

VI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA

# B I O P O L I M E R Y

ŹRÓDŁO NOWYCH MATERIAŁÓW

ABSTRAKTY



Redakcja:  
Kinga Kalbarczyk  
Iwona Domina

Lublin, 27 października 2022 r.

**VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Biopolimery –  
źródło nowych materiałów”**

**Abstrakty**



**VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Biopolimery –  
źródło nowych materiałów”**

**Abstrakty**

Redakcja:  
Kinga Kalbarczyk  
Iwona Domina

Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL  
Lublin 2022

**VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Biopolimery – źródło nowych materiałów”**

**27 października 2022 r.**

**Abstrakty**

Redakcja:  
Kinga Kalbarczyk  
Iwona Domina

Skład i łamanie:  
Monika Maciąg

Projekt okładki:  
Marcin Szklarczyk

© Copyright by Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL

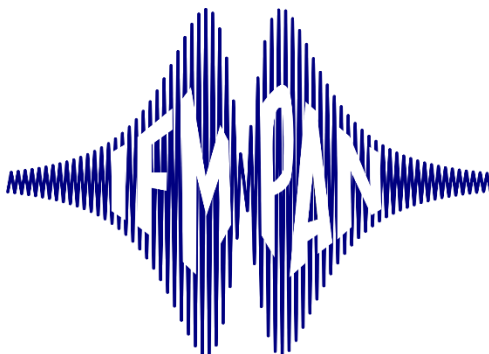
ISBN 978-83-67194-81-5

Wydawca:  
Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL  
ul. Głowackiego 35/348  
20-060 Lublin  
[www.fundacja-tygiel.pl](http://www.fundacja-tygiel.pl)

## Komitet Naukowy:

- **prof. dr hab. inż. Mirosława El Fray**, Katedra Inżynierii Polimerów i Biomateriałów, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
- **prof. dr hab. inż. Dorota Neugebauer**, Katedra Fizykochemii i Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska
- **dr hab. inż. Joanna Paciorek-Sadowska, prof. nadzw.**, Katedra Chemii i Technologii Poliuretanów, Instytut Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
- **dr hab. inż. Magdalena Stepczyńska, prof. uczelni**, Katedra Inżynierii Materiałów Polimerowych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
- **dr inż. Dorota Dardas**, Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu
- **dr inż. Urszula Goik**, Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
- **dr Ewelina Jakubowska**, Zakład Technologii i Przetwórstwa Polimerów, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Przemysłowej im. prof. Ignacego Mościckiego

## Patronat Honorowy:



## **Komitet Organizacyjny:**

- Ewelina Chodźko
- Alicja Danielewska
- Iwona Domina
- Joanna Jędrzejewska
- Kinga Kalbarczyk
- Joanna Kozłowska
- Kamil Maciąg
- Monika Maciąg
- Izabela Mołdoch-Mendoń
- Paulina Pomajda
- Marcin Szklarczyk
- Paulina Szymczyk

## **Organizator:**



Fundacja  
**TYGIEL**

# Spis treści

## Wystąpienia Gości Honorowych

Biomateriały o właściwościach biobójczych – obszary zastosowań.....	11
„Inteligentne” polimery biofunkcjonalizowane – współczesna alternatywa dla biopolimerów.....	12
Polimery ze źródeł odnawialnych wytwarzane z wykorzystaniem enzymów jako naturalnych katalizatorów.....	14
Poliuretany dzisiaj i jutro – aktualne trendy i wyzwania.....	15

## Wystąpienia Uczestników

Amorficzna ziemia krzemkowa jako napełniacz w kompozytach polimerowych.....	19
Badania spektroskopowe systemów inicjujących dedykowanych do fotopolimeryzacji rodnikowej i kationowej.....	21
Biomateriały stosowane w leczeniu chorób skóry.....	23
Eko-fibrokompozyty cementowo szklane eco-FRCGC jako nowa rodzina kompozytów wysokiej wytrzymałości modyfikowanych domieszką biopolimerową.....	24
Hydrofobowa modyfikacja zdegradowanego wysokocząsteczkowego kwasu hialuronowego w celu przygotowania nanocząstek mogących posłużyć jako nośniki leków.....	25
Innowacyjne kompozyty polimerowe stosowane w procesie biodruku.....	26
Metody statystyczne w ocenie mikrokapsulek alginianowych.....	28
Ocena stabilności i biokompatybilności matrycy hydrożelowej na podłożu szklanym i polimerowym do trójwymiarowej hodowli komórek <i>in vitro</i> .....	29
Ocena wpływu hydroksyapatytu, nanohydroksyapatytu i chlorku magnezu na właściwości alginianu.....	31
Opracowanie fluorescencyjnego filamentu z PLA do druku 3D w technologii FDM.....	33
Otrzymywanie żywicy alkilofenolowo-furfuralowo-formaldehidowej oraz jej eteryfikacja wyższymi alkoholami.....	35



Technologia użyteczności w projektowaniu implantów z polimerów biopochodnych.....	37
Tlenek limonenu jako dodatek w procesie fotopolimeryzacji nanokompozytów polimerowych.....	39
Wpływ domieszki biopolimerowej na klasę ciekłości eko-fibromieszanek cementowo-szklanych.....	41
Wykonanie folii biopolimerowej na bazie mieszaniny hydrolizatu kolagenu i żelatyny .....	43
Indeks Autorów.....	44

# **Wystąpienia Gości Honorowych**



## **Biomateriały o właściwościach biobójczych – obszary zastosowań**

**dr hab. inż. Magdalena Stepczyńska, prof. uczelni, Katedra Inżynierii Materiałów Polimerowych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy**

Wraz z rozwojem gospodarczym oraz z ciągłym postępowaniem technicznym rośnie zapotrzebowanie na materiały polimerowe o nowych właściwościach. Nieustannie zwiększająca się ilość odpadów z tworzyw polimerowych obciążająca środowisko naturalne, przepisy prawne, a także wyczerpujące się zasoby ropy naftowej spowodowały, że wzrasta zainteresowanie materiałami biodegradowalnymi wytwarzanymi z surowców odnawialnych (np. kukurydzy). Ze względu na swoją biokompatybilność i biodegradowalność, znalazły zastosowanie w medycynie, przemyśle opakowaniowym, farmaceutycznym, motoryzacyjnym, biotechnologii, czy też ogrodnictwie.

Ze względu na konieczność sterylizacji opakowań żywności, leków, czy też instrumentarium medycznego, wytwarzanych z biomateriałów rośnie zainteresowanie związkami naturalnego pochodzenia i o działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Obecnie do sterylizacji sprzętu medycznego, jak również opakowań produktów spożywczych najczęściej stosowane są promienie gamma (technika wymagająca dużego nakładu finansowego oraz czasu) oraz metody dezynfekcji za pomocą środków chemicznych. Niestety często biomateriały nie są odporne na działanie powyższych czynników, a stosowane związki chemiczne często zmieniają ich właściwości i trwałość. Ponadto pozostałości związków dezynfekcyjnych na powierzchniach urządzeń stosowanych w medycynie (np. instrumentarium) czy w opakownictwie mają istotny wpływ na zdrowie ludzi.

Z tych względów przedstawione zostaną biomateriały oraz biokompozyty wykazujące właściwości biobójcze, dzięki zastosowaniu wyłącznie naturalnych związków roślinnych, które nie wpływają negatywnie na właściwości fizykochemiczne tych materiałów. Środki te stosowane były od wieków w naturalnej medycynie, dlatego wiadome jest, że zastosowane do sterylizacji opakowań produktów spożywczych, leków, czy w medycynie nie będą negatywnie wpływać na zdrowie konsumentów.

## **„Inteligentne” polimery biofunkcjonalizowane – współczesna alternatywa dla biopolimerów**

**prof. dr hab. inż. Dorota Neugebauer**, *Katedra Fizykochemii i Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska, Gliwice, ul. Strzody 9*

Biopolimery (*nature-made polymers*) pod względem strukturalnym są idealnymi makrocząsteczkami, gdyż charakteryzuje je monodispersyjność. Ich zaletami może być biokompatybilność i biodegradowalność, a ich właściwości są ulepszone przez modyfikację fizyczną i/lub chemiczną. Jednak ich pozyskanie głównie metodami biotechnologicznymi do celów specjalnych nie zawsze jest wystarczająco efektywne.

Nieustająca fascynacja doskonałymi makrocząsteczkami przyczyniła się do rozwoju metod polimeryzacji kontrolowanej, które umożliwiają syntezę dobrze-zdefiniowanych polimerów. W latach 90., kiedy wzrosło zainteresowanie polimerami do celów specjalnych, w tym biomedycznych, ich syntezę zaczęto postrzegać w kontekście „inżynierii makromolekularnej”, która obejmuje zaprojektowanie właściwości poprzez uzyskanie określonej struktury, czyli otrzymanie polimeru „szytego na miarę”. Taka strategia jest szczególnie dogodna do otrzymania polimerów „inteligentnych”, których funkcjonalność uaktywnia działanie bodźca zewnętrznego (temperatura, rozpuszczalnik, pH, etc.). Biogodność i nietoksyczność wobec zdrowych komórek oraz opcjonalna biodegradowalność dodatkowo zwiększa ich atrakcyjność w zastosowaniach, takich jak rusztowania w inżynierii tkankowej, układy dostarczania leków. Dla tych ostatnich istotne jest racjonalne zaprojektowanie nośnika polimerowego, dla którego skład, rozkład i ilości ładunku elektrycznego oraz rozmiar i kształt cząstek można kontrolować poprzez parametry strukturalne. Określona równowaga hydrofilowo-hydrofobowa warunkuje właściwości amfifilowe polimerów, dzięki którym wykazują zdolności samoorganizowania się w roztworach wodnych, tworząc superstruktury micelarne wykorzystywane do enkapsulacji związku bioaktywnego. Dodatkowo nieliniowa topologia polimerów może zwiększyć stabilność układu i wydłużyć czas uwalniania leku, zaś kumulatywna użyteczność w farmakoterapii i diagnostyce jest

możliwa poprzez projektowanie polimerów wielofunkcyjnych. Standardowe wymagania wobec nośników polimerowych, tj. poprawa rozpuszczalności związków bioaktywnych (lek, środek kontrastujący, znacznik fluorescencyjny, etc.), ograniczenie niepożądanych efektów ubocznych, poprawa farmakodynamiki i farmakokinetyki, stały się podstawą rozwoju badań układów polimerowych ukierunkowanych na kontrolowany i/lub docelowy transport oraz układów teranostycznych i do terapii skojarzonej.

W zakresie makromolekularnego projektowania materiałów o przeznaczeniu biomedycznym nasze zainteresowania skupiły się na układach biofunkcyjnych, które bazują na amfifilowych polimetakrylanach zaliczanych do grupy polimerycznych cieczy jonowych. Ich cechą charakterystyczną są ugrupowania choliny zawierającej kation 2-hydroksyetylotrimetyloamoniowy z przeciwjonem chlorkowym lub farmaceutycznym. Biologiczna aktywność choliny niezbędna do funkcjonowania organizmu, jej biokompatybilność, niska toksyczność i bardzo dobra rozpuszczalność w wodzie, sprawiają, że cechy te charakteryzują także otrzymane polimery.

## **Polimery ze źródeł odnawialnych wytwarzane z wykorzystaniem enzymów jako naturalnych katalizatorów**

*Martyna Sokołowska, prof. dr hab. inż. Mirosława El Fray, Katedra Inżynierii Polimerów i Biomateriałów, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Al. Piastów 45, 71-311 Szczecin, mirfray@zut.edu.pl*

Polimery wytwarzane z surowców odnawialnych (biomasa, niespożywcze surowce roślinne itp.) stanowią nie tylko ważną alternatywę dla polimerów wytwarzanych z surowców petrochemicznych, ale przede wszystkim są niezbędnym elementem zrównoważonego rozwoju naszej Planety, którego efektem musi być obniżenie emisji zanieczyszczeń i przeciwdziałanie zmianom klimatycznym. Wykorzystanie „zielonych” monomerów staje się coraz częstszą praktyką przemysłową, zwłaszcza w świetle pojawiających się przepisów regulujących kwestie recyklingu klasycznych polimerów, takich jak poli(tereftalan etyleny)(PET). Dlatego otrzymywany w procesach biotechnologicznych kwas 2,5-furanodikarboksylowy, który swoją budową jest zbliżony do kwasu tereftalowego, czyli głównego surowca petrochemicznego do produkcji PET, jest szczególnie interesującym surowcem odnawialnym. Podobne zainteresowanie producentów polimerów przyciągają dimery kwasu linolowego (DL) pozyskiwane z olejów roślinnych. Dzięki zastosowaniu tych surowców i dodatkowo nietoksycznych katalizatorów, jakimi są enzymy, można otrzymać „zielone” i ulegające biodegradacji poliestry o zróżnicowanych właściwościach wynikających ze zmiennego udziału poszczególnych surowców. Do syntezy polimerów wykorzystano enzym lipazę typu B ze szczepu *Candida antarctica* (CAL-B) jako biokatalizator, który charakteryzuje się wysoką selektywnością, jest pozyskiwany z biomasy oraz umożliwia prowadzenie procesu w łagodnych warunkach temperatury i ciśnienia. Możliwość stosowania różnych kwasów dikarboksylowych (i/lub ich estrów) pozyskiwanych w procesach biotechnologicznych do syntez polimerów katalizowanych enzymami stwarza wręcz nieograniczone możliwości wytwarzania nowych „zielonych” zamienników dla polimerów petrochemicznych.

Praca finansowana w ramach projektu Komisji Europejskiej H2020-MSCA-RISE nr. 872152.

## **Poliuretany dzisiaj i jutro – aktualne trendy i wyzwania**

*dr hab. inż. Joanna Paciorek-Sadowska, prof. nadzw., Katedra Chemii i Technologii Poliuretanów, Instytut Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy*

Badania naukowe prowadzone w obszarze materiałów poliuretanowych od ponad osiemdziesięciu lat rewolucjonizują różne dziedziny życia. Stanowią one bardzo ważną grupę materiałów, których dynamiczny rozwój jest wyraźnie widoczny zarówno w Polsce, jak i na świecie. Rozwój ich polega m.in. na możliwości szerokiej modyfikacji składu formułacji w wyniku aplikacji dodatków na różnych etapach procesu wytwarzania oraz tworzeniu innowacyjnych lub udoskonalanie konwencjonalnych technologii ich przetwórstwa.

Poliuretan jest materiałem, którego obecność wypełnia przestrzeń pomiędzy gumą a tworzywami konstrukcyjnymi i w wyniku tego może stanowić dla nich alternatywę. Jest to tworzywo bardzo uniwersalne i nowoczesne, na bazie którego można otrzymać szereg nieszablonowych materiałów o różnych, często przeciwstawnych właściwościach. Wykorzystując możliwości kreatywnej chemii, można je stosować w wielu aplikacjach, od produktów porowatych otwarto- i zamkniętokomórkowych poprzez kauczuki, lakiery, kleje, włókna, kompozyty, aż po lite elastomery. Masowa produkcja tworzyw poliuretanowych o różnorodnych, często zaprojektowanych właściwościach wynika przede wszystkim z szerokiej bazy surowcowej.

Obok tych niewątpliwie dużych atutów, materiały poliuretanowe, jako przedstawiciele tworzyw sztucznych, posiadają również wady, które obecnie są wyzwaniami dla naukowców i producentów poliuretanów. Od kilku lat zwraca się uwagę na kwestię zrównoważonego rozwoju i w związku z tym, oprócz dbałości o wartość aplikacyjną, szczególną rolę odgrywają aspekty ekologiczne. Przed producentami materiałów poliuretanowych stoi wiele wyzwań, z których najpilniejsze to: problem zagospodarowania odpadów, wykorzystywanie surowców odnawialnych oraz eliminacja substancji niebezpiecznych. Prowadzone są intensywne badania w wielu ośrodkach na świecie w celu sprostania tym wyzwaniom. Dlatego perspektywy rozwoju produkcji



tej grupy tworzyw są optymistyczne. Możliwości zastosowania poliuretanów są tak ogromne i korzyści z tego wynikające tak obiecujące, że będą trudne do zastąpienia przez najbliższe dziesiątki lat.

# **Wystąpienia Uczestników**



## **Amorficzna ziemia krzemkowa jako napełniacz w kompozytach polimerowych**

**Marta Dobrosielska**, [marta.dobrosielska@pw.edu.pl](mailto:marta.dobrosielska@pw.edu.pl), Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa, <https://wim.pw.edu.pl>

**Renata Dobrucka**, [renata.dobrucka@pw.edu.pl](mailto:renata.dobrucka@pw.edu.pl), [renata.dobrucka@ue.poznan.pl](mailto:renata.dobrucka@ue.poznan.pl), Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa, <https://wim.pw.edu.pl>, Katedra Jakości Produktów Przemysłowych i Opakowań, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań, <https://ue.poznan.pl/pl/>

**Robert E. Przekop**, [rprzekop@amu.edu.pl](mailto:rprzekop@amu.edu.pl), Centrum Zaawansowanych Technologii UAM, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 10, 61-614 Poznań, <https://www.wczt.pl>

**Krzysztof J. Kurzydłowski**, [krzysztof.kurzydowski@pw.edu.pl](mailto:krzysztof.kurzydowski@pw.edu.pl), Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa, <https://wim.pw.edu.pl>, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, Wiejska 45c, 15-351 Białystok, <https://wm.pb.edu.pl>

Okrzemki stanowią najbardziej rozpowszechnioną i różnorodną grupę alg na świecie. Ich cechą charakterystyczną jest posiadanie porowatych pancerzyków składających się w głównej mierze z krzemionki. Cechują się występowaniem porów różnych typów: mikroporów, mezoporów, makroporów, przy czym dominują mezopory. Wielkość okrzemki jest ściśle uzależniona od jej cyklu życiowego, z tego względu ziemia okrzemkowa cechuje się dużą różnorodnością. Ponadto w ziemi okrzemkowej występują pancerzyki okrzemek w formie całej, niepołamanej, jak i połamanej oraz zaglomerowanej. Tworzenie aglomeratów w matrycy polimerowej może negatywnie wpływać na dyspersję napełniacza i obniżać wytrzymałość mechaniczną kompozytu. Z tego względu opracowano technikę frakcjonowania pojedynczych okrzemek oraz ich połamanych fragmentów metodą hydrauliczną. Metoda hydrauliczna miała na celu uzyskanie materiału o wąskim zakresie dystrybucji wielkości cząstek. Z wykorzystaniem tej metody otrzymano kompozyty na osnowie tworzyw termoplastycznych (PLA). Przetwórstwo kompozytów prowadzono za pomocą metod tradycyjnych, takich jak: techniki ekstruzji i wtrysku. Zastosowano również techniki nowoczesne, takie jak: druk 3D techniką

FDM/FFF. Otrzymane kompozyty poddano wszechstronnej charakterystyce. Zastosowano techniki mikroskopowe, badania mechaniczne, reologiczne, spektroskopowe, badania energii powierzchniowej czy analizę termiczną. Finalnie przeprowadzone badania mają posłużyć do wskazania potencjalnych kierunków zastosowania otrzymanych kompozytów.

## **Badania spektroskopowe systemów inicjujących dedykowanych do fotopolimeryzacji rodnikowej i kationowej**

***Paweł Stalmach**, [pawel.stalmach05@gmail.com](mailto:pawel.stalmach05@gmail.com), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl)*

***Paweł Niezgoda**, [pawelniezgoda@gmail.com](mailto:pawelniezgoda@gmail.com), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl); Photo4Chem, Kraków, [www.photo4chem.com](http://www.photo4chem.com)*

***Joanna Ortyl**, [joanna.ortyl@pk.edu.pl](mailto:joanna.ortyl@pk.edu.pl), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl); Photo4Chem, Kraków, [www.photo4chem.com](http://www.photo4chem.com); Photo HiTech, Kraków, [www.photohitech.com](http://www.photohitech.com)*

Polimeryzacja inicjowana światłem jest niezwykle popularną metodą otrzymywania materiałów polimerowych. Ma ona szerokie zastosowanie w takich dziedzinach jak drukarstwo, optoelektronika, lakiernictwo, a w ostatnim czasie na znaczeniu zyskuje również wykorzystanie w stomatologii, medycynie i druku 3D. Kluczową rolę w tym procesie odgrywa system inicjujący, który rozpoczyna reakcję fotopolimeryzacji. Determinuje on również mechanizm procesu fotopolimeryzacji i odpowiada za końcowe właściwości otrzymanego materiału. Dlatego tak ważny jest dobór właściwego systemu inicjującego lub też struktury stosowanego fotoinicjatora. Kompatybilność z obecnie stosowanymi źródłami światła, najlepiej z zakresu widzialnego oraz wysoki molowy współczynnik ekstynkcji to kryteria które muszą spełniać fotoinicjatory, aby reakcja polimeryzacji przebiegła szybko i wydajnie. Aktualnie używane drukarki 3D posiadają diody z maksimum emisji zlokalizowanym przy fali o długości na ogół wynoszącej 405 nm. Dlatego istotne jest aby inicjatory wykazywały absorpcję światła w tym zakresie.

W niniejszej pracy zbadano charakterystykę absorpcji inicjatorów rodnikowych powszechnie stosowanych w systemach inicjujących w żywicach fotoutwardzalnych oraz inicjatorów polimeryzujących według mechanizmu kationowego, które nie są obecnie tak często wykorzystywane w druku 3D. Następnie sprawdzono kinetykę reakcji fotopolimeryzacji oraz efektywność

handlowych żywic fotoutwardzalnych. Do tego celu wykorzystano spektrofotometr i10 NICOLETTM (Thermo Scientific), z przystawką do pomiarów kinetyki fotopolimeryzacji metodą Real Time FT-IR. Monitorowano zanik wolnych grup funkcyjnych zlokalizowanych przy wartości liczby falowej wynoszącej około  $6160\text{ cm}^{-1}$  oraz  $1634\text{ cm}^{-1}$ . Wyniki przedstawiono w postaci stopnia konwersji tych grup dla poszczególnych żywic handlowych.

Podziękowania: Powyższe badania zostały sfinansowane przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach projektu TEAM TECH. Numer projektu TEAM TECH/2016-2/15 (POIR.04.04.00-00-204B/16-00).

## **Biomateriały stosowane w leczeniu chorób skóry**

*Paulina Sapuła, paulina.sapula@doktorant.pk.edu.pl, Katedra Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, www.chemia.pk.edu.pl*

Skóra jest to największy organ w ludzkim ciele, który ma za zadanie chronić organizm człowieka przed środowiskiem zewnętrznym poprzez tworzenie bariery między tymi dwoma ośrodkami. Do głównych funkcji skóry należy ochrona przed urazami fizycznymi, środkami chemicznymi, promieniowaniem ultrafioletowym i bakteriami chorobotwórczymi. Skóra jest jednym z miejsc do dostarczania środków terapeutycznych, jednak stanowi poważną barierę, która wymaga opracowania odpowiednich technologii pozwalających na zwiększenie przenikania substancji czynnych.

Choroby skóry stanowią schorzenie dotykające ludzi na całym świecie, niezależnie od wieku. Pomimo niższej śmiertelności, problemy skórne istotnie wpływają na jakość życia pacjentów. Z tego powodu istnieje duża potrzeba opracowania skutecznych materiałów i metod leczniczych minimalizujących skutki tych chorób.

Biomateriały stanowią grupę materiałów medycznych stosowanych do produkcji urządzeń i elementów mających kontakt z tkankami organizmu. Wśród podstawowych cech tego typu materiałów wymienić można biokompatybilność, biodegradowalność, nietoksyczność, nieimmunogenność, optymalne właściwości mechaniczne oraz dopasowaną do zastosowania porowatość i morfologię.

Biomateriały na bazie polimerów znalazły szerokie zastosowanie jako opatrunki oraz rusztowania na rany. Unikalne właściwości polimerów pochodzenia naturalnego pozwoliły na otrzymanie materiałów wspierających i przyspieszających gojenie ran. Naturalne biomateriały wykazują podobieństwo do macierzy zewnątrzkomórkowej oraz pierwotnego środowiska komórkowego skóry. Ponadto, posiadają właściwości przeciwwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwutleniające, ściągające oraz zmiękczające.

Leczenie ran przewlekłych stanowi znaczne wyzwanie zarówno dla pacjentów, jak i systemu opieki zdrowotnej. Z tego względu konieczny jest stały rozwój tego obszaru produktów medycznych, tak aby dostępne biomateriały wykazywały wysoką skuteczność i bezpieczeństwo leczenia ran o różnej etiologii.



## **Eko-fibrokompozyty cementowo szklane eco-FRCGC jako nowa rodzina kompozytów wysokiej wytrzymałości modyfikowanych domieszką biopolimerową**

**Waldemar Łasica**, [waldemar.lasica@wat.edu.pl](mailto:waldemar.lasica@wat.edu.pl), Laboratorium Badawcze WIG, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl); <https://laboratorium.wig.wat.edu.pl/>

**Marcin Małek**, [marcin.malek@wat.edu.pl](mailto:marcin.malek@wat.edu.pl), Laboratorium Badawcze WIG, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl); <https://laboratorium.wig.wat.edu.pl/>

Temat wystąpienia dotyczy eko-kompozytów wysokiej wytrzymałości zawierających w składzie porecyklingowe mikowłókna oraz makrowłókna polipropylenowe. Przedstawiony eko-materiał wysokiej wytrzymałości stanowi innowacyjne rozwiązanie ukierunkowane na branżę budowlaną, opartej na wdrażaniu materiałów konstrukcyjnych zawierających zbrojenie rozproszone. Przetawiono nową metodę projektowania składów receptur eko-fibrokompozytów cementowo-szklanych. Główne założenia nowej metody to redukcja masy cementu, stosowanie częściowych substytutów cementów portlandzkich CEM I, wprowadzenie odpadowych spoiw przemysłowych generowanych w procesach energetycznego spalania paliw kopalnych oraz zastosowanie nowej gamy domieszek biopolimerowych regulujących parametry reologiczne. Przedstawiono wyniki badań w zakresie parametrów reologicznych, tj. lepkość plastyczna, statyczna i dynamiczna granica płynięcia, czas i średnica rozplywu, wartość opadu stożka pomiarowego, odporność na segregację składników eko-mieszanki oraz wytrącanie się zacinu spoiwowego. Opisano wpływ procentowej ilości domieszki biopolimerowej na zmianę konsystencji eko-mieszanek modyfikowanych włóknami porecyklingowymi lub odpadowymi. Dokonano charakterystyki składu chemicznego domieszek biopolimerowych oraz wpływu danej bazy chemicznej na zmianę stopnia ciekłości eko-mieszanek. Scharakteryzowano składniki tworzące receptury eko-fibrokompozytów, tj. pyły krzemionkowe, popioły lotne wapienne, pyły z łupka palonego, granulaty szkła sodowego oraz włókna polipropylenowe o zmiennej geometrii.

## **Hydrofobowa modyfikacja zdegradowanego wysokocząsteczkowego kwasu hialuronowego w celu przygotowania nanocząstek mogących posłużyć jako nośniki leków**

**Natan Rajtar**, [natan.rajtard@doctoral.uj.edu.pl](mailto:natan.rajtard@doctoral.uj.edu.pl), Zakład Chemii Fizycznej i Elektrochemii, Uniwersytet Jagielloński, [www.chemia.uj.edu.pl](http://www.chemia.uj.edu.pl)

**Mariusz Kępczyński**, [m.kepczynski@uj.edu.pl](mailto:m.kepczynski@uj.edu.pl), Zakład Chemii Fizycznej i Elektrochemii, Uniwersytet Jagielloński, [www.chemia.uj.edu.pl](http://www.chemia.uj.edu.pl)

Kwas hialuronowy (HA) jest obecnie wykorzystywany do tworzenia różnorodnych nośników leków. Ponieważ jest dobrze rozpuszczalny w wodzie, nie tworzy w środowisku wodnym nanostruktur, które mogą posłużyć do zamykania leków. W tej pracy porównano właściwości pochodnych HA otrzymanych poprzez kowalencyjne przyłączenie grup alkilowych do łańcucha polisacharydu o różnej długości. W tym celu wielkocząsteczkowy HA (HMHA) pochodzenia naturalnego został najpierw poddany działaniu ultradźwięków w celu otrzymania małowcząsteczkowego HA (LMHA). Proces sonikacji został zoptymalizowany w celu otrzymania LMHA o masie cząsteczkowej wagowej około 110 kDa w oparciu o pomiary chromatografii SEC. Następnie przeprowadzono reakcje przyłączenia dodecyloaminy do łańcucha HA poprzez wiązanie amidowe. Stopień podstawienia HA grupami alkilowymi został wyznaczony z widm NMR. Zachowanie otrzymanych pochodnych HA w środowisku wodnym zbadano używając metod rozpraszania światła oraz spektrofotometrii. Wielkość krytycznego stężenia agregacji (ang. critical aggregation concentration, CAC) wyznaczono stosując pomiary fluorescencji sondy molekularnej, difenylloheksatrienu (DPH). Pomiary te pokazały, że otrzymane pochodne mogą organizować się w roztworach wodnych z utworzeniem hydrofobowych domen, w których mogą akumulować się substancje niepolarne, np. leki. Rozmiary otrzymanych agregatów były wyznaczane za pomocą dynamicznego rozpraszania światła (DLS). Otrzymane wyniki wskazują na tworzenie się struktur o rozmiarach 1112 nm. Dalsze badania będą obejmować różne długości łańcucha polisacharydowego, inne rodzaje podstawnika i stopnie podstawienia.

## **Innowacyjne kompozyty polimerowe stosowane w procesie biodruku**

**Bartosz Oksiuta**, *oksiutabartosz@gmail.com*, Koło Naukowe Fotochemii Stosowanej,  
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska

**Dawid Oksiuta**, *dawid.oksiuta@student.pk.edu.pl*, Koło Naukowe Fotochemii  
Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska

**Monika Topa-Skwarczyńska**, *monika.topa@doktorant.pk.edu.pl*, Photo4Chem sp.  
z o.o Koło Naukowe Fotochemii Stosowanej, Wydział Inżynierii i Technologii  
Chemicznej, Politechnika Krakowska

**Andrzej Świeży**, *andrzej.swiezy@doktorant.pk.edu.pl*, Photo HiTech Sp. z o.o, Koło  
Naukowe Fotochemii Stosowanej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej,  
Politechnika Krakowska

**Joanna Ortyl**, *joanna.ortyl@photohitech.com*, Photo HiTech Sp. z o.o, Photo4Chem  
sp. z o.o Koło Naukowe Fotochemii Stosowanej, Wydział Inżynierii i Technologii  
Chemicznej, Politechnika Krakowska

Tradycyjne zagadnienia biologiczne badane są przy użyciu komórek posianych na dwuwymiarowych twardych powierzchniach. Problemem jest, że badania prowadzone w takich warunkach zważając na właściwości biofizyczne i organizacje komórkową są нефизjologiczne. Naprzeciw tym trudnościom wychodzi biodruk który otwiera nowe możliwości pozwalające na efektywniejsze badania biologiczne z wykorzystaniem trójwymiarowych struktur. Chociaż zazwyczaj stosuje się ją w inżynierii tkankowej do terapeutycznej naprawy tkanek lub badań leków, istnieje wiele możliwości wykorzystania bioprintingu.

Obecnie biodruk określa się jako wytwarzanie biologicznie funkcjonalnych produktów w zautomatyzowany sposób ze zorganizowaną strukturą, przy zastosowaniu żywych komórek bioaktywnych molekuł lub agregatów komórkowych.

W obecnych czasach biodruk jest mocno rozwijaną technologią z obiecującymi perspektywami na przyszłość, przez co istnieje zapotrzebowanie na opracowywanie innowacyjnych materiałów polimerowych o potencjalnym zastosowaniu w druku 3D i biodruku.

W niniejszej pracy zaprezentowano innowacyjne polimerowe kompozycje fotoutwardzalne o potencjalnym zastosowaniu w technologii druku 3D do wytwarzania biokompatybilnych rusztowań komórkowych wykorzystujących monomery pochodzenia naturalnego.

Podziękowania: Niniejsze badania były finansowane z projektu FNP numer umowy POIR.04.04.00-00-204B/16-00; TEAM TECH/2016-2/15 tytuł projektu: „Molecular design, synthesis and application of photoinitiator-catalysts (PICs) for photopolymerization reactions” realizowanego w okresie od 01-03-2018 do 28-05-2022.

## **Metody statystyczne w ocenie mikrokapsulek alginianowych**

**Anna Maria Łętocha**, *anna.letocha@doktorant.pk.edu.pl*, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska

**Małgorzata Miastkowska**, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska

**Elżbieta Sikora**, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska

Alginiany stanowią nierozgałęzione kopolimery kwasu D-mannurowego (M) i kwasu L-gulonowego (G) połączone wiązaniami  $\beta$  (1-4) glikozydowymi. Ze względu na biokompatybilność, biogodność i nietoksyczność znalazły zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, jako nośniki substancji aktywnych w formie mikrożeli, mikrokapsulek i mikrosfer. Do najczęściej stosowanych metod otrzymywania kapsulek alginianowych zaliczamy techniki takie jak: ekstruzja, emulsyfikacja oraz suszenie rozpyłowe. Rozmiary otrzymywanych w ten sposób mikrosfer mieszczą się w przedziale od nano- do mikrometrów.

Proces otrzymywania mikrokapsulek alginianowych zoptymalizowano z wykorzystaniem matematycznych metod planowania eksperymentu. W pierwszej kolejności określono strukturę procesu i zmienne mające wpływ na końcowy rozmiar mikrokapsulek. W tym celu sporządzono dwa plany frakcyjne z jednym punktem centralnym. Analizę statystyczną przeprowadzono w oparciu o jednokierunkową analizę wariancji (ANOVA). Za pomocą testu F dokonano oceny istotności różnic. Za istotną statystycznie uznano wartość  $p < 0,05$ . Uzyskano profile aproksymacji, które pozwalają na określenie, które wartości zmiennych wejściowych zapewniają najbardziej użyteczne wartości zmiennych wyjściowych. Przybliżone wartości są następnie przeliczane na skalę użyteczności, obejmującą zakres od 0 do 1. Jako 0 oznaczone są efekty najmniej pożądane, natomiast jak 1 – efekty najbardziej pożądane. Na podstawie otrzymanych profili aproksymacji udało się zoptymalizować użyteczność kompozycji.

## **Ocena stabilności i biokompatybilności matrycy hydrożelowej na podłożu szklanym i polimerowym do trójwymiarowej hodowli komórek *in vitro***

**Adrianna Cieślak**, [adrianna.cieslak@pwr.edu.pl](mailto:adrianna.cieslak@pwr.edu.pl), Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrocławska, <https://kmim.wm.pwr.edu.pl/>

**Jerzy Detyna**, [jerzy.detyna@pwr.edu.pl](mailto:jerzy.detyna@pwr.edu.pl), Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrocławska, <https://kmim.wm.pwr.edu.pl/>

W ramach prowadzonych badań, wytworzono matryce hydrożelowe na podłożach szklanych i polimerowych, jako struktury składające się na platformę typu Lab-on-Chip (LOC) do zastosowań biomedycznych. Układ poddano walidacji biologicznej i mechanicznej.

Do wytworzenia różnych kompozycji matryc hydrożelowych wykorzystano alginian sodu, agar, metylocelulozę, chitozan i żelatynę. Ośrodkiem, w którym rozpuszczano biopolimery była woda demineralizowana lub roztwór soli fizjologicznej. Przygotowano roztwory polimerów aplikowano na podłoża i sieciowano roztworem  $\text{CaCl}_2$ , otrzymując hydrożele. Matryce posiadały określoną geometrię, pozwalającą na hodowlę komórek nowotworowych (H69AR). Hydrożele poddano badaniom degradacji, umieszczając ich próbki w płynie naśladującym środowisko organizmu (NaCl roztw.) i zapewniając temperaturę  $37^\circ\text{C}$ . Na podstawie testów ściskania próbek hydrożelowych, obliczono wartości modułu sprężystości, które są zbliżone do modułów sprężystości skóry, mięśnia sercowego czy szkieletowego. Świadczy to o realnej możliwości zastosowania przygotowanych matryc hydrożelowych w inżynierii komórkowej. Hodowlę komórkową prowadzono po to, aby zweryfikować aktywność biologiczną komórek po wprowadzeniu do LOC. Efekty badano jakościowo (barwienie błękitem trypanu) oraz ilościowo (test cytotoksyczności z odczynnikiem Presto Blue). Na podstawie wykonanej pracy badawczej wysunięto następujące wnioski poznawcze:

1. Matryce hydrożelowe są biokompatybilne, komórki rozwijają się i proliferują w ich obecności. Hydrożelem, który najbardziej sprzyja rozwojowi komórek jest kompozycja alginianu sodu, żelatyny i roztworu NaCl.
2. Wartości modułu sprężystości hydrożeli wskazują na ich wystarczającą wytrzymałość przed i po inkubacji. Najbardziej stabilny jest hydrożel na bazie wody z alginianem sodu i żelatyną, ponieważ posiada największy średni moduł sprężystości, czyli jest najmniej odkształcalny.
3. Zmniejszenie wartości modułu sprężystości niektórych badanych hydrożeli, a więc także pogorszenie ich stabilności mechanicznej, może świadczyć o ich degradacji w wyniku ekspozycji na podwyższoną temperaturę i roztwór NaCl.

## Ocena wpływu hydroksyapatytu, nanohydroksyapatytu i chlorku magnezu na właściwości alginianu

**Anna Morawska-Chochół**, [morawska@agh.edu.pl](mailto:morawska@agh.edu.pl), Katedra Biomateriałów i Kompozytów, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, [www.agh.edu.pl](http://www.agh.edu.pl)

**Agnieszka Urbaś**, Inżynieria Biomedyczna, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, [www.agh.edu.pl](http://www.agh.edu.pl)

**Witold Reczyński**, [wreczyn@agh.edu.pl](mailto:wreczyn@agh.edu.pl), Katedra Chemii Analitycznej i Biochemii, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, [www.agh.edu.pl](http://www.agh.edu.pl)

**Ewelina Kwiecień**, [ewelina\\_kwiecien@sggw.edu.pl](mailto:ewelina_kwiecien@sggw.edu.pl), Katedra Nauk Przedklinicznych, Instytut Medycyny Weterynaryjnej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, [www.sggw.edu.pl](http://www.sggw.edu.pl)

**Magdalena Rzewuska**, [magdalena\\_rzewuska@sggw.edu.pl](mailto:magdalena_rzewuska@sggw.edu.pl), Katedra Nauk Przedklinicznych, Instytut Medycyny Weterynaryjnej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, [www.sggw.edu.pl](http://www.sggw.edu.pl)

Alginiany cieszą się zainteresowaniem jako podłoża w regeneracji ubytków chrzęstno-kostnych z uwagi na ich biogodność, degradowalność w środowisku biologicznym oraz możliwość łatwego kształtowania ich mikrostruktury. Modyfikacja alginianów hydroksyapatytem nadaje im cech bioaktywności, jednak pożądaną cechą są także właściwości antybakteryjne biomateriałów i taki potencjał stanowią związki magnezu. W pracy oceniono wpływ dodatku hydroksyapatytu w postaci mikro- i nanoproszku oraz chlorku magnezu na właściwości mechaniczne oraz porowatość podłoży alginianowych. Oceniono także szybkość uwalniania magnezu, właściwości antybakteryjne podłoży, a także ich potencjał bioaktywny. Analizowane właściwości są istotne w ocenie przydatności otrzymanych podłoży w regeneracji ubytków kostno-chrzęstnych. Podłoża otrzymano w procesie liofilizacji, a następnie poddano je procesowi sieciowania w  $\text{CaCl}_2$ . Badania wykazały, że dodatek chlorku magnezu w połączeniu z hydroksyapatytem poprawił parametry mechaniczne oraz wpłynął korzystnie na tworzenie wydzieleni apatytowych w symulo-



wanym środowisku biologicznym. Nie zaobserwowano znacznego wpływu nano-hydroksyapatytu na badane właściwości. Porowatość otrzymanych podłoży wynosiła 74-78%. Kinetyka uwalniania jonów magnezu była porównywalna niezależnie od zastosowanego uziarnienia hydroksyapatytu. Działanie antybakteryjne było widoczne w przypadku wybranego patogenu. Przeprowadzone badania wykazały potencjał aplikacyjny podłoży alginianowych modyfikowanych hydroksyapatytem i chlorkiem magnezu.

## Opracowanie fluorescencyjnego filamentu z PLA do druku 3D w technologii FDM

**Karolina Gałuszka**, karolina.galuszka26@gmail.com, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, www.pk.edu.pl

**Bartosz Oksiuta**, oksiotabartosz@gmail.com, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, www.pk.edu.pl

**Katarzyna Starzak**, katarzynastarzak1998@gmail.com, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, www.pk.edu.pl

**Joanna Ortyl**, jortyl@pk.edu.pl, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, www.pk.edu.pl; Photo4Chem sp. z o.o., ul. J. Lea 114, 30-133 Kraków; PhotoHiTech sp. z o.o., ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków, www.photohitech.com

Druk 3D jest jedną z najbardziej obiecujących i rozwijających się technik wytwarzania przedmiotów przestrzennych. Znalazł zastosowanie w produkcji przedmiotów technicznych, medycznych, jak i tych codziennego użytku. Jedną z technik druku 3D jest technologia Fused Deposition Modelling – FDM (osadzania topionego materiału), która opiera się na wykorzystywaniu różnego typu materiałów termoplastycznych do jakich należy polilaktyd (PLA). PLA, który jest całkowicie biodegradowalnym poliestrem liniowym, a przy tym wykazuje właściwości tradycyjnych tworzyw sztucznych znalazł zastosowanie jako filament w produkcji materiałów, w różnych dziedzinach przemysłu. Celem prezentowanej pracy było wytworzenie filamentu polilaktydowego z dodatkiem barwników fluorescencyjnych jak Kumaryna 1, Kompleksy Europu oraz Rodamina do druku przestrzennego. W ramach pracy stopiono PLA z barwnikiem (1% masowy), a następnie przystąpiono do wytłaczania filamentu z wykorzystaniem wytłaczarki. Wytłaczanie prowadzono w standardowej temperaturze topnienia polilaktydu, jednocześnie kontrolując właściwości fluorescencyjne barwnika. Uzyskany filament użyto

do wykonania próbek technologią druku przestrzennego FDM. Podczas druku również zastosowano temperaturę z przedziału topnienia polilaktydu.

Po wydrukowaniu próbných modeli sprawdzono, czy zdolności fluorescencyjne barwników nie zostały utracone. W niniejszej pracy zaprezentowany został fluorescencyjny filament, którego właściwości pozwalają na uzyskiwanie wydruków technologią druku przestrzennego, nie tracąc przy tym potencjału świecenia.

Podziękowania: Powyższe badania zostały sfinansowane przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach projektu TEAM TECH. Numer projektu TEAM TECH/2016-2/15 (POIR.04.04.00-00-204B/16-00)

## Otrzymywanie żywicy alkilofenolowo-furfuralowo-formaldehadowej oraz jej eteryfikacja wyższymi alkoholami

**Marta Depta**, [marta.depta@icso.lukasiewicz.gov.pl](mailto:marta.depta@icso.lukasiewicz.gov.pl), Grupa Badawcza Procesy Katalityczne, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia”, <https://www.icso.com.pl/>

**Katarzyna Jaszcz**, [katarzyna.jaszcz@polsl.pl](mailto:katarzyna.jaszcz@polsl.pl), Katedra Fizykochemii i Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska, <https://www.polsl.pl/rch/>

**Sławomir Napiórkowski**, [slawomir.napiorkowski@icso.lukasiewicz.gov.pl](mailto:slawomir.napiorkowski@icso.lukasiewicz.gov.pl), Grupa Badawcza Procesy Katalityczne, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia”, <https://www.icso.com.pl/>

Systematyczny postęp dokonujący się w dziedzinie żywic rezolowych wymusza konieczność ich nieustannego doskonalenia pod względem jakościowym. Największy postęp w ostatnich latach dokonał się w zakresie ich modyfikacji tj. stosowania dodatków wpływających korzystnie na konkretne właściwości aplikacyjne. Modyfikacja może następować zarówno na etapie syntezy, jak również na etapie przetwarzania gotowego produktu, a jej celem jest poprawa konkretnych właściwości. Jednym ze sposobów modyfikacji żywic rezolowych na etapie syntezy jest proces alkoksylowania, polegający na eteryfikacji grup hydroksymetylowych obecnych w żywicy, różnego rodzaju alkoholami. Eteryfikowane rezole wykazują większą rozpuszczalność w rozpuszczalnikach aromatycznych i zwiększoną elastyczność. Są one stosowane głównie w powłokach, impregnujących żywicach do laminatów i klejów stosowanych w przemyśle elektrycznym przy wytwarzaniu powłok charakteryzujących się bardzo dobrą odpornością chemiczną i mechaniczną. Celem pracy było opracowanie sposobu otrzymywania żywicy rezolowej na bazie furfuralu, oraz jej eteryfikacja, tak aby otrzymany produkt mógł stanowić alternatywę dla żywic fenolowo-formaldehadowych. W wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych nad otrzymywaniem żywicy krezolowej eteryfikowanej alkoholem, uzyskano produkt o korzystnych właściwościach fizykochemicznych, o zawartości wolnego furfuralu i formaldehydu <0,1%

i alkilofenolu <1,0%. Określono strukturę chemiczną otrzymanej żywicy przed i po modyfikacji alkoholami w oparciu o szczegółową interpretację widm masowych ESI MS(-). Otrzymany produkt może mieć duży wpływ na ograniczenie stosowania szkodliwego formaldehydu i przyczynić się do promowania zielonych technologii sprzyjających środowisku i zdrowiu człowieka.

## **Technologia użyteczności w projektowaniu implantów z polimerów biopochodnych**

**Agnieszka Gutowska**, *itb@moratex.eu*, Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX”, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 3, 90-505 Łódź

**Katarzyna Kośla**, *itb@moratex.eu*, Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX”, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 3, 90-505 Łódź

**Marcin H. Struszczyj**, *itb@moratex.eu*, Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX”, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 3, 90-505 Łódź

Zagrożenia związane z użytkowaniem wyrobów medycznych są powszechnie rozpoznawanym i poważnym problemem, który pod względem częstotliwości i konsekwencji może znacznie przewyższyć inne rodzaje ryzyka. W celu ograniczenia zagrożeń spowodowanych czynnikiem ludzkim, zwłaszcza w kontekście błędów użycia prowadzi się proces inżynierii użyteczności (inżynierii czynników ludzkich), pozwalający ocenić i zminimalizować ryzyka związane z poprawnym użytkowaniem i błędami użytkownika wyrobu medycznego.

Proces inżynierii użyteczności realizowany jest na podstawie zapisów międzynarodowego standardu stosowania inżynierii użyteczności w wyrobach medycznych – PN-EN 62366-1:2015-07/AC: Wyroby medyczne – Część 1: Zastosowanie inżynierii użyteczności do wyrobów medycznych i ma status poprawki do normy EN 62366-1:2015/AC:2015 Medical devices – Part 1: Application of usability engineering to medical devices. Niniejszy dokument określa proces w zakresie dokonania analizy, wyszczególnienia, opracowania i oceny użyteczności wyrobu medycznego, która odnosi się do bezpieczeństwa. Może zostać również wykorzystany do identyfikacji ryzyk związanych z „normalnym” użytkowaniem (ang. *correct use*).

W niniejszej pracy zaprezentowano zastosowanie inżynierii użyteczności w projektowaniu wyrobów medycznych na przykładzie spersonalizowanych kostnych implantów medycznych przeznaczonych do neurochirurgicznych rekonstrukcji sklepienia czaszki oraz twarzoczaszki, uzyskanych z resorbowalnych anatomicznych struktur przestrzennych. Omówiono koncepcję,

główne założenia i metodologie procesu inżynierii użyteczności, dzięki któremu możliwym było prawidłowe zaprojektowanie spersonalizowanych kostnych implantów medycznych.

Wyniki powyższych prac sfinansowane zostały przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu nr POIR.01.01.01-00-0646/19 pt. „Opracowanie zindywidualizowanych implantów biodegradowalnych do zabiegów rekonstrukcji kości”, akronim CRANIOIMPLANTS, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

## Tlenek limonenu jako dodatek w procesie fotopolimeryzacji nanokompozytów polimerowych

**Małgorzata Noworyta**, [noworyta.mal@gmail.com](mailto:noworyta.mal@gmail.com), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl)

**Monika Topa-Skwarczyńska**, [monika.topa@doktorant.pk.edu.pl](mailto:monika.topa@doktorant.pk.edu.pl), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl); Photo4Chem, Kraków, [www.photo4chem.com](http://www.photo4chem.com)

**Bartosz Oksiuta**, [bartosz.oksiuta@student.pk.edu.pl](mailto:bartosz.oksiuta@student.pk.edu.pl), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl)

**Dawid Oksiuta**, [dawid.oksiuta@student.pk.edu.pl](mailto:dawid.oksiuta@student.pk.edu.pl), Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl)

**Magdalena Jankowska**, [magdalen.jankowska@doktorant.pk.edu.pl](mailto:magdalen.jankowska@doktorant.pk.edu.pl), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl); Photo4Chem, Kraków, [www.photo4chem.com](http://www.photo4chem.com)

**Joanna Ortyl**, [joanna.ortyl@pk.edu.pl](mailto:joanna.ortyl@pk.edu.pl), Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, [www.pk.edu.pl](http://www.pk.edu.pl); Photo4Chem, Kraków, [www.photo4chem.com](http://www.photo4chem.com); Photo HiTech, Kraków, [www.photohitech.com](http://www.photohitech.com)

Proces fotopolimeryzacji jest jednym z korzystnych ekonomicznie sposobów na wytworzenie produktów polimerowych. Zachodzenie reakcji w temperaturze pokojowej pozwala na obniżenie zapotrzebowania na energię w procesie, co niesie za sobą oszczędności finansowe. Proces fotopolimeryzacji znalazł swoje zastosowanie w takich dziedzinach, jak: stomatologia, druk 3D, kosmetologia, a także przemysł powłokotwórczy. Istotnym aspektem w branży polimerowej jest stosowanie surowców pochodzenia naturalnego oraz wytwarzanie materiałów biodegradowalnych, których właściwości fizykochemiczne nie odbiegają od materiałów w całości wytworzonych syntetycznie na bazie ropy naftowej. Przykładem monomeru pochodzenia naturalnego jest (R)-limonen, który zawarty jest w skórkach cytrusów takich, jak: mandarynki oraz tlenek limonenu (1,2-epoksyliimonen) otrzymany podczas utleniania (R)-limonenu. Wytwarzając materiały polimerowe korzystnym jest zastoso-



wanie nanododatków w postaci nanotlenków, które poprawiają właściwości mechaniczne wytworzonych materiałów kompozytowych.

W przedstawionej pracy zaprezentowano badania przebiegu kinetyki procesu fotopolimeryzacji kationowej nanokompozytów polimerowych, w których skład wchodziły dwa epoksydowe monomery; tlenek limonenu zastosowany jako monomer pochodzenia roślinnego i CADE, a także nanotlenek cynku użyty jako nanonapełniacz w badanej kompozycji. W badaniach wykorzystano metodę Rea-time FT IR pozwalającą na monitorowanie kinetyki procesu fotopolimeryzacji w czasie rzeczywistym.

Niniejsza praca finansowana była w ramach projektu OPUS LAP nr umowy 2020/39/I/ST5/03556.

## **Wpływ domieszki biopolimerowej na klasę ciekłości eko-fibromieszanek cementowo-szklanych**

**Waldemar Łasica**, [waldemar.lasica@wat.edu.pl](mailto:waldemar.lasica@wat.edu.pl), Laboratorium Badawcze WIG, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl); <https://laboratorium.wig.wat.edu.pl/>

**Marcin Małek**, [marcin.malek@wat.edu.pl](mailto:marcin.malek@wat.edu.pl), Laboratorium Badawcze WIG, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl); <https://laboratorium.wig.wat.edu.pl/>

**Zbigniew Szczesniak**, [zbigniew.szczesniak@wat.edu.pl](mailto:zbigniew.szczesniak@wat.edu.pl), Zakład Budownictwa Ogólnego, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl)

Temat przedstawiony w wystąpieniu dotyczy wpływu nowej generacji domieszki biopolimerowej na regulację parametrów reologicznych eko-fibromieszanek cementowo-szklanych, tj. zmianę klasy ciekłości mieszanki w funkcji procentowej zawartości domieszki biopolimerowej o zmiennych bazach chemicznych. Przeprowadzono badania laboratoryjne w zakresie parametrów reologicznych eko-mieszanek, tj. granica płynięcia, lepkość plastyczna, średnica rozptywu i czas trwania rozptywu, wartość opadu stożka pomiarowego, zdolność na swobodnego rozptywu bez efektu blokowania ziaren granulatu szklanego przez model prętów zbrojeniowych oraz odporność na segregację składników. Przedstawiono wyniki badań reologicznych w zakresie zmian klasy ciekłości przy dozowaniu domieszki biopolimerowej w ilościach 0,25%; 0,50%; 0,75%; 1,00; 1,25 oraz 1,50% masy składników wiążących. Zaprojektowano eko-fibromieszanki z matrycami spoiwowymi w układzie cement-zeolit, cement-łupek palony oraz cement-zeolit-metakaolinit. Dokonano charakterystyki składników eko-fibromieszanek, tj. spoiwa odpadowe pucolanowe oraz hydrauliczne, cementy odporne na siarczany, granulaty szkła sodowego, nowej generacji domieszki biopolimerowe oraz odpadowe mikrowłókna i makrowłókna kordu tekstylnego z procesów recyklingu opon pojazdów mechanicznych. Opisano nową metodę projektowania składu eko-fibromieszanek promującą rozwiązania proekologiczne, tj. redukcja referencyjnej masy spoiwa cementowego portlandzkiego,

zastosowanie spoiw i włókien odpadowych, wprowadzenie nowych niskoklin-  
kierowych i niskoemisyjnych cementów przyjaznych środowisku o obniżonym  
śladzie węglowym w procesach produkcyjnych. Dokonano oceny możliwości  
zastosowania nowych eko-fibromieszanek dla branży budowlanej, tj. eko-  
zaprawy o korzystniejszych parametrach termoizolacyjnych, eko-mieszanki  
natryskowe oraz samozagęszczalne eko-fibromieszanki do produkcji ele-  
mentów o złożonej geometrii i elementów o wysokim stopniu zagęszczenia  
zbrojenia.

## Wykonanie folii biopolimerowej na bazie mieszaniny hydrolizatu kolagenu i żelatyny

**Oleksandra Dzeikala**, *oleksandra.dzeikala@dokt.p.lodz.pl*, Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział chemiczny, Politechnika Łódzka

**Mirosława Prochoń**, *mirosława.prochon@p.lodz.pl*, Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział chemiczny, Politechnika Łódzka

Obecnie wiele naturalnych polimerów jest aktywnie wykorzystywanych do rozwoju medycyny. Folie, membrany, matryce na bazie naturalnych biopolimerów to biodegradowalne materiały, które zapewniają wzrost komórek i regenerację tkanek. Materiały stosowane w medycynie muszą posiadać jednak obowiązkowe właściwości takie jak biokompatybilność, rozwinięta porowata struktura, wytrzymałość mechaniczna, biodegradowalność, zdolność do wspomagania wzrostu oraz utrzymywania funkcji metabolicznych. Istnieje ogromny wybór polimerów naturalnych, które mają perspektywy zastosowania w rozwoju folii medycznych taki jak skrobia, żelatyna, kolagen itp.

W trakcie wykonanych badań uzyskano nową folię biopolimerową opartą na mieszaninie hydrolizatu kolagenu i żelatyny, otrzymywaną metodą odlewania z roztworu. Zbadano właściwości statyczno-mechaniczne wykonanych próbek, określono strukturę folii biopolimerowych za pomocą spektroskopii IR Fouriera, wyznaczono wpływ starzenia termooksydacyjnego oraz mikrobiologicznego na wykonane żełe biopolimerowe. Wyznaczono wpływ hydrolizatu kolagenu w ilości od 1, 2,5 oraz 5 cz. wag. na właściwości użytkowe biopolimerów. Wprowadzenie większej ilości hydrolizatu kolagenu powodowało zmniejszenie wytrzymałości na rozciąganie w chwili zerwania na 75%, oraz zwiększony wydłużenie w chwili zerwania na 63%. Badania mikrobiologiczne wskazują na całkowity rozkład próbek w wyniku działania mikroorganizmów w ciągu 7 dni. Materiały oparte na mieszaninie żelatyny i hydrolizatu kolagenu, mogą znaleźć zastosowanie jako powłoki filmów do zastosowań medycznych.

## Indeks Autorów

Cieślak A. ....	29	Niezgoda P. ....	21
Depta M. ....	35	Noworyta M. ....	39
Detyna J. ....	29	Oksiuta B. ....	26, 33, 39
Dobrosielska M. ....	19	Oksiuta D. ....	26, 39
Dobrucka R. ....	19	Ortyl J. ....	21, 26, 33, 39
Dzeikała O. ....	43	Paciorek-Sadowska J. ....	15
El Fray M. ....	5, 14	Prochoń M. ....	43
Gałużka K. ....	33	Przekop R.E. ....	19
Gutowska A. ....	37	Rajtar N. ....	25
Jankowska M. ....	39	Reczyński W. ....	31
Jaszcz K. ....	35	Rzewuska M. ....	31
Kępczyński M. ....	25	Sapuła P. ....	23
Kośła K. ....	37	Sikora E. ....	28
Kurzydłowski K.J. ....	19	Sokołowska M. ....	14
Kwiecień E. ....	31	Stalmach P. ....	21
Łasica W. ....	24, 41	Starzak K. ....	33
Łętocha A.M. ....	28	Stepczyńska M. ....	11
Małek M. ....	24, 41	Struszczyj M.H. ....	37
Miastkowska M. ....	28	Szcześniak Z. ....	41
Morawska-Chochół A. ....	31	Świeży A. ....	26
Napiórkowski S. ....	35	Topa-Skwarczyńska M. ....	26, 39
Neugebauer D. ....	12	Urbaś A. ....	31

*VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Biopolimery – źródło nowych materiałów”* odbyła się online 27 października 2022 roku.

Głównym celem Wydarzenia była wymiana doświadczeń, integracja środowiska naukowego oraz dyskusja na temat biopolimerów. Podczas Konferencji zwróciliśmy szczególną uwagę na takie zagadnienia, jak m.in. metody syntezy, analizy i modyfikacje biopolimerów, a także potencjalne zastosowanie polimerów. W tematykę Konferencji wprowadzili nas Goście Honorowi: prof. dr hab. inż. Mirosława El Fray (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie), prof. dr hab. inż. Dorota Neugebauer (Politechnika Śląska), dr hab. inż. Joanna Paciorek-Sadowska, prof. nadzw. (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy) oraz dr hab. inż. Magdalena Stepczyńska, prof. ucz. (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy). Uczestnicy Wydarzenia mieli możliwość przedstawienia swoich prac badawczych i przeglądowych w formie wystąpienia ustnego oraz wysłuchania wykładów zaproszonych Gości Honorowych.

*VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Biopolimery – źródło nowych materiałów”* została zorganizowana przez Fundację na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL.

