

V OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA

**KIERUNEK**

**Na**

**N**

**O**

**BADANIA I OSIĄGNIĘCIA Z OBSZARU NANOTECHNOLOGII**

**ABSTRAKTY**



Redakcja:  
Kinga Kalbarczyk, Paulina Pomajda

23 września 2023

**V Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Kierunek NANO – badania i osiągnięcia  
z obszaru nanotechnologii”**

**Abstrakty**



**V Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Kierunek NANO – badania i osiągnięcia  
z obszaru nanotechnologii”**

**Abstrakty**

Redakcja:  
Kinga Kalbarczyk  
Paulina Pomajda

Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL  
Lublin 2023

**V Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kierunek NANO –  
badania i osiągnięcia z obszaru nanotechnologii”**

**23 września 2023 r.**

**Abstrakty**

Redakcja:  
Kinga Kalbarczyk  
Paulina Pomajda

Skład i łamanie:  
Monika Maciąg

Projekt okładki:  
Marcin Szklarczyk

© Copyright by Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL

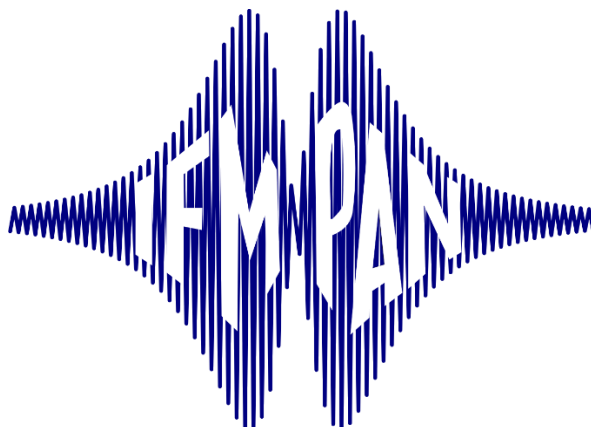
ISBN 978-83-67670-37-1

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:

- **dr hab. Piotr Gauden, prof. UMK**, Katedra Chemii Materiałów, Adsorpcji i Katalizy, Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
- **dr hab. Małgorzata Pociask-Biały, prof. UR**, Instytut Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet Rzeszowski
- **dr hab. Radosław Zaleski, prof. UMCS**, Katedra Fizyki Materiałowej, Instytut Fizyki, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
- **dr Agnieszka Brzózka**, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński
- **dr inż. Dorota Dardas**, Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu
- **dr Renata Wojnarowska-Nowak**, Instytut Inżynierii Materiałowej, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski

## Patronat Honorowy:



## **Komitet Organizacyjny:**

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

## **Organizator:**



Fundacja  
**TYGIEL**

## **Spis treści**

### **Wystąpienia Gości Honorowych**

Co wspólnego mają klocki z nanomateriałami i z nanotechnologią? ..... 11

Nanomateriały i nanotechnologia w tworzeniu innowacyjnych biosensorów ..... 13

Pozyt: unikalna nanosonda ..... 14

### **Wystąpienia Uczestników**

Ciekłe kryształy, efekty nieliniowe i nanotechnologia ..... 17

Na granicy stabilności warstwy metalicznej ZrN w procesie krystalizacji nanodrutów GaN ..... 18

Opracowanie technologii wytwarzania ceramicznych płytek gresowych z antybakteryjną powłoką funkcyjną bazującą na cząsteczkach nano-Ag ..... 19

Potencjał nanokompleksu dendrymer PAMAM/kamptotecyna – synteza, charakterystyka i ocena aktywności biologicznej ..... 20

Wpływ domieszki nanokrzemionki nano-SiO<sub>2</sub> na szczelność stosów okruszowych eko-styrokompozytów z matrycą cementowo-żuźłową ..... 22

Indeks Autorów ..... 23





# **Wystąpienia Gości Honorowych**



## Co wspólnego mają klocki z nanomateriałami i z nanotechnologią?

**dr hab. Piotr Gauden, prof. UMK**, [gaudi@ump.pl](mailto:gaudi@ump.pl), Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

**dr hab. Sylwester Furmaniak, prof. ANS**, [sfurmaniak@ans.pila.pl](mailto:sfurmaniak@ans.pila.pl), Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile, ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

**dr Piotr Kamedulski**, [pkamedulski@umk.pl](mailto:pkamedulski@umk.pl), Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń; Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wileńska 4, 87-100 Toruń

Odkrywanie nowych klas nanomateriałów oraz opracowywanie nowych metod ich syntezy dowodzi niesłabnącego zainteresowania tą tematyką. Początkowym dążeniem naukowców/naukowczyń zajmujących się syntezą materiałów było otrzymywanie układów idealnych. Okazuje się, że cel nie był i nie jest łatwy do osiągnięcia, co w szczególności wynika z dużej podatności nanomateriałów na modyfikacje ich struktury i powierzchni. Z drugiej strony odejście od uporządkowanej budowy jest często zamierzonym zabiegiem powodującym poprawę właściwości syntetyzowanych materiałów m.in. sorpcyjnych oraz katalitycznych. Podsumowując, nanomateriały, ze względu na swoją złożoność, stanowią jeden z najbardziej skomplikowanych układów badawczych zarówno pod względem eksperymentalnym, jak i opisu teoretycznego. Wielość technik charakteryzacji i interpretacja wyników nie ułatwia tego zadania. Pewne nadzieje dają materiały, które „buduje się”, wykorzystując elementy składowe, które można traktować jako „klocki”.

Dodatkowe możliwości odtwarzania i modelowania nanostruktur, jak i równowag sorpcyjnych zachodzących z ich udziałem, pojawiły się w wyniku wzrostu mocy obliczeniowej komputerów. Historyczne modele brały pod uwagę wyniki obserwacji doświadczalnych (np. gęstość, obrazowanie metodami mikroskopii elektronowej, czy wyniki badań adsorpcyjnych). Modele sorbentów stosowane w symulacjach również ulegały znacznej ewolucji od prostych układów (nieskończone szczeliny, cylindry, czy sfery) do skompli-

kowanych modeli, mogących uwzględniać połączenie porów i odchylenia od ich „idealności”.

Prezentacja skupiać się będzie na dwóch zagadnieniach: (i) historycznych i aktualnych modelach materiałów uporządkowanych oraz (ii) modelowaniu chemicznej natury powierzchni węgla poprzez wprowadzanie grup funkcyjnych. Szczególny nacisk zostanie położony na badania niejednorodności budowy (geometrycznych, energetycznych czy obecności heteroatomów) „uporządkowanych” oraz „nieuporządkowanych” układów, który to aspekt jest bardzo często pomijany w badaniach teoretycznych i w opisie danych doświadczalnych. Rozważania teoretyczne zostaną skonfrontowane z wynikami pomiarów doświadczalnych. Połączenie podejścia teoretycznego i eksperymentalnego umożliwia weryfikację istniejących oraz proponowanych teorii, pozwala wyjaśnić mechanizm procesów (dzięki możliwości wglądu na poziomie cząsteczkowym) czy też wyznacza kierunek syntezy i/lub modyfikacji nowych adsorbentów. Warto podkreślić, iż tego typu badania są bardzo istotne dla naukowców zajmujących się wyłącznie pracami eksperymentalnymi, o czym świadczy współpraca naszego Zespołu z wieloma autorytetami naukowymi w dziedzinie zjawisk międzyfazowych i powierzchniowych.

Autorzy składają podziękowania dla Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego (PCSS w Poznaniu) za udostępnienie mocy obliczeniowej na klastrze.

## **Nanomateriały i nanotechnologia w tworzeniu innowacyjnych biosensorów**

**dr Renata Wojnarowska-Nowak**, *Instytut Inżynierii Materiałowej, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski*

Nanotechnologia jako stosunkowo nowa dziedzina wiedzy coraz częściej nam towarzyszy, a jej osiągnięcia są wykorzystywane w różnych aspektach naszego życia. Jednym z obszarów, gdzie daje duże możliwości, jest medycyna i szeroko pojęta ochrona zdrowia. Rozwiązania dostarczane przez nanotechnologie wykorzystywane są w zakresie opracowywania innowacyjnych metod diagnostyki i terapii. Szczególnie ciekawym zagadnieniem są nowoczesne biosensory i nanobiosensory – urządzenia analityczne służące do wykrywania określonych substancji, których praca opiera się na zastosowaniu elementu biologicznego (np. nić DNA, przeciwciało, enzym) będącego czujnikiem i fizykochemicznego przetwornika. Zastosowanie różnorodnych nanomateriałów, począwszy od nanocząstek, nanorurek i nanodrutów o różnej budowie, umożliwiło poprawę czułości, selektywności, powtarzalności i szybkości konstruowanych urządzeń. Wyjątkowe właściwości nanomateriałów, takie jak wysoka przewodność elektryczna, unikatowe właściwości optyczne, czy efekt piezoelektryczny dają możliwości dalszego rozwoju. Podstawowe dwa typy biosensorów, w których wykorzystywane są nanomateriały, to biosensory elektrochemiczne i biochemiczne. Nanostruktury w czujnikach elektrycznych stosuje się zwykle pomiędzy bioreceptorem a przetwornikiem, a ich zadaniem jest usprawnienie przepływu elektronów. W przypadku biosensorów optycznych, działających na zasadzie pomiarów świetlnych monitorujących w sposób bezpośredni lub pośredni (poprzez odpowiednie wskaźniki) zmianę spowodowaną obecnością szukanego czynnika, wykorzystywane są nanomateriały o określonych właściwościach np. kropki kwantowe zdolne do luminescencji, czy nanocząstki metali szlachetnych generujące efekt plazmonowy. Rozwój nanobiosensorów obserwowany jest szczególnie w zakresie diagnostyki poziomu glukozy, cholesterolu, wykrywania infekcji bakteryjnych, wirusowych oraz diagnostyki nowotworowej.

## Pozyt: unikalna nanosonda

**dr hab. Radosław Zaleski, prof. UMCS, Katedra Fizyki Materiałowej, Instytut Fizyki, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej**

Pozyt jest atomem egzotycznym, tj. odpowiednikiem atomu wodoru, w którym proton będący jądrem atomowym został zastąpiony pozytonem – cząstką antymaterii. Taki atom powstaje w wielu materiałach napromienionych wysokoenergetycznymi pozytonami, które swobodnie penetrują ciecze i ciała stałe do głębokości kilku milimetrów. Pozyt ulega anihilacji (zamianie masy cząstek na energię promieniowania elektromagnetycznego) z „własnym” elektronem, ale również może wychwycić elektron z otaczającej go materii. W tym drugim przypadku szybkość anihilacji pozytu (odwrotność jego średniego czasu życia) zależy od struktury materii (gęstości elektro- nowej, porowatości itp.).

Mały rozmiar pozytu pozwala wykorzystać go jako próbnik pozwalający na badanie nowoczesnych materiałów w nanoskali. Jednak największą zaletą metod pomiarowych wykorzystujących anihilację pozytu jest możliwość badania materiałów poddanych działaniu niemal dowolnych warunków środowiskowych (temperatury, ciśnienia itp.). Jest to możliwe, gdyż technika używana do pomiaru szybkości anihilacji (ang. *positron annihilation lifetime spectroscopy*, PALS) wykorzystuje detekcję wysokoenergetycznych kwantów gamma i anihilacyjnych, które łatwo penetrują materię, w tym ściany różnorodnych komór pomiarowych. W efekcie jest to unikalna metoda pozwalająca obserwować dynamikę procesów zachodzących w nanoskali. Dzięki tym własnościom pozytu jest on wykorzystywany między innymi w badaniach:

- systemów kontrolowanego uwalniania leków,
- nowoczesnych materiałów katalitycznych,
- mikrostruktury polimerów i jej zmian w wyniku ściskania lub kontaktu z rozpuszczalnikami,
- przebiegu adsorpcji dwutlenku węgla lub lotnych związków organicznych stanowiących istotny składnik zanieczyszczeń środowiska,
- zmian własności wody oraz innych cieczy uwięzionych w nanometrowych wolnych objętościach.

# **Wystąpienia Uczestników**





## **Ciekłe kryształy, efekty nieliniowe i nanotechnologia**

**Stanisław A. Róžański**, *srozansk@asta-net.com.pl*, Katedra Elektrotechniki, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile, *www.ans.pila.pl*

Ciekłe kryształy (CK) są materiałami znajdującymi obecnie szerokie zastosowanie w technologiach dotyczących obrazowania informacji. Wykorzystuje się je w ekranach telewizyjnych, monitorach komputerów, wyświetlaczach w zegarkach oraz innym sprzęcie codziennego użytku. Jednak, wprowadzenie nanocząstek (NP) do CK umożliwia modyfikację ich własności fizycznych bez potrzeby syntezy nowych materiałów ciekłokrystalicznych. Obecność NP o odpowiedniej koncentracji wpływa na modyfikację własności elektrooptycznych, przewodnictwa czy zwiększenie stabilności kreślonych faz ciekłokrystalicznych (np. niebieskiej fazy).

Podstawowe informacje o budowie, symetrii oraz o charakterze oddziaływań międzymolekularnych w CK można uzyskać wykorzystując metody optyki nieliniowej. Tradycyjne efekty nieliniowe w sposób bardzo specyficzny objawiają się w CK, np. ich wykorzystanie pozwala na powiązanie symetrii molekuł z makroskopową podatnością ośrodka. Osobny i istotny problem stanowi badanie efektów nieliniowych w pobliżu przejścia fazowego. Odmienność nieliniowych efektów świetlnych w CK pozwala na zastosowanie tych substancji we wzmacniaczach optycznych, generatorach przestrajalnego promieniowania, itp. CK wykorzystuje się również do budowy elementów cienkowarstwowych o małym napięciu pracy, które mogą służyć do sterowania promieniowaniem laserowym i jego transformacji. Wspomniane własności związane są z takimi parametrami CK jak: duża anizotropia optyczna, specyficzna struktura molekularna, czułość na pola zewnętrzne czy aktywność optyczna. Interesujący jest również problem generacji światła laserowego z wykorzystaniem matrycy ciekłokrystalicznej; ma to znaczenie zarówno dla miniaturyzacji urządzeń laserowych, jak i dużą wartość poznawczą (obserwuje się obniżenie progu generacji, szeroki zakres przestrajania, itp.). Sporo uwagi poświęca się również badaniom optycznego efektu Kerra, efektu Ramana, samoogniskowania światła oraz generacji wyższych harmoniczných światła.

## **Na granicy stabilności warstwy metalicznej ZrN w procesie krystalizacji nanodrutów GaN**

**Radosław Szymon**, [radoslaw.szymon@pwr.edu.pl](mailto:radoslaw.szymon@pwr.edu.pl), Katedra Technologii Kwantowych, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska

Integracja azotku galu (GaN) z krzemem pozwoli na przełom zarówno w mikroelektronice pod postacią szybkich wysokonapięciowych systemów, jak i optoelektronice jako nowa generacja efektywnych diod LED. Do tej pory z powodzeniem rozwiązano problem wysokiego niedopasowania sieciowego GaN na Si, przez zastąpienie cienkich warstw GaN nanodrutami. Zapewniło to dodatkową swobodę, duży stosunek powierzchni do objętości i wysoką jakość krystaliczną. Wyzwaniem okazała się jednak utrata wydajności, powodowana absorpcją fotonów w podłożu, które omijają warstwę aktywną.

W ramach pracy badanym rozwiązaniem jest naniesienie warstw metalicznych np. ZrN na podłoże. Te mogą zapewnić efekt recyklingu fotonów (ang. *photon recycling*) polegający na odbiciu światła z powrotem do warstwy aktywnej. Trudnością jest jednak zachowanie stabilności takich warstw w temperaturze krystalizacji nanodrutów GaN uzyskiwanej w procesie epitaksji z wiązek molekularnych. W niniejszej pracy wykorzystano spektroskopię Ramana oraz mikroskopię sił atomowych jako nieinwazyjne metody do zbadania morfologii warstw metalicznych ZrN w trakcie procesu krystalizacji nanodrutów GaN. Zmierzone widma Ramana wykazały zmiany w strukturze warstw ZrN, które w przypadku wysokich temperatur uległy reakcji z podłożem. Różnice potwierdziły także badania topografii, podczas których zauważono tworzenie krystalitów na powierzchni. Ostatecznie udało się znaleźć parametry, dla których zapewnione zostały zarówno wysoka jakość krystalizowanych nanodrutów, jak i stabilność warstw metalicznych. W efekcie możliwe są dalsze badania nad tego typu strukturami, mające na celu optymalizację procesu i zbadanie możliwości aplikacyjnych takich urządzeń.

Projekt finansowany ze środków Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu Perły Nauki. Nr projektu PN/01/0123/2022.

## **Opracowanie technologii wytwarzania ceramicznych płytek gresowych z antybakteryjną powłoką funkcyjną bazującą na cząsteczkach nano-Ag**

**Robert Pacan**, *r.pacan@cerrad.com*, Cerrad Sp. z o.o.

**Izabela Puchyrska**, *i.puchyrska@cerrad.com*, Cerrad Sp. z o.o.

**Piotr Sacha**, *p.sacha@cerrad.com*, Cerrad Sp. z o.o.

Opracowana technologia pozwoliła na produkcję wielkoformatowych płytek ceramicznych prasowanych na sucho o niskiej nasiąkliwości wodnej  $E \leq 0,5\%$  (grupa BIa). W ramach przeprowadzonych badań uzyskano słaby w formacie 2400 x 1200 x 6 mm w technologii „full polished”, które po docięciu do konkretnego wymiaru mogą mieć praktyczne zastosowanie jako płytka ścienna, blat, parapet lub elementy obudowy gdzie wymagane są najwyższe standardy higieniczne i sanitarne. Opisywana innowacyjna powłoka antybakteryjna została wykonana w oparciu o modyfikację szkliwa poprzez jego impregnację nanocząsteczkami srebra w trakcie procesu polerowania powierzchni płytki ceramicznej po wypaleniu w temp. ok. 1200°C. Impregnacje przeprowadzono za pomocą standardowych maszyn i narzędzi przy wykorzystaniu opracowanego antybakteryjnego koloidu (impregnat). Metoda pozwala na uzyskanie wyrobu gotowego o parametrach zgodnych z normą EN 14411:2012 oraz bez pogarszania walorów estetycznych i dekoracyjnych. W badaniach wykorzystano 2 rodzaje impregnatów antybakteryjnych różniących się między sobą rozkładem wielkości cząsteczek substancji czynnej (srebro). W celu weryfikacji skuteczności działania opracowanych powłok funkcyjnych, próbki zostały poddane badaniom aktywności przeciwbakteryjnej zgodnie z normą PN-EN ISO 22196:2007. Przy wykorzystaniu tej samej metody podjęto także próbę określenia trwałości otrzymanych powłok antybakteryjnych. W tym celu próbki poddane były symulacji użytkowania w postaci działania odczynników chemicznych (kwasy i zasady), silnych i słabych detergentów oraz ścieralności powierzchniowej w przy wykorzystaniu ścieralnicy szybkoobrotowej.

## **Potencjał nanokompleksu dendrymer PAMAM/kamptotecyna – synteza, charakterystyka i ocena aktywności biologicznej**

**Ewa Olędzka**, [eoledzka@wum.edu.pl](mailto:eoledzka@wum.edu.pl), *Warszawski Uniwersytet Medyczny, Wydział Farmaceutyczny, Katedra i Zakład Chemii Farmaceutycznej i Biomateriałów, [www.wf.wum.edu.pl](http://www.wf.wum.edu.pl)*

**Urszula Piotrowska**, [urszula.piotrowska@wum.edu.pl](mailto:urszula.piotrowska@wum.edu.pl), *Warszawski Uniwersytet Medyczny, Wydział Farmaceutyczny, Katedra i Zakład Chemii Farmaceutycznej i Biomateriałów, [www.wf.wum.edu.pl](http://www.wf.wum.edu.pl)*

**Anna Laskowska**, [anna.laskowska@wum.edu.pl](mailto:anna.laskowska@wum.edu.pl), *Warszawski Uniwersytet Medyczny, Wydział Farmaceutyczny, Zakład Mikrobiologii Farmaceutycznej i Bioanalizy, [www.wf.wum.edu.pl](http://www.wf.wum.edu.pl)*

Kamptotecyna – alkaloid chinolinowy wykazujący właściwości przeciwnowotworowe, ze względu na wysoką toksyczność, słabą rozpuszczalność w środowisku wodnym oraz utratę aktywności w medium fizjologicznym, nadal nie jest stosowana w praktyce klinicznej. W ostatnich latach, prowadzone są intensywne prace nad otrzymywaniem nowych formułacji dla kamptotecyny, które mogłyby rozwiązać wyżej wymienione problemy. Dotyczą one m.in. otrzymywania nanocząstek i miceli polimerowych, liposomów czy też nanocząstek lipidowych. Inną możliwą strategią jest enkapsulacja ww. substancji czynnej we wnętrzu jamy dendrymeru poliamidoaminowego, który to charakteryzuje się relatywnie niską cytotoksycznością oraz zdolnością do przenikania przez błony biologiczne. W związku z powyższym, celem niniejszego projektu była synteza, charakterystyka spektroskopowa i fizykochemiczna oraz ocena aktywności biologicznej nanokompleksu dendrymer poliamidoaminowy PAMAM/kamptotecyna. W wyniku przeprowadzonych badań zsyntetyzowano i scharakteryzowano spektroskopowo i fizykochemicznie nanomateriał, a następnie przeprowadzono badanie uwalniania z niego substancji czynnej w warunkach in vitro dla dwóch różnych wartości pH:  $6,50 \pm 0,05$  – warunki kwasowe w endosomach komórek nowotworowych i  $7,40 \pm 0,05$  – warunki fizjologiczne we krwi. Analiza uzyskanych danych

pozwoliła stwierdzić, że w obu środowiskach, kamptotecyna została uwolniona w sposób kontrolowany oraz że ponad 80% substancji aktywnej uwolniło się z nanokompleksu po około 168 h inkubacji, zgodnie z kinetyką pierwszego rzędu. Badanie wpływu uzyskanego nanomateriału na żywotność komórek niedrobnokomórkowego raka płuca wykazało, że zmniejsza on żywotność komórek w sposób zależny od stężenia i czasu. Natomiast badanie aktywności hemolitycznej pokazało, że przy wartościach stężeń  $\leq 5 \mu\text{g/ml}$  jest on hemokompatybilny do potencjalnego podawania dożylnego.

## **Wpływ domieszki nanokrzemionki nano-SiO<sub>2</sub> na szczelność stosów okrucowych eko-styrokompozytów z matrycą cementowo-żuźlową**

**Waldemar Łasica**, [waldemar.lasica@wat.edu.pl](mailto:waldemar.lasica@wat.edu.pl), Laboratorium Badawcze WIG (LBW), Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, <https://www.wig.wat.edu.pl/index.php/wydzial/struktura/laboratorium-badawcze-wig>, <https://laboratorium.wig.wat.edu.pl>, <https://www.wojsko-polskie.pl/wat/>

Temat wystąpienia dotyczy modyfikacji materiałowej mikrostruktury wewnętrznej eko-styrokompozytu z matrycą w układzie cement-żużel. Zagadnienie szczelności zostało ujęte w dwóch aspektach, tj. pierwszy – szczelność hybrydowego stosu okrucowego, drugi – szczelność stwardniałego eko-materiału poddanego działaniu penetracji wody pod ciśnieniem. Opisano rozwiązanie korzystnie wpływające na uzyskanie wysokiej szczelności, tj. upakowania ziaren nanokrzemionki nano-SiO<sub>2</sub> w wolnych przestrzeniach mikrostruktury wewnętrznej matrycy cementowo-żuźlowej. Zawarto metodę projektowania składów eko-styrokompozytów modyfikowanych domieszką nanokrzemionki. Próbkki do badań zawierały 0,25; 0,50; 1,0 i 2,0% nano-SiO<sub>2</sub> określonej w odniesieniu do referencyjnej masy spoiwa cement-żużel. Przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych w zakresie trwałości, wytrzymałości mechanicznej dla statycznego i dynamicznego oddziaływania obciążenia zewnętrznego oraz analizy mikrostruktury z użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego SEM z modułem do spektroskopii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego EDS. Wykonano badania określające wytrzymałość charakterystyczną na ściskanie, badanie dzielonym prętem Hopkinsona, badanie głębokości penetracji wody pod ciśnieniem oraz szczelności w wyniku przepływu wody przez mikrostrukturę eko-materiału. Dokonano charakterystyki materiałowej składników eko-styrokompozytów, tj. niskoemisyjne eko-spoivo hydrauliczne rodzaju CEM II/C-M, mielony granulowany żużel wielkopiecowy, porecyklingowe granulaty szkła sodowo-wapniowego, odpadowy granulaty ekspandowany i ekstrudowany oraz nowej generacji eko-domieszki biopolimerowe na bazie skrobi.

## Indeks Autorów

Furmaniak S. ....	11
Gauden P. ....	11
Kamedulski P. ....	11
Laskowska A. ....	20
Łasica W. ....	22
Olędzka E. ....	20
Pacan R. ....	19
Piotrowska U. ....	20
Puchyrska I. ....	19
Różański S.A. ....	17
Sacha P. ....	19
Szymon R. ....	18
Wojnarowska-Nowak R. ....	13
Zaleski R. ....	14





Wydawnictwo  
**TYGIEL**

Zapraszamy do zapoznania się z aktualną ofertą  
**Wydawnictwa Naukowego TYGIEL**

[kontakt@wydawnictwo-tygiel.pl](mailto:kontakt@wydawnictwo-tygiel.pl)

[www.wydawnictwo-tygiel.pl](http://www.wydawnictwo-tygiel.pl)



© DZIAŁALNOŚĆ

#### Wydawnictwo

Wydawnictwo Naukowe TYGIEL to podmiot zrodzony z doświadczenia oraz zaangażowania zespołu osób w pełni poświęconych promocji nauki i szeroko rozumianego rozwoju. Publikowane przez nas prace są odzwierciedleniem trendów badawczych oraz zainteresowań naukowych środowiska akademickiego.



© DZIAŁALNOŚĆ

#### Biblioteka Cyfrowa

Biblioteka Cyfrowa należąca do Wydawnictwa Naukowego TYGIEL zawiera wszystkie publikacje wydawane przez Wydawnictwo. Dodatkowo została przyłączona do Federacji Bibliotek Cyfrowych, dzięki czemu mogą Państwo przeglądać zbiory udostępniane na całym świecie.



© DZIAŁALNOŚĆ

#### Czasopisma naukowe

Wydawnictwo Naukowe TYGIEL rozpoczęło prace nad kilkoma tytułami czasopism naukowych. Więcej szczegółów wraz z aktualnym stanem prac dostępne jest w zakładce „Czasopisma naukowe”. Osoby zainteresowane współpracą prosimy o kontakt.

23 września 2023 roku w formie online odbyła się V Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kierunek NANO – badania i osiągnięcia z obszaru nanotechnologii”, która skupiła się na najnowszych osiągnięciach i wyzwaniach w dziedzinie nanotechnologii.

Konferencja miała na celu ułatwienie wymiany wiedzy i doświadczeń, prezentację wyników badań oraz rozwinięcie dyskusji nad kierunkami, w jakie zmiierają badania nanotechnologiczne. Podczas spotkania przedstawiono prace dotyczące m.in. tworzenia nanostruktur, ich zastosowania oraz wykorzystywania nanomateriałów w obrębie technologii, przemysłu czy medycyny.

W tematykę Konferencji wprowadziły uczestników wystąpienia Gości Honorowych, takich jak: dr hab. Radosław Zaleski, prof. UMCS (Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej), dr hab. Piotr Gauden, prof. UMK (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu) oraz dr Renata Wojnarowska-Nowak (Uniwersytet Rzeszowski).

Konferencja zgromadziła uczestników z różnych dziedzin naukowych, w tym naukowców, przedstawicieli firm oraz pasjonatów nanotechnologii. Wymiana wiedzy i doświadczeń między przedstawicielami różnych obszarów była kluczowym elementem wydarzenia. Efekty dyskusji między uczestnikami bez wątpienia przyczynią się do dalszego rozwoju nanotechnologii i interdyscyplinarnego charakteru tej dziedziny.

Wydarzenie zorganizowane zostało przez Fundację na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL.