

# Grupa badawcza **Sensory**

prof. dr hab. Agata Michalska i dr hab. Piotr Piątek  
we współpracy z prof. dr hab. Krzysztofem Maksymiukiem

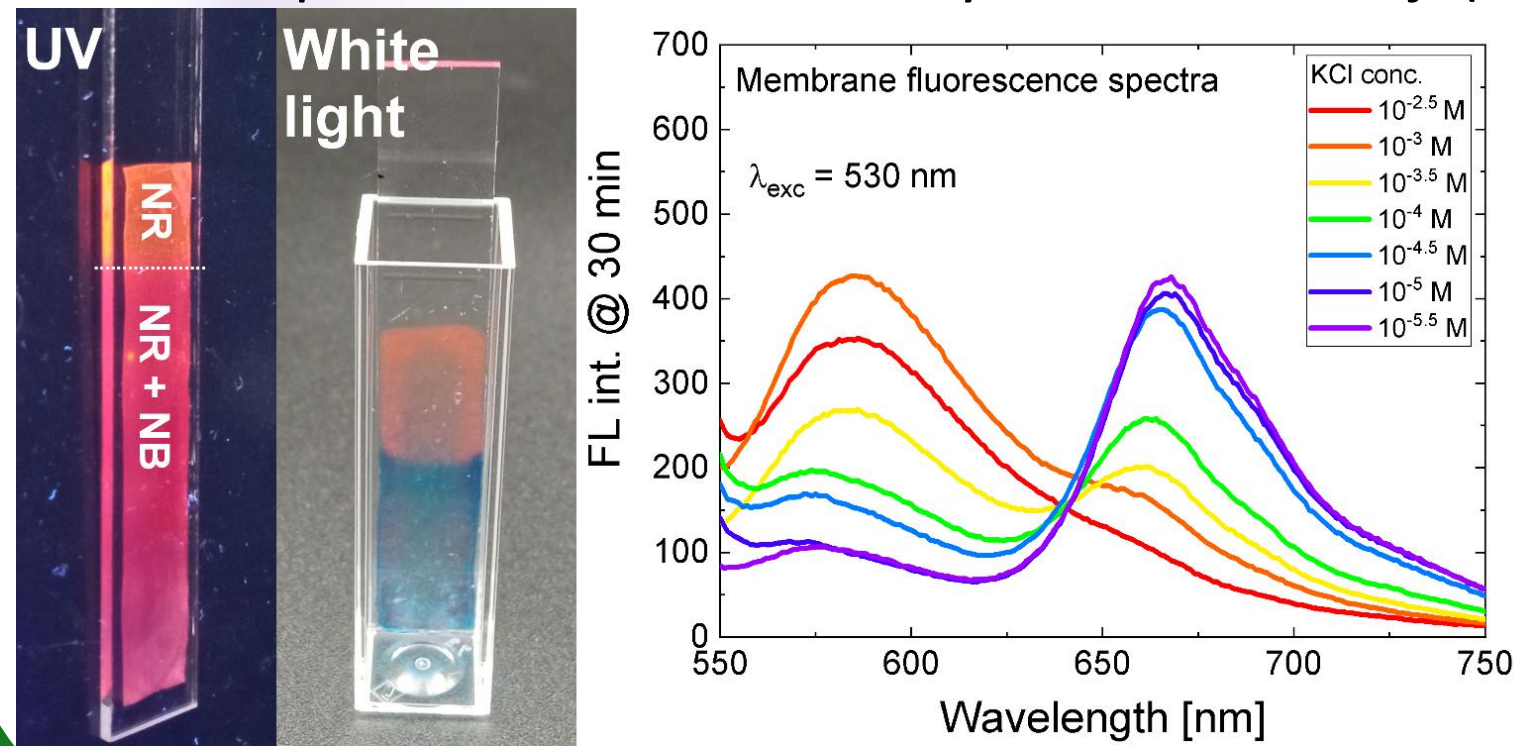
dr Aldona Jelińska, dr inż. Dorota Buczyńska, dr Justyna Kalisz, dr Anna Kisiel-Kwiatek, dr Katarzyna Węgrzyn,  
dr Emilia Stelmach, dr Ewa Jaworska-Mioduszevska

Doktoranci: mgr Maria Jankowska, mgr Anna Konefał (planowana obrona maj 2026).

## Mechanizm oddziaływań błękitu i czerwieni Nilu w jonoselektywnych sensorach jonowych

D. Buczyńska, K. Maksymiuk, A. Michalska  
Talenta

Jonowe sensory optyczne wykorzystują zwykle jeden barwnik. Zaproponowano wykorzystanie układu dwóch barwników: czerwieni Nilu (NR) i błękitu Nilu (NB) i zbadano ich wzajemne oddziaływanie prowadzące do generowania sygnału optycznego odpowiadającego zmianie stężenia jonów analitu w próbce. Fluorescencja NR była tłumiona wskutek FRET i efektu filtru wewnętrznego (IFE), którego udział został potwierdzony metodą mikroskopii obrazowania czasu życia fluorescencji (FLIM)



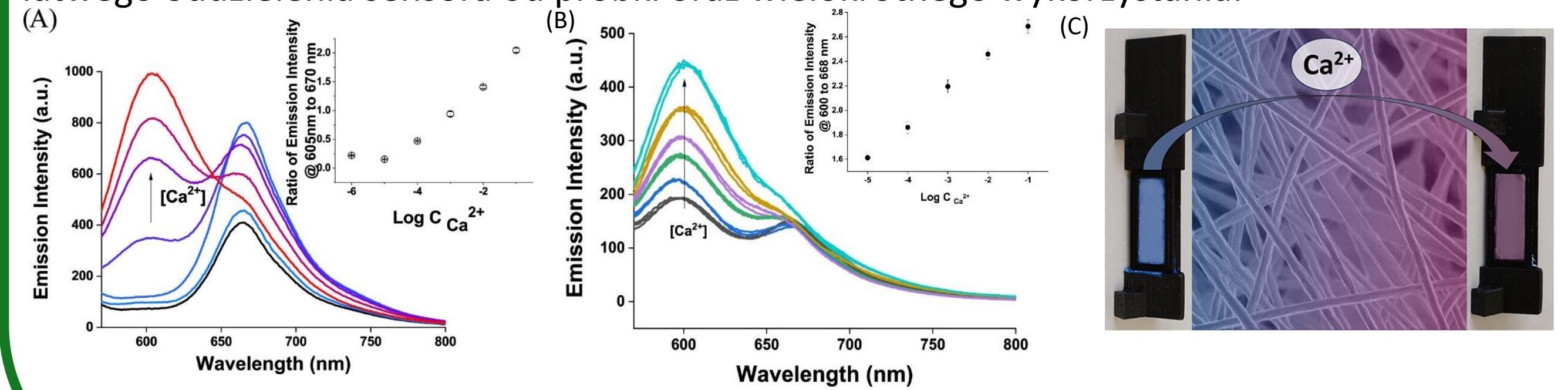
- wyniósł odpowiednio ok. 60% i 40%.  
W obecności jonów analitu ( $K^+$ ) kation NB jest uwalniany z membrany, a fluorescencja NR zostaje przywrócona. Dla zakresu stężeń roztworu KCl:  $10^{-5}$ - $10^{-2.5}$  M iloraz intensywności emisji NR (590 nm) do NB (670 nm) wzrastał wraz ze stężeniem analitu.

Rys. Zdjęcia kulek z membraną w świetle UV i widzialnym. Widma emisyjne zarejestrowane dla roztworów o różnych stężeniach jonów  $K^+$ .

## Biokompatybilne nanooptody jonoselektywne

A. Konefał, J. Kalisz, E. Stelmach, P. Piątek, K. Maksymiuk, A. Michalska  
ACS Omega

Porównano działanie biokompatybilnych optod jonoselektywnych: nanooptod i mat elektroprowadzących, wykorzystujących układ dwóch barwników (opis po lewej). Dzięki zastosowaniu układu dwóch barwników wyeliminowano konieczność stosowania buforów pH. Dla jonów wapnia zaobserwowano wzrost intensywności emisji czerwieni Nilu wraz ze wzrostem stężenia analitu. Dla obu nanostrukturalnych optod uzyskano liniową zależność sygnału od stężenia w zakresie  $10^{-5}$ - $10^{-1}$  M. Istotną zaletą wykorzystania maty z nanowłókien jest możliwość łatwego oddzielenia sensora od próbki oraz wielokrotnego wykorzystania.



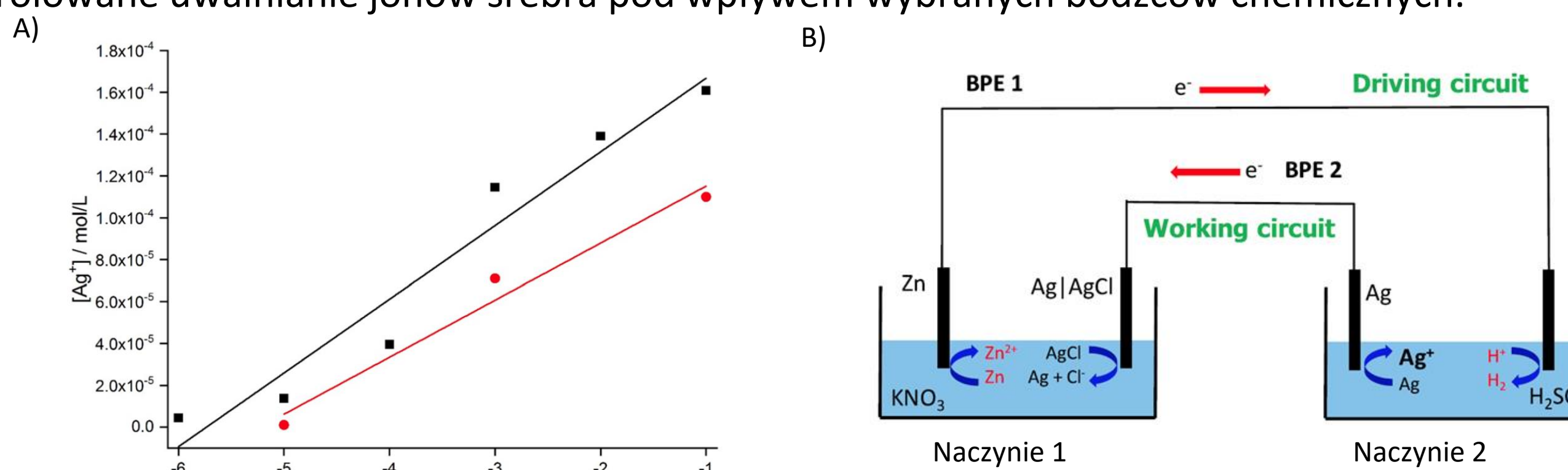
Rys. Widma emisji dla nanooptod: A) nanosfer i B) nanowłókien (B) dla rosnących stężeń  $Ca^{2+}$  ( $\lambda_{exc} = 550$  nm). Zależność stosunku intensywności emisji (605/670 nm) od logarytmu stężenia  $Ca^{2+}$  ( $\pm$  SD, n = 3). (C) Schemat obrazujący pracę sensora wykorzystującego matę z nanowłókien.

## Zastosowanie kaskadowego układu elektrod bipolarnych do uwalniania jonów srebra kontrolowaną zmianą stężenia kwasu siarkowego(VI)

A. Kisiel, A. Ruszczyńska, A. Michalska, K. Maksymiuk we współpracy z CNBCh UW

Journal of Solid State Electrochemistry

Metodą potencjometryczną (OCPT) oraz metodą spektrometrii mas z plazmą indukcyjnie sprzężoną (ICP-MS), wykazaliśmy, że ściśle dobrany kaskadowy układ elektrod bipolarnych (BPE), generuje jony srebra (w naczyniu 2) w odpowiedzi na zmiany stężenia kwasu siarkowego(VI). Układ ten umożliwia kontrolowane uwalnianie jonów srebra pod wpływem wybranych bodźców chemicznych.



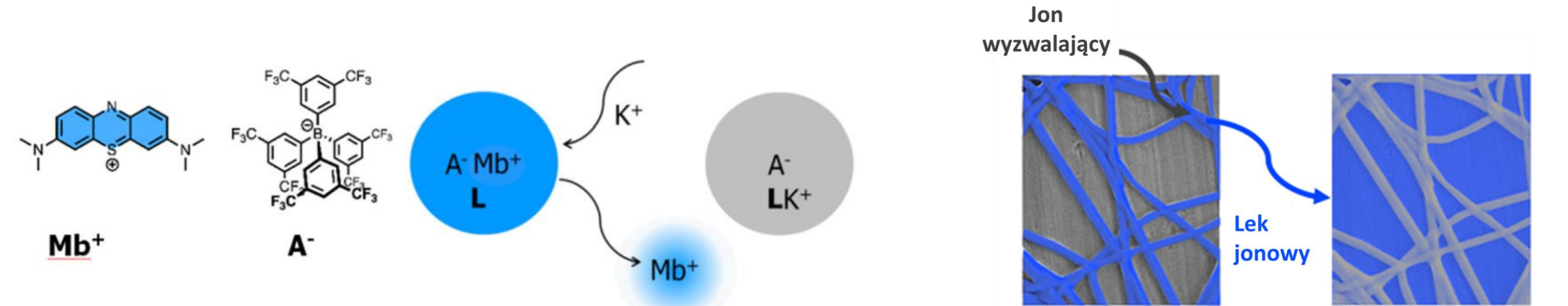
Rys. A) Zależność molowego stężenia jonów srebra w naczyniu 2, po 10 minutach pracy kaskadowego układu BPE, od logarytmu molowego stężenia kwasu w naczyniu 2, oznaczonych metodą ICP-MS (kółka) i metodą OCPT (kwadraty); B) Schemat kaskadowego układu BPE.

## Systemy dostarczania leków selektywnie aktywowane chemicznie

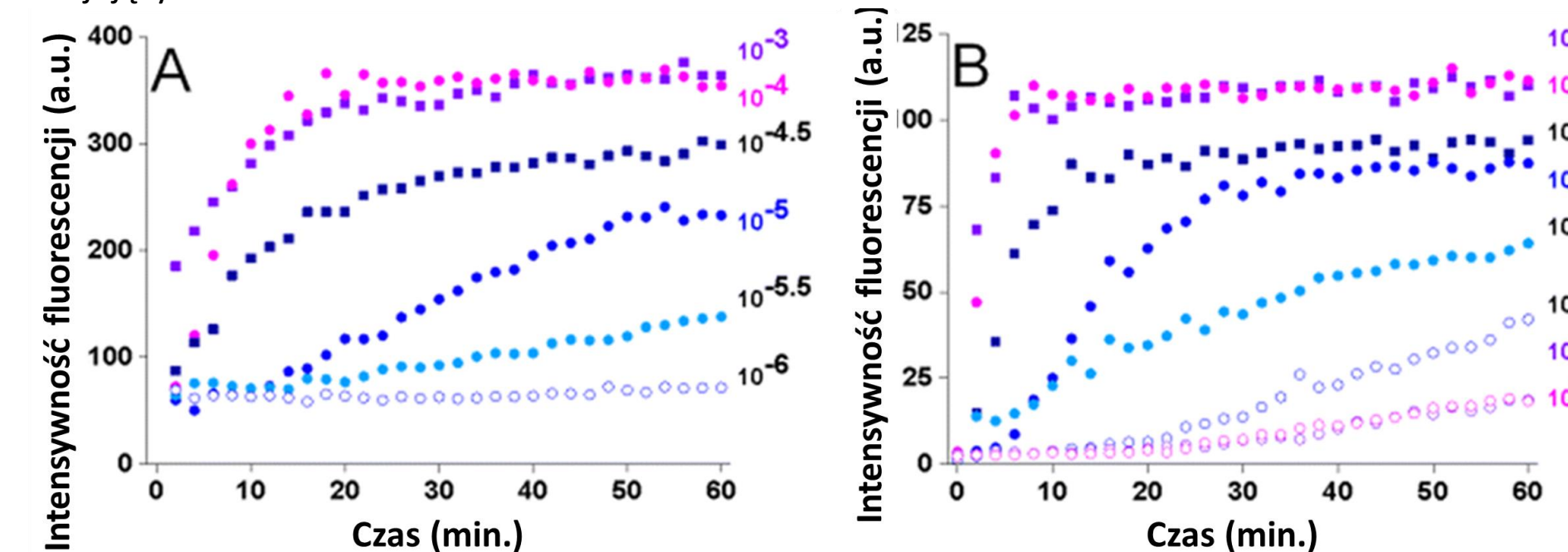
D. Buczyńska, E. Stelmach, J. Kalisz, B. Paterczyk, P. Piątek, K. Maksymiuk, A. Michalska

Chemical Communications

Zaproponowano modelowy układ kontrolowanego uwalniania leków pod wpływem oddziaływań jonoselektywnych, wykorzystujący selektywne jonofory i wymiennicz jonowy związany z modelowym lekiem w postaci kationu - zastosowano błękit metylenowy ( $Mb^+$ ) i walinomycynę (L) jako jonofor. Porównano uwalnianie modelowego leku z filmu i maty nanowłókien pod wpływem jonów  $K^+$ . Maty oferują szybszy wzrost stężenia leku, uwalnianie obserwowano dla niższych stężeń  $K^+$ .



Rys. Schemat działania systemu uwalniania leku, w którym  $Mb^+$  to kation błękitu metylenowego,  $A^-$  - anion wymienniczy jonowego,  $K^+$  - jon wyzwalający, a L - jonofor wiążący  $K^+$  i inicjujący uwolnienie  $Mb^+$ .



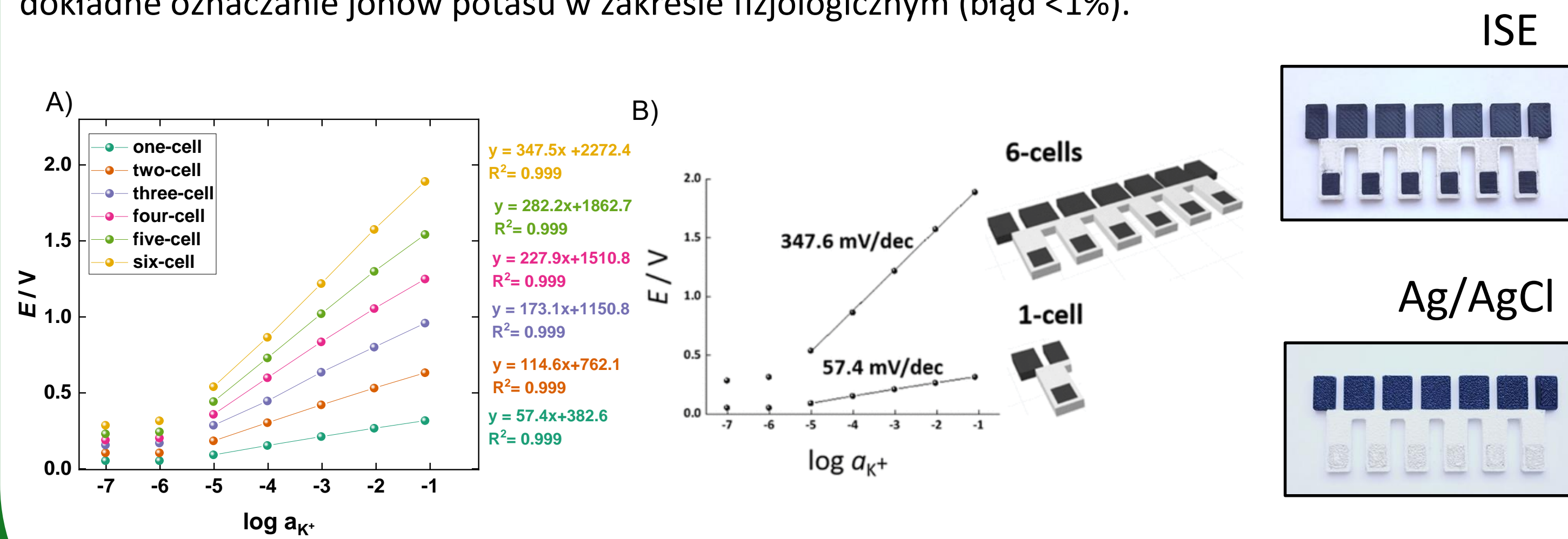
Rys. Wpływ stężenia jonów potasu w roztworze (wyrażonego w M) na szybkość uwalniania  $Mb^+$ : dla membrany (A) oraz maty (B).

## Potencjometryczne baterie bipolarne – drukowane czujniki grzebieniowe

K. Węgrzyn, J. Kalisz, D. Buczyńska, A. Michalska, K. Maksymiuk

ACS Omega

Zaproponowano prostą metodę zwiększania czułości oznaczeń potencjometrycznych z wykorzystaniem baterii bipolarnych złożonych z ogniw zawierających elektrodę jonoselektywną (ISE) i elektrodę odniesienia Ag/AgCl. Układy wykonano metodą druku 3D z polilaktidu (PLA). Dla jonów potasu lub wapnia wykazano, że nachylenie charakterystyki odpowiada wielokrotności wartości nernstowskiej, w zależności od liczby ogniw. System cechuje się wysoką selektywnością i umożliwia dokładne oznaczanie jonów potasu w zakresie fizjologicznym (błąd <1%).

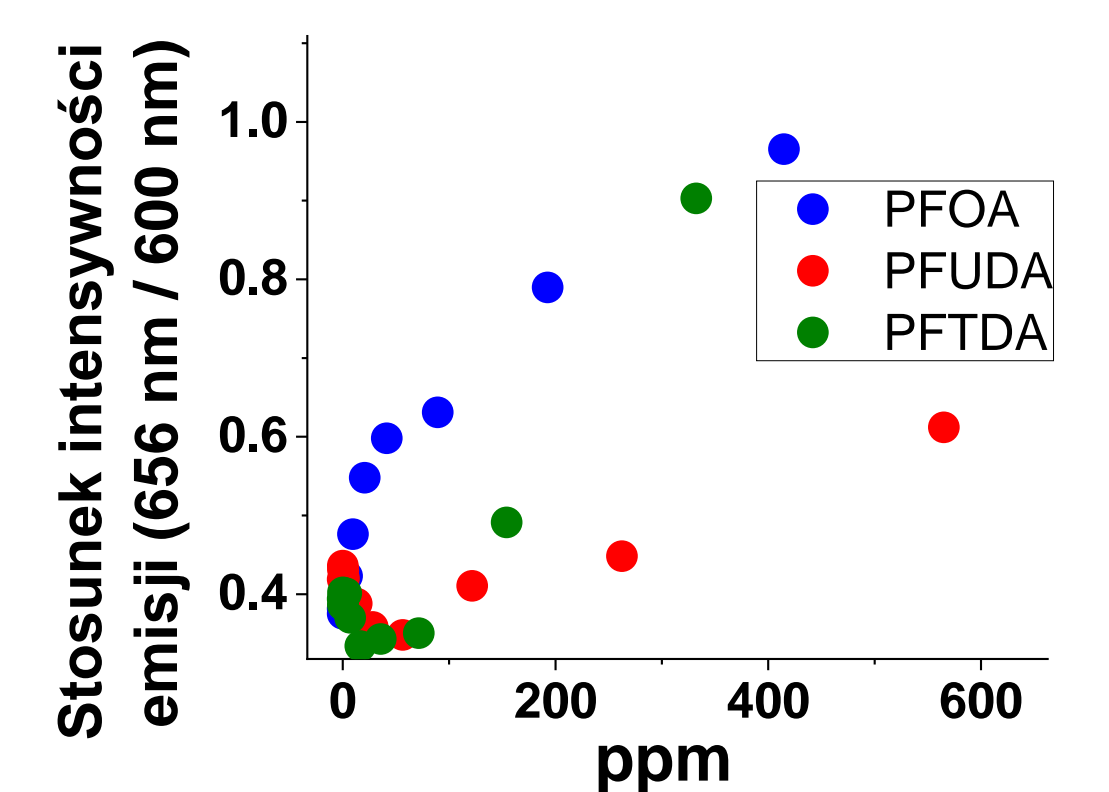


Rys. A) Krzywe potencjometryczne zarejestrowane dla 3D-drukowanych baterii bipolarnych zawierających od 1 do 6 ogniw, dla stężenia  $KNO_3$  od  $10^{-1}$  do  $10^{-7}$  M w obecności  $10^{-3}$  M NaCl; B) Schemat i zdjęcia układu pomiarowego i odpowiedzi potencjometrycznej.

## Selektywny fluorometryczny sensor czuły na aniony kwasu perfluorooktanowego

A. Jelińska, J. Kalisz, K. Maksymiuk, A. Michalska

Zaproponowano nanosfery czułe w trybie emisji na zmiany stężenia anionów kwasu perfluorooktanowego (PFOA) w roztworze. Mechanizm oddziaływania sensora z anionami PFOA wykorzystuje specyficzne właściwości czerwieni Nilu w obecności fazy organicznej i wodnej. W obecności anionów PFOA obserwowano pojawienie się nowego pasma emisji przy około 660 nm oraz spadek sygnału przy około 600 nm, efektu tego nie obserwowano dla innych badanych związków perfluoroalkilowych o dłuższych łańcuchach takich jak kwas perfluoroundekanowy i perfluorotridekanowy (PFUDA, PFTDA).



Rys. Zależność stosunku intensywności emisji dla sfer w roztworach związków perfluoroalkilowych.

## Publikacje

- 1) Buczyńska, D., Maksymiuk, K., Michalska, A. On the mechanism of Nile blue and Nile red interactions within the ion-selective membrane. Talenta (2026) 129389.
- 2) Węgrzyn, K., Kalisz, J., Buczyńska, D., Michalska, A., Maksymiuk, K. Potentiometric bipolar batteries for ion sensing. 3D printed comb sensors. ACS Omega 11 (2025) 18234.
- 3) Kalisz, J., Maksymiuk, K., Michalska, A., Stelmach, E. "Turn on" fluorescence sensors sensitive to volatile organic solvents/plasticizers: perspective and challenges. Frontiers in Chemistry 13 (2025) 1710573.
- 4) Kalisz, J., Jelińska, A., Caroleo, F., Jaworska, E., Stelmach, E., Di Natale, C., Maksymiuk, K., Paollesse, R., Michalska, A. Fluore-selective nanostructural optodes-introducing nanofibers based sensing analytical devices nFADs. Sensors and Actuators B: Chemical 441 (2025) 137945.
- 5) Kalisz, J., Stelmach, E., Maksymiuk, K., Michalska, A. Towards biocompatible potentiometric sensors. Current Opinion in Electrochemistry 54 (2025) 101761.
- 6) Konefał, A., Kalisz, J., Stelmach, E., Piątek, P., Maksymiuk, K., Michalska, A. Nanodroplets versus nanofibers ion-selective optodes toward biocompatible sensors. ACS Omega 10 (2025) 28429.
- 7) Stelmach, E., Kalisz, J., Maksymiuk, K., Michalska, A. Czujniki fluorometryczne do analizy zanieczyszczeń środowiska. Wiadomości Chemiczne 79 (2025) 1065.
- 8) Buczyńska, D., Stelmach, E., Kalisz, J., Paterczyk, B., Piątek, P., Maksymiuk, K., Michalska, A. Towards drug delivery systems triggered by ion-selective interactions. Chemical Communications 61 (2025) 6827.
- 9) Kisiel, A., Ruszczyńska, A., Michalska, A., Maksymiuk, K. Application of a self-powered bipolar electrode system for silver ion release controlled by a chemical stimulus. Journal of Solid State Electrochemistry 29 (2025) 4891.
- 10) Jaworska, E., Michalska, A., Maksymiuk, K. Applicability of a bipolar electrode arrangement involving ion-selective electrodes in vertical farming, with the self-controlled supply of macro- and microcomponents. Sensors & Diagnostics (2026)
- 11) Stelmach, E., Węgrzyn, K., Piątek, P., Maksymiuk, K., Michalska, A. Visualization of water and ion transport in ion-selective membranes. Sensors and Actuators B: Chemical 422 (2025) 136653.
- 12) Buczyńska, D., Stelmach, E., Jankowska, M., Ruszczyńska, A., Piątek, P., Maksymiuk, K., Michalska, A. Adding colour to ion-selective membranes. Talenta 286, (2025) 127497.

## Finansowanie

- ✓ Opus Grant: 2021/41/B/ST4/03401, prof. A. Michalska-Maksymiuk, Opus Grant: 2018/31/B/ST5/02687, prof. K. Maksymiuk
- ✓ Subwerga: 005011000342, dr hab. P. Piątek
- ✓ Mikrogrant IDUB, badania wstępne, projekt BOB-661-1497/2025, dr A. Kisiel-Kwiatek.
- ✓ Mikrogrant IDUB, badania wstępne, projekt BOB-661-1877/2025, dr E. Stelmach.
- ✓ Grant na promocję badań naukowych, IDUB III.3.2 BOB-IDUB-622-252/2025, dr E. Stelmach.
- ✓ Mikrogrant IDUB, badania wstępne, projekt BOB-661-1496/2025, dr K. Węgrzyn.
- ✓ Mikrogrant IDUB badania wstępne, projekt BOB-661-1950/2025, dr D. Buczyńska
- ✓ Projekt z programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” PSP 501-0112-20-0001420 dr A. Jelińska.

