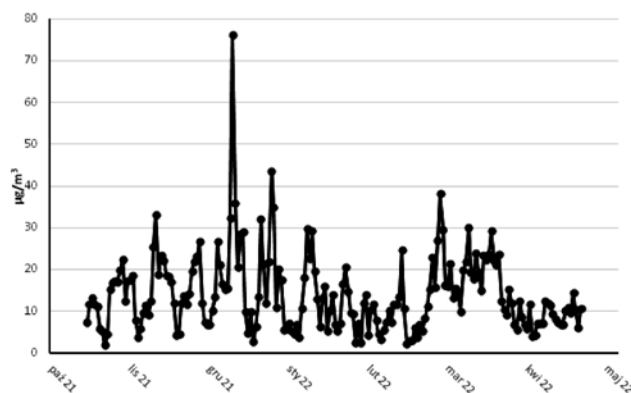
W Opocznie pracuje również stacja pomiarowa WIOŚ (Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Łodzi). Stacja umieszczona jest przy ulicy ul. Skłodowskiej-Curie 5 w Opocznie. Mieszkańcy mogą sprawdzać wynik pomiarowy zanieczyszczenia PM<sub>10</sub> oraz PM<sub>2,5</sub> codziennie na stronie GIOŚ. Na tej stronie również znajdują się raporty roczne na temat poziomu zanieczyszczeń powietrza województwa łódzkiego oraz jego poszczególnych obszarów [3].



Rys. 1. Wartość stężenia pyłu PM<sub>10</sub> w okresie od 15.10.2021 do 01.05.2022 r.



Rys. 2. Wartość stężenia PM<sub>2,5</sub> w okresie od 15.10.2021 do 01.05.2022 r.



Rys. 3. Wartość stężenia PM<sub>1</sub> w okresie od 15.10.2021 do 01.05.2022 r.

## Omówienie wyników badań jakości powietrza

Szczegółowa analiza wykresów danych z czujników wskazuje, że stan powietrza w mieście Opoczno jest zły [9, 10]. Widoczne jest, że od października 2021 r. do początku maja 2022 r. zarówno PM<sub>10</sub> jak PM<sub>2,5</sub> przekraczały dopuszczalne normy stężania w powietrzu [9, 10]. Następnie od maja do połowy października, stężenie tych pyłów spadało, co świadczy o poprawie jakości powietrza w mieście. Różnice w stężeniach wynikają z tego, że w miesiącach jesienno/zimowych mieszkańcy ogrzewają swoje domy na różne sposoby, bardzo często zwykłym węglem, jednak niekoniecznie dobrej jakości, zdarza się im także ogrzewać posesje innymi palnymi materiałami nawet z grupy odpadów komunalnych. Na złą jakość powietrza wpływa również fakt, że więcej osób w tych miesiącach korzysta z transportu własnym autem, gdyż pogoda nie sprzyja na przemieszczanie się rowerami, a komunikacja miejska jest dość słabo rozwinięta. W miesiącach wiosenno/letnich następuje poprawa jakości powietrza, na wykresach widoczny jest spadek poziomu stężeń pyłów, w wyniku wzrostu temperatury na dworze, przez co mieszkańcy przestają intensywnie ogrzewać swoje domostwa, a także wielu mieszkańców zaczyna korzystać z transportu rowerowego. Zauważamy także, że w zależności od umieszczenia stacji pomiarowej, stężenie pyłów jest różne, ponieważ czujniki umieszczone są w różnych częściach miasta, z różną specyfiką zabudowy, jedne są zainstalowane na osiedlach mieszkaniowych wśród zabudowy wielorodzinnej (bloki), inne w rejonie wyłącznie zabudowy jednorodzinnej. Również gęstość zabudowy w pobliżu czujników jest różna. W przypadku jednego czujnika jest to teren rekreacyjny z otwartą przestrzenią (zalew opoczyński).

Najwyższe stężenie PM<sub>10</sub> odnotowane zostało na stacji PGK, ul. Krótka 1 w połowie grudnia 2021 roku i wynosiło ono 182,99 µg/m<sup>3</sup> (Rys. 1), a norma dla tego rodzaju pyłu, według nowych wytycznych WHO na rok 2021, powinna

wynosić  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na dobę, co świadczy, że dopuszczalne stężenie dla tego pyłu zostało przekroczone 4-krotnie. Wyniki zawarte w raporcie GIOŚ za rok 2021 również wskazują, że w Opocznie zostały przekroczone dopuszczalne normy pyłu  $\text{PM}_{10}$  [3].

Najwyższe stężenie  $\text{PM}_{2,5}$  odnotowano na stacji PGK (Rys. 2) również w połowie grudnia 2022 o wartości  $317,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a dopuszczalna norma według nowych wytycznych WHO na rok 2021 wynosi  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , co znaczy, że dopuszczalna norma została przekroczona o ponad 21 razy.

### Podsumowanie

Podsumowując, miasto Opoczno chociaż nie jest miastem przemysłowym ani zamieszkałym przez dużą liczbę mieszkańców, w porównaniu do np. miasta Łodzi, to jednak wykazuje zły stan jakości powietrza. W miesiącach zimowych mieszkańcy obserwują brak przejrzystości powietrza, wyraźny, unoszący się mglisty smog oraz w wielu miejscach wyczuwają zapach spalenizny. Przekroczenie od kilku do nawet ponad dwudziestu razy norm dla każdego z mierzonych za pomocą czujników pomiarowych „Syngeos” trzech rodzajów pyłów, ma wpływ na stan zdrowia mieszkańców i jakość ich życia. Mieszkańcy miasta Opoczno są znacznie bardziej – niż innych polskich miast – narażeni na rozwój nowotworów dróg oddechowych, małe dzieci na wystąpienie astmy oraz alergii, natomiast kobiety w ciąży na zaburzenia przebiegu ciąży i uszkodzenia płodu.

### Podziękowanie

Autorzy pracy uprzejmie dziękują Wydziałowi Ochrony Środowiska w Urzędzie Miejskim w Opocznie, za udostępnienie do opublikowania wyników pomiarów poziomu zanieczyszczeń z sześciu czujników „Syngeos”, zlokalizowanych na terenie miasta Opoczno.

### Elżbieta Kuśmierk

e-mail: elzbieta.kusmierk@p.lodz.pl

*Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

### Literatura

[1] Air quality in Europe 2021. Report No. 15, 2021, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/air-quality-in-europe-2021>, 30.12.2022.

[2] Portal Ranking oczyszczaczy.pl, Pyły zawieszane  $\text{PM}_{2.5}$  i  $\text{PM}_{10}$  w powietrzu. Normy w 2021 roku, <https://ranking-oczyszczaczy.pl/poradnik-czystego-powietrza/normy-who/>, 30.12.2022.

[3] Wachowiec A., Olczyk B., Galińska W., 2022, Roczna ocena jakości powietrza w województwie łódzkim. Raport wojewódzki za rok 2021, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Łódź, file:///C:/Users/Andrzej/Downloads/Roczna%20ocena%20jako%20ci%20powietrza%20w%20wojew%20C3%B3dztwie%20C3%B3dskim.%20Raport%20wojew%20C3%B3dki%20za%20rok%202021-1.pdf, 30.12.2022.

[4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, OJ L 152, 11.6.2008, p. 1-44

[5] Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2021, poz. 845.

[6] Portal Wikipedia, Opoczno, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Opoczno>, 30.12.2022.

[7] Baza Demografia, Główny Urząd Statystyczny, demografia.stat.gov.pl, 30.08.2022.

[8] Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w 2014 r. WIOŚ w Łodzi, [http://www.wios.lodz.pl/Raport\\_o\\_stanie\\_srodowiska\\_w\\_województwie\\_lodzkiem\\_w\\_2014\\_r](http://www.wios.lodz.pl/Raport_o_stanie_srodowiska_w_województwie_lodzkiem_w_2014_r), 30.12.2022.

[9] Portal firmy Syngeos – Global Innovative Solutions, Czujniki jakości powietrza, <https://syngeos.pl/czujniki-jakosci-powietrza/>, 30.12.2022.

[10] Wyniki analizy zawartości pyłów w powietrzu miasta Opoczno uzyskane przez sześć stacji Syngeos, Wydział Ochrony Środowiska, Urząd Miejski w Opocznie.

[11] Sadura M., 2022, Zagrożenia występowaniem smogu – ocena jakości powietrza w mieście Opoczno na podstawie analizy lokalnego monitoringu powietrza, Projekt zaliczeniowy z przedmiotu Projekt specjalizacyjny A, Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, kierunek: Chemia, specjalność: Kontrola jakości w chemii, sem. VI. ●

# XIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików

Tegoroczna Sesja Magistrantów i Doktorantów odbyła się 24 czerwca 2022 r. w nowym budynku Wydziału Chemicznego – Alchemium. Sesja była zorganizowana przez Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej przy współudziale

Oddziału Łódzkiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Po raz pierwszy po okresie pandemii, Sesja odbyła się w pełnym kontakcie i zgromadziła 50 uczestników (magistrantów i doktorantów) oraz naukowców – przedstawiciele szkół



wyższych i jednostek naukowych, zajmujących się problematyką chemiczną i dziedzinami pokrewnymi, na terenie Łodzi. Sesja była podzielona na pięć sekcji tematycznych:

- **S1.** Chemia Analityczna, Nieorganiczna, Środowiskowa i Elektrochemia
- **S2.** Chemia Organiczna, Biochemia, Biotechnologia, Chemia Żywności i Chemia Medyczna
- **S3.** Chemia Polimerów i Materiałów Funkcjonalnych
- **S4.** Chemia Fizyczna, Teoretyczna i Krystalografia
- **S5.** Dydaktyka w Chemii.

Sesja Magistrantów i Doktorantów ma już wieloletnią tradycję. W roku 1998 odbyła się *I Sesja Posterowa Tematów Prac Dyplomowych Środowiska Chemików Łódzkich* zorganizowana przez Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej. W kolejnych latach Sesje organizowały rotacyjnie oprócz Wydziału Chemicznego PŁ, również Wydział Chemii Spożywczej (obecnie Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności) PŁ oraz Wydział Fizyki i Chemii (obecnie Wydział Chemii) Uniwersytetu Łódzkiego. Współorganizatorem każdej Sesji był Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Od roku 2010 zmieniła się formuła spotkania w ramach Sesji. Sesja została rozszerzona o wystąpienia ustne i prezentacje posterowe doktorantów. Wyróżniające się prace doktorskie wyłonione przez komisje właściwe dla danych jednostek naukowych, były prezentowane w formie wystąpień ustnych.

W czasie tegorocznej Sesji Magistrantów i Doktorantów mieliśmy okazję wysłuchać 5 komunikatów ustnych doktorantów i obejrzeć 10 posterów doktoranckich. Magistranci przedstawili 35 posterów w 5 sekcjach. Streszczenia wszystkich prezentacji są dostępne w książce abstraktów (<http://repozytorium.p.lodz.pl/handle/11652/4352>). Na uwagę zasługuje wysoki poziom wszystkich prezentowanych prac, co nie ułatwiło Jury Sesji wyłonienia najlepszych prac. W tym roku przyznano nagrody Dziekana Wydziału Chemii UŁ, Dziekana Wydziału Chemicznego PŁ, Dziekana Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ, Dziekana Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, Dyrektora Instytutu Biologii Medycznej PAN, Oddziału Łódzkiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Oddziału Łódzkiego Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności i Sekcji Młodych Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Dodatkowo były trzy nagrody ufundowane przez firmę Polfarmex S.A.

Partnerami tegorocznej Sesji były firmy: Atlas Sp. z o.o., Polpharma S.A., Polfarmex S.A., Polskie Towarzystwo Technologów Żywności (Oddział Łódzki) oraz Sekcja Młodych Polskiego Towarzystwa Chemicznego.

W ramach dodatkowej nagrody, streszczenia prezentacji wszystkich laureatów nagród są opublikowane w niniejszym numerze czasopisma *Eliksir*. Poniżej znajduje się spis

wszystkich nagród dla najlepszych prezentacji ustnych i posterowych, przyznanych przez Jury Sesji.

Nagrody przyznane przez Jury XIII Sesji Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, 24 czerwca 2022 r.

1. **Nagroda Dziekana Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego** za wyróżniający się poster  
**Marta Gawęł**, *Wydział Chemii UŁ*
2. **Nagroda Dziekana Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego** za wyniki przedstawione na XIII Sesji MiD ŁŚCh  
**Maryla Rewerska**, *Wydział Chemiczny PŁ*
3. **Wyróżnienie Dziekana Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego**  
**Joanna Chudzik**, *Wydział Chemiczny PŁ, Instytut Technologii Polimerów i Barwników*
4. **Nagroda Dziekana Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej** za najlepszą prezentację  
**Natalia Rutkowska**, *Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ*
5. **Nagroda Dziekana Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej** za najlepszą prezentację  
**Natalia Patrzek**, *Wydział Chemiczny PŁ*
6. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego – Oddział Łódzki** za komunikat doktorancki  
**Joanna Chudzik**, *Wydział Chemiczny PŁ, Instytut Technologii Polimerów i Barwników*
7. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego – Oddział Łódzki** za komunikat doktorancki  
**Monika Kaczmarek**, *Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej*
8. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego – Oddział Łódzki** za komunikat doktorancki  
**Mehrnaz Khalaji**, *Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Dział Chemii Strukturalnej*
9. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego – Oddział Łódzki** za komunikat doktorancki  
**Małgorzata Polińska**, *Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Dział Chemii Strukturalnej*
10. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego – Oddział Łódzki** za komunikat doktorancki  
**Karolina Sobczak**, *Wydział Chemii UŁ, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej*
11. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego – Oddział Łódzki** za poster doktorancki  
**Katarzyna Bednarczyk**, *Wydział Chemii UŁ, Katedra*

- Technologii i Chemii Materiałów*
12. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Marta Biernacka**, Wydział Chemii UŁ, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej
  13. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Paulina Borgul**, Wydział Chemii UŁ
  14. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Łucja Knopik**, Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Dział Chemii Organicznej, Pracownia Syntezy Materiałów Funkcjonalnych
  15. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Aleksandra Lisicka**, Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Dział Chemii Bioorganicznej
  16. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Filip Mikołajczyk**, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ
  17. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Wiktor Stanek**, Wydział Chemii UŁ, Katedra Technologii i Chemii Materiałów
  18. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Weronika Śliżewska, Natalia Klonowska**, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej
  19. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za poster doktorancki  
**Dominika Świętaczak**, Wydział Chemii UŁ, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej
  20. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego**  
– Oddział Łódzki za wyróżniający się poster magisterski  
**Aleksandra Dentkiewicz**, Wydział Chemii UŁ, Katedra Chemii Fizycznej
  21. **Nagroda Dyrektora Instytutu Biologii Medycznej PAN**  
za pracę z pogranicza chemii i biologii  
**Klaudia Górską**, Wydział Chemiczny PŁ
  22. **Nagroda Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności** – Oddział Łódzki za poster związany z technologią żywności  
**Maciej Nielipiński**, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ
  23. **Nagroda ufundowana przez Polfarmex S.A.** za najlepszy komunikat doktorancki  
**Monika Kaczmarek**, Wydział Biotechnologii i Nauk
  - o Żywności PŁ, Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej
  24. **Nagroda ufundowana przez Polfarmex S.A.** za najlepszy poster doktorancki  
**Weronika Śliżewska**, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej
  25. **Nagroda ufundowana przez Polfarmex S.A.** za najlepszy poster magisterski  
**Julia Fastyn**, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ
  26. **Nagroda Sekcji Młodych Polskiego Towarzystwa Chemicznego** – nagroda publiczności za najlepszy poster magisterski  
**Patryk Czapnik**, Wydział Chemii UŁ, Katedra Chemii Fizycznej, Zakład Chemii Biofizycznej

Streszczenia nagrodzonych prezentacji ustnych i posterowych są przedstawione poniżej.

S1-PM6

#### OPTIMALIZACJA PROCEDURY PRZYGOTOWANIA PRÓBEK OWOCÓW JAGODOWYCH DO OZNACZANIA CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI WYBRANYCH AMINOKWASÓW TIOLOWYCH TECHNIKĄ LC-DAD

Marta Gawęł

Promotor: prof. dr hab. Rafał Głowacki

Opiekun: dr Justyna Piechocka

**Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki,**

**ul. Tamka 12, 91-403 Łódź**

Obecnie odnotowuje się rosnącą liczbę osób cierpiących na tzw. choroby cywilizacyjne, do których zalicza się między innymi choroby nowotworowe, neurodegeneracyjne czy układu krążenia. Rozwój wspomnianych schorzeń często związany jest z występowaniem stresu oksydacyjnego, rozumianego jako brak równowagi pomiędzy działaniem reaktywnych form tlenu a biologiczną zdolnością do ich szybkiej detoksykacji. Zgodnie z najnowszymi danymi literaturowymi, zbilansowana dieta, a co za tym idzie dostarczenie do organizmu cennych składników odżywczych, w tym przeciwutleniaczy, może przyczynić się do ograniczenia częstotliwości występowania wspomnianych chorób. Wśród cennych składników diety można wymienić np. glutation (GSH), który stanowi silny naturalny antyoksydant.

Celem badań realizowanych w ramach pracy dyplomowej było opracowanie procedury przygotowania próbek wybranych superowoców (głównie owoców jagodowych) do oznaczania całkowitej zawartości wspomnianych aminokwasów tiolowych techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z detektorem UV oraz z matrycą



diodową (LC-DAD). W badaniach adaptowano, opracowaną i opublikowaną wcześniej przez zespół Katedry Chemii Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego, metodę oznaczania całkowitej zawartości GSH, cysteiny, homocysteiny oraz cysteinylglicyny w postaci 2-S-lepidyniowych pochodnych [1]. W szczególności przeprowadzone eksperymenty dotyczyły doboru odpowiednich warunków na etapie homogenizacji próbki, redukcji wiązań disiarczkowych, modyfikacji chemicznej analitów oraz jej odbiałczania. Co istotne, w efekcie podjętych działań zrealizowano postawiony cel badawczy.

Badania zostały sfinansowane między innymi ze środków przyznanych Marcie Gawęł na realizację projektu zatytułowanego „Stworzenie chromatograficznych narzędzi do oceny walorów prozdrowotnych tzw. superowoców dostępnych na rynku polskim” w ramach konkursu Studenckie Granty Badawcze Uniwersytetu Łódzkiego, edycja 2021.

[1] Stachniuk J., Kubalczyk P., Furmaniak P., *Talanta* 2016, 155, 70–77.

S2-PM14

### SYNTEZA KONIUGATÓW POLISACHARYDÓW ORAZ MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH Z FRAGMENTAMI BIAŁEK MORFOGENETYCZNYCH KOŚCI

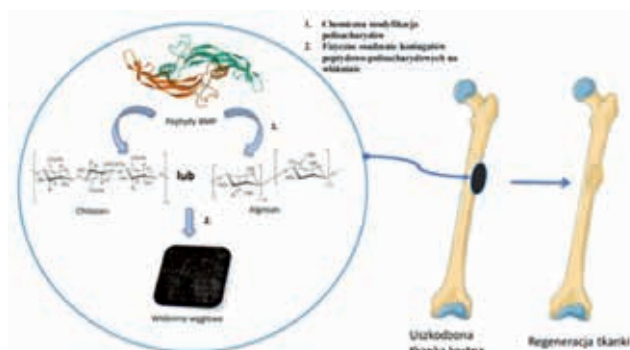
Maryla Rewerska

Promotor: dr hab. inż. Justyna Frączyk

Opiekun: mgr inż. Sylwia Magdziarz

**Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka,  
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź**

Materiały włókniste są szeroko wykorzystywane w medycynie regeneracyjnej, w tym również w regeneracji tkanek kostnej i chrzęstnej. Wynika to z faktu możliwości ukierunkowanej funkcjonalizacji powierzchni oraz tworzenia struktur o właściwościach anizotropowych [1].



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie syntezy materiału hybrydowego wraz z jego przeznaczeniem

Wśród wielu materiałów włóknistych stosowana jest też włóknina węglowa, która charakteryzuje się biokom-

patybilnością, właściwościami osteokonduktywnymi oraz osteoproduktywnymi [2]. W ramach pracy podjęto próbę stworzenia materiału hybrydowego w oparciu o włókninę węglową, modyfikowaną koniugatami polisacharydowo-peptydowymi. Połączenie właściwości włókniny węglowej z właściwościami koniugatów powinno zapewniać podwyższenie potencjału aplikacyjnego, poprzez wykorzystanie komponentów pochodzenia naturalnego i warunkujących środowisko fizjologiczne regeneracji tkanek.

Badania dofinansowane ze środków projektu OPUS 16, UMO-2018/31/B/ST8/02418.

[1] Bonzani I.C., George J.H., Stevens M.M., *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 2006, 10, 568–575.

[2] Frączyk J., Magdziarz S., Stodolak-Zych E., Dzierzkowska E., Puchowicz D., Kamińska I., Giełdowska M., Boguń M., *Materials* 2021, 14, 3198.

S3-K1

### PRZEWODZĄCE NANOKOMPOZYTY ELASTOMEROWE Z NANODRUTAMI SREBRA I ICH WŁAŚCIWOŚCI

Joanna Chudzik

Promotorzy: prof. dr hab. inż. Dariusz M. Bieliński,  
dr hab. Grzegorz Celichowski, prof. Uł

**Politechnika Łódzka,**

**Instytut Technologii Polimerów i Barwników,  
ul. Stefanowskiego 12/16, 90-924 Łódź**

Kompozyty polimerowe na bazie nanodrutów srebra (AgNW) ze względu na swoje unikalne właściwości (w tym optyczne i przewodzące) cieszą się obecnie dużą popularnością. Mimo to nanokompozyty AgNW na bazie podstawowych kauczuków (takich jak kauczuk butadienowo-styrenowy, czyli SBR, butadienowo-akrylonitrylowy, czyli NBR, czy karboksylowany kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy, czyli XNBR) nie znajdują się w centrum zainteresowania naukowców. Prace wykonywane w ramach doktoratu skupiają się na utworzeniu kompozytów warstwowych nanodrutów srebrnych (oraz ich struktur core-shell z polidopaminą) celem wykorzystania ich jako sensory naprężeń mechanicznych. Prace obejmują zarówno opracowywanie kompozytów, jak i modyfikacje kauczuków (stosowanych jako podłoże) oraz lateksów (stosowanych jako zabezpieczenie AgNW).

W celu modyfikacji kauczuków zastosowano dwie żywice: mononadtlenkową pochodną eteru diglicydylowego bisfenolu A (PO) oraz jej oligomer nadtlenny zawierający grupy karboksylowe (CPO), a także dwa polimery: poliwinilopirrolidon (PVP) i polidopaminę (PDA). Każda z tych modyfikacji miała na celu poprawienie adhezji nanodrutów srebra do



matrycy polimerowej oraz zmianę właściwości mechanicznych matrycy (pod kątem przyszłych zastosowań).

W ramach modyfikacji podłoży polimerowych została również zastosowana modyfikacja przy pomocy rozpuszczalników: acetonu, alkoholu etylowego oraz toluenu. Badano wpływ przetarcia oraz zanurzenia w danym rozpuszczalniku na tendencję AgNW do wnikania w strukturę polimeru.

Lateksy (XSBR, NBR, XNBR) modyfikowano przy pomocy napełniaczy warstwowych (talku, miki, kaolinu, kredy i montmorylonitu) celem ich „skrócenia” i zagęszczenia, by mogły być nakładane większą liczbą metod niż wylewanie oraz naprskiwanie (odpowiednie do czystych lateksów). Tak uzyskane mieszanki o mniejszym stopniu napełnienia służą do nakładania metodą pręta Meyera, a te o dużym stopniu napełnienia – metodą sitodruku.

S2-PM9

### SPRAWDZENIE PRZYDATNOŚCI TECHNIK MALDI-TOF MS W IDENTYFIKACJI BAKTERII Z RODZAJU BACILLUS O AKTYWNOŚCI KERATYNOLITYCZNEJ

Natalia Rutkowska

Promotor: dr hab. inż. Aneta Białkowska, prof. PŁ

Opiekun: mgr inż. Marcin Sypka

**Studenckie Koło Naukowe Biotechnologów „FERMENT”  
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
Politechnika Łódzka,  
ul. Wólczńska 171/173, 90-057 Łódź**

Składowanie i/lub spalanie odpadów keratynowych produkowanych przez przemysł drobiarski w ilości ponad 65 milionów ton rocznie stanowi poważny globalny problem, ze względu na szereg efektów niekorzystnych dla środowiska. Alternatywę stanowi ich biodegradacja z wykorzystaniem mikroorganizmów i produkowanych przez nich keratynaz [1]. Keratynazy (E.C. 3.4.21/24/99.11) są grupą enzymów proteolitycznych katalizujących rozkład wiązań peptydowych w keratynach, syntetyzowaną m.in. przez bakterie z rodzaju *Bacillus* oraz *Microbacterium* [2].

Środowisko naturalne stanowi nieograniczone źródło nowych szczepów o potencjalnej aktywności keratynolitycznej, które w dalszym etapie badań należy poddać identyfikacji taksonomicznej. Obecnie „złoty standard” wśród technik identyfikacji mikroorganizmów stanowi sekwencjonowanie 16S rDNA (dla bakterii) oraz ITS1/ITS2 rRNA (dla grzybów), jednak ze względu na czas i koszty procesu, użyteczniejszą metodą może okazać się zastosowanie techniki MALDI-TOF MS opartej na spektrometrii masowej z łagodną jonizacją [3].

W ramach badań scharakteryzowano właściwości biochemiczne keratynaz produkowanych przez bakterie z rodzaju *Bacillus* z wykorzystaniem zmodyfikowanej metody

Letourneau i komercyjnego substratu (keratyny azurowej), w tym  $T_{opt}$  i  $pH_{opt}$ ,  $pH$  – i termostabilność oraz wpływ dodatku, m.in. jonów metali, inhibitorów i rozpuszczalników organicznych na ich aktywność enzymatyczną. Sprawdzone także wpływ metody hodowli bakterii oraz ekstrakcji ich białek wewnątrzkomórkowych na identyfikację taksonomiczną danego szczepu techniką MALDI-TOF MS.

Uzyskane wyniki pozwalają na określenie potencjalnych zastosowań przemysłowych danych enzymów oraz prawdopodobnych mechanizmów ich działania na podstawie budowy centrum aktywnego.

[1] Sypka M., Jodłowska I., Białkowska A., *Biomolecules* 2021, 11, 1900.

[2] Li Q., *Front. Microbiol.* 2021, 12:674345.

[3] Ashfaq M., Da'na D., Al-Ghouti M., *J. Environ. Manage.* 2022, 305, 114359.

S1-PM10

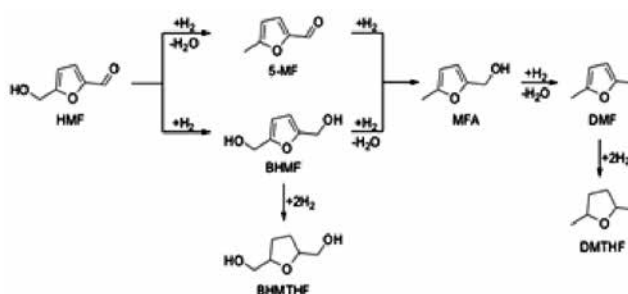
### SELECTIVITY TUNING IN HMF HYDROGENATION BY Ni-Fe CATALYST DESIGN

inż. Natalia Patrzek

Opiekun: dr hab. inż. Agnieszka Ruppert, prof. PŁ

**Łódź University of Technology,  
Żeromskiego Str. 116, 90-924 Łódź, Poland**

Lignocellulosic biomass constituents unlimited source of organic carbon for synthesis of alternative fuels and chemicals. Biomass could be transformed into platform molecules such as 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and hydrogenated to industrially important chemicals like 2,5-dimethylfuran (DMF) or 2,5-bishydroxymethyltetrahydrofuran (BHMTF) [1]. Those molecules have shown significant potential to be used as biofuel, solvent, monomer for polymer and pharmaceutical production [1]. The crucial issue is related with the transformation of HMF towards desired components in economically way. Using a proper catalyst enables to obtain desirable products with high selectivity (Scheme 1).



Scheme 1. Reaction pathways of HMF hydrogenation

Ni-based catalysts among the non-noble metals due to their high activity are competitive alternative for HMF



hydrogenation. We showed that loading Fe to Ni catalysts can increase its selectivity [2]. Therefore, the aim of this research was to determine the influence of support modification and catalyst preparation conditions on the selectivity and activity in HMF hydrogenation. Ni-Fe catalysts supported on different carriers like zirconia and titania have shown a considerable impact on the reaction selectivity. Catalysts prepared on titania support were selective towards DMF, whereas zirconia support resulted in high yield to BHMTFH.

**Acknowledgements:** The authors gratefully acknowledge that this work was financially supported by a grant SONATA BIS from the National Center of Science (NCN) in Krakow (Poland) (2016/22/E/ST4/00550).

[1] Roman-Leshkov Y., Barette Ch.J., Liu Z.Y., Dumesic J.A., *Nature* 2007, 447, 982–986.

[2] Przydacz M., Jedrzejczyk M., Brzezinska M., Rogowski J., Keller N., Ruppert A.M., *J. of Supercritical Fluids* 2020, 163, 104827.

S2-K1

### LITYCZNE POLISACHARYDOWE MONOOKSYGENAZY (LPMO) JAKO INNOWACYJNE NARZĘDZIE BIAKATALITYCZNE W PROCESIE UTLENIANIA BAKTERYJNEJ NANOCELULOZY

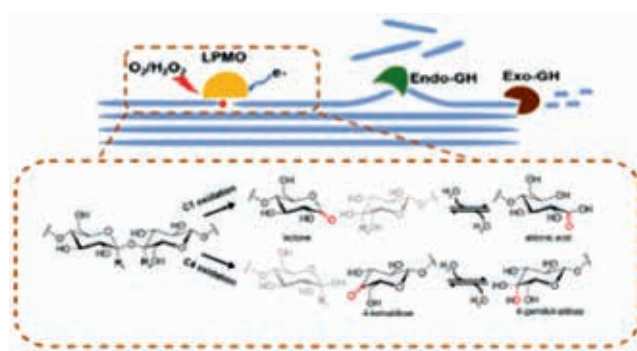
**Monika Kaczmarek**

Promotor: dr hab. inż. Aneta Białkowska, prof. PŁ  
**Instytut Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej,  
Politechnika Łódzka,**

**ul. Stefanowskiego 2/22, 90-537 Łódź**

Bakteryjna nanoceluloza (BNC) to naturalny polimer  $\beta$ -D-glukopiranozy pochodzenia mikrobiologicznego odznaczający się czystością chemiczną, biokompatybilnością, wysokimi zdolnościami adsorpcyjnymi oraz imponującymi parametrami mechanicznymi [1]. Pomimo tych unikatowych właściwości często dąży się do modyfikacji bakteryjnej nanocelulozy w celu uzyskania materiału o dedykowanej funkcjonalności. Głównym ograniczeniem zastosowania BNC jako implanty resorbowalne, matryce do uwalniania leków czy rusztowania komórkowe jest fakt, że nie jest ona rozkładana przez ludzkie enzymy. Dodatkowo, z uwagi na wysoką krystaliczność, cechuje się ograniczoną podatnością na biodegradację [2]. Aby sprostać tym wyzwaniom i otrzymać degradowalną bionanocelulozę stosuje się jej utlenianie. Niedawnym przełomem w tej dziedzinie było odkrycie litycznych polisacharydowych monooksygenaz (LPMO) zdolnych do rozszczepiania opornych polisacharydów, czyniąc substrat podatnym na hydrolizę przez konwencjonalne celulazy.

Wdrożenie utleniania enzymatycznego oferującego łagodne, nietoksyczne warunki stanowi atrakcyjną alternatywę dla dotychczas stosowanych metod chemicznych, czyniąc proces przyjaznym dla środowiska i nie ograniczając perspektyw jego dalszego wykorzystania. Ponadto utlenianie celulozy prowadzi do powstania reaktywnych grup karbonylowych, co stwarza wiele możliwości dla jej dalszej funkcjonalizacji. Przyłączenie określonych związków bioaktywnych, terapeutycznych, czy białek otwiera nowe obszary zastosowań bionanocelulozy w różnych dziedzinach. LPMO można zatem postrzegać jako innowacyjne biokatalizatory stosowane do modyfikacji i degradacji bakteryjnej nanocelulozy.



Rys. 1. Schemat reakcji utleniania bakteryjnej nanocelulozy przez LPMO

[1] Kaczmarek M., Jedrzejczak-Krzepkowska M., Ludwicka K., *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 3391.

[2] Ludwicka K., Kaczmarek M., Białkowska A., *Polymers*. 2020, 12, 2209.

S4-K1

### IMPROVEMENT OF LINEZOLID PHARMACEUTICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES BY MECHANOCHEMICAL COCRYSTALLIZATION AND DRUG DELIVERY DESIGN

**Mehrnaz Khalaji**

Promotor: Marta K. Dudek  
**Department of Structural Chemistry,  
Center of Molecular & Macromolecular Studies,  
Polish Academy of Sciences,  
Sienkiewicza Str. 112, 90-363 Lodz, Poland**

Many currently marketed drugs suffer from poor physico-chemical properties. One of the methods in which we can influence these properties is by designing cocrystals, i.e. crystals composed of a drug and a different molecule, which can be safely ingested, often called a coformer. In our work mechanochemical grinding as an environmentally friendly method was used to obtain 11 new cocrystals of

linezolid (LIN), a wide-range antibiotic [1,2]. Most of the obtained solids were characterized structurally by single crystal X-Ray diffraction (SCXRD) [2], however some of them were in a form of microcrystalline powder, which prevents the use of this characterization technique. In these cases we used solid-state NMR, powder X-Ray diffraction and crystal structure prediction calculations to establish their crystal structures [3]. The resulting solids displayed higher water solubility and, more importantly, lower melting point than corresponding pure phases. This lowering of melting point of LIN enabled us to use thermal-based method of introducing this drug into the pores of mesoporous silica nanoparticles, thus creating drug delivery systems, by which we hope to lower the necessary dose of this drug, as well as to influence the release ratio of LIN in a human body. In addition, we serendipitously discovered that some of the cocrystals not only displayed improved physico-chemical properties, but also showed new and unexpected biological action by promoting bone regeneration (see Figure 1). For one of the cocrystals, namely LIN:2,4-DHBA, this action was particularly strong, with a clearly marked synergistic effect. This paved the way for a new pharmaceutical application of LIN.

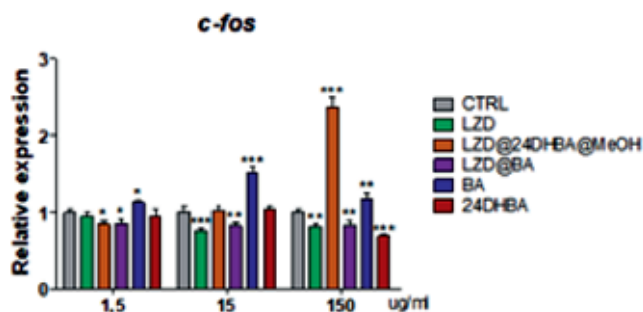


Figure 1. The relative expression of *c-fos* (bone regeneration gene) for 2,4-dihydroxybenzoic acid (24DHBA), benzoic acid (BA), linezolid:benzoic acid cocrystal (LZD@BA), linezolid:2,4-dihydroxybenzoic acid cocrystal (LZD@24DHBA@MeOH), linezolid (LZD), control (CTRL)

This project was financed from the National Science Centre, projects number UMO-2017/25/B/ST4/02684 and UMO-2018/31/D/ST4/01995; PLGrid is acknowledged for providing computational resources.

[1] Khalaji M., Dudek M.K., Potrzebowski M.J., *Cryst. Growth* 2021, 4, 2301–2314.

[2] Khalaji M., Wróblewska A., Wielgus E., Bujacz G.D., Dudek M.K., Potrzebowski M.J., *Acta Cryst. B.* 2020, 76, 892–912.

[3] Khalaji M., Dudek M.K., Paluch P., Potrzebowski M.J., *Solid State Nuclear Magnetic Resonance*, 2022 (under review).

## WPLYW MIKROSTRUKTURY POLIETYLENU NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE MIĘDZYLAMELARNEJ FAZY AMORFICZNEJ

Małgorzata Polińska

Promotorzy: dr hab. Artur Różański, prof. CBMiM,  
dr hab. inż. Marcin Kozanecki, prof. PŁ

**Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych  
Polskiej Akademii Nauk,  
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź**

W naszej ostatniej pracy przedstawiliśmy uniwersalną metodę umożliwiającą wyznaczanie modułu sprężystości międzylamelarnej fazy amorficznej polimerów częściowo krystalicznych [1]. Lokalne odkształcenie warstw amorficznych wywołano poprzez wprowadzenie niskocząsteczkowego środka spęczniającego. Indukowane spęcznianiem lokalne odkształcenie ( $\epsilon_a$ ) i lokalne naprężenie ( $\sigma_a$ ) obszarów amorficznych wyznaczono na podstawie zmian, odpowiednio, długiego okresu oraz naprężenia na granicy plastyczności. Moduł sprężystości międzylamelarnej fazy amorficznej wyznaczono natomiast przy użyciu równania: ( $E_a = \sigma_a / \epsilon_a$ ). Wyniki uzyskane dla polietylenu wysokiej gęstości (HDPE) stanowiły wartość o rząd wielkości wyższą ( $\approx 40$  MPa) niż moduł fazy amorficznej w objętości ( $\approx 3$  MPa) [2].

W dalszych badaniach określono wpływ mikrostruktury polimeru na właściwości mechaniczne komponentu amorficznego. Zastosowanie różnych metod zestalania polimerów z grupy polietylenów (polietylenu wysokiej gęstości, polietylenu niskiej gęstości (LDPE) oraz kopolimeru etylenowo-oktenowego (EOC)) pozwoliło uzyskać materiały wyraźnie różniące się stopniem krystaliczności/grubością kryształów. Zaobserwowano liniową korelację między grubością kryształów a modułem sprężystości komponentu amorficznego. Wykazano, że ze wzrostem grubości kryształów procesy  $\alpha$ -relaksacji komponentu krystalicznego stają się mniej „aktywne”. To z kolei powodowało spadek możliwości relaksacji fragmentów makrocząsteczek zlokalizowanych w fazie amorficznej, a fizycznie związanych z kryształami lamelarnymi.

Badania wykonano w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki na podstawie decyzji nr DEC-2018/30/E/ST8/00364

[1] Polinska M., Rozanski A., Galeski A., Bojda J., *Modulus of the amorphous phase of semicrystalline polymers*, *Macromolecules* 2021, 54, 19, 9113–9123.

[2] Crist B, Fisher CJ, Howard PR. *Mechanical-Properties of Model Polyethylenes – Tensile Elastic-Modulus and Yield Stress*, *Macromolecules* 1989; 22(4): 1709–18.



## ELEKTROCHEMICZNE CZUJNIKI JAKO NARZĘDZIE DO OZNACZANIA CHININY W PRÓBKACH RZECZYWISTYCH

Karolina Sobczak

Promotor: dr hab. Łukasz Półtorak

Opiekun: dr Konrad Rudnicki

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii,

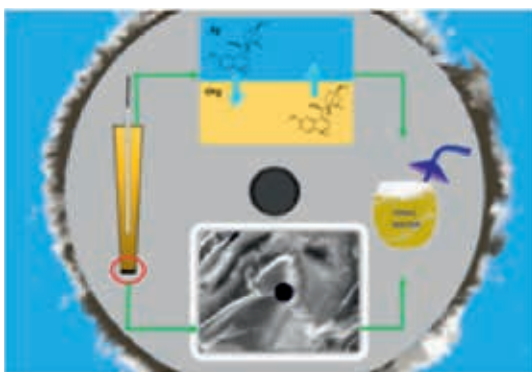
Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej,

ul. Tamka 12, 91-403 Łódź

Electrochemistry@Soft Interface Group (E@SI Group)

karolina.sobczak3@edu.uni.lodz.pl

Celem prowadzonych badań było wykorzystanie innowacyjnych mikroplatform na bazie kapilary krzemionkowej do oznaczenia naturalnie występującego alkaloidu – chininy (Quin) w próbkach rzeczywistych zakupionych od trzech niezależnych producentów. Alkaloid ten stosowany jest jako naturalny aromat smakowy w przemyśle spożywczym, zwłaszcza przy produkcji bezalkoholowego, gazowanego napoju typu tonik. Wraz z rozwojem nauki i techniki zaczęto zauważać coraz większe negatywne skutki Quin na organizm człowieka. Doprowadziło to do zaostrzenia wytycznych i określenia maksymalnej dopuszczalnej zawartości chininy w produktach spożywczych jako 7,5 ml chlorowodoru Quin na 100 ml napoju. Tak ważne jest więc ciągłe poszukiwanie nowych, tanich, szybkich i czułych metod pozwalających na oznaczanie wybranych substancji. Nasza metoda opiera się na elektrochemii cieczowych granic fazowych (ITIES) w połączeniu z voltamperometrią przeniesienia jonu (ITV). ITIES otwiera coraz więcej nowych horyzontów, gdzie jednym z nich jest możliwość prostej miniaturyzacji układów pomiarowych.



Rys. 1. Schemat elektrochemicznego oznaczania chininy na miniaturyzowanych granicach cieczowych w próbce rzeczywistej

Badania były przeprowadzone w ramach projektu PRELUDIUM 15 Narodowego Centrum Nauki (NCN) w Krakowie (Projekt nr UMO-2018/29/N/ST4/01054).

[1] Rudnicki K., Sobczak K., Borgul P., Skrzypek S., Poltorak L.; Determination of quinine in tonic water at the miniaturized and polarized liquid-liquid interface; *Food Chem.* 364 (2021) 130417.

[2] Zgłoszenie patentowe nr 436383.

## WYTWARZANIE ORAZ CHARAKTERYSTYKA NANOCZĄSTEK SREBRA MODYFIKOWANYCH KWASEM TANINOWYM

Katarzyna Bednarczyk

Promotor: dr hab. Katarzyna Ranożek-Soliwoda

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii,

Katedra Technologii i Chemii Materiałów,

ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź

Nanocząstki srebra (AgNPs) otrzymane na drodze redukcji chemicznej, z wykorzystaniem kompleksu cytrynianu sodu oraz kwasu taninowego, stanowią obiecujący środek do walki z wirusem opryszczki typu 1 oraz 2 [1, 2]. Zrozumienie działania AgNPs w kontekście przeciwwirusowym wymaga przeprowadzenia szczegółowej charakterystyki, która umożliwi określenie struktury związku chemicznego znajdującego się na powierzchni nanocząstki, a także medium koloidalnego otaczającego NPs. W tym celu, w pracy wykorzystano techniki spektroskopowe (UV-Vis, FT-IR) oraz mikroskopię elektronową (HR-STEM). Przeprowadzone badania pozwoliły poszerzyć wiedzę dotyczącą określenia wpływu budowy chemicznej funkcjonalnych nanocząstek srebra oraz składu chemicznego koloidu w kontekście ich aktywności biologicznej.



Rys. 1. Schemat otrzymywania nanocząstek srebra modyfikowanych kompleksem cytrynianu sodu z kwasem taninowym

Badania finansowane są z projektu NCN-OPUS, 2018/31/B/NZ6/02606, „Sfunkcjonalizowane nanocząstki metali szlachetnych jako stymulatory odpowiedzi immunologicznej w zakażeniu herpeswirusem typu 1 i 2”.

[1] Krzyżowska M., Tomaszewska E., Ranożek-Soliwoda K., Bien K., Orłowski P., Celichowski G., Grobelny J., Chapter 12 – Tannic acid modification of metal nanoparticles: possibility for new antiviral application, [in:] *Nanostructures for Oral Medicine* (2017), pp. 335–363; A. Nowak, T. Kowalska, *Chem. Eng. J.* 2021, 3, 12–19.

[2] Ranożek-Soliwoda K., Tomaszewska E., Socha E., Krzyżmonik P., Ignaczak A., Orłowski P., Krzyżowska M., Celichowski G., Grobelny J., The role of tannic acid and sodium citrate in the synthesis of silver nanoparticles, *Journal of Nanoparticle Research* 2017, 19, Article number: 273.

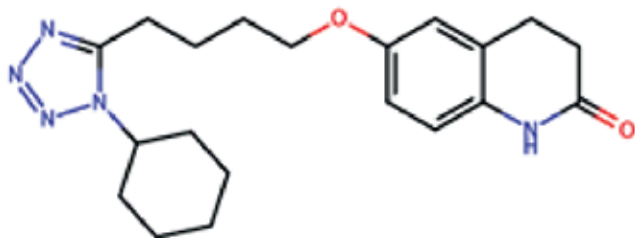
## CHARAKTERYSTYKA KOMPLEKSÓW INKLUZYJNYCH CILOSTAZOLU Z WYBRANYMI CYKLODEKSTRYNAMI

Marta Biernacka

Promotor: prof. dr hab. Bartłomiej Pałecz

Opiekun: dr Artur Stępniaik  
**Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii,  
 Katedra Chemii Fizycznej,  
 Zakład Chemii Biofizycznej,  
 ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź**

Cilostazol jest to związek organiczny, pochodna chinolonu, wykorzystywany jako lek hipotensyjny o nazwie handlowej Pletal. Wykorzystywany jest w celu rozszerzenia naczyń krwionośnych, hamowania agregacji płytek krwi i zapobiegania powstawaniu zakrzepów. Badania wykazują, że ograniczona rozpuszczalność cilostazolu może wpływać na szybkość jego wchłaniania przez organizm, co uniemożliwia oznaczenie bezwzględnej biodostępności. Niska rozpuszczalność wyklucza stosowanie leku w postaci roztworu podawanego dożylnie [1].



Rys. 1. Budowa cząsteczki cilostazolu

Wykorzystanie cyklodekstryn jako nano-kontenerów dla cząsteczek leków może wpływać na zmianę wybranych właściwości fizykochemicznych, między innymi rozpuszczalności. Cyklodekstryny to cukrowe makrocykle, posiadające zdolność lokowania w swoim wnętrzu apolarnych cząsteczek. W wyniku tego powstaje kompleks typu „gość”–„gospodarz”. Zdolność tworzenia kompleksów inkluzyjnych umożliwia wykorzystanie tych związków w wielu dziedzinach przemysłu, między innymi jako nośników trudno rozpuszczalnych substancji leczniczych w organizmie.

Celem badań była analiza procesów powstawania kompleksów inkluzyjnych cilostazolu z wybranymi cyklodekstrynami w roztworach. Na podstawie serii miareczkowań kalorymetrycznych wyznaczone zostały podstawowe funkcje, charakteryzujące termodynamikę zachodzących procesów. Dodatkowo wykonano badania rozpuszczalności fazowej metodą Higuchi-Connors [2], co pozwoliło określić maksymalny wzrost rozpuszczalności związku powodowany obecnością cyklodekstryn.

[1] Higuchi T., Connors K.A., *Advanced Analytical Chemistry of Instrumentation*, 1965, 4.

[2] Bramer S.L., Forbes W.P., *Clinical Pharmacokinetics*, 1999, 37, 13–23.

## DO ANALIZY NARKOTYKÓW WYSTARCZY KROPLA – CZYLI OZNACZANIE HEROINY NA ZMINIATURYZOWANYCH ITIES Paulina Borgul

Promotor: dr hab. Łukasz Półtorak  
 Opiekun: dr Konrad Rudnicki

**Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki,  
 ul. Tamka 12, 91-403 Łódź**

Heroina jest półsyntetyczną pochodną opioidową morfiny. Uznawana jest za tzw. twardy narkotyk, o bardzo dużym potencjale uzależnienia. Wywołuje uczucie błogiej apatii i euforii. Prowadzi do uzależnienia fizycznego i psychicznego. W czystej postaci pojawia się jako biały proszek, niezwykle rzadki w przypadku próbek ulicznych. W nielegalnych próbkach najczęściej obok narkotyku możemy znaleźć paracetamol i/lub kofeina (~90% heroiny w sprzedaży detalicznej dostępnej na czarnym rynku w Europie [1]). Ze względu na występowanie domieszek chemicznych, istnieje potrzeba opracowania selektywnych metod do wykrywania heroiny, które dodatkowo powinny być tanie, szybkie i proste w obsłudze.

W odpowiednim układzie, elektrochemia na styku dwóch niemieszających się roztworów elektrolitów (z ang. ITIES) spełnia wszystkie te wymagania. Tradycyjne pomiary woltamperometryczne na makroskopowej granicy faz ciecz/ciecz są ograniczone przez liniowe profile dyfuzyjne definiujące transport masy po obu stronach miękkiego styku [2]. Inaczej wygląda sytuacja dla układów mikroskopowych (mikro-ITIES). Tutaj transfer masy zachodzi na drodze dyfuzji hemisferycznej, co poprawia czułość wykrywania. Platforma do wykrywania heroiny została zminiaturyzowana przy użyciu technologii druku 3D. Umożliwiła ona zmniejszenie ilości fazy wodnej zawierającej rozpuszczony związek do 20 µL. Heroinę wykrywano samodzielnie i w obecności jej dwóch głównych cutting agents. Po zoptymalizowaniu pH fazy wodnej (5,5), byliśmy w stanie całkowicie wyeliminować sygnały analityczne pochodzące od paracetamolu i kofeiny. W konsekwencji opracowaliśmy selektywny system do elektrochemicznego wykrywania narkotyku [3,4].

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki (NCN) (Grant nr UMO-2018/31/D/ST4/03259).

[1] Broséus J., Gentile N., Esseiva P., *Forensic Sci. Int.* 2016, 262, 73–83.

[2] Liu S., Li Q., Shao Y., *Chem. Soc. Rev.* 2011, 40, 2236–2253.

[3] Zgłoszenie patentowe na wynalazek: Sposób oznaczania heroiny (nr P.440575).

[4] Borgul P., Sobczak K., Sipa K., Rudnicki K., Skrzypek S., Trynda A., Półtorak L., Heroin detection in a droplet hosted by a 3D printed support at the miniaturized electrified liquid-liquid interface, *Anal. Chem.* – second revision round.



## NOWA METODA SYNTEZY WYSOKO PODSTAWIONYCH KWASÓW ANTRYLOFOSFONOWYCH

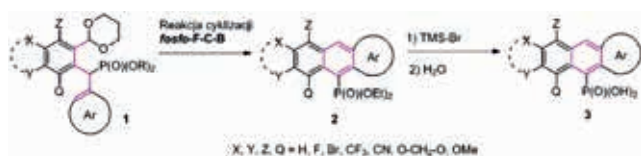
Łucja Knopik

Promotor: prof. dr hab. Piotr Bałczewski

Promotor pomocniczy: dr Marek Koprowski

**Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych  
Polskiej Akademii Nauk, Łódź, Dział Chemii Organicznej,  
Pracownia Syntezy Materiałów Funkcjonalnych,  
ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź**

Zainteresowanie kwasami antrylofosfonowymi oraz ich pochodnymi wzrasta m.in. wśród naukowców, którzy zajmują się fluorescencyjnymi nanocząstkami organicznymi (FON) [1] oraz samoorganizującymi się monowarstwami (SAM) [2,3]. Jednak ograniczeniem dla rozwoju badań w tym obszarze jest niewielka liczba metod syntezy takich układów. W wystąpieniu omówiona zostanie nowa reakcja cyklizacji fosfo-Friedela-Craftsa-Bradshera (*fosfo-F-C-B*). Reakcja ta umożliwiła otrzymanie wysoko podstawionych 10-antrylofosfonianów 2 związków, które w kolejnym etapie przekształcamy do odpowiednich kwasów 10-antrylofosfonowych 3. Zastosowanie łagodnych warunków na wszystkich etapach syntezy, prowadzi do otrzymania antrylowych pochodnych 2 i 3 z różnymi grupami funkcyjnymi (Rys. 1), pozwalając przy tym na modyfikowanie właściwości fotofizycznych omawianych układów.



Rys. 1. Ogólny schemat otrzymywania związków 2 i 3

Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr UMO 2019/33/B/ST4/02843 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

[1] Pramanik M., Chatterjee N., Das S., Saha K.D., Bhaumik A., Chem Commun 2013, 49, 9461–9463.

[2] Cattani-Scholz A., Liao K.-C., Bora A., Pathak A., Hundschell C., Nickel B., Schwartz J., Abstreiter G., Tornow M., Langmuir 2012, 28, 7889–7896.

[3] Yazji S., Westermeier C., Weinbrenner D., Sachsenhauser M., Liao K.-C., Noever S., Postorino P., Schwartz J., Abstreiter G., Nickel B., Zardo I., Cattani-Scholz A., Journal of Raman Spectroscopy 2017, 48, 235–242.

### SYNTAZA SelU VERSUS tRNA.

#### CZY OBECNOŚĆ tRNA WPŁYWA NA AKTYWNOŚĆ SelU?

Aleksandra Lisicka

Promotor: prof. Barbara Nawrot

Opiekun: dr Małgorzata Sierant

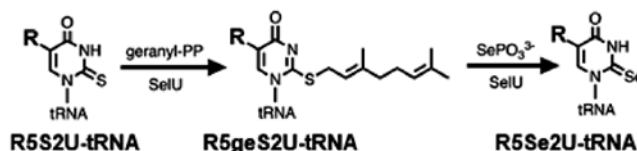
*Dział Chemii Bioorganicznej,*

*Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych*

*Polskiej Akademii Nauk,*

*ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź*

Syntaza tRNA 2-selenourydyny (SelU) jest enzymem bakteryjnym, uczestniczącym w posttranskrypcyjnej modyfikacji urydyny w pozycji wahadłowej (ang. *wobble position*) tRNA. Enzym katalizuje reakcję transformacji 2-tiourydyny (S2U) do 2-selenourydyny (Se2U) w tRNA. W naszym laboratorium wykazano, że proces ten przebiega dwuetapowo [1]. W pierwszym etapie zachodzi geranylowanie 2-tiourydyny w R5S2U-tRNA do R5geS2U-tRNA, w drugim etapie zachodzi selenowanie S-geranylo-2-tiourydyny w R5geS2U-tRNA do R5Se2U-tRNA (rys. 1). Bezpośrednia reakcja selenowania selenowania 2-tiourydyny nie zachodzi [1,2].



Rys. 1. Schemat reakcji katalizowanych przez SelU w pozycji wobble tRNA specyficznego dla Glu, Lys i Gln: geranylowanie R5S2U-tRNA i selenowanie R5geS2U-tRNA [1]

Produkt reakcji geranylowania, S-geranylo-2-tiourydyno-tRNA, jest produktem pośrednim w procesie transformacji S2U→Se2U i jak udowodniono, jest silnie związany z enzymem SelU [2]. Dlatego białko wyizolowane z bakterii zawiera frakcję tRNA, która zmienia jego widmo absorbcyjne na charakterystyczne dla kwasów nukleinowych z maksimum w  $\lambda=260$  nm.

W badaniach podjęłam się próby usunięcia tRNA związanego z białkiem SelU metodą wytrącenia tRNA z białka (siarczan protaminy, PEI/NaCl) lub poprzez enzymatyczną degradację tRNA (RNaza A, Benzonaza). Następnie oceniłam w jaki sposób obecność lub brak tRNA w miejscu aktywnym enzymu wpływa na efektywność SelU. Analizę produktów reakcji geranylowania katalizowanych przez enzym zawierający tRNA i enzym wolny od tRNA przeprowadziłam metodą HPLC.

Praca wykonana/sfinansowana w ramach projektu/grantu NCN, UMO-2018/29/B/ST5/02509.

[1] Sierant M. et al., FEBS Lett. 2018, 592, 2248–2258.

[2] Szczupak P. et al., Cells 2022 11, 1522.

### ANALIZA BEZPIECZEŃSTWA

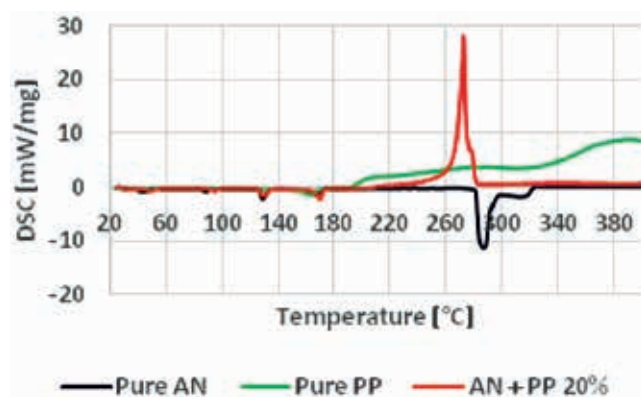
#### TRANSPORTU I MAGAZYNOWANIA

#### SALETRY AMONOWEJ W PRZYPADKU POŻARU

**Filip Mikołajczyk**

Promotor: dr hab. inż. Sławomir Kuberski, prof. PŁ  
**Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,**  
**Politechnika Łódzka,**  
**ul. Wólczańska 213, 93-005 Łódź**

Saletra amonowa jest substancją silnie utleniającą i reaktywną chemicznie, dzięki czemu jest szeroko stosowaną w przemyśle, zarówno do produkcji nawozów sztucznych jak i materiałów wybuchowych. Z uwagi na niskie temperatury topnienia i rozkładu oraz możliwość wytworzenia mieszanin wybuchowych z substancjami takimi, jak oleje organiczne, stanowi ona duże wyzwanie podczas akcji ratunkowych w wyniku pożaru. Dodatkowo, od wytworzenia aż do użycia ma ona bezpośredni kontakt z wieloma polimerami, z których na szczególną uwagę zasługują poliolefiny, wykorzystywane między innymi do produkcji opakowań. Wykonana analiza termiczna DSC oraz inne doświadczenia wskazują na możliwość wytworzenia się wysokoenergetycznych mieszanin potencjalnie wybuchowych w trakcie rozkładu termicznego mieszaniny saletry oraz analizowanych polimerów. Część z mieszanin wykazuje zachowanie zbliżone do popularnych materiałów wybuchowych, takich jak ANFO. Wyniki analizy pozwalają na wykonanie ocen ryzyka zawodowego oraz aktywną kontrolę akcji ratowniczych.



Rys. 1. Wyniki analizy DSC czystej saletry amonowej, polipropylenu oraz ich 20% mieszaniny

[1] Török Z., Kovacs L.A., Ozunu A., Ammonium nitrate explosions. Case study: the Mihăilești accident (2004), ECOTERRA – Journal of Environmental Research and Protection 2015, 12, 2, Romania.

[2] DGPR/SRT/SDRA/BARPI Fire Inside a Barn and Explosion of Fertilizer, Saint Romain-en-Jarez (Loire) Aria Report; No. 25669; French Ministry for Sustainable Development: Paris, France, 2003.

**WPŁYW NANOCZĄSTEK NA WŁAŚCIWOŚCI CIECZY  
 CHŁODZĄCO-SMARUJĄCYCH, WYKORZYSTYWANYCH  
 W PROCESACH OBRÓBK METALI**

Wiktor Stanek<sup>1,2</sup>

Promotor: dr hab. Michał Cichomski, prof. UŁ

Opiekun: dr inż. Tadeusz Hładki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>**Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii  
 Materiałów, Uniwersytet Łódzki,**  
**ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź**

<sup>2</sup>**FUCHS OIL CORPORATION (PL) Sp. z o.o.,**  
**ul. Kujawska 102, 44-101 Gliwice**

W procesach obróbki metali ważne jest obniżenie temperatury narzędzi skrawających, materiału obrabianego i powierzchni roboczej w celu zwiększenia ich trwałości oraz zapewnienia ochrony przed korozją. Z tego też względu przy chłodzeniu używa się specjalnych cieczy do obróbki metali nazywanych również cieczami obróbczymi lub cieczami chłodząco-smarującymi [1,2].

Specyficzny skład chemiczny stosowanych obecnie cieczy obróbczych ma ogromny wpływ na wydajność w procesach produkcyjnych. Jednakże w ostatnich latach przepisy dotyczące ochrony środowiska i zdrowia ograniczyły stosowanie niektórych substancji, dlatego poszukuje się nowych rozwiązań, które – pomimo ograniczeń – pozwolą zredukować tarcie i zużycie narzędzi. Jednym z takich rozwiązań jest zastosowanie nanocząstek metalicznych, które powodują zwiększoną wymianę ciepła w stosunku do podstawowego płynu chłodząco-smarującego [3,4].

W pracy wykorzystano techniki dynamicznego rozpraszania światła (DLS) oraz spektroskopii UV – Vis, w celu scharakteryzowania nanocząstek srebra (AgNPs), które następnie dodano do wytypowanych cieczy. Uzyskane wyniki wskazują, że zaaplikowane nanocząstki srebra o różnym stężeniu, wpływają na takie parametry, jak gęstość i lepkość, a także napięcie powierzchniowe w badanych emulsjach.

Praca zrealizowana w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pn. „Doktorat wdrożeniowy” na podstawie umowy nr DWD/5/0323/2021.

[1] Żabicki D., Ciecze obróbcze, Industrial Monitor 2017, nr 3/27, 45–46.

[2] Brinksmeier E., Meyer D., Huesmann-Cordes A.G., Herrmann C., Metalworking fluids—Mechanisms and performance, CIRP Annals – Manufacturing Technology 2015, 64(2), pp. 605–628.

[3] Choi S.U.S., Zhang Z.G., Yu W., Lockwood F.E., Grulke E.A., Anomalous thermal conductivity enhancement in nanotube suspensions, Applied Physics Letters 2001, Vol. 79, pp. 2252–2254.

[4] Shah R., Calderon J., Diloyan G., Innovation in Nanoparticle Additives for Water-Based Lubricants, Nanotech Magazine for Nanotechnology 2020, June 24.

**BIOSURFAKTANTY PRODUKOWANE  
 PRZEZ GRZYBY STRZĘPKOWE WYIZOLOWANE  
 ZE ŚRODOWISK EKSTREMALNYCH**  
 Weronika Ślizewska, Natalia Klonowska



Promotor: dr hab. inż. Olga Marchut-Mikołajczyk,  
prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr inż. Katarzyna Struszczyk-Świta  
**Instytut Biotechnologii Molekularnej  
i Przemysłowej, Wydział Biotechnologii  
i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka,  
ul. Stefanowskiego 2/22, 90-573 Łódź**

#### Wstęp:

Biosurfaktanty są związkami powierzchniowo czynnymi pochodzenia m.in. mikrobiologicznego, zdolnymi do obniżania napięcia powierzchniowego i międzyfazowego oraz tworzenia miceli. Stosowane są w przemyśle chemicznym, np. jako detergenty, w bioremediacji, a nawet w medycynie. Dzięki swojej nietoksyczności i wysokiej biodegradowalności mają znaczną przewagę nad surfaktantami syntetycznymi. Dodatkowo, biosurfaktanty produkowane przez mikroorganizmy ekstremofilne charakteryzują się wysoką aktywnością nawet w niekorzystnych warunkach środowiska, jak wysokie zasolenie, niskie albo wysokie temperatury lub pH – dzięki czemu są cenne dla przemysłu.

#### Cel:

Celem pracy był skrining grzybów strzępkowych wyizolowanych z ekstremalnych środowisk do produkcji biosurfaktantów. W badaniach wykorzystano halofile i psychrofile z zasobów Instytutu Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej oraz Instytutu Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej.

#### Omówienie wyników:

Spośród badanych szczepów ekstremofilnych grzybów strzępkowych jedenaście wykazało potencjał do produkcji biosurfaktantów. Określono zdolność szczepów do hemolizy, potwierdzono obecność biosurfaktantów w cieczach pochodzących ww. szczepów metodą „drop-collapse”, zbadano ich aktywność emulgacyjną oraz stabilność tworzonej przez nie emulsji.

#### Podsumowanie/wnioski:

Grzyby strzępkowe wyizolowane z ekstremalnych środowisk mogą być producentami biosurfaktantów o ciekawych właściwościach, stanowiąc alternatywę dla swych syntetycznych odpowiedników.

### RENTGENOWSKA SPEKTROSKOPIA FLUORESCENCYJNA JAKO METODA ANALIZY PIGMENTÓW KOSMETYCZNYCH

**Dominika Świątczak**

Promotor: dr hab. Magdalena Małecka, prof. UŁ  
**Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii,  
Katedra Chemii Fizycznej,  
Zakład Chemii Biofizycznej  
ul. Pomorska 163/165, 90-236, Łódź**

Podstawowymi, a jednocześnie najbardziej wymagającymi składnikami kosmetyków do makijażu są pigmenty. Wśród nich, najczęściej stosowanym jest dwutlenek tytanu. Potrzeba wnikliwej analizy pigmentów kosmetycznych wynika z ciągłego wzrostu jakości produktów kosmetycznych oraz chęci rozwiązania powszechnie spotykanych problemów produkcyjnych wynikających z zastosowania pigmentów (m.in. proces oksydacji, destabilizacja koloru w czasie). Problemy te zostały zidentyfikowane jako odpowiedź na potrzeby konsumentów oraz szybko rozwijającą się konkurencję w sektorze beauty.

Częściowo badania skupiają się na analizie otoczki pigmentowej, zawierającej silany, która ma bardzo duży wpływ na stabilność pigmentu w gotowej formulacji kosmetycznej. Do analizy otoczkowanej bieli tytanowej zastosowano technikę rentgenowskiej spektroskopii fluorescencyjnej z dyspersją energii (ED-XRF), która pozwala na jakościową i ilościową analizę składu pierwiastkowego próbki. Technika ED-XRF pozwala na potwierdzenie obecności krzemu z otoczki silanowej w danej próbce pigmentu. Wykonanie pomiaru jest możliwe w sposób szybki i nieniszczący, dlatego metoda ta znajduje zastosowanie w badaniach naukowych oraz innych dziedzinach, również przemysłowych.

Otrzymane wyniki będą stanowiły podstawę opracowania metod analizy stosowanych w przedprodukcyjnej kontroli jakości oraz do zoptymalizowania procesów technologicznych w celu uzyskania jak największej powtarzalności kolorystycznej produktów.

Praca sfinansowana w ramach projektu doktoratu wdrożeniowego realizowanego na podstawie umowy DWD/4/72/2020.

### ANALIZA ZMIAN ZACHODZĄCYCH W STRUKTURZE UKŁADU DMF+BuOH NA PODSTAWIE WYNIKÓW BADAŃ DENSYMETRYCZNYCH I AKUSTYCZNYCH

**Aleksandra Dentkiewicz, Małgorzata Józwiak,  
Magdalena Tyczyńska  
Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki,  
Katedra Chemii Fizycznej,  
ul. Pomorska 165, 90-236 Łódź**

Ze względu na coraz powszechniejsze zastosowanie w przemyśle, na popularności zyskują mieszaniny N,N-dimetyloformamidu (DMF) z alkoholami [1]. Takie roztwory wykorzystywane są w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym, w technologiach akumulatorów wysokoenergetycznych czy syntezie organicznej. Duże zainteresowanie produktem wymaga coraz lepszego poznania wpływu struktury cieczy na jej właściwości makroskopowe, gęstość i szybkość rozchodzenia się ultradźwięków. 1-Butanol (BuOH) jest



rozpuszczalnikiem polarnym, protycznym. W czystej postaci, cząsteczki alkoholu związane są poprzez wiązania wodorowe [2,3]. BuOH miesza się z większością rozpuszczalników. Jednym z nich jest DMF, który jest dipolarnym, aprotycznym rozpuszczalnikiem, między cząsteczkami którego występują oddziaływania dipol-dipol [1,2]. Oddziałuje on z alkoholami poprzez tworzenie wiązań wodorowych między atomem tlenu pochodzącym z DMF, a atomem wodoru z grupy hydroksylowej alkoholu [1].

W pracy przeprowadzono badania densymetryczne i akustyczne mieszaniny N,N-dimetyloformamidu z 1-butanołem w zakresie stężeń  $0 \leq \chi_{\text{DMF}} \leq 1$  oraz temperatur (293,15–318,15) K. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono funkcje molowe mieszaniny: rozszerzalność cieplną oraz ściśliwość izoentropową ( $E_{p,m}, K_{S,m}$ ), wartości nadmiarowych molowych funkcji objętościowych i akustycznych ( $V_m^E, V_{m,DMF}^E, V_{m,BuOH}^E, E_{p,m}^E, K_{S,m}^E$ ), cząstkowe molowe objętości ( $V_{m,DMF}, V_{m,BuOH}$ ), jak również pozorne molowe objętości ( $V_{\Phi,DMF}, V_{\Phi,BuOH}$ ) składników roztworu. Badania densymetryczne pozwalają na określenie nadmiarowych funkcji objętościowych, które wykorzystuje się do określenia składu mieszaniny, przy którym obserwuje się maksymalne odchylenie od addytywności obserwowanej dla układu doskonałego. Dzięki temu uzyskuje się informacje o zmianach w oddziaływaniach, które zachodzą w układzie podczas modyfikacji składu i temperatury mieszaniny. Uzupełnieniem tych rezultatów są badania akustyczne dające możliwość uzyskania dodatkowych informacji o oddziaływaniach, które występują między cząsteczkami mieszaniny.

[1] Uddin H., Khan M.Z.H., Rahman H., Shahriar A., Phys. Chem. Liq. 2014, 52, 251–261.

[2] Dakula V.K., Sinha B., Roy M.N., J. Indian Chem. Soc. 2007, 84, 37–45.

[3] Thirumaran S., Alli T., Priya D., Selvi A., E – J. Chem. 2010, 7, 217–222.

## STRUKTURA A AKTYWNOŚĆ PRZECIWGRUŻLICZA ZWIĄZKÓW HETEROCYKLICZNYCH

Klaudia Górską

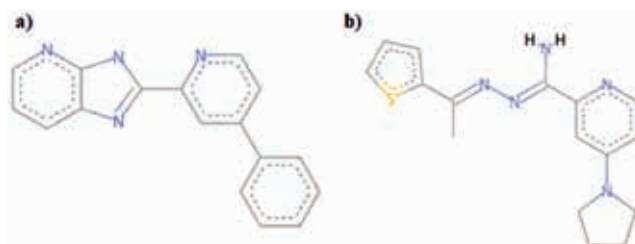
Promotor: dr hab. inż. Małgorzata Szczesio, prof. PŁ

**Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka,  
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź**

Gruźlica jest chorobą znaną od dawna. Przy obecnym postępie medycyny mogłoby się wydawać, że nie będzie już stanowić zagrożenia. Jednak nadal należy do grona najbardziej śmiertelnych schorzeń. Współcześnie jedną z przyczyn występowania tej choroby jest zjawisko lekooporności prątków. W związku z tym powrócono do projektowania nowych leków przeciwgruźliczych, które będą skutecznie

działać na prątki lekooporne i jednocześnie mieć niską toksyczność [1,2].

Metodą rentgenografii strukturalnej monokryształu uzyskano dwie struktury – pochodną benzimidazolu (rys. 1a.) i hydrazyny (rys. 1b.). Przeprowadzono analizę ADMET, aby sprawdzić, czy związki mogą być potencjalnymi lekami doustnymi. W związku z tym oceniono ich wchłanianie, dystrybucję, metabolizm, wydalanie oraz toksyczność, a także, czy spełniają reguły Druglikeness, szczególnie Lipinkiego, Ghose'a i Veber'a.



Rys. 1. Rozwiązane i udokładnione struktury a) G1; b) G2

[1] Lakshminarayana S.B., Huat T.B., Ho P.C., J. Antimicrob. Chemother 2015, 70, 857–867.

[2] Janin Y.L., Bioorg. Med. Chem. 2007, 15, 2479–2513.

## GRZYBY STRZĘPKOWE ROŚLIN OWOCOWYCH I ZBÓŻ W POLSCE CENTRALNEJ – ANALIZA JAKOŚCIOWA, ILOŚCIOWA I PROFILE METABOLICZNE

Maciej Nielipiński

Promotor: dr hab. inż. Anna Koziróg

**Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,  
Politechnika Łódzka,  
ul. Wólczańska 171/173, 90-530 Łódź**

Rozwój grzybów strzępkowych na roślinach uprawnych lub ich płodach jest często uznawany za niepożądany lub wręcz niebezpieczny. Nie dzieje się tak bez przyczyny – mikroorganizmy są odpowiedzialne za wiele chorób powodujących obniżenie plonów, jakości produktów lub występowanie szkodliwych dla człowieka metabolitów, jak na przykład mykotoksyny [1]. Grzyby strzępkowe mogą jednak być również wykorzystane z korzyścią dla uprawianych roślin [2]. Szeroko stosowanym w rolnictwie rodzajem jest Trichoderma, będąca mykopasożytem, pobudzająca systemy obrony roślin przed patogenami, a także chroniąca przed niektórymi gatunkami insektów [3].

Chcąc odnaleźć grzyby strzępkowe o pożądanych właściwościach lub wytwarzających metabolity możliwe do wykorzystania w produkcji rolnej można przeprowadzić skringing mikroorganizmów zasiedlających nisze ekologiczne, w których przyszły produkt miałby być stosowany. Taki



skrining może również zapewnić informacje o potencjalnych patogenach roślin lub gatunkach produkujących niebezpieczne metabolity.

W prezentowanej pracy przeprowadzono izolacje grzybów strzępkowych z liści jabłoni, śliw i wiśni, a także występujących na przechowywanych ziarnach kukurydzy, pszenicy i pszenżyta. Wyizolowane czyste kultury zostały zidentyfikowane i scharakteryzowane pod kątem produkowanych metabolitów.

[1] Doehlemann G., Ökmen B., Zhu W., Sharon A., Plant Pathogenic Fungi, *Microbiol Spectrum* 2017, 5(1).

[2] Grzegorzczak M., Szalewicz A., Żarowska B., Połomska X., Wątarek W., Wojtatowicz M., Drobnoustroje w biologicznej ochronie roślin przed chorobami grzybowymi, *Acta Sci. Pol. Biotechnologia* 2015, 14(2), 19–42.

[3] Poveda J., Trichoderma as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite, *Biol. Control* 2021, 159, 104634.

## WPŁYW TIOFOSFORANOWYCH ANALOGÓW ATP NA LUDZKIE KERATYNOCYTY

Julia Fastyn <sup>a,b</sup>

Promotor: dr hab. Edyta Gendaszewska-Darmach, prof. uczelni <sup>a</sup>

Opiekun: dr Róża Pawłowska <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności,*

*Politechnika Łódzka,*

*ul. Wólczańska 171/173, 90-057 Łódź*

<sup>b</sup> *Centrum Badań Molekularnych*

*i Makromolekularnych PAN,*

*ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź*

Trudno gojące się rany to problem, który dotyka milionów osób na całym świecie. W prawidłowym procesie gojenia się ran biorą udział komórki będące głównym składnikiem ludzkiego naskórka – keratynocyty [1]. Na ten złożony proces ma wpływ wiele czynników, a jednym z nich są nukleotydy występujące w środowisku zewnątrzkomórkowym w wysokich stężeniach w wyniku m.in. uszkodzenia lub umierania komórek. Nukleotydy zewnątrzkomórkowe pełnią rolę cząsteczek sygnalizacyjnych, które przekazują informacje między komórkami i są składnikami tzw. ścieżki sygnalizacji purynergiczej, czyli wszechobecnego systemu komunikacji między komórkami [2].

W pracy dyplomowej zbadany został wpływ, stabilniejszych w środowisku zewnątrzkomórkowym, tiofosforanowych analogów ATP na komórki linii HaCaT, czyli nieśmiertelnione ludzkie keratynocyty. Związki wykorzystane podczas badań zostały otrzymane w formie diastereomeerycznie czystych analogów ATP w CBMiM PAN. Wpływ badanych związków na komórki został określony przy

pomocy testu MTT (badanie cytotoxyczności) oraz testu rysy (symulacja zarostania rany). Przeprowadzone badania pozwoliły wykazać różnice w aktywności poszczególnych diastereomerów w zależności od ich konfiguracji na atomie fosforu oraz wyselekcjonować związki, które przyspieszają migrację komórek ludzkiego naskórka, a tym samym mogą przyspieszać gojenie się ran.

Praca sfinansowana w ramach projektu pt. „Rola zewnątrzkomórkowej frakcji ATP w indukcji przemiany epithelialno-mezenchymalnej – badania z wykorzystaniem analogów nukleotydowych” finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (numer umowy 2017/26/D/ST5/01046) kierowanego przez dr Różę Pawłowską.

[1] Bikle D.D., Xie Z., Tu C.-L., Calcium regulation of keratinocyte differentiation, *Expert review of endocrinology & metabolism* 2012, 7, 461–472.

[2] Węglowska E., Szustak M., Gendaszewska-Darmach E., Proangiogenic properties of nucleoside 5'-O-phosphorothioate analogues under hyperglycaemic conditions, *Current Topics in Medicinal Chemistry* 2015, 15, 2464–2474.

## BADANIA TERMODYNAMIKI PROCESU TWORZENIA KOMPLEKSÓW INKLUZYJNYCH CYKLODEKSTRYN Z 2'-HYDROKSYCHALKONEM

Patryk Czapnik

Promotor i opiekun: dr Artur Stępiak

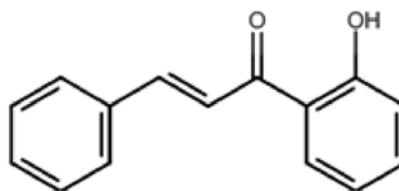
*Wydział Chemii, Katedra Chemii Fizycznej,*

*Zakład Chemii Biofizycznej,*

*Uniwersytet Łódzki,*

*ul. Pomorska 163/165, 90-236 Łódź*

Chalkony to nienasycone ketony aromatyczne zaliczane do grupy flawonoidów. W ostatnich latach obserwuje się zwiększone zainteresowanie tą grupą związków, ze względu na ich potencjalne zastosowanie w medycynie. Modelowym przedstawicielem tej grupy związków jest 2'-hydroksychalkon (rys. 1), który według doniesień literaturowych wykazuje działanie toksyczne na komórki raka wątroby (HepG2) [1].



Rys. 1. Wzór strukturalny 2'-hydroksychalkonu

Niska rozpuszczalność tego związku w wodzie ogranicza jego działanie w organizmie. Podjęto próbę zwiększenia jego rozpuszczalności poprzez utworzenie kompleksów

inkluzyjnych z wybranymi naturalnymi i modyfikowanymi cyklodekstrynami. Cyklodekstryny to cykliczne, naturalne oligosacharydy zbudowane z cząsteczek D-glukozy połączonych wiązaniami  $\alpha$ -1,4-glikozydowymi. Budowa przypominająca kształtem ścięty stożek oraz hydrofobowy charakter wnęki nanokontenerów umożliwiają tworzenie kompleksów inkluzyjnych z mniejszymi hydrofobowymi molekułami. Kompleksowanie z cyklodekstryną może pełnić również rolę ochronną przed czynnikami zewnętrznymi np. temperaturą. Celem badań było wyznaczenie parametrów

termodynamicznych tworzonych kompleksów oraz określenie wzrostu rozpuszczalności chalkonu w wodzie związane go z obecnością cyklodekstryn. W pomiarach wykorzystano techniki spektrofotometrii UV-Vis, spektroskopii FT-IR oraz skaningową kalorymetrię różnicową (DSC) i izotermiczną kalorymetrię miareczkową (ITC).

[1] Echeverria C., Santibanez J.F., Donoso-Tauda O., et. al., Structural Antitumoral Activity Relationships of Synthetic Chalcones, International Journal of Molecular Science 2009, 10, 221–2 ●

AKTUALNOŚCI

Ewa Jędrych

e-mail: ewa.jedrych@p.lodz.pl

Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

## Nagrody w XII i XIII edycji konkursu im. prof. Osmana Achmatowicza

**Kapituła Nagrody im. prof. Osmana Achmatowicza pod przewodnictwem prof. Osmana Achmatowicza jr. wyłoniła najlepsze prace dyplomowe wykonane na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej w roku akademickim 2019/2020 oraz 2020/2021 w ramach XII i XIII edycji tegoż Konkursu.**

Na początku kwietnia 2022 r. Kapituła Konkursu wybrała najlepsze prace dyplomowe wykonane na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej w roku akademickim 2020/2021 w ramach XIII edycji Konkursu. Za najlepszą pracę, w kategorii: najlepsza magisterska praca dyplomowa, uznano pracę **mgr. inż. Karola Tutka**, pt. „*Materiały polimerowe nowej generacji z dodatkiem substancji pochodzenia roślinnego*”, wykonaną pod kierunkiem dr hab. inż. Anny Masek, prof. uczelni (Instytut Technologii Polimerów i Barwników). Z kolei w kategorii: najlepsza inżynierska praca dyplomowa, najwyżej oceniono pracę **inż. Katarzyny Zielińskiej**, pt. „*Ocena poziomu wybranych metali toksycznych w kolorowych produktach kosmetycznych pochodzących z niskiej półki cenowej*”, wykonaną pod kierunkiem dr inż. Aleksandry Pawlaczyk (Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej).

Uchwała została podjęta w trybie on-line, przez Kapitułę Konkursu kadencji 2020-2024 w składzie:



Medal – Nagroda im. prof. Osmana Achmatowicza, fot. Ewa Jędrych



prof. dr hab. Osman Achmatowicz – Przewodniczący Kapituły oraz Członkowie: prof. dr hab. inż. Łukasz Albrecht, dr inż. Jacek Michalak (Atlas Sp. z o.o.), prof. dr hab. inż. Beata Kolesińska, dr hab. inż. Agnieszka Ruppert, dr hab. inż. Marcin Kozanecki, prof. dr hab. inż. Piotr Ulański, prof. dr hab. inż. Krzysztof Strzelec oraz Marek Wośko (Polfarmex S.A.). Laureaci otrzymali dyplomy, medale (fotografia) oraz gratyfikacje pieniężne.

Wiosną 2021 r. w ramach XII edycji Konkursu o nagrodę im. prof. Osmana Achmatowicza nagrodzono najlepsze prace dyplomowe wykonane i obronione w roku akademickim 2019/2020 na Wydziale Chemicznym, w kategorii: najlepsza magisterska praca dyplomowa, pracę **mgr inż. Aleksandry Topolskiej**, pt. „*Nowa strategia dearomatyzacyjnej funkcjonalizacji 3-winylo-2-furfuralu*”, wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Łukasza Albrechta (Instytut Chemii Organicznej). Z kolei w kategorii: najlepsza inżynierska praca dyplomowa, pracę **inż. Roberta Borowskiego**, pt. „*Opracowanie nowych strategii syntezy (S) – i (R)-5-metoksykarbonylo(hydroksy)-metylourydyń – diastereoizomerycznej pary rybonukleozydów tRNA z pozycji wahadłowej*”, wykonaną pod kierunkiem dr hab. inż. Grażyny Leszczyńskiej, prof. uczelni (Instytut Chemii Organicznej). Prace zgłoszone na XII edycję Konkursu oprócz członków Kapituły pod przewodnictwem prof. dr hab. Osmana Achmatowicza,

oceniali również profesorowie z innych jednostek naukowych: Grzegorz Młostoń – Uniwersytet Łódzki, Katarzyna Pernal – Politechnika Łódzka, Piotr Kiełbasiński – Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Stanisław Słomkowski – Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, Anna Janecka – Uniwersytet Medyczny w Łodzi oraz Henryk Koroniak – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu\*.

Sponsorami nagród w obydwu powyższych edycjach Konkursu były firmy: **ATLAS Sp. z o.o.** (za pracę inżynierską) oraz **POLFARMEX S.A.** (za pracę magisterską).

Konkurs o nagrodę imienia prof. Osmana Achmatowicza dotyczy prac dyplomowych wykonanych i obronionych na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej w danym roku akademickim, w terminie zgodnym z Regulaminem Studiów. Celem Konkursu jest dążenie do poprawy jakości prac dyplomowych, promowanie najlepszych absolwentów i popularyzacja tematyki badawczej realizowanej na Wydziale Chemicznym. Kwestie szczegółowe Konkursu określa jego Regulamin.

\* Aktualności Wydziału Chemicznego PŁ. Rozstrzygnięcie konkursu im. prof. O. Achmatowicza, <https://chemia.p.lodz.pl/8-aktualności/1581-rozstrzygnięcie-konkursu-im-prof-o-achmatowicza>, 07.05.2022

### Andrzej Żarczyński, Jerzy Leo\*

e-mail: [andrzej.zarczyński@p.lodz.pl](mailto:andrzej.zarczyński@p.lodz.pl); [jerzy.leo@p.lodz.pl](mailto:jerzy.leo@p.lodz.pl);

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny,*

*\*Oddział Łódzki Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Politechnika Łódzka*

## Spotkanie wigilijne OŁ SITPChem 2021

Spotkania wigilijne stały się tradycją w Oddziale Łódzkim Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego (OŁ SITPCh), mającego swoją siedzibę w Domu Technika w Łodzi przy pl. Komuny Paryskiej 5a. Wyjątkiem był rok 2020, kiedy to obostrzenia związane z pandemią koronawirusa uniemożliwiły zorganizowanie Wigilii. Spotkania przedświąteczne są świetną okazją do podsumowania pracy i osiągnięć w kończącym się roku, skłaniają do wspomnień lat minionych, a także umożliwiają złożenie tradycyjnych życzeń na zbliżające się Święta Bożego Narodzenia i Nowy Rok.

Upływający 2021 r. przyniósł szereg nowych wyzwań związanych z pandemią Covid 19 i był skromniejszy w aktywności Stowarzyszenia w porównaniu z latami poprzednimi. Niemniej 20 września 2021 r. odbyło się tradycyjne spo-

tkanie Seniorów w siedzibie OŁ SITPCh. W regulaminowym terminie przeprowadzono także konkurs na najlepszą pracę dyplomową z chemii obronioną w roku akademickim 2019-2020. 7 grudnia 2021 r. w sali nowego gmachu Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej (WCh PŁ) – Alchemium ogłoszono wyniki tego konkursu, wręczono nagrody pieniężne ufundowane przez OŁ SITPChem oraz dyplomy [1].

Wigilia została zorganizowana przez Zarząd OŁ SITPChem w dniu 15 grudnia 2021 r. Na spotkanie przybyły 24 osoby reprezentujące środowisko naukowe chemików z Politechniki Łódzkiej, w tym dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. PŁ – prodziekan ds. studenckich WCh PŁ i prof. dr hab. inż. Tomasz Janecki były dyrektor Instytutu Chemii Organicznej PŁ, pracownicy KF Adamed Pharma S.A. Pabianice i innych



Uroczysta Wigilia Oł SITPChem – 15 grudnia 2021 r. Fot. A. Żarczyński

zakładów przemysłowych, emeryci środowiska chemicznego i członkowie Zarządu Oł SITPChem. Zebranych powitał i złożył im życzenia inż. Jerzy Leo – pełniący obowiązki prezesa Oł SITPChem po śmierci mgr inż. Eugeniusza Kulczyckiego (1932-2021), prezesa obecnej kadencji 2018-2022 [2]. Oprócz wzajemnych życzeń wspominano wigilie sprzed lat, w których uczestniczyli zebrani, obyczaje bożonarodzeniowe i specyfikę kuchni w różnych krajach. Dźwięki muzyki i śpiew kolęd towarzyszyły zebrany przez cały okres spotkania wigilijnego. Można było usłyszeć w języku polskim m.in. *Przybieżeli do Betlejem pasterze* oraz *Dzisiaj w Betlejem* wesoła nowina, a także w języku angielskim *Driving Home for Christmas* (1986) – Chrisa Rea czy *Silent Night, Holy Night* w wykonaniu Julio Iglesiasa i Mirandy Rijnsburger. Do śpiewania kolęd włączyli się także zebrani.

Atmosfera była wyjątkowo miła, życzliwa i podniosła, przy czym podczas uroczystości wspomniano także o braku śp. Prezesa w naszym gronie i jego zasługach. Jednak dzięki miłej atmosferze, pomimo reżimu sanitarnego, uroczystość trwała blisko 2,5 godziny, a ogół uczestników pozostał do jej zakończenia.

#### Literatura

[1] J. Leo, A. Żarczyński, Nagrody w konkursie SITPChem, *Życie Uczelni*, nr 159, 18, luty 2022,

[2] Zmarł mgr inż. Eugeniusz Kulczycki Członek Honorowy SITPChem, <http://sitpchem.org.pl/2021/11/zmarl-mgr-inz-eugeniusz-kulczycki-czlonek-honorowy-sitpchem/>, 12.03.2022.



Przemawia dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. Pł – prodziekan ds. studenckich Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. Fot. A. Żarczyński



**Andrzej Żarczyński**

e-mail: andrzej.zarczynski@p.lodz.pl

*Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka*

# Sukcesy absolwentów Wydziału Chemicznego PŁ w konkursach prac dyplomowych OŁ SITPChem w latach 2017-2021

## Wprowadzenie

Organizatorem Konkursu na najlepszą pracę dyplomową z obszaru chemii dla absolwentów wyższych uczelni na szczeblu krajowym jest Zarząd Główny Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego (nazywany dalej ZG SITPChem). Jednak Konkurs jest realizowany w dwóch etapach, z których pierwszy odbywa się na poziomie Oddziałów Regionalnych SITPChem, natomiast drugi – na poziomie ogólnopolskim. Celem konkursu jest wyeksponowanie wybranych cech prac inżynierskich i magisterskich obronionych w roku ogłoszenia konkursu, jakimi są pomysłowość ujęcia tematu, stopień trudności i solidność wykonanych badań, jakość opracowania wyników oraz możliwość ich praktycznego wykorzystania w przemyśle [1]. Oznacza to preferowanie przez Organizatorów rozwiązań dotyczących chemii stosowanej.

Prace na Konkurs są składane wraz z kartą zgłoszenia oraz potwierdzonymi kopiami recenzji i opinii w biurze danego Zarządu Oddziału SITPChem do końca grudnia każdego roku. Ocen prac dyplomowych w pierwszym etapie dokonują Komisje Konkursowe składające się z przedstawicieli SITPChem i uczelni, którym przewodniczy Prezes Zarządu Oddziału lub jego pełnomocnik. Prace dyplomowe laureatów dwóch pierwszych miejsc są kwalifikowane do etapu drugiego, realizowanego na poziomie ogólnopolskim i przekazywane do ZG SITPChem w terminie do końca stycznia roku następnego [1]. Autorom dwóch lub trzech najlepszych prac uczestniczących w Konkursie na poziomie regionalnym przyznawane są nagrody finansowe fundowane przez właściwe Oddziały SITPChem, natomiast dyplomy uznania wręczane wyróżnionym laureatom. Z kolei na poziomie ogólnopolskim dyplomy uznania otrzymują autorzy zwycięskich i wyróżnionych prac dyplomowych.

## Nagrody i wyróżnienia absolwentów Konkursu prac dyplomowych z chemii OŁ SITPChem w latach 2017-2022

Od 2009 r. Zarząd Oddziału Łódzkiego SITPChem corocznie organizował Konkursy na najlepszą pracę dyplomową uczelni łódzkich w zakresie chemii w danym roku akademickim, jako etap pierwszy rywalizacji ogólnopolskiej oraz fundował nagrody pieniężne. Konkursy zorganizowane w latach 2009-2016 opisałem w pracy [2].

W latach 2017-2019 prace dyplomowe były oceniane przez stałą Komisję Konkursową powołaną przez Zarząd Oddziału na początku kadencji w 2010 r. w składzie: mgr inż. Eugeniusz Kulczycki – przewodniczący Komisji oraz prezes Zarządu Łódzkiego Oddziału SITPChem (zm. 28 października 2021 r.), a także członkowie: prof. dr hab. inż. Tadeusz Paryczak (zm. 17 lipca 2019 r.), prof. dr hab. inż. Henryk Bem oraz inż. Jerzy Leo. Komisja oceniając prace dyplomowe opierała się na wytycznych Regulaminu Konkursu zatwierdzonego przez Prezydium ZG SITPChem w dniu 8 listopada 2010 r. [1]. Konkurs na najlepszą pracę dyplomową z obszaru chemii w latach 2020-2021 był kontynuowany, mimo pandemii koronawirusa i wynikających stąd ograniczeń.

## Laureaci konkursów prac dyplomowych Zarządu OŁ SITPChem

Jesienią 2017 r. do Konkursu Zarządu OŁ SITPChem zgłoszono 7 prac dyplomowych z Politechniki Łódzkiej, z których Laureatami zostały prace absolwentów:

- mgr inż. Dominiki Pomikło – nagroda I stopnia za pracę pt. *Nowy sposób organokatalitycznej funkcjonalizacji pochodnych 2-alkilo-1,4-naftochinonu* – promotor dr hab. inż. Łukasz Albrecht, prof. PŁ – Instytut Chemii Organicznej;
- inż. Iga Brochocka – nagroda II stopnia za pracę pt. *Kalkulatory fotowoltaiczne i ich zastosowanie w zaprojektowaniu przykładowej instalacji solarnej* – promotor dr inż. Andrzej Żarczyński – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej;
- inż. Marek Moczulski – wyróżnienie za pracę pt. *Organokataliza bifunkcyjna w asymetrycznej syntezie tetrahy-*



Skan dyplomu SITPChem Igi Brochockiej  
– nagroda II stopnia w konkursie prac dyplomowych w 2017 r.

*dro-1,2-oksazyn* – promotor dr hab. inż. Łukasz Albrecht, prof. PŁ – Instytut Chemii Organicznej;

- mgr inż. Magdalena Sławnikowska – wyróżnienie za pracę pt. *Opracowanie warunków syntezy nieracemicznych tetrahydroksanten-9-onów i ich analogów* – promotor prof. dr hab. inż. Tomasz Janecki – Instytut Chemii Organicznej.

W 2018 r. w Konkursie Zarządu Oddziału Łódzkiego SITP-Chem zgłoszono sześć prac inżynierskich i 3 magisterskie. Laureatami konkursu zostały prace autorów:

- mgr inż. Magdalena Brzezińska – nagroda I stopnia za pracę pt. *Opracowanie konkurencyjnej metody syntezy katalizatorów Cu/nośnik wodoroodtleniania i hydroksylowania furfuralu* – dr hab. Agnieszka Ruppert – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej;
- inż. Aleksandra Gzowska – nagroda I stopnia za pracę pt. *Hydrokonwersja odpadów polietylenowych na katalizatorach Ni/zeolit i Pt/zeolit* – promotor dr hab. inż. Tomasz Maniecki, prof. PŁ – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej;
- mgr inż. Marlena Śmiechowska – wyróżnienie za pracę pt. *Badania właściwości wybranych węgla aktywnych i możliwości zastosowania ich do usuwania chloru ze spalin w celu ochrony analizatorów gazów* – promotor dr inż. Andrzej Żarczyński – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej;

- mgr inż. Marek Moczulski – wyróżnienie za pracę pt. *Asymetryczna synteza policyklicznych pochodnych tetra-chlorotiofenu w oparciu o reakcję kaskadową* – promotor dr hab. inż. Łukasz Albrecht, prof. PŁ – Instytut Chemii Organicznej.

W rywalizacji konkursowej prac dyplomowych rozpoczętej w 2019 r. a rozstrzygniętej w styczniu 2020 r. przyznano: dwie równorzędne nagrody I stopnia i jedno wyróżnienie, tj.:

- mgr inż. Stefanowi Cichoszowi – nagroda I stopnia za pracę pt. *Kompozyty kopolimeru etylenowo-norborne-nowego wzmacniane włóknami celulozy hydrofobizowanymi na drodze hybrydowej modyfikacji chemicznej* – promotor dr hab. inż. Anna Masek, prof. PŁ – Instytut Technologii Polimerów i Barwników;
- mgr inż. Paulina Kowalewska – nagroda I stopnia za pracę pt. *Optymalizacja warunków syntezy 2,6-dipodstawionych i 6-podstawionych 3-metylidenotetrahydro-piran-4-onów* – promotor prof. dr hab. inż. Tomasz Janecki – Instytut Chemii Organicznej;
- mgr inż. Natalia Błaszczuk – wyróżnienie za pracę pt. *Zastosowanie technik chromatograficznych w analizie produktu transestryfikacji olei roślinnych* – promotor dr hab. inż. Tomasz Maniecki, prof. PŁ – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej.

Na Konkurs ogłoszony jesienią 2020 r. zgłoszono 10 prac dyplomowych, w tym 8 magisterskich i dwie inżynierskie, a Laureatami były:

- mgr inż. Ewelina Kowalska – nagroda I stopnia za pracę pt. *Opracowanie enancjoselektywnej metody syntezy 2,2,6-tripodstawionych 5-metylidenotetrahydropiran-4-onów* – promotor prof. dr hab. inż. Tomasz Janecki – Instytut Chemii Organicznej, opiekun mgr inż. Tomasz Bartosik;
- mgr inż. Karolina Beton – nagroda II stopnia za pracę pt. *Analiza biochemiczna komórek prawidłowych i nowotworowych ludzkiego jelita suplementowanych witaminą C metodą obrazowania Ramana*, – promotor dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. PŁ – Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej;
- mgr inż. Justyna Malinowska nagroda III stopnia za pracę pt. *Odpady bawełniane jako alternatywny surowiec do wytwarzania podłuż fermentacyjnych* – promotor dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. PŁ – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej;
- mgr inż. Justyna Kowalska – wyróżnienie za pracę pt. *Wykorzystanie kwasów 2-pirydylooctowych w asymetrycznej dekarboksylatywnej addycji Michaela* – promotor dr hab. inż. Anna Albrecht, prof. PŁ – Instytut Chemii Organicznej;



- mgr inż. Przemysław Misztalski – wyróżnienie za pracę pt. *Określenie przyczyn dezaktywacji katalizatora stosowanego w analizatorze OWO na podstawie badań jego składu i tekstury* – promotor dr inż. Andrzej Żarczyński – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej [3].

W rywalizacji konkursowej rozpoczętej jesienią 2021 r. uczestniczyło 7 prac dyplomowych. Laureatami Konkursu OŁ SITPChem rozstrzygniętego w styczniu 2022 r. zostały:

- mgr inż. Piotr Wysocki – nagroda I stopnia za pracę pt. *Właściwości monomechaniczne i biochemiczne komórek ludzkiego przewodu pokarmowego metodą AFM i obrazowania Ramana* – promotor dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. PŁ – Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej;
- mgr inż. Daria Dendek – nagroda II stopnia za pracę pt. *Zastosowanie metod chromatograficznych do badań gazów i cieczy poprocesowych wydzielających się podczas rozszczelnienia się opakowań ciśnieniowych* – promotor dr hab. inż. Tomasz Maniecki, prof. PŁ – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej;
- mgr inż. Aleksandra Stępniewska – wyróżnienie za pracę pt. *Synteza hybryd 2,6-dipodstawionych 3-metylidenotetrahydropiran-4-anów z fragmentem cytralu* – promotor prof. dr hab. inż. Tomasz Janecki – Instytut Chemii Organicznej, opiekun mgr inż. Tomasz Bartosik;
- mgr inż. Karolina Jarota – wyróżnienie za pracę pt. *Skład wielopierwiastkowy próbek tytoniu jako potencjalne narzędzie służące do ich rozróżniania względem wybranych*

*parametrów* – promotor dr inż. Aleksandra Pawlaczyk – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej;

- mgr inż. Katarzyna Wieczorek – wyróżnienie za pracę pt. *Analiza i ocena preparatów niebazujących na związkach miedzi, ograniczających powstawanie sadzy oraz emisję zanieczyszczeń z pieców na paliwa stałe* – promotor dr inż. Andrzej Żarczyński – Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej [4].

Konkurs cieszy się niezmiennie dużą popularnością, szczególnie na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej. Od początku rywalizacji konkursowej szczególnie duży udział miał w tym inż. Jerzy Leo – przez wiele lat wiceprezes Zarządu OŁ SITPChem i sekretarz Komisji Konkursowej, od jesieni 2021 r. do czerwca 2022 r. pełniący także obowiązki prezesa OŁ Stowarzyszenia. Kolega Jerzy Leo zawsze aktywnie propagował Konkurs, a także starał się zainteresować dyplomantów i pracowników Politechniki Łódzkiej działalnością Stowarzyszenia. Wymiernym efektem tych zabiegów była bieżąca współpraca nauczycieli akademickich, doktorantów i absolwentów Wydziału Chemicznego PŁ, a także akces niektórych z nich do OŁ SITPChem. W dniu 2 czerwca 2022 r. na zebraniu Koła SITPChem w Politechnice Łódzkiej prezesem Koła została wybrana dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. PŁ, prodziekan Wydziału Chemicznego PŁ ds. studenckich. Z kolei uczestnicy Walnego Zebrania OŁ SITPChem wybrali na stanowisko prezesa Oddziału dr hab. inż. Annę Masek, prof. PŁ. Można więc mieć pewność, że konkursy SITPChem będą dalej organizowane w OŁ Stowarzyszenia, a młodzi



Mgr inż. Marlena Śmiechowska przedstawia główne tezy wyróżnionej pracy magisterskiej na posiedzeniu OŁ SITPChem w dniu 3 kwietnia 2019 r., fot. Andrzej Żarczyński





Uczestnicy uroczystości wręczenia nagród i dyplomów Oddziału Łódzkiego SITPChem w dniu 6 grudnia 2021 r., fot. Andrzej Żarczyński [3]

adeptów chemii oraz niektórzy ich promotorzy zasilą jego szeregi. Na początku grudnia 2022 r. ogłoszono nabór prac dyplomowych do kolejnego konkursu OŁ SITPChem [5].

### Literatura

[1] Regulamin Konkursu SITPChem na najlepszą pracę dyplomową z obszaru chemii dla absolwentów wyższych uczelni” – zatwierdzony przez Prezydium ZG SITPChem 8.11.2010 r.

[2] A. Żarczyński, 2017, Sukcesy prac dyplomowych absolwentów

Wydziału Chemicznego PŁ w konkursach SITPChem, Elikzir, 2(6), 30-32.

[3] J. Leo, A. Żarczyński, 2022, Nagrody w konkursie SITPChem, Życie Uczelni, 159, 18.

[4] J. Leo, A. Żarczyński, 2022, Nagrody i dyplomy w konkursie SITPChem za 2020-2021, Życie Uczelni, 160, 10.

[5] Konkurs SITPChem na najlepszą pracę dyplomową z obszaru chemii, Aktualności Wydziału Chemicznego PŁ, <https://chemia-p.lodz.pl/wydzial/aktualnosci/konkurs-sitpchem-na-najlepsza-prace-dyplomowa-z-obszaru-chemii>, 7.12.2022. ●



Uczestnicy uroczystości wręczenia nagród i dyplomów Oddziału Łódzkiego SITPChem w dniu 29 marca 2022 r., fot. Andrzej Żarczyński [4]



# XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej, PoKoChA 2022 (Łódź, 19-23 czerwca 2022)

## Wprowadzenie

W dniach 19-23 czerwca 2022 r. obradowała w formie stacjonarnej XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2022) w nowym gmachu Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej „Alchemium – Magia chemii jutra”. Nowoczesna architektura Alchemium sprzyjała prezentacji prac analitycznych, a od otwarcia obiekt jest świetną wizytówką łódzkiego środowiska chemików oraz poziomu rozwoju akademickiej Łodzi. PoKoChA 2022 została zorganizowana wspólnie przez Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej oraz Wydział Chemii Uniwersytetu Łódzkiego pod honorowym patronatem Komitetu Chemii Analitycznej PAN oraz Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Patronatem honorowym objęły naszą Konferencję również władze regionu i miasta: Marszałek Województwa Łódzkiego – Grzegorz Schreiber i Prezydent Miasta Łodzi – Hanna Zdanowska, jak również JM Rektorzy największych łódzkich uczelni: JM Rektor Uniwersytetu Łódzkiego prof. dr hab. Elżbieta Żądzińska oraz JM Rektor Politechniki Łódzkiej prof. dr hab. inż. Krzysztof Józwiak [1-3].

Każda konferencja, aby przebiegała sprawnie i z satysfakcją dla jej uczestników musi być profesjonalnie zorganizowana. O sprawną obsługę Konferencji oraz kwestie pobytu w Łodzi jej uczestników, a także możliwości organizacji im czasu wolnego zadbał Komitet Organizacyjny, złożony z pracowników, doktorantów i studentów Politechniki Łódzkiej (PŁ) oraz Uniwersytetu Łódzkiego (UŁ). Pracami Komitetu kierowały przewodniczące tegoż gremium – Panie Dziekan: prof. dr hab. inż. Małgorzata I. Szykowska-Józwiak – Wydział Chemiczny PŁ oraz prof. dr hab. Sławomira Skrzypek Wydział Chemii UŁ. Patronat medialny nad Konferencją PoKoChA 2022 sprawowały czasopisma naukowe: miesięcznik Przemysł Chemiczny (Wydawnictwo Sigma-Not), kwartalnik Analityka Nauka i Praktyka (Wydawnictwo Malamut) oraz Laboratorium Przegąd Ogólnopolski (Elamed Media Group).

## Obrady

W Konferencji PoKoChA 2022 wzięło udział ponad 340 naukowców, doktorantów i studentów z kraju oraz kilku zaproszonych gości zagranicznych, a także przedstawiciele firm współpracujących z uczelniami. Nad wysokim poziomem merytorycznym Konferencji czuwał Komitet Naukowy pod przewodnictwem prof. dr. hab. Bogusława Buszewskiego, przewodniczącego Komitetu Chemii Analitycznej PAN i członka rzeczywistego PAN. Prof. B. Buszewski (Katedra Chemii Środowiska i Bioanalitiky, Wydział Chemii & Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii Uniwersytet Mikołaja Ko-

pernika) wygłosił wykład inauguracyjny pt. „Quo Vadis chemio analityczna? Fascynujący świat chemii” autorstwa Bogusław Buszewski, Irena Baranowska (Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska), Renata Gadzała-Kopciuch (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu). Ów wykład stanowił wprowadzenie do panelu dyskusyjnego „Quo Vadis nauko, Quo Vadis chemio analityczna”, poprowadzonego przez prof. dr. hab. Piotra Stepnowskiego z Uniwersytetu Gdańskiego z udziałem panelistów: prof. dr hab. inż. Zbigniewa Brzózki (Politechnika Warszawska), prof. dr. hab. Pawła Kuleszy (Uniwersytet Warszawski), prof. dr hab. Izabeli Nowak (Wydział Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu) oraz dr hab. Dariusza Zuby, prof. IES (Instytut Ekspertyz Sądowych im. prof. dra Jana Sehna w Krakowie) [1, 2]. Drugi wykład plenarny wygłosił prof. Levent Pelit (Ege University Faculty of Science Department of Chemistry, Izmir, Turkey) pt. „Exhaled Breath Analysis as a Disease Diagnosis Tool” – Levent Pelit i Współautorzy. Trzeci wykład plenarny pt. „Sunscreen’s disinfection by products-emerging contaminants in swimming waters” przedstawiła prof. Polonca Trebše (University of Ljubljana, Faculty of Health Sciences, Słowenia). Kolejny wykład wygłosił prof. Valentin Mirceski (Institute of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University „Ss. Cyril and Methodius” in Skopje, Północna Macedonia. Piąty referat plenarny pt. „Advanced Ion Chromatography Solutions” przedstawił dr Joachim Weiss (Leopold-Franzens University, Institute of Analytical Chemistry and Radiochemistry, Innsbruck, Austria) [1, 3].

Prezentowane wyniki badań podczas XI Polskiej Konferencji Chemii Analitycznej dotyczyły różnych obszarów chemii analitycznej, a przedstawiali je wybitni naukowcy z zagranicy i wiodących ośrodków krajowych. Podczas konferencji przedstawiono 37 wykładów, 67 komunikatów i 182 postery, pogrupowane tematycznie w dziesięć sekcji: S1 – Analityka sądowa i toksykologiczna; S2 – Analityka środowiskowa i przemysłowa; S3 – Analityka żywności, surowców i produktów żywnościowych; S4 – Analiza farmaceutyczna, biomedyczna i produktów naturalnych; S5 – Analiza spektralna; S6 – Podstawowe problemy technik analitycznych; S7 – Chemometria i metrologia chemiczna; S8 – Chromatografia i techniki pokrewne; S9 – Elektroanaliza i S10 – Nauczanie chemii analitycznej. Dodatkowo, uczestnicy obrad mogli wysłuchać 30 komunikatów wygłoszonych w ramach konkursowej Sesji Młodych – S11 przez najmłodszych adeptów chemii analitycznej [1, 2].

Streszczenia wystąpień plenarnych, referatów konferencyjnych, komunikatów ustnych i posterowych zostały



Fot. 1. Przemawia J.M. Rektor Politechniki Łódzkiej – prof. dr hab. inż. Krzysztof Józwiak – otwarcie XI Polskiej Konferencji Chemii Analitycznej (PoKoChA 2022), fot. Elżbieta Maćkiewicz

opublikowane w pliku internetowym pt. Książka Abstraktów PoKoChA\_2022 [1, 3].

### Nagrody

Na zakończenie Konferencji przyznano niżej wymienione nagrody, medale i wyróżnienia. Za najlepsze prezentacje ustne przyznano młodym naukowcom: I nagrodę – Oskar Ronda z Politechniki Gdańskiej, II nagrodę – Agata Jagielska z Uniwersytetu Warszawskiego oraz III nagrodę – Marta Magnucka z Uniwersytetu A. Mickiewicza w Poznaniu [4].

Dzięki sponsorom przyznano dodatkowe nagrody ufundowane przez firmy. Nagrody MS Spektrum otrzymali: Jacek Sikorski z Politechniki Warszawskiej i Paulina Sobczak z Politechniki Łódzkiej oraz z Pro-Environment: Marcin Musielak z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach i Magdalena Gajek z Politechniki Łódzkiej. Uhonorowano także najlepsze postery, których pierwszymi autorami byli: Larya Lamaka (Uniwersytet Opolski), Daria Śmigiel-Kamińska (Uniwersytet Gdański), Yana Tkaczenko (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza), Agata Zwara (Uniwersytet Gdański), Paulina Gałtarek (Politechnika Łódzka), Dominik Żyro (Uniwersytet Medyczny w Łodzi) oraz Sylwia Smarzewska (Uniwersytet Łódzki). Została także przyznana nagroda publiczności, którą otrzymał plakat prezentowany przez Anitę Raducką (Politechnika Łódzka) [2, 4].



Fot. 2. Uczestnicy pierwszego dnia obrad XI Polskiej Konferencji Chemii Analitycznej w Łodzi, fot. Elżbieta Maćkiewicz

Medale Central European Group for Separation Sciences otrzymali: prof. dr hab. inż. Joanna Kałużna-Czaplińska (Politechnika Łódzka) oraz prof. dr hab. Rafał Głowacki (Uniwersytet Łódzki). Medale związane z działalnością na rzecz Komitetu Chemii Analitycznej PAN otrzymali: prof. dr hab. Paweł Kościelniak (Uniwersytet Jagielloński, Kraków) oraz dr hab. Anna Poliwoda, prof. UOp (Uniwersytet Opolski). Medalem im. Profesora Andrzeja Waksmundzkiego zostali uhonorowani: prof. dr Levent Pelit (Uniwersytet Ege w Izmirze, Turcja, kategoria „Obcokrajowiec”) oraz Piotr Ostreęga, prezes firmy Perlan Technologies (kategoria „Polak”). Nagroda „za wybitne osiągnięcia w zakresie chemii analitycznej” trafiła do dr hab. Renaty Wietecha-Posłuszny, prof. UJ (Uniwersytet Jagielloński, Kraków). Nagroda ta sponsorowana była przez firmę „Shim-Pol A.M. Borzymowski”, E. Borzymowska-Reszka, A. Reszka, Sp. J. Laureatem konkursu, w ramach którego wyłoniono „wyróżniającą się habilitację z dziedziny chemii analitycznej”, został dr hab. Łukasz Pótorak (Uniwersytet Łódzki; fundator nagrody to AlChem Grupa Sp. z o.o.).

Wręczono także nagrody za najlepsze prace doktorskie. Nagrodę w tej kategorii w zakresie „rozwoju i stosowania technik przygotowania próbek do analizy” przyznano dla dr inż. Marty Bystrzanowskiej (Politechnika Gdańska; nagrodę tę ufundowała firma WITKO). Za najlepszą pracę doktorską związaną z „rozwojem technik rozdzielania” uznano doktorat dr Anny Król-Górniak (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu; nagroda ufundowana została przez firmę Perlan Technologies). Z kolei za najlepszą pracę doktorską związaną z „rozwojem chemii analitycznej” uznano pracę dr inż. Moniki Śmiełowskiej (Politechnika Gdańska; nagroda ufundowana przez firmę Polygen). Za najlepszą pracę doktorską w „dziedzinie spektrometrii mas” uznano pracę dr Justyny Wojcieszek (Politechnika Warszawska; nagroda ufundowana przez firmę Anchem), a za najlepszą rozprawę doktorską „z elektrochemii” dla dr Marii Madej (Uniwersytet Jagielloński, Kraków; nagroda ufundowana przez firmę nLab Sp. z o.o.) [4].

### Podsumowanie

Chemia analityczna zajmuje centralne miejsce wśród nauk przyrodniczych, ze względu na jej interdyscyplinarny charakter, a nade wszystko, uniwersalizm w interpretacji przemian i zjawisk zachodzących na poziomie molekularnym i komórkowym. Z tym wiąże się wybór odpowiedniej, skutecznej metody pomiarowej oraz możliwość połączenia jej z inną kompatybilną (off-line, on-line) i komplementarną techniką np. sprzężenie ze spektrometrią mas (MS). Połączenie z odpowiednią techniką przygotowania próbek umożliwia oznaczanie substancji na poziomie śladów. Pozwala to realizować oznaczanie zgodnie z dobrą praktyką laboratoryjną (GLP) i dobrą praktyką wytwarzania (GMP), gwarantuje to dobrą jakość uzyskanych wyników (QC/QA), co podkreślał podczas wykładu plenarnego prof. B. Buszewski [3].



Zagadnienia powyższe były przedmiotem rozważań nt. osiągnięć i postępu w zakresie chemii analitycznej, w tym na tle rozwoju chemii, zarówno przez członków Komitetu Chemii Analitycznej PAN jak i reprezentantów różnych ośrodków akademickich oraz badawczych w Polsce, wskazując jednocześnie kierunki dalszego rozwoju tych nauk.

W czasie Konferencji jej uczestnicy mogli spędzić kilka dni w Łodzi, mieście o ciekawej zabudowie secesyjnej i przemysłowej, z licznymi obiektami służącymi kulturze, a także pięknymi parkami dającymi wypoczynek na łonie przyrody. Wykłady naukowe, komunikaty, prezentacje posterowe i sponsorów, program kulturalny, miła atmosfera, a także kuluarowe rozmowy uczestników Konferencji dobrze służyły wymianie poglądów i doświadczeń, a tym samym rozwojowi technik analitycznych.

### Bibliografia

1. Strona w Internecie: XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej, (Łódź, 19-23 czerwca 2022), <https://pokocha.p.lodz.pl>, 12.03.2023.
2. Komitet Organizacyjny Konferencji PoKoChA 2022, Analitycy pokochali Łódź, Przemysł Chemiczny, 12, 1063-1964, 2022.
3. Plik Książka abstraktów PoKoChA\_2022, XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej, Quo vadis nauka, quo vadis analityka? (Łódź, 19-23 czerwca 2022), [https://www.pokocha.p.lodz.pl/pliki/Ksiazka\\_abstraktow\\_PoKoChA\\_2022.pdf](https://www.pokocha.p.lodz.pl/pliki/Ksiazka_abstraktow_PoKoChA_2022.pdf), 12.03.2023.
4. Nagrody PoKoChA, <https://www.pokocha.p.lodz.pl/informacje/nagrody-pokocha>, 12.03.2023.

● dr inż. Andrzej Żarczyński,  
Politechnika Łódzka,  
Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej

## XXV Konferencja „Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej”

W dniach 12-13 grudnia 2022 r. w trybie stacjonarnym obradowała w Łodzi Jubileuszowa XXV Konferencja „Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej”, o zasięgu ogólnopolskim, zorganizowana przez Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej oraz firmę INTERTECH POLAND. Obrady odbywały się w „Alchemium – Magia chemii jutra”, nowoczesnym gmachu Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. Konferencja dotyczyła najnowszych technik pomiarowych w analizie śladowej i izotopowej oraz zagadnień związanych z przygotowaniem próbek do analizy laboratoryjnej i terenowej, kontrolą jakości wyników analitycznych, metrologią jak również chemią sądową i kryminalistyką [1]. Konferencja była dedykowana pamięci prof. dr hab. inż. Tadeusza Paryjczaka, wieloletniego Przewodniczącego jej Komitetu Naukowego. Prof. T. Paryjczak praktycznie całe życie zawodowe związał z Wydziałem Chemicznym, którym jako Dziekan kierował przez ponad dwadzieścia lat. Stworzył wiodący w Polsce i poza granicami kraju kierunek badawczy – adsorpcja i kataliza. Profesor został uhonorowany godnością doktora honoris causa przez Politechnikę Łódzką oraz Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, a także wyróżniony wieloma medalami, krzyżami zasługi i odznaczeniami [1, 2]. Konferencja była objęta patronatem honorowym JM Rektora Politechniki Łódzkiej prof. dra hab. inż. Krzysztofa Józwicka oraz Komitetu Chemii Analitycznej PAN [1].

W Jubileuszowej XXV Konferencji „Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej”, wzięło udział ponad 100 naukowców, przedstawicieli firm, doktorantów i studentów. Nad wysokim poziomem merytorycznym prezentowanych prac czuwał Honorowy Komitet Naukowy XXV Konferencji. Obrady



*Tablica pamiątkowa poświęcona pamięci prof. dr hab. inż. Tadeusza Paryjczaka usytuowana przy auli Jego imienia na II piętrze Alchemium, fot. Andrzej Żarczyński*

otworzyła dziekan Wydziału Chemicznego prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska-Józwick (PŁ, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej), przy udziale Współorganizatorów tego wydarzenia – mgr. inż. Jarosława Grodowskiego (Intertech Poland) oraz dr. Sławomira Garbosia (Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego Państwowego Zakładu Higieny – Państwowy Instytut Badawczy, NIZP-PZH-PIB). W otwarciu Konferencji uczestniczył i przemówienie wygłosił JM. Rektor Politechniki Łódzkiej – prof. dr hab. inż. Krzysztof Józwick. Wszystkich uczestników konferencji przywitani także Przewodniczący Komitetu Chemii Analitycznej Polskiej Akademii Nauk, prof. dr hab. Bogusław Buszewski oraz Prezes Polskiego Towarzystwa Chemicznego prof. dr hab. Izabela Nowak.



*Uroczystość otwarcia XXV Konferencji pt. Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej – przemawia prof. dr hab. inż. Krzysztof Józwick – rektor Politechniki Łódzkiej, fot. Michał Binczarski*

Wobec faktu, że Konferencja była poświęcona pamięci prof. T. Paryjczaka jako pierwszy referat przedstawił dr hab. inż. Ireneusz Kocemba, prof. PŁ, (Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej) pt. „Profesor Tadeusz Paryjczak – mój nauczyciel i mistrz”. W referacie Prelegent bardzo ciekawie przedstawił sylwetkę prof. Tadeusza Paryjczaka, jego zasługi dla Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej, a także wkład w rozwój nauki. Przedstawił także relacje własne z Profesorem, a także ogólne pracowników, doktorantów i studentów. Profesor Tadeusz Paryjczak pozostawił po sobie bogaty dorobek naukowy, organizacyjny i wypromowanych doktorantów, z których część uzyskała już tytuł naukowy. Ale pozostawił jeszcze coś innego, także niezwykle istotnego. Otóż podkreślał i swoim życiem tego dowiódł, że trzeba mieć pasję do tego co się robi, rodzina powinna być zawsze na pierwszym planie, a w relacjach z innymi ludźmi powinniśmy się zawsze kierować uśmiechem i życzliwością [3].

Prezentowane wyniki badań podczas XXV Konferencji dotyczyły różnych obszarów chemii analitycznej, a przedstawiali



*Komitet Organizacyjny XXV Konferencji „Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej”, fot. Michał Binczarski*

je wybitni naukowcy z wiodących ośrodków krajowych. Podczas konferencji wygłoszono 20 wykładów, sześć prezentacji firmowych (sponsorów) oraz zaprezentowano 33 postery naukowe. Wykłady były pogrupowane w pięć sesji naukowych, z których trzy odbyły się w dniu otwarcia Konferencji, a dwie dnia następnego. Z kolei postery były prezentowane przez cały okres trwania obrad.

Komitet Organizacyjny XXV Konferencji składał się z pracowników i doktorantów Politechniki Łódzkiej pod przewodnictwem prof. dr hab. inż. Małgorzaty Iwona Szynkowskiej-Józwick, we współpracy z organizatorami zewnętrznymi, tj. mgr. inż. Jarosławem Grodowskim (Intertech Poland) oraz dr. Sławomirem Garbosiem (NIZP PZH-PIB).

Na zakończenie Konferencji przyznano dwie pierwsze nagrody zespołowe i wyróżnienie za najlepsze prezentacje posterowe. Adresatem pierwszej nagrody był zespół w składzie Magda Zabielska (Szkola Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet w Białymstoku), Elżbieta Zambrzycka-Szelewa i Beata Godlewska-Żyłkiewicz (obie Panie Wydział Chemii, Uniwersytet w Białymstoku), za pracę pt. „Sekwencyjne oznaczanie Rh(III), Pd(II) i Ru(III) techniką HR-CS FAAS w katalizatorach samochodowych”. Pierwszą nagrodą uhonorowano także poster zespołu: Elżbieta Maćkiewicz, Wiktoria Szałowska, Aleksandra Pawlaczyk, Małgorzata Iwona Szynkowska-Józwick (Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, PŁ) pt. „Analiza pierwiastkowa wybranych produktów do pielęgnacji włosów”. Z kolei wyróżnienie przyznano zespołowi w składzie: Katarzyna Zielińska, Michał Binczarski, Aleksandra Pawlaczyk, Małgorzata Iwona Szynkowska-Józwick, Izabela Witońska za poster pt. „Zastosowanie analizy wielowymiarowej do identyfikacji win czerwonych ze szczepu CABERNET SAUVIGNON na podstawie informacji uzyskanych techniką GC-MS” (Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, PŁ).

W ramach części rekreacyjnej XXV Konferencji miało miejsce spotkanie towarzyskie w klubie Broadway 18, znajdującym się w centrum miasta, gdzie wystąpiły zespoły „Hot Plasma Orchestra”, „Kwiat Jabłoni” i zaproszeni Goście.

### Literatura

[1] M. Iwona Szynkowska-Józwick (red. nauk), S. Garboś (red. nauk), 2022, Plik XXV Konferencja Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej, s. 3, 12-13 grudnia 2022, Łódź, IChOIE, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, Intertech Poland, [https://25konferencja.p.lodz.pl/pliki/XXV\\_Konferencja\\_%C5%81%C3%B3d%C5%BA\\_16-12-2022.pdf](https://25konferencja.p.lodz.pl/pliki/XXV_Konferencja_%C5%81%C3%B3d%C5%BA_16-12-2022.pdf), 09,03, 2023.

[2] J. Rynkowski, 2019, Tadeusz Paryjczak – wspomnienia, Elixir, 9, 6-7.

[3] I. Kocemba, Profesor Tadeusz Paryjczak – mój nauczyciel i mistrz, poz. [1], s. 11.

● dr inż. Andrzej Żarczyński,  
Politechnika Łódzka,  
Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej



## Kim jesteśmy?

ANWIL to jedna z największych spółek w Grupie ORLEN, mająca znaczący wpływ na budowę wartości jej segmentu petrochemicznego. Powstała w 1966 roku, gdy zapadła decyzja o budowie zakładu wytwarzającego nawozy azotowe. Firma jest ich drugim co do wielkości producentem w kraju, oferuje saletrę amonową oraz saletrzaki z dodatkiem magnezu i siarki. ANWIL jest jedynym w Polsce producentem suspensyjnego polichlorku winylu.

Spółka jest największym pracodawcą w regionie kujawsko-pomorskim – obecnie zatrudnia ponad 1600 osób i prowadzi propracowniczą politykę kadrową wedle najwyższych standardów. ANWIL w 2020 r. po raz pierwszy otrzymał tytuł Top Employer i od tego czasu co roku jest wymieniany w gronie najlepszych pracodawców w Polsce.

W ANWILU ważny jest rozwój i konsekwentne myślenie o przyszłości. Obecnie realizowana jest najważniejsza dla spółki i jedna z istotnych dla Grupy ORLEN inwestycja w rozbudowę mocy produkcyjnych nawozów. Dzięki temu pojawią się 4 nowe produkty w ofercie dla polskiego rolnictwa, a krajowy rynek będzie zabezpieczony w nawozy najwyższej jakości. Już niebawem ANWIL będzie wytwarzał blisko 1,5 miliona ton nawozów rocznie, czyli niemal 50 procent więcej niż do tej pory.



## Mamy zaangażowanych pracowników i uznanie ekspertów

Rozmowa z Andrzejem Kisielewskim, dyrektorem Obszaru Personalnego w ANWIL S.A.

### Włocławski ANWIL znów znalazł się w doborowym gronie najlepszych pracodawców...

Tak, a właściwie to jest w nim od kilku lat. Po raz trzeci z rzędu otrzymaliśmy prestiżowe wyróżnienie Top Employer Polska. To cenny tytuł, bo przyznawany przez grono niezależnych ekspertów, którzy zanim podejmą decyzję o jego wręczeniu, odpowiednio wcześniej analizują, badają i porównują dane i udzielane przez pracodawców odpowiedzi z zakresu obszaru kadr oraz CSR. Top Employers Institute znów uznał realizowaną przez nas politykę personalną za wzorową i odpowiadającą obowiązującym na świecie najwyższym standardom.

Trzeba podkreślić, że badanie certyfikujące w tegorocznej edycji było wyjątkowe, bo oprócz tematów dotyczących środowiska i warunków pracy, oferty socjalnej, szkoleń i rozwoju oraz generalnie strategii HR, wnikliwemu przeglądowi poddane zostały kwestie decyzji i podjętych działań w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników w czasie pandemii COVID-19. To była nowość, ale też ko-

nieczna odpowiedź na otaczającą nas rzeczywistość.

### Jakie aspekty zostały najlepiej ocenione przez audytorów?

Kontynuując ostatni wątek, przede wszystkim odpowiedzialnie i skutecznie zareagowaliśmy na sytuację pandemiczną, wprowadziliśmy odpowiednie procedury i zabezpieczyliśmy pracowników sięgając po niezbędne środki i metody odpowiadające zarówno specyfice obszaru produkcji, jak również administracji. To doświadczenie pokazało, że jesteśmy sprawną i elastyczną organizacją, która potrafi poradzić sobie nawet z nieprzewidywalną i trudną sytuacją. Oczywiście, niezmiennie jak co roku, ekspertów Top Employers Institute interesowały także sprawy związane z jakością oferowanych świadczeń pracowniczych, ścieżki rozwoju kariery zawodowej, budowania kompetencji i nabywania praktycznej wiedzy.

Kolejny rok z rzędu potwierdziliśmy, iż nasi pracownicy niezmiennie mogą liczyć na zapewnienie bezpieczeństwa zatrudnienia, możliwość rozwoju i poszerzania kompetencji,

a także dodatkową opiekę medyczną, tak ważną szczególnie w obecnej sytuacji. Co istotne, bogata paleta benefitów pozwala skorzystać ze świadczeń nie tylko pracownikom, ale także ich rodzinom.

#### **Pracownicy są ważną częścią przedsiębiorstwa?**

ANWIL jest spółką należącą do multienergetycznego, działającego na globalnych rynkach, koncernu. Jako podmiot należący do Grupy ORLEN, przestrzegamy wspólnego kodeksu etycznego i kierujemy się tymi samymi wartościami. Jedną z nich są LUDZIE – to oni są najważniejszym kapitałem dla firmy. W pracownikach trzeba inwestować, dać im możliwości dodatkowego kształcenia, potrafić ich motywować, by sami czuli się współodpowiedzialni za firmę i jej wyniki biznesowe. Zadowolenie pracowników przekłada się na codzienne wypełnianie obowiązków i stanowi ważny czynnik decydujący o potencjale spółki. Takie właśnie podejście dominuje w realizowanej w naszej spółce Polityce zarządzania Potencjałem Pracowników Grupy Kapitałowej ORLEN.

To także jeden z powodów, dla którego młodzi ludzie mogą zainteresować się rozwojem swojej kariery właśnie w ANWILU. Jesteśmy firmą nowoczesną, z dobrze przygotowaną ofertą świadczeń i warunków zatrudnienia. Od wielu już lat w spółce pierwsze doświadczenia i wiedzę zdobywają uczestnicy programów stażowych i praktyk. Dla części z nich to początek dłuższej zawodowej przygody, bo okazuje się, że wiążą się z ANWILEM na stałe. Swoje miejsce znajdą u nas reprezentanci wielu obszarów biznesowych, uczniowie i studenci kierunków technicznych i chemicznych.



Jesteśmy otwarci na młode pokolenie pracowników, którym zapewniamy skuteczne narzędzia do rozwoju oraz wsparcie naszych doświadczonych ekspertów.

#### **Jednak filozofia zarządzania przedsiębiorstwem nie opiera się tylko na kapitale ludzkim?**

Drugi kierunek tej filozofii nierozdzielnie związany z pracownikami, to rozwój. Zarówno w wymiarze personalnym, jak i biznesowym, czyli budującym wartość przedsiębiorstwa. W ANWILU stawiamy odważnie na rozwój. Realizujemy największą w historii spółki inwestycję w rozbudowę mocy produkcyjnych nawozów, która ma duże znaczenie dla gospodarki krajowej.

Proszę pamiętać, że każda decyzja o wdrażaniu projektów rozwojowych w konsekwencji ma przynieść nie tylko korzyści biznesowe, ale co równie ważne, oznacza nowe miejsca pracy. W dzisiejszej rzeczywistości oferta zatrudnienia u rzetelnego, odpowiedzialnego, stabilnego i największego



pracodawcy w regionie kujawsko-pomorskim jest w mojej ocenie niezwykle cenną na rynku pracy. Bycie największym pracodawcą w regionie to dla nas odpowiedzialność i zobowiązanie nie tylko wobec zatrudnionych w ANWILU, ale także i lokalnej społeczności.

Zapraszam więc do śledzenia naszej strony oraz korporacyjnych mediów społecznościowych. Możemy razem wyznaczać trendy i wzmacniać pozycję lidera, jakim jest nasza firma.

\* \* \*

### Tu warto odbyć staż

Aktywnie wspieramy młode talenty w ramach płatnych programów stażowych. Ambitni studenci dołączają do naszych zespołów projektowych w obszarach produkcji nawozów, tworzyw sztucznych, energetyki i gospodarki wodno-ściekowej oraz rozwoju.

Osoby stawiające pierwsze kroki w swojej karierze zapra-

szamy do programów stażowych „Z ANWILEM na start” oraz „Kierunek ORLEN”, które umożliwiają zdobycie praktycznej wiedzy i unikalnego doświadczenia pod okiem ekspertów.

Podczas realizacji staży zapewniamy również rozwój kompetencji, satysfakcjonujące wynagrodzenie oraz możliwość zatrudnienia po stażu.

Tym, którzy zostają z nami na stałe dodatkowo gwarantujemy:

- atrakcyjny system premii i nagród;
- bogaty pakiet benefitów: opiekę medyczną, badania profilaktyczne, ubezpieczenie na życie,
- karty sportowe, karty zakupowe i zniżkowe na paliwo, programy emerytalne i oszczędnościowe,
- dofinansowanie urlopu, nauki i wypoczynku dzieci i młodzieży;
- możliwości rozwoju poprzez udział w różnych formach szkoleń oraz warsztatów.

Odwiedź naszą stronę [www.anwil.pl](http://www.anwil.pl) i dowiedz się więcej

## GALVO S.A. – wybitnie fundamentalny podmiot o określonej strukturze majątku i określonym poziomie realizowanych zamówień



Ryszard Szczepaniak Galvo SA

Galvo S.A. to wiodąca na rynku firma, oferująca szereg rodzajów specjalistycznych pokryć na metalach, które następnie znajdują zastosowanie w poszczególnych gałęziach przemysłu. Spółka prowadzi działalność z zakresu galwanizowania, czyli chemicznej i elektrochemicznej obróbki powierzchni metalowych. Wykonuje procesy chromowania, cynkowania kwaśnego i alkalicznego, srebrzenia, cynowa-

nia, niklowania chemicznego, fosforowania, miedziowania i inne specjalistyczne pokrycia. Uzyskane powłoki spełniają funkcje ochronne oraz nadają pożądane właściwości techniczne np.: twardość, odporność na ścieranie i inne. Na przykład detal aluminiowy pokrywany jest srebrem po to, aby poprawić przewodność elektryczną i żeby wygasić tzw. łuk elektryczny, który mógłby powstać w wyniku kontaktu z innym metalem. Z kolei miedź pokrywana jest srebrem po to, aby poprawić jakość kontaktu i równocześnie zabezpieczyć samą miedź przed utlenianiem. W ten sposób poprawiane są zdolności antykorozyjne, właściwości ślizgowe lub właściwości elektryczne danego detalu. Pokrycia galwaniczne dokonywane są pod kątem szczegółowych wytycznych otrzymanych od konstruktora, który wyznacza je z myślą o konkretnym urządzeniu, w którym dany detal będzie zamontowany.

Profil działalności Galvo S.A. jest typowo usługowy, a tym co faktycznie wyróżnia spółkę na tle innych podmiotów z branży galwanicznej jest fakt, że koncentruje się na elastycznym podejściu do potrzeb poszczególnych klientów,



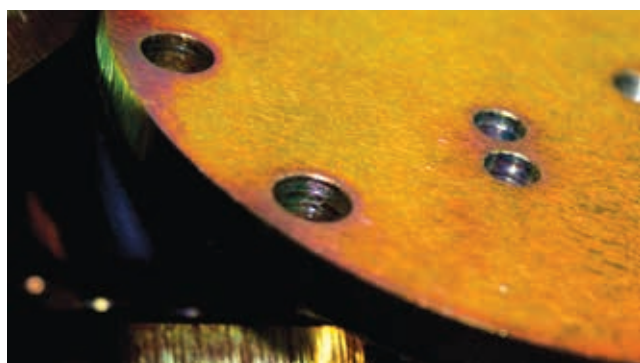
którzy szukają pewnych specjalistycznych rozwiązań – często indywidualnych i wymagających wybranego rodzaju wiedzy oraz pracy, jak również specjalistycznej technologii. Spółka skupia się na produkcji detali złożonych, skomplikowanych i zindywidualizowanych technologicznie w mniejszych seriach. W zależności od tego czy obróbce galwanicznej poddany zostanie detal dedykowany dla elektrowni czy detal dedykowany dla przemysłu lotniczego muszą być spełnione określone wymagania, które gwarantują bezpieczeństwo i odpowiednią funkcjonalność.

Galvo S.A. wykonuje usługi galwanizacji w dużej mierze na rzecz sektora energetycznego, gdzie kluczowe znaczenie ma srebrzenie i cynowanie miedzi, ale także aluminium, co jest dosyć trudnym procesem, niemniej spółka wypracowała już w tym zakresie własne know-how, co jest niewątpliwie jej dużym atutem w tej części Europy. Poza wspomnianą energetyką firma świadczy także usługi na rzecz innych gałęzi przemysłu, w tym także w pewnej skali automotive'u. Portfel klientów Galvo S.A. jest zdywersyfikowany, a tworzą go podmioty bardzo prestiżowe, często z najwyższej półki producentów europejskich i światowych, o szczególnie wysokich wymaganiach technologicznych, dla których składowe produktu nie powstają poprzez typową i seryjną produkcję, a oferowane pokrycia są dość specjalistyczne i realizowane na względnie przemysłową skalę.

Galvo S.A. to również zatwierdzony dostawca ABB w Europie czyli jednego z największych na świecie producentów transformatorów dystrybucyjnych, transformatorów mocy oraz materiałów izolacyjnych, co oznacza że spółka posiada odpowiednie zdolności technologiczne, które zostały wcześniej zweryfikowane i potwierdzone licznymi audytami po stronie tak dużego odbiorcy.

Wszystkie procesy wykorzystywane przez Galvo S.A. są przy tym automatyczne i realizowane z użyciem automatycznych linii galwanicznych, choć w posiadaniu spółki znajduje się także półautomatyczna linia służąca do obróbki detali o bardziej złożonych kształtach albo takich, które trzeba obrabiać selektywnie np. tylko z jednej strony, jednocześnie nie zanurzając całego detalu w kąpeli galwanicznej. Jednocześnie Galvo S.A. stawia na ekologię i nieszkodliwość substancji, które używa w procesie galwanizacji, co oznacza że wszelkie substancje kancerogenne zostały całkowicie wyeliminowane.

**Galvo S.A. jest spółką publiczną, przez co w pełni transparentną, mierzalną i wiarygodną operacyjnie, a jej akcje notowane są na rynku alternatywnym New Connect, prowadzonym przez warszawską Giełdę Papierów Wartościowych.**



# przemysł chemiczny



Miesięcznik Naukowo-Techniczny Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego



INŻYNIERIA CHEMICZNA TECHNOLOGIA CHEMICZNA RYNEK BRANŻA WYDARZENIA

**Przemysł Chemiczny** jest najstarszym polskim czasopismem w branży chemicznej, wydawanym od 1917 roku.

Miesięcznik od 1964 r. jest notowany na tzw. liście filadelfijskiej najlepszych naukowych pism świata (**IF za 2022 r. wynosi 0,490**).

Miesięcznik adresowany jest do **menedżerów przemysłu chemicznego, inżynierów i technologów w przemyśle, projektantów w biurach projektowych oraz pracowników naukowych w instytutach naukowo-badawczych i na wyższych uczelniach oraz studentów chemii.**

Wszystkie publikowane prace poddawane są recenzji. Ministerstwo Edukacji i Nauki przyznaje autorom opublikowanych prac **70 pkt za każdy artykuł.**

**przemysł  
chemiczny**

#### KONTAKT - REDAKCJA

☎ (22) 818 51 71  
✉ przemyslchemiczny@sigma-not.pl  
🌐 przemyslchemiczny.com

#### KONTAKT - WYDAWCA

☎ (22) 818 09 18  
✉ sekretariat@sigma-not.pl  
🌐 www.sigma-not.pl

# Kierunki studiów na Wydziale Chemicznym PŁ

## Studia I stopnia – inżynierskie

### Kierunek: Chemia

#### Specjalność:

- Chemia biomedyczna
- Chemia materiałów polimerowych
- Kontrola jakości w chemii
- Synteza organiczna i bioorganiczna

### Kierunek: Chemia budowlana

### Kierunek: Nanotechnologia

#### Specjalność:

- Nanomateriały funkcjonalne
- Polimerowe materiały inżynierskie

### Kierunek: Analityka Chemiczna

### Kierunek: Technologia chemiczna

#### Specjalność:

- Gospodarka odpadami
- Technologia barwników i chemii gospodarczej
- Technologia chemiczna organiczna
- Technologia polimerów
- Technologie biomedyczne

### Kierunek: Informatyka w ochronie środowiska

#### Specjalność:

- Technologie EEIA w ochronie środowiska
- Technologie środowiskowe

**Kierunek studiów inżynierskich  
w języku angielskim**

## Studia II stopnia – magisterskie

### Kierunek: Chemia

#### Specjalność:

- Chemia analityczna i strukturalna
- Chemia medyczna
- Materiały inteligentne
- Nowoczesna synteza i analiza organiczna
- Techniki fizykochemiczne i obliczeniowe w chemii, biologii i medycynie

### Kierunek: Chemia budowlana (w konserwacji i restauracji budynków)

### Kierunek: Nanotechnologia

### Kierunek: Nanotechnologia – język angielski

### Kierunek: Chemia w kryminalistyce

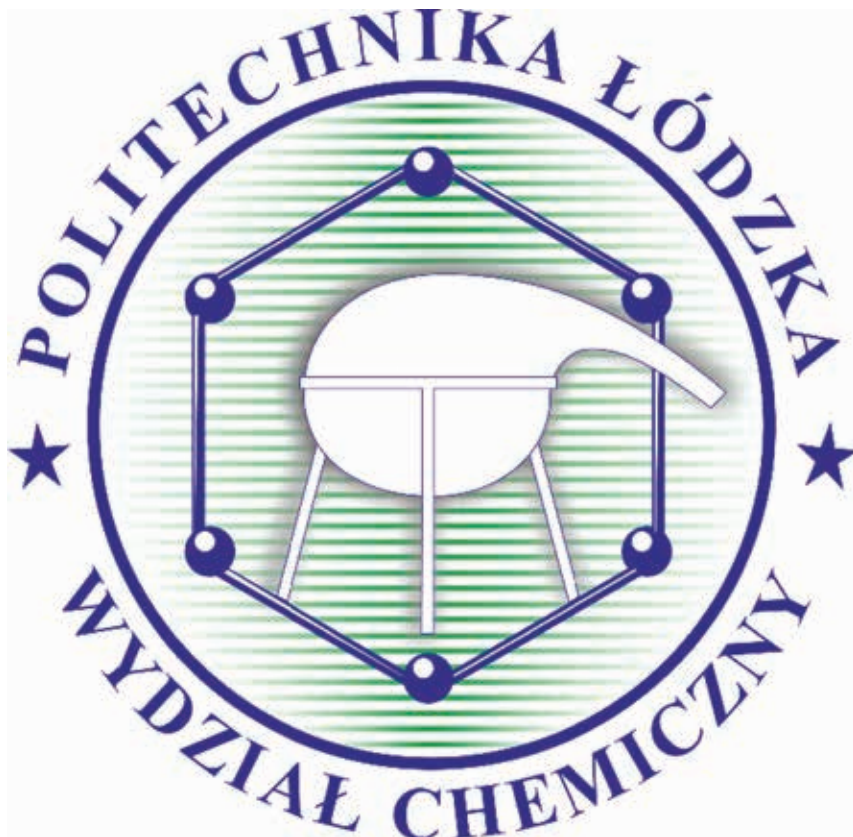
### Kierunek: Technologie nowoczesnych materiałów funkcjonalnych

### Kierunek: Technologia chemiczna

#### Specjalność:

- Inżynieria biomedyczna i radiacyjna
- Kataliza przemysłowa
- Technologia barwników, środków pomocniczych i chemii gospodarczej
- Technologia leków i środków ochrony roślin
- Technologia polimerów





[www.chemia.p.lodz.pl](http://www.chemia.p.lodz.pl)

 [www.facebook.com/Wydzial.Chemiczny](https://www.facebook.com/Wydzial.Chemiczny)

