

Eliksir

ISSN 2449-5476

czasopismo naukowo-dydaktyczne Wydziału Chemicznego PŁ



2(4) / 2016

Nowe władze Wydziału Chemicznego PŁ



Dziekan

Prof. dr hab. inż. Małgorzata Iwona Szykowska



Prodziekan ds. nauki i innowacji

Prof. dr hab. inż. Dariusz Bieliński



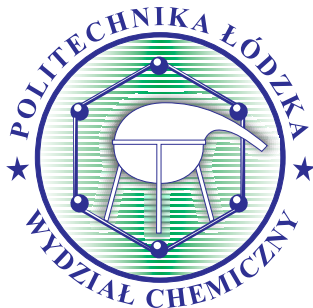
Prodziekan ds. kształcenia

Dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska



Prodziekan ds. studenckich

Dr hab. inż. Izabela Witońska



Drodzy Czytelnicy,

w bieżącym roku akademickim zaszły pewne zmiany – rozpoczęła się kadencja nowych Władz Wydziału. Pod wodzą prof. dr hab. inż. Małgorzaty I. Szynkowskiej rządzić nami będą prodziekani: dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, odpowiedzialna za sprawy kształcenia, dr hab. inż. Izabela Witońska, z którą większość z Was będzie miała bliski kontakt podczas załatwiania spraw studenckich oraz jedyny przedstawiciel mężczyzn – prof. dr hab. inż. Dariusz Bieliński, który będzie dbał o nasz rozwój naukowy. Wszystkim Dziekanom życzymy sukcesów w realizacji planów i mamy nadzieję, że pod koniec Państwa kadencji wspólnie będziemy przenosić się do nowego budynku Wydziału.

Za wspólnie spędzone lata dziękujemy ustępującym Dziekanom – dr hab. inż. Jerzemu L. Gębickiemu, prof. dr hab. inż. Aleksandrze Olmie, dr inż. Agnieszce Mrozek oraz dr hab. inż. Krzysztofowi Strzelcowi. Ze smutkiem wspominamy prof. dr hab. inż. Stefana Jankowskiego, dziekana Wydziału w latach 2012-2015, któremu zawdzięczamy powstanie naszego czasopisma. W listopadzie pożegnaliśmy byłych dziekanów Wydziału – Profesorów: Józefa Mayera i Jana Michalskiego, których wspominają Współpracownicy.

Szanowni Czytelnicy, zapraszamy do lektury kolejnego numeru „Eliksira”, w którym m.in. kontynuujemy opowieść o założycielach Wydziału, zachęcamy nowych (i nie tylko) studentów do włączenia się w działalność kół naukowych oraz korzystania z oferty programu Erasmus+.

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 Ułański, 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 2(4)/2016

Wszystkie artykuły zostały zrecenzowane przez promotorów/opiekunów prac



Spis treści:

HISTORIA WYDZIAŁU CHEMICZNEGO 5

ARTYKUŁY 11

- Potencjał aplikacyjny witaminy B12 i jej analogów 11
- Roślinne surowce lecznicze 19
- Poliestrowe materiały opakowaniowe zawierające substancje pochodzenia roślinnego 22
- Badanie kinetyki pochłaniania CO₂ oraz pary wodnej z powietrza przez stały wodorotlenek sodu ... 24
- Ocena efektywności energetycznej dwóch turbin wiatrowych firmy Vensys 27

KOŁO NAUKOWE 32

AKTUALNOŚCI 34

KONFERENCJE 40



Profesor Stanisław Kiełbasiński

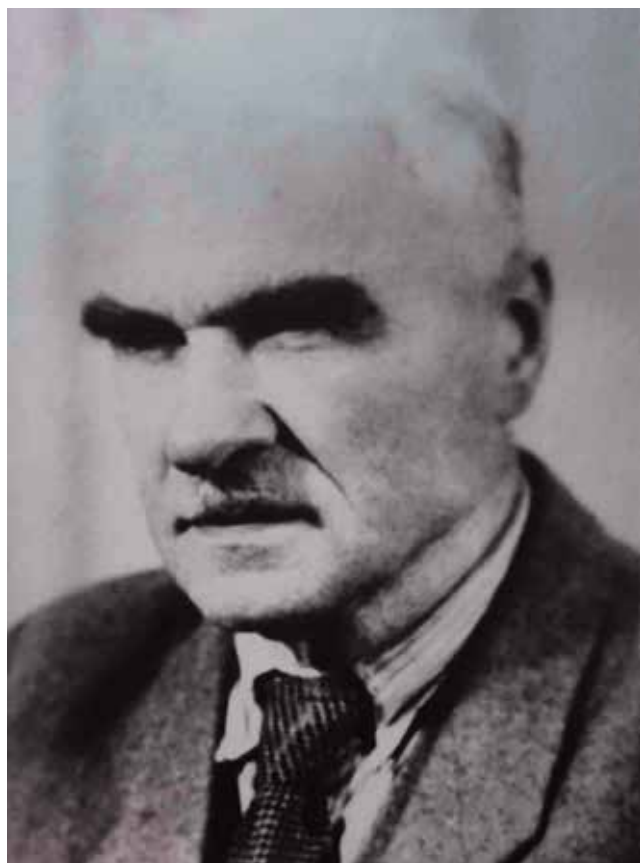
współtwórca Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej

– wspomnienia

19 maja 2016 roku minęła 61 rocznica śmierci prof. Stanisława Kiełbasińskiego, jednego ze współtwórców Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej, znanego i cenionego naukowca o szerokich zainteresowaniach i osiągnięciach naukowych, od syntezy specjalistycznych leków – arsenopochodnych benzenu, do fizykochemii i technologii polimerów, a zwłaszcza fizykochemii i technologii elastomerów.

Stanisław Kiełbasiński urodził się 26 września 1882 roku w Tuszynie, mieście założonym na prawie magdeburskim w 1416 roku (akt lokacyjny króla Władysława Jagiełły, osada istniała od 1223 r.), zdegradowanym ukazem cara z 19 maja 1870 r. do rangi osady, w gminie Górki. Prawa miejskie odzyskał Tuszyn dopiero 13 lipca 1924 r. Rzemieślniczo-rolnicza rodzina Kiełbasińskich jest jedną z najstarszych w tym mieście, a związane z nią wzmianki archiwalne sięgają 1794 r. Rodzice Profesora, małżonkowie Szymon i Maria *de domo* Busiakiewicz, doczekali się liczного potomstwa, z którego tylko trzy córki: Józefa, Bronisława i Anna oraz czterech synów: Antoni, Jan Józef, Władysław i najmłodszy syn Stanisław, dożyło dorosłego wieku. Synowie i córki otrzymali staranne wykształcenie, na co ich rodzice łożyli stosowne środki materialne. Majster Szymon Kiełbasiński prowadził ceniony warsztat ślusarsko-kowalski, a także, poczynając od 1870 r., był wielokrotnie wybierany na Starszego Cechu Zgromadzenia Rzemieślników Tuszyna.

Stanisław Kiełbasiński, najmłodszy syn, miał znaczące osiągnięcia naukowe, dzięki wyniesionej z rodzinnego domu atmosferze życzliwości, pracowitości, sumiennosci i rzetelności, połączonych w późniejszych latach nauki, studiów, pracy zawodowej i naukowej z samodzielnością, zaradnością i odpowiedzialnością. Podczas nauki w gimnazjum klasycznym w Łodzi (obecnie LO przy ul. Sienkiewicza 46) udzielał korepetycji synom właścicieli domu, w którym mieszkał na stacji. Już wtedy był zainteresowany naukami matematyczno-fizycznymi, a zwłaszcza chemią. W 1903 r. rozpoczął studia na kierunku chemicznym Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu Berlińskiego, przerwane w latach 1907-1908 ze względu na trudną sytuację materialną. Po podjęciu



pracy zarobkowej w Zakładach Chemicznych w Częstochowie i zgromadzeniu koniecznych zasobów finansowych kontynuował studia ukończone w 1910 r. Od 1910 r. pracował jako prywatny asystent prof. Paula Friedländera na Politechnice w Darmstadt, a w 1911 r., po obronie pracy doktorskiej wykonanej pod kierownictwem prof. P. Friedländera, uzyskał stopień doktora filozofii na Uniwersytecie Wiedeńskim. W 1913 r. wrócił na krótko do kraju, co było związane z brakiem warunków sprzyjających wówczas karierze naukowej Polaków w Niemczech. W tymże roku, za namową krewnego, wyjeżdża z żoną Ireną do Moskwy, podejmując pracę w kierowanym przez prof. I. I. Ostromyslenskiego laboratorium fabryki gumy „Bogatyr”. Celem prowadzonych tam prac było opracowanie syntezy butadienu z alkoholu etylowego i polimeryzacji butadienu jako metody wytwarzania syntetycznego kauczuku. Prace te były traktowane jako strategiczne. W 1914 r. wytworzono pierwsze próbki syntetycznego kauczuku butadienowego, co spotkało się z szerokim uznaniem środowiska chemików oraz przyznaniem prof. I. I. Ostromyslenskiemu wielkiej nagrody





Fot. 1. Tablica pamiątkowa, której autorem jest łódzki rzeźbiarz prof. Kazimierz Karpiński (fot. L. Sieroń)

Ministerstwa Finansów za najlepszy projekt wykorzystania etanolu. Projekt uruchomienia wytwarzania syntetycznego kauczuku butadienowego nie doczekał się jednak realizacji w warunkach wojennych. W okresie I wojny światowej dr S. Kiełbasiński pracował w Zakładach „RUSSKO-KRASKA”, ulepszając syntezę leku Salwarsan, a następnie, w wyniku wprowadzenia udoskonaleń, oryginalną, opatentowaną w kilku krajach (USA i Niemcy w 1929 roku, a następnie we Francji, Anglii, Polsce i Związku Radzieckim) metodę syntezy nietoksycznego preparatu arsenobenzenowego typu Neosalwarsan, wdrażając ją do produkcji.

Prace w dziedzinie syntezy butadienu i kauczuku kontynuowano dopiero po Rewolucji Październikowej, w kierowanym przez Niego laboratorium badawczym w Moskwie. Ze względu na strategiczny charakter tych prac dr S. Kiełbasiński uzyskał zgodę na powrót do kraju dopiero w 1920 r., po wyjeździe I. I. Ostromyslenskiego na stałe do USA i rozwiązaniu laboratorium. Wyniki prowadzonych w tym laboratorium prac przedstawił dr S. Kiełbasiński na I Zjeździe Chemików Polskich w 1923 r.

Po powrocie do kraju dr S. Kiełbasiński podejmuje pracę w Zakładach Przemysłu Chemicznego „BORUTA” w Zgierzu, uruchamiając tam oraz w kilku mniejszych wytwórniach w Warszawie, wytwarzanie nietoksycznych preparatów arsenobenzenowych, w tym Neosalutanu. Prace te spotkały się z szerokim uznaniem, czego dowodem jest m.in. zaproszenie Jego przez rząd Chile do Santiago de Chile w 1929 r. i zorganizowanie tam, we współpracy z Instituto Bacteriologico de Chile, produkcji preparatów arsenobenzenowych. Podczas powrotu z Chile *via* Ocean Spokojny

dotarł On do Archipelagu Indonezyjskiego, zapoznając się na wyspie Jawa z plantacjami kauczuku naturalnego, a to ze względu na wzrost Jego zainteresowań kauczukiem. Jednym z owoców tej wizyty był wygłoszony przez Niego odczyt „O otrzymywaniu kauczuku na plantacjach holenderskich i angielskich południowo-wschodniej Azji”, zaprezentowany w 1930 r. na zjeździe Polskiego Towarzystwa Chemicznego.

Pod koniec 1925 r. dr S. Kiełbasiński przyjął propozycję Ministerstwa Spraw Wojskowych oraz Ministerstwa Przemysłu i Handlu pokierowania pracami w dziedzinie syntezy butadienu z etanolu i wytwarzania syntetycznego kauczuku, prowadzone w skromnym, wyposażonym ze środków Ministerstwa Spraw Wojskowych, laboratorium w Państwowym Zakładzie Higieny w Warszawie, potem w pustych pomieszczeniach Wojskowego Instytutu Przewodzącego. Wyniki tych badań były prezentowane podczas II Zjazdu Chemików Polskich w 1929 r. Niezależnie od późniejszych zawirowań organizacyjno-kompetencyjnych, wyniki tych oraz kolejnych prac prowadzonych w Chemicznym Instytucie Badawczym w Warszawie, w dziale produkcji wojskowej, pod kierownictwem inż. Wacława Szukiewicza, ale bez udziału dr S. Kiełbasińskiego, doprowadziły do zaprojektowania, wybudowania i uruchomienia we wrześniu 1938 r. w Pustyni koło Dębicy Zakładów Chemicznych, wytwarzających butadien wg licencji i tajnego patentu Chemicznego Instytutu Badawczego oraz syntetyczny kauczuk butadienowy o nazwie **KER**. Nazwę tę zaproponował inż. Kazimierz Cybulski (od: **K**auczuk **E**rytreno-**R**nowy; erytren to ówczesna nazwa butadienu). Roczna zdolność produkcyjna wynosiła < 300 t., zatem tylko 2 – 3 % ówczesnego zapotrzebowania polskiego przemysłu gumowego na kauczuk. Wytworzony, do wybuchu wojny w 1939 r., KER (ok. 250 ton), był dwukrotnie droższy (5,60 zł/kg; płaca początkującego nauczyciela wynosiła wówczas ok. 80 zł/m-c) od kauczuku naturalnego, importowanego do Polski w 1938 r. w ilości ok. 8000 t.

Do 1939 r. dr S. Kiełbasiński współpracował z Przemysłowo-Handlowymi Zakładami Chemicznymi „Ludwik Spiess i Syn SA”, jako kierownik naukowy i doradca, a następnie, aż do wybuchu Powstania Warszawskiego, w firmie „A. Kowalski”, zlokalizowanej w Warszawie na terenie getta. Zamknięto w nim wielu naukowców, znajomych i przyjaciół Rodziny Kiełbasińskich, która udzielała im wsparcia finansowego, dostarczała żywność oraz pomagała wydostać się z getta. Dr Stanisław Kiełbasiński zorganizował ucieczkę z getta wybitnego immunologa i bakteriologa Ludwika Hirszfelda, jego żony i córki, wybitnego chirurga łódzkiego Juliana Ajznera z żoną, a także przechowywał w swoim mieszkaniu na Saskiej Kępie Irenę Weinkranz z matką. Instytut Yad Washem, na wniosek Ireny Weinkranz, odznaczył pośmiertnie prof. S. Kiełbasińskiego Medalem „SPRAWIEDLIWY WŚRÓD NARODÓW ŚWIATA”, wręczonym 25 maja 2001 r. w Łodzi Jego synom Witoldowi i Andrzejowi.

W listopadzie 1939 r. dr S. Kielbasiński został aresztowany przez okupanta jako zakładnik, a następnie zwolniony po kilku tygodniach. Ponownie aresztowany wiosną 1940 r., osadzony w obozie przejściowym w Działdowie, a następnie zesłany do obozu w Dachau. Zwolniono Go po kilku miesiącach, a to z powodu Jego członkostwa w Niemieckim Towarzystwie Chemicznym.

Po zakończeniu wojny dr S. Kielbasiński otrzymał propozycję pracy w powstającej Politechnice Łódzkiej, z zadaniem zorganizowania w niej Katedry Technologii Kauczuku i Mas Plastycznych. Jednocześnie został powołany przez Senat tej Uczelni na stanowisko profesora nadzwyczajnego i kierownika tej Katedry. Skład I. Senatu Politechniki Łódzkiej: prof. Bohdan Stefanowski – rektor, prof. Osman Achmatowicz – prorektor, prof. Bolesław Tołłoczko, prof. Janusz Groszkowski i prof. Alicja Dorabalska – dziekani odpowiednio Wydz. Mechanicznego, Elektrycznego i Chemicznego oraz profesorowie Waclaw Moszyński, Witold Iwaszkiewicz i Edmund Trepka jako przedstawiciele tych Wydziałów. Zgodnie z programem studiów w roku akademickim 1945/46 prof. S. Kielbasińskiemu polecono prowadzenie 3 godz. tygodniowo wykładu „Technologia kauczuku i mas plastycznych”, 10 godz. tygodniowo „Pracowni specjalnej technologicznej” na III i IV roku studiów oraz prac dyplomowych na IV roku studiów. Niezależnie od tego prof. S. Kielbasiński został powołany na stanowisko profesora kontraktowego i kierownika Katedry Technologii Chemicznej Środków Leczniczych Wydziału Farmaceutycznego powstającego Uniwersytetu Łódzkiego. Lata 1945 – 1955 to okres wyjątkowej aktywności Profesora, poświęconej pracom organizacyjnym i naukowym, zajęciom dydaktycznym oraz działalności w Towarzystwach Naukowych. Cechą charakterystyczną działalności naukowej Profesora była ścisła współpraca z zakładami przemysłowymi i instytucjami państwowymi, konieczna do skompletowania wyposażenia obu Katedr i ich laboratoriów. Ścisła współpraca z przemysłem gumowym doprowadziła do opracowania 20 oryginalnych prac technologicznych oraz blisko 40 opracowań technicznych jako podstawy do wprowadzenia wytwarzania nowych wyrobów gumowych lub usprawnienia stosowanych już metod. Najważniejsze z nich to:

- synteza i polimeryzacja metakrylanu metylu (wytwarzanie „szkła organicznego”), wdrożona w Zakładach Chemicznych „Oświęcim”;
- technologia wytwarzania tkanin podgumowanych, odpornych na działanie czynników chemicznych;
- wytwarzanie namiastek skóry wierzchniej;
- wytwarzanie gumy mikroporowatej i wprowadzenie jej do produkcji w zakładach przemysłu obuwicznego, praca wyróżniona zespołową nagrodą Państwową III stopnia w 1953 r., a Profesor także Złotym Krzyżem Zasługi w 1954 r.;
- technologia wytwarzania uszczelek gumowych do rurociągu Łódź-Pilica, z gwarancją trwałości na 50 lat.

Wyniki tych badań, ze względu na aplikacyjny charakter, nie mogły być publikowane.

Prof. S. Kielbasiński wiele uwagi poświęcał sprawom dydaktycznym, w tym opracowaniu ram nowych i nieznanych w Polsce specjalności, pełnieniu funkcji przewodniczącego Komisji praktyk studenckich, a także działalności w Towarzystwach Naukowych, jako przewodniczący Rady Naukowej Instytutu Tworzyw Sztucznych i członek Rady Naukowej Instytutu Przemysłu Gumowego oraz współorganizator konferencji naukowych w dziedzinie polimerów w latach 1953/54 i 1955.

Prof. S. Kielbasiński jest autorem skryptu „Kauczuki i tworzywa sztuczne”, PWN, Łódź 1954 (364 str.), który przez wiele lat, obok wydanego w 1944 r. (TAK!), przez Politechnikę Warszawską streszczenia wykładów inż. Stanisława Porejki: „Chemia i technologia sztucznych tworzyw” (część I, 106 str.; obie pozycje w posiadaniu autora niniejszego opracowania), były jedynymi, dostępnymi w języku polskim, tak obszernymi i na wysokim poziomie podręcznikami oraz pomocami dydaktycznymi i naukowymi w tej dziedzinie wiedzy.

Efektom działalności dydaktycznej Profesora jest także okazała liczba 70 prac dyplomowych wykonanych pod Jego kierownictwem na Politechnice Łódzkiej oraz 20 prac wykonanych w kierowanej przez Niego Katedrze Uniwersytetu Łódzkiego. W 1955 r. Stanisław Kielbasiński otrzymał tytuł naukowy profesora zwyczajnego. Zmarł 19 maja 1955 r. po ciężkiej chorobie i został pochowany na cmentarzu parafialnym w rodzinnym Tuszynie.

Politechnika Łódzka i jej Wydział Chemiczny w szczególności sposób uhonorowała Jego zasługi i Osobę, umieszczając na II piętrze gmachu tablicę poświęconą Profesorowi, odsłoniętą podczas obchodów 70-lecia powstania Uczelni (fot. 1).

Literatura

- [1] Ruciński J., 1956, Życie i działalność Stanisława Kielbasińskiego, Wiadomości Chemiczne, vol. X, 8/111, 383-389.
- [2] Szymanek-Szeffińska E.M., O rodzinie, życiu i działalności Stanisława Kielbasińskiego, [w:] Archiwum Wolbórki, seria II, 1(9), Stowarzyszenie Regionalne Wolbórka, Tuszyń 2002.
- [3] Ślusarski L., Profesor Stanisław Kielbasiński (1882-1955), Zeszyty Historyczne Politechniki Łódzkiej, 5, 13-17, Politechnika Łódzka, Łódź 2002.
- [4] Program studiów na rok akademicki 1945/46, Łódź 1945, Politechnika Łódzka, Łódź 1970 (reprint).
- [5] Ciechanowicz L., 1999, Od erytrenu do Keru. Karta historii polskiego kauczuku syntetycznego, Elastomery, 3(4/17), 3–12.
- [6] Ciechanowicz L., 2002, Sprawiedliwy wśród narodów świata. Nieznana karta w życiorysie prof. dr. Stanisława Kielbasińskiego, Elastomery, 6(1/32), 35.
- [7] źródła internetowe.

prof. dr hab. inż. Władysław M. Rzymiski



Profesor Józef Mayer – wspomnienia



W dniu 19 listopada 2016 zmarł Profesor Józef Mayer. W Międzyresortowym Instytucie Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej z wielkim żalem i smutkiem przyjęliśmy wiadomość o Jego śmierci. Choć Pan Profesor już 8 lat temu przeszedł na emeryturę i w charakterystyczny dla siebie, skromny sposób wyłączył się z życia Instytutu, na stałe wpisał się w historię Instytutu i na zawsze pozostanie w naszej pamięci.

My, Jego uczniowie i współpracownicy, straciliśmy w osobie profesora Józefa Mayera wieloletniego dyrektora Instytutu, a jednocześnie długoletniego, bardzo bliskiego współpracownika prof. Jerzego Kroh, z którym wspólnie tworzyli ten Instytut i budowali jego pozycję naukową.

Profesor Mayer, absolwent Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej (rocznik 1961), całe swoje życie zawodowe związał z Katedrą Chemii Radiacyjnej (powołana 1.04.1962), która następnie przekształciła się w pierwszy na Politechnice instytut, Instytut Techniki Radiacyjnej, by ostatecznie stać się Międzyresortowym Instytutem Techniki Radiacyjnej, jedynym w Polsce akademickim ośrodkiem badań w dziedzinie chemii i technologii radiacyjnej. Zainteresowania naukowe Profesora Mayera ukształtowały się pod wpływem dwójki wybitnych uczonych, prof. Alicji Dorabalskiej, promotorki Jego pracy dyplomowej z radiochemii i prof. Jerzego Kroh, który był promotorem Jego pracy doktorskiej z zakresu chemii radiacyjnej. Właśnie chemii radiacyjnej Profesor Mayer

poświęcił całe swoje życie naukowe, czego owocem jest ponad 100 publikacji i udział w licznych konferencjach. Profesor był także redaktorem czasopism i książek naukowych.

W ciągu ponad 13 lat kierowania Instytutem, jak i wcześniejszych lat współpracy z prof. Kroh, Profesor Mayer brał aktywny udział w najważniejszych działaniach organizacyjnych związanych z Instytutem. Jednak działalność organizacyjna prof. Mayera nie ograniczała się jedynie do Instytutu. Pełnił również obowiązki Prodziekana i Dziekana Wydziału Chemicznego (1987-1993) oraz Prorektora ds. Studenckich i Rektora Politechniki Łódzkiej (1993-2002). Uczestniczył w działaniach integrujących środowisko chemików radiacyjnych w Polsce i na świecie. Jego intensywna praca przyczyniła się do osiągnięcia wysokiej pozycji naukowej Instytutu, w Polsce i na świecie. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w przyznanych Mu doktoratach honoris causa Uniwersytetów Strathclyde w Glasgow, Abertay w Dundee i Akademii Humanistyczno-Technicznej w Bielsku Białej oraz w członkostwie licznych Rad Naukowych.

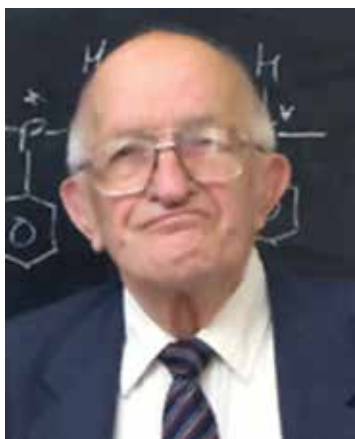
Profesor Mayer był wzorem naukowca i świetnym eksperymentatorem, umiejącym własnoręcznie zbudować swoje stanowisko badawcze. Uczył i wychował wiele pokoleń studentów, wypromował kilku doktorów, w tym samodzielnych obecnie pracowników naukowych naszego Instytutu. Nauczył nas zarówno techniki radiolizy impulsowej, jak i pracy organizacyjnej na rzecz Instytutu i Uczelni.

Profesor był człowiekiem bardzo skromnym i bezpośrednim w kontaktach z otoczeniem. Był bardzo konsekwentny w realizowaniu swoich planów. Ciągłe dążył do perfekcji, co niekiedy bywało uciążliwe dla Jego współpracowników, nierzadko bowiem osobiście sprawdzał wykonane przez nich obliczenia oraz rzetelność w cytowaniu bibliografii. Obdarzony był świetną pamięcią oraz cechą, której najbardziej Mu zazdrościliśmy, niesłychaną podzielnością uwagi. Potrafił pracę nad publikacją naukową przerywać na krótszą lub dłuższą chwilę, by załatwić sprawy organizacyjne, a następnie natychmiast do niej wrócić i kontynuować ją jakby żadnej przerwy nie było. Był wymagającym szefem, ale przy tym dobrym kolegą potrafiącym skutecznie pomóc swoim współpracownikom.

Przeszłość, terażniejszość i również przyszłość naszego Instytutu na zawsze pozostaną związane z osobą **Profesora Mayera**. Naszą pracą będziemy pamiętać o **Profesorze** podtrzymywać przez następne dziesięciolecia.

prof. dr hab. inż. Andrzej Marcinek
dr hab. inż. Jerzy L. Gębicki, prof. Pł

Profesor Jan Michalski – wspomnienia



Prof. dr Jan Michalski – twórca polskiej szkoły chemii fosforu przez całe swoje życie związany pozostawał z Łodzią. Urodził się 7 czerwca 1920 roku w Łodzi w rodzinie Lucyny i Edwarda Michalskich. *Genius loci* nazaczył Jana Michalskiego w szczególny sposób, po latach bowiem okazało się,

że zarówno miejsce Jego urodzenia (obecnie budynek, w którym zlokalizowana jest pracownia NMR) jak i szkoła, do której uczęszczał w młodych latach (obecnie główny budynek kampusu) stanowią trzon obecnej siedziby Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN (CBMM-PAN) w Łodzi, którą Profesor tworzył, i z którą pozostał związany do końca Swojego życia. Ojciec pracował jako włókiennik-chemik w zakładach Scheiblera-Grohmana. W wieku 7 lat Jan Michalski rozpoczął naukę w Szkole Pracy. Swoją dalszą edukację próbował kontynuować w państwowym gimnazjum im. Kopernika, które jednak z powodu wybujałego temperamentu i upartego charakteru musiał opuścić. Nic nie wskazywało więc w tamtym czasie, że zostanie wybitnym uczonym. Jednak gdy osiągnął 15 lat, pod wpływem lektury książek ze zbioru ojca, zainteresował się chemią, co radykalnie odmieniło Jego stosunek do nauki. Jako prymus ukończył prywatne gimnazjum A. Zimowskiego i bezpośrednio po maturze zdał egzamin konkursowy otwierający drogę do studiów na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej. Zdążył ukończyć jedynie pierwszy rok studiów, gdy wybuchła wojna. Podczas okupacji utrzymywał się z pracy podejmowanej w fabrykach chemicznych, równocześnie uczył się w legalnym Liceum Ceramiczno-Chemicznym oraz kontynuował studia na tajnych kompletach. Gdy wybuchło powstanie warszawskie, miał już ukończone studia chemiczne na Politechnice Warszawskiej i zaawansowane trzy lata uniwersyteckich studiów z fizyki. W trakcie studiów poznał Marię Wejchert – również studentkę chemii na tajnych kompletach Politechniki Warszawskiej, z którą ożenił się w styczniu 1944 r. Rozdzieliło Ich powstanie warszawskie. Po upadku powstania Państwo Michalscy opuścili Warszawę udając się w okolice Czarnego Dunajca, do zaprzyjaźnionej rodziny góralskiej.

Gdy w 1945 roku dociera wieść o wyzwoleniu Krakowa, Jan Michalski udaje się pieszo, z manuskrypcem pracy dyplomowej pod pachą, w ponad 100 kilometrową wędrówkę,

aby potwierdzić swoje wykształcenie, zdając bez trudności egzamin dyplomowy na Uniwersytecie Jagiellońskim, który uprawniał do tytułu magistra filozofii w zakresie chemii. Już w lipcu 1945 r. wraz z żoną (późniejszą profesorką Akademii Medycznej) przeprowadził się do Łodzi. Podjął tu pracę w organizującej się nowej uczelni, a mianowicie w Politechnice Łódzkiej. Jako asystent prof. Osmana Achmatowicza, pomagał w tworzeniu od podstaw Wydziału Chemicznego PŁ. Po dwóch latach asystentury, w roku 1947 wyjeżdża do Anglii na studia na Uniwersytecie w Cambridge. Pracuje w laboratorium przyszłego laureata nagrody Nobla, Sir Alexandra R. Todda. W okresie niespełna trzech lat kończy prace badawcze, opracowuje tezę i broni doktoratu na Uniwersytecie w Cambridge. Okres pobytu na stażu naukowym miał swoje dalekosiężne skutki i w znaczącym stopniu przyczynił się do rozwoju nauk chemicznych w łódzkim ośrodku naukowym. Praca w licznych zespołach rówieśników zgrupowanych wokół profesora Aleksandra Todda pozwoliła nawiązać współpracę i przyjaźnie naukowe z wieloma późniejszymi sławami naukowymi. Ich późniejsze wizyty naukowe w Łodzi, wyjazdy kolejnych generacji łódzkich chemików na staże do czołowych ośrodków w świecie otworzyły drogę owocnej wymiany naukowej, budowania wspólnych ambitnych projektów i co najważniejsze, do chwili obecnej wyznaczają wysokie standardy prowadzonych badań.

W 1953 roku (po wyjeździe prof. O. Achmatowicza do Warszawy) tworzy zaczątki swojego własnego zespołu naukowego na Politechnice Łódzkiej. Działania zostają wkrótce sfinalizowane poprzez utworzenie na Wydziale Chemicznym PŁ Katedry Syntezy Organicznej. Niezależne działania prowadzą do powstania kolejnego interdyscyplinarnego zespołu naukowego Polskiej Akademii Nauk zwanego Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych. Oba zespoły współpracują ze sobą, a Profesor sprawiedliwie dzieli swój czas pomiędzy pracę badawczą i zajęcia dydaktyczne na Politechnice, a organizowanie struktur i zaplecza badawczego CBMM PAN.

Wraz ze swoimi współpracownikami z Politechniki Łódzkiej i CBMM PAN stworzył Łódzką Szkołę Chemii Fosforu, która wywarła wpływ na rozwój tej dziedziny w kraju i zagranicą.

Zespół naukowy, utworzony przez Jana Michalskiego prowadził badania podstawowe w dziedzinie chemii fosforu, ze szczególnym uwzględnieniem połączeń zawierających inne heteroatomy, takie jak siarka, selen, azot, fluorowce, a także krzem. Badania obejmowały poszukiwanie nowych struktur fosforoorganicznych, nowych reakcji oraz studia nad mechanizmami przemian połączeń fosforoorganicznych. Doprowadziło to do rozwinięcia dynamicznej stereochemii fosforu i zastosowania jej jako narzędzia badawczego w badaniu mechanizmów reakcji. Spośród nowych struktur,





Rok 1971. Dyrektor Instytutu Chemii Organicznej, profesor Jan Michalski (pierwszy rząd, trzeci od prawej), w otoczeniu pracowników gości na Politechnice Łódzkiej profesora Osmana Achmatowicz (obok, z muszką, czwarty od prawej)

otrzymanych w wyniku tych badań, szczególnie ważne dla dalszego rozwoju prac okazały się fosforoorganiczne pseudo-halogeny, a szczególnie halogenki oksofosforanosulfenylowe i ich analogi, zawierające dodatkowo atom siarki. Otrzymane z nich symetryczne układy tiopirofosforanowe okazały się z kolei unikatowym obiektem badań nad mechanizmem izomeryzacji układów symetrycznych (tiolowych) w niesymetryczne (tionowe). Obiektami badań były także bezwodniki mieszane kwasów fosforu i innych kwasów, jak fosforowo-sulfonowe, fosforowo-karboksyłowe, fosforowo-fosforowe i izomeryczne do tych ostatnich hypofosforany. Ważnym kierunkiem badań, realizowanym do lat współczesnych były studia nad zawiązywaniem wiązania węgiel-fosfor, szczególnie *via* reakcja Arbuzova.

Wkład prof. Michalskiego w rozwój chemii fosforu i dla uczelni został doceniony – w roku 1963 został profesorem zwyczajnym PŁ, a w roku 1969 członkiem rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk. W latach 1965-1971 kierował najpierw Katedrą Syntezy Organicznej, później Instytutem Chemii Organicznej. Pełnił obowiązki dziekana Wydziału Chemicznego PŁ (1965-1970) oraz sekretarza Wydziału III PAN. Był też organizatorem i wieloletnim przewodniczącym Oddziału PAN w Łodzi. W roku 1972 prof. Jan Michalski odszedł na bezterminowy urlop z Politechniki Łódzkiej, zostając dyrektorem CBMM PAN, które połączyło istniejące w Łodzi placówki PAN, integrując w jednym miejscu badania w dziedzinie związków heteroorganicznych, polimerów oraz chemii bioorganicznej.

Prof. Michalski jest autorem ponad 400 oryginalnych prac naukowych i 37 patentów. Położył wielkie zasługi dla rozwoju kadry naukowej. Wypromował 29 doktorów, z których 16

uzyskało status samodzielnych pracowników nauki. Wielu z nich zostało profesorami, a dwóch członkami PAN.

W 1977 roku został wybrany członkiem Biura Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC). W latach 1979-1981 był członkiem Komitetu Wykonawczego IUPAC. Był laureatem wielu nagród krajowych i zagranicznych za osiągnięcia naukowe. Są wśród nich: medal miasta Paryża za „Twórcze Badania w Dziedzinie Chemii Fosforu” (1964), Międzynarodowa Nagroda im. A.E. Arbuzova (1999), nagroda im. Humboldta. Był dwukrotnym laureatem Nagrody Państwowej (zespołowa w 1964, indywidualna w 1978 roku) oraz Nagrody Miasta Łodzi. Prof. Michalski był długoletnim członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego, laureatem medalu im. J. Śniadeckiego oraz medalu im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk. Jest doktorem *honoris causa* Politechniki Łódzkiej. Był także zagranicznym członkiem Francuskiej Akademii Nauk (Institut de Paris) i Berlińskiej Akademii Nauk. Posiadał tytuł Professorial Fellowship of Churchill College (Cambridge) oraz był członkiem Royal Society of Chemistry.

Po przejściu na emeryturę w 1992 r. prof. Michalski pozostał aktywny zawodowo i powrócił do swoich najwcześniejszych zainteresowań, a mianowicie modyfikacji struktur nukleotydowych i cukrowych, ze szczególnym uwzględnieniem połączeń zawierających wiązanie fosfor-fluor. Zawsze pozostawał związany emocjonalnie z Instytutem Chemii Organicznej PŁ.

Profesor Jan Michalski odszedł od nas w poniedziałek, 14 listopada, w wieku 96 lat.

prof. dr hab. inż. Zbigniew Kamiński

Joanna Katarzyńska

joanna.katarzynska@p.lodz.pl

Instytut Chemii Organicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Potencjał aplikacyjny witaminy B12 i jej analogów

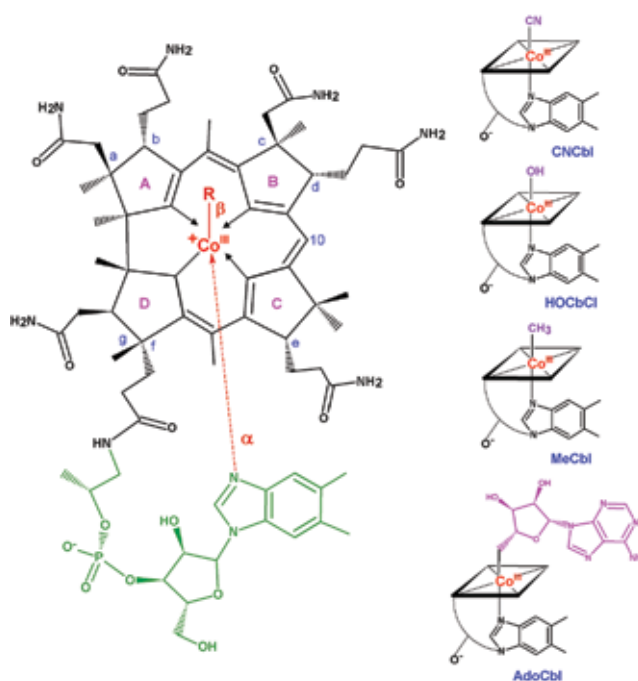
Wstęp

Aktywność biologiczna witaminy B12 na poziomie komórkowym nierozzerwalnie łączy się ze szlakiem metabolicznym kwasu foliowego, a że właśnie wśród analogów kwasu foliowego (antywitaminy B9) odkryto leki, które zrewolucjonizowały chemię medyczną XX wieku (sulfanilamid, metotreksat), nie powinno więc dziwić duże zainteresowanie poświęcone również antyvitaminom B12. Przez wiele lat, zwłaszcza w latach 60 – 70-tych ubiegłego wieku, intensywnie poszukiwano potencjalnych leków wśród antykoobalamin [1]. Niestety, jak dotąd, żadna antyvitamina B12 nie została dopuszczona do obrotu, ani nawet nie przechodzi badań klinicznych. Co więcej, pojęcie antyvitaminy B12 zniknęło z literatury praktycznie na trzy dekady. Obecnie dokonujący się postęp w wielu dziedzinach nauki i techniki zachęcił prężne ośrodki badawcze do wszczęcia kolejnych prób znalezienia interesującej struktury, wpływającej na szlak metaboliczny B12, zwłaszcza do zastosowań medycznych. Wymienić tu chociażby należy zespół prof. Zeldera z Uniwersytetu w Zurychu, prof. Krautlera z Uniwersytetu w Innsbrucku czy prof. Gryko z Instytutu Chemii Organicznej PAN w Warszawie [1-7], ale to oczywiście tylko niektóre przykłady, bo temat został już podjęty przez badaczy ze wszystkich kontynentów. Być może przeżywany renesans zainteresowania kobalaminami zaowocuje wkrótce nowymi odkryciami.

Witamina B12 i jej naturalne, aktywne metabolicznie kofaktory

Trudności w znalezieniu skutecznych antyvitamin B12 związane są ze specyficzną strukturą kobalamin [8]. Kobalaminy zostały wyizolowane w latach 40-tych XX wieku [9]. Są to związki kompleksowe o barwie czerwonej z centralnie ulokowanym atomem kobaltu (rys.1). Szkielet cząsteczki stanowi makrocykliczny 14 π elektronowy układ korynowy z czterema pierścieniami pirolu w formie zredukowanej. Jon kobaltu na stopniu utlenienia +3 ma 6 ligandów i połączony jest trzema wiązaniami koordynacyjnymi z atomami azotu pierścieni pirolowych A, B, C oraz jednym wiązaniem

koordynacyjnym z dolnym ligandem α , usytuowanym prostopadle do płaszczyzny pierścienia. Poza tym posiada dwa wiązania kowalencyjne: jedno z atomem azotu N²³ pierścienia pirolu D, a drugie skierowane prostopadle nad powierzchnię układu makrocyklicznego z ligandem β . Wiązanie z ligandem β jest labilne, dlatego też ligand β może być stosunkowo łatwo wymieniany na inne podstawniki, takie jak grupa nitylowa (CN) w cyjanokobalaminie (CNCbl), metylowa (CH₃) w metylokobalaminie (MeCbl), hydroksylowa (OH) w hydroksykobalaminie (HOCbl), OH x H₂O w akwakobalaminie (H₂OCbl), 5'-deoksyadenozylowa w adenozylokobalaminie (AdoCbl), nitylowa (NO₂) w nitrokobalaminie (NO₂Cbl), itp. W przeciwieństwie do górnego liganda β , dolny ligand α jest stosunkowo stabilny i stanowi go pierścień 5,6-dimetylobenzimidazolowy, związany z resztą rybozolo-3'-fosforanową, połączoną poprzez łącznik N-metyloetylopropanoamidowy z atomem C¹⁷ pierścienia D koryny.



Rys.1. Rodzina najważniejszych, z punktu widzenia przemian metabolicznych, kobalamin (B12): cyjanokobalamina (CNCbl), hydroksykobalamina (HOCbl), metylokobalamina (MeCbl), adenozylokobalamina (AdoCbl)

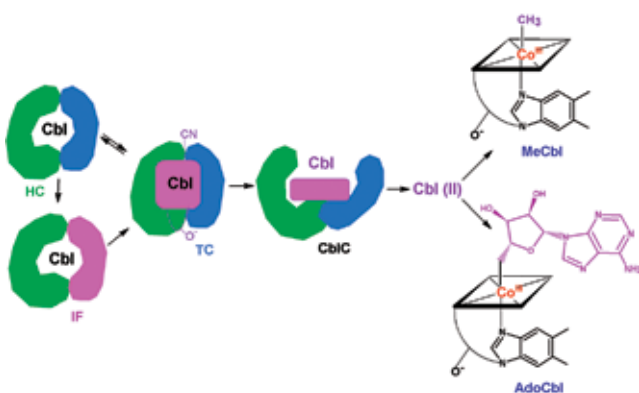


Witamina B12 może być produkowana tylko przez pewne mikroorganizmy, dlatego też w przypadku ssaków musi być suplementowana wraz z pożywieniem (podroby: wątroba, nerki, a także ryby, jaja). Proces wchłaniania kobalaminy stanowi wyzwanie z powodu jej wyrafinowanej struktury. Wymaga udziału trzech różnych białek transportowych: czynnika wewnętrznego wydzielanego przez komórki żołądka (IF), haptokoryny (HC) i transkobalaminy II – białka osocza (TCII) (rys.2) [10, 11].

Ustalono, że cząsteczka B12 ulega enkapsulacji przez powierzchnie podjednostek białkowych w taki sposób, że tylko dwa jej fragmenty są eksponowane, tzn. grupa 5'OH reszty rybozy oraz ligand β (najczęściej grupa nitrylowa).

Po wnikięciu na drodze endocytozy za pośrednictwem receptorów w nabłonku jelita kobalamina jest metabolizowana do katalitycznie aktywnych kofaktorów metaloorganicznych, a mianowicie: w cytoplazmie do metylokobalaminy (MeCbl) oraz w mitochondriach do adenozylokobalaminy (AdoCbl). Każda z tych struktur wymaga zmiany liganda β , a reakcja katalizowana jest przez enzym CblC (deligazę – enzym naprawczy), katalizujący reduktywną denitrylację, ale i dealkilację [12]. Reduktywne usunięcie grupy nitrylowej prowadzi do cob(II)alaminy, która jest bezpośrednim substratem dla aktywnych form MeCbl i AdoCbl.

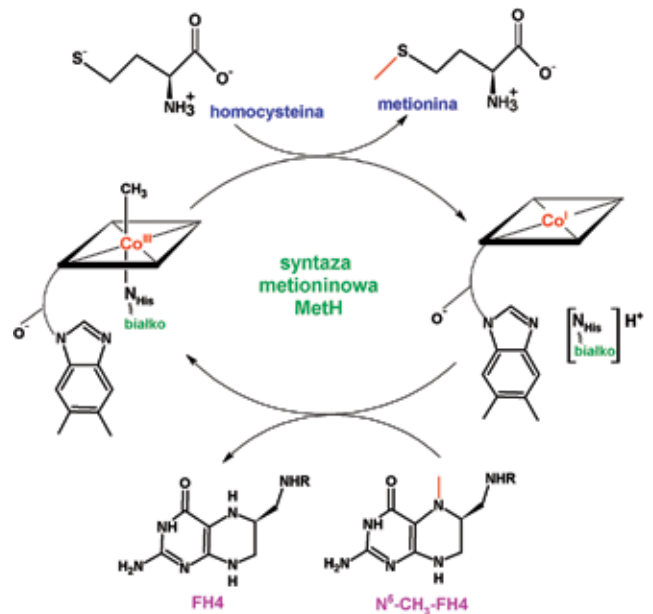
Upośledzenie funkcji enzymu CblC, np. w wyniku mutacji, blokuje cykl komórkowy zależny od witaminy B12 i może być przyczyną anemii złośliwej [13]. Należy zauważyć, że w takim przypadku suplementacja witaminy B12 jest niewystarczająca, ponieważ wchłaniana jako CNCbl nie może być przekształcona do wymaganych aktywnych katalitycznie kofaktorów: MeCbl i AdoCbl, niezbędnych w przemianach metabolicznych białek, tłuszczów, węglowodanów, czy kwasów nukleinowych.



Rys. 2. Schemat transportu witaminy B12 przez błonę komórkową z udziałem białek pomocniczych: czynnika wewnętrznego (IF), haptokoryny (HC) i transkobalaminy (TC) z następczą transformacją kobalaminy do aktywnych kofaktorów MeCbl i AdoCbl

Szlaki metaboliczne witaminy B12

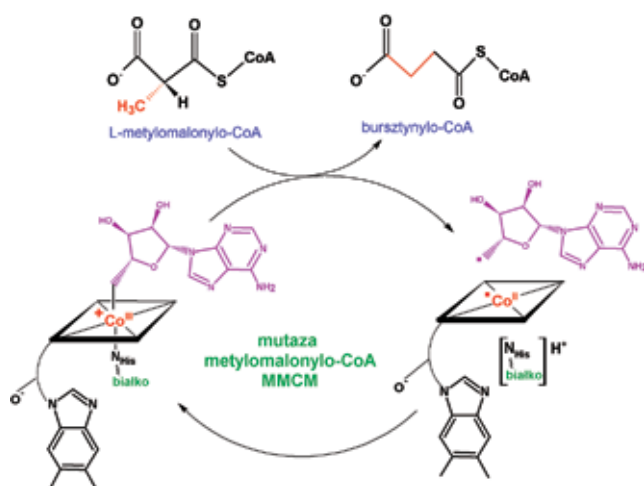
Aktywne metabolicznie cząsteczki kobalaminy MeCbl i AdoCbl są kofaktorami niezbędnymi do działania syntazy metioninowej (MetH) oraz mutazy metylomalonylo-CoA (MMCM), które to enzymy uczestniczą m.in. w reakcjach metylacji w organizmie [14]. MetH katalizuje reakcję przeniesienia grupy metylowej z 5-metylotetrahydrofolianu (N^5 - CH_3 -FH4) do homocysteiny (Hcy), prowadzącą do otrzymania tetrahydrofolianu (FH4) i metioniny (Met) (rys. 3). Proces ten wymaga udziału MeCbl, która pośredniczy w przekazaniu grupy metylowej do homocysteiny. W początkowym etapie, na skutek ataku nukleofilowego homocysteiny na akasjalnie usytuowaną grupę metylową kofaktora metylokobalaminowego, tworzy się metionina oraz kompleks zawierający atom Co na +1 stopniu utlenienia. W dalszym etapie powstały supernukleofil ulega utlenieniu w następczej reakcji przeniesienia grupy metylowej z udziałem N^5 - CH_3 -FH4, w wyniku czego odtworzona zostaje struktura kofaktora MeCbl oraz FH4. Dzięki poznaniu cyklu przemian z udziałem MeCbl łatwo zrozumieć, dlaczego szybko dzielące się komórki, takie jak komórki nowotworowe zużywają większe ilości witaminy B12 w porównaniu z komórkami zdrowymi [15]. Po prostu replikacja komórek nie jest zależna jedynie od kwasu foliowego, lecz jest również bezpośrednio połączona z metabolizmem witaminy B12.



Rys. 3. Szlak metaboliczny B12 z udziałem syntazy metioninowej (MetH) i metylokobalaminy (MeCbl)

Innym ważnym procesem zachodzącym za pośrednictwem B12 (w formie kofaktora AdoCbl) jest reakcja rodnikowa katalizowana przez mutazę metylomalonylo-CoA,

polegająca na przekształceniu metylomalonylo-CoA do sukcyinylo-CoA (rys. 4). Wspomniana reakcja izomeryzacji kwasu metylomalonowego do kwasu bursztynowego jest częścią przemian, w wyniku których degradacja rozgałęzionych aminokwasów (np. Val), nieparzystych kwasów tłuszczowych czy cholesterolu prowadzi do powstania propionylo-CoA. Powstały propionian po przekształceniu do sukcyinylo-CoA zostaje wprowadzony do cyklu przemian pirogronianu (cyklu kwasu cytrynowego).



Rys. 4. Szlak metaboliczny B12 z udziałem mutazy metylomalonylo-CoA (MMCM) i adenozylokobalaminy (AdoCbl)

Z przedstawionych opisów roli B12 jako koenzymu istotnego w przemianach węglowodanów, białek, tłuszczów czy nukleotydów wynika, że akumulujące się homocysteina i kwas metylomalonowy powinny być wszechstronnymi biomarkerami niedoboru B12 wskazującymi, że działanie enzymów MetH i MMCM jest nieprawidłowe [16]. Choć z drugiej strony takim biomarkerem może być również brak metioniny i kwasu foliowego [17].

Wiele badań z ostatnich lat wskazuje, że witamina B12 jest niezbędna dla prawidłowego funkcjonowania mózgu. Niedobory B12 w mózgu (ale nie w surowicy) zaobserwowano u osób w podeszłym wieku, obciążonych chorobą Alzheimera oraz u pacjentów z autyzmem, jak również cierpiących na schizofrenię [18]. Za niedobory te może być odpowiedzialny wadliwy transport B12 do i z płynu mózgowo-rdzeniowego poprzez barierę nabłonka nerwowego splotu naczyniówkowego. Przypuszcza się, że w transporcie tym uczestniczy między innymi tandem endocytarnych receptorów: kubilina i megalina. Co ciekawe, megalina promuje usuwanie białka pochodzącego z peptydu prekursorowego amyloidu A β , w związku z tym to właśnie związany z wiekiem spadek funkcji megaliny może przyczyniać się do wzrostu poziomu A β w mózgu w chorobie Alzheimera. Sugeruje się, że wraz

z wiekiem (> 40 lat) następuje normalny, skoordynowany spadek w transporcie witaminy B12 do mózgu i A β na zewnątrz mózgu i dopiero pewne czynniki środowiskowe i genetyczne mogą wprowadzać zwiększone ryzyko zaburzeń neurodegeneracyjnych. Ponadto postuluje się, że nieprawidłowa aktywność megaliny występuje też w chorobach autoimmunologicznych na skutek obecności autoprzeciwciał skierowanych przeciw temu transbłonowemu receptorowi. Jednocześnie zauważyć należy, że około 75% osób autystycznych produkuje przeciwciała wykazujące zdolność do blokowania receptora folianowego, pośredniczącego w transporcie kwasu foliowego w splotie naczyniówki.

Tak więc ograniczenie funkcji megaliny prowadzi do upośledzenia nie tylko transportu B12, ale i kwasu foliowego, a w konsekwencji przyczynia się do ograniczonej aktywności syntazy metioninowej MS i zaburzenia procesów metylacji DNA. Zmiany w DNA na skutek metylacji są m. in. podstawą mechanizmu powstawania pamięci i zdolności mózgu do uczenia się. Receptor D4 dopaminy, pośredniczący w metylacji fosfolipidów, jest całkowicie zależny od aktywności syntazy metioninowej, a aktywacja tego receptora D4 sprzyja synchronizacji częstotliwości sieci neuronowej gamma podczas koncentracji uwagi. Zatem kluczową rolę w procesach uwagi i uczenia się wydają się odgrywać właśnie aktywne kofaktory metylokobalamina (MeCbl) i adenozylokobalamina (AdoCbl). Odkryto, że poziomy MeCbl i AdoCbl w korze czołowej osób autystycznych i schizofreników są 3-krotnie niższe w porównaniu z grupą kontrolną dla danego przedziału wiekowego przy jednocześnie pozostającym w normie poziomie B12 w osoczu. Równocześnie zaobserwowano niski poziom zredukowanej formy glutationu w osoczu, co jest też charakterystyczne dla stresu oksydacyjnego (glutation – naturalnie występujący w komórkach przeciwutleniacz uczestniczący w metabolizmie B12). Tak więc patologiczne zaburzenia mózgu, choroby neurologiczne i neuropsychiatryczne mogą być wynikiem zaburzeń reakcji redoks/metylacji, zachodzących w systemach metabolicznych, które wspierają normalne funkcjonowanie komórek nerwowych i mózgu w ciągu życia.

Antywitamina B12

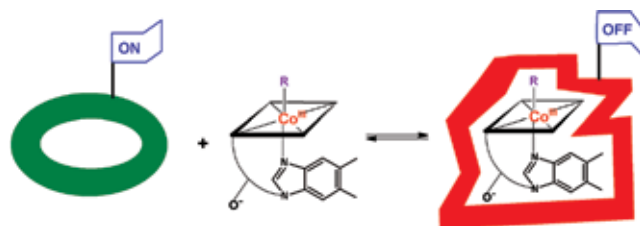
Antywitamina B12 ograniczają bądź uniemożliwiają wykorzystanie przez organizm naturalnej witaminy B12, która, jak już wspomniano, ma różnorodne funkcje w organizmie. Nade wszystko dokładnie poznano rolę witaminy B12 w wytwarzaniu czerwonych krwinek i otoczki mielinowej komórek nerwowych, stąd wiadomo na pewno, że niedobór witaminy B12 powoduje niedokrwistość i choroby zwyrod-



nieniowe ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego, objawiające się zmęczeniem i utrzymującymi się stanami rozdrażnienia, depresją, drętwieniem rąk i nóg, trudnościami w chodzeniu, jękaniem się itp. [17]. Nasuwa się więc pytanie o rolę potencjalnych antywitamin B12 w zastosowaniach medycznych. Czy korzyści z użycia antywitamin B12 przewyższą efekty uboczne, jakie niewątpliwie pojawią się, zważywszy na ogromną rolę B12 dla prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego?

Powszechnie znanym przykładem antywitaminy B12 jest podtlenek azotu, podawany przez anestezjologów podczas znieczulenia, ponieważ utlenia zredukowaną formę B12 – Cob(I)alaminę, która jest substratem dla MetH, w wyniku czego zablokowane zostaje uwalnianie FH4 i Met [19]. Jeśli zaś chodzi o analogi strukturalne B12, to jak dotąd, z punktu widzenia chemii medycznej, niemożliwe okazało się znalezienie takiej cząsteczki, która wykazując wysokie podobieństwo strukturalne do naturalnej witaminy B12, jednocześnie zapobiegałaby metabolicznej konwersji do kluczowych metaloorganicznych kofaktorów B12 bez wywoływania niepożądanych efektów ubocznych w organizmie żywym. Dowiedziono, że syntetyczne analogi witaminy B12 o aktywności niwelującej działanie B12 powodowały zmiany degeneracyjne mózgu, choroby nerwowe, zmiany w dostępności ważnych czynników wzrostowych, zmienione profile proliferacji komórkowej, zaburzenia reprodukcji i rozwoju, jednym słowem ich działanie w niczym nie różniło się od efektów będących następstwem podania trucizny [3].

Uważa się jednakże, że antywitaminy B12 mogą mieć ogromny potencjał jako źródło nowych związków o właściwościach antyproliferacyjnych, a przede wszystkim do zwalczania bakterii, które używają witaminy B12 w swoich szlakach metabolicznych, a nabyły oporności w stosunku do obecnie stosowanych antybiotyków [20, 21]. Duże znaczenie ma tutaj zwłaszcza niedawno poznany mechanizm regulacji szlaków metabolicznych z udziałem ryboprzełączników bakteryjnych zależnych od witamin [22], a także fakt odkrycia niebagatelnej roli B12 w komunikowaniu się mikrobów [15]. Regulatorowa rola kobalaminy w komórkach bakteryjnych w uproszczeniu polega głównie na inicjowaniu korzystnych oddziaływań międzycząsteczkowych z makromolekułami typu białka czy RNA, w wyniku czego następuje zmiana ich przestrzennej struktury, tzn. biomakromolekuła, ulegając aktywacji, może przechodzić ze stanu „off” do formy „on” i na odwrót (rys. 5). Np. andenozylokobalamina łącząc się z fragmentem RNA Btub *E. coli* hamuje ekspresję genu odpowiedzialnego za produkcję białka transportującego B12 przez błonę komórkową, blokując tym samym wchłanianie tej witaminy.



Rys. 5. Schematyczny obraz regulacyjnej roli B12 w promowaniu oddziaływań z makromolekułami, czego następstwem jest zmiana ich budowy przestrzennej i aktywności

Z drugiej strony antywitaminy B12 mogą być też użyteczne w wyjaśnianiu zaskakujących patofizjologicznych zjawisk związanych z metabolizmem macierzystej witaminy. Podanie antywitamin B12 zdrowym zwierzętom wywołuje objawy deficytu tej witaminy, co może być przydatne w badaniach niedoboru B12 prowadzonych na modelach zwierzęcych. Zwykle w takich przypadkach rutynowo usuwa się żołądek u myszy, co jest metodą bardzo inwazyjną i niehumanitarną. Na pewno lepszym rozwiązaniem byłoby podanie skutecznej antywitaminy B12, zwłaszcza w postaci metabolicznie obojętnej, której działanie można by było cofnąć po zakończonym teście [5].

Dotychczas skutecznych antywitamin B12 poszukiwano w oparciu o hipotezę tzw. „pułapki metylofolianowej”. Hipoteza „pułapki metylofolianowej” została wysunięta w latach 70-tych XX wieku i zakładała taką interakcję antywitaminy B12 z enzymem MetH, w wyniku której enzym tracił zdolność do uwalniania FH4, konsekwencją czego były zakłócenia w syntezie DNA, jak i podziale komórkowym [15, 23, 24]. Samo inhibowanie enzymu mogło zachodzić na skutek: 1) blokady w dostarczaniu witaminy B12 do komórki, 2) poprzez uniemożliwienie transformacji B12 do aktywnych metaloorganicznych kofaktorów, bądź też 3) w wyniku bezpośredniego zahamowania aktywności enzymatycznej [25, 26]. Na podstawie wieloletnich badań zaobserwowano, że MetH wykazuje niską specyficzność w stosunku do strukturalnych analogów B12, co z kolei doprowadziło do wniosku, że najbardziej atrakcyjnymi i rozsądnymi celami terapeutycznymi powinny być białka zaangażowane w wychwyt, transport czy metabolizm witaminy B12 (przypuszczenie to okazało się skądinąd trafne, zwłaszcza w aktualnym kontekście regulacyjnej roli kobalaminy z udziałem ryboprzełączników).

Otrzymane dotąd antywitaminy B12 można podzielić na trzy kategorie w zależności od miejsca dokonanej modyfikacji:

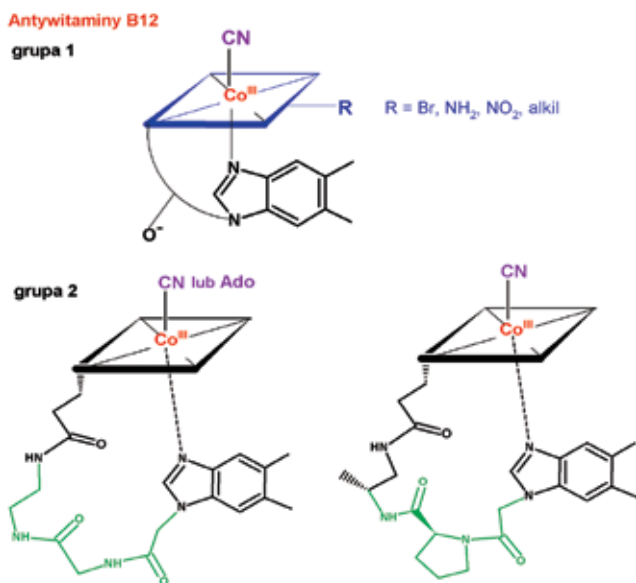
- 1) **grupa 1** – analogi ze zmodyfikowanym makrocyklicznym układem korynowym,
- 2) **grupa 2** – związki posiadające zmiany strukturalne

w obrębie fragmentu 5,6-dimetylobenzimidazolorybozo-3'-fosforanowego,

3) **grupa 3** – kompleksy, które mają wymieniony atom metalu i/lub β -ligand usytuowany aksjalnie ponad płaszczyzną układu korynowego [1].

Główną strategią podjętą przy ich projektowaniu było opracowanie takich struktur, które wciąż byłyby rozpoznawane przez odpowiednie cele biologiczne i jednocześnie wykazywałyby zwiększone do nich powinowactwo w porównaniu do naturalnych kofaktorowych substratów. Stąd zsyntezowano wiele analogów witaminy B12, posiadających modyfikacje praktycznie we wszystkich możliwych pozycjach, wykonano dla nich testy enzymatyczne *in vitro*, użyto też hodowli tkankowych, jak i modeli bakteryjnych czy zwierzęcych. Należy jednocześnie zauważyć, że bezpośrednie porównanie działania otrzymanych antywitamin jako analogów witaminy B12, możliwe jest jedynie w odniesieniu do badań wykonanych na tych samych modelowych układach biologicznych. Obserwowane efekty antagonistyczne nie są więc uniwersalne i nie można np. ekstrapolować toksyczności antywitamin dla szczepu *O. malhamensis* do ludzkiego nowotworu mięsaka [1].

Antywitamina **grupy 1** pierwotnie testowano na aktywność antybakteryjną, a w ostatnich latach wśród tej grupy poszukiwano także skutecznych substancji antynowotworowych (rys. 6) [23, 27]. Najmniej liczne są analogi z **grupy 2**, a to z powodu pracochłonności syntezy w celu dokonania modyfikacji w obrębie pętli liganda α . Najciekawsze efekty uzyskano, wbudowując do pętli fragment *N*-2-aminoetyloglicynowy, stanowiący składową łańcuchów peptydowych kwasów nukleinowych (PNA), bądź w innym przypadku, wprowadzając resztę prolina [2, 28].

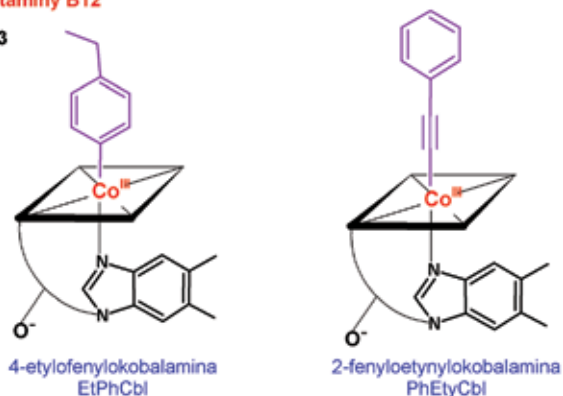


Rys. 6. Przykłady antywitamin B12 grupy 1 i 2

Warte wspomnienia są też odporne termicznie i metabolicznie arylokobalaminy należące do **grupy 3**: 4-etylofenylokobalamina EtPhCbl oraz 2-fenyletynylokobalamina PhEtyCbl (rys. 7) [4, 16]. Są one inhibitorami białek transportowych B12: czynnika wewnętrznego (IF), haptokoryny (HC) i transkobalaminy II (TCII), a także enzymu deligazy kobalaminy CblC, odpowiedzialnej za transformację kobalaminy do aktywnych metabolicznie kofaktorów MeCbl i AdoCbl. Wadą EtPhCbl w porównaniu z PhEtCbl jest wysoka wrażliwość na działanie światła, które powoduje rozkład analogu. Otrzymano również analogi witaminy B12, w których atom kobaltu wymieniono na rod (Rh) bądź iryd (Ir). Uzyskane w ten sposób metylorodobalamina (MeRhbl) oraz adenozylorodobalamina (AdoRhbl) hamowały wzrost komórek szpiku kostnego [29].

Antywitamina B12

grupa 3



Rys. 7. Przykłady antywitamin B12 grupy 3

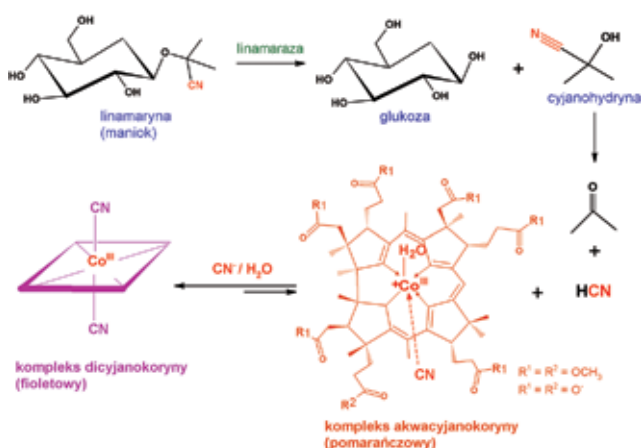
Najnowsze badania nad analogami witaminy B12 dotyczą ich potencjalnych zastosowań w toksykologii, w diagnostyce i terapii oraz w aktywacji enzymów, których deficyt prowadzi do różnych schorzeń. Poniżej zamieszczono skrótowy przegląd najnowszych osiągnięć w tej tematyce.

Analogi witaminy B12 do wykrywania i usuwania jonów CN^-

Odkryto, że akwakorynoidy mogą służyć jako detektory grupy nitrylowej ze względu na wysokie powinowactwo jonów cyjankowych do jonów kobaltu na +3 stopniu utlenienia. Z tego samego powodu mogą również pełnić rolę detoksykatorów [30, 31]. Mushett i in. w 1952 r. zademonstrowali skuteczność H_2OCbl jako antidotum w leczeniu zatruc cyjankami u myszy i odtąd akwakobalamina na stałe zagościła w lecznictwie [32]. Jest tolerowana w wysokich dawkach i nie wpływa na procesy natlenienia tkanek, choć z drugiej strony, ze względu na czerwoną barwę, zakłóca standardowe testy laboratoryjne określające



poziom bilirubiny, glukozy czy kreatyniny we krwi. Hassan i in. użyli estru metylowego hydrocyjanokobalaminy do wykrywania jonów CN^- w ściekach przemysłowych [33]. W 2009 r. Maennel-Croise i Zelder wykazali, że stereochemia reakcji wiązania jonów CN^- jest kontrolowana zarówno przez atom metalu, jak i łańcuchy boczne makrocyclicznego układu korynowego oraz efekt indukcyjny liganda [34, 35]. Reakcję można śledzić gołym okiem, obserwując zmianę barwy od pomarańczowej do fioletowej już przy stężeniu $10 \mu\text{M}$ CN^- , czyli takim, które jest zbliżone do dopuszczalnego przez WHO stężenia CN^- w wodzie pitnej ($1,9 \mu\text{M}$). Zaproponowano także szybki test wykrywania jonów CN^- w układach biologicznych, w tym w manioku – głównym pożywieniu ludności w Afryce [36]. Maniok, zwłaszcza odmiana gorzka, zawiera cyjanoglikozyd – linamarynę, która na skutek hydrolitycznego rozkładu, zachodzącego w wyniku zniszczenia struktur komórkowych (np. pod wpływem rozcierania) wydziela toksyczny cyjanowodor. Glikozydem cyjanogennym jest również amygdalina znajdująca się w migdałach. Potraktowanie rozdrobnionych komórek roślinnych chemosensorem, bazującym na strukturze koryny, prowadzi do natychmiastowej reakcji barwnej – powstania fioletowego dicyjanokompleksu. Detekcja jonów CN^- z udziałem pochodnej witaminy B12 jest niezwykle czułą, szybką i łatwą w użyciu metodą. Sam test diagnostyczny otrzymał akronim ASSURED, od pierwszych liter określających go przymiotników *affordable, sensitive, selective, user-friendly, rapid, equipment-free, delivered*, czyli niedrogi, wrażliwy, selektywny, łatwy w obsłudze, szybki, niewymagający urządzeń i działający bezpośrednio na materiale biologicznym. Test można również stosować do oznaczania całkowitej ilości cyjanoków we krwi, łącznie z klasycznym testem mikrodyfuzji.

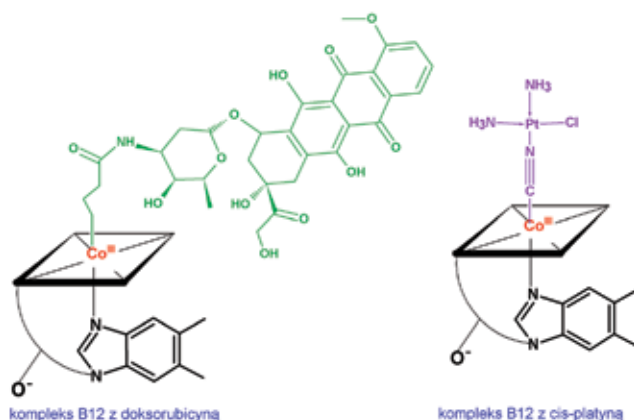


Rys. 8. Schemat hydrolizy linamaryny z manioku – reakcji prowadzącej do uwolnienia cyjanowodoru, którego szybka i łatwa detekcja możliwa jest z udziałem analogu B12

Analogi witaminy B12 w diagnostyce i terapii

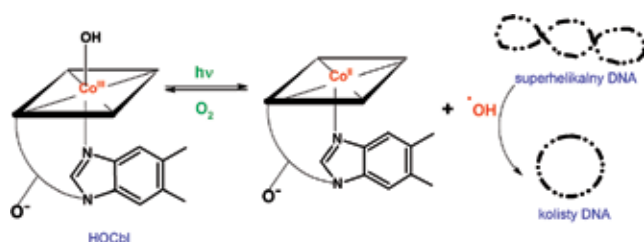
Wyrafinowany mechanizm wychwytu witaminy B12 przez komórki może być wykorzystany w diagnostyce i terapii zważywszy, że każda modyfikacja wpływa na proces oddziaływania z białkiem transportowym, co było też pierwotnym założeniem hipotezy „pułapki metylofolianowej” [15]. Uważnie dobrane i zaplanowane zmiany strukturalne, zwłaszcza w rejonie grupy 5'-OH pierścienia rybozy oraz atomu kobaltu, w obrębie których modyfikacje są najistotniejsze, powinny przynieść więc najlepsze efekty. Zaprojektowano wiele pochodnych B12 do dostarczania leków, radiofarmaceutyków, środków diagnostycznych, peptydów, hormonów czy markerów fluorescencyjnych [37-39]. Tak powstał np. biokoniugat cis-platyny i witaminy B12 o nieco obniżonej aktywności przeciwnowotworowej na skutek pogorszonego wchłaniania (rys. 9) [40]. Z kolei biokoniugat doksorubicyny (antracyklinowego antybiotyku cytostatycznego) i witaminy B12 wykazywał cytotoksyczność zależną od natężenia światła: w ciemności był nieaktywny, zaś pod wpływem wiązki światła o długości fali $\lambda = 530 \text{ nm}$ następował rozpad kompleksu i uwalnianie doksorubicyny o działaniu antynowotworowym [38]. Prowadzone są badania mające na celu tworzenie takich kompleksów, które na skutek fotoaktywacji uwalniałyby reaktywną cząsteczkę tylko w chorobowo zmienionym organie, dzięki czemu pozostałe zdrowe narządy nie byłyby narażone na uszkodzenia. Pozwoliłyby to także kontrolować czas działania leku, który w ciemności nie ulegałby aktywacji, dzięki czemu nie dochodziłoby do niepożądanego kumulacji biokoniugatów w wątrobie i nerkach.

Zaprojektowano również sondy luminescencyjne, bazujące na koniugacie kobalaminy z barwnikiem rodaminą, w celu wykorzystania jako śródoperacyjnych markerów komórek nowotworowych [41].



Rys. 9. Kompleksy witaminy B12 z lekami przeciwnowotworowymi: doksorubicyną i cis-platyną

Hydrokobalamina może służyć też jako fotokatalizator inicjujący przemianę kolistej superhelikalnego DNA do zrelaksowanej formy kolistej DNA (rys. 10) [42]. W tej reakcji HOcbI pod wpływem światła jest przekształcana do Cob(II) alminy i rodnika hydroksylowego, a indukowane światłem homolityczne rozszczepienie wiązania Co–C jest procesem dobrze poznanym. Wyższość wspomnianej strategii nad innymi metodami, wykorzystującymi np. kompleksy Fe²⁺ EDTA i H₂O₂, polega na łatwości w kontroli produkcji wolnych rodników poprzez proste włączenie i wyłączenie źródła światła. Ponadto strategia ta oferuje możliwość badania złożonych struktur wewnątrzkomórkowych przy zapewnieniu, że reakcja nie zostanie wygaszona przez kompetycyjne wiązanie innych biologicznych ligandów z katalitycznie aktywnym centrum kobaltu fotokatalizatora.

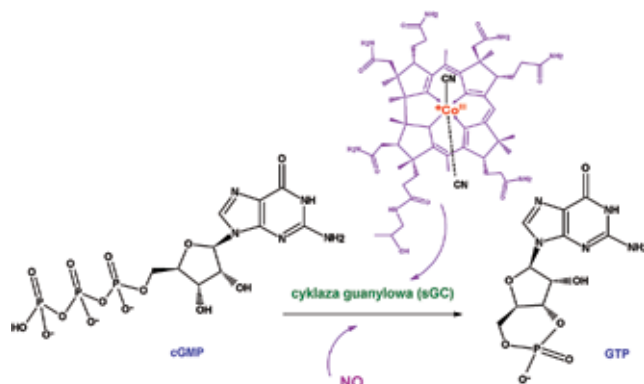


Rys. 10. Transformacja kolistej superhelikalnego DNA do zrelaksowanej formy kolistej DNA z udziałem hydrokobalaminy

Analogi witaminy B12 jako aktywatory enzymów

Martin i Gryko zaobserwowali, że amid dicyjanokobalaminy jest w stanie aktywować cyklazę guanylową (cGC), więc pochodne witaminy B12 mogą również znaleźć zastosowanie w terapii chorób wynikających z zakłóceń w ścieżce sygnałowej związanej z powstawaniem cyklicznego guanozynomonofosforanu (cGMP) [43-45]. cGMP powstaje z guanozynotrifosforanu (GTP) pod wpływem działania cyklazy guanylowej, który to enzym jest aktywowany przez tlenek azotu NO (rys. 11). Podwyższony cGMP może zainicjować szereg różnych procesów fizjologicznych takich jak rozluźnienie mięśni gładkich, rozszerzenie naczyń, hamowanie agregacji płytek krwi czy neurotransmisję. Z tego powodu leki uwalniające NO jak np. trinitrogliceryna odgrywają ważną rolę w zapobieganiu udarom i chorobom niedokrwiennym serca. Rozwój oporności wśród tej klasy związków stymuluje poszukiwania NO niezależnych aktywatorów.

Podsumowując, należy zauważyć, że w porównaniu z antyfolianami czyli antyvitaminami B9, pomimo wielu lat badań i ogromnego wysiłku, poszukiwania skutecznych antyvitamin B12 wciąż pozostają w fazie początkowej i trudno w obecnej chwili przewidzieć, kiedy i czy w ogóle powstaną



Rys. 11. Aktywacja cyklazy guanylowej przez dicyjanokobalaminy, warunkująca przekształcenie guanozynotrifosforanu (cGMP) w guanozynomonofosforan (GTP)

komercyjnie dostępne analogi B12 do medycznych zastosowań. Wobec pilnej potrzeby stworzenia nowych leków o alternatywnych sposobach działania, antyvitaminy B12 wydają się mieć ogromny potencjał, który tak naprawdę nie został jeszcze dostatecznie zbadany. Wspomnieć należy chociażby fakt, że ciągle na etapie postulatów pozostaje znaczenie samej witaminy B12 i jej szlaków metabolicznych w przebiegu wielu obecnie nieuleczalnych chorób cywilizacyjnych.

Literatura:

- [1] Zelder F., 2015, Recent trends in the development of vitamin B₁₂ derivatives for medicinal applications, Chem. Commun., 51, 14004-14017.
- [2] Zhou K., Oetterli R., Brandl H., Lyatuu F., Buckel W., Zelder F., 2012, Chemistry and bioactivity of an artificial adenosylpeptide B₁₂ cofactor, ChemBioChem, 13, 2052-2055.
- [3] Krautler B., 2015, Antivitamins B₁₂ – a structure- and reactivity-based concept, Chem. Eur. J., 21, 11280-11287.
- [4] Ruetz M., Salchner R., Wurst K., Fedosov S., Krautler B., 2013, Phenylethynylcobalamin: a light-stable and thermolysis-resistant organometallic vitamin B₁₂ derivative prepared by radical synthesis, Angew. Chem. Int. Ed., 52, 11406-11409; Angew. Chem. 2013, 125, 11617-11620.
- [5] Ruetz M., Gherasim C., Gruber K., Fedosov S., Banerjee R., Krautler B., 2013, Access to organometallic arylcobaltcorrins through radical synthesis: 4-ethylphenylcobalamin, a potential "antivitamin B₁₂", Angew. Chem. Int. Ed., 52, 2606-2610; Angew. Chem. 2013, 125, 2668-2672.
- [6] Giedyk M., Goliszewska K., Gryko D., 2015, Vitamin B₁₂ catalysed reactions, Chem. Soc. Rev., 44, 3391-3404.
- [7] o'Proinsias K., Giedyk M., Gryko D., 2013, Vitamin B₁₂: chemical modifications, Chem. Soc. Rev., 42, 6605-6619.
- [8] Hodgkin D. C., Kamper J., Mackay M., Pickworth J., Tru-blood K. N., White J. G., 1956, Structure of Vitamin B₁₂, Nature, 178, 64-66.
- [9] Folkers K., B 12, Vol. I (ed.: D. Dolphin), Wiley, New York 1982, pp. 1-15.



- [10] Nexø E., Vitamin B12 and B12-proteins (eds.: Krautler B., Arigoni D., Golding B. T.), Wiley-VCH, Weinheim 1998, pp. 461-475.
- [11] Andersen C. B. F., Madsen M., Storm T., Moestrup S. K., Andersen G. R., 2010, Structural basis for receptor recognition of vitamin-B₁₂-intrinsic factor complexes, *Nature*, 464, 445-448.
- [12] Banerjee R., 2006, B₁₂ Trafficking in Mammals: A Case for Coenzyme Escort Service, *ACS Chem. Biol.*, 1, 149-159.
- [13] Lerner-Ellis J. P., Tirone J. C., Pawelek P. D., Dore C., Atkinson J. L., Watkins D., Morel C. F., Fujiwara T. M., Moras E., Hosack A. R., Dunbar G. V., Antonicka H., Forgetta V., Dobson C. M., Leclerc D., Gravel R. A., Shoubridge E. A., Coulton J. W., Lepage P., Rommens J. M., Morgan K., Rosenblatt D. S., 2006, Identification of the gene responsible for methylmalonic aciduria and homocystinuria, CblC type, *Nature Genetics*, 38, 93-100.
- [14] Frey P. A., Hegeman A. D., Enzymatic Reaction Mechanisms, Oxford University Press, New York 2007.
- [15] Zelder F., Alberto R., The Porphyrin Handbook, Vol. 25 (eds.: Kadish K. M., Smith K. M., Guillard R.), Elsevier Science San Diego 2012, pp. 83-130.
- [16] Mutti E., Ruetz M., Birn H., Krautler B., Nexø E., 2013, 4-Ethylphenyl-cobalamin impairs tissue uptake of vitamin B₁₂ and causes vitamin B₁₂ deficiency in mice, *Plos One*, 8, e75312. doi: 10.1371/journal.pone.0075312.
- [17] Reynolds E., 2006, Vitamin B12, folic acid, and the nervous system, *Lancet Neurol.*, 5, 949-960.
- [18] Zhang Y., Hodgson N. W., Trivedi M. S., Abdolmaleky H. M., Fournier M., Cuenod M., Do K. Q., Deth R. C., 2016, Decreased brain levels of vitamin B12 in aging, autism and schizophrenia, *PLoS ONE* 11, 1-19.
- [19] Drummond J. T., Matthews R. G., 1994, Nitrous oxide degradation by cobalamin-dependent methionine synthase: characterization of the reactants and products in the inactivation reaction, *Biochemistry*, 33, 3732-3741.
- [20] McLean G. R., Pathare P. M., Wilbur D. S., Morgan A. C., Woodhouse C. S., Schrader J. W., Ziltener H. J., 1997, Cobalamin analogues modulate the growth of leukemia cells in vitro, *Cancer Res.*, 57, 4015-4022.
- [21] Grim S. A., Rapp R. P., Martin C. A., Evans M. E., 2005, Trimethoprim-sulfamethoxazole as a viable treatment option for infections caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Pharmacotherapy*, 25, 253-264.
- [22] Klug G., 2014, Beyond catalysis: vitamin B12 as a cofactor in gene regulation, *Mol. Microbiol.*, 91, 635-640.
- [23] Friedrich W., Vitamin B12 und Verwandte Corrinoiden (ed.: W. Friedrich), Thieme, Stuttgart 1975, pp. 81-87.
- [24] Hogenkamp H. P. C., Collins D. A., Grissom C. B., West F. G., Chemistry and Biochemistry of B 12, Wiley-Interscience, New York 1999.
- [25] Brown K. L., 2005, Chemistry and enzymology of vitamin B12, *Chem. Rev.*, 105, 2075-2149.
- [26] Gruber K., Puffer B., Krautler B., 2011, Vitamin B₁₂-derivatives – enzyme cofactors and ligands of proteins and nucleic acids, *Chem. Soc. Rev.*, 40, 4346-4363.
- [27] McLean G. R., Pathare P. M., Wilbur D. S., Morgan A. C., Woodhouse C. S., Schrader J. W., Ziltener H. J., 1997, Cobalamin analogues modulate the growth of leukemia cells in vitro, *Cancer Res.*, 57, 4015-4022.
- [28] Zhou K., Zelder F., 2010, Vitamin B12 mimics with a peptide backbone and tuneable coordination and redox properties, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 49, 5178-5180.
- [29] Carmel R., Koppenhagen V. B., 1977, The effect of rhodium and copper analogs of cobalamin on human cells in vitro, *Arch. Biochem. Biophys.*, 184, 135-140.
- [30] Cottrell J. E., Casthely P., Brodie J. D., Patel K., Klein A., Turndorf H., 1978, Prevention of nitroprusside-induced cyanide toxicity with hydroxocobalamin, *N. Engl. J. Med.*, 298, 809-811.
- [31] Shepherd G., Velez L. I., 2008, Role of hydroxocobalamin in acute cyanide poisoning, *Ann. Pharmacother.*, 42, 661-669.
- [32] Mushett C. W., Kelley K. L., Boxer G. E., Rickards J. C., 1952, Antidotal efficacy of vitamin B12a (hydroxo-cobalamin) in experimental cyanide poisoning, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 81, 234-237.
- [33] Hassan S. S. M., Hamza M. S. A., Kelany A. E., 2007, A novel spectrophotometric method for batch and flow injection determination of cyanide in electroplating wastewater, *Talanta*, 71, 1088-1095.
- [34] Mannel-Croise C., Probst B., Zelder F., 2009, A straightforward method for the colorimetric detection of endogenous biological cyanide, *Anal. Chem.*, 81, 9493-9498.
- [35] Aebli B., Mannel-Croise C., Zelder F., 2014, Controlling binding dynamics of corrin-based chemosensors for cyanide, *Inorg. Chem.*, 53, 2516-2520.
- [36] Zelder F., Tivana L., 2015, Corrin-based chemosensors for the ASSURED detection of endogenous cyanide, *Org. Biomol. Chem.*, 13, 14-17.
- [37] Clardy S. M., Allis D. G., Fairchild T. J., Doyle R. P., 2011, Vitamin B₁₂ in drug delivery: breaking through the barriers to a B₁₂ bio-conjugate pharmaceutical, *Expert Opin. Drug Delivery*, 8, 127-140.
- [38] Petrus A. K., Fairchild T. J., Doyle R. P., 2009, Traveling the vitamin B₁₂ pathway: oral delivery of protein and peptide drugs, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 48, 1022-1028.
- [39] Shell T. A., Shell J. R., Rodgers Z. L., Lawrence D. S., 2014, Tunable visible and near IR photoactivation of light-responsive compounds, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 53, 875-878.
- [40] Mundwiler S., Spingler B., Kurz P., Kunzeand S., Alberto R., 2005, Cyanide-bridged vitamin B₁₂-cisplatin conjugates, *Chem.–Eur.J.*, 11, 4089-4095.
- [41] Lee M., Grissom C. B., 2009, Design, synthesis, and characterization of fluorescent cobalamin analogues with high quantum efficiencies, *Org. Lett.*, 11, 2499-2502.
- [42] Shell T. A., Lawrence D. S., 2011, A new trick (hydroxyl radical generation) for an old vitamin (B₁₂), *J. Am. Chem. Soc.*, 133, 2148-2150.
- [43] Giedyk M., o'Proinsias K., Kurcon S., Sharina I., Martin E., Gryko D., 2014, Small alterations in cobinamide structure considerably influence sGC activation, *ChemMedChem*, 9, 2344-2350.
- [44] Sharina I., Sobolevsky M., Doursout M. F., Gryko D., Martin E., 2012, Cobinamides are novel coactivators of nitric oxide receptor that target soluble guanylyl cyclase catalytic domain, *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 340, 723-732.
- [45] Chrominski M., o'Proinsias K., Martin E., Gryko D., 2013, Protoporphyrin IX/Ccobyrinate derived hybrids – novel activators of soluble guanylyl cyclase, *Eur. J. Org. Chem.*, 1530-1537. ●

Michał Markiewicz

michmar.mail@gmail.com

Kolegium Towaroznawstwa/Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Roślinne surowce lecznicze

Ziołolecznictwo od wieków jest naturalnym sposobem walki człowieka z negatywnymi zmianami zdrowotnymi. Surowce zielarskie wykorzystywane są nie tylko do wytwarzania produktów leczniczych, ale także produktów kosmetycznych i pielęgnacyjnych. Roślinny surowiec leczniczy chętnie wykorzystywany jest przez człowieka, nawet w erze nowoczesnych leków. Należy jednak pamiętać, że działanie ziół w znacznym stopniu zależy od ich jakości, a obecność zanieczyszczeń chemicznych może nie tylko obniżyć pozytywny wpływ rośliny, ale wręcz stanowić zagrożenie dla zdrowia konsumenta. Obecnie mamy możliwość skrupulatnego badania składu surowca roślinnego pod względem zawartości zanieczyszczeń. Wykorzystując wiedzę na ten temat mamy możliwość zwiększać bezpieczeństwo farmaceutyczne, a co za tym idzie zmniejszamy prawdopodobieństwo wystąpienia działania niepożądanego przy stosowaniu wyrobu o właściwościach farmakologicznych. Jakość surowca leczniczego może zdecydować o tym, czy surowiec ma wartość farmakologiczną, czy też nie, dlatego tak ważne jest rozwijanie tej dziedziny nauki.

Czym jest roślinny surowiec leczniczy?

Rośliny od wielu wieków są wykorzystywane do produkcji środków leczniczych. Polska jest w czołówce pod względem upraw roślin zielarskich w Europie. Do upraw tych zaliczamy zioła lecznicze, ale także przyprawowe, które mają określoną aktywność fizjologiczną i aromatyczną, przez co wpływają sensorycznie na nasze zmysły. W polskim przemyśle zielarskim wykorzystuje się ponad 200 gatunków roślin o właściwościach leczniczych takich jak rumianek pospolity, dziurawiec zwyczajny, pokrzywa zwyczajna czy krwawnik. Wiele gatunków pochodzi ze stanowisk naturalnych – są to rośliny dziko rosnące. W wyniku ciągle wzrastającego zapotrzebowania ze strony rynku farmaceutycznego i kosmetycznego, większość gatunków ziół została przystosowana do upraw przez człowieka [1].

Czym tak naprawdę są zioła lecznicze? Substancje ziołowe można zdefiniować jako wszelkie, w całości, podzielone lub pocięte rośliny lub części roślin w postaci nieprzetworzonej, suszone lub świeże. Substancje ziołowe

są określone przez zastosowaną część rośliny i nazwę botaniczną. Ziołowym produktem leczniczym może być każdy produkt leczniczy, zawierający jako składnik aktywny jedną lub więcej substancji ziołowych/preparatów ziołowych lub też połączenie jednej lub więcej substancji ziołowych z jednym lub więcej preparatem ziołowym. Preparaty ziołowe uzyskuje się poprzez poddanie substancji ziołowych obróbce, np. destylacji, frakcjonowaniu, koncentracji, fermentacji, ekstrakcji [2, 3]. Współcześnie człowiek dysponuje coraz lepszymi metodami analizy jakościowej i ilościowej substancji chemicznych, przez co wymagania prawne określające jakość i czystość roślinnych surowców zielarskich stają się coraz bardziej restrykcyjne.

Surowiec może być zanieczyszczony z wielu powodów. Mogą być to zanieczyszczenia biologiczne, jak fragmenty obcych gatunków roślin, np. chwastów, samosiewów, ale także chemiczne, jak związki metali ciężkich czy pozostałości środków ochrony roślin [4]. Metale ciężkie mogą powodować różnego rodzaju choroby, zmiany genetyczne, neurologiczne, wady rozwojowe płodu, miażdżycę czy nadciśnienie [5, 6]. Do skażenia roślinnego surowca leczniczego dochodzi przez zanieczyszczenie gleby, powietrza lub wody. Zanieczyszczenie może pochodzić również z aparatury przemysłowej, a także z procesów technologicznych (katalizatory).

Obecność zanieczyszczeń może mieć negatywny wpływ na właściwości fizyko-chemiczne surowca roślinnego, powodując spadek właściwości leczniczych, zachodzenie niepożądanych reakcji chemicznych i biologicznych. Może to stwarzać zagrożenie dla zdrowia lub życia człowieka. Aby temu zapobiec, opracowuje się normy, które określają maksymalne dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń. Do kwalifikacji surowca stosuje się wymagania stawiane przez Farmakopeę Polską i Europejską.

Plantatorzy w Polsce muszą stosować się do ograniczeń stawianych przez Farmakopeę Polską VIII. Badania jakościowe określające czystość i przydatność rośliny do celów leczniczych, mogą być przeprowadzone tylko przez laboratoria urzędowe i referencyjne, wymienione w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [7]. Określa ono także zakres wykonywanych analiz laboratoryjnych.



Jakość roślinnych surowców leczniczych w świetle obowiązującego prawa

O możliwości potencjalnego wykorzystania danego surowca roślinnego i dalszego jego przetwarzania decydują wyniki badań jakościowych. W Polsce obowiązują regulacje prawne krajowe, jak i unijne oraz zalecenia WHO. Najważniejszym źródłem określającym zasady pobierania prób do badań, metodykę badań, a także samą kontrolę zanieczyszczeń w substancjach wykorzystywanych do celów farmaceutycznych, jest Farmakopea Polska i Europejska. Do niedawna w Polsce obowiązywało Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności [8]. Po przystąpieniu do Unii Europejskiej zaczęły obowiązywać m.in. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006 [9] oraz Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1933 [10].

Ważnym źródłem wiedzy na temat rodzajów i właściwości ziół są monografie ogólne i szczegółowe. Zawarte w nich informacje są pomocne w uzyskiwaniu produktów o odpowiedniej jakości. Wymagania są oparte na przesłankach naukowych, technicznych i związanych z procesem dopuszczenia do obrotu. Monografie szczegółowe i ogólne uzupełniają się, w szczegółowych podane są kryteria akceptacji dla zanieczyszczeń, a monografie ogólne dotyczą potrzeby kwalifikacji, identyfikacji i wykazania wszystkich zanieczyszczeń organicznych, jakie występują w substancjach czynnych [11].

Opierając się na publikacjach naukowych określających wpływ poszczególnych pierwiastków na organizm człowieka oraz ich zawartość w surowcu zielarskim, a także odnosząc zawartość pierwiastków śladowych do zalecanego dziennego dawkowania surowca oraz do zapotrzebowania na mikroelementy, można ocenić potencjalne możliwości wykorzystania rośliny w lecznictwie.

Jak już wcześniej zostało wspomniane, tylko urzędowe laboratoria mają prawo wykonywać badania jakościowe

surowca roślinnego i wystawiać certyfikat. Na podstawie takiego badania dana firma farmaceutyczna skupująca surowiec otrzymuje pełną informację dotyczącą składu materiału roślinnego.

Metodyka oceny jakości surowca leczniczego – przykłady

Podstawowymi badaniami poprzedzającymi ocenę wartości surowca roślinnego, są analizy zawartości wody (wilgoci), popiołu, zanieczyszczeń mineralnych i organicznych, np. części obcych roślin [12]. Badania te składają się na wstępne określenie czystości surowca. Farmakopea Polska opisuje metody oznaczania czystości surowca oraz podaje oddzielnie dla każdego surowca roślinnego wymogi zawartości wilgoci i popiołu [13]. Podstawą dobrze przeprowadzonej analizy jakościowej i ilościowej jest prawidłowe pobranie i przygotowanie próby do badań. Próba powinna reprezentować średnią jakość analizowanego surowca roślinnego. W tym celu należy ocenić, czy seria może zostać uznana za jednorodną. W przypadku, gdy seria jest jednorodna, przyjmujemy liczbę losowo wybranych pojemników. Jeżeli dana seria uznana jest za niejednorodną, należy serię podzielić w miarę możliwości na podgrupy, z których pobieramy próbę do badań jako reprezentatywną dla jednorodnej serii. Następnie postępujemy jak z jednorodną próbą [13].

Tabela 2. Liczba losowo wybranych pojemników [13]

| Liczba pojemników w serii N | Liczba pojemników do badania, z których pobrano próbkę n |
|-----------------------------|--|
| 1-3 | Wszystkie |
| >3 | $n^* = \sqrt{N} + 1$ |

*zaokrąglić n w górę do kolejnej liczby całkowitej

Badaną próbę pobiera się z każdego pojemnika z górnej, środkowej lub dolnej części tak, aby otrzymać reprezentatywną próbę. Masy prób pobranych do badań muszą od-

Tabela 1. Maksymalne dopuszczalne stężenia metali ciężkich w wybranych rodzajach surowców roślinnych [4]

| | Pb | Cd | As | Hg |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|
| Świeże zioła | 0,3 mg/kg | 0,05 mg/kg | 0,02 mg/kg | 0,02 mg/kg |
| Suszone zioła | 2,0 mg/kg | 0,3 mg/kg | 0,5 mg/kg | 0,03 mg/kg |
| Herbatki ziołowe | 1,0 mg/kg | 0,1 mg/kg | 0,3 mg/kg | 0,02 mg/kg |

powiadać podanym w tabeli 3 wartościom masy całkowitej serii, z której pobierana jest próba.

Tabela 3. Masa pobranych prób w zależności od całkowitej masy serii [13]

| Masa substancji roślinnej w serii [kg] | Minimalna masa próbek jako procent masy serii substancji roślinnej |
|--|--|
| <50 | 1,00 |
| 50-100 | 0,50 |
| >100-250 | 0,25 |
| >250-500 | 0,20 |
| >500-1000 | 0,18 |
| >1000-2500 | 0,15 |
| >2500-5000 | 0,10 |
| >5000-10000 | 0,08 |
| >10000-25000 | 0,05 |

Końcowe przygotowanie prób do badań polega na ich sproszkowaniu, dokładnym wymieszaniu i połączeniu. Proces ten opisany jest przez Farmakopeę Polską VIII.

Stosowane na rynku lecznicze surowce roślinne przeważnie są w postaci suszu, np. herbatki ziołowe. Postać wysuszona produktu leczniczego zawiera, w zależności od rośliny, określoną ilość wody, zazwyczaj w granicach 5% do 12%. Wilgoć zawarta w surowcu może mieć negatywny wpływ na działanie lecznicze zioła. Nadmiar wody sprzyja rozwojowi pleśni czy grzybów. W efekcie zioła tracą walory smakowe, zapachowe, może także dojść do zmiany barwy. Najważniejszym efektem zawilgocenia surowca jest aktywacja enzymów, które mogą katalizować niekorzystne procesy takie jak hydroliza estrów, glikozydów czy polimeryzacja. W efekcie zioła mogą stracić właściwości lecznicze. Z kolei przesuszenie surowca też nie jest korzystne z uwagi na transport czy pakowanie. Może dochodzić do nadmiernego kruszenia produktu [12]. Metody oznaczania zawartości wilgoci (wody) można podzielić ze względu na rodzaj surowca. W surowcach zawierających substancje lotne takie jak olejki eteryczne, zawartość wody oznacza się metodą destylacji azeotropowej, wykorzystującej rozpuszczalniki organiczne o gęstości różnej od wody. Najczęściej stosuje się toluen lub ksylen. W przypadku surowców nieolejkowych, zalecaną metodą określającą zawartość wody, jest metoda wagowa. Polega ona na oznaczaniu straty masy surowca roślinnego (wcześniej przesianego przez sito 0,28 mm) po jego wysuszeniu w 105°C [12].

Całkowita zawartość popiołu powstałego po wyprażeniu surowca zależy od wielu czynników, w tym zanieczyszczenia

roślin piaskami, pyłami czy obecności soli mineralnych. Zawartość graniczna popiołu całkowitego dla danego surowca roślinnego podana jest w monografiach szczegółowych. W Farmakopei Polskiej możemy spotkać się z określeniem popiołu siarczanowego, który jest pozostałością po wyprażeniu surowca roślinnego w obecności kwasu siarkowego. Przykładowa graniczna zawartość popiołu całkowitego dla ziela dziurawca (*Hyperici Herba*) 7%, dla liści melisy (*Melissae folium*) 12%, dla kwiatu rumianku (*Matricariae Flos*) 13%, dla liści mięty pieprzowej (*Methae Piperitae folium*) 15% [13]. Oznaczenie zawartości popiołu wykonujemy w tyglu kwarcowym lub platynowym. Początkowo surowiec roślinny należy wysuszyć w 100-105°C przez 1 godzinę, a następnie wyprażyć do stałej masy w piecu muflowym w temperaturze 600 ± 25°C [12].

Metale ciężkie

Problem zanieczyszczeń metalami ciężkimi jest ściśle związany z rozwojem regionów i uprzemysławianiem aglomeracji miejskich. Rozwijający się przemysł jest powodem skażenia środowiska naturalnego, a co za tym idzie, wzrostu zawartości substancji toksycznych i niebezpiecznych. Bezpośrednie zagrożenie dla rozwoju roślin stanowią metale ciężkie. Industrializacja jest przyczyną rozpowszechniania takich pierwiastków jak np. ołów, kadm czy miedź. Znalazły one szerokie zastosowanie w przemyśle przez co organizmy żywe narażone są na podwyższone pobieranie metali ciężkich do tkanek [14]. Ustawodawstwo unijne nie określa granicznych stężeń dla poszczególnych metali ciężkich w roślinnych surowcach leczniczych. W monografiach Farmakopei Polskiej jak i Europejskiej możemy znaleźć wzmiankę o kadmie i ołowiu. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 wyznacza wartość graniczną dla kadmu w ziołach świeżych na poziomie 0,20mg/kg, przy czym, jak mówi art.2 pkt.1 rozporządzenia, przy stosowaniu najwyższych dopuszczalnych poziomów, należy uwzględnić zmiany stężenia spowodowane suszeniem czy rozcieńczaniem surowca [9]. Monografie ogólne dostępne w Farmakopei Polskiej wyd. X wyznaczają graniczne wartości stężeń dla ołowiu i kadmu w substancjach roślinnych tzn. całych, połamanych lub pokruszonych roślinach lub części roślin, przeważnie wysuszonych. Dla kadmu wartość nie może być większa niż 1,0 mg/kg, a dla ołowiu nie większa niż 5,0 mg/kg [15]. Jak widać prawo polskie, jak i europejskie nie jest dobrze sprecyzowane w zakresie analizy składu surowców roślinnych i tylko w ograniczonym stopniu pozwala ocenić ich jakość. Zawartości pierwiastków śladowych takich jak żelazo, mangan, cynk czy miedź w roślinnych substancjach



leczniczych w ogóle nie są określone prawnie. Co więcej, jak mówi Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 załącznik V pkt. 8, napary ziołowe i herbatki są zwolnione z wymogu przedstawiania obowiązkowej informacji o wartości odżywczej. Nie ma więc możliwości porównania wartości podawanych przez producenta z wartościami otrzymanymi z analiz [16].

Tradycyjne produkty lecznicze takie jak herbatki do zaparzania mogą stanowić źródło metali ciężkich w diecie człowieka. Zasadne byłoby kontrolowanie i monitorowanie poziomów wszystkich metali ciężkich w suszonych ziołach i herbatkach ziołowych w celu zapewnienia bezpieczeństwa konsumenta. Potrzebna byłaby nowelizacja prawa europejskiego, określająca limity metali ciężkich w surowcach zielarskich i herbatkach ziołowych.

Literatura

- [1] Buchwald W., Mordalski R., Kucharski W., Uprawa roślin zielarskich w Polsce, <http://agro-technika.pl>, 24.10.2016.
- [2] Dyrektywa 2004/24/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 31 marca 2004 r. zmieniająca dyrektywę 2001/83/WE w sprawie wspólnotowego kodeksu dotyczącego produktów leczniczych stosowanych u ludzi, w odniesieniu do tradycyjnych ziołowych produktów leczniczych.
- [3] European Commission Press Release Database, 2011, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-71_pl.htm, 22.10.2016.
- [4] Kwapiński J., Michalewska A., Rochel R., Kowol J., 2005, Intoksykacja surowców roślinnych metalem ciężkim w świetle obowiązujących uregulowań ustawodawczych oraz zaleceń WHO, *Problemy ekologii* 9, 4: 202-204.
- [5] Seńczuk W., Toksykologia. Wydawnictwo ZWL, Warszawa, 1990.
- [6] Kumirska J., Gołębiowski M., Paszkiewicz M., Bychowska A., Analiza żywności, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2010.
- [7] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 26

maja 2015 r. w sprawie w sprawie laboratoriów urzędowych i referencyjnych oraz zakresu analiz wykonywanych przez te laboratoria. Dz.U. 2015, poz. 795.

[8] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności. Dz.U. 2003, Nr 37, poz. 326.

[9] Rozporządzenie Komisji (WE) 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (wraz ze zmianami).

[10] Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1933 z dnia 27 października 2015 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych we włóknach kakao, chipsach bananowych, suplementach diety, suszonych ziołach i suszonych przyprawach.

[11] Farmakopea Polska VII. Wydawnictwo PTFarm, Warszawa, 2006.

[12] Klimek B., Królikowska M., Gudej J., Szepczyńska K., Szymańska M., Wolbiś M., Wojcik E., Analiza fitochemiczna roślinnych substancji leczniczych. Uniwersytet Medyczny, Łódź, 2011.

[13] Farmakopea Polska VIII. Wydawnictwo PTFarm, Warszawa, 2008.

[14] Koperwas L., 2013, Ołów i kadm – oznaczanie stężenia pierwiastków w produktach spożywczych, <http://laboratoria.net/pl>, 24.10.2016.

[15] Farmakopea Polska X. Wydawnictwo PTFarm, Warszawa, 2014.

[16] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylecia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektyw Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004. ●

Anna Masek

anna.masek@p.lodz.pl

Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Poliestrowe materiały opakowaniowe zawierające substancje pochodzenia roślinnego

Od stycznia 2017 roku w Instytucie Technologii Polimerów i Barwników Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej będzie realizowany projekt finansowany z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). Program Lider jest skierowany do młodych naukowców, na realizację pro-

jektów badawczych, które mają szansę na komercjalizację. Celem programu jest poszerzenie kompetencji młodych naukowców w samodzielnym planowaniu, zarządzaniu oraz kierowaniu zespołami badawczymi.

Wśród nagrodzonych projektów tegorocznej edycji

programu Lider VII (NCBR) znajduje się projekt badawczy pt. „Opracowanie technologii otrzymywania materiałów opakowaniowych (poliestrowych) zawierających substancje pochodzenia roślinnego” (Kierownik grantu: dr inż. Anna Masek). Celem badań jest opracowanie technologii otrzymywania materiałów z poliestrów alifatycznych stabilizowanych substancjami pochodzenia naturalnego. Badania będą prowadzone w unikalnym pod kątem aparatury badawczej laboratorium do starzenia polimerów oraz hali technologicznej zielonej chemii.

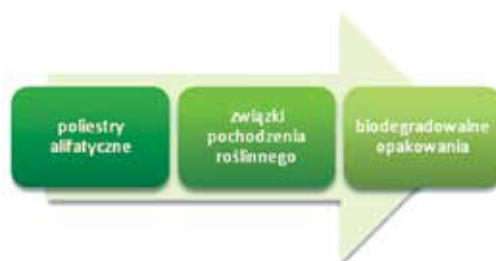


Fot.1. Laboratorium testów symulowanego starzenia polimerów (Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej) (fot. A. Masek)

Dzięki dostępności do urządzeń umożliwiających przeprowadzenie symulowanych testów starzeniowych zostanie wyznaczony „czas życia (life time)” opracowanych w ramach projektu opakowań.

Skład zaprojektowanych materiałów będzie oparty wyłącznie na proekologicznych materiałach w większości pochodzenia roślinnego. Otrzymane opakowania będą przyjazne dla środowiska, gdyż po skończonym czasie eksploatacji z łatwością będą mogły być zutylizowane poprzez biodegradację czy kompostowanie. Efektem kluczowym opisywanego projektu będzie opracowanie technologii wytwarzania biodegradowalnych opakowań poliestrowych, której wdrożenie przyczyni się do rozwoju gospodarki odpadami na terenie RP. Niewątpliwie założenia projektu wpisują się doskonale w cele polityki zrównoważonego rozwoju („[...] rozwój, który zaspokaja potrzeby teraźniejszości bez umniejszania możliwości zaspokajania swoich potrzeb przez przyszłe pokolenia”), ponieważ rezultaty badań przyczynią się do zmniejszenia ilości odpadów polimerowych, generowanych obecnie w ogromnych ilościach. Materiały opakowaniowe stanowią 38% światowej produkcji tworzyw sztucznych. Opakowania towarzyszą nam na co dzień w każ-

dej dziedzinie życia. W art. 5 pkt. 1 ustawy o opakowaniach i odpadach opakowaniowych (Dz. U. 2001, nr 63, poz. 638) wyraźnie wskazuje się, że materiały opakowaniowe powinny być projektowane w sposób umożliwiający ich recykling, a także powinny zawierać jak najmniejszą ilość substancji toksycznych. Zaprojektowane materiały będą degradowalne w środowisku naturalnym, przez co nie będą problematycznym odpadem. Również skład kompozytów, które mają być opracowane w projekcie, będzie oparty wyłącznie na dodatkach pochodzenia naturalnego. Po pierwsze substancje roślinne zastosujemy w roli proekologicznych stabilizatorów. Po drugie polimery, z których wykonane zostaną materiały, czyli poliestry alifatyczne będą proekologiczne i całkowicie biodegradowalne. Opakowania z materiałów biodegradowalnych spełniają kryteria kompostowalności. Innowacyjność projektu polega przede wszystkim na opracowaniu unikalnego składu kompozytów opartego na materiałach pochodzenia roślinnego, które po zakończonym czasie eksploatacji ulegną szybkiemu rozkładowi do nietoksycznych produktów tak, aby dalej uczestniczyć w zamkniętym obiegu w środowisku (odzysk przez kompostowanie i biodegradację PN-EN 13432:2002). Bardzo ważnym aspektem są dodatki stosowane w technologii opakowaniowej, mianowicie część stosowanych stabilizatorów oraz innych modyfikatorów ma bardzo negatywny wpływ na życie ludzkie, jak również środowisko naturalne. My proponujemy zastąpienie tych toksycznych i kancerogennych substancji przez grupę naturalnych przeciwutleniaczy. Polifenole opisywane są w licznych publikacjach naukowych, jako związki charakteryzujące się wysokim potencjałem redukującym oraz innymi specyficznymi właściwościami. Zatem wydaje się, że opisywane badania przyczynią się do opracowania technologii otrzymywania nowej generacji materiałów po pierwsze degradowalnych w środowisku, po drugie zawierających w swym składzie wyłącznie proekologiczne substancje roślinne. Opracowane rozwiązania materiałowe pozwolą lepiej chronić środowisko naturalne, a pozytywne rezultaty będą odczuwalne przez przyszłe pokolenia.



Rys. 1. Przesłanie projektu: LIDER/32/0139/L-7/15/NCBR/2016 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



Bartłomiej Rogalewicz, Piotr Anielak, Paweł Samulkiwicz

rogalewicz.bartlomiej@gmail.com

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Badanie kinetyki pochłaniania CO₂ oraz pary wodnej z powietrza przez stały wodorotlenek sodu



Fot. 1. Wodorotlenek sodu [1]

Wstęp

Wodorotlenek sodu wraz z wodorotlenkiem potasu to najbardziej znane i najczęściej używane w laboratoriach silne zasady. Wiązanie jonowe (różnica elektrojemności wynosi aż 2,51 w skali Paulinga) [2] między atomem sodu i atomem tlenu ma znaczący wpływ na właściwości fizyczne oraz chemiczne wodorotlenku sodu. Po pierwsze, jest on bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, po drugie, w roztworze wodnym całkowicie dysocjuje na jony Na⁺ oraz OH⁻. Za bardzo dobrą rozpuszczalność w wodzie odpowiadają również wiązania wodorowe, powstające pomiędzy wolną parą elektronową na atomie tlenu w cząsteczce wody i atomem wodoru z jonu wodorotlenkowego, gdzie zgromadzony jest ładunek dodatni. W trakcie rozpuszczania stałego NaOH w wodzie wydzielają się duże ilości ciepła. Wodorotlenek sodu znajduje szerokie zastosowanie, na przykład w przemyśle celulozowo-papierniczym, przy produkcji włókien sztucznych, mydła, środków do udrażniania rur oraz do produkcji szkła wodnego [1].

Wodorotlenek sodu jest substancją silnie higroskopijną, pozostawiona na powietrzu próbka pochłania z atmosfery parę wodną oraz dwutlenek węgla. Poniżej przedstawione

są wyniki doświadczeń mających na celu zbadanie kinetyki tego procesu. Badania przeprowadzone zostały pod opieką dr. inż. Piotra Anielaka z Instytutu Chemii Ogólnej i Ekologicznej oraz dr. inż. Pawła Samulkiwicza, nauczyciela chemii z Zespołu Szkół Politechniki Łódzkiej.

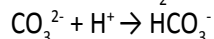
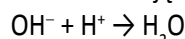
Odczynniki i metody badawcze

Wykonano dwie serie pomiarów. W każdej z nich badano próbkę „zerową” wodorotlenku sodowego (niewystawioną na działanie CO₂ i wilgoci) oraz po sześć próbek poddanych działaniu powietrza atmosferycznego. Probki te były umieszczone w postaci cienkiej, równomiernej warstwy na szkiełkach zegarkowych. W określonych odstępach czasu rozpuszczano kolejną próbkę w 100 cm³ wody demineralizowanej i oznaczano w niej stężenie jonów OH⁻ i CO₃²⁻ metodą miareczkową (kwas solny o stężeniu 0,1 mol·dm⁻³, w obecności fenoloftaleiny i oranżu metylowego [3]). Temperatura otoczenia nie przekraczała 30°C, a względna wilgotność powietrza wynosiła 45%. Za każdym razem odważono około 400 mg (0,01 mola) stałego wodorotlenku sodu. Masy odważonych próbek różniły się o +8 mg/-5 mg – wyliczone później wartości stężeń zostały odniesione do stałej masy próbki równej 400 mg.

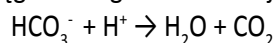
Roztwór każdej z próbek zawierał aniony wodorotlenkowe OH⁻ oraz węglanowe CO₃²⁻. Również roztwór „zerowy” zawierał niedużą ilość węglanów powstałych na skutek absorpcji CO₂ z powietrza przez wodorotlenek sodu. Natomiast badane roztwory nie zawierały jonów wodorowęglanowych HCO₃⁻ ze względu na nadmiar jonów wodorotlenkowych.

Wszystkie próbki analizowanych roztworów odmierzano za pomocą pipety o pojemności 10 cm³. Miareczkowanie próbek na obecność jonów OH⁻ oraz CO₃²⁻ wykonywano co najmniej trzykrotnie. W tym celu do roztworu dodawano około 6 kropli fenoloftaleiny, następnie miareczkowano do odbarwienia wskaźnika. Zmiana barwy wskaźnika informuje o końcu miareczkowania mocnych zasad, wyznaczając tzw. zasadowość *p*. Podczas miareczkowania w obecności fenoloftaleiny oznaczone zostają jony wodorotlenkowe OH⁻ oraz

połowa jonów węglanowych CO_3^{2-} , ponieważ przechodzą one w jony wodorowęglanowe HCO_3^- . Ten etap miareczkowania obrazują następujące reakcje:



Następnie do roztworu dodawano trzy krople oranżu metylowego. Żółty kolor wskaźnika oznacza, że w roztworze obecne są jony HCO_3^- . Ze względu na hydrolizę anionu wodorowęglanowego, odczyn roztworu jest słabo alkaliczny. Miareczkowanie kończy się po zmianie barwy oranżu z żółtej na fioletową. W tym przypadku oznaczano zasadowość ogólną m , wywołaną przez mocne i słabe zasady. Ten etap miareczkowania prowadzi do usunięcia drugiej połowy węglanów zgodnie z reakcją:



Wyznaczone wartości zasadowości p i m służą do obliczenia liczby moli jonów wodorotlenkowych OH^- oraz jonów węglanowych CO_3^{2-} w badanych roztworach.

Wyniki pierwszej części pomiarów

Tabela 1 przedstawia masę odważonych próbek wodorotlenku sodu przed i po absorpcji, uśredniony przyrost masy, a także zmianę ilości wodorotlenku i węglanu sodu. Próbki były wystawione na działanie powietrza przez 30, 60, 90, 150, 210 i 330 minut.

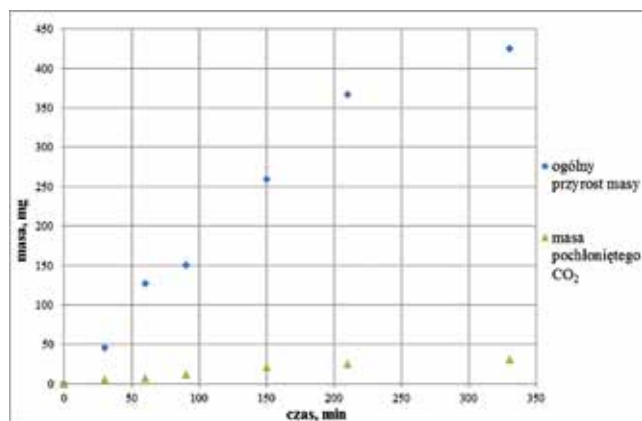
Rys. 1 przedstawia ogólny przyrost masy próbki oraz masę pochłoniętego dwutlenku węgla w czasie. Rys. 2 obrazuje zmiany w czasie ułamka molowego x reagenta w postaci $-\ln(x)$ dla wodorotlenków oraz $-\ln(1-x)$ dla węglanów. Wykres ten posłużył do obliczenia stałej szybkości reakcji CO_2 z wodorotlenkiem sodu [4]. Rys. 3 ilustruje porównanie jednoczesnego wzrostu masy węglanów oraz spadku masy wodorotlenków.

Wyniki drugiej części pomiarów

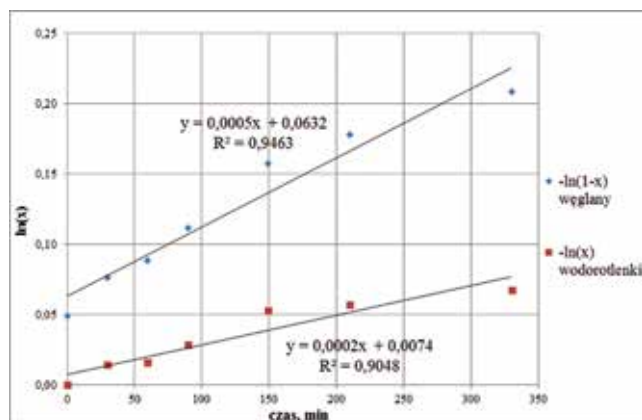
Dla wyznaczenia początkowej szybkości pochłaniania dwutlenku węgla i pary wodnej przez stały NaOH wykonano

Tabela 1. Zmiana masy próbek w pierwszej serii pomiarów

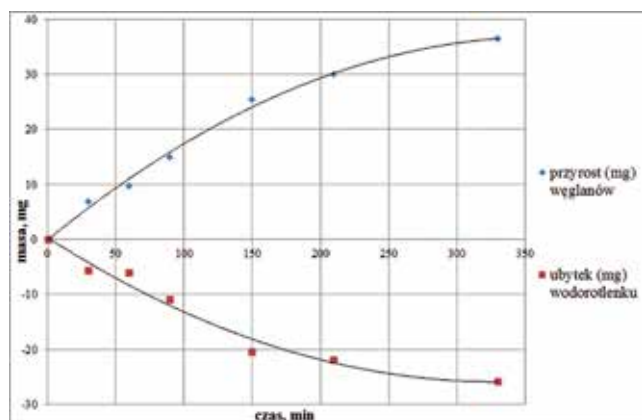
| czas, min | masa odważki mg | p, cm^3 | | NaOH | | Na_2CO_3 | | ogólny przyrost masy mg | masa pochłoniętego dwutlenku węgla mg | przyrost masy procentowo | pochłonięta para wodna | |
|-----------|-----------------|------------------|--------|--------|-------|--------------------------|-------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------|
| | | mval | mval | mg | mmol | mg | mmol | | | | mg | mmol |
| 0 | 408 | 9,922 | 10,039 | 392,20 | 9,805 | 12,40 | 0,234 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 30 | 397 | 9,844 | 10,025 | 386,52 | 9,663 | 19,19 | 0,362 | 46,35 | 5,63 | 12% | 40,72 | 2,26 |
| 60 | 404 | 9,861 | 10,069 | 386,12 | 9,653 | 22,05 | 0,416 | 127,73 | 8,01 | 32% | 119,72 | 6,65 |
| 90 | 403 | 9,787 | 10,045 | 381,16 | 9,529 | 27,35 | 0,516 | 150,87 | 12,41 | 38% | 138,46 | 7,69 |
| 150 | 404 | 9,653 | 10,010 | 371,84 | 9,296 | 37,84 | 0,714 | 259,41 | 21,12 | 65% | 238,29 | 13,24 |
| 210 | 401 | 9,656 | 10,055 | 370,28 | 9,257 | 42,29 | 0,798 | 366,08 | 24,82 | 92% | 341,26 | 18,96 |
| 330 | 400 | 9,620 | 10,080 | 366,40 | 9,160 | 48,76 | 0,920 | 425,00 | 30,18 | 106% | 394,82 | 21,93 |



Rys. 1. Zależność pomiędzy ogólnym przyrostem masy próbek oraz masą pochłoniętego dwutlenku węgla w funkcji czasu



Rys. 2. Zależność pomiędzy logarytmami ułamków molowych węglanów i wodorotlenków (x) w funkcji czasu



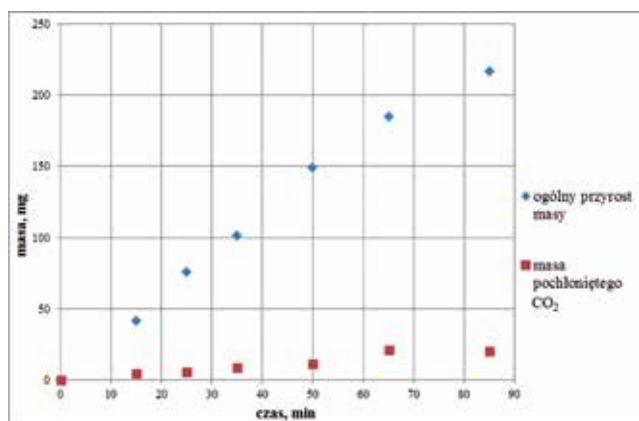
Rys. 3. Zależność pomiędzy przyrostem masy węglanów oraz jednoczesnym ubytkiem masy wodorotlenków w funkcji czasu



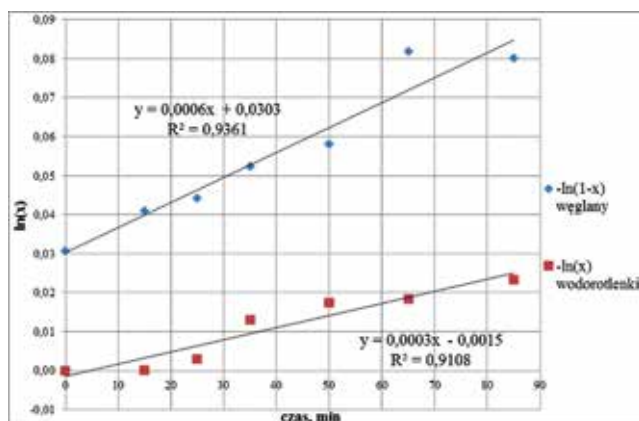
Tabela 2. Zmiana masy próbek w drugiej serii pomiarów

| czas, min | masa odważki mg | p, ml | | NaOH | | Na ₂ CO ₃ | | Δ mas mg | Δ reag mg | przyrost masy procentowo | Δ H ₂ O | |
|-----------|-----------------|-------|--------|--------|-------|---------------------------------|-------|----------|-----------|--------------------------|--------------------|-------|
| | | mval | mval | mg | mmol | mg | mmol | | | | mg | mmol |
| 0 | 403 | 9,856 | 10,005 | 388,28 | 9,707 | 15,79 | 0,298 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 15 | 404 | 9,855 | 10,053 | 386,28 | 9,657 | 20,99 | 0,396 | 41,58 | 4,312 | 10% | 37,27 | 2,07 |
| 25 | 400 | 9,827 | 10,040 | 384,56 | 9,614 | 22,58 | 0,426 | 76,00 | 5,632 | 19% | 70,37 | 3,91 |
| 35 | 399 | 9,728 | 9,978 | 379,12 | 9,478 | 26,50 | 0,500 | 101,25 | 8,888 | 25% | 92,36 | 5,13 |
| 50 | 403 | 9,687 | 9,965 | 376,36 | 9,409 | 29,47 | 0,556 | 148,88 | 11,352 | 37% | 137,53 | 7,64 |
| 65 | 402 | 9,678 | 10,066 | 371,60 | 9,290 | 41,13 | 0,776 | 185,07 | 21,032 | 46% | 164,04 | 9,11 |
| 85 | 403 | 9,628 | 10,008 | 369,92 | 9,248 | 40,28 | 0,760 | 216,38 | 20,328 | 54% | 196,05 | 10,89 |

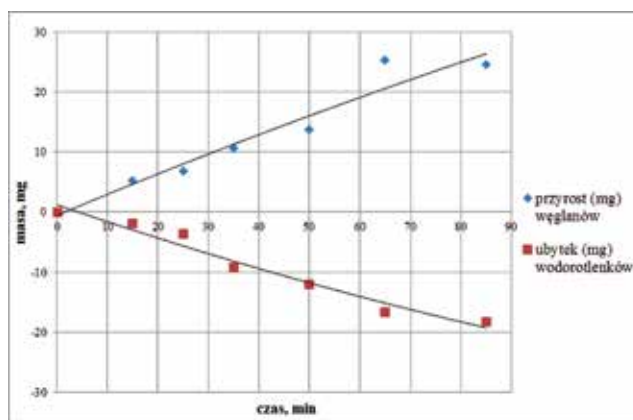
drugą serię pomiarów w czasie krótszym niż seria pierwsza (odpowiednio 85 oraz 330 min). Wyniki tej części pomiarów zostały przedstawione w postaci tabeli i wykresów w analogiczny sposób jak dla serii pierwszej. Przy krótszym czasie kontaktu badanych próbek z powietrzem atmosferycznym w części drugiej można uzyskać większą liniowość przedstawionych zależności kinetycznych procesu niż dla serii pierwszej (wykres 4 i 6 w porównaniu do wykresów 1 i 3). Wskazuje to, że proces pochłaniania CO₂ i pary wodnej z powietrza jest najszybszy w jego początkowej fazie.



Rys. 4. Zależność pomiędzy ogólnym przyrostem masy próbki oraz masą pochłoniętego dwutlenku węgla w funkcji czasu



Rys. 5. Zależność pomiędzy logarytmami ułamków molowych węglanów i wodorotlenków (x) w funkcji czasu



Rys. 6. Zależność pomiędzy przyrostem masy węglanów oraz jednoczesnym ubytkiem masy wodorotlenków w funkcji czasu

Wnioski

Stały wodorotlenek sodu wystawiony na działanie powietrza atmosferycznego pochłania zarówno parę wodną, co świadczy o jego higroskopijności, jak i dwutlenek węgla, z którym reaguje, tworząc węglan sodu.

1. Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów można stwierdzić, że szybkość procesu pochłaniania dwutlenku węgla i pary wodnej z powietrza przez stały wodorotlenek sodu nie jest stała i po pewnym czasie zaczyna maleć. Półlogarytmiczny układ współrzędnych lepiej opisuje uzyskane punkty doświadczalne.
2. Kontakt z powietrzem atmosferycznym (temperatura maksymalna 30°C, wilgotność względna 45%) w czasie 330 minut skutkuje podwojeniem masy próbek na skutek pochłaniania głównie pary wodnej, natomiast pochłanianie CO₂ ma znacznie mniejszy udział.
3. Podjęto próbę opisaną uzyskanych danych doświadczalnych przy pomocy równania kinetycznego pierwszego rzędu. Stała szybkości k wyznaczona dla pierwszej serii pomiarów wynosi $5 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}$. W drugiej serii pomiarów obejmującej początek krzywej absorpcji uzyskano wartość k równą $6 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}$.
4. Spowolnienie procesu pochłaniania CO₂ spowodowane

jest także wzrostem stężenia węglanów na powierzchni granulek wodorotlenku sodu, co hamuje absorpcję tego gazu.

Literatura

[1] https://pl.wikipedia.org/wiki/Wodorotlenek_sodu, 16.09.16.

[2] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrojemno%C5%9B%C4%87>, 16.09.16.

[3] Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków (red. Dojlido J.), Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1999.

[4] Zou J.H., Zhou Z.J., Wang F.C., Zhang W., Dai Z.H., Liu H.F., Yu Z.H., 2007, Modeling reaction kinetics of petroleum coke gasification with CO₂, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, **46** (7), 630-636.

Andrzej Żarczyński, Martyna Niedbalska, Marcin Zaborowski

andrzej.zarczyński@p.lodz.pl; 175038@edu.p.lodz.pl; marcin.zaborowski@p.lodz.pl

Institut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Ocena efektywności energetycznej dwóch turbin wiatrowych firmy Vensys

Wstęp

Według przyjętych w Unii Europejskiej założeń, produkcja energii z odnawialnych źródeł (OZE) w skali całej Wspólnoty ma w 2020 r. osiągnąć poziom 20%, a w poszczególnych krajach najmniej 15% [1-7]. Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych, m. in. biogazowni [2, 3, 8-15], siłowni (turbin) wiatrowych [1, 4, 16-26], paneli słonecznych [9, 27], wykorzystania siły spływu wód [28, 29], mimo różnych mankamentów znajduje istotne wsparcie ekonomiczne w państwach Unii Europejskiej i niektórych innych krajach świata [4-21]. Jedną z dróg prowadzących do osiągnięcia tego ambitnego celu jest rozwój energetyki wiatrowej [1, 4, 16-26]. Jednak ocena w społeczeństwie tego rodzaju energetyki OZE nie jest jednoznaczna. Wśród korzyści podkreśla się w szczególności brak emisji zanieczyszczeń podczas produkcji energii elektrycznej i niewielkie koszty eksploatacyjne. Poważnymi mankamentami tego źródła energii jest fakt, iż jest ono zależne od siły wiatru, tj. niestabilne w czasie, a przy tym turbiny wiatrowe generują hałas, zwłaszcza dokuczliwy przy usytuowaniu siłowni w pobliżu osiedli ludzkich. Ponadto energetyka wiatrowa powoduje zmiany w krajobrazie, uciążliwości zdrowotne i obniża atrakcyjność rekreacyjną, a niekiedy i materialną danego terenu [1, 4, 16-19, 21, 25]. Stwierdzane są także straty wśród populacji nietoperzy oraz ptaków [18, 20, 25]. Powyższe negatywy są przyczyną utrzymywania się złej opinii o energetyce wiatrowej i źródłem protestów społecznych,

zwłaszcza, gdy realna staje się na danym terenie budowa farm wiatrowych [25, 30]. Mimo to realizowane są w tym obszarze OZE zarówno badania podstawowe, półtechniczne jak i prace wdrożeniowe w wielu krajach świata, w tym i w Polsce [22-24, 26, 31]. Wymagają one jednak znacznych środków finansowych, których niedobór w Polsce jest wciąż problemem oczekującym rozwiązania.

Przedmiot i Metody Badawcze

Analizie poddawano pracę farmy wiatrowej zlokalizowanej w miejscowości Wincentów składającej się z trzech turbin energetycznych, lecz obserwacje wykonano tylko dwóch jednostek wyprodukowanych przez firmę Vensys o mocy znamionowej po 1,5 MW każda. Analizowane siłownie wiatrowe zostały zainstalowane w sierpniu 2014 r., każda wysokości 100 m i średnicy łopaty 77 m. Trzecia typu ENERCON E 66 oddana do użytku w 2012 r., o mocy także 1,5 MW nie była badana ze względów technicznych. Powstanie analizowanej farmy wiatrowej jest efektem realizacji projektu pt. „Budowa elektrowni wiatrowej o mocy 4,5 MW w miejscowości Wincentów, gmina Rusiec, woj. łódzkie”, obejmującego budowę trzech turbin wiatrowych. Projekt ów otrzymał wsparcie finansowe Unii Europejskiej w ramach działania 9.4. pt. „Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych” Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko [32]. Farmę wiatrową będącą częścią firmy pod nazwą Zakład Usługowo-Handlowy Czesław Szymański



(Wincentów, ul. Grabowa 33, 97-400 Bełchatów)¹ zbudowano na tyłach stacji paliw (fot. 1), w odległości kilkuset metrów od drogi krajowej numer 74.

Na świecie dotychczas zainstalowano około 12 200 turbin wiatrowych typu VENSYS o łącznej mocy znamionowej ponad 19 200 MW. Turbiny Vensys produkują dwa zakłady firmy Vensys Energy AG znajdujące się na terenie Niemiec, tj. w Neunkirchen – głównej siedzibie firmy oraz w Diepholz, gdzie usytuowana jest spółka-córka. Firma oferuje szereg rodzajów turbin, które różnią się średnicą łopaty wirnika, wysokością wieży oraz mocą mieszczącą się w zakresie 1-3 MW. Turbina wiatrowa firmy Vensys o mocy znamionowej 1,5 MW cechuje się względnie prostą konstrukcją oraz dużą wydajnością, a przy tym spełnia wymagania sieci elektroenergetycznej w Polsce [35, 36]. Cechą wyróżniającą elektrownie wiatrowe firmy Vensys jest napęd bezprzekładniowy, a także chłodzenie powietrzem, technologia użycia magnesów trwałych oraz efektywny konwerter energii [34]. Rezygnacja z przekładni oznacza redukcję kosztów napraw i konserwacji oraz zwiększa wydajność, zwłaszcza podczas pracy w warunkach częściowego obciążenia. Wysokiej jakości magnesy trwałe eliminują potrzebę wzbudzenia, co wpływa na wzrost wydajności energetycznej. System chłodzenia powietrzem, zarówno generatora jak i przetwornicy częstotliwości VENSYS, zmniejsza liczbę elementów instalacji i eliminuje potrzebę stosowania środków chłodzących i prac konserwacyjnych [33].

Badano pracę dwóch turbin typu Vensys 77, których parametry techniczne zamieszczono w ostatnim wierszu tabeli 1. Celem badań była ocena efektywności energetycznej dwóch turbin wiatrowych oznaczonych numerami 1 i 2 oraz porównanie ich wydajności. Analizowano wpływ

¹ Autorzy publikacji uprzejmie dziękują Panu Czesławowi Szymańskiemu – właścicielowi elektrowni wiatrowych w Wincentowie, za umożliwienie wykonania badań Pani Martynie Niedbalskiej w ramach realizacji jej pracy inżynierskiej, a także za zgodę na opublikowanie uzyskanych wyników w czasopiśmie Elik sir.

Tabela 1. Specyfikacja techniczna turbin typu Vensys 77 [33, 34]

| Moc [MW] | Użyteczna prędkość wiatru [m/s] | Zakres prędkości obrotowej U/min | Wysokość wieży [m] | Średnica łopaty [m] |
|----------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------|
| 1,0 | 3-22 | 8-16,5 | 85 | 77 |
| 1,0 | 3-22 | 8-16,5 | 100 | 77 |
| 1,5 | 3-22 | 9,0-17,3 | 61,5 | 77 |
| 1,5 | 3-22 | 9,0-17,3 | 85 | 77 |
| 1,5 | 3-22 | 9,0-17,3 | 100 | 77 |

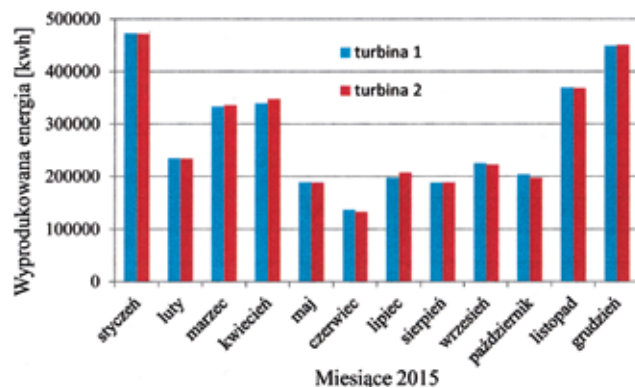


Fot. 1. Badana farma wiatrowa w miejscowości Wincentów (fot. M. Niedbalska)

siły wiatru jak również czasu działania turbin na ilość produkowanej przez nie energii w okresie całego 2015 roku. Przedstawiono także szczegółowe dane średnie zebrane w trzech wybranych miesiącach oraz dwóch dniach grudnia 2015 r. Wyniki przedstawiono na rys. 1 i 2, a także w tabelach 2 oraz 3.

Wyniki i Dyskusja

Na rys. 1 przedstawiono zależność skali produkcji energii elektrycznej przez obie turbiny wiatrowe w okresie kolejnych 12 miesięcy 2015 r.



Rys. 1. Produkcja energii w poszczególnych miesiącach w 2015 roku

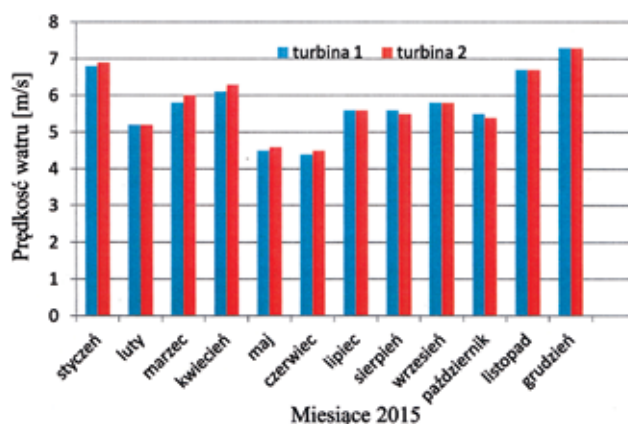
Na podstawie powyższych danych stwierdzono duże dysproporcje dotyczące poszczególnych miesięcy. Najwięcej energii elektrycznej turbiny 1 oraz 2 wyprodukowały w styczniu, tj. 473 503 kWh oraz 472 232 kWh. Turbina 1 wyprodukowała o 1271 kWh więcej niż turbina 2. Najmniej efektywnie turbiny pracowały w miesiącu czerwcu, produkcja energii wyniosła wtedy odpowiednio: 137 710 kWh przez turbinę 1 oraz 133 990 kWh przez siłownię 2. Widzimy, że rozbieżność jest bardzo duża, średnia różnica produkcji między styczniem, a czerwcem wyniosła 268 462,5 kWh. Różnica ta to praktycznie dwukrotność produkcji w czerwcu. Średniomiesięczna produkcja energii przez turbinę 1 to 278 739 kWh, natomiast przez turbinę 2 to 279 378 kWh.

Najważniejszym parametrem decydującym o wielkości produkowanej energii jest siła wiejącego wiatru. Rys. 2 przedstawia uśrednioną wartość prędkości wiejącego wiatru w poszczególnych miesiącach. Wiatr wiał z największą siłą w miesiącach zimowych, najwyższą wartość odnotowano w grudniu – 7,3 m/s. Z równie dużą prędkością wiał także w listopadzie i styczniu. Sytuacja zmieniła się w miesiącach letnich, najłagodniejszy średni wiatr wystąpił w czerwcu, tj. 4,4 oraz 4,5 m/s. Wartości średnioroczne wiatru to 5,78 m/s zmierzone przy turbinie 1 oraz 5,82 m/s odnotowane w odniesieniu do turbiny 2.

Kolejnym ważnym parametrem decydującym o ilości produkowanej energii jest liczba godzin pracy turbiny wiatrowej. Tabela 2 zawiera dane dotyczące pracy obu turbin w okresie trzech miesięcy (wrzesień, październik i listopad)

Tabela 2. Dane dotyczące pracy obu turbin w okresie trzech miesięcy i w wybranych dniach grudnia 2015 r.

| Okres | Numer turbiny | Ilość wyprodukowanej energii [kWh] | Prędkość wiatru [m/s] | Liczba godzin pracy turbiny w miesiącu | Wydajność w godzinach pracy turbiny [%] |
|-------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|--|---|
| Wrzesień | 1 | 225 332 | 5,8 | 716,0 | 99,97 |
| | 2 | 223 452 | 5,8 | 711,9 | 99,21 |
| Październik | 1 | 204 220 | 5,5 | 739,5 | 99,99 |
| | 2 | 198 190 | 5,4 | 738,6 | 99,99 |
| Listopad | 1 | 370 083 | 6,7 | 717,7 | 99,96 |
| | 2 | 369 019 | 6,7 | 717,3 | 99,90 |
| 22 grudnia | 1 | 28 167 | 10,02 | 24 | 100 |
| | 2 | 28 442 | 10,02 | 24 | 100 |
| 23 grudnia | 1 | 24 288 | 9,60 | 22 | 91,67 |
| | 2 | 25 127 | 9,50 | 23 | 95,83 |



Rys. 2. Średnia prędkość wiatru w poszczególnych miesiącach 2015 roku

oraz w dniach 22 i 23 grudnia 2015 r., z uwzględnieniem czasu działania oraz wydajności. Należy pamiętać, że warunkiem koniecznym do pracy turbiny jest wiatr o prędkości minimum 3 m/s. Gdy wiatr wieje z mniejszą prędkością, siłownia wiatrowa nie uruchamia się. Wydajność turbiny wyrażono w procentach, a oznacza ona liczbę godzin w których siłownia działała w stosunku do całkowitego czasu, w którym po uruchomieniu się mogła pracować. Stwierdzono, że dzienna produkcja energii elektrycznej także zależała od siły wiatru, np. wynosiła około 24 707 kWh przy średniej sile wiatru 9,65 m/s, natomiast około 28 304 kWh przy wietrze 10,2 m/s.



Tabela 3. Dane dotyczące warunków pracy i produkcji energii elektrycznej przez badane turbiny w okresie 2015 r.

| Numer turbiny | Rzeczywista /teoretyczna ilość wyprodukowanej energii * [kWh/rok] | Średnia prędkość wiatru [m/s] | Roczna liczba godzin pracy turbiny | Roczna wydajność turbiny w % godzin pracy |
|---------------|---|-------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 3 344 865/3 547 887* | 5,78 | 8663,5 | 99,5 |
| 2 | 3 352 535/3 559 900* | 5,82 | 8640,4 | 99,4 |

* obliczenia wykonano korzystając z zależności produkcji energii elektrycznej od prędkości wiatru zamieszczonych w internecie na stronie Portal Polish Wind Energy [34].

Z informacji udzielonych przez Właściciela elektrowni wiatrowej wynika, iż system komputerowy turbin wiatrowych co pewien czas samoczynnie resetuje się lub wprowadza aktualizacje i w tym czasie siłownia przestaje pracować. Wynikające stąd zakłócenia są przyczyną obniżania się wydajności turbin, a tym samym zmniejszenia liczby godzin ich pracy.

Tabela 3 zawiera zestawienie średniorocznej produkcji energii dla obu turbin wiatrowych. W okresie całego roku turbina 1 wyprodukowała 3 344 865 kWh energii elektrycznej, natomiast turbina 2 – 3 352 535 kWh. Turbina numer dwa była wydajniejsza energetycznie od jednostki numer jeden tylko o 7670 kWh. Stwierdzono, że wyniki rzeczywiste ilości wyprodukowanej energii elektrycznej przez obie turbiny są tylko nieznacznie niższe od teoretycznych, obliczonych dla tej samej prędkości wiatru [34].

Wnioski

Analiza literatury dotyczącej energetyki wiatrowej oraz badania dwóch turbin Vensys 77 o mocy znamionowej po 1,5 MW, zbudowanych w sierpniu 2014 roku w Wincentowie, umożliwiły sformułowanie następujących wniosków:

- wytwarzanie energii elektrycznej z wykorzystaniem siły wiatru jest jednym z efektywnych kierunków energetyki OZE mimo, że wykazuje zmienność w czasie;
- istotnymi mankamentami tego źródła energii jest także hałas generowany przez turbiny wiatrowe, zwłaszcza dokuczliwy przy umiejscowieniu siłowni w pobliżu osiedli ludzkich, ponadto zmiany w krajobrazie i spadek

atrakcyjności rekreacyjnej, a niekiedy wartości danego terenu;

- odnotowywane są także straty przyrodnicze, zwykle wynikające z lokalizacji turbin na szlakach przelotu ptaków i nietoperzy;
- powyższe negatywy są przyczyną złej opinii o energetyce wiatrowej i protestów społecznych, zwłaszcza, gdy realna staje się na danym terenie budowa nowych farm wiatrowych;
- stwierdzono, że w 2015 r. obydwie turbiny wiatrowe Vensys 77 wytwarzały energię elektryczną z porównywalną efektywnością; turbina 2 wyprodukowała nieco więcej energii niż turbina 1;
- produkcja energii elektrycznej z udziałem obydwu turbin była największa w styczniu i grudniu, a najmniejsza w czerwcu, przy czym zależała głównie od prędkości wiatru;
- stwierdzono, że dzienna produkcja energii także zależała od prędkości wiatru;
- produkowana energia elektryczna przekazywana była odpłatnie do zbiorczej sieci energetycznej, chociaż istniała możliwość jej gospodarczego zużytkowania przez Właściciela siłowni wiatrowych [25].

Literatura

- Wiśniewski G., Michałowska-Knapp K., 2010, Wizja rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do 2020 r., Czysta Energia, 4, 24-28.
- Curkowski A., Mroczkowski P., Oniszk-Popławska A., Wiśniewski G., Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie. Mazowiecka Agencja Energetyczna Sp. z o. o., Warszawa 2009, http://www.mae.com.pl/files/poradnik_biogazowy_mae.pdf, 26.10.2016.
- Aleksandrow S., Michalak D., 2013, Analiza potencjału re-

gionu łódzkiego pod kątem budowy biogazowni, *Acta Innovations*, 7, 28-44.

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

[5] Czerna-Grygiel J., 2013, Technologie w produkcji energii odnawialnej a zrównoważona polityka energetyczna, *Ekologia i Technika*, 21(5), 244-249.

[6] Kochański M., 2014, Finansowanie instrumentów poprawy efektywności energetycznej w Polsce w latach 2014-2020, *Acta Innovations*, 10, 65-86.

[7] Kardasz P., Bentkowska M., Błasiński T., Cieńciała M., Doscoczek J., Haller P., Magdziak-Tokłowicz M., 2014, Stan odnawialnych źródeł energii w Polsce, *Aura*, 8, 8-11.

[8] Kociotek-Belawejder E., Wilk Ł., 2011, Przegląd metod usuwania siarkowodoru z biogazu, *Przem. Chem.*, 90(3), 389-397.

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

[10] 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.

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

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

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

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

[15] Kwaśny J., Balcerzak W., Rezka P., 2016, Biogaz i charakterystyka wybranych metod jego odsiarczenia, *Czasopismo Inżynierii Łądowej, Środowiska i Architektury*, 33(63), 129-141.

[16] 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.

[17] Leventhall G., 2006, Infrasound from wind turbines: fact, fiction or deception, *Canadian Acoustics*, 34(2), 29-36.

[18] Kunz T. H., Arnett E. B., Erickson W. P., Hoar A. R., Johnson G. D., Larkin R. P., Strickland M. D., Thresher R. W., Tuttle M. D., 2007, Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses, *Frontiers in Ecological and the Environment*, 5(6), 315-324.

[19] Pedersen E., Wayne K., 2007, Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments, *Occupational and Environmental Medicine*, 64(7), 480-486.

[20] Wuczyński A., Chylarecki P., Tryjanowski P., 2009, Ptaki a rozwój energetyki wiatrowej – aktualne problemy, *Chrońmy Przyrodę*

Ojczyzną, 65(5), 323-328.

[21] Shephard D., Mc Bridge D., Welch D., Dirks K.N., Hill E.M., 2011, Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life, *Noise Health*, 13(54), 333-339.

[22] Szczyrba T., Boczar T., 2013, Badanie efektywności turbin wiatrowych dużej mocy, *Prace Instytutu Elektrotechniki*, 261, 97-104.

[23] Jarzyna W., Pawłowski A., Viktorovich N., 2014, Technological development of wind energy and compliance with the requirements for sustainable development, *Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development*, 9(1), 167-177.

[24] Piasecka I., Kruszelnicka W., Ropińska P., Tomporowski A., 2015, Ocena energochłonności cyklu istnienia lądowej elektrowni wiatrowej typu Vestas V100, *Ekologia i Technika*, 23(3), 149-152.

[25] Niedbalska M., Praca inżynierska pt. Analiza wpływu na środowisko siłowni wiatrowych i ocena efektywności energetycznej dwóch jednostek firmy Vensys, *Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Politechnika Łódzka, Łódź* 2015.

[26] Witowski A., 2016, Wielka Brytania inwestuje w energetykę wiatrową, *Przemysł Chemiczny*, 95(9), 1670.

[27] Zarębski P., Borzyszkowski J., Marczak M., 2015, Sustainable Development and Tourism. Example of Investments Connected with the Installation of Solar Collectors in Seaside Lodging Facilities, *Annual Set The Environment Protection/Rocznik Ochrona Środowiska*, 17, 143-164.

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

[29] Granatowicz J., 2016, Siarzewo i kolejne stopnie wodne na dolnej Wiśle w kontekście potencjału hydroenergetycznego Polski, *Gospodarka Wodna*, 8, 232-235.

[30] Staniszevska M., 2014, Syndrom Nimby jako przykład konfliktu społecznego o charakterze lokalnym, *Acta Innovations*, 12, 17-23.

[31] Korycki K., 2014, Możliwości CTT OZE w zakresie pomiarów wietrzności, badania mikroturbin wiatrowych i napowietrzania terenów miejskich, *Acta Innovations*, 13, 25-30.

[32] Zakład Usługowo-Handlowy Czesław Szymański, O Nas, <http://www.ewwincenow.pl/>, 22.08.2016.

[33] Więcej energii dla naszej przyszłości, <http://www.vensys.de/energy-pl/unternehmen/ueber-uns.php>, 05.10.2016.

[34] Portal Polish Wind Energy, Vensys 77, <http://www.polishwindenergy.com/index.php/elektrownie-wiatrowe-w-polsce/item/45-vensys-77>, 25.10.2016.

[35] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, *Dz. U.* 2015, poz. 478.

[36] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne, *Dz. U.* 1997, nr 54, poz. 348, tekst jednolity *Dz. U.* 2012, poz. 1059 oraz *Dz. U.* 2013, poz. 984 i poz. 1238.



Anna Masek, Anna Kosmalska

anna.masek@p.lodz.pl; anna.kosmalska@p.lodz.pl

Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Makrołańcuch rocznych osiągnięć Studentów zrzeszonych w naukowym kole „SKN Polimer”

Rok 2016, czyli pierwszy rok działalności „SKN Polimer” był wyjątkowo pracowity. We wrześniu 2016 roku na zebraniu sprawozdawczo – wyborczym powołany został nowy Zarząd koła „SKN Polimer” w składzie przedstawionym na fot. 1.



Fot. 1. Prezes: Maja Szczechowicz; Wiceprezes: Korneliusz Wolski; Sekretarz: Stefan Cichosz oraz Członkowie Zarządu: Konrad Kisiel, Radosław Busiak (fot. D. Bogdanowicz)

Członkowie koła aktywnie angażują się w działania promocyjne Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. W roku 2016 brali udział w licznych akcjach edukacyjno-promocyjnych, między innymi w Targach Edukacyjnych w Łodzi, Piotrkowie Trybunalskim, Pabianicach oraz Poddębicach. Wyjątkowo dużą pomoc wykazali przy organizacji „ścieżki edukacyjnej 2016”, przygotowując wspólną z Instytutem Technologii Polimerów i Barwników wystawę w konwencji „Gwiezdných wojen”, obrazującą temat polimerów w kosmonautyce oraz stoisko z piaskiem kinetycznym dla dzieci, zlokalizowane przed wejściem do gmachu Wydziału Chemicznego. Brali udział w pokazach podczas „Dni Otwartych” w Ksawerowie oraz „Pikniku Pracowniczym Politechniki Łódzkiej 2016”. Podczas IX sesji ekologicznej „W świecie tworzyw sztucznych”, organizowanej przez XXIV Liceum Ogólnokształcące im. Marii Skłodowskiej – Curie w Łodzi, towarzyszyli dr Annie Masek podczas akcji promocyjnej, mającej na celu zachęcenie licealistów do studiowania na Politechnice Łódzkiej. W listopadzie 2016 członkowie koła zorganizowali wycieczkę dla dzieci w wieku 7 lat ze Szkoły Podstawowej ABiS „Szkoła dla dziecka”, mającą na celu zwiedzanie hal technologicznych Instytutu Technologii Polimerów i Barwników oraz zapoznanie się z ciekawymi zagadnieniami

z dziedziny polimerów (wulkanizacja, superabsorbenty, druk 3D).

Poza licznymi działaniami promocyjnymi pod okiem opiekunów dr Anny Masek (I-20) i dr Anny Kosmalskiej (I-20), a także dzięki uprzejmości innych pracowników Instytutu Techno-



Fot. 2. Sporządzanie mieszanek elastomerowych oraz wulkanizacja piłeczek kauczukowych (fot. Radosław Busiak)

logii Polimerów i Barwników (szczególne podziękowania dla inż. Z. Zientarskiego, tech. W. Kowalskiego, inż. Z. Romanowskiego oraz dr M. Masłowskiego), studenci realizowali ciekawe projekty badawcze, ściśle związane z tematyką technologii polimerów. Mianowicie, zespół złożony z czterech osób (Ewelina Niedzielska – pomysłodawczyni projektu, Alicja Wieczorek, Arkadiusz Zimny, Rafał Simiński) intensywnie pracował nad otrzymaniem kompozytów polilaktidu wzmacnianych bionapełniaczem pozyskiwanym z kory dębu korkowego.



Fot. 3. Napełniacz z korka, kompozyty PLA z korkiem
(fot. A. Wieczorek)

Studenci V semestru Nanotechnologii, Korneliusz Wołski i Michał Chuszno (przewodniczący sekcji eksperymentalnej) w ramach wolontariatu realizowali z pomocą doktorantki magister Karoliny Diakowskiej badania nad modyfikacją chemiczną włókien celulozy, przy zastosowaniu silanowych związków sprzęgających. Natomiast studentki II stopnia Technologii Chemicznej: Martyna Szwańska, Paulina Siwik i Olga Mielcarek oraz Inżynierii Materiałowej Anita Gostyńska, we współpracy z magister Małgorzatą Latos analizują wpływ naturalnych polifenoli na stabilizację cyklicznych kopolimerów olefinowych (cyklicz olefin copolymer, COC). W ciekawie rojącym projekcie bierze udział Maja Szczechowicz, pracując nad otrzymaniem proekologicznych kompozytów kopolimeru etylenowo-norbornenowego wzmacnianego włóknami celulozy.

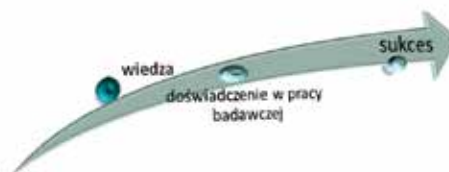
Konrad Kisiel wraz z Błażem Masnym są autorami interesują-

cego pomysłu na stworzenie nakładek z poli(tereftalanu etylenu) z systemem chłodzącym opartym o reakcję endotermiczną. Obecnie w ramach tego projektu, studenci skupili swoją uwagę na eksperymentach prowadzących do uzyskania jak najniższej temperatury chłodzenia.

Członkowie „SKN Polimer” prezentują swoje osiągnięcia badawcze w postaci posterów oraz komunikatów na licznych sympozjach dla młodych naukowców. Między innymi brali udział w konferencjach: „Młodzi Naukowcy” w Poznaniu; Radzie Kół Naukowych w Międzybrodziu (Żywieckie); Międzynarodowej Studenckiej Sesji Naukowej „Materiały i Technologie XXI wieku”; XIX Ogólnopolskiej Sesji Wykładowej SKN „Trotyl” PŁ w Konopnicy oraz IV ogólnokrajowej konferencji „Młodzi Naukowcy w Polsce” – Badania i Rozwój (Gdańsk). Działalność studentów zrzeszonych w SKN Polimer systematycznie owocuje efektami w postaci osiągnięć naukowo-badawczych. Studenci rozwijają swoje zainteresowania i zdobywają unikalne doświadczenia w prestiżowych badaniach z zakresu technologii polimerów. Koło rozwija się intensywnie, a członkowie wykazują coraz to większe zaangażowanie w badaniach eksperymentalnych, otwierając sobie tym samym ścieżkę kariery naukowej, a także przemysłowej. Zarząd koła prowadzi nabór do SKN Polimer. Zatem serdecznie zapraszamy ambitnych studentów wszystkich kierunków Wydziału Chemicznego, zainteresowanych tematyką z zakresu nauk technologii i inżynierii polimerowej. Siedziba koła znajduje się w Instytucie Technologii Polimerów i Barwników, przy ulicy Stefanowskiego 12/16 w Łodzi (budynek A8), email: polimer@info.p.lodz.p



Fot. 4. Pierwsze próby eksperymentalne wykonane do projektu, autorstwa Konrada i Błażeja (fot. K. Kisiel i B. Masny)



Celowość działania w kole naukowym

„Jest tylko jeden sposób nauki. Poprzez działanie”.

Paulo Coelho



Anna Gajda¹, Izabela Witońska²

anna.gajda@p.lodz.pl; izabela.witonska@p.lodz.pl

¹Instytut Chemii Organicznej, ²Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Zaprzyjaźnij się z Erasmusem+ i zaplanuj swoją podróż po Europie



Fot. 1. Statuetka Lidera Mobilności (fot. J. Szabela)

STUDENCIE spróbuj! Jeśli tylko zrobisz pierwszy krok i ruszysz się z wygodnego hotelu „MAMA”, Europa stanie przed Tobą otworem! Łącz naukowe pasje ze zwiedzaniem Europy, poznawaniem jej smaków, widoków i mieszkańców! Każda wymiana jest inna, każde miejsce jest niepowtarzalne, a ludzie których poznasz na wyjeździe z ERASMUSEM+ mogą zostać Twoimi przyjaciółmi na całe życie!

MOBILITY WEEK

MOBILITY WEEK w PŁ już po raz siódmy był okazją do poznania, posłuchania i porozmawiania z wieloma uczestnikami Programu Erasmus – tym razem nie tylko z naszej uczelni, ale również z innych krajów partnerskich. Z reportaży przedstawianych przez naszych Erasmusów+ wynikało, że najtrudniejsze jest podjęcie pierwszej decyzji o wyjeździe, bo sam pobyt na europejskich uczelniach lub w znanych ośrodkach badawczo-rozwojowych czy firmach, utwierdził ich w przekonaniu, że warto czasem podjąć ryzyko wyjazdu. Z Erasmusem+ zdobywa się bowiem nie tylko doświadczenie zawodowe i nowe wiadomości, ale przede wszystkim rozwija się swoje umiejętności interpersonalne i poznaje wielu ciekawych ludzi z różnych stron świata. Przy tym wszystkim, zupełnie mimochodem nabywa się naturalną swobodę posługiwania się językiem obcym, czego nie zapewnią najlepsze kursy językowe. O korzyściach płynących z bycia mobilnym, tym razem z punktu widzenia przyszłego

pracodawcy, przekonywali również w trakcie warsztatów zorganizowanych dla studentów w ramach *MOBILITY WEEK*, przedstawiciele zaprzyjaźnionych z Wydziałem Chemicznym firm: „ANWIL S.A.” i „Torrecid Group”. Wniosek płynący z warsztatów jest jednoznaczny: wyjazdy zagraniczne w czasie studiów istotnie wpływają na ocenę kandydata rekrutującego się do pracy w firmie. O roli wyjazdów zagranicznych i mobilności studentów w karierze uniwersyteckiej opowiadali również nasi goście z Serbii: prof. dr Ljiljana Babić i prof. dr Mirko Babić, którzy zaprezentowali ofertę edukacyjną Uniwersytetu w Nowym Sadzie.

TURNIEJ DLA MOBILNYCH „EUROTRIP Z ERASMUSEM”

MOBILITY WEEK to nie tylko warsztaty, poważne prezentacje i spotkania, ale przede wszystkim okazja do wspólnej zabawy! W tym roku organizatorzy zabrali 11 dwuosobowych drużyn rekrutujących się ze studentów naszego wydziału na *Eurotrip z Erasmusem!* Zabawy było co nie miara, chociaż główna nagroda była jak najbardziej poważna i cenna. W trakcie konkursu uczestnicy popisywali się znajomością historii, kultury, sztuki i przyrody krajów europejskich. Ostatecznie zwyciężczyniami turnieju zostały studentki Technologii Chemicznej Olga Mielcarek i Paulina Siwik, które w nagrodę pojadą na czterodniową wycieczkę do Pragi. Zwycięska drużyna po wyrównanej walce pokonała w finale Katarzynę Klajn i Maję Szczehowicz oraz Karolinę Wykę startującą w drużynie razem z Maciejem Tomaszewskim (wszyscy są studentami Nanotechnologii). Gratulujemy zwycięzcom wygranej, a wszystkim pozostałym dziesięciu drużynom świetnej zabawy!

WYDZIAŁ CHEMICZNY LIDEREM MOBILNOŚCI W PŁ

Z ogromną radością przyjęliśmy wiadomość, że Liderem Mobilności w roku akademickim 2015/2016 w kategorii wyjazdy na praktyki Erasmus+ został Wydział Chemiczny.



Fot. 2. Uczestnicy konkursu Eurotrip z Erasmusem (fot. J. Szabela)

Wydział został uhonorowany za wysłanie za granicę największej liczby studentów – praktykantów spośród wszystkich wydziałów Politechniki Łódzkiej. W imieniu Wydziału przechodnią statuetkę Lidera Mobilności z rąk Prorektora ds. kształcenia prof. dr. hab. Grzegorza Bąka odebrała Prodziekan ds. studenckich dr hab. inż. Izabela Witońska.

Kto? Jak? Gdzie? Kiedy? Za ile? Czyli kilka praktycznych rad jak zostać Erasmusem+

W wyjazdach na studia i praktyki w ramach programu Erasmus+ mogą uczestniczyć studenci pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia studiów w Politechnice Łódzkiej, którzy mają zaliczony co najmniej drugi rok studiów pierwszego



Fot. 3. Zwycięzcy konkursu Eurotrip z Erasmusem Olga Mielcarek i Paulina Siwik z dziekanem prof. dr hab. inż. Małgorzatą Szynkowską i prodziekanem ds. studenckich dr hab. inż. Izabelą Witońską (fot. J. Szabela)

stopnia oraz zamknięty semestr poprzedzający wyjazd. W wyjątkowych wypadkach decyzje indywidualne podejmie Dziekan. W wyjazdach na praktyki uczestniczyć mogą także absolwenci, przy czym rekrutacja odbywa się jeszcze podczas trwania studiów, a pobyt na praktykach zakończyć się musi w okresie do 12 miesięcy od terminu zakończenia studiów. Każdy student dysponuje kapitałem 12 miesięcy, które może przeznaczyć na wyjazd na stypendium Erasmus+ na każdym stopniu studiów! Studiować można na uczelniach, z którymi Politechnika Łódzka podpisała tzw. umowy bilateralne. Są to uczelnie z 28 państw członkowskich Unii oraz z trzech krajów Europejskiego Obszaru Gospodarczego – Islandii, Lichtensteinu oraz Norwegii. Możliwy jest także wyjazd do Turcji. Umowy na praktyki Erasmus+ w zakładach przemysłowych podpisywane są indywidualnie z pracodawcami.

Stypendium na wyjazd w roku akademickim 2016/2017 wynosi 400-600 € miesięcznie, w zależności od kraju wyjazdu. Kwota ta powinna wystarczyć na pokrycie różnicy w kosztach utrzymania między Polską a krajem wyjazdu. W związku z ograniczoną kwotą grantu, Politechnika Łódzka podjęła decyzję o dofinansowaniu kosztów podróży wszystkim studentom Erasmus+ w kwocie 250 €.

Jeszcze więcej informacji na temat wyjazdów w ramach programu Erasmus+ można znaleźć na stronie erasmus.p.lodz.pl lub bezpośrednio u Wydziałowego Koordynatora Programu Erasmus+ dr inż. Anny Gajdy (e-mail: anna.gajda@p.lodz.pl).



Andrzej Żarczyński

andrzej.zarczynski@p.lodz.pl

Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Nowe sukcesy chemików w uczelnianym konkursie NOT

Wstęp

Od trzech dekad odbywają się coroczne „*Konkursy na najlepszą pracę magisterską w Politechnice Łódzkiej*”, organizowane przez Łódzką Radę Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych – Naczelnej Organizacji Technicznej (ŁR FSNT – NOT) oraz Radę Uczelnianą FSNT – NOT w Politechnice Łódzkiej. Podobnie było w roku akademickim 2015/2016, u schyłku którego przypadał Jubileusz 70-lecia FSNT – NOT w Łodzi oraz 50-lecia pracy Domu Technika w tym mieście [1].

W dniu 22 września 2016 r. odbył się finał Jubileuszowej XXX edycji powyższego Konkursu, do którego zgłoszono 23 prace magisterskie. Wszystkie prace charakteryzowały się bardzo wysokim poziomem naukowym i zdolnością aplikacyjną uzyskanych rezultatów badań. Najwięcej, bowiem aż 13 prac, zgłoszono z Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej. Uczestnicy rywalizacji przeprowadzonej w Fabryce Inżynierów XXI wieku (sala 306), stosownie do wcześniej ustalonej przez Komisję Konkursową kolejności, ustnie prezentowali przed zgromadzonymi na sali tezy swoich prac i najważniejsze osiągnięcia. Następnie odpowiadali na pytania przewodniczącego Komisji Konkursowej dra inż. Adama Ryłskiego (Stowarzyszenie Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów) oraz sekretarza Komisji inż. Jerzego Leo (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego), a także osób obecnych na sali zainteresowanych prezentowanymi zagadnieniami. Celem pytań i dyskusji nad przedstawionymi pracami, była weryfikacja ich faktycznej wartości aplikacyjnej.

Komisja uznała za najlepszą pracę magisterską opracowanie pt. „*Wpływ obróbki cieplno-chemicznej stopów tytanu Ti6Al4V, Ti617Nb na własności trybologiczne*”, wykonaną przez mgra inż. Bartosza Pązika w Instytucie Inżynierii Materiałowej (Wydział Mechaniczny) pod kierunkiem dra hab. inż. Jacka Grabarczyka [2]. Autor pracy skupił się na opracowaniu atrakcyjnej dla przemysłu i opłacalnej z ekonomicznego punktu widzenia technologii poprawy trybologicznych (tribologicznych) właściwości stopów

tytanu możliwej do zastosowania w implantach stawów człowieka. Najistotniejszym elementem badań były testy tribologiczne, które pozwoliły na bezpośrednie porównanie efektów obróbki cieplno-chemicznej wykonanej różnymi technikami i ich wpływ na poprawę właściwości tribologicznych badanych stopów. Na szczególną uwagę zasługują wyniki uzyskane w przypadku nawęglanych stopów, gdzie wskaźnik zużycia powierzchni próbki w zależności od rodzaju stopu względem próbki niemodyfikowanej zmniejszył się od 160 do 585 razy [3].

Ponadto Komisja wyróżniła pięć prac, w tym trzy z Wydziału Chemicznego PŁ, streszczone w dalszej części relacji. Pierwsza – pt. „*Internetowa aplikacja do zarządzania stołem LED, oparta na koncepcji Internet of Things*”, została wykonana przez mgra inż. Konrada Strzeleckiego z Katedry Mikroelektroniki i Technik Informatycznych (Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki) pod kierunkiem dra inż. Rafała Kotasa. Dyplomant w ramach pracy samodzielnie wykonał prototyp stołu LED, sterownik i obwody elektroniczne do połączenia poszczególnych podzespołów prototypu, a także przygotował protokół komunikacji i przykładowe aplikacje pozwalające na interakcje użytkownika ze stołem. Drugą wyróżnioną pracę pt. „*Lokalny Klaster bilansowania*”, napisał mgr inż. Rafał Dzikowski z Instytutu Elektroenergetyki (Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki) pod kierunkiem dra inż. Błażeja Oleka. Jej Autor analizował pracę Lokalnych Obszarów Bilansowania (tzw. klastrów) pokazując aspekty techniczno-ekonomiczne ich funkcjonowania. Nowa metoda bilansowania poprzez klastry energii została wprowadzona do ustawy o odnawialnych źródłach energii z dnia 20 lutego 2015 r., co pozwala na praktyczne zastosowanie wyników tej pracy dyplomowej [3]. Kolejne wyróżnienie uzyskała praca pt. „*Silikonowe kompozyty ceramizujące zawierające włókna węglowe i tlenek miedzi*” mgr inż. Anny Gołębowskiej (Wydział Chemiczny, kierunek Chemia budowlana), wykonana w Instytucie Technologii Polimerów i Barwników PŁ pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Dariusza Bielińskiego i opieką dr. inż. Rafała Anyszki.

Zrealizowane badania dotyczyły zagadnień związanych z pozbawieniem palności kompozytów elastomerowych nowatorską metodą wykorzystującą zjawisko ceramizacji. Tego typu materiały są wprowadzane do produkcji przez czołowych producentów kabli elektrycznych, którzy zapewniają w ten sposób zabezpieczenie przewodu miedzianego przed stopieniem w budynkach użyteczności publicznej i środkach transportu publicznego, nawet do dwóch godzin od momentu wybuchu pożaru, co ma ogromne znaczenie dla umożliwienia ewakuacji ludzi i sprzętu z miejsc zagrożonych [3]. Następną wyróżniona praca pt. „Analiza pozostałości metabolitów amitrazy i wybranych pestycydów w próbach miodu” mgr inż. Tomasza Smolarka (Wydział Chemiczny, kierunek Ochrona środowiska, specjalność Zarządzanie i monitoring środowiska), pochodziła z Instytutu Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ i była zrealizowana pod kierunkiem dra inż. Andrzeja Żarczyńskiego. Zasadnicza część badań laboratoryjnych została wykonana w Zakładzie Badań Bezpieczeństwa Żywności, jednostce składowej Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. Badania Dyplomanta dotyczyły oznaczania w miodzie pozostałości metabolitów amitrazy oraz środków ochrony roślin. W pracy Autor scharakteryzował amitrazę i wysoce toksyczne metabolity tego związku, jak również dopracował metody ich oznaczania. Amitraza to składnik wielu preparatów handlowych

służących do zwalczania warrozy – choroby powodującej masową śmierć pszczół wskutek pasożytowania na nich roztocza *Varroa destructor*. W pracy Dyplomant zanalizował kilka rodzajów miodu zebranego w pasiekach znajdujących się w większości na terenie województwa łódzkiego [3]. Stosując akredytowaną metodę ekstrakcji QuEChERS oraz analizę chromatograficzną w systemie LC-MS/MS Autor zbadał pozostałości dwóch metabolitów amitrazy i 143 pestycydów w osiemnastu próbach miodu. Badania te mogą być niezwykle przydatne do monitorowania środowiska i oceny jakości handlowego miodu. Wyróżniona została także praca pt. „Wpływ składu nośnika palladu na aktywność katalizatorów niklowych w reakcji OSRM”, wykonana przez mgr inż. Magdalenę Mosińską (kierunek Technologia chemiczna, specjalność Kataliza przemysłowa) w Instytucie Chemii Ogólnej i Ekologicznej PŁ pod kierunkiem dra inż. Pawła Mierczyńskiego. Zasadniczym celem tej pracy było określenie wpływu składu nośnika oraz dodatku palladu do katalizatorów niklowych na ich aktywność w procesie parowo-tlenowego reformingu metanolu. Do najistotniejszych osiągnięć pracy zalicza się wykazanie promującego wpływu palladu na aktywność i selektywność katalizatorów niklowych w badanym procesie [3].

Zwycięzca i promotor tegorocznej edycji Konkursu otrzymali nagrody finansowe, a wyróżnieni magistranci



Fot. 1. JM Rektor Politechniki Łódzkiej – prof. dr hab. inż. Sławomir Wiak wręcza dyplomy wyróżnień studentom i ich promotorom w XXX Konkursie Łódzkiej Rady FSNT – NOT oraz Rady Uczelnianej FSNT – NOT w Politechnice Łódzkiej (fot. J. Szabela)





Fot. 2. Prof. dr hab. inż. Mirosław Urbaniak – prezes Łódzkiej Rady FSNT – NOT i wyróżnieni absolwenci – mgr inż. Magdalena Mosińska oraz mgr inż. Tomasz Smolarek i promotor jego pracy magisterskiej – dr inż. Andrzej Żarczyński (fot. J. Szabela)

i kierownicy ich prac okolicznościowe dyplomy z rąk JM Rektora Politechniki Łódzkiej – prof. dr hab. inż. Sławomira Wiaka oraz prof. dr hab. inż. Mirosława Urbaniaka – Prezesa Zarządu ŁR FSNT – NOT. Dyplomy te zostały wręczone w dniu 4 października 2016 r. w trakcie uroczystej inauguracji roku akademickiego 2016/2017 w Politechnice Łódzkiej.

W przeszłości magistranci Wydziału Chemicznego kilkakrotnie zwyciężali i wielokrotnie byli wyróżniani w opisywanym konkursie. Poniżej przedstawiłem kilka przykładów z ostatnich lat. W ubiegłym roku akademickim 2014/2015 obydwa wyróżnienia zostały przyznane przez Komisję Konkursową absolwentom Wydziału Chemicznego PŁ. Pierwsze wyróżnienie otrzymał mgr inż. Michał Gacki (kierunek Chemia, specjalność Chemia analityczna i strukturalna) za pracę pt. „*Synteza i właściwości nowych połączeń koordynacyjnych metali dⁿ-elektronowych z ketoprofenem*”, której promotorem była dr inż. Karolina Kafarska. Z kolei drugie wyróżnienie otrzymała mgr inż. Justyna Pacak (kierunek Chemia, specjalność Chemia analityczna i strukturalna) za pracę pt. „*Analiza pozostałości chemicznej w ceramice nieszkliwionej z Supraśla*”. Promotorem tej pracy była dr hab. inż. Joanna Kałużna-Czaplińska, prof. PŁ [4]. W roku akademickim 2013/2014 r. jedno z dwóch wyróżnień XXVIII edycji Konkursu przyznano mgr inż. Monice Świerskiej (kierunek Chemia, specjalność Chemia analityczna i strukturalna – promotor A. Żarczyński) za pracę pt. „*Oznaczenie i unieszkodliwianie produktów ubocznych w reakcji katalitycznego utleniania kwasu monochlorooctowego*”.

Ostatnią zwyciężczynią Konkursu notowskiego z Wydziału Chemicznego była w XXVI edycji Konkursu mgr inż. Kamila Maj (kierunek Chemia – promotor A. Żarczyński), która zrealizowała pracę pt. „*Oznaczenie zawartości dioksyn w spalinach podczas katalitycznego utleniania wodzianu chloralu*”.

W dniu 24 listopada 2016 r. w siedzibie Łódzkiej Rady FSNT – NOT (Łódź, Plac Komuny Paryskiej 5a) odbyło się uroczyste spotkanie laureatów XXX edycji Konkursu prac dyplomowych i ich promotorów, m.in. z przedstawicielami Łódzkiej Rady na czele z jej prezesem prof. Mirosławem Urbaniakiem, działaczami FSNT – NOT oraz dyrektorem Biura Łódzkiego Domu Technika mgr inż. Andrzejem Tarką. Podczas spotkania prof. Mirosław Urbaniak wręczył nagrodzonym absolwentom pamiątkowe statuetki, natomiast ich promotorom medale upamiętniające 70. rocznicę powstania FSNT – NOT w Łodzi i inne upominki.

Literatura

[1] Urbaniak M. (red.), Tarka A. (red.), 70 lat Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT w Łodzi 1946-2016, Łódzka Rada FSNT – NOT, Łódź 2016.

[2] Chojnacka E., 2016, Nowy rok akademicki rozpoczęty, Życie Uczelni, 137(październik), 6-8.

[3] XXX Konkurs na najlepszą pracę magisterską w Politechnice Łódzkiej w roku akademickim 2015/2016, <http://www.not.lodz.pl/wydarzenia>, 14.11.2016 r.

[4] Chojnacka E., 2015, Gaudeamus igitur w Politechnice Łódzkiej, Życie Uczelni, 133(październik), 4-7.

Łukasz Janasz, Michał Borkowski

lukasz.janasz@p.lodz.pl, michal.borkowski@p.lodz.pl

Katedra Fizyki Molekularnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Nagrody dla studentów PŁ na XX Konferencji Kryształy Molekularne

Podczas XX Ogólnopolskiej Konferencji Kryształy Molekularne 2016, odbywającej się 12-16 września w Kazimierzu Dolnym, dwoje młodych naukowców z Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej zostało laureatami nagród za najlepszą prezentację ustną oraz najlepszy poster. Mgr inż. Łukasz Janasz (doktorant w Katedrze Fizyki Molekularnej – po prawej stronie na zdjęciu) został wyróżniony za referat pt. „Wpływ morfologii ultracienkich warstw aktywnych na transport ładunku w organicznych tranzystorach z efektem polowym”. Nagroda za najlepszy plakat została przyznana

inż. Michałowi Borkowskiemu (magistrantowi w Katedrze Fizyki Molekularnej – po lewej stronie) za pracę pt. „Wpływ podstawników bocznych na stopień uporządkowania półprzewodnikowych polimerów skoniugowanych”.

Badania prowadzone przez obu Panów są realizowane w ramach współpracy pomiędzy Katedrą Fizyki Molekularnej a Max Planck Institute for Polymer Research w Moguncji (Niemcy) pod opieką Pana dra hab. Wojciecha Pisuli, prof. PŁ (po środku na zdjęciu). Serdecznie gratulujemy i życzymy dalszych sukcesów!



Laureaci nagród wraz z opiekunem dr hab. Wojciechem Pisulą, prof PŁ (fotoarchiwum własne)



Krzysztof Hałagan. Jarosław Jung

krzysztof.halagan@p.lodz.pl, jaroslaw.jung@p.lodz.pl

Katedra Fizyki Molekularnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka



Logo warsztatów (autor Krzysztof Hałagan)

W dniach 1 i 2 grudnia 2016r. w Łodzi odbyły się warsztaty naukowe *Dedicated parallel machines – a breakthrough in computation (ARUZ-Workshop 2016)*, pod patronatem Jego Magnificencji Rektora Politechniki Łódzkiej, prof. dr. hab. inż. Sławomira Wiaka i Prezesa Technoparku Łódź, Pana Marka Cieślaka. Warsztaty zorganizowane zostały dzięki wsparciu z rektorskiego budżetu zadaniowego, w ramach podzadania 1.6, *Integracja badań poprzez wspieranie tworzenia centrów i grup badawczych w PŁ*. Organizatorami konferencji byli pracownicy Katedry Fizyki Molekularnej i Katedry Mikroelektroniki i Technik Informatycznych.

Tematyka warsztatów obejmowała symulacje i modelowanie wieloskładnikowych układów molekularnych, równoległe przetwarzanie danych oraz dedykowane rozwiązania elektroniczne. Główny nurt wykładów poświęcony był możliwym zastosowaniom Analizatora Rzeczywistych Układów Złożonych (ARUZ) w różnych dziedzinach nauki i techniki. ARUZ posiada wbudowany algorytm Dynamicznej Cieczy Sieciowej (DLL), umożliwiający modelowanie w skali molekularnej różnych zjawisk fizyko-chemicznych, takich jak reakcje chemiczne lub procesy krystalizacji, które występują w cieczach i w tzw. materii miękkiej (*soft matter*). Algorytm DLL był wynaleziony przez prof. dr. hab. Tadeusza Pakułę (1945 – 1985) i jest nadal rozwijany przez jego ucznia, dr. hab. Piotra Polanowskiego i współpracowników w Katedrze Fizyki Molekularnej, a także w różnych zespołach badawczych w Polsce i zagranicą. ARUZ jest unikalnym urządzeniem wykonanym w technologii cyfrowej, opracowanym przez

naukowców z Politechniki Łódzkiej. Do jego budowy wykorzystano układy FPGA (Field Programmable Gate Arrays), dzięki którym możliwa jest pełna rekonfiguracja maszyny. Pozwala ona na implementację innych niż DLL, algorytmów dedykowanych problemom, w których występuje od kilkuset tysięcy do kilku milionów jednocześnie oddziaływujących ze sobą lokalnie elementów.

Analizator stanowi wyposażenie Laboratorium Symulacji Molekularnych należącego do zespołu nowych laboratoriów BioNanoParku w Łódzkim Technoparku. Laboratoria powstały w ramach projektu BNP+ bazującego na projekcie Europejskiego Centrum Bio- i Nanotechnologii (ECBNT) opracowanego w Politechnice Łódzkiej. Budowa kompleksu BioNanoPark została w 85 procentach sfinansowana dzięki środkom pochodzącym z Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka i ukończono ją w drugiej połowie 2015 r. Należy dodać, że zrealizowanie tego przedsięwzięcia nie byłoby możliwe bez wsparcia władz Miasta Łodzi i Województwa Łódzkiego.

Warsztaty były okazją do zapoznania się z technologią przetwarzania danych jaką dysponuje ARUZ oraz do wysłuchania światowej sławy specjalistów, którzy wykorzystują do obliczeń komputery o typowej architekturze oraz różne inne, alternatywne rozwiązania, jak np. procesory graficzne (GPU). Lista zaproszonych wykładowców obejmowała naukowców pochodzących z wiodących polskich uczelni oraz z ośrodków badawczych w Europie i w Kanadzie.



Fot. 1. Po lewej: budynek, w którym znajduje się ARUZ w Łódzkim Technoparku (fot. K. Hałagan).
Fot. 2. Po prawej: warsztaty były okazją do zwiedzenia ARUZ-a od środka (fot. M. Kozanecki).



Fot. 3. Warsztatom towarzyszyły dyskusje i sesja plakatowa (fot. M. Kozanecki).





Fot. 4. Przywitanie uczestników, na zdjęciu od lewej: prof. dr hab. inż. Andrzej Napieralski (Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PŁ), prof. dr hab. Jacek Ulański (Katedra Fizyki Molekularnej PŁ) oraz dr Przemysław Panek (Technopark) (fot. M. Kozanecki)



Fot. 5. Tematyka wykładów była multidyscyplinarna (fot. M. Kozanecki)

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

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:

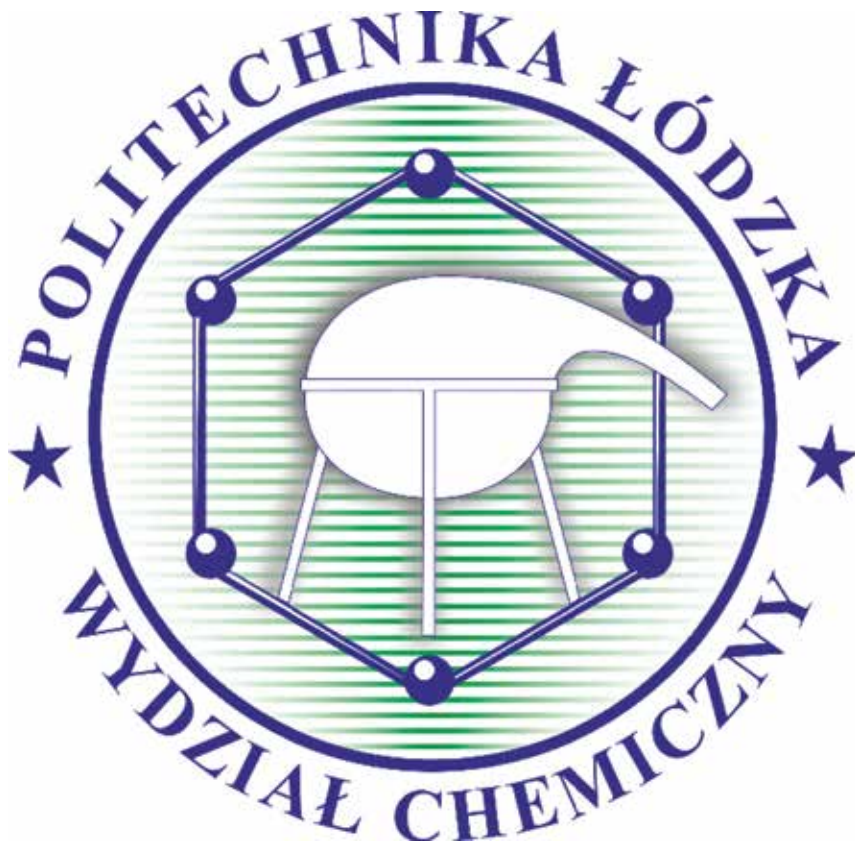
- Metody fotochemiczne i radiacyjne w ochronie środowiska
- Technologie oczyszczania ścieków i uzdatniania wody
- Zarządzanie i monitoring środowiska

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

