

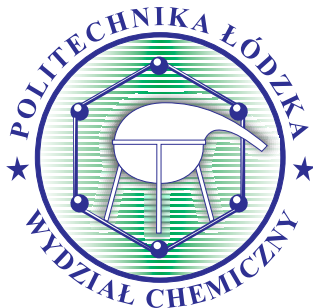
Eliksir

ISSN 2449-5476

czasopismo naukowo-dydaktyczne Wydziału Chemicznego PŁ



1(5)/2017



Drodzy Czytelnicy,

po krótkiej przerwie spotykamy się ponownie na łamach naszego czasopisma. Właśnie zakończyła się najważniejsza impreza roku, będąca wizytówką Wydziału czyli IX Ścieżka Edukacyjna. 8 i 9 kwietnia odbył się także Piknik Naukowy, na którym nie mogło zabraknąć naszych Studentów. Członkowie kół naukowych „Trotyl”, „Nano” i „Polimer” zaprosili mieszkańców Łodzi na fascynującą podróż w świat chemii.

Studia to nie tylko nauka w murach macierzystej uczelni. Można łączyć przyjemne z pożytecznym i na przykład rozwijać zainteresowania naukowe w pięknych „okolicznościach przyrody”. Udowodniły to nasze doktorantki, które postanowiły spędzić trochę czasu na południu Europy, a teraz swoimi wrażeniami z pobytu w Portugalii dzielą się z Czytelnikami. Niniejszym w bieżącym numerze czasopisma rozpoczynamy serię artykułów o podróżach naukowych studentów Wydziału Chemicznego. Mamy nadzieję, że kolejni globtroterzy dołączą do grona osób tworzących „Eliksir”. Zachętą do działania i rozwijania swoich pasji niech będzie również publikacja Pani Prezes najstarszego koła naukowego działającego na Wydziale.

Jak zawsze w „Eliksirze” znalazły się również artykuły naukowe o tematyce pozornie bardzo zróżnicowanej, którą jednak można określić wspólnym mianem – troski o stan naszego środowiska.

Komitet Redakcyjny

Eliksir

czasopismo naukowo-dydaktyczne
Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej

Komitet Naukowy

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

Komitet Redakcyjny

Redaktor naczelny
dr hab. inż. Agnieszka Czyłkowska
Zespół redakcyjny
dr inż. Dorota Adamczyk-Szabela
dr inż. Anna Turek

Wydawca: Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Projekt okładki: Komitet Redakcyjny „Eliksir”, fot. J. Szabela

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

Łamanie i druk: Drukarnia WIST Antoni Wierzbowski, 95-100 Zgierz, ul. Barona 8 B, tel. 42 716 45 63, 42 715 14 37,

e-mail: drukarnia@wist.lodz.pl

Nr 1(5)/2017

Wszystkie artykuły zostały zrecenzowane przez promotorów/opiekunów prac



Spis treści:

HISTORIA WYDZIAŁU CHEMICZNEGO 5

- Profesor dr hab. inż. Jan Kraska – wspomnienie 5

ARTYKUŁY 6

- Metformina – cudowny lek? 6
- Charakterystyka roślin energetycznych jako potencjalnego surowca... 11
- Kompozyty ceramiczne jako pełne wykorzystanie zalet ceramiki 15
- Dostęp do informacji o środowisku w praktyce. Część 1 17
- Dostęp do informacji o środowisku w praktyce. Część 2 19
- Blaski i cienie polskiej energetyki (nie)konwencjonalnej. Część 1 21
- Drewno jako składnik biokompozytów polimerowych 24
- Enzymatyczne metody otrzymywania nanowłókien celulozowych 26

ERASMUS 30

KOŁO NAUKOWE 34

AKTUALNOŚCI 40



Profesor dr hab. inż. Jan Kraska

– wspomnienie

Profesor Jan Kraska – współtwórca i kontynuator polskiej szkoły chemii i technologii półproduktów i barwników urodził się 4 kwietnia 1928 roku w Zagórzcu. Całe swoje życie prywatne i zawodowe związał z regionem łódzkim. Po ukończeniu Liceum Ogólnokształcącego w Rawie Mazowieckiej rozpoczął studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej. W 1953 roku otrzymał dyplom inżyniera w zakresie technologii barwników, a następnie w 1955 roku tytuł magistra inżyniera chemii. W 1952 roku, jeszcze w trakcie studiów, rozpoczął pracę na stanowisku asystenta w Katedrze Technologii Pł, w której to, po uzyskaniu tytułu zawodowego magistra, powierzono Mu stanowisko starszego asystenta. Zainteresowania naukowe Profesora Jana Kraski ukształtowały się pod wpływem wybitnego technologa prof. dr. Wincentego Wojtkiewicza, założyciela i organizatora Katedry Technologii Barwników, promotora Jego pracy doktorskiej. Dotyczyła ona syntezy i badania właściwości barwników antrachinonowych, której wyniki w znaczącym stopniu przyczyniły się do uruchomienia produkcji barwników bezpośrednich w Zakładach Chemicznych w Bydgoszczy. Doświadczenie zawodowe pogłębił w Uniwersytecie w Leeds, gdzie w Department of Colour Chemistry and Dyeing (1966 r.) wspólnie z dr. Francisem Jonesem prowadził badania związane z barwieniem włókien poliestrowych w fazie parowej. Wyniki tych badań opublikowane w roku 1966 w *Journal of The Society of Dyers and Colourists* dały podstawy do opracowania i wdrożenia na skalę przemysłową powszechnie dziś stosowanej techniki druku sublimacyjnego (*transfer printing*).

W roku 1968, po śmierci profesora Wincentego Wojtkiewicza, profesor Jan Kraska został kierownikiem Katedry Technologii Barwników. Jednocześnie został powołany na stanowisko docenta. Funkcję tę (od roku 1970 była to funkcja dyrektora Instytutu Barwników Pł) pełnił nieprzerwanie do swojego przejścia na emeryturę we wrześniu 1998 roku.

Zainteresowania naukowe Profesora skupiały się wokół chemii i technologii barwników, pigmentów i półproduktów organicznych i zwięźnione zostały przedłożeniem w 1979 roku rozprawy habilitacyjnej poświęconej syntezie i badaniom pigmentów bezbenzydynowych, otrzymaniem tytułu profesora nadzwyczajnego w roku 1986 i zwyczajnego w roku 1998.

Okres 30-letniej pracy profesora J. Kraski na stanowisku kierownika Katedry Technologii Barwników i dyrektora Instytutu Barwników związany był z intensywnym rozwojem tej placówki. W wyniku bezpośrednich, osobistych kontaktów z innymi ośrodkami badawczymi tego typu za granicą nawiązana została współpraca ze wspomnianą już placówką Department of Colour Chemistry and Dyeing Uniwersytetu w Leeds, Wyższą Szkołą Chemiczno-Technologiczną w Pardubicach (Czechy), a także z placówkami w Dreźnie, Sofii i Iwanowie.

W latach 1986-1990 profesor J. Kraska był kierownikiem Programu Resortowego „Synteza i badanie właściwości barwników i pigmentów organicznych” koordynującym badania prowadzone w kilku placówkach akademickich w kraju (Uniwersytet Łódzki, Politechnika Wrocławska, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Uniwersytet



im. M. Kopernika w Toruniu oraz Uniwersytet im. M. Skłodowskiej-Curie w Lublinie).

Bogaty dorobek naukowy i doskonała znajomość problematyki technologicznej sprawiły, że Profesor brał czynny udział w pracy rad wielu jednostek naukowo-badawczych w kraju, m.in. Instytutu Przemysłu Organicznego w Warszawie (1969-1972) i Instytutu Przemysłu Skórzanego w Łodzi (1972-1991). Był także wiceprzewodniczącym i przewodniczącym Rady Naukowej OBR Przemysłu Barwników w Zgierzu (1972-1991). Przez wiele lat był członkiem Kolegium Redakcyjnego czasopisma brytyjskiego *Dyes and Pigments*. W latach 1991-1994 na zaproszenie ośrodków przemysłu barwnikarskiego w Korei Południowej wielokrotnie odwiedzał tamtejsze zakłady produkcyjne, biorąc udział w szkoleniu kadry inżynierskiej. Aktywnie uczestniczył również w działalności organizacyjnej i naukowej na Wydziale Chemicznym, gdzie w latach 1997-1998 pełnił obowiązki Prodziekana.

W ciągu 46 lat działalności w Politechnice Łódzkiej profesor J. Kraska wykształcił dziesięciu doktorów i około dwustu inżynierów i magistrów inżynierów, którzy stanowili później trzon kadry naukowo-badawczej i technicznej polskich placówek badawczych oraz przemysłu chemicznego. Jego uczniowie zostali profesorami nauk technicznych, a wielu z nich pracowało również w ośrodkach zagranicznych m. in. w Australii, USA, Nigerii oraz na Tajwanie. Profesor był bardzo konsekwentny w działaniach na rzecz rozwoju technologii półproduktów i barwników. Poza tym, że był autorem kilkudziesięciu publikacji o charakterze podstawowym, w Jego dorobku znalazło się również około 40 opracowań technologicznych dla przemysłu. Po przejściu na emeryturę w roku 1998 pracował jeszcze w Pł przez dwa lata pomagając nadal swoim współpracownikom.

Profesor Jan Kraska odszedł w dniu 30 listopada 2016 roku w wieku 88 lat.



Agata Bauer

abauer@mitr.p.lodz.pl

Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Metformina – cudowny lek?

Metformina jest lekiem powszechnie stosowanym w leczeniu cukrzycy oraz, jak pokazują badania, może również chronić przed nowotworami, chorobami naczyniowo-sercowymi i schorzeniami typowymi dla podeszłego wieku [1]. W poszczególnych schorzeniach występują nieprawidłowości, których konsekwencją są różne objawy chorobowe. Metformina jest cząsteczką, która poprzez swój wpływ na wiele procesów zachodzących na poziomie molekularnym, przywraca prawidłowy przebieg wybranych szlaków metabolicznych. W niniejszym opracowaniu zostaną opisane główne postulowane mechanizmy działania w wybranych schorzeniach.

Problem cukrzycy

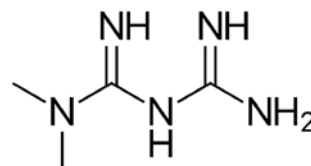
Prawie 300 mln ludzi na świecie choruje na cukrzycę i jeżeli nic się nie zmieni w zakresie działań prewencyjnych i świadomościowych dotyczących zmiany stylu życia, tylko w ciągu jednego pokolenia liczba ta wzrośnie do ok. 500 mln. Szacowana liczba chorych w samej Polsce wynosi 2 mln, co stanowi 5 % polskiego społeczeństwa. Należy także zaznaczyć, że cukrzyca znajduje się w grupie pierwszych 10 przyczyn niepełnosprawności ludzi na całym świecie [1].

Zgodnie z definicją przyjętą pod koniec XX wieku cukrzyca to zespół chorób metabolicznych, w których występuje hiperglikemia wynikająca z nieprawidłowości w wydzielaniu i/lub działaniu insuliny (hormonu wydzielanego przez trzustkę) [1]. Pod względem klinicznym wyróżnia się cukrzycę typu I i II. Cukrzyca typu I stanowi ok. 10 % wszystkich przypadków choroby cukrzycy. Jest ona wywołwana prawie całkowitym zniszczeniem komórek β trzustki w wyniku procesów autoimmunologicznych, w których uczestniczą przeciwciała skierowane przeciwko antygenom wysp Langerhansa znajdujących się w trzustce. Cukrzyca typu II, będąca najczęstszą postacią tej choroby, występuje wskutek nabytej insulinooporności (stan, w którym komórki organizmu stają się niewrażliwe na działanie insuliny) lub zaburzenia funkcji wydzielniczej komórek β wysp trzustkowych. Charakterystyczny jest pełen zakres tych zaburzeń: od dominującej insulinooporności ze względnie niedoborem insuliny do dominującego upośledzenia wydzielania insuliny z towarzyszącą insulinoopornością. Z powodu występującej w obydwu typach cukrzycy hiperglikemii niezwykle groźne

dla zdrowia i życia chorego są tzw. powikłania cukrzycowe (retinopatia, nefropatia, neuropatia, zespół stopy cukrzycowej).

Metformina w leczeniu cukrzycy

Leczenie cukrzycy kojarzy się głównie z codziennym przyjmowaniem zastrzyków insulinowych. Jest to podstawowy i jedyny sposób radzenia sobie z występującym od początku w cukrzycy typu I całkowitym brakiem insuliny. Natomiast w cukrzycy typu II podstawową formą leczenia, obok środków niefarmakologicznych tj. diety, redukcji masy ciała i regularnego wysiłku fizycznego, jest stosowanie dostutnych leków przeciwcukrzycowych [2]. Jednym z takich leków jest metformina (1,1 – dimetylobiguanid), której struktura przedstawiona jest na rysunku 1.



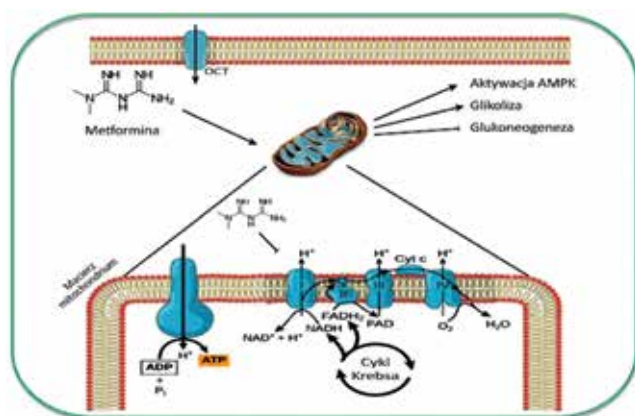
Rys. 1. Struktura metforminy

Metformina weszła w skład leków przeciwcukrzycowych w latach 50. XX wieku i do dzisiaj jest jedyną pochodną biguanidu stosowaną w medycynie. Zgodnie z wynikami badań United Kingdom Prospective Diabetes Study (UKPDS) opublikowanymi w 1998 roku i w oparciu o aktualne wytyczne polskich i światowych towarzystw diabetologicznych metformina jako jedyna, wraz z odpowiednią dietą, powinna być lekiem pierwszego rzutu w cukrzycy typu II [3]. Szacuje się, że obecnie przepisywana jest przynajmniej 120 milionom ludzi na całym świecie [4].

Mechanizm działania

Metformina jest lekiem o wielokierunkowym działaniu. Jej podstawową rolą w leczeniu cukrzycy jest m.in. zmniejszenie wątrobowej produkcji glukozy oraz zwiększenie wrażliwości tkanek na insulinę [2]. Badania przeprowadzone przez Hundal i współpracowników wykazały, że stężenie glukozy we krwi na czczo u pacjentów, którym podano metforminę zmniejszyło się o 25-30% [5], co niewątpliwie świadczy o jej korzystnym działaniu. Dokładny mechanizm

działania metforminy nie został jeszcze poznany. Ostatnio wykazano, że jednym z molekularnych celów działania metforminy jest kinaza białkowa aktywowana przez AMP (AMPK, ang. *AMP-activated protein kinase*) [6]. Schemat jednego z postulowanych mechanizmów przedstawiony jest na rysunku 2. Metformina transportowana jest do komórek poprzez tzw. organiczny transporter kationowy 1 (OCT 1, ang. *Organic Cation Transporter 1*), po czym kumulowana jest w mitochondriach. Przypuszcza się, że metformina hamuje poszczególne składniki łańcucha oddechowego, co w konsekwencji prowadzi do zahamowania syntezy ATP. Jednym z tych składników jest kompleks I (dehydrogenaza NADH/koenzym Q), który w wyniku działania metforminy nie katalizuje reakcji utlenienia NADH do NAD^+ , przez co nie następuje uwolnienie elektronów potrzebnych w dalszych etapach łańcucha oddechowego. Zahamowany zostaje dalej cykl Krebsa, w którym uczestniczy kompleks II oraz ostatecznie synteza ATP zachodząca w kompleksie V. Opisane procesy prowadzą do wystąpienia stresu energetycznego (oksydacyjnego) komórki i aktywacji enzymu AMPK. Enzym ten jest kluczowy w utrzymywaniu równowagi energetycznej komórki oraz całego organizmu, a jego aktywacja powoduje wyłączenie części procesów anabolicznych i uruchomienie procesów katabolicznych [7,8]. Aktywność enzymu AMPK regulowana jest stosunkiem stężeń AMP/ATP i zmniejszenie ilości ATP w komórkach powoduje jego aktywację. AMPK inicjuje wychwyt glukozy przez mięśnie, utlenianie kwasów tłuszczowych oraz hamuje produkcję glukozy, lipogenezę, a także syntezę cholesterolu [9].



Rys. 2. Postulowany mechanizm działania metforminy na poziomie komórkowym [10, zmodyfikowany]

Metformina jako czynnik chroniący przed chorobami nowotworowymi i naczyniowo-sercowymi

Diabetycy są objęci wysokim ryzykiem zachorowania na większość nowotworów złośliwych, szczególnie raka jelita

grubego, płuc, prostaty czy piersi [11]. Warto zaznaczyć także, że cukrzyca typu II sama w sobie stanowi negatywny czynnik u pacjentów, u których zdiagnozowano chorobę nowotworową. Przeprowadzono szereg badań potwierdzających, że osoby przyjmujące metforminę chorują na raka rzadziej niż ci leczeni innymi lekami przeciwiglikemicznymi. Evans i współpracownicy po przeprowadzeniu obliczeń statystycznych dotyczących 11 876 pacjentów chorych na cukrzycę (lata 1993-2001), wykazali, że prawdopodobieństwo zachorowania na nowotwór u diabetyków zażywających metforminę było niższe (iloraz szans (OR)¹ równy ok. 0,79) niż w przypadku osób nie przyjmujących tego leku (OR równy 0,86) [11]. Oprócz metforminy w leczeniu cukrzycy stosuje się również sulfonilomocznik. Bowker i współpracownicy porównali tzw. współczynnik ryzyka (HR)² wystąpienia choroby nowotworowej u diabetyków leczonych metforminą i sulfonilomocznikiem. Dokonali oni oceny wpływu rodzaju leku na ryzyko zachorowania na nowotwory w oparciu o umieralność pacjentów chorych na raka (lata 1991-1996). Wyniki badań również ewidentnie wykazały, że pacjenci z grupy przyjmującej metforminę rzadziej chorowali na nowotwory, wyznaczony współczynnik HR wyniósł 0,8. Dla porównania współczynnik HR zachorowania na nowotwory wśród osób nie leczonych metforminą był równy 2,22 [12].

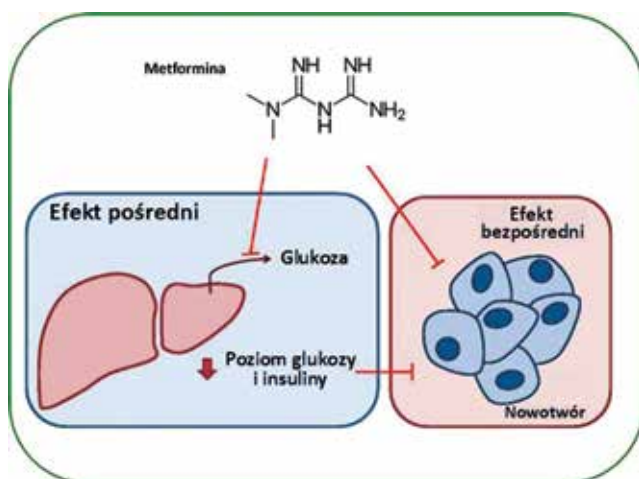
Nadal podlega dyskusji, czy wpływ metforminy w leczeniu nowotworów jest wynikiem ogólnej zmiany metabolizmu organizmu (efekt pośredni) czy też działa ona w sposób bezpośredni na komórki nowotworowe (rys. 3). Prawdopodobnie efekt bezpośredni opiera się na regulowaniu układu AMPK/mTOR [10]. mTOR (ang. *Target of Rapamycin*) jest kinazą serynowo-treoninową, która reguluje metabolizm, wzrost i starzenie organizmów. Odgrywa szczególnie ważną rolę w narządach istotnych z punktu widzenia metabolizmu i regulacji homeostazy, czyli w wątrobie, mięśniach i adipocytach [15]. Rozregulowanie szlaków biochemicznych, w których kluczowym enzymem jest mTOR może prowadzić do wystąpienia tzw. zespołu metabolicznego (jest to stan kliniczny charakteryzujący się współistnieniem powiązanych czynników zwiększających ryzyko rozwoju chorób sercowo-naczyniowych i cukrzycy typu II, jak również nowotworów) [10]. Nadmierna aktywność tego

¹ Iloraz szans (ang. Odds Ratio) – określa stosunek szans wystąpienia danego zdarzenia w danej grupie do wystąpienia tego samego zdarzenia w innej porównywanej grupie [13],

² Współczynnik ryzyka (ang. Hazard Ratio) – określa względne prawdopodobieństwo zajścia jakiegoś zdarzenia w badanych grupach w określonym czasie przy założeniu, że zdarzenie to do tej pory nie wystąpiło [14].



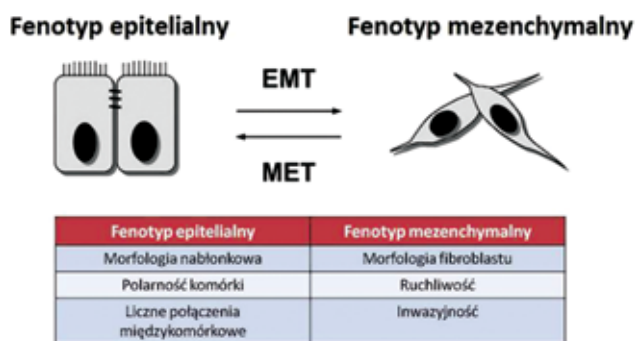
enzymu obserwowana jest w przypadku nowotworów złośliwych, charakteryzujących się opornością na leczenie. Co więcej, dowiedziono, że metformina zapobiega tworzeniu się przerzutów, powoduje zmniejszenie unaczynienia guza oraz poprawia skuteczność leków przeciwnowotworowych.



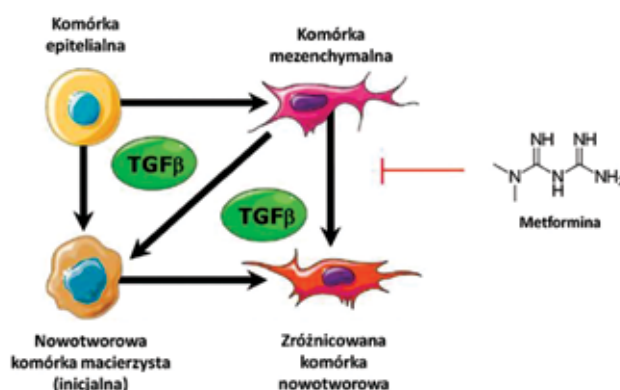
Rys. 3. Pośredni i bezpośredni wpływ działania metforminy na komórki nowotworowe [10, zmodyfikowany]

Warto także wspomnieć o roli metforminy w hamowaniu przejścia nabłonkowo-mezenchymalnego (EMT, ang. *Epithelial-Mesenchymal Transition*), w którym uczestniczy transformujący czynnik wzrostu $\beta 1$ (TGF- $\beta 1$, ang. *Transforming Growth Factor $\beta 1$*) i którego nieprawidłowy przebieg może prowadzić do wielu schorzeń [16]. EMT jest procesem, który polega na przekształceniu nieruchomych i spolaryzowanych komórek o fenotypie nabłonkowym w komórki o fenotypie mezenchymalnym (rys. 4). Charakterystyczne dla tego procesu są, m.in., utrata polarności, adhezji komórkowej oraz zwiększona zdolność do ruchu. EMT jest procesem fizjologicznym niezbędnym do rozwoju embrionalnego, natomiast jego aktywacja występuje także w niektórych stanach patologicznych. Konsekwencją zaburzenia tego procesu są nieprawidłowości morfologiczno-funkcjonalne komórek, m.in. włóknienie tkanek i organów, co może prowadzić do dysfunkcji narządów oraz wystąpienia chorób naczyniowo-sercowych, immunologicznych i nowotworowych [17]. W obydwu przypadkach mechanizmy na poziomie molekularnym są do siebie zbliżone, prowadzą jednak do różnych efektów. TGF- $\beta 1$ jest cytokiną, która kontroluje proliferację i różnicowanie wielu typów komórek i która jest jednym z głównych regulatorów przejścia EMT. Dowiedziono, że transformacja nowotworowa modyfikuje funkcję TGF- $\beta 1$, przekształcając go w onkogeną cytokinę, która pełni rolę promotora progresji kancerogenezy i powstawania odległych ognisk przerzutowych. Dokładny mechanizm nie został jeszcze poznany. Xiao i współpracownicy dowiedli,

że metformina bezpośrednio oddziałuje z czynnikiem TGF- $\beta 1$, co hamuje jego działanie w procesie EMT (rys. 5) [17].

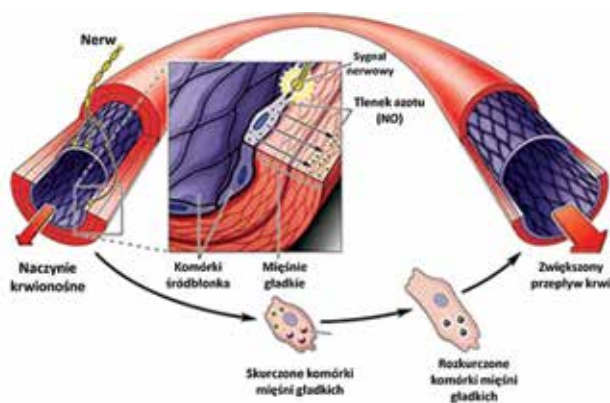


Rys. 4. Schemat przejścia EMT i typowe cechy komórek epithelialnych i mezenchymalnych [16, zmodyfikowany]



Rys. 5. Wpływ metforminy na hamowanie nieprawidłowo zachodzącego procesu EMT [16, zmodyfikowany]

Dodatkowo stwierdzono, że pacjenci przyjmujący metforminę rzadziej cierpią z powodu powikłań związanych z układem krwionośnym [18]. Nieprawidłowa praca śródbłonnka naczyniowego u pacjentów chorych na cukrzycę wynika przede wszystkim z hiperglikemii, wzmożonego wytwarzania wolnych kwasów tłuszczowych, chemicznej modyfikacji lipoprotein, nadciśnienia tętniczego, insulinooporności lub zmniejszonej biodostępności tlenu azotu (NO) pochodzącego ze śródbłonnka [19]. Zaobserwowano, że insulinooporność stanowi metaboliczną podstawę rozwoju zmian miażdżycowych. Ze względu na zdolność metforminy do aktywacji kinazy AMPK, wpływa ona na utlenianie kwasów tłuszczowych zgromadzonych w tkance śródbłonnka i zmniejszenie stresu oksydacyjnego. Metformina bierze również udział w aktywacji płytek krwi, ograniczeniu adhezji leukocytów i migracji do ściany naczynia [20]. Z komórek śródbłonnka naczyń wydzielane są liczne substancje, które wpływają m.in. na regulację ciśnienia tętniczego i ukrwienia tkanek, krzepnięcie i fibrynolizę oraz przepuszczalność naczyń.



Rys. 6. Schemat działania NO w tętnicy [21, zmodyfikowany]

Jedną z substancji wydzielanych przez śródbłonek jest tlenek azotu (NO), który spełnia zadanie vazodylatacyjne (odpowiada za rozkurcz mięśni gładkich w ścianach naczyń krwionośnych) (rys. 6) [22]. Tlenek azotu jest uwalniany z komórek śródbłonnka w wyniku wystąpienia sił ścinających działających na ściany naczyń i powstających pod wpływem przepływu krwi [23]. Poza działaniem vazodylatacyjnym pośredniczy on w innych procesach, w których hamuje ekspresję prozapalnych cytokin, chemokin oraz substancji adhezyjnych leukocytów. Tlenek azotu zmniejsza również proliferację komórek mięśni gładkich ściany naczyniowej oraz adhezję i agregację płytek krwi [24]. Marfella i współpracownicy udowodnili, że metformina zwiększa biodostępność NO. Przeprowadzono badanie, w którym wykazali, że stosowanie metforminy u pacjentów z wcześniej rozpoznaną cukrzycą typu II zwiększa przepływ krwi w tętnicach przedramienia indukowany L-argininą (prekursorem tlenu azotu) oraz hamuje aktywność płytek krwi [25].

Metformina w walce przeciw wolnym rodnikom

Nie ulega wątpliwości, że metformina wywiera korzystny wpływ na poziom stresu oksydacyjnego m.in. za sprawą hamowania działania kompleksu I w łańcuchu oddechowym

[26]. Mitochondria, w których ma miejsce oddychanie tlenowe, są ważnym źródłem reaktywnych form tlenu (RFT) [27]. Związki te w prawidłowo funkcjonujących komórkach pełnią ważne biologiczne funkcje, m.in. oddziałują na komórki sygnalizujące lub cząsteczki przekaźnikowe, uczestniczą w wielu procesach, takich jak kurczenie się mięśni, wydzielanie hormonów itp. Natomiast o ich bezpośrednim destrukcyjnym działaniu na organizm mówi się wówczas, gdy są wytworzone w nadmiarze, co w konsekwencji prowadzi do dalszych schorzeń i powikłań oraz starzenia się organizmu [28]. Metformina wpływa nie tylko na hamowanie oddychania tlenowego w mitochondriach, ale również powoduje zwiększenie stężenia zredukowanego glutationu (GSH). Zostało to udowodnione przez Ewisa i współpracowników, którzy wykonali badania na myszach, u których śledzili stężenie GSH po podaniu metforminy. Okazało się, że podanie metforminy zwiększyło stężenie GSH [29]. Podobne badania przeprowadzono dla enzymów antyoksydacyjnych, dysmutazy ponadtlenkowej oraz katalazy [30].

Podsumowanie

W celu pokazania korzystnego działania metforminy zamieszczono tabelę przedstawiającą wyniki badań UKPDS. Badacze wykazali, że przyjmowanie metforminy przez pacjentów chorych na cukrzycę zmniejsza m.in. ryzyko powikłań ze strony układu sercowo-naczyniowego oraz śmiertelność ogólną, w porównaniu z innymi lekami jak insulina czy sulfonilomocznik (tabela 1) [18].

Przedstawione w tabeli właściwości terapeutyczne metforminy uzasadniają fakt, że jest ona uważana za cenną i wszechstronną substancję leczniczą. Metformina jest lekiem tanim, bezpiecznym i skutecznym w leczeniu wielu schorzeń. Warto zaznaczyć, że metformina bierze udział również w innych procesach biochemicznych, których mechanizmy nadal nie są poznane, dlatego warto prowadzić dalsze badania na jej temat.

Tabela 1. Zmniejszenie niekorzystnych zdarzeń klinicznych w następstwie kontroli glikemii w grupie leczonej metforminą w porównaniu z grupą leczoną sulfonilomocznikiem lub insuliną [18].

Zdarzenie kliniczne	Zmiana ryzyka [%]	
	Terapia metforminą	Terapia insuliną/sulfonilomocznikiem
Zgon związany z cukrzycą	-42	-20
Śmiertelność ogólna	-36	-8
Zawał serca	-39	-21
Udar mózgu	-41	+14



Literatura

- [1] Korzeniowska K., Jabłeczka A., 2008, *Cukrzyca (Część I)*, Farmacja Współczesna, 2, 231-235.
- [2] Grzybowska M., Bober J., Olszewska M., 2011, *Metformina – mechanizmy działania i zastosowanie w terapii cukrzycy typu 2*, Postępy Higieny Medycyny Doświadczalnej, 65, 277-285.
- [3] Hanisch U.K., Kettenmann H., 2007, *Microglia: active sensor and versatile effectors cells in the normal and pathologic brain*, Nature Neuroscience, 10, 1387-1394.
- [4] Pryor R., Cabreiro F., 2015, *Repurposing metformin: an old drug with new tricks in its binding pockets*, Biochemical Journal, 471, 307-322.
- [5] Hundal R.S., Krssak M., Dufour S., Laurent D., Lebon V., Chandramouli V., Inzucchi S.E., Schumann W.C., Petersen K.F., Landau B.R., Shulman G.I., 2000, *Mechanism by which metformin reduces glucose production in type 2 diabetes*, Diabetes, 49(12), 2063-2069.
- [6] Viollet B., Guigas B., Garcia N.S., Leclerc J., Foretz M., Andreelli F., 2012, *Cellular and molecular mechanism of metformin: an overview*, Clinical Science, 122, 253-270.
- [7] Hardie D.G., Carling D., Carlson M., 1998, *The AMP-activated/SNF1 protein kinase subfamily: metabolic sensors of the eukaryotic cell* ? Annual Review of Biochemistry, 67, 821-855.
- [8] Kemp B.E., Mitchell K.I., Stapleton D., Michell B.J., Chen Z.P., 1999, *Dealing with energy demand: the AMP-activated protein kinase*, Trends in Biochemical Science, 24, 22-25.
- [9] Musi N., Hirshman M., Nygren J., Svanfeldt M., Bavenholm P., Rooyackers O., Zhou G., Williamson J.M., Ljunqvist O., Efendic S., Moller D.E., Thorell A., Goodyear L.J., 2002, *Metformin increases AMP-activated protein kinase activity in skeletal muscle subjects with type 2 diabetes*, Diabetes, 51(7), 2074-2081.
- [10] Luengo A., Sullivan L.B., Heiden M.G., 2014, *Understanding the complex-ty of metformin action limiting mitochondria respiration to improve cancer therapy*, BMC Biology, 12:82.
- [11] Evans J.M., Donnelly L.A., Emslie-Smith A., Alessi D.R., Morris A.D., 2005, *Metformin and reduced risk of cancer in diabetic patients*, British Medical Journal, 330, 1304-1305.
- [12] Bowker S.L., Majumdar S.R., Veugelers P., Johnson J.A., 2006, *Increased cancer-related mortality for patients with type 2 diabetes who use sulfonylureas or insulin*, Diabetes Care, 29, 2, 254-258.
- [13] http://www.naukowiec.org/wiedza/statystyka/iloraz-szans-odds-ratio--szansa_456.html (data dostępu 27.02.2017).
- [14] <http://ebm.org.pl/show.php?aid=15739> (data dostępu 27.02.2017).
- [15] Laplante M., Sabatini D.M., 2012, *mTOR signaling in growth control and disease*, Cell, 149, 274-293.
- [16] Cufi S., Vazquez-Martin A., Oliveras-Ferraro C., Martin-Castillo B., Menendez J.J., Menendez A., 2010, *Metformin against TGFβ-induced epithelial-to-mesenchymal transition (EMT): from cancer stem cells to aging-associated fibrosis*, Cell Cycle, 9,22, 4461-4468.
- [17] Xiao H., Zhang J., Xu Z., Feng Y., Zhang M., Liu J., Chen R., Shen J., Lu Z., Fang X., Li J., Zhang Y., 2016, *Metformin in a novel suppressor for trans forming growth factor (TGF)-β1*, Scientific Reports, 6, 1-9.
- [18] UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group, 1998, *Effects of intensive blood glucose control with metformin on complication in overweight patients with type 2 diabetes* (UKPDS 34), Lancet, 352, 854-865.
- [19] Roffi M., Brandle M., Robbins M.A., Mukherjee D., 2007, *Current perspectives on coronary revascularization in the diabetic patient*, Indian Heart Journal, 59, 124-136.
- [20] Beckman J.A., Creager M.A., Libby P., 2002, *Diabetes and atherosclerosis: epidemiology, pathophysiology, and management*, Journal of the American Medical Association, 287, 2570-2581.
- [21] <https://www.studyblue.com/notes/note/n/medical-term-ch-10/deck/6056740> (data dostępu 25.02.2017).
- [22] Radomski M.W., Salas E., 1995, *Nitric oxide — biological mediator, modular and factor of injury: its role in pathogenesis of atherosclerosis*, Atherosclerosis, 118, S69-S80.
- [23] Nadar S., Blann A.D., Lip G.Y.H., 2004, *Endothelial dysfunction: methods of assessment and application to hypertension*, Current Pharmaceutical Design, 10, 3591-3605.
- [24] Obońska K., Grąbczewska Z., Fisz J., 2011, *Ocena czynności śródbłonna naczyniowego – gdzie jesteśmy, dokąd zmierzamy?* Folia Cardiologica Excerpta, 6, 667-671.
- [25] Marfella F., Acampora R., Verrazzo G., Ziccardi P., de Rosa N., Giunta R., Giugliano D., 1996, *Metformin improves hemodynamic and rheological responses to L-arginine in NIDDM patients*, Diabetes Care, 19(9), 934-939.
- [26] Algire C., Moiseeva O., Deschenes-Simard X., Amrein L., Petrucci L., Birman E., Viollet B., Ferbeyre G., Pollak M.N., 2012, *Metformin reduces endogenous reactive oxygen species and associated DNA damage*, Cancer Prevention Research, 5(4), 536-543.
- [27] Murphy M.P., 2009, *How mitochondria produce reactive oxygen species*, Biochemical Journal, 417, 1-13.
- [28] Czajka A., 2006, *Wolne rodniki tlenowe i mechanizmy obrony organizmu*, Nowiny Lekarskie, 75, 6, 582-586.
- [29] Ewis S.A., Abdel-Rahman M.S., 1995, *Effect of metformin on glutathione and magnesium in normal and streptozotocin-induced diabetic rats*, Journal of Applied Toxicology, 15(5), 387-390.
- [30] Dai J., Liu M., Lin L., Deng K., Jing Y., Jia M., Wan J., Zhang L., 2014, *Involvement of catalase in the protective benefits of metformin in mice with oxidative liver injury*, Chemico-Biological Interactions, 216, 34-42.

Agnieszka Kowalska

175032@edu.p.lodz.pl

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Charakterystyka roślin energetycznych jako potencjalnego surowca do produkcji biogazu

Wstęp

W ostatnim dwudziestolecu w większości krajów świata nastąpił intensywny rozwój energetyki bazującej na odnawialnych źródłach energii (OZE). Według przyjętych założeń, w 2020 r. w Unii Europejskiej produkcja energii w skali całej Wspólnoty ma osiągnąć poziom 20%, a w poszczególnych krajach nie mniej niż 15% [1-5], co potwierdzają dane zamieszczone w tabeli 1. Energia odnawialna jest pozyskiwana głównie z procesów: spalania biogazu uzyskiwanego w wyniku fermentacji biomasy [1-16], energetycznego spalania bądź współspalania odpadów drewna i biomasy roślinnej [16-19], produkcji ciekłych biopaliw [18-20], siły wiatru [21-23], energii promieniowania słonecznego [24, 25], ciepła wód podziemnych [26] oraz wykorzystania siły wód płynących [27, 28]. Poszczególne OZE wykazują różne mankamenty, jak np. niestabilność pracy w czasie (energetyka solarna i wiatrowa) [21-24], generowanie hałasu (turbiny wiatrowe) [21] czy potencjalne oddziaływanie odorowe (biogazownie) [13, 29]. Mimo to dynamicznie rozwijają się one dzięki oparciu ich właśnie o odnawialne surowce bądź naturalne zasoby energii, a także dotowanie ekonomiczne w wielu państwach Unii Europejskiej i niektórych innych krajach świata [4-19, 29]. W polskich realiach liczą się zwłaszcza źródła pozyskiwania biomasy opałowej, jakimi są drewno oraz odpady z przemysłu drzewnego. Jednak zwiększa się także znaczenie odpadów organicznych, jak słoma, odpady komunalne i dostarczanych przez przemysł

rolno-spożywczy, a także z upraw roślin energetycznych. Województwo łódzkie odnotowuje wzrost produkcji energii elektrycznej z OZE mając duży i zróżnicowany potencjał energetyczny [30].

Jedną z dróg prowadzących do osiągnięcia powyżej sygnalizowanego celu Unii Europejskiej jest rozwój energetyki OZE opartej o biomasę. Główne kierunki jej wykorzystania to spalanie jako dodatku do węgla kamiennego lub brunatnego, poddawanie fermentacji w zamkniętych komorach fermentacyjnych biogazowni, ewentualnie wytwarzanie z niej na drodze chemicznej paliw ciekłych lub gazowych [1-4, 16-20, 24, 30]. Biomasa do powyższych procesów może pochodzić, m. in. z upraw energetycznych. Rozwój tego sektora rolnictwa może generować nowe miejsca pracy na terenie danej gminy, a także tworzyć lokalne rynki energii [33].

Uprawy roślin energetycznych powinny cechować się wysokimi plonami suchej masy z jednego hektara, dużym przyrostem rocznym i wysoką wartością opałową. Ponadto muszą być odporne na choroby, szkodniki oraz niekorzystne warunki atmosferyczne. Powinny również posiadać niskie wymagania glebowe, a przy tym w jak najmniejszym stopniu wyjaławiać podłoże. Plantacja roślin energetycznych wieloletnich może być użytkowana w okresie do 20 lat. Ważna jest także możliwość mechanizacji prac agrotechnicznych, które związane są z zakładaniem plantacji oraz zbieraniem plonu. Wszystkie te cechy wpływają na możliwość racjonalnego użytkowania gleb wyłączonych z produkcji żywności, przy stosunkowo niskim nakładzie inwestycyjnym [33]. Optymalną efektywność wykorzystania biomasy jako nośnika z grupy odnawialnych źródeł można uzyskać stosując ją możliwie jak najbliżej miejsc założenia plantacji roślin energetycznych, dzięki czemu można zredukować koszty transportu biomasy na duże odległości. Znaczne korzyści ekonomiczne uzyskujemy inwestując w lokalne systemy grzewcze położone w promieniu do 50 km [17, 19].

Najbardziej popularne gatunki roślin energetycznych uprawianych w Polsce to wierzba wiciowa (*Salix viminalis*),

Tabela 1. Procentowy udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto dla Unii Europejskiej i Polski w wybranych latach okresu 2005-2020 [31, 32]

Rok	Unia Europejska [%]	Polska [%]
2005	8,7	6,9
2010	12,5	9,2
2014	15,5	11,5
2020	20,0	15,0



ślazowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita*), zwany również malwą pensylwańską, słonecznik bulwiasty, zwany topinamburem (*Helianthus tuberosus*), róża wielokwiatowa – bezkolcowa (*Rosa multiflora*), rdest sachaliński (*Polygonum sachalinense*) oraz trawy wieloletnie, jak miskant olbrzymi (*Miscanthus giganteus*), miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*), mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*), spartina preriowa (*Spartina pectinata*) i palczatka Gerarda (*Andropogon gerardi*) [16, 19, 33].

Uprawy wieloletnie

Do upraw wieloletnich roślin energetycznych w naszym kraju dających najwyższe plony można zaliczyć szybko rosnące, corocznie plonujące trawy takie jak **miskant olbrzymi** i **mozga trzcinowata**, a także byliny, jak np. **ślazowiec pensylwański** i **topinambur** [34, 35]. Największą wadą tego rodzaju plantacji jest ich duże zapotrzebowanie terytorialne. Rośliny energetyczne zajmują bowiem areał, który mógłby być potencjalnie wykorzystany do produkcji żywności, co może ograniczać jej dostępność i ilość. Dodatkowo – takie wielkoobszarowe monokultury powodują niekorzystne ze względów ekologicznych zmniejszenie bioróżnorodności środowiska lokalnego. Często mogą także prowadzić do wyjałowienia gleby, dlatego też uprawę roślin energetycznych powinno prowadzić się na glebach niskiej jakości, które są np. nawożone ustabilizowanymi biologicznie osadami z miejskich oczyszczalni ścieków [16, 36].

Miskant olbrzymi to okazała trwa kępowa należąca do rodziny wiechlinowatych przywieziona do Europy z Azji Południowo-Wschodniej około 1930 r. Gatunek powstał w wyniku naturalnego skrzyżowania miskanta chińskiego (*Miscanthus sinensis*) z miskantem cukrowym (*Miscanthus sacchariflorus*). Częścią podziemną miskanta olbrzymiego są krótkie kłaczka. Corocznie wiosną wyrastają z nich ulistnione, bujne pędy, tworzące okazałe, gęste kępy. Łodygi, zwane u traw źdźbłami, osiągają u tego gatunku imponującą wysokość nawet do 3,5 metra, przy grubości około 1 cm. Roślinę cechuje wytwarzanie sztywnych, grubych, wypełnionych gąbczastym rdzeniem źdźbeł. Liście tej rośliny są spłaszczone, ciemnozielone i lancetowate. Miskant olbrzymi rośnie bardzo szybko, starsze okazy są odporne na niskie temperatury. W Europie początkowo miskant olbrzymi był uprawiany jako roślina ozdobna, ale po pewnym czasie zdobył popularność jako dobry surowiec do energetyki odnawialnej. Roślina cechuje się wysokim plonem osiągającym 25 t/ha, a jej wartość opałową można szacować na 14-17 MJ/kg, przy zawartości suchej masy 94,1% i suchej masy organicznej 89,8% [17, 19, 36, 37].

Mozga trzcinowata także należy do rodziny wiechli-

watych. Gatunek występuje na całej półkuli z wyjątkiem Azji Wschodniej. Na stanowiskach naturalnych rośnie zawsze w miejscach wilgotnych, na terenach bagiennych, na obrzeżach wód tworząc trawiaste zarośla. Odmiana osiąga wysokość z kwiatostanem do 75 cm [38]. Liście początkowo ma jasnożółte, następnie zielone z podłużnym, kremowo-żółtym paskowaniem, ciemniejące do koloru zielonego w bardzo gorące lato. Kwitnie od czerwca do sierpnia. Roślina tworzy liczne rozłogi, dlatego ma charakter ekspansywny. W ogrodach i parkach może być wysadzana pojedynczo lub w grupach, a także w większych skupiskach, jako roślina okrywowa. Efektownie wygląda w sąsiedztwie zbiorników wodnych. Mozga trzcinowata wymaga gleb próchnicznych, stanowisk od wilgotnych do mokrych, ale raczej nasłonecznionych [38]. Roślina ta jest dość mrozoodporna, tolerancyjna w stosunku do odczynu gleby (rośnie na glebach kwaśnych, obojętnych i zasadowych) i dość dobrze znosi zacienienie, jest natomiast wrażliwa na częste deptanie, ugniatanie, bardzo niskie koszenie i niskie przygryzanie przez zwierzęta. Łączny plon uzyskany z plantacji dwuletniej może wynosić 5-7 t/ha. W kolejnych latach wzrasta do zakresu 8-9 t/ha przy wartości opałowej rzędu 14-16 MJ/kg suchej masy. Celowo założona plantacja mozgi trzcinowatej może być tak intensywnie użytkowana jednak nie dłużej niż przez okres 8-10 lat [17, 19, 38].

Kolejną rośliną wieloletnią, którą można uprawiać w Polsce w celach energetycznych jest **ślazowiec pensylwański**. Należy on do rodziny ślazowatych i pochodzi z południowych terenów Ameryki Północnej. Na początku był popularny jako roślina paszowa, włóknodajna i miododajna. Podobnie jak w przypadku miskantu olbrzymiego jest postrzegany od lat jako roślina energetyczna [16, 19]. Ślazowiec pensylwański cechują skrętoległe, ogonkowe liście, osadzone na łodydze. Jego pędy mogą osiągać wysokość nawet do 4 m, a ich średnica może mieć około 35 mm. System korzeniowy tej rośliny jest bardzo dobrze rozwinięty a korzenie sięgają nawet 3 m. W celach energetycznych wykorzystuje się głównie części nadziemne roślin, tj. zdrewniałe i uschnięte łodygi. Plony ślazowca pensylwańskiego osiągają 20-25 t/ha, a jego wartość opałowa wynosi około 15 MJ/kg przy zawartości suchej masy 95,6% i suchej masy organicznej do 92,0% [17, 19, 36, 39].

Wierzba wiciowa (*Salix viminalis*) nazywana także wierzbą energetyczną rośnie w warunkach naturalnych w Europie Środkowej. Jest rośliną lubiącą wodę, dlatego najlepiej rozwija się na gruntach zapewniających wysoki poziom wilgoci. Jest to gatunek, który bardzo dobrze kumuluje zanieczyszczenia z gleby, może być więc uprawiana w pobliżu terenów przemysłowych lub składowisk odpadów w formie



pasów ochronnych. Wartość opałowa wierzby wynosi 16-17 MJ/kg suchej masy, a plon w formie suchej masy może wynosić rocznie 8-15 ton/ha przy zawartości suchej masy organicznej 50,24% [36, 40].

Uprawy roślin jednorocznych

Najpopularniejszymi w Polsce roślinami jednorocznymi uprawianymi w celach energetycznych są: **kukurydza zwyczajna** (*Zea mays*), **rzepak ozimy** (*Brassica napus*), **burak energetyczny** (*Beta vulgaris*) i **żyto** (*Secale cereale*). Właściwości tych roślin energetycznych i ich pochodnych przedstawiono w tabeli 2 [2, 4, 6, 12, 16, 17, 19, 33, 39].

Kukurydza ma zastosowanie jako roślina pastewna, jadalna oraz przemysłowa. Głównym celem jej uprawy jest produkcja kiszonki. Dzięki wprowadzeniu na terenie kraju nowych odmian kukurydzy zauważa się wzrost areалу uprawy tej rośliny z przeznaczeniem na ziarno i susz. W okresie kilku ostatnich lat znacznie wzrosło zainteresowanie kukurydzą jako rośliną pastewną, a także energetyczną z przeznaczeniem na biomasę dla biogazowni rolniczych. Kukurydza nie ma dużych wymagań glebowych, najlepsze są jednak gleby takie jak czarnoziemy, lessy, a także mady i gleby brunatne [36]. Wykorzystanie kukurydzy w instalacjach biogazowych jest bardzo korzystne w związku z wysokim uzyskiem energii przeliczonej na hektar uprawy. Plony zbierane z hektara są zależne od wielu czynników, ale średnio wynoszą one około 45 t świeżej masy roślinnej [4].

Rzepak ozimy jest stosowany głównie do celów spożywczych, w produkcji między innymi oleju rzepakowego, margaryny i innych tłuszczów kuchennych. Jego nasiona są wykorzystywane w produkcji biodiesla, a pozostała po wyłoczeniu oleju śruta poekstrakcyjna jest dobrą paszą dla

zwierząt. Produktem energetycznym rzepaku jest słoma i makuchy tej rośliny [4, 16, 29].

Burak energetyczny to roślina należąca do rodziny komosowatych, kojarząca się głównie z produkcją cukru. Burak cukrowy ma największy wśród roślin uprawnych potencjał plonowania – w korzystnych warunkach plon masy biologicznej może przekroczyć 100 ton z hektara. Roślina ta charakteryzuje się masą o wysokiej koncentracji energii, lecz do tej pory nie była powszechnie stosowana przez producentów biogazu. Buraki energetyczne wymagają żyznych i urodzajnych gleb, położonych na terenach równinnych. Do celów energetycznych może być także wykorzystana ich nać [40]. W tabeli 2 zostały przedstawione wybrane właściwości buraka energetycznego i naci buraczanej. Buraki dobrze rozdrobnione są podatne na rozkład, jednak problemem jest ich suche czyszczenie. Resztki ziemi muszą być całkowicie usunięte, ponieważ mogą gromadzić się na dnie komory fermentacyjnej, zajmując przestrzeń przeznaczoną do procesu fermentacji. Buraki to rośliny sezonowe, w związku z czym dla zapewnienia ich dostępności przez cały rok, należy je składować. Odbywa się to zazwyczaj poprzez zakiszenie uprzednio rozdrobnionych roślin [4].

Przykładem jednorocznej rośliny energetycznej jest **żyto**, z którego cała część nadziemna łądygi nadaje się na kiszonkę. Posiada ono niskie wymagania odnośnie jakości gleby i klimatu, dlatego można je uprawiać w relatywnie chłodnym klimacie i na mniej żyznych glebach. Plon żyta wynosi około 5-6 ton na hektar uprawy, a stosunek ziarna do słomy szacuje się na 1:1,6. Pozwala to uzyskać od 13 do 15 ton suchej masy na hektar. Zbiór żyta odbywa się tylko raz w roku, dlatego też wskazane jest jego zakiszenie, by cała biomasa miała te same właściwości [4].

Tabela 2. Właściwości jednorocznych roślin energetycznych i ich wybranych pochodnych

Roślina energetyczna lub jej pochodna	Sucha masa s.m. [%]	Sucha masa organiczna s.m.o. [%]	Uzysk biogazu [m ³ /t s.m.]	Uzysk biogazu [m ³ /t s.m.o.]	Zawartość CH ₄ w biogazie [% obj.]
Kiszonka kukurydzy [4, 16]	20-35	85-95	170-200	450-700	50-55
Rzepak ozimy [29]	12,0	85,5	73	708	56
Pozostałość po ekstrakcji rzepaku [29]	88,6	92,1	516	633	61
Makuchy z rzepaku (15% tłuszczu) [28]	91,0	93,2	612	722	63
Burak cukrowy [4, 16]	23	90-95	170-180	800-860	53-54
Nać buraka [4, 16]	16	75-80	około 70	550-600	54-55
Żyto [4, 16]	30-35	92-98	170-220	550-680	55



Podsumowanie

W Polsce, szczególnie w ostatnich dziesięciu latach, miał miejsce rozwój produkcji energii elektrycznej i ciepłej z różnych źródeł odnawialnych, z których na czoło wysunęły się następujące: spalanie biomasy lub jej fermentacja prowadząca do otrzymywania biogazu, wykorzystanie siły wiatru, promieniowania słonecznego, a także geotermia. W naszym kraju szczególną szansę dla rozwoju energetyki OZE daje biomasa, z której można także otrzymać paliwa płynne dla transportu (bioetanol, biodiesel).

W kraju istnieją znaczne zasoby odłogowanej ziemi rolnej, miejscami zanieczyszczonej, które z powodzeniem można przeznaczyć pod uprawy wieloletnich roślin energetycznych. Wykorzystanie tego potencjału mogłoby odegrać istotną rolę w zwiększeniu możliwości energetycznych Polski oraz przyczynić się do redukcji skali emisji dwutlenku węgla i siarki. Należy zatem stwarzać dogodne warunki do powstawania plantacji energetycznych, aby z czasem stały się one istotnym źródłem zaopatrzenia w biomasę dla wytwórców energii.

Największą efektywność biomasy jako surowca OZE można uzyskać wykorzystując ją w pobliżu miejsc usytuowania plantacji roślin energetycznych, dzięki czemu zostają pominięte bądź ograniczone koszty transportu na duże odległości.

Literatura

[1] Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszk-Popławska A., Wiśniewski G., 2009, Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie. MAE Sp. z o. o., Warszawa, http://www.mae.com.pl/files/poradnik_biogazowy_mae.pdf, 29.02.2017 r.

[2] Wrzosek J., Gworek B., 2010, Biomasa w energetyce odnawialnej, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 43, 104-116.

[3] Kociotek-Belawejder E., Wilk Ł., 2011, Przegląd metod usuwania siarkowodoru z biogazu, Przemysł Chemiczny, 90(3), 389-397.

[4] Gattermann H., Kaltschmitt M., Niebaum A., Schattauer A., Scholwin F., Weiland P., Produkcja i wykorzystanie biogazu. Institut für Energetik und Umwelt GmbH, 2010, <http://www.ieo.pl/pl/aktualnosci/183-produkcjabiogazu.html>, 25.02.2017 r.

[5] Kardasz P., Bentkowska M., Błaśniński T., Cieńciała M., Dorskocz J., Haller P., Magdziak-Tokłowicz M., 2014, Stan odnawialnych źródeł energii w Polsce, Aura, 8, 8-11.

[6] Zagdański D., 2014, Realizacja i funkcjonowanie biogazowni rolniczej. Przykład wybranego obiektu, Aura, 6, 16-18.

[7] Żarczyński A., Rosiak K., Anielak P., Wolf W., 2014, Praktyczne metody oczyszczania biogazu z siarkowodoru. Cz. 1. Zastosowanie sorbentów stałych, Acta Innovations, 12, 24-35.

[8] Żarczyński A., Rosiak K., Anielak P., Ziemiński K., Wolf W., 2015, Praktyczne metody usuwania siarkowodoru z biogazu. II. Zastosowanie roztworów sorpcyjnych i metod biologicznych, Acta Innovations, 15, 57-71.

[9] Rosiak K., Klemba K., Żarczyński A., 2016, Technologie otrzymywania biometanu z biogazu, Aura, 1, 14-17.

[10] Żarczyński A., Bojarska J., Klemba K., Rajnert G., Wolf W. M., Sowiński W., Zaborowski M., Anielak P., Badania składu fazowego masy odsiarczającej Sulphurex N technikami analizy XRD & termicznej, 58 Konferencja Krystalograficzna Walne Zebranie i Warsztaty PTK, Wrocław, 22-24 VI 2016 r., B-73, 279-280, Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław oraz Komitet Krystalografii PAN, <http://intibs.pl/kk2016/archiwum/58K-K2016book.pdf>, 5.02.2017 r.

[11] Klemba K., Żarczyński A., Wolf W. M., Anielak P., 2016, Praktyczne metody usuwania siarkowodoru z biogazu. III. Propozycja ankiety jako metody kompleksowej oceny aspektów ekonomicznych i ekologicznych technologii odsiarczania biogazu, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 6, 218-220.

[12] Smolarek T., 2016, Kalkulator biogazowy jako użyteczne narzędzie do obliczeń wskaźników pracy biogazowni, Eliksir, (1)3, 52-55.

[13] Klemba K., 2015, Biogazownia jako potencjalne źródło zagrożeń emisjami odorowymi oraz działania prewencyjne, Eliksir, 2, 22-27.

[14] Kwaśny J., Balcerzak W., Reza P., 2016, Biogaz i charakterystyka wybranych metod jego odsiarczania, Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury, t. 33, z. 63, 129-141.

[15] Borek K., 2016, Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce, Aura, 7-8, 21-23.

[16] Kowalska A., 2016, Biogazowy potencjał energetyczny gminy Błaszki, praca dyplomowa inżynierska, IChOiE, Politechnika Łódzka, Łódź.

[17] Gajewski R., 2016, Potencjalna rola plantacji roślin energetycznych w Polsce. Polska Izba Biomasy, Warszawa. http://www.econet-poland.pl/fileadmin/ahk_polneconet/Publikationen/Polska_Izba_Biomasy_08.06.2016.pdf, 25.02.2017 r.

[18] Dahlquist E. (ed.), 2013, Technologies for Converting Biomass to Useful Energy. Combustion, gasification, pyrolysis, torrefaction and fermentation. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, Leiden, ISBN 9780415620888.

[19] Artyszak D., 2016, Rośliny energetyczne – charakterystyka podstawowych gatunków i ich wykorzystanie w polskiej energetyce, Konferencja pt. Nowoczesna Energetyka Europy Środkowo-Wschodniej, s. 1-34, Warszawa.

[20] Sadek R., Chałupka K., Bawolak K., Dzwigaj S., 2015, Produkcja biodiesla w procesie transestryfikacji wyższych kwasów tłuszczowych zawartych w olejach roślinnych, Eliksir, 1, 23-25.

[21] Van den Berg G. P., 2004, Effects of the wind profile at night on wind turbine sound, Journal of Sound and Vibration, 277(4-5), 955-970.

[22] Mroczek B., Kurpas D., Klera M., 2013, Sustainable Development and Wind Farms, Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, 8(2), 113-122.

[23] Żarczyński A., Niedbalska M., Zaborowski M., 2016, Ocena efektywności energetycznej dwóch turbin wiatrowych firmy Vensys, Eliksir, 2(4), 27-31.

[24] Sibiński M., 2014, Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznych w celu poprawy niezależności energetycznej mleczarni wyposażonej w reaktor biogazowy, Acta Innovations, 10, 14-30.

[25] Góralczyk I., Tytko R., 2016, Dobór urządzeń do instalacji solarnej, Aura, 1, 23-25.

[26] Nowicki M., 2016, Czy Polska może być geotermicznym

Eldorado?, *Aura*, 12, 25.

[27] Zwolińska A., Kusyk G., 2014, Energia wody – (nie)przyjazna środowisku? *Aura*, 10, 17-19.

[28] Majewski W., 2015, Kompleksowe zagospodarowanie dolnej Wisły szansą dla regionu i Polski, *Gospodarka Wodna*, 2, 47-52.

[29] Cebula J., Wybrane metody oczyszczania biogazu rolniczego i wysypiskowego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012.

[30] Żarczyński A., Klemba K., Smolarek T., 2015, II Międzynarodowy Kongres i Targi „Łódzkie Energetyczne 2015”, *Aura*, 9, 23-25.

[31] Berent-Kowalska G., Jurgaś A., Kacprowska J., Moskal I., *Energia ze źródeł odnawialnych w 2015 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2016, http://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/10/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2015_roku.pdf, 25.02.2017 r.

[32] De Norre B., Diaz Alonso F., Fetic Ch., Gikas A., Goerten J., Goll M., Rase D., Struc M., *Energy, transport and environment indicators 2016 edition*, Eurostat, European Union 2016, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/7731525/KS-DK-16-001-EN-N.pdf/cc2b4de7-146c-4254-9521-dcbd6e6fafa6>, 25.02.2017 r.

[33] Buczyńska E., *Uprawy energetyczne w Polsce*, http://swiatoze.pl/aktualnosci/uprawy-energetyczne-w-polsce_61.html, 25.02.2017 r.

[34] Chyc M., Ogonowski J., 2015, Możliwości przemysłowego zastosowania topinamburu, *Przemysł Chemiczny*, 4, 578-582.

[35] Maj G., Piekarski W., Słowik T., 2013, Topinambur (*Helianthus tuberosus*) substratem do produkcji biogazu, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2, 59-60.

[36] Kacprzak A., Michalska K., Romanowska-Duda Z., Grzesik M., 2012, Rośliny energetyczne jako cenny surowiec do produkcji biogazu. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 2(61), 281-293.

[37] Kiesel A., Lewandowski I., 2015, *Miscanthus* as biogas substrate – Cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. *GCB Bioenergy*, December 2015, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcbb.12330/pdf>, 08.01.2017 r.

[38] Portal Sadowniczy.pl, Mozga trzcinowata, <https://www.sadowniczy.pl/product-pol-42975-Mozga-trzcinowata.html>, 08.03.2017 r.

[39] Bueno Piaz Barbosa D., Nabel M., Jablonowski N.D., 2014, Biogas-digestate as nutrient source for biomass production of *Sida hermaphrodita*, *Zea mays* L. and *Medicago sativa* L., *Energy Procedia*, 59, 120-126.

[40] Gołębiowska U. (red.), 2013, OZE Odnawialne Źródła Energii. Materiał wspierający realizację programu „Odnawialne Źródła Energii” dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych, Koszalin. ●

Mirosława Prochoń, Anna Biernacka, Marta Witczak

mirosława.prochon@p.lodz.pl

Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Kompozyty ceramiczne jako pełne wykorzystanie zalet ceramiki

Kompozyty typu ceramika – polimer

Popularność materiałów ceramicznych jest wynikiem ich bardzo dobrych właściwości mechanicznych, do których można zaliczyć między innymi odporność na ścieranie i niski współczynnik tarcia. Dodatkową zaletą wykorzystywaną w rozwiązaniach konstrukcyjnych jest dobra odporność na warunki atmosferyczne, a także mały współczynnik rozszerzalności cieplnej. Mocną stroną materiałów ceramicznych jest też ich niska cena oraz biogodność. Wadą, a zarazem podstawowym ograniczeniem w stosowaniu ceramiki na szeroką skalę jest jej kruchość [1,2]. Stąd też podjęto próby łączenia ceramiki z innymi materiałami. Jednym z takich rozwiązań są kompozyty ceramika-polimer. W tego typu układach najczęściej fazę ciągłą stanowi polimer, zaś ceramika w postaci włókien lub wypełniaczy jest zbrojeniem (fazą rozproszoną). Zazwyczaj jako fazę rozproszoną stosuje się krzemionkę, dolomit lub też tlenek glinu [1]. W takich kompozytach zadaniem fazy ceramicznej jest zapewnienie

większej twardości kompozytu, a także polepszenie odporności na ścieranie. Obecność fazy polimerowej umożliwia polepszenie zdolności przenoszenia naprężeń [3].

Zastosowanie kompozytów typu ceramika – polimer

Jednym z wielu obszarów zastosowań kompozytów polimerowo-ceramicznych jest branża stomatologiczna. Są one szeroko stosowane jako wypełnienia ubytków ze względu na bardzo dobre właściwości estetyczne, a także właściwości mechaniczne. W skład materiału wypełniającego oparte go na związkach metakrylanowych wchodzi dodatkowo żywica fotopolimeryzująca stanowiąca ośnowę, a także napełniacze nieorganiczne o różnym rozmiarze cząstek (od makrocząstek, aż do cząstek w rozmiarze nano) [4]. Kompozyty ceramiczne mają przewagę nad obecnie stosowanymi wypełnieniami amalgamatowymi, które zawierają toksyczną rtęć, a także wykazują dużą przewodność cieplną,



która jest przyczyną wrażliwości tkanek w jamie ustnej na zmiany temperatury [5].

Ze względu na swoje unikatowe właściwości, kompozyty te mogą znaleźć zastosowanie w mikroelektrotechnice. Mogą być także wykorzystywane w budowie urządzeń mikrofalowych, które będą pracować w zakresie wysokich częstotliwości. W kompozytach tego typu wzmocnienie stanowi elektroceramika, zaś osnową jest polimer [6].

Kompozyty ceramiczno-polimerowe (CP) często określane jako polimerobeton są wykorzystywane w elektrotechnice. Układy na bazie metakrylanu metylu z dodatkiem napelnacza ceramicznego znalazły zastosowanie w produkcji izolatorów. Uzyskane materiały wykazują dobrą odporność mechaniczną, elektryczną, a także termomechaniczną. Dodatkową zaletą wynikającą ze stosowania kompozytów polimerowo-ceramicznych jest to, iż nie wymagają one dodatkowego szkliwienia ze względu na wysoką hydrofobowość [7].

Kompozyty o osnowie ceramicznej

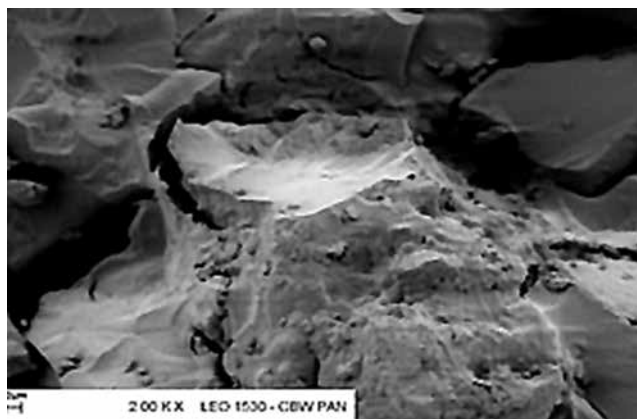
Od pewnego czasu dużą popularność zyskują kompozyty typu ceramika – polimer, w których osnowę stanowi ceramika. Mogą być one nazywane kompozytami o porowatej osnowie ceramicznej [1]. Analizując budowę kości człowieka lub zwierząt można stwierdzić, że są one naturalnymi kompozytami tego typu. Białko stanowi biopolimer, który oparty jest na bazie porowatej osnowy ceramicznej, którą jest kość [8].

Układy, w których ceramika stanowi osnowę mogą powstawać m.in. na drodze mieszania materiału z poroforem, który w wyniku wypalania ulega rozkładowi i pozostawia pory [1]. Obecnie intensywnie rozwijaną metodą wytwarzania kompozytów o osnowie ceramicznej jest polimeric sponge method. Metoda ta polega na osadzeniu ceramicznej masy leejnej na wcześniej wytworzonej warstwie spienionego tworzywa sztucznego. Po suszeniu i wypaleniu tworzywa polimerowego proszek ceramiczny przejmuje rolę podłoża [9]. Kolejną metodą prowadzącą do uzyskania kompozytu o osnowie ceramicznej jest polimerizacja monomerów w porach ceramicznego tworzywa, którego strukturę przedstawiono na rysunku 1.

Właściwości takich układów w dużej mierze zależą od stopnia porowatości. Dużą dogodnością w tego typu układach jest możliwość manipulacji stopniem porowatości, jak i rozkładem wielkości porów. Dzięki temu można uzyskać kompozyty o unikatowych właściwościach [8].

Podsumowanie

Kompozyty typu ceramika-polimer pozwalają na pełne wykorzystanie wszystkich zalet ceramiki. Umożliwiają



Rys. 1. Zdjęcie kompozytu ceramiczno-polimerowego otrzymanego metodą polimerizacji monomerów akrylowo-styrenowych w porach ceramicznego tworzywa z Al_2O_3 (średnia wielkość porów 22 μm) [8]

również jej aplikację wszędzie tam, gdzie jako samodzielny materiał nie mogłaby być wykorzystywana. Ze względu na dużą różnorodność, zarówno materiałów ceramicznych jak i polimerowych, kompozyty te mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach życia.

Literatura:

- [1] Szafran M., Lipiec W., Okowiak J., Konopka K., Kurzydłowski K.J., 2003, Nowe kompozyty ceramika-polimer o osnowie z ceramicznego tworzywa porowatego z tlenku glinu, *Kompozyty*, 3, 8, 337.
- [2] Oczko K., Kształtowanie ceramicznych materiałów technicznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 1996.
- [3] Konopka K., Boczkowska A., Kurzydłowski K., Szafran M., 2003, Mikrostruktura i właściwości kompozytów ceramika-elastomer, *Kompozyty*, 3, 7, 2016-2020.
- [4] Pieniak D., Niewczas A., Kordos P., Wpływ zmęczenia cieplnego oraz starzenia na mikrotwardość kompozytów polimerowo – ceramicznych do zastosowań biomedycznych <http://www.ein.org.pl/sites/default/files/2012-02-14p.pdf> 16.02.2016.
- [5] Lewandowska M., Andrzejczuk M., Kurzydłowski K., Karaś J., Szafran M., Rokicki G., 2004, Kompozyty ceramiczno-polimerowe stosowane na stałe wypełnienia stomatologiczne – wpływ cząstek wypełniacza na właściwości mechaniczne, *Kompozyty*, 4, 11, 302-305.
- [6] Osińska K., Yashchysyn Y., Bernard H., Dzik J., Czekaj D., 2012, Kompozyty ceramiczno-polimerowe do zastosowań mikrofalowych, *Materiały ceramiczne*, 64, 1, 33-37.
- [7] Halama A., Mączka T., Olech Z., Paściak G., Skoczył M., Wójcik A., 2015, Monolityczny izolator wsporczy z kompozytu ceramiczno-polimerowego, *Przegląd Elektrotechniczny*, 10, 288-293.
- [8] Szafran M., Konopka K., Rokicki G., Lipiec W., Kurzydłowski K., 2002, Porowata ceramika infiltrowana metalami i polimerami, *Kompozyty*, 2, 5, 315-316.
- [9] Szafran M., Laskowska J., Jaegermann Z., 2000, Bioceramiczne materiały porowate, Część 1, Sposób otrzymywania materiałów z udziałem spienionych tworzyw sztucznych, *Szkło i Ceramika*, 51, 1, 9.

Jacek Krystek, Anna Retelewska

jacek.krystek@p.lodz.pl

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Dostęp do informacji o środowisku w praktyce

Część 1

Prawo dostępu do informacji o stanie i ochronie środowiska zapewnia nam Konstytucja RP (art. 74. ust. 3). Szczegółowe rozwiniecie tych przepisów zawarte jest w ustawie z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (dalej ustawa OOS) (DzU z 2016 r., poz. 353 z późn. zm.).

Regulacje ustawowe

Generalna zasada dotycząca udostępniania informacji o środowisku i jego ochronie zakłada, że każdy ma prawo do takiej informacji. Ustawa szczegółowo wymienia przypadki, gdy organ administracji nie może udostępnić informacji lub gdy ma prawo odmówić udzielania takiej informacji. W każdym innym przypadku informacja musi zostać udzielona.

Odmowa udostępnienia informacji może nastąpić, gdyby udostępnienie tych informacji mogło naruszyć:

1. ochronę informacji niejawnych;
2. przebieg toczącego się postępowania sądowego, dyscyplinarnego lub karnego;
3. prawa własności intelektualnej;
4. ochronę danych osobowych, dotyczących osób trzecich;
5. ochronę informacji lub danych, dostarczonych przez osoby trzecie, jeżeli osoby te, nie mając obowiązku ich dostarczenia i nie mogąc być takim obowiązkiem obciążone, dostarczyły je dobrowolnie, chyba że wyraziły zgodę na ich udostępnianie;
6. stan środowiska, którego informacja dotyczy, w szczególności przez ujawnienie ostoi lub siedliska roślin, zwierząt i grzybów objętych ochroną gatunkową;
7. ochronę informacji o wartości handlowej;
8. obronność i bezpieczeństwo państwa;
9. bezpieczeństwo publiczne;
10. ochronę tajemnicy statystycznej przewidzianą przepisami o statystyce publicznej.

Ponadto władze publiczne mogą odmówić udzielenia informacji o środowisku i jego ochronie, jeżeli:

1. wymagałoby to dostarczenia dokumentów lub danych będących w trakcie opracowywania;
2. wymagałoby to dostarczenia dokumentów lub danych przeznaczonych do wewnętrznego komunikowania się;
3. wniosek jest w sposób oczywisty niemożliwy do zrealizowania;
4. wniosek jest sformułowany w sposób zbyt ogólny.

Teoretyczne zagadnienia związane z tym tematem opisał w serii artykułów zamieszczonych w Przeglądzie Komunalnym prof. Marek Górski [1-5].

Zakres badania

W pracy dyplomowej wykonanej w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej Politechniki Łódzkiej sprawdzano, jak urzędy w praktyce udostępniają informacje o środowisku i jego ochronie.

Do szesnastu regionalnych dyrekcji ochrony środowiska wysłano następujące zapytanie dotyczące informacji o środowisku:

„Czy prowadzone były postępowania dotyczące ponownej oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko określone przez przepisy rozdziału 4 ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko, jakich przedsięwzięć dotyczyły i na czyj wniosek prowadzone było to postępowanie”.

Wszystkie 16 regionalnych dyrekcji ochrony środowiska udzieliły informacji, ale najciekawsze jest, jak to wyglądało w szczegółach.

Termin udzielenia odpowiedzi

Ustawowy termin udzielenia odpowiedzi wynosi 1 miesiąc (art. 14 ust. 1. ustawy OOS). Ze względu na stopień skomplikowania sprawy może być on wydłużony do 2 miesięcy. W naszym przypadku odpowiedzi nadeszły od 29 dni do ... 117 dni. Większość odpowiedzi (15) nadeszła w ciągu 30–50 dni, co biorąc pod uwagę czas dojścia przesyłki do adresata i czas powrotu odpowiedzi, daje nam praktycznie dochowanie ustawowych terminów.



Oплаты за udzielenie oraz przesłanie informacji

Organ administracji może pobrać opłatę za wyszukanie informacji (art. 26 ust. 1 ustawy OOS). Większość, bo 11 regionalnych dyrekcji, przesłało dane bezpłatnie. Trzy regionalne dyrekcje przesłały dane, nakazując dokonać opłaty za wyszukanie danych w wysokości 5 zł lub 6,50 zł. Dwie regionalne dyrekcje nakazały wstępne dokonania wpłat (w wysokości 5 zł). Po dokonaniu wpłat informacja nie została przesłana, bo zapomniano w urzędzie o sprawie. Konieczny był telefon przypominający.

Za przesłanie informacji drogą pocztową organ może pobrać opłatę w wysokości podanej w obowiązującym cenniku usług powszechnego operatora usług pocztowych (art. 27 ust. 2 ustawy OOS). Opłaty takiej nie pobrało 14 regionalnych dyrekcji ochrony środowiska. Jedna pobrała w wysokości 2 zł, a druga 13,50 zł.

Zgodnie z Konwencją o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostępie do sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska (Konwencja z Aarhus) (Dz.U. z 2003 r., Nr 78, poz. 706), pobieranie opłat za udostępnienie informacji nie może przekraczać uzasadnionych stawek (art. 4 ust. 8). W analizowanym przypadku wysokość pobranych opłat nie była czynnikiem zniechęcającym do uzyskania informacji.

Poprawność merytoryczna informacji

Ostatnim ocenianym elementem była poprawność merytoryczna dostarczonej informacji. Czternaście regionalnych dyrekcji ochrony środowiska dostarczyło konkretne informacje, w pełni odpowiadające na zadane pytania. Niestety, dwie regionalne dyrekcje właściwie nie udzieliły odpowiedzi. W pierwszym przypadku, informacja nadesłana najszybciej (po 29 dniach), odesyłała do głównej strony internetowej regionalnej dyrekcji lub do strony www.ekoportal.pl. Niestety na żadnej z tych stron nie udało się znaleźć szukanych informacji. Innego rodzaju problem pojawił się przy odpowiedzi od ostatniej regionalnej dyrekcji ochrony środowiska. Odpowiedź przyszła po 117 dniach (jako ostatnia). W odpowiedzi poproszono o uszczegółowienie prośby. Uznano, że wniosek został sformułowany zbyt ogólnie i odmówiono na podstawie art. 17 pkt 4 ustawy OOS udostępnienia informacji. Ta regionalna dyrekcja zapomniała widocznie o brzmieniu art. 19 ust. 3 ustawy OOS, który mówi, że: „Jeżeli wniosek jest sformułowany w sposób zbyt ogólny, organ administracji niezwłocznie, jednak nie później niż w terminie 14 dni od dnia otrzymania wniosku, wzywa wnioskodawcę do uzupełnienia wniosku, udzielając stosownych wyjaśnień [...]”.

Dostęp do informacji o środowisku a dostęp do informacji publicznej

Dostęp do informacji o środowisku jest jednym z podstawowych elementów uspołecznienia podejmowania decyzji dotyczących środowiska. Obecnie prawo dostępu do informacji uważamy jako coś oczywistego. Znalazło to swoje potwierdzenie zarówno w zapisach Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej, jak i ustawach: omawianej już ustawie OOS jak i ustawie z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (Dz.U. z 2016 r., poz. 1764). Zapominamy, że jeszcze przed 1989 rokiem informacje o pogarszającym się stanie środowiska objęte były zapisami cenzorskimi [6].

Warto również zastanowić się nad różnicą między informacją publiczną a informacją o środowisku. Po analizie przepisów prawnych należy stwierdzić, że praktycznie każda informacja o środowisku jest jednocześnie informacją publiczną. Nie każda natomiast informacja publiczna dotyczy spraw środowiska.

Jeżeli jakaś informacja jest jednocześnie informacją o środowisku i informacją publiczną, to z której ustawy (OOS czy z ustawy o dostępie do informacji publicznej) powinniśmy skorzystać? Właściwie można rozważać skorzystanie z obu tych ustaw jako podstaw prawnych. Jednakże ustawa OOS jako *lex specialis* (prawo szczególne) powinno mieć tutaj pierwszeństwo i ona powinna być zastosowana w pierwszej kolejności [7].

Podsumowanie

Przeprowadzona kwerenda dotyczyła wszystkich szesnastu regionalnych dyrekcji ochrony środowiska, organów administracji rządowej niezespołonej, właściwej na obszarze danego województwa. Należało się spodziewać, że organy takiego szczebla rozumieją znaczenie prawa obywateli do informacji o środowisku i jego ochronie, jak też mają jednakowe zasady postępowania. W większości przypadków tak właśnie było. Regionalne dyrekcje udzieliły odpowiedzi w terminie i była ona pełna i wyczerpująca. Prawo organu do pobrania opłaty za przygotowanie danych nie było stosowane w celu odstraszenia zainteresowanych. Dodatkowo w większości przypadków organy zrezygnowały z pobrania stosowanej opłaty, gdyż była ona niewielka. Niestety zdarzyły się jednak przypadki niedotrzymania terminów, jak i odmowy udzielenia informacji pod pretekstem zbyt ogólnego sformułowania wniosku.

Jednocześnie okazało się, że procedura ponownej oceny oddziaływania na środowisko, wprowadzona do polskiego systemu ocen oddziaływania na środowisko ustawą OOS

z 2008 roku, jest stosowana tylko w wyjątkowych przypadkach.

W części drugiej zostaną przedstawione dane o praktyce udostępniania informacji zebrane w czasie badania jakości procedury oceny oddziaływania na środowisko.

Literatura

[1] Górski M., 2009, Dostęp do informacji o środowisku, *Przegląd Komunalny* 2(209), 26-27.

[2] Górski M., 2009, Udostępnianie informacji o środowisku i jego ochronie. Obligatoryjna odmowa, *Przegląd Komunalny* 4(211), 20-21.

[3] Górski M., 2009, Udostępnianie informacji o środowisku i jego

ochronie. Obligatoryjna odmowa. Część 2., *Przegląd Komunalny* 5(212), 34-35.

[4] Górski M., 2009, Udostępnianie informacji o środowisku i jego ochronie. Obligatoryjna odmowa. Część 3, *Przegląd Komunalny* 6(213), 30-31.

[5] Górski M., 2009, Udostępnianie informacji o środowisku i jego ochronie. Fakultatywna odmowa i opłaty związane z udostępnianiem, *Przegląd Komunalny* 7(214), 24-25.

[6] Kassenberg A. (red), *Przez ekologię do wolności. Ruch ekologiczny a 25 lat przemian — refleksje na 25-lecie odzyskania suwerenności Polski*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2014.

[7] Jendrośka J. (red), Bar M., Bukowski Z., Stoczkiewicz M., *Dostęp do informacji o środowisku a dostęp do informacji publicznej*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2004. ●

Jacek Krystek, Kamil Pruszek

jacek.krystek@p.lodz.pl

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Dostęp do informacji o środowisku w praktyce

Część 2

W części pierwszej przedstawiono praktykę udostępniania danych przez regionalne dyrekcje ochrony środowiska dotyczącą ponownej oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko.

W niniejszej pracy omówiono praktyczne aspekty udostępniania informacji dotyczącej jakości ocen oddziaływania na środowisko. Badanie dotyczyło danych za lata 2005–2009. Prowadzone było w ramach pracy dyplomowej magisterskiej wykonanej w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej Politechniki Łódzkiej.

Urzędy wojewódzkie

Wysłano zapytanie do wszystkich 16 urzędów wojewódzkich dotyczące:

- liczby przyjętych wniosków o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach;
- liczby przeprowadzonych postępowań w sprawie oceny oddziaływania na środowisko;
- liczby wydanych postanowień o obowiązku sporządzenia raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko;
- liczby nałożonych na wnioskodawców obowiązków przedstawienia analizy porealizacyjnej;
- liczby wydanych decyzji o obowiązku sporządzenia przeglądu ekologicznego.

Ponieważ 15 listopada 2008 r. weszła w życie ustawa

z dnia 3 października 2008 roku o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (dalej ustawa OÖŚ) (DzU z 2016 r., poz. 353 z późn. zm.), która zmieniła właściwości urzędów prowadzących sprawy (zamiast urzędów wojewódzkich właściwe stały się najczęściej nowo utworzone regionalne dyrekcje ochrony środowiska), urzędy wojewódzkie powinny zastosować art. 19 ust. 2 ustawy OÖŚ, który mówi (w brzmieniu obowiązującym w czasie badania), że:

„Jeżeli wniosek dotyczy informacji nieznajdującej się w posiadaniu organu administracji, organ ten niezwłocznie, nie później jednak niż w terminie 14 dni od dnia otrzymania wniosku:

- 1) przekazuje wniosek organowi administracji, w którego posiadaniu znajduje się żądana informacja, i powiadamia o tym wnioskodawcę; przepis art. 65 § 1 zdanie drugie Kodeksu postępowania administracyjnego stosuje się odpowiednio;
- 2) zwraca wniosek wnioskodawcy, jeżeli nie można ustalić organu, o którym mowa w pkt 1.”

Brzmienie art. 19 ust. 2 ustawy OÖŚ jest więc właściwie powtórzeniem art. 65 Kodeksu postępowania administracyjnego (DzU. z 2016 r., poz. 23 z późn. zm.), który powinien być dobrze znany wszystkim urzędnikom. Okazało się jed-



nak, że część urzędów wojewódzkich albo nie przekazała zapytania do właściwych regionalnych dyrekcji ochrony środowiska, albo przekazała je nie powiadamiając o tym wnioskodawcy.

Podsumowując ten obszar badań należy stwierdzić, że 1 urząd wojewódzki udzielił pełnej odpowiedzi, 4 urzędy odpowiedziały częściowo, 9 urzędów nie udzieliło odpowiedzi lub zażądało wysokiej opłaty (sięgającej 1000 zł!), a dwa urzędy wojewódzkie nie odpowiedziały wcale na wnioski o udzielenie informacji.

Starostwa powiatowe

Kolejne pytania przesłano do 21 starostw powiatowych województwa łódzkiego. Zadano tylko jedno pytanie: „Zwracam się z uprzejmą prośbą o udzielenie informacji o ilości wydanych przez Starostwo Powiatowe [...] decyzji o obowiązku wykonania przeglądu ekologicznego [...]”.

Odpowiedzi udzieliło 19 starostw, 17 z nich podało liczbę wydanych decyzji o obowiązku wykonania przeglądu ekologicznego. Jedno starostwo podało, że starostwo „nie realizuje zadań z zakresu wykonywania przeglądu ekologicznego”, a drugie, że „Starostwo Powiatowe [...] nie wydaje decyzji o obowiązku wykonania przeglądu ekologicznego”. Dwa starostwa powiatowe nie odpowiedziały na zadane pytanie.

Jedno ze starostw przed udzieleniem odpowiedzi zażądało dokonania wpłaty opłaty w wysokości 5 zł.

Urzędy gmin oraz miast

Do 177 urzędów gmin i miast województwa łódzkiego wysłano następujące pytania:

- liczby przyjętych wniosków o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach;
- liczby przeprowadzonych postępowań w sprawie oceny oddziaływania na środowisko;
- liczby wydanych postanowień o obowiązku sporządzenia raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko;
- liczby nałożonych na wnioskodawców obowiązków przedstawienia analizy porealizacyjnej;
- liczby wydanych decyzji o obowiązku sporządzenia przeglądu ekologicznego.

Pełnej odpowiedzi udzieliło 85 urzędów, niepełnej informacji udzieliło 26 urzędów, 6 urzędów nie udzieliło

odpowiedzi, a aż 60 urzędów nie odpowiedziało na wniosek o udzielenie informacji.

Opłaty przed udzieleniem informacji zażądały 4 urzędy. Po uiszczeniu opłaty została udzielona informacja. W jednym przypadku organ administracji zażądał opłaty, udostępnił dane po dokonaniu opłaty, po czym wystosował pismo o podanie powodu wpłaty żądanej wcześniej kwoty.

Urzędy, które odmówiły podania informacji podawały takie powody jak (autentyczne brzmienie odpowiedzi):

- „Informacje te odzwierciedlają działalność tutejszego organu i podlegają udostępnieniu organom kontrolnym”;
- „Informacje będą udzielone po przedstawieniu odpowiedniego zaświadczenia z uczelni. Jednocześnie informuję, że odpowiedzi na zadane pytania będą udzielone panu osobiście po wstawieniu się z zaświadczeniem we wcześniej ustalonym terminie”;
- „W odpowiedzi na pismo [...] w sprawie udzielenia informacji z zakresu ocen oddziaływania na środowisko informuje, że materiały są do wglądu w [...]”.

Zdarzały się również przypadki odmowy udzielenie wyjaśnień i skierowanie do szukania danych na stronach internetowych BIP urzędów lub tablicach ogłoszeń.

Podsumowanie

Pytania do starostw powiatowych były proste i jasne, więc praktycznie wszystkie urzędy udzieliły pełnej odpowiedzi. Pytania skierowane do urzędów wojewódzkich oraz urzędów miast i gmin były bardziej skomplikowane, więc niestety pojawiły się problemy z uzyskaniem informacji. Szczególnie widoczne było to dla urzędów miast i gmin, gdzie praktycznie 1/3 wniosków pozostała bez odpowiedzi. Ponieważ urzędy wojewódzkie można traktować jako stojące wyżej w hierarchii służbowej, to braku reakcji było mniej, za to więcej było prób nie udzielenia informacji (zarzuty o zbyt ogólne pytania, żądanie znacznych opłat za udzielenie informacji, przekazanie pytania do innego organu administracji).

Obecne przepisy prawne zapewniają możliwość uzyskania informacji o środowisku i jego ochronie. Przypadki, w których organ odmawia informacji, lub może odmówić informacji są szczegółowo opisane. Praktyka działania urzędów pokazuje jednak, że nie zawsze uzyskanie informacji jest takie łatwe i proste, jakby się wydawało z samej lektury przepisów.

Kinga Wieczorek

800998@edu.p.lodz.pl

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Blaski i cienie polskiej energetyki (nie)konwencjonalnej. Część I

Wstęp

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się surowcom, z których pozyskuje się energię elektryczną. Przyczynami takiego trendu jest przede wszystkim wyczerpywanie się zasobów paliw kopalnych oraz niekorzystny wpływ na środowisko wywołany przez eksploatację konwencjonalnych źródeł energii [1].

Produkcja energii elektrycznej przez elektrownie spalające węgiel kamienny lub brunatny wiąże się z wytwarzaniem dużych ilości stałych odpadów paleniskowych, na które składają się w większości popioły lotne i żużle [2, 3]. Ilość powstających odpadów paleniskowych jest uzależniona głównie od rodzaju i jakości węgla, a także od zawartości w nim popiołu. Efektem ubocznym wytworzenia 1 kWh energii elektrycznej jest powstanie od 60 do 200 g odpadów paleniskowych, natomiast w wyniku spalania 1 tony węgla powstaje średnio 250 kg żużli i popiołów [4–6].

Polski sektor energetyczny

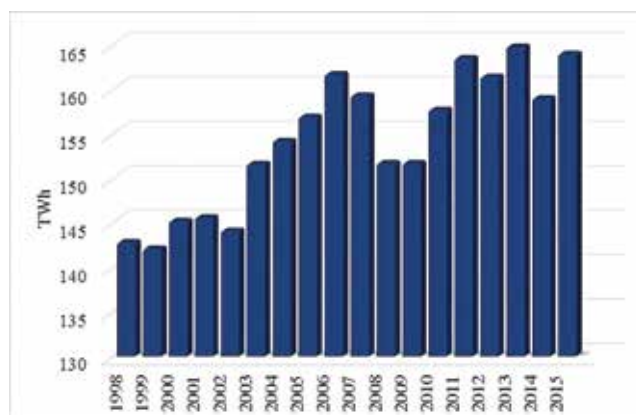
Sektor energetyczny w Polsce opiera się głównie na wytwarzaniu energii elektrycznej z paliw kopalnych, spośród których największe znaczenie odgrywa węgiel kamienny i brunatny. Paliwa te od wielu lat są podstawowymi surowcami energetycznymi w naszym kraju, jednak na skutek wytycznych Unii Europejskiej obserwuje się powolny spadek znaczenia węgla kamiennego na rzecz odnawialnych źródeł energii. W Polsce obecnie istnieje piętnaście zawodowych elektrowni ciepłych bazujących na węglu kamiennym oraz sześć elektrowni, które wykorzystują węgiel brunatny [7,8].

Największa moc zainstalowana przypada na elektrownie zawodowe działające na węglu kamiennym i wynosi ona 20 434,3 MW, co stanowi 53,49% całkowitej mocy zainstalowanej w naszym kraju. Elektrownie spalające węgiel brunatny posiadają moc elektryczną zainstalowaną 9 620,5 MW, która odpowiednio stanowi 25,18% mocy zainstalowanej w elektrowniach w Polsce. Dla porównania moc zainstalowana w elektrowniach wykorzystujących odnawialne źródła energii wynosi 2 825,5 MW [8].

Produkcja energii elektrycznej

W ciągu ostatnich pięciu lat w Polsce rocznie było wytwarzanych około 160 TWh energii elektrycznej. W 2014 roku odnotowano spadek produkcji energii o 3,7% w porównaniu z rokiem 2013, w którym wyprodukowano o 1,9% więcej energii elektrycznej, niż w roku 2012.

W drugiej połowie lat 90-tych XX wieku produkcja energii elektrycznej utrzymywała się na poziomie około 140 TWh, jednak w latach 2000 – 2006 nastąpił sukcesywny wzrost ilości produkowanej energii z poziomu 145 TWh do 161 TWh (wyjątkiem był jedynie rok 2002, w którym wytworzono o 0,7% mniej energii, niż w roku poprzednim). W latach 2008 i 2009 produkcja energii zmalała do 151 TWh, natomiast od roku 2010 utrzymuje się na stałym poziomie, w granicach od 157 TWh do 165 TWh (rys. 1) [9–11].



Rys. 1. Produkcja brutto energii elektrycznej w latach 1998 – 2015 [9]

Zgodnie z prognozami Ministerstwa Gospodarki, zawartymi w *Polityce Energetycznej Polski do 2030 r.*, przewiduje się wzrost krajowego zapotrzebowania brutto na energię elektryczną – do poziomu 169 TWh w 2020 roku, zaś w roku 2030 ma ono osiągnąć wartość 217 TWh [12].

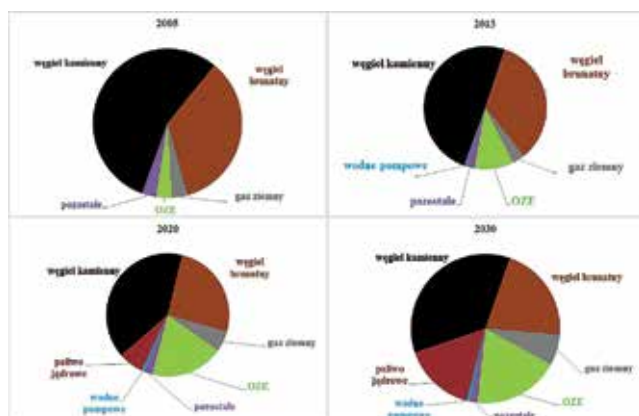
Struktura wytwarzania energii elektrycznej

Największy udział w produkcji energii elektrycznej według nośników ma węgiel kamienny i brunatny. Obecnie ze



spalania tych surowców w zakładach energetycznych powstaje około 90% ogółu energii produkowanej w Polsce [7].

Na przestrzeni ostatnich lat w naszym kraju zaszły zauważalne zmiany w strukturze wytwarzania energii elektrycznej (rys. 2).



Rys. 2. Struktura wytwarzania energii elektrycznej według źródeł [8,10,12]

Podstawowym nośnikiem energii ciągle pozostaje węgiel kamienny, jednak jego udział w krajowej produkcji energii systematycznie maleje. W 2005 roku z węgla kamiennego wyprodukowano 55,3% energii, z węgla brunatnego 34,9%, z gazu ziemnego 3,3%, natomiast odnawialne źródła energii stanowiły 3,4%. W ciągu kolejnych pięciu lat nastąpił wzrost znaczenia odnawialnych źródeł energii, które w 2010 roku stanowiły już 6,9% produkcji energii w stosunku do źródeł nieodnawialnych. Udział węgla kamiennego, gazu ziemnego i pozostałych nośników energii (produkty naftowe, odpady) utrzymał się na podobnym poziomie, zaś udział węgla brunatnego zmalał do 30,9%. W 2011 roku z węgla kamiennego wytworzono 53,4% ogółu energii, w 2012 – 49,7%, a w 2013 – 49,6%. Jednocześnie stale rośnie udział odnawialnych źródeł energii, które w 2011 roku stanowiły 8,0%, a w roku 2012 i 2013 – 10,4%. Wykorzystanie gazu ziemnego do produkcji energii elektrycznej nie ulega większym zmianom i pozostaje na poziomie około 3,5%. Drugim podstawowym, po węglu kamiennym, surowcem jest węgiel brunatny. Jego zużycie na potrzeby wytwarzania energii jest stabilne i utrzymuje się w granicach od 30% do 35% [8,13].

Przyjęta w 2009 roku *Polityka energetyczna Polski do 2030r.* zakłada rozwój energetyki jądrowej w naszym kraju. Pojawienie się pierwszego bloku energetycznego planuje się na 2020 rok, zaś do roku 2030 powinny pracować trzy bloki energetyczne o łącznej mocy netto 4500 MW. Udział paliwa jądrowego w całkowitej produkcji energii elektrycznej ma wynieść 6,7% w 2020 roku oraz 15,75% w 2030 roku. Prze-

widuje się również obniżenie wykorzystania węgla kamiennego do 35,6% oraz węgla brunatnego do 21%. Spełnienie wytycznych unijnych będzie wymagać zwiększenia produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii do 18,2% w 2030 roku, przy czym najwięcej energii ma pochodzić z elektrowni wiatrowych. Ponadto prognozy przewidują niewielki wzrost wykorzystania gazu ziemnego i obniżenie udziału produktów ropopochodnych [8,12,13].

Zasoby węgla brunatnego

Do 2008 roku w Polsce rozpoznanych zostało ponad 150 złóż węgla brunatnego oraz obszarów węglonośnych. W złożach pewnych udokumentowano około 14 mld ton węgla, natomiast w złożach oszacowanych ponad 60 mld ton. Ponadto oceniono, że na obszarach węglonośnych może potencjalnie występować 140 mld ton węgla brunatnego. Dostępność złóż, ich wielkość oraz jakość występującego w nich węgla pozwala na wykorzystywanie tego paliwa jako strategicznego surowca w energetyce przez blisko 50 kolejnych lat [14].

Polskie bilansowe zasoby geologiczne (zasoby spełniające graniczne wartości parametrów definiujących złoża) węgla brunatnego występujące w 90 złożach udokumentowanych wynoszą razem 23,5 mld ton. Spośród tych złóż zagospodarowanych jest tylko 9, w których znajduje się 1 483 mln ton węgla, co stanowi 6,3% ogółu geologicznych zasobów bilansowych (stan na dzień 31.12.2014) [15]. W porównaniu ze światowymi zasobami węgla brunatnego, które według *World Energy Council* są szacowane na 201 mld ton, Polska zajmuje 18 miejsce pod względem wielkości zasobów tego surowca [16]. Najliczniejsze złoża węgla brunatnego w naszym kraju występują na obszarach nizinnych zachodniej i centralnej Polski [17]. Obejmują one osiem głównych okręgów: bełchatowski, koniński, legnicki, łódzki, północno-zachodni, radomski, zachodni i wielkopolski. Najbardziej zasobne w węgle brunatne są rejony legnicki, wielkopolski i zachodni [18].

Z przeprowadzonej oceny złóż węgla brunatnego w Polsce wynika, że najbardziej perspektywicznymi złożami są złoża Gubin (złoża satelickie: Gubin-Brody oraz Mosty) o zasobach blisko 4,5 mld ton i złoża Legnica-Zachód (złoża satelickie: Legnica-Wschód oraz Legnica-Ścinawa-Głogów) o zasobach około 15 mld ton [19].

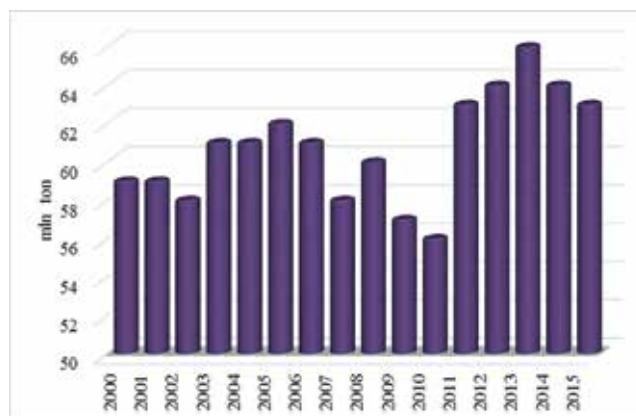
Ze względu na możliwość przedłużenia okresu funkcjonowania działających już elektrowni i kopalni korzystne jest zagospodarowanie złoża Żłoczew (zasoby około 486 mln ton) w zagłębiu bełchatowskim i złoża Radomierzycze (zasoby około 180 mln ton), a także siedmiu złóż w zagłębiu konińsko-turkowskim (łącznie zasoby 1 005 mln ton) [20].

Wydobycie węgla brunatnego

W 2014 roku wydobywanie węgla brunatnego w Polsce wyniosło 64 mln ton. W porównaniu z rokiem poprzednim zmalało ono o 3,0%, natomiast w roku 2013 wydobyto o 3,1% więcej węgla brunatnego, niż w roku 2012. Pod względem ilości wydobywanego węgla brunatnego Polska zajmuje ósme miejsce na świecie [9, 21].

Największa eksploatacja złóż węgla brunatnego w Polsce miała miejsce w latach 1987–1990, kiedy w ciągu jednego roku wydobywano ponad 73 mln ton [22]. W latach 2007–2010 zanotowano zmniejszenie rocznego wydobycia węgla. W roku 2011 nastąpił wzrost eksploatacji węgla brunatnego w stosunku do 2010 roku o 12,5% i od tego czasu rocznie w Polsce wydobywa się 62–66 mln ton (rys. 3) [9]. Prognozy dotyczące produkcji węgla brunatnego przewidują, że wydobywanie na obecnym poziomie ze złóż, na które kopalnie posiadają aktualnie koncesje, może być utrzymane do 2022 roku, a potem nastąpi obniżenie stopnia wydobycia, aż do zakończenia eksploatacji około 2040 roku. *Polityka energetyczna Polski do 2030r.* zakłada wydobywanie węgla brunatnego na poziomie 52,7 mln ton w 2025 roku oraz 45,7 mln ton w 2030 roku. Rozwiązaniem, które pozwoli na utrzymanie ilości wykorzystywanego węgla na obecnym poziomie jest zagospodarowanie złóż perspektywicznych [12, 22].

W Polsce węgiel brunatny jest eksploatowany w pięciu kopalniach odkrywkowych. Kopalnie te od roku 1945 do 2011 wydobyły łącznie około 2,5 mld ton węgla, z czego najwięcej KWB *Bełchatów* – 919 mln ton i KWB *Turów* – 871 mln ton. W Kopalni *Adamów* wydobyto 191 mln ton, natomiast w Kopalni *Konin* 562 mln ton węgla [22]. Najstarszą z polskich kopalni węgla brunatnego jest KWB *Sieniawa*,



Rys. 3. Wydobycie węgla brunatnego w Polsce w latach 2000 – 2015 [9]

w której obecnie eksploatacja jest prowadzona jedynie na potrzeby rynku miejscowego. Pozostałe cztery kopalnie dostarczają węgiel do pięciu elektrowni wytwarzających energię elektryczną z tego surowca (tab. 1) [21–24].

Literatura

- [1] Kruk H., 2012, Wykorzystanie źródeł energii a bezpieczeństwo energetyczne i ekologiczne Polski, Zeszyty naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 72, 23–30.
- [2] Żygadło M., Woźniak M., 2009, Obserwacje zmian właściwości popiołów powęglowych w procesach wietrzeniowych, *Energetyka*, 11 (665), 771–775.
- [3] Filipiak J., 2011, Popiół lotny w budownictwie. Badania wytrzymałościowe gruntów stabilizowanych mieszkanką popiołowo-cementową, *Rocz. Ochr. Śr.*, 13, 1043–1054.
- [4] Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M., *Energetyka a ochrona środowiska*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994.
- [5] Rzepecki K., 2011, Sposób zagospodarowania odpadów paleniskowych z Elektrowni Turów i problemy z tym związane, *Górnictwo i Geoinżynieria*, 3, 307–315.
- [6] Karwowska E., Łebkowska M., Tabernacka A., Andrzejewska D.,

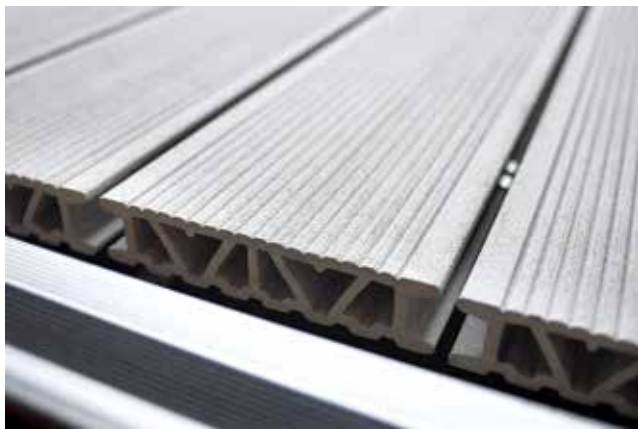
Tab. 1. Kopalnie i elektrownie węgla brunatnego w Polsce [19,21]

Kopalnia	Początek wydobycia węgla	Roczne wydobycie [mln ton]*	Zakończenie wydobycia**	Elektrownia	Początek działalności	Moc*** [MW]
Konin	1947	10,4	2040	Konin	1958	193
				Pątnów	1967	1200
Turów	1947	9,92	2048	Turów	1962	2 109
Adamów	1964	4,4	2023	Adamów	1964	600
Bełchatów	1980	37,3	2038	Bełchatów	1981	4 440

*prognozowane wydobycie na rok 2016; **przy założeniu utrzymania wydobycia na obecnym poziomie z aktualnie zagospodarowanych złóż;

*** moc osiągalna (dane z 2010 rok)





Rys. 1. Przekrój profilu podłogowego wytworzonego z WPC [9]

W zależności od proporcji między użytym termoplastem a drewnem, można uzyskać wiele rodzajów kompozytów, z których każdy będzie odznaczał się inną budową, a w konsekwencji odmiennymi właściwościami. W zależności od zawartości drewna, kompozyty można podzielić na trzy główne grupy: niskonapełnione (10-40% mas.), wyskonapełnione (40-80% mas.) oraz tzw. „upłynnione drewno”, gdzie zawartość cząstek drewna osiąga poziom ok. 90% mas. [3]. Polimerami najczęściej wykorzystywanymi w produkcji kompozytów polimero-drzewnych, ze względu na swoją niską cenę, są polietylen o niskiej gęstości (PE-LD), polietylen o wysokiej gęstości (PE-HD), polipropylen (PP) oraz polichlorek winylu (PVC), a także materiały pochodzące z recyklingu [3].

Właściwości kompozytów polimerowo-drzewnych znacznie odbiegają od właściwości drewna. WPC cechują się w większości lepszymi właściwościami mechanicznymi niż drewno, odznaczają się mniejszą podatnością na abrazję, czyli erozyjne działanie wody. Ponadto poprzez zmniejszoną chłonność wody obserwowana jest większa stabilność wymiarów materiału, co wpływa także między innymi na większą odporność na działanie warunków atmosferycznych. W odróżnieniu od drewna, które jest podatne na atak oraz rozwój mikroorganizmów, kompozyty polimerowo-drzewne wyróżniają się znaczną odpornością na działanie czynników pochodzenia biologicznego. Zarówno drewno, jak i WPC, to materiały zbudowane z substancji organicznych, głównie węgla i wodoru, przez co wręcz niemożliwym jest, aby materiały te były niepalne. Kompozyty polimerowo-drzewne cechują się natomiast pewną ognioodpornością. Bardzo często w celu opóźnienia rozprzestrzeniania się płomieni podczas pożaru stosowane są mieszaniny kwasu borowego oraz boraks [3,4].

Całkowita produkcja WPC w roku 2012 w Europie wyniosła 260 000 ton, zaś na świecie przekroczona została

granica 2,5 mln ton. Tylko w Europie produkcja kompozytów polimerowo-drzewnych od roku 2010 do 2012 wzrosła o 15%, świadczy to o znacznej dynamice rozwoju oraz ciągle rosnącym zapotrzebowaniu na produkt [6,7]. Kompozyty tego typu znajdują zastosowania w różnego rodzaju konstrukcjach, wykorzystywane są do celów wojskowych, a także powszechnie stosowane w przemyśle meblarskim oraz w przemyśle samochodowym czy inżynierii wodnej i lądowej. WPC poprzez swoje bardzo dobre właściwości mechaniczne oraz odporność m. in. na działanie czynników atmosferycznych, bardzo często stosowane są na zewnątrz budynków, np. jako panele do pokrywania fasad budynków, jako ogrodzenia lub też jako meble stosowane na zewnątrz (rys.2). Wytwarzany jest z nich także granulat, który może być przetwarzany w sposób analogiczny jak w przypadku tradycyjnych tworzyw sztucznych (rys. 3). Bez wątpienia kompozyty polimerowo-drzewne są najczęściej wykorzystywane jako materiały podłogowe – od solidnych desek podłogowych, aż po wierzchnie okleiny podłóg laminowanych (rys 4). Co ciekawe WPC mogą być stosowane jako materiały na sprzęt sportowy, taki jak łuki, kije baseballowe, narty, czy też wykonywane z nich mogą być instrumenty muzyczne. Kolejną funkcją, jaką mogą spełniać kompozyty, są okleiny



Rys. 2. Budynek wykonany z WPC [10]



Rys. 3. Zagłówek samochodowy wykonany z WPC, formowany metodą wtrysku [11]





Rys. 4. WPC jak materiał podłogowy [9]

meblowe, stosowane w miejscach szczególnie narażonych na zarysowania, takich jak blaty bądź biurka [5-8].

W ciągu ostatnich lat kompozyty polimerowo-drzewne cieszą się coraz większym zainteresowaniem, o czym świadczy stale wzrastająca liczba producentów zarówno granulatów, jak i wyrobów z tych materiałów [3]. WPC ze względu na swój przyjazny środowisku charakter, różnorodność właściwości oraz zastosowań, powinny stawać się z biegiem czasu coraz bardziej popularne oraz wszechobecne. Niestety, głównym czynnikiem hamującym ekspansję WPC jest ich ciągle zbyt wysoka cena w porównaniu do obecnie, powszechnie stosowanych tworzyw sztucznych. Czynnościami mającymi na celu rozwiązanie tego problemu jest podjęcie w wielu ośrodkach badań naukowych, których

zadaniem jest opracowanie nowych technologii wytwarzania kompozytów polimerowo-drzewnych.

Literatura

- [1] Syndor M., *Drewno w budowie maszyn. Historia najważniejszego tworzywa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2011.
- [2] Klepka T., *Nowoczesne materiały polimerowe i ich przetwórstwo*, Politechnika Lubelska, Lublin 2014.
- [3] Zajchowski S., Ryszkowska J., 2009, *Kompozyty polimerowo-drzewne – charakterystyka ogólna oraz ich otrzymywanie z materiałów odpadowych*, *Polimery*, 54, 674 – 682.
- [4] Wojciechowski S., *Kompozyty*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [5] Yongfeng L., *Wood-Polymer Composites*, w: *Advances in Composite Materials – Analysis of Natural and Man-Made Materials*, Tesinova P. (ed.), InTech, Rijeka 2011.
- [6] Sommerhuber P., Welling J., Krause A., 2015, *Substitution potentials of recycled HDPE and wood particles from post-consumer packing waste in Wood-Plastic Composites*, *Waste Management*, 46, 76-85.
- [7] Carus M., Eder A., Dammer L., Korte H., Scholz L., Essel R., Breitmayer R., 2015, *Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural-Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012 and Future Trends in Automotive and Construction*, nova-Institute GmbH.
- [8] Olakanmi E., Strydom M., 2016, *Critical materials and processing challenges affecting the interface and functional performance of wood polymer composites (WPCs)*, *Materials Chemistry and Physics*, 171, 290-302.
- [9] <https://www.architonic.com>, 18.02.17.
- [10] <http://wpcmaterials.company.frbiz.com>, 18.02.17.
- [11] <https://www.jeluplast.com>, 15.02.17.

Monika Żygo, Mirosława Prochoń

monika.zygo@dokt.p.lodz.pl

Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

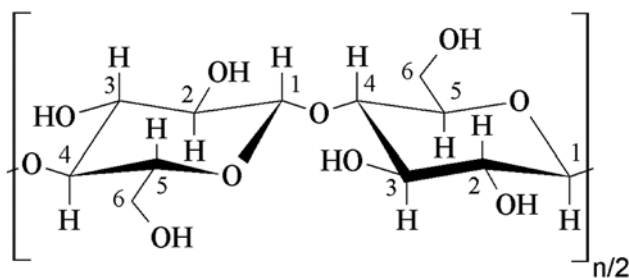
Enzymatyczne metody otrzymywania nanowłókien celulozowych

Biomasa roślinna zbudowana jest głównie z celulozy, hemicelulozy i lignin. Rocznie na Ziemi powstaje jej 200 mld ton, z czego 85% stanowią odpady ligninocelulozowe. Biomasa jest dominującym odpadem działów gospodarki takich jak rolnictwo, leśnictwo, a także różnych gałęzi przemysłu, m.in. drzewno-papierniczego. Odpady ligninocelulozowe mogą być wykorzystywane jako surowiec energetyczny, jak również jako komponent do wytwarzania wielu innych produktów. Ze względu na wysoką dostępność biomasa ligninocelulozowa jest jednym z najistotniejszych źródeł pozyskiwania włókien nanocelulozy [1].

Celuloza jest liniowym biopolimerem najpowszechniej występującym na kuli ziemskiej. Usztywnia ścianę komórkową roślin, niektórych grzybów oraz glonów. Szacuje się, że jej roczna produkcja w biosferze wynosi od 10 do 100 mld ton. Około 6 mld ton jest przetwarzane przez różne gałęzie przemysłu, np. przemysł papierniczy, tekstylny, chemiczny [2, 3].

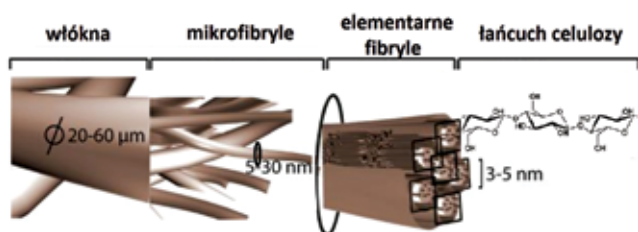
Jednostka powtarzalna celulozy złożona jest z dwóch anhydroglukozowych pierścieni ($(C_6H_{10}O_5)_n$) połączonych ze sobą kowalencyjnie poprzez atom tlenu (rys. 1). Wiązanie glikozydowe występuje między atomem tlenu węgla C1

jednego pierścienia glukozy i C4 drugiego pierścienia (typ wiązania β -1,4) [2, 3]. Każdy pierścień glukozy odwrócony jest w stosunku do poprzedniego o 180° . Pierwszorzędowe grupy hydroksylowe znajdują się po prawej lub po lewej stronie od osi łańcucha celulozy [4]. Wewnątrzłańcuchowe wiązania wodorowe pomiędzy grupami hydroksylowymi i atomami tlenu sąsiadujących reszt glukozy, stabilizują liniową strukturę celulozy. Wraz z międzylańcuchowymi wiązaniami wpływają na dużą sztywność osiową polimeru [5].



Rys. 1. Jednostka strukturalna celulozy i system numerowania atomów węgla w anhydroglukozowej jednostce celulozy [6]

Wiązania wodorowe i oddziaływania van der Waalsa są podstawą hierarchicznej budowy włókien (rys. 2). Łańcuchy celulozy tworzą elementarne fibryle, tzw. nanowłókna o średnicy od 3 do 5 nm. Nanowłókna zawierają regiony krystaliczne i amorficzne. Obszary krystaliczne stanowią około 60-70% celulozy, cechują się równoległym i uporządkowanym ułożeniem łańcuchów. Liczne wiązania wodorowe stabilizują strukturę i sprawiają, że domeny krystaliczne są sztywne i odporne na działanie enzymów celulolitycznych. Rejonu amorficzne charakteryzuje nierównomierne ułożenie łańcuchów, a także mniejsza ilość międzylańcuchowych wiązań wodorowych. Obszary nieuporządkowane są podatne na hydrolizę enzymatyczną. Nanowłókna agregują z hemicelulozą, tworząc mikrofibryle o średnicy od 5 do 30 nm. Na skutek oddziaływań między mikrofibrylami formują się włókna celulozowe, które złożone są z około 400 mikrowłókien [4, 7, 8].



Rys. 2. Hierarchiczna struktura włókna celulozy [8]

Technologia pozyskiwania nanocząstek celulozy zazwyczaj bazuje na technikach top-down polegających na rozdrobnieniu biomasy do rozmiarów nanometrycznych. Pierwszy etap produkcji nanocelulozy polega na usunięciu substancji niecelulozowych z biomasy. Celem drugiego etapu jest fibrylacja włókien celulozy na nanowłókna [9].

Nanowłókna otrzymuje się przy pomocy metod mechanicznych, chemicznych i biologicznych. Do procesów mechanicznych zalicza się wysokociśnieniową homogenizację, mielenie, krikruszenie, ultrasonikację i mikrofluidyzację. Wśród metod chemicznych wyróżnia się ozonowanie, utlenianie katalizowane rodnikiem TEMPO (2,2,6,6-tetrametylopiperodyno-1-oksylowym), hydrolizę kwasową i zasadową [9].

Najbardziej ekologiczną i stosunkowo tanią metodą otrzymywania nanowłókien celulozy jest biorafinacja enzymatyczna. W podejściu tym materiał ligninocelulozowy poddaje się działaniu kompleksów enzymatycznych degradujących celulozę, ligniny, hemicelulozę i pektyny. Najpierw biomasę traktuje się enzymami, takimi jak ligninazy, hemicelulazy i pektynazy w celu usunięcia niecelulozowych substancji. Następnie używa się enzymów, które hydrolizują celulozę do nanowłókien. Dzięki hydrolizie enzymatycznej celulozy można otrzymać większy stopień rozdrobnienia materiału w porównaniu z hydrolizą kwasową. Hydroliza enzymatyczna może być przeprowadzana w łagodniejszych warunkach niż hydroliza kwasowa. Ponadto jest bardziej ekonomiczna od chemicznej hydrolizy ze względu na mniejsze nakłady energii [1].

Lignina złożona jest z jednostek fenylopropanowych (monolignoli), takich jak alkohol p-kumarylowy, alkohol koniferylowy i alkohol synapinowy [10]. Lignina nie zawiera wiązań ulegających hydrolizie, dlatego do jej degradacji są wymagane enzymy oksydacyjne.

Do enzymów zaangażowanych w degradację ligniny należą [11]:

- peroksydazy ligninowe (ligninazy, LiPs, EC 1.11.1.14);
- peroksydazy manganowe (manganozależne peroksydazy, MnPs, EC 1.11.1.13);
- lakaza (benzenodiol: tlen oksydoreduktaza, Lacc, EC1.10.3.2).

Dodatkowymi enzymami współdziałającymi są enzymy uczestniczące w produkcji nadtlenu wodoru [11]:

- oksydaza glioksalu (tlen : glioksal oksydoreduktaza, GLOX, EC 1.2.3.5);
- oksydaza alkoholu arylowego (alkohol arylowy: tlen oksydoreduktaza, AAO, EC 1.1.3.7).

Lakaza jest oksydazą zawierającą cztery atomy miedzi w centrum aktywnym. Utlenia związki z pierścieniami



fenolowymi do rodników fenoksylowych. W obecności mediatora ABTS (2,2'-azynobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonianu)) lub hydroksybenzotriazolu posiada również zdolność utleniania związków niefenolowych [11, 12].

Peroksydazy ligninowa (LiP) i manganowa (MnP) wymagają do swojego działania nadtlenu wodoru jako utleniacza. LiP jest glikoproteiną, która zawiera grupę hemu w centrum aktywnym. Peroksydaza ligninowa katalizuje depolimeryzację fenolowych i niefenolowych lignin, utlenia także aminy, aromatyczne etery i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Degradacja lignin odbywa się poprzez przeniesienie elektronu i utworzenie kationu rodnika.

Peroksydaza manganowa utlenia jony Mn^{2+} do jonów Mn^{3+} . Następnie kationy Mn^{3+} biorą udział w utlenianiu pierścieni fenolowych do rodników fenoksylowych, co prowadzi do rozkładu związków fenolowych. MnP ma znaczącą rolę w depolimeryzacji lignin i chlorolignin, a także ich demetylacji. Posiada niższy potencjał redoks niż peroksydaza ligninianowa, z tego względu nie jest w stanie katalizować reakcji degradacji lignin niefenolowych [11, 13 – 16].

Enzymy degradujące ligninę są głównie wytwarzane przez grzyby białej zgnilizny. Lakazę produkują takie organizmy jak np. *Ceriporiopsis subvermispora*, *Coriolus versicolor*, *Panus tigrinus*, a peroksydazę ligninową i manganową – *Phanerochaete chrysosporium* i *Bjerkandera adusta* [11, 13 – 15, 17].

W skład hemicelulozy wchodzi polisacharydy takie jak: ksylany, mannany, glukany, glukuronoksylany, arabinoksylany, glukomannany, galaktomannany, galaktoglukomannany, ksyloglukany. Hemiceluloza jest biodegradowana do monocukrów i kwasu octowego. Ksylan jest głównym węglowodanem występującym w jej składzie. Najważniejszymi enzymami odpowiedzialnymi za hydrolizę ksylanu są [4]:

- ksylanaza (endo-1,4- β -D-ksylanohydrolaza, EC 3.2.1.8);
- β -ksylozydaza (1,4- β -D-ksylohydrolaza, EC 3.2.1.37).

Ksylanaza działa na wewnętrzne wiązania β -1,4-glikozydowe w ksylanie i uwalnia ksylooligosacharydy. β -ksylozydaza rozszczepia ksylobiozę i krótkie ksylooligosacharydy do ksylozy i ułatwia hydrolizę ksylanu. Do całkowitej hydrolizy ksylanu wymagane są także enzymy usuwające rozgałęzienia łańcucha ksylanu. Należą do nich:

- esteraza acetyloksylanu (EC 3.1.1.72);
- α -L-arabinofuranozydaza (EC 3.2.1.55);
- α -D-glukuronidaza (EC 3.2.1.-).

Grupy acetylowe są odcinane przez esterazę acetyloksylanu. α -L-arabinofuranozydaza usuwa podstawniki arabinofuranozydowe, co skutkuje zwiększeniem dostępnych

miejsz w szkieletie ksylanu do działania ksylanazy. Grupy 4-O-metyloglukuronowe tworzą wiązania estrowe między kwasem uronowym a ligniną. α -D-glukuronidaza działa synergistycznie z ksylanazą podczas trawienia glukuronoksylanu i uwalnia grupy 4-O-metyloglukuronowe.

Ksylanazy są wytwarzane przez liczne organizmy, takie jak np. bakterie, algi, owady, jednak głównym źródłem komercyjnych preparatów są grzyby strzępkowe [7, 11, 14, 17].

Enzymatyczna degradacja celulozy umożliwia wytworzenie nanowłókien celulozy przy stosunkowo niskim zużyciu energii, gdyż przebiega w łagodnych warunkach. Enzymy hydrolizujące celulozę są produkowane przez rośliny, grzyby, bakterie, a nawet niektóre pierwotniaki, mięczaki i nicienie. Grzyby strzępkowe takie jak *Trichoderma reesei* i *Aspergillus niger* są najpopularniejszym źródłem przemysłowych preparatów do degradacji celulozy [18].

Hydroliza celulozy odbywa się przy udziale preparatu enzymatycznego zawierającego w swoim składzie enzymy o komplementarnej aktywności. Celuloza jest rozkładana przez następujące enzymy:

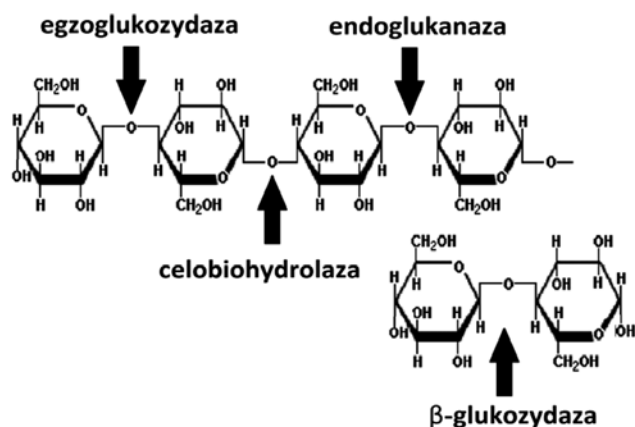
- endo-1,4- β -D-glukanaza (celulaza, EG; EC 3.2.1.4);
- β -1,4-D-glukohydrolaza glukanu (egzo- β -1,4-D-glukozydaza; EC 3.2.1.74);
- egzo-1,4- β -D-glukanaza (1,4- β -celobiohydrolaza, CB; EC 3.2.1.91);
- β -glukozydaza (celobiaza; EC 3.2.1.21).

Endo-1,4- β -D-glukanaza hydrolizuje losowo wewnętrzne wiązania β – 1,4-glikozydowe celulozy. W wyniku jej działania powstają krótsze łańcuchy celulozy i oligosacharydy, a wśród nich m.in. celotetraoza i celotrioza. Celulaza wykazuje wysoką aktywność głównie w obszarach amorficznych celulozy. Egzo-1,4- β -D-glukanaza również katalizuje rozkład wiązania β -1,4-glikozydowego, odrywając pojedyncze cząsteczki glukozy od nieredukującego końca celulozy. β -1,4-D-glukohydrolaza glukanu rozszczepia wiązania β – 1,4-glikozydowego w celulozie i celotetraozie, uwalniając celobiozę (dimer glukozy) z końców łańcucha. β -1,4-D-glukohydrolaza glukanu posiada zdolność działania w regionach krystalicznych oraz amorficznych, natomiast egzo – 1,4- β -D-glukanaza działa efektywnie jedynie w rejonach krystalicznych. β -glukozydaza rozkłada cząsteczki celobiozy, uwolnione przez endo-1,4- β -D-glukanazę i β -1,4-D-glukohydrolazę glukanu, do cząsteczek glukozy [10, 14, 17, 19].

Miejsca działania wyżej opisanych enzymów przedstawiono na rys. 3.

Enzymatyczna degradacja celulozy jest złożonym procesem, wymagającym synergistycznego działania kilku enzymów. Na stopień enzymatycznej hydrolizy ma wpływ





Rys. 3. Miejsca działania enzymów degradujących celulozę [20]

struktura celulozy. Do najważniejszych parametrów decydujących o kinetyce hydrolizy należy: stopień pęcznienia włókna celulozowego, stopień krystaliczności, zawartość substancji występujących wspólnie z celulozą w ścianie komórkowej rośliny (np. lignin), stopień polimeryzacji i powierzchnia właściwa włókien [19, 21].

Enzymatyczna metoda otrzymywania nanowłókien celulozy jest przyjazna dla środowiska. Dzięki enzymatycznej hydrolizie celulozy można otrzymać większy stopień rozdrobnienia materiału w porównaniu z hydrolizą kwasową. Ponadto w jej wyniku powstają bardziej homogenne zawiesiny nanowłókien celulozy [9].

Nanowłókna celulozy są pożądanym produktem ze względu na biodegradowalność, biokompatybilność, dużą powierzchnię właściwą, stabilność termiczną oraz właściwości reologiczne, takie jak np. wysoki moduł Younga i wytrzymałość na rozciąganie. Do niektórych zastosowań nanostruktur celulozy należą ultralekkie materiały, przezroczyste kompozyty, dodatki do farb, filtry, ekrany promieniowania elektromagnetycznego i odzież ochronna [9].

Literatura

- [1] Lee H. V., Hamid S. B. A., Zain S. K., 2014, Conversion of lignocellulosic biomass to nanocellulose: Structure and chemical process, *The Scientific World Journal*, 2014: 1-20.
- [2] Jonas R., Farah L. F., 1998, Production and application of microbial cellulose, *Polymer Degradation and Stability*, 59: 101-106.
- [3] Kazimierczak J., Błoda A., Wietecha J., Ciechańska D., Antczak T., 2012, Research into isolation of cellulose micro- and nanofibres from hemp straw using cellulolytic complex from *Aspergillus niger*, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20: 40-43.
- [4] Wyman C. E., Deckler S. R., Himmel M. E., Brady J. W., Skopec C. E., Viikari L., 2005, *Hydrolysis of cellulose and hemicellulose w: Polysaccharides: Structural Diversity and Functional Versatility*, Nowy Jork, 2005, 43: 995-1033.
- [5] Eichhorn S. i in., 2010, Review: Current international research into cellulose nanofibres and nanocomposites, *Journal of Materials Science*, 45: 1-33.
- [6] Dufresne A., *Cellulose and potential reinforcement w: Nanocellulose: From Nature to High Performance Tailored Materials*, De Gruyter, Berlin/Boston, 2012, 1-35.
- [7] Kancelista A., *Biodegradacja odpadów ligninocelulozowych z udziałem grzybów strzępkowych*, praca doktorska pod kierunkiem prof. dr hab. D. Witkowskiej, Katedra Biotechnologii Mikrobiologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław, 2012.
- [8] Kettunen née Pääkkö M., *Cellulose nanofibrils as a functional material*, praca doktorska pod kierunkiem prof. O. Ikkala, Department of Applied Physics, Aalto University, 2003.
- [9] Wąchała R., Ramięga T., Pyć R., Antczak T., 2011, Otrzymywanie włókien nanocelulozy, *Biotechnology and Food Science*, 75: 87-100.
- [10] Vanholme R., Demedts B., Morreel K., Ralph J., Boerjan W., 2010, *Lignin Biosynthesis and Structure*, American Society of Plant Biologists, 153: 895-905.
- [11] Hofrichter M., Steinbüchel A., *Biodegradation of lignin w: Biopolymers. Lignin, humic substances and coal*, Wiley-VCH, Weinheim, 2013, 129-145.
- [12] Madhavi V., Lele S. S., 2009, Laccase: properties and applications, *BioResources*, 4: 1694-1717.
- [13] Abdel-Hamid A. M., Solbiati J. O., Cann I. K., 2013, Insights into lignin degradation and its potential industrial applications, *Advances in Applied Microbiology*, 82: 1-28.
- [14] Pérez J., Muñoz-Dorado J., de la Rubia T., Martínez J., 2005, Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview, *International Microbiology*, 5: 53-63.
- [15] Schoemaker H. E., Piontek K., 1996, On the interaction of lignin peroxidase with lignin, *Pure & Applied Chemistry*, 68: 2089-2096.
- [16] Wong D. W., 2009, Structure and action mechanism of ligninolytic enzymes, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 157: 174-209.
- [17] Bisaria V. S., Kondo A., *Production of Cellulolytic Enzymes w: Bioprocessing of Renew-able Resources to Commodity Bioproducts*, John Wiley & Sons Inc., 2014, 105-132.
- [18] Rebouillat S., Pla F., 2013, State of the art manufacturing and engineering of nanocellulose: A review of available data and industrial applications, *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 4, 165-188.
- [19] Nutt A., *Hydrolytic and oxidative mechanisms involved in cellulose degradation*, praca doktorska, Faculty of Science and Technology, Uppsala University, Uppsala, 2006.
- [20] Kumar R., Sing S., Singh O.V., 2008, Bioconversion of lignocellulosic biomass: biochemical and molecular perspectives, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35: 377-391.
- [21] Fan L. T., Lee Y. H., Beardmore D. H., 1981, The influence of major structural features of cellulose on rate of enzymatic hydrolysis, *Biotechnology and Bioengineering*, 23: 419-424.



Agnieszka Danielewicz, Angelina Rosiak

aga.danielewicz@wp.pl

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Przygoda życia... Wielkie wyzwanie... Podróż marzeń...

Decyzja zapadła błyskawicznie. Krótka rozmowa na uczelnianym korytarzu, ja chciałam wyjechać na praktyki Erasmus+ od dawna, Angelina chciała wybawić mnie od wyjazdu w pojedynkę. Kierunek: Portugalia – idealne miejsce na wymarzone wakacje, praktyki na Wydziale Nauk Uniwersytetu Lizbońskiego. Zaproponowano nam udział w projekcie z dziedziny elektrochemii. Podczas studiów doktoranckich swą uwagę poświęcamy innym tematykom. Dlatego też uznaliśmy, iż ciekawym pomysłem będzie zagłębienie się w nieco innej „chemii”. Przygotowania do wyjazdu ruszyły pełną parą i choć formalności jest przy tym sporo, to wszelkie informacje można zdobyć w biurze Sekcji Umiedzynarodowienia Edukacji. Pomocą i radą służy także koordynator wydziałowy dr inż. Anna Gajda, która zawsze znalazła dla nas czas. Oprócz oczekiwania na decyzje, wszystko co potrzebne załatwiłyśmy w 3 dni. Największym problemem było spakowanie wszystkich potrzebnych na 2 miesiące rzeczy w jedną walizkę! Jednak i na to są sposoby ;)

W ten sposób w ostatnim tygodniu sierpnia minionego roku rozpoczęła się nasza wielka przygoda. Z lotniska odebrała nas Pani Ana, u której wynajęłyśmy pokój. Jak się okazało, nasze nowe lokum znajdowało się w pobliżu stadionu piłkarskiego Benfiki (Estádio da Luz), w jednej z najbardziej zadbanych części Lizbony. W sąsiedztwie największego centrum restauracyjno-handlowego, stacji metra i dworca autobusowego, a przede wszystkim nieopodal parku. Szukałyśmy mieszkania zadbanego i w przystępnej cenie, i takie też ono było.

Naszym naczelnym postanowieniem było, by jak najmniej korzystać ze środków transportu, a na uczelnię chodzić pieszo. I choć wszyscy słysząc o tym robili zdziwione miny i mówili, że to szalony pomysł – zrealizowałyśmy plan! Przez dwa miesiące codziennie dreptałyśmy po 45 minut tam i z powrotem, brukowanymi chodnikami po pagórkach Lizbony, opalając się przy okazji.

Na uczelni przyjęto nas bardzo serdecznie. Już w drugim tygodniu pobytu zostałyśmy zaproszone na urodzinową imprezę kierowniczkę zespołu i dwóch doktorantek. Co cie-

kawe, zwyczajem tamtejszym jest, by współpracownicy wraz z członkami rodziny wspólnie świętowali takie okazje. Byli więc i mężowie, i dzieci, i koleżanki, i koledzy. Prowadzono swobodne rozmowy i było dużo śmiechu, a my z Angeliną miałyśmy okazję zapoznać się z przysmakami kuchni portugalskiej w domowym wykonaniu.



Fot. 1. Budynek Wydziału Nauk Uniwersytetu Lizbońskiego
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)



Fot. 2. Stacja elektrochemiczna
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)



*Fot. 3. Układ do polimeryzacji elektrochemicznej
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*

W laboratorium, po krótkim zapoznaniu się z wyposażeniem i metodyką badań, pracowaliśmy samodzielnie. Pierwszym etapem była chemiczna i elektrochemiczna synteza polimerowych materiałów przewodzących: polianiliny oraz poli(3,4-etyleno-1,4-dioksytyofen)u. Kolejnym etapem było otrzymanie nanocząstek srebra, złota, tytanu i cyny. Następnie uzyskanymi polimerami i nanocząstkami modyfikowaliśmy włókna bawełniane oraz badaliśmy właściwości powstających produktów. Wykorzystywaliśmy techniki badawcze już nam znane, tj. spektroskopia UV/VIS, IR, XRD, SEM. Jednak przede wszystkim miałyśmy okazję zapoznać się z metodą elektrochemiczną, stosowaną zarówno do syntezy, jak i charakterystyki polimerów przewodzących oraz otrzymywanych materiałów kompozytowych. Badania te stanowią część większego projektu, a wyniki zostaną opublikowane i wykorzystane w przemyśle.

Oprócz pogłębiania wiedzy naukowej, poznawaliśmy uroki Portugalii. I tu miałyśmy kwestię ułatwioną, gdyż



*Fot. 4. Centrum Lizbony
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*

Ana okazała się osobą bardzo otwartą, pomocną, a ponadto wyjątkowo czytającą. Organizowała dla nas wycieczki po najpiękniejszych okolicach Lizbony. Wyprawy te pełne były opowieści o kulturze kraju, zwyczajach jego mieszkańców, miejscowej muzyce, kuchni i stylu życia. Przekazane nam bezcenne informacje dotyczące historii, turystyki i sztuki, przeplatane były wspomnieniami z życia naszej opiekunki.



*Fot.5. Most 25 Kwietnia nad Tagiem
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*



*Fot. 6. Przystanek w Sintrze
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*



Oczywistym jest chyba fakt, że zwiedzając stolicę, także dreptałyśmy. Dzięki naszym wielogodzinnym pieszym spacerom poznałyśmy to miasto niemal jak mieszkańcy. Odwiedziłyśmy większość polecanych, znanych miejsc, ale także te, niecieszące się sławą. I wbrew pozorom, nasze serca skradło nie Bairro Alto nocą, a wszechobecne mozaiki. Te ceramiczne zdobienia, pełne kolorów, charakterystycznych wzorów, zdobią ściany starych budynków i nowych stacji metra, pokrywają podłogi w domach i dzbanuszki do kawy. Nie raz żartowałyśmy, że gdy po powrocie ktoś zapyta nas, jak jednym zdaniem opisać Lizbonę, to znamy odpowiedź: Lizbona to Miasto Mozaiki.



*Fot. 7. Mozaika ścienna
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*

Miejsce, którego nie możemy pominąć snując opowieść o Portugalii, to Sintra. Niewielkie miasteczko oddalone niecałą godzinę pociągiem od ruchliwej i gwarnej stolicy. Dla odmiany, panuje tu atmosfera jakby sprzed wielu lat. Zamki, pałace, podziemne labirynty i ogrody pełne tajemnic do odkrycia. Zejść do Studni Wtajemniczenia i spojrzeć



*Fot. 8. Ruiny zamku w Sintrze
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*

w niebo, to niebywałe wrażenie. A gorąca kawa i regionalne wypieki: Travesseiros, czyli „poduszeczki” (wypiek z ciasta francuskiego nadziewany słodką masą) oraz Queijadas (ciastka serowe) wynagrodzą w pełni trudy i wysiłki wyprawy (pieszej, oczywiście) do Pałacu Pena położonego na szczycie góry.



*Fot. 9. Studnia Wtajemniczenia
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*

Skoro miejsce praktyk wybrałyśmy iście wakacyjne, to nie mogło obyć się bez plażowania. Podczas pierwszego miesiąca pobytu temperatura wynosiła nawet 42°C. Podczas wylegiwania się na piaszczystych, szerokich plażach słońce nas rozpieszczało, a zimne, potężne fale oceanu dawały wytchnienie. To właśnie tam poczułam wielkie zadowolenie z podjęcia decyzji o wyjeździe! Nie wiem czy Angelina także, bo nie można jej było oderwać od czytania kolejnej książki – tak była pochłonięta relaksem.



*Fot. 10. Plaża w Cascais
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*



*Fot. 11. Skaliste wybrzeże w Carcavelos
(fot. A. Danielewicz, A. Rosiak)*

W takie oto przygody zaowocowały nasze lizbońskie praktyki. Celem było sprawdzenie również naszych umiejętności językowych, nie jak dotąd, podczas tygodniowych wakacji, ale podczas pracy w laboratorium. Pracy, gdzie stawiane są konkretne wymagania, samodzielne zadania do wykonania, a my jesteśmy w obcym otoczeniu, w no-

wej sytuacji. I choć do biegłości językowej musimy jeszcze potrenować, to cel zrealizowany. Nie miałyśmy problemów w komunikowaniu się i niewątpliwie zdobyłyśmy solidne umiejętności w tym zakresie. Wyjeżdżając miałyśmy także nadzieję, że uda nam się zwiedzić najbardziej polecane miejsca i odpocząć w przerwie od pracy. Tylu wrażeń nie spodziewała się jednak żadna z nas! Inwestując niewiele więcej ponad kwotę dofinansowania z programu Erasmus+, można było zwiedzić praktycznie całą Portugalię. Odwiedzić zamki na górskich szczytach, popływać w oceanie, stanąć na krańcu Europy (przylądek Cabo da Roca), zakosztować wina Porto czy Vinho Verde i delektować się pysznymi potrawami z dorsza (Bacalhau). Nie wiedziałyśmy czy damy sobie radę, nie odbyło się bez stresu i obaw przed nieznanym. Teraz wspominamy śmieszne sytuacje, miejsca które nas urzekły i tęsknimy za puddingiem cytrynowym i Pastéis de Nata (słodkie minitarty z nadzieniem budyniowym). Angelina planuje kolejne wakacje w Lizbonie, tym razem z rodziną. Ja myślę o praktykach w innym zakątku świata. Do Portugalii też zamierzam wrócić, tam przecież spełniły się moje podróżnicze marzenia!



Justyna Wróbel

kolochem@info.p.lodz.pl

Koło Naukowe Studentów Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej „Trotyl” Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Zabawa w nauce, nauka w zabawie

Koło Naukowe Studentów Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej „Trotyl” jest jednym z najstarszych kół naukowych Politechniki Łódzkiej. Od czasów powstania zmieniało swoją nazwę i logo, a obecna nazwa „Trotyl” została nadana uchwałą Zgromadzenia Walnego z 2008 roku.



Rys. 1. Najstarsze znane logo Koła

Obecnie w Kole działa ok. 20 osób. Opiekunami są dr inż. Grażyna Leszczyńska (wybrana w roku akademickim 2013/14) oraz dr inż. Elżbieta Szubiakiewicz (wybrana w roku akademickim 2012/13).

„Uczący się powinien wiedzieć, umieć, chcieć.”

– Burrhus Frederic Skinner

No właśnie, chcieć. Jesteśmy grupą osób, które chcą czegoś więcej od studiów. Oprócz studiowania chemii, chcemy rozwijać swoje zainteresowania i pogłębiać wiedzę o świecie. Zrzeszamy pasjonatów chemii i nauk ścisłych i chętnie dzielimy się swoją wiedzą z innymi członkami Koła. Rozwijamy też swoje umiejętności miękkie dzięki licznym wystąpieniom, pokazom i innym wydarzeniom kulturalno-naukowym.



Rys. 2. Logo Koła w latach 2006-2008

Częstym pytaniem, które zapewne zadają sobie osoby wokół nas brzmi: *Po co oni to robią? Nie szkoda im wolnego czasu po zajęciach?* Tak długi staż Koła oraz nieustannie zainteresowanie studentów świadczy o tym, że członkostwo w kole naukowym jest czymś więcej niż tylko nudną formalnością.

Niniejszą publikacją postaramy się wyjaśnić, czym dla nas jest ta organizacja.

Ponieważ Koło „Trotyl” istnieje już kilkadziesiąt lat, niektóre wydarzenia są nieodłącznymi elementami naszej działalności. Niewątpliwie należą do nich Mikołajkowy Konkurs Chemiczny, Ogólnopolska Sesja Wykładowa w Konopnicy oraz Ścieżka Edukacyjna.

W 2016 roku zorganizowaliśmy już po raz ósmy Mikołajkowy Konkurs Chemiczny (Fot. 1), w którym udział wzięło aż dziesięć 3-osobowych drużyn, w tym studenci Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego, Wydziału Farmaceutycznego Uniwersytetu Medycznego w Łodzi oraz studenci i doktoranci Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. Jest to konkurs wiedzy z zakresu szeroko rozumianej chemii.



Fot. 1 Zdjęcie pamiątkowe uczestników VIII Mikołajkowego Konkursu Chemicznego (06.12.2016 r.)

Ogólnopolska Sesja Wykładowa w Konopnicy to konferencja, na którą zapraszamy gości z Wydziału Chemicznego PŁ oraz zaprzyjaźnione koła naukowe Politechniki Łódzkiej oraz innych uczelni z całego kraju (Fot. 2). W 2017 roku w okresie wiosennym planujemy zorganizować XX, jubileuszową Sesję Wykładową.



Fot. 2. Uczestnicy XVIII Sesji Wykładowej w Konopnicy, 2015 r.

Co roku na początku semestru letniego odbywa się Ścieżka Edukacyjna, w której również aktywnie bierzemy udział. Jest to wspaniałe wydarzenie, podczas którego każdy może przekonać się na własnej skórze, jak fascynująca i absorbująca jest chemia. Podczas tych kilku dni pokazujemy przełomowe znaczenie chemii w rozwoju nauki i życiu codziennym człowieka. Przygotowania do tego wydarzenia są dla nas okazją do zgłębienia wielu dziedzin nauki i połączenia jej w jedną, interesującą całość. Możliwość dzielenia się tą wiedzą i zarażanie ciekawością świata sprawia nam ogromną przyjemność! W 2016 roku przedstawiliśmy epokę brązu i pokazaliśmy wpływ chemii na przełomowe odkrycia tamtych czasów (Fot. 3).



Fot. 3. Nasze stoisko podczas Ścieżki Edukacyjnej 2016.

Spotykamy się co tydzień, a nasze zebrania przybierają formę wykładów naukowych połączonych z dyskusją. W se-

mestrze zimowym wykłady wygłaszają pracownicy Wydziału Chemicznego PŁ. Dzięki tej inicjatywie mamy szansę dowiedzieć się czegoś nowego oraz poznać specyfikę badań naukowych prowadzonych w poszczególnych jednostkach Wydziału. Dla odmiany, w semestrze letnim to my próbujemy swoich sił w roli mówcy. Dzięki temu szlifujemy swoje umiejętności miękkie i uczymy się sztuki prezentacji, co niewątpliwie jest ważne w karierze naukowej i zawodowej.

W ramach sekcji eksperymentalnej Koła spotykamy się co tydzień w laboratorium i przygotowujemy doświadczenia, które później prezentujemy w ramach pokazów, warsztatów, targów.

To jeszcze nie wszystko. Angażujemy się w wiele innych ciekawych inicjatyw. Staramy się wychodzić na zewnątrz i promować chemię jako naukę przyszłości, jednocześnie zachęcając do podjęcia studiów na tym kierunku.

W dniach 13-14 czerwca 2015 roku braliśmy aktywny udział w obchodach 70-lecia naszej uczelni na rynku Manufaktury w Łodzi (Fot. 4). Przygotowaliśmy wtedy wraz z Kołem Naukowym „Nano” warsztaty oraz pokazy chemiczne.



Fot. 4. Obchody 70-lecia Politechniki Łódzkiej, 2015 r.,
(fot. Klub Fotograficzny PŁ)

Z racji tego, że pragniemy zarażać innych miłością do chemii, 4 listopada 2015 r. przygotowaliśmy warsztaty



Fot. 5. Stanowisko podczas warsztatów w domu dziecka, 2015 r.



i pokazy chemiczne dla dzieci i młodzieży jednego z łódzkich domów dziecka (Fot. 5). Były to dla nas niezwykle miłe chwile i w przyszłości chętnie będziemy podejmować podobne inicjatywy.

W marcu 2016 roku przygotowaliśmy pokazy dla młodzieży w ramach Dnia Otwartego Wydziału Chemicznego PŁ.

Rokrocznie bierzemy udział w Festiwalu Kół Naukowych organizowanym przez władze Uczelni. W 2015 roku oprócz udziału w stoisku, przygotowaliśmy pokazy chemiczne związane z chemią kryminalistyczną (Fot. 6).



Fot 6. Prowadzący pokazy w ramach Festiwalu Kół Naukowych (3-4 grudnia 2015 r.)

Na potrzeby VII Festiwalu Kół Naukowych nakręciliśmy film o chemii kryminalistycznej, który dostępny jest na portalu YouTube na naszym profilu „SKN Trotyl”.

W grudniu 2016 roku przyłączyliśmy się do inicjatywy Koła Naukowego „Polimer” z naszego Wydziału i wsparliśmy akcję Szlachetna Paczka. Dzięki małym gestom sprawiliśmy, że dla pewnej rodziny święta Bożego Narodzenia były wyjątkowe.

Czy wspominaliśmy już, że jednym z naszych celów jest propagowanie chemii wśród młodzieży? 26 lutego 2017 r. przeprowadziliśmy pokazy chemiczne dla organizacji Kings



Fot. 7. Chemiczna lokomotywa podczas pokazów, 2017 r.

podczas wydarzenia „Wyzwanie matematyczne Kings”, które odbyło się w Łodzi (Fot. 7). Obecna młodzież zadawała nam wiele pytań, a dzieci podchodziły bliżej nas. Dało to wyraz zaciekawieniu i pozytywnym emocjom towarzyszącym naszym odbiorcom.

Zdajemy sobie sprawę, że nie wolno stać w miejscu i należy stale się rozwijać, stąd 23 lutego 2017 roku skorzystaliśmy z oferty Biura Karier Politechniki Łódzkiej i wzięliśmy udział w szkoleniu z zakresu autoprezentacji i wystąpień publicznych. To szkolenie z pewnością przyniesie owoce podczas wystąpień np. podczas seminariów i konferencji. Ponadto niektórzy z nas mają za sobą inne szkolenia, np. z zakresu obsługi programu AutoCAD.

„Powiedz mi, to zapomnę. Naucz mnie, to może zapamiętam. Zaangażuj mnie, to się nauczę.”

– Benjamin Franklin

Nauka poprzez praktykę to najlepszy sposób zdobywania wiedzy i umiejętności. Wielu z nas bierze udział w badaniach naukowych w ramach Wolontariatu Naukowego Studenta. Tematy badań są dość zróżnicowane, obejmują obszary: takie jak:

- chemia radiacyjna
- chemia organiczna i biologiczna
- kataliza
- chemia i technologia polimerów
- nanotechnologia
- chemia budowlana
- chemia związków koordynacyjnych
- chemia obliczeniowa.

Taka forma aktywności przekłada się bezpośrednio na zgłębianie tajników nauki, doskonalenie praktyki laboratoryjnej, poznawanie metod analitycznych.

Niejednokrotnie projekty z udziałem studentów zgłaszane były do Konkursu Rady Kół Naukowych Politechniki Łódzkiej uzyskując dofinansowanie badań. Nasi studenci znaleźli się w gronie laureatów m.in. XIV, XV oraz XVI Konkursu RKN.

Dzięki udziałom w wolontariatach, mamy możliwość prezentowania wyników badań podczas konferencji naukowych o różnym zasięgu, również tych międzynarodowych. Prezentujemy się zarówno w formie komunikatów ustnych jak i posterowych. Oto lista wybranych wydarzeń, na których reprezentowaliśmy Koło, Wydział i Uczelnię:

- Silesian Meetings on Polymer Materials, 2014
- VII Ogólnopolskie Seminarium Kół Naukowych pod patronatem Dowódcy Centralnego Ośrodka Analizy Skażeń Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, 2014

- III Ogólnopolska Konferencja dla studentów i doktorantów „Pomiędzy Naukami”, 2014
- Environment and Nanotechnology International Science Conference, 2015
- VII Wrocławskie Sympozjum Chemiczne, 2015
- 7. Konferencja chromatograficzna w Łodzi, 2016
- XLV Ogólnopolska Szkoła Chemii „Chemia na fali”, 2016

Oprócz powyższych konferencji, członkowie naszego Koła uczestniczą w Zjazdach Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego (Fot. 8)



Fot. 8. Uczestnicy Zjazdu Wiosennego Sekcji Studenckiej PTChem w Białowieży, 13-17.04.2016 r.

Wracamy z tarczą!

Jesteśmy dumni z tego, że nasi członkowie z konferencji przywożą dyplomy uznania. Oto kilka przykładów z ostatnich lat:

- 17.12.2016 r. – Zjazd Zimowy Sekcji Studenckiej PTChem w Lublinie, nagroda za najlepszy poster dla Przemysława Siarkiewicza
- 13-17.04.2016 r. – Zjazd Wiosenny SSPTChem w Białowieży, nagroda za najlepszy komunikat ustny dla Justyny Wróbel
- 9-13.04.2014 r. – Zjazd Wiosenny SSPTChem w Zawoi, nagroda za najlepszy poster dla Marty Stachlewskiej
- 07.12.2013 r. – Zjazd Zimowy SSPTChem w Łodzi, nagroda za najlepszy poster dla Piotra Surynta.

Kolejnym etapem prac naukowców są oczywiście publikacje. Również i my mamy w swoim gronie autorów wielu artykułów naukowych. Dumnie możemy pochwalić się pracami w czasopismach z listy filadelfijskiej, oto pozycje z ostatnich lat:

- **Szymon Żaczek**, Faina Gelman, Agnieszka Dybała-Defratyka, A Benchmark Study of Kinetic Isotope Effects and Barrier Heights for the Finkelstein Reaction, J. Phys. Chem. A 2017, DOI:10.1021/acs.jpca.7b00230
- **Szymon Żaczek**, Agnieszka Pająk, Rafał Anyszka, Grażyna Janowska, Influence of phthalocyanine pigments on the properties of flame-retardant elastomeric composites based on styrene-butadiene or acrylonitrile-butadiene rubbers, e-Polymers, 2016, 287 – 294, DOI: 10.1515/epoly-2016-0046;
- Agnieszka Pająk, Przemysław Rybiński, Renata Dobrzyńska, Grażyna Janowska, **Szymon Żaczek**, Barwne kompozyty polimerowe o ograniczonej palności, Polimery, 2015, 396 – 401, DOI: dx.doi.org/10.14314/polimery.2015.396;
- Magdalena Długosz-Lisiecka, **Justyna Wróbel**, Use of moss and lichen species to identify of ^{210}Po contaminated regions, Environ. Sci.: Processes Impacts, 2014, 16, 2729, DOI: 10.1039/C4EM00366G.

Tak wzmożona aktywność naukowa zasługuje na nagrody i stypendia. Wśród członków Koła są laureaci Stypendium Rektora, Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Stypendium Marszałka Województwa Łódzkiego, Stypendium Fundacji Politechniki Łódzkiej.

Do odważnych świat należy!

Wiemy o tym, dlatego korzystamy z programu wymian studenckich i praktyk zagranicznych. Członkowie Koła w ostatnich latach odwiedzili m.in. Portugalię (Polytechnic Institute of Braganca, University of Aveiro), Japonię (Tohoku University), Niemcy (Aachen University) (Fot. 9).



Fot. 9 Pamiątki z wyjazdów zagranicznych.

Oprócz współpracy ściśle związanej z chemią, spędzamy wspólnie czas wolny. Co roku organizujemy spotkanie wigilijne w okresie bożonarodzeniowym. To już nasza tradycja (Fot. 10).





Fot. 10. Spotkanie wigilijne w 2016 roku

Jest to okazja do lepszego poznania się i miłego spędzenia czasu. Od kilku lat takie spotkania organizujemy razem z Samorządem Studenckim Wydziału Chemicznego.

W czasie wolnym robimy to, co kochamy. Uprawiamy sport, podróżujemy, bierzemy udział w imprezach kulturalnych... Wspólnie bierzemy udział w najważniejszej chyba imprezie studenckiej – Juwenaliach.

Co roku jesteśmy obecni na „chemicznych juwenaliach”, czyli Chemikaliach, zarówno w debatach oksfordzkich, rozgrywkach sportowych jak i części mniej oficjalnej, czyli grillowaniu (Fot. 11).



Fot. 11. „Polisilsekskiwksany” – nasza drużyna podczas turnieju piłki siatkowej, 2013 r.

Członkini Koła, prezes w roku akademickim 2015/16 Aleksandra Gzowska trenuje judo. W 2015 i 2016 roku zajęła III miejsce w Akademickich Mistrzostwach Polski w kategorii +78 kg. W tych samych latach nominowana była w konkursie na 10 najlepszych sportowców Politechniki Łódzkiej.

Wieloletni członek Koła Piotr Surynt działa w dwóch chórach: Akademickim Chórze Politechniki Łódzkiej oraz w amatorskim chórze dla (Nie)opornych w Filharmonii Łódzkiej. W styczniu 2017 roku wziął udział w IV Konkursie Kolęd i Pastoralek w Rzeszowie jako członek Akademickiego Chóru PŁ. Zaowocowało to zajęciem I miejsca i uzyskaniem złotego pucharu (Fot. 12).



Fot. 12. Akademicki Chór PŁ podczas IV Konkursu Kolęd i Pastoralek, 2017 r. (fot. T. Markiewicz)

Studentka I roku na kierunku Chemia Dominika Zdzienicka od 5 lat jeździ konno i regularnie rozwija swoją pasję. Jest to dla niej odskocznia od codzienności, o której potrafi opowiadać godzinami.

Członkostwo w Studenckim Kole Naukowym „Trotyl” jest dla nas przyjemną formą rozwoju osobistego. Dzięki temu możemy organizować i przeprowadzać liczne pokazy chemiczne, wykłady. Pozwala nam to poznać innych pasjonatów chemii, również członków różnych studenckich kół naukowych. Poprzez aktywność naszego Koła poznajemy „od kuchni” Wydział Chemiczny. Jest to okazja do nawiązania wartościowych przyjaźni na całe życie, a także spotkania swojej miłości!

Kończąc, chciałabym podziękować wszystkim, którzy angażują się w działalność Koła Naukowego „Trotyl” i którzy wspierają nas na co dzień. Dziękuję wszystkim tym, którzy pomagają nam w przygotowaniach wydarzeń i pokazów, za poświęcony czas, cierpliwość i ciekawe pomysły.

Źródła:

Fotografie z wyłączeniem Fot. 4 i Fot. 12. należą do zbioru własnego Koła.

Justyna Wróbel

kolochem@info.p.lodz.pl

Koło Naukowe Studentów Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej „Trotyl” Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Chemia czy iluzja?

W dniach 8-9 kwietnia 2017 r. Koła Naukowe Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej „Trotyl”, „Nano” oraz „Polimer” wzięły udział w Pikniku Naukowym w Manufakturze w Łodzi. Piknik zorganizowany był w ramach XVII Festiwalu Nauki, Techniki i Sztuki. Prezentacje Wydziałów PŁ podczas Pikniku objęte były konkursem „Sukces nakręcają najlepsi” ogłoszonym przez JM Rektora PŁ. Studenci Wydziału Chemicznego uzyskali III miejsce w tym konkursie.

Czy dzięki powszechnie známym roślinom można wyleczyć pewne dolegliwości? Czy lampa może świecić niepodłączona do źródła prądu? Czy substancja może zwiększyć swoją objętość kilku, a nawet kilkunastokrotnie? Podczas Pikniku staraliśmy się odpowiedzieć między innymi na powyższe pytania.

Koła Naukowe przygotowały stoisko zatytułowane „Chemia czy iluzja?”. Przedstawione zostały zjawiska, które na pierwszy rzut oka mogą być odbierane jako niemożliwe, magiczne.



Fot. 1. Koło Naukowe „Polimer” (fot. J. Wróbel)

Prezentacja Wydziału Chemicznego podzielona była na trzy filary, które prowadzone były przez każde z Kół Naukowych. Koło „Trotyl” odniosło się do ziołolecznictwa w ujęciu historycznym. W tym celu nawiązano do pracy średniowiecznych mnichów, którzy potrafili leczyć roślinami

oraz wyodrębniać z nich cenne substancje, co niewątpliwie kojarzyło się z magią. Koło „Polimer” opracowało temat ochrony przed fałszerstwem dokumentów i banknotów oraz pokazało niezwykle właściwości polimerów. Koło „Nano” odniosło się do aplikacji osiągnięć chemii np. w elektronice oraz przeniosło słuchaczy do świata nowoczesnej chemii.

W celu urozmaicenia form prezentacji studenci przebrani byli za mnichów oraz za magików. Z pewnością stroje przyciągały uwagę i wzbudzały ciekawość, co przełożyło się na duże zainteresowanie odbiorców.

Mamy nadzieję, że dzięki temu wydarzeniu oczarowaliśmy innych chemią :)



Fot. 2. Koło Naukowe „Trotyl” (fot. J. Wróbel)



Fot. 3. Koło Naukowe „Nano” (fot. J. Wróbel)



Festiwalowe zmagania Wydziału Chemicznego, czyli o tym, jak Z CHEMIĄ ZMIENIALIŚMY ŁÓDŹ!

prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szynkowska – Dziekan Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej

Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej, jak co roku, włączył się aktywnie w przygotowanie imprez zaliczanych do Festiwalu Nauki, Techniki i Sztuki, którego głównym organizatorem jest Łódzkie Towarzystwo Naukowe we współpracy z łódzkim środowiskiem naukowym i artystycznym. Festiwal popularyzujący badania naukowe i wydarzenia kulturalne wśród mieszkańców Łodzi i całego województwa łódzkiego, miał w tym roku swoją XVII odsłonę i był zatytułowany: „Łódź innowacyjna od zawsze”. Pod hasłem Festiwalu pracownicy, doktoranci i studenci Wydziału Chemicznego PŁ zorganizowali ścieżkę edukacyjną „Z chemią zmieniamy Łódź”, wygłosili wykłady popularno-naukowe podczas festiwalowego dnia Politechniki Łódzkiej oraz w siedzibie Łódzkiego Oddziału Naczelnej Organizacji Technicznej, a także uczestniczyli w Pikniku Naukowym na Rynku w Manufakturze. Łącznie w działania festiwalowe zaangażowało się około 230 osób z Wydziału Chemicznego, którym serdecznie dziękujemy!

W dniach 23-25 marca, jeszcze przed oficjalnym rozpoczęciem XVII edycji FNTiS, na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej w ramach ścieżki edukacyjnej „Z chemią zmieniamy Łódź” gościliśmy ponad 1200 uczniów łódzkich szkół oraz ich opiekunów, a także małych „studentów” Łódzkiego Uniwersytetu Dziecięcego. W ramach przygotowanych prezentacji staraliśmy się pokazać, że nasze miasto każdego dnia staje się piękniejsze, bogatsze i bezpieczniejsze nie tylko dzięki inwestycjom budowlanym, rozwojowi firm i banków, ale również dzięki pracy wielu naukowców, prowadzących badania nad nowymi materiałami konstrukcyjnymi, lekami, kosmetykami, nanomateriałami, barwnikami, itp., zastosowanie których poprawia jakość naszego życia w mieście. Na ścieżce edukacyjnej udowodniliśmy, że to dzięki pracom chemików elewacje kamienic mogą nabierać kunsztownych detali i przybierać bajeczne kolory, odporne na działania wandalii. To w laboratoriach chemików opracowywane są biomateriały o innowacyjnych właściwościach, stosowane w przemyśle i medycynie. Chemicy potrafią również projektować i wykonywać syntezy nowych związków o działaniu leczniczym, które coraz częściej są inspirowane naturą. Chemicy dbają również o środowisko naturalne, próbując wytwarzać energię metodami alternatywnymi. Wiele nowoczesnych technik badawczych, zwykle stosowa-

nych w laboratoriach analitycznych, wykorzystywanych jest również w kryminalistyce, medycynie i przemyśle spożywczym. Mamy nadzieję, że nasi młodzi odbiorcy odwiedzając Wydział Chemiczny mogli przekonać się, że chemia pomaga zmieniać Łódź!

W ramach Dnia Politechniki Łódzkiej na XVII FNTiS, 6 kwietnia 2017 r., pracownicy i doktoranci Wydziału Chemicznego wygłosili następujące wykłady: „**Białka kameleony, czyli jak z dobrego białka powstaje złe białko**” – dr hab. inż. Beata Kolesińska, prof. PŁ; „**Dwutlenek tytanu – inteligentny materiał**” – dr inż. Aleksandra Wypych-Puszkarczyk; „**Czy rdza może być wykorzystywana do wytwarzania energii?**” – dr Izabela Bobowska; „**Energetyka jądrowa w Polsce – czy potrzebujemy nowego źródła energii?**” – dr inż. Piotr Szajerski; „**Naturalny reaktor jądrowy**” – dr inż. Magdalena Długosz – Lisiecka; „**Jak dożyć XXII wieku w zdrowiu i młodości?**” – mgr inż. Małgorzata Latos; „**Od kukurydzy do pendrive’a**” – mgr inż. Ewelina Niedzielska. Różnorodność tematyki podejmowana w ramach wykładów festiwalowych pokazała, jak odmiennymi problemami zajmują się chemicy w ramach swoich badań lub też zainteresowań naukowych.

Ponadto, reprezentanci Wydziału Chemicznego wygłosili 6 kwietnia 2017 r. wykłady popularno-naukowe w łódzkiej siedzibie Naczelnej Organizacji Technicznej. Student kierunku „Chemia” – inż. Wojciech Lipiński – przedstawił wykład zatytułowany: „**Od nieprawidłowo pofałdowanych białek do nanomateriałów peptydowych**”, natomiast dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. PŁ zaintrygowała słuchaczy wykładem, zatytułowanym „**Sekrety Znachorki Belli z RODOS**”, prezentującym właściwości związków chemicznych, obecnych w roślinach ozdobnych uprawianych powszechnie w przydomowych ogródkach. Chemia jest więc blisko nas, a chemicy pomagają zrozumieć jej znaczenie dla człowieka i gospodarki.

Kulminacyjnym punktem programu XVII FNTiS, który w jednym miejscu zgromadził przedstawicieli kół naukowych wszystkich jednostek naukowo-badawczych i ośrodków uniwersyteckich z Łodzi, był Piknik Naukowy na Rynku w Manufakturze (8-9 kwietnia 2017 r.). Nie mogło i na tej imprezie festiwalowej zabraknąć przedstawicieli Wydziału Chemicznego. Nasze trzy Koła Naukowe: „Trotyl”, „Nano” i „Polimer” zjednoczyły swoje siły i przygotowały prezenta-





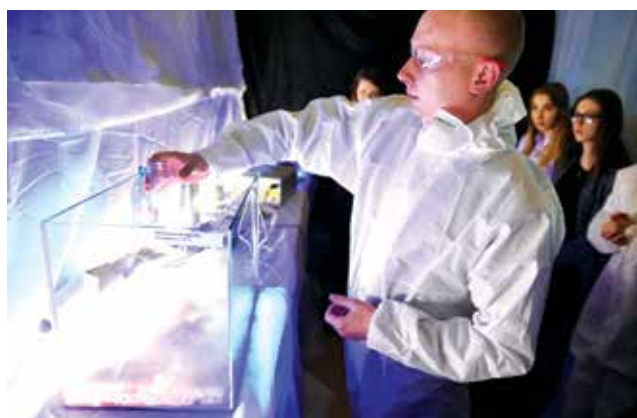
Uroczyste otwarcie ścieżki edukacyjnej „Z chemią zmieniamy Łódź” dla zwiedzających. Przemawia prof. dr hab. inż. Wojciech Wolf – Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Festiwalu (fot. J. Szabela)



Ścieżka edukacyjna „Z chemią zmieniamy Łódź” (fot. J. Szabela)



Ścieżka edukacyjna „Z chemią zmieniamy Łódź” (fot. J. Szabela)



Ścieżka edukacyjna „Z chemią zmieniamy Łódź” (fot. J. Szabela)



Ścieżka edukacyjna „Z chemią zmieniamy Łódź” (fot. J. Szabela)



Uroczyste otwarcie „Dnia Politechniki Łódzkiej” na XVII FNTiS. Przemawia dr hab. Krzysztof Śmigieński, prof. PŁ (fot. J. Szabela)

cję zatytułowaną: „**Chemia czy iluzja?**”. Dzięki substancjom o silnych i charakterystycznych zapachach nasi studenci przenieśli zwiedzających do różnych zakątków świata: Azji, Afryki oraz Australii. Zaprezentowali również substancje pielęgnacyjne, które stosowane w kosmetykach poprawiają ich właściwości aplikacyjne. Pokazali także niezwykle materiały użytkowe, np. utrudniające popełnienie fałszerstw. Zgodnie z tytułem pokazów, przedstawili zwiedzającym

świat, którego nie jest w stanie zobaczyć ludzkie oko bez przyrządów analitycznych, w tym piękne i skomplikowane struktury, które wydają się być niemożliwe do wytworzenia przez człowieka. Nasi przedstawiciele tak skutecznie zaszokowali chemię Jury konkursowe, że wywalczyli dla Wydziału III nagrodę w konkursie Rektora na najciekawsze pokazy w ramach Pikniku. Gratulujemy!



III edycja Konkursu Chemicznego Trzech Wydziałów Politechniki Łódzkiej za nami!

dr hab. inż. Izabela Witońska, prof. PŁ – Prodziekan ds. studenckich Wydziału Chemicznego



Od trzech lat przedstawiciele Wydziału Chemicznego, Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności oraz Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, organizują Konkurs Chemiczny Trzech Wydziałów Politechniki Łódzkiej. Ta inicjatywa naukowego środowiska chemicznego naszej Uczelni skierowana jest do młodzieży ze szkół ponadgimnazjalnych, wykazującej zainteresowania chemiczne. W skład komitetu organizacyjnego, a zarazem Jury Konkursu, wchodzi: dr hab. inż. Beata Kolesińska prof. PŁ – przewodnicząca, dr inż. Paweł Samulkiwicz – zastępca przewodniczącej,

dr inż. Elżbieta Szubiakiewicz – sekretarz naukowy oraz dr inż. Agnieszka Krajewska, dr inż. Longin Chruściński i Marcin Kolenda. Celami Konkursu są: rozwijanie zainteresowania chemią wśród szerokiego grona uczniów szkół ponadgimnazjalnych, wyszukiwanie i promowanie uczniów uzdolnionych w zakresie chemii i praca nad pogłębianiem ich wiedzy, umożliwienie porównania poziomu wiedzy i umiejętności chemicznych pomiędzy uczestnikami konkursu oraz szkołami, doskonalenie form pracy z uczniami uzdolnionymi chemicznie. Konkurs organizowany jest cyklicznie i zyskuje coraz większe uznanie wśród nauczycieli i uzdolnionych uczniów. Ponadto, impreza organizowana przez trzy Wydziały prowadzące na Politechnice Łódzkiej badania o profilu chemicznym, daje możliwość pokazania różnorodności realizowanej tematyki w naszej Uczelni i jest dobrym narzędziem promocyjnym. Konkurs swoim zakresem obejmuje wiadomości i umiejętności określone w aktualnie obowiązującej podstawie programowej na-



Prezentacja historii Konkursu - prof Beata Kolesińska (fot. I. Witońska)



Przemówienie Prorektora ds. studenckich Prof. Witolda Pawłowskiego (fot. I. Witońska)

uczania „Chemii” dla IV etapu edukacyjnego na poziomie rozszerzonym. Dodatkowo, od uczestników konkursu wymaga się znajomości podstaw analizy jakościowej kationów i anionów oraz identyfikacji podstawowych grup funkcyjnych w związkach organicznych.

Konkurs, początkowo skierowany do zdolnych uczniów szkół ponadgimnazjalnych środowiska łódzkiego (w pierwszej edycji uczestniczyli w nim prawie wyłącznie uczniowie z województwa łódzkiego), aktualnie rozszerzył swój zasięg na 7 województw. Spośród 109 zgłoszonych uczestników, po dwóch etapach Konkursu Jury ustaliło listy laureatów i finalistów według kolejności uzyskanych punktów. Jako minimum kwalifikacyjne do grona finalistów Komitet Organizacyjny uznał w tym roku próg 70% możliwych do zdobycia punktów. Laureatami Konkursu zostali:

- I miejsce – Michał Piotr Wyka, V Liceum Ogólnokształcące im. Augusta Witkowskiego w Krakowie;
- II miejsce – Piotr Toka; V Liceum Ogólnokształcące im. ks. Józefa Poniatowskiego w Warszawie;
- III miejsce – Maciej Kępczyński, V Liceum Ogólnokształcące im. ks. Józefa Poniatowskiego w Warszawie;
- IV miejsce – Aleksandra Cupriak, V Liceum Ogólnokształcące im. ks. Józefa Poniatowskiego w Warszawie;

- V miejsce – Cezary Wiktor Budziński, III Liceum Ogólnokształcące im. św. Jana Kantego w Poznaniu;
- VI miejsce – Barbara Kraus, V Liceum Ogólnokształcące im. Augusta Witkowskiego w Krakowie.

Ponadto, finalistami w Konkursie zostali:

- Piotr Jakub Rosiak, XXVI Liceum Ogólnokształcące im. Krzysztofa Kamila Baczyńskiego w Łodzi;
- Krzysztof Wilczek, Liceum Ogólnokształcące im. św. Jądwigi Królowej w Kielcach;
- Gabriela Barbara Baran, Publiczne Liceum Ogólnokształcące PŁ w Łodzi;
- Krzysztof Tomasz Nowak, V Liceum Ogólnokształcące im. ks. Józefa Poniatowskiego w Warszawie.

Tegorocznym finalistom nagrody wręczał Prorektor ds. studenckich, dr hab. inż. Witold Pawłowski w asyście dziekanów: Dziekana Wydziału Chemicznego, prof. dr hab. inż. Małgorzaty I. Szynkowskiej, Dziekana Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności, prof. dr hab. Marii Koziółkiewicz oraz Dziekana Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, dr hab. inż. Piotra Kazimierskiego, prof. PŁ. Sponsorzy, którymi w tym roku byli: ANWIL S.A. oraz Galvo S.A., przygotowali dla laureatów i finalistów atrakcyjne nagrody rzeczowe. Przedstawicielka ANWILU – Pani Anna





Dziekani Trzech Wydziałów i Przedstawicielka Anwilu gotowi do wręczania nagród LAUREATOM (fot. I. Witońska)



Zwycięzca KONRURSU odbiera nagrodę z rąk przedstawiciela sponsora ANWILU (fot. I. Witońska)



Uczestnicy gali wręczania nagród (fot. I. Witońska)



Przedstawiciele tegorocznych sponsorów (fot. I. Witońska)



Dąbrowska, wręczyła tablety laureatom konkursu. Natomiast Panowie Ryszard Szczepaniak oraz Sławomir Falczewski z Zarządu Galvo S.A. przekazali pozostałym finalistom kalkulatory naukowe.

Pani Dziekan Wydziału Chemicznego PŁ, prof. dr hab. inż. Małgorzata I. Szynkowska powiedziała: „Ze sponso-rem konkursu – spółką ANWIL Wydział Chemiczny PŁ łączy długoletnia współpraca zarówno w obszarze edukacji, jak i badań. Studenci Wydziału Chemicznego mają możliwość odbywania praktyk i staży we wrocławskiej spółce, natomiast kadra naukowa Wydziału, na zaproszenie ANWILU, bierze aktualnie udział w projekcie współfinansowanym ze środków Unii Europejskiej, dotyczącym ceramizacji PCW. O tym, że współpraca pomiędzy Politechniką Łódzką i spółką ANWIL układa się bardzo dobrze najlepiej świadczy fakt, że w ubiegłym roku uhonorowaliśmy spółkę tytułem „Przyjaciela Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej”, a w czerwcu podpisujemy porozumienie w sprawie dalszej współpracy”.

Natomiast Andrzej Kisielewski, Dyrektor ds. Personalnych w ANWIL S.A. powiedział: „ANWIL jako wiodąca firma sektora Wielkiej Syntezy Chemicznej, kierująca się w swoich działaniach zasadami społecznej odpowiedzialności biznesu, podejmuje szereg inicjatyw, zmierzających m.in. do

rozbudzania zainteresowania młodzieży naukami ścisłymi, zwłaszcza chemią. Uważamy, że zarówno nasze zaangażowanie na rzecz edukowania tego przedmiotu w sposób kreatywny, jak i wsparcie, którego udzielamy organizatorom konkursów i olimpiad chemicznych sprawiają, że uczniowie gimnazjów oraz szkół ponadgimnazjalnych z jeszcze większą ochotą zgłębiają jej tajniki.”

Wszystkim uczestnikom Konkursu dziękujemy za wzięcie udziału i sprawdzenie swoich umiejętności w tak ciekawej i twórczej dyscyplinie naukowej jaką jest CHEMIA, a laureatom i finalistom gratulujemy ogromnej wiedzy i umiejętności manualnych w pracy laboratoryjnej oraz życzymy dalszego rozwijania pasji do chemii i nauk ścisłych.

Jeśli i Ty chcesz sprawdzić swoje wiadomości z „Chemii”, wejdź na stronę Konkursu: <http://kch3w.p.lodz.pl/> i rozwiąż przykładowe zadania konkursowe, a jeśli Ci się spodoba, zgłoś się w październiku 2017 r. i wystartuj w kolejnej CZWARTEJ edycji Konkursu Chemicznego Trzech Wydziałów Politechniki Łódzkiej! Czekamy właśnie na CIEBIE! Zapraszamy!



Przed rozpoczęciem gali (fot. I. Witońska)

Kierunki studiów na Wydziale Chemicznym PŁ

Studia I stopnia – inżynierskie

Kierunek: Chemia

Specjalność:

- Analiza chemiczna w kontroli jakości i ochronie środowiska
- Chemia biologiczna
- Chemia i fizyka polimerów
- Synteza organiczna

Kierunek: Chemia budowlana

Kierunek: Nanotechnologia

Specjalność:

- Nanomateriały funkcjonalne
- Polimerowe materiały inżynierskie

Kierunek: Ochrona środowiska

Specjalność:

- Analityka środowiska
- Ekologiczne źródła energii

Kierunek: Technologia chemiczna

Specjalność:

- Inżynieria biomateriałowa i radiacyjna
- Technologia barwników i chemii gospodarczej
- Technologia chemiczna nieorganiczna
- Technologia chemiczna organiczna
- Technologia polimerów

**Nowy kierunek studiów inżynierskich
w języku angielskim**



Studia II stopnia – magisterskie

Kierunek: Chemia

Specjalność:

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

Kierunek: Chemia budowlana

Kierunek: Nanotechnologia

Kierunek: Ochrona środowiska

Specjalność:

- Metody fotochemiczne i radiacyjne w ochronie środowiska
- Technologie oczyszczania ścieków i uzdatniania wody
- Zarządzanie i monitoring środowiska

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

**Kierunek: Chemia i inżynieria materiałów
specjalnego przeznaczenia**



www.chemia.p.lodz.pl

 www.facebook.com/Wydzial.Chemiczny

