

Materiały dla biosensorów



Skład grupy badawczej:

prof. dr hab. Barbara Pałys – kierownik
dr hab. Agnieszka Dąbrowska

Doktoranci:

mgr Kacper Jędrzejewski
mgr Krystian Pupel
mgr Dorota Wiktorowicz

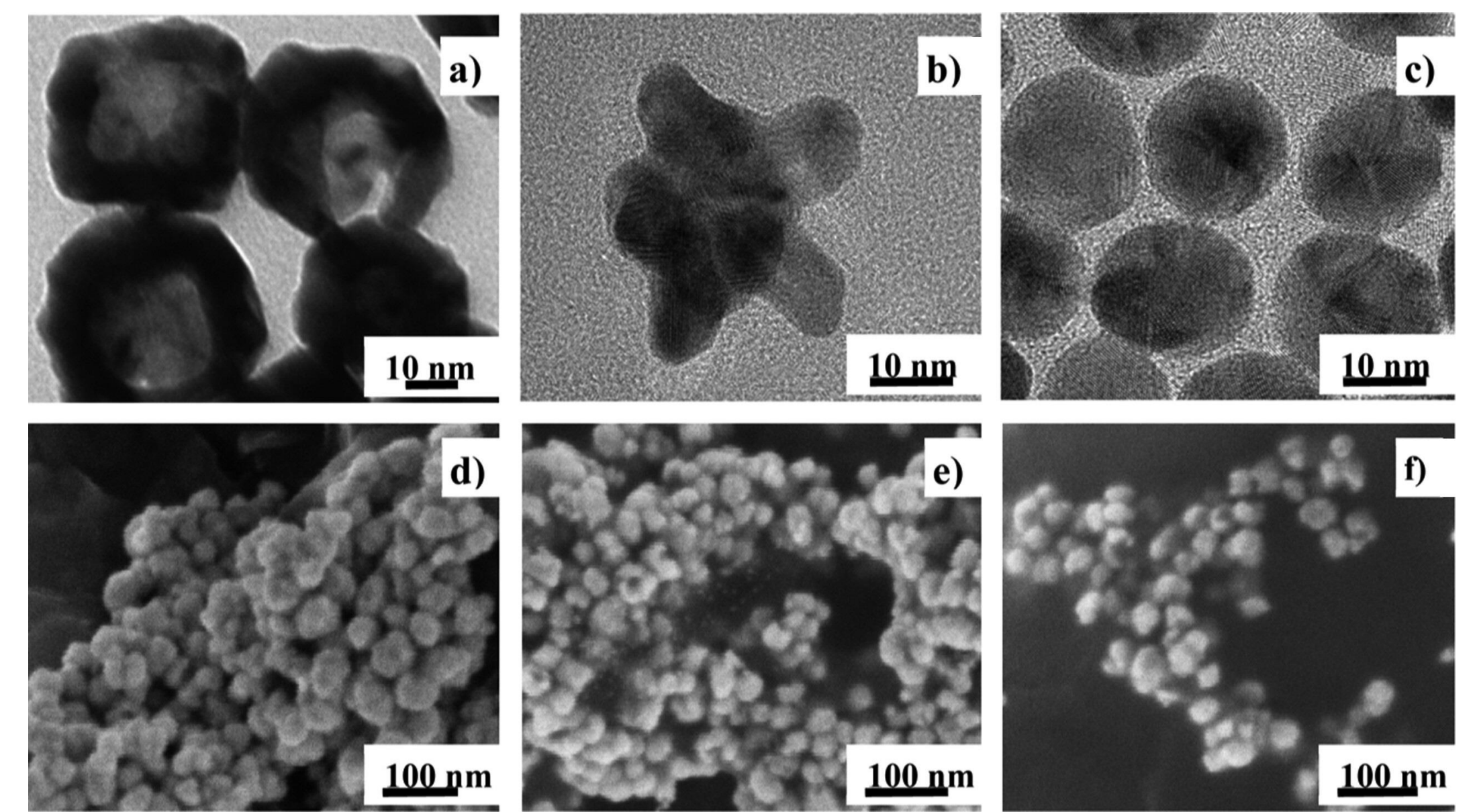
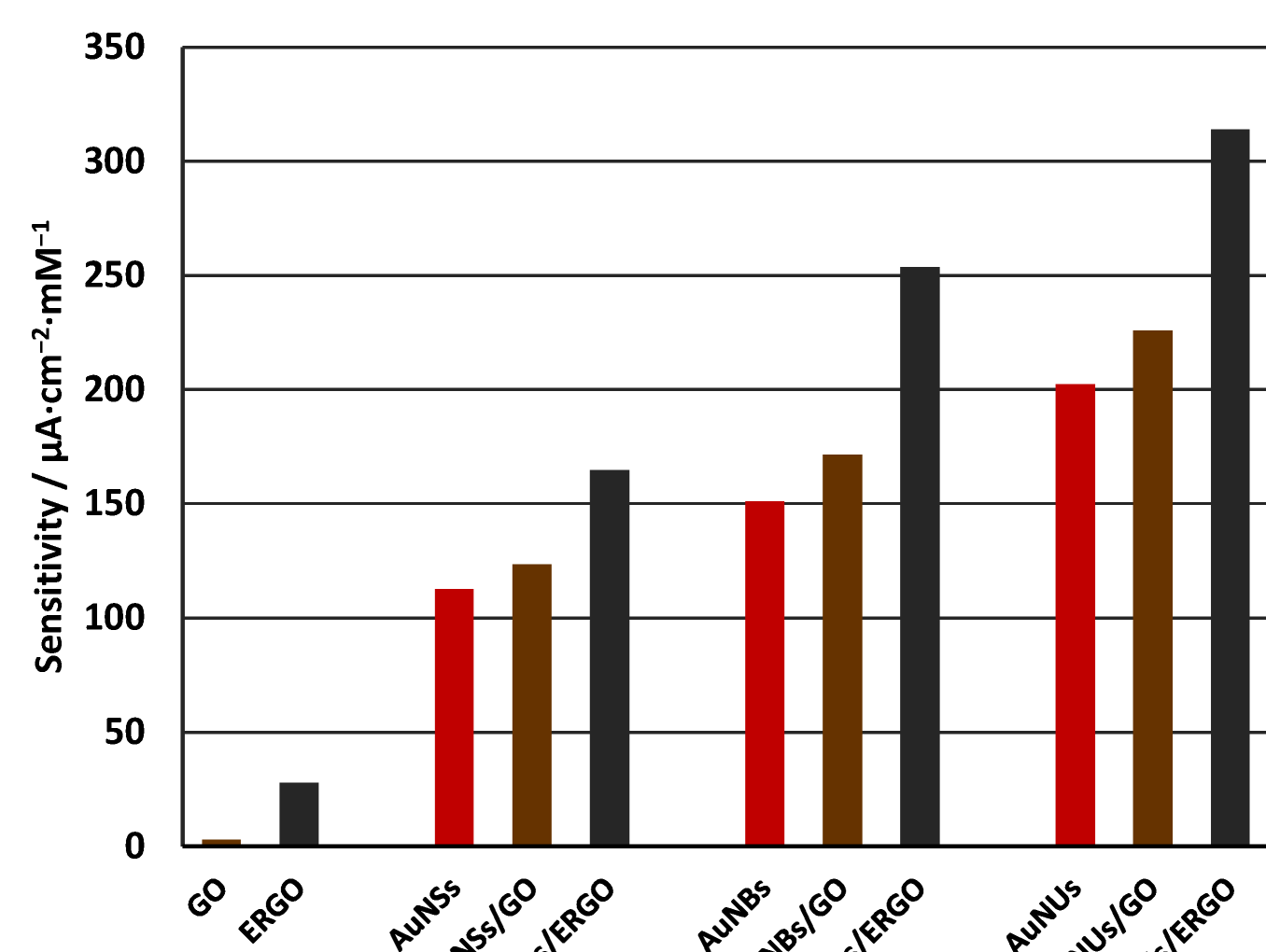
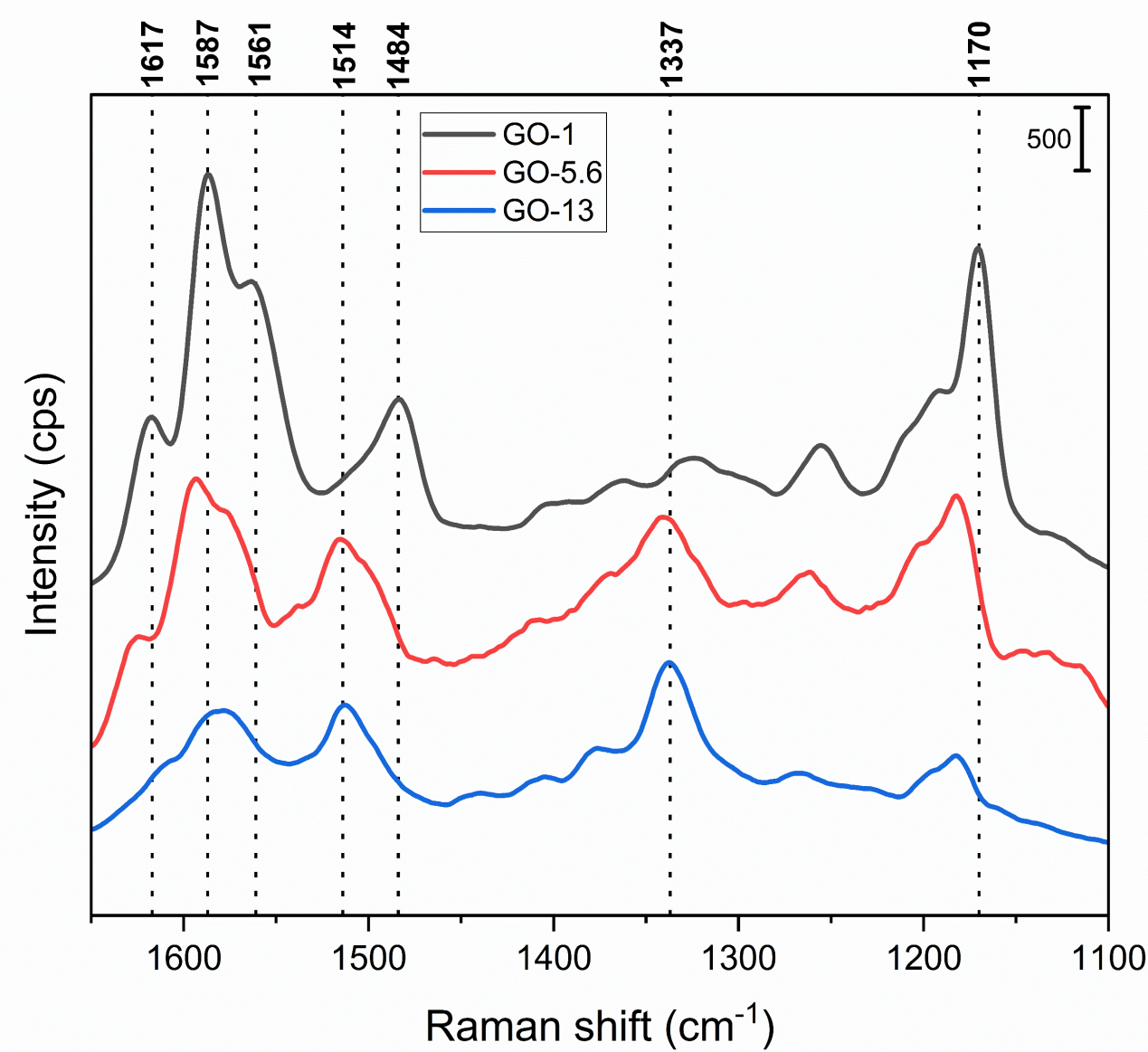
Dyplomanci: Weronika Łada, Katarzyna Olesiuk, Wanda Komorowska, G. Teresa Witkowska, Alicja Foks



Tematyka badawcza – prof. dr hab. Barbara Pałys

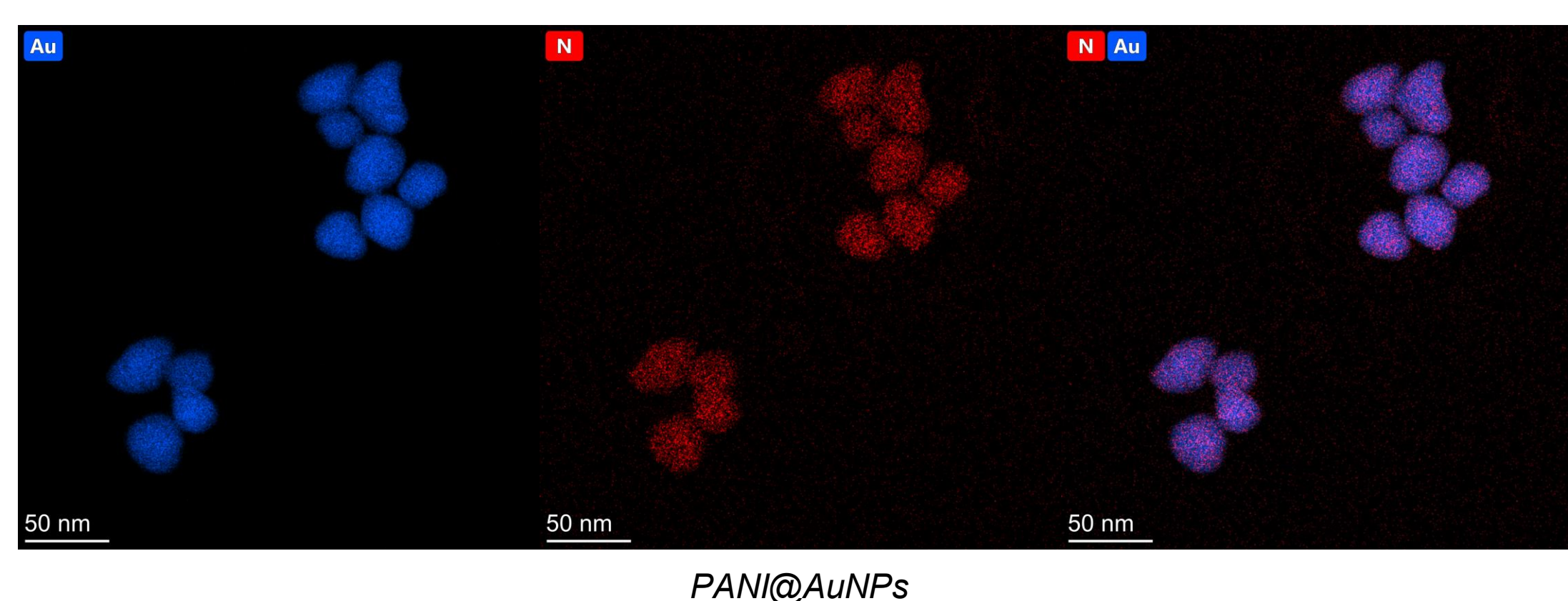
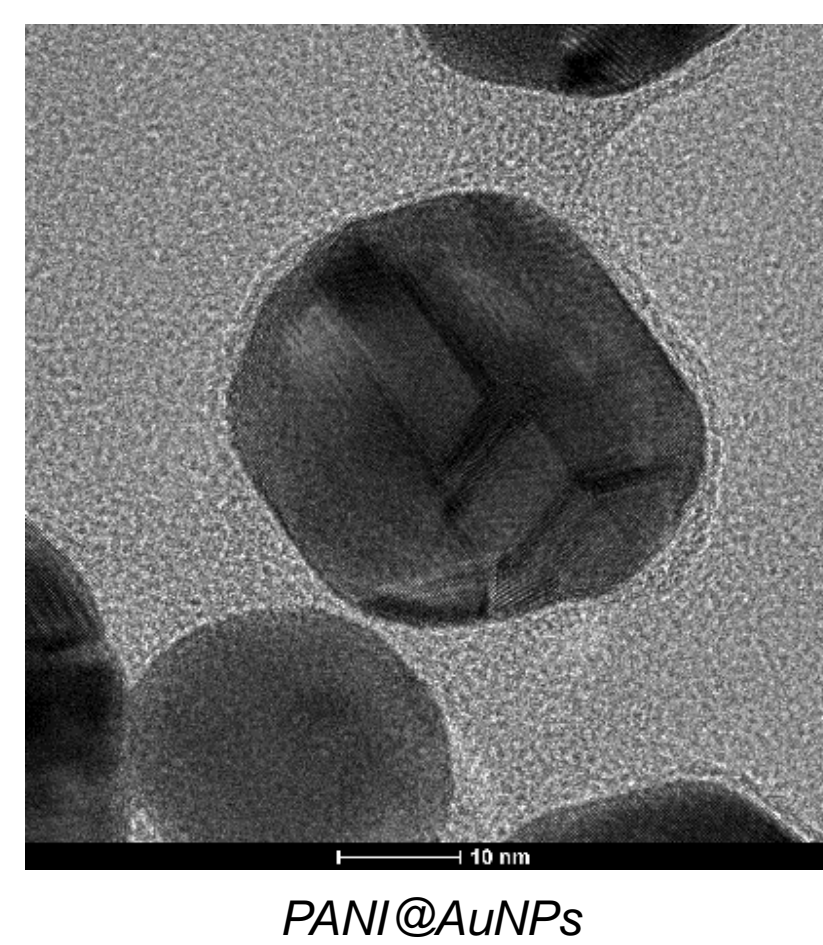
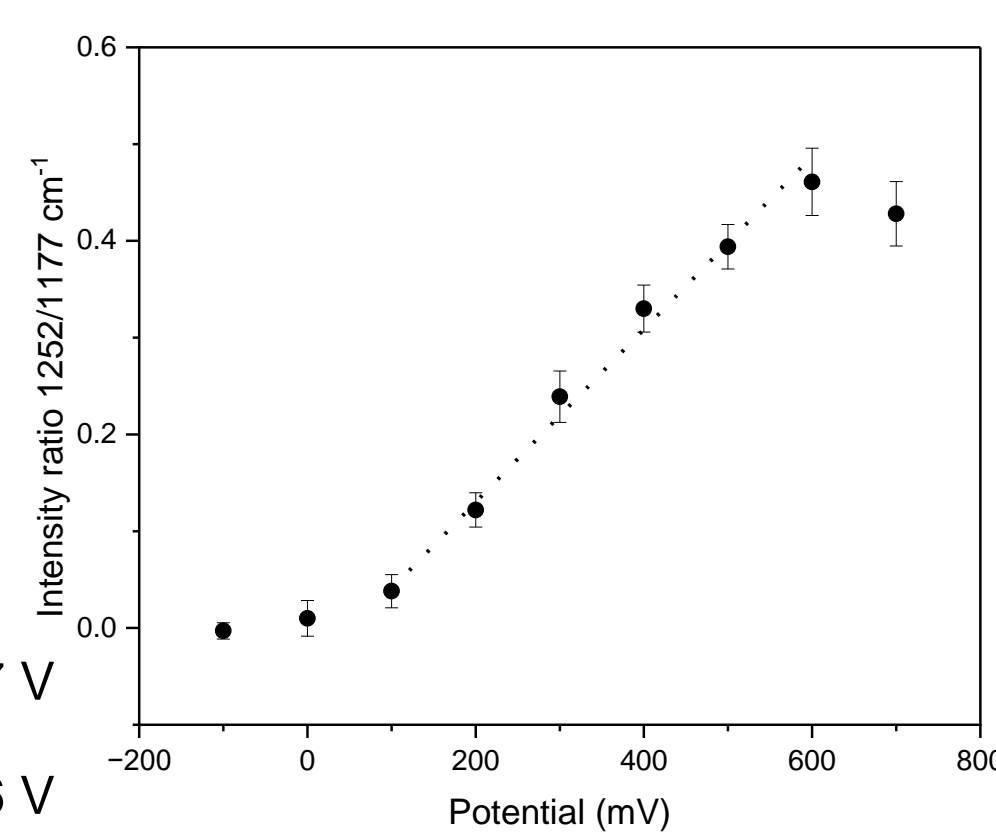
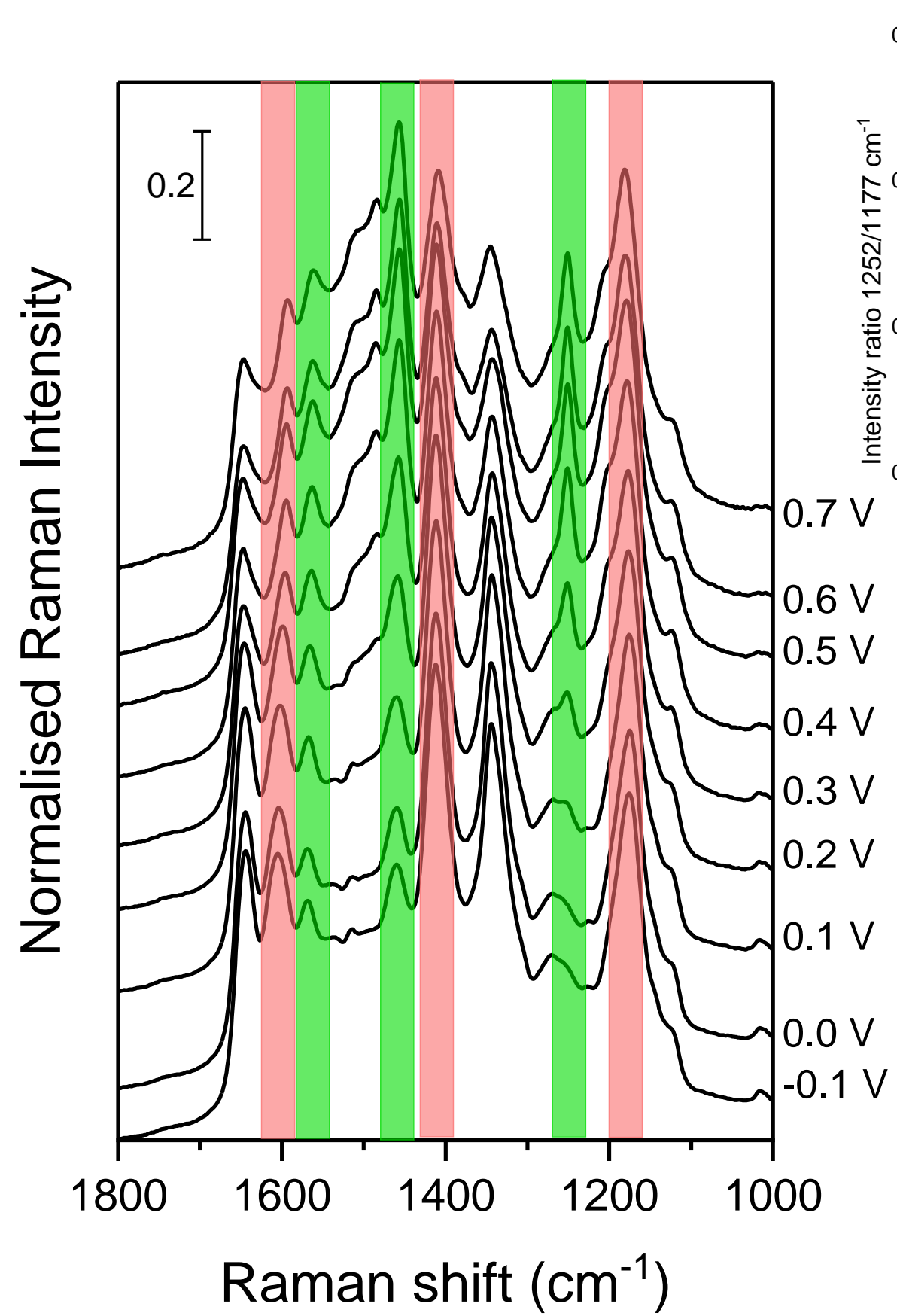
Układy tlenku grafenu i nanocząstek plazmonicznych

Układy tlenku grafenu (GO) i nanocząstek metali szlachetnych są świetnymi kandydatami do nowych sposobów detekcji śladowych ilości substancji organicznych lub aktywnych form tlenu. Właściwości nanocząstek złota zależą od ich kształtu. GO za to można bardzo łatwo modyfikować chemicznie przez redukcję lub proste potraktowanie roztworami o różnym pH. Wykazaliśmy, że modyfikacje GO wpływają na adsorpcję wykrywanych cząsteczek, co z kolei ma wpływ na wzmocnienie w powierzchniowo wzmocnionej spektroskopii Ramana (SERS). Otrzymaliśmy widma kwasu foliowego dla stężenia 10^{-12} mol/l.

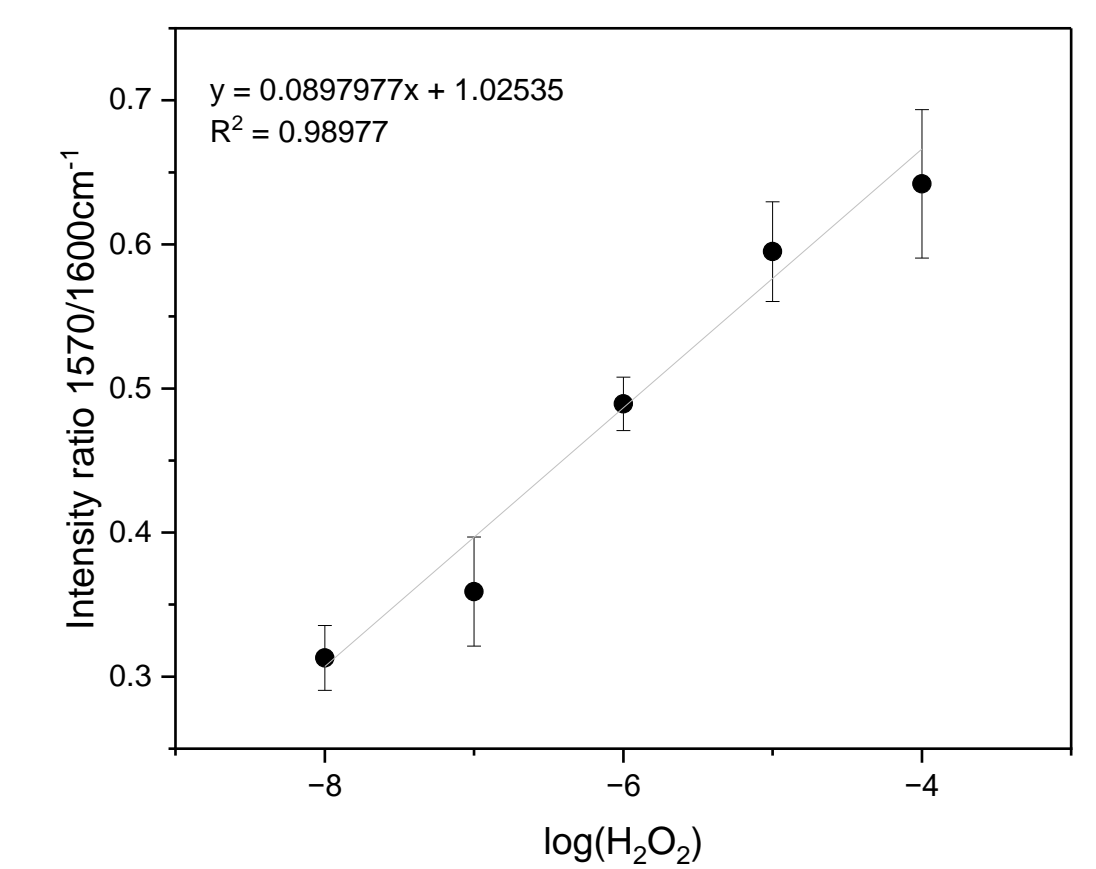
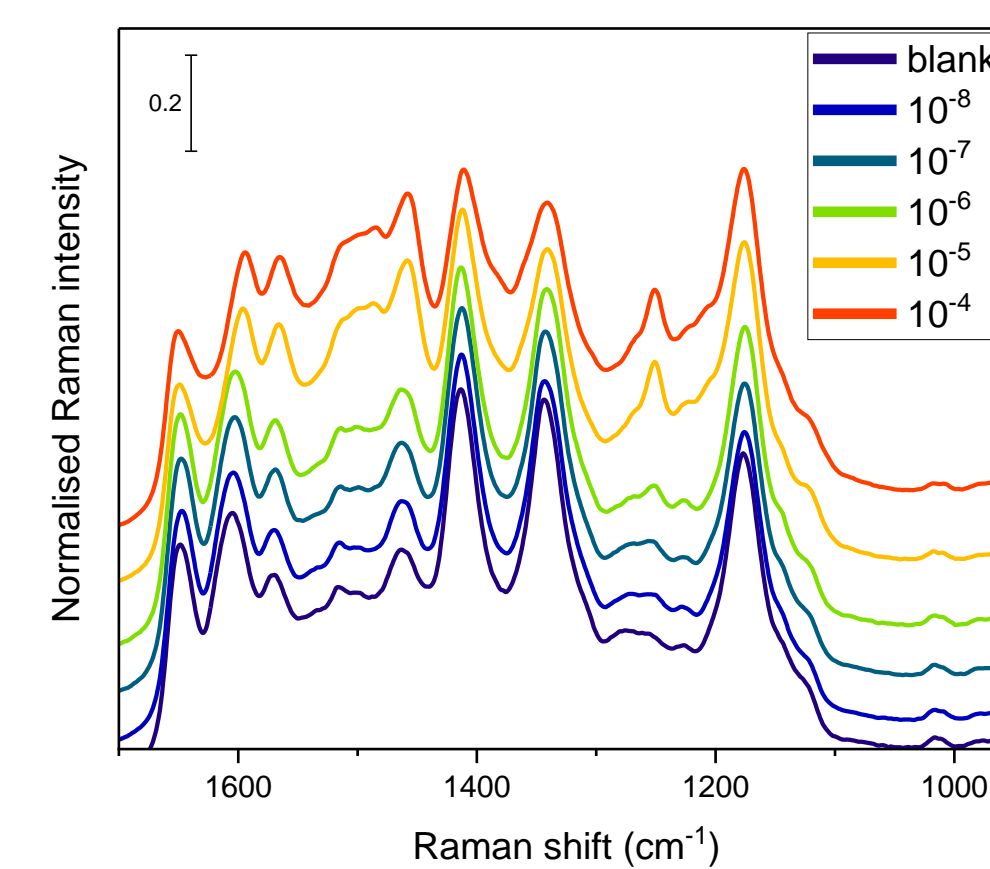


Nanocząstki złota (AuNPs) wykazują właściwości katalityczne względem wielu reakcji redoks, w tym względem elektroredukcji nadtlenu wodoru, co jest wykorzystywane do konstrukcji wielu biosensorów. Ich właściwości zależą od kształtu. Nasze badania pokazują, że nanocząstki o kształcie nanejżwalców są najbardziej aktywne. Tlenek grafenu (GO) i redukowany tlenek wodoru (rGO) wykazują umiarkowane właściwości katalityczne, ale pokrycie AuNPs warstwą GO lub rGO powoduje bardzo duży wzrost czułości nanocząstek na nadtlenek wodoru. Nasze wyniki pokazują, że defekty w strukturze GO są kluczowe dla aktywności elektrokatalitycznej.

Związki elektroaktywne w badaniach EC-SERS – mgr Kacper Jędrzejewski

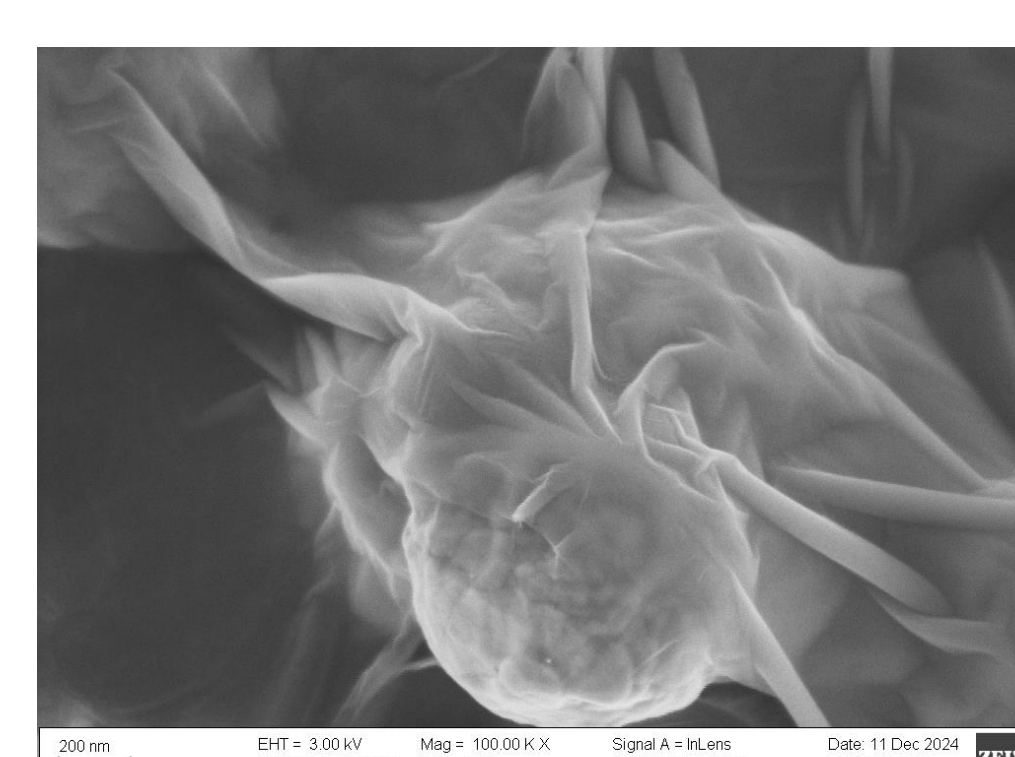
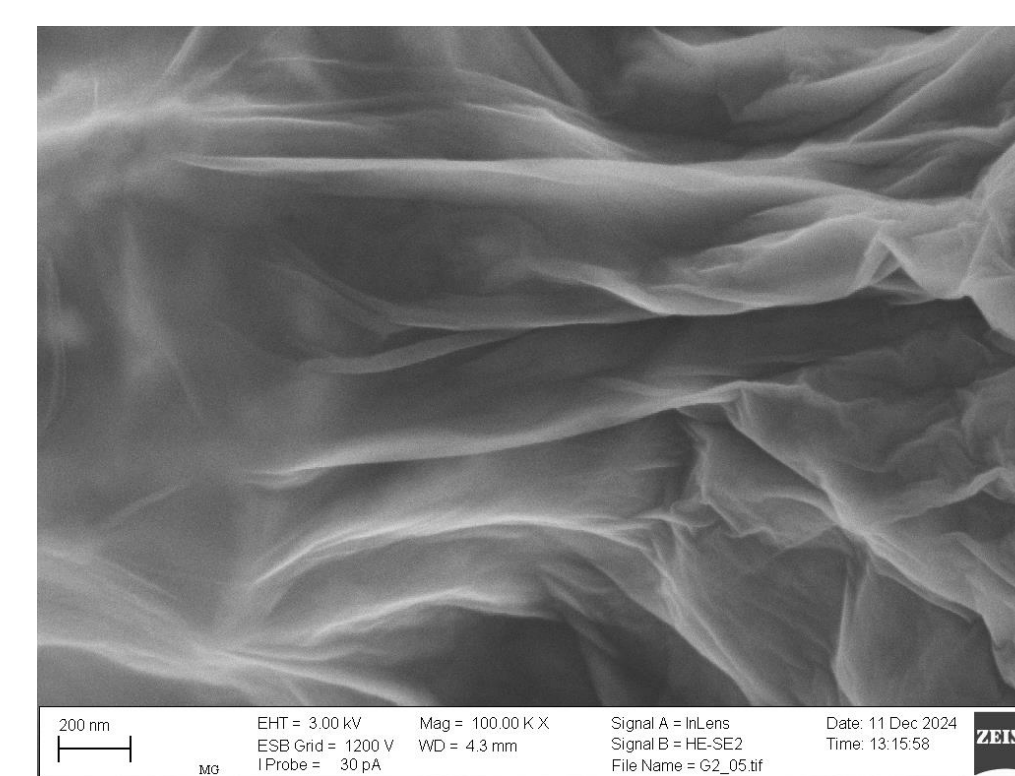
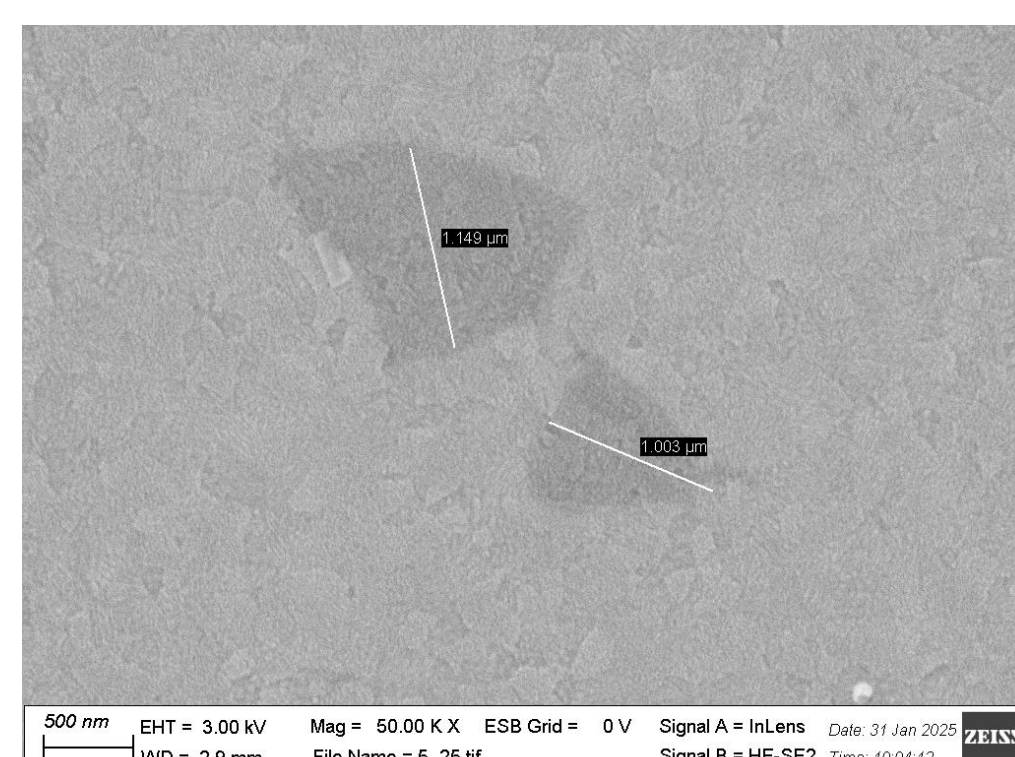
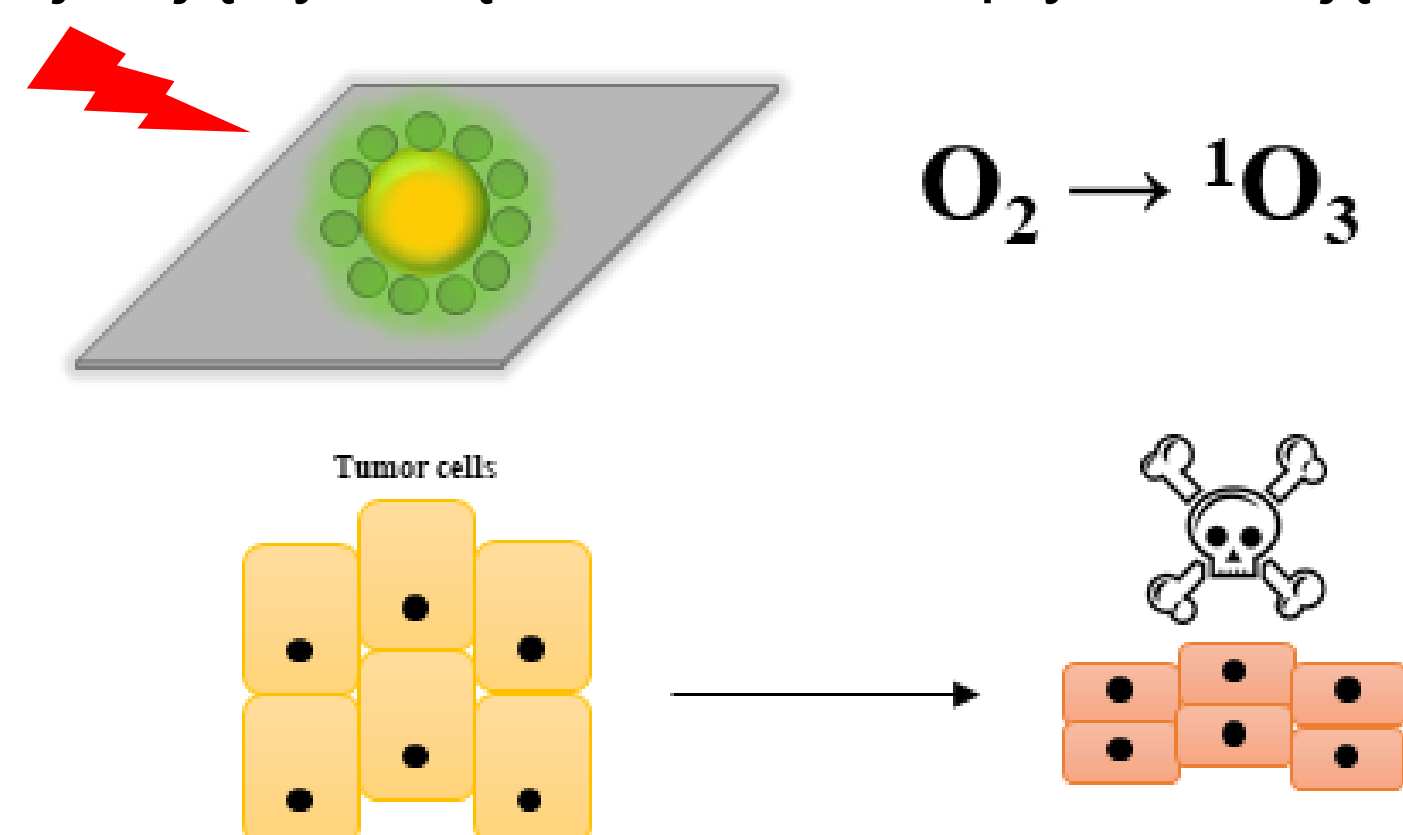


EC-SERS (ang. *Electrochemical Surface-Enhanced Raman Spectroscopy*) to technika umożliwiająca jednoczesne pomiary elektrochemiczne i spektroskopowe. Ze względu na bardzo wysoką czułość spektroskopii SERS, możliwe jest zaobserwowanie subtelnych zmian w strukturze związków elektroaktywnych wraz ze zmieniającym się potencjałem, ale również procesów, takich jak agregacja, czy adsorpcja. W naszej grupie obecnie badamy układy nanocząstek złota oplecionych cienką warstwą polimerów przewodzących. Testujemy ich zastosowanie jako nanosondy SERS mogące precyzyjnie określać potencjał redoks środowiska oraz służyć jako sensory do detekcji reaktywnych form tlenu. W badaniach stosujemy złote elektrody sitodrukowane umożliwiające łatwe pomiary EC-SERS przy użyciu niewielkiej ilości elektrolitu.



Tlenek grafenu w terapii fotodynamicznej – mgr Krystian Pupel

Projekt doktorski koncentruje się na opracowaniu hybrydowych nanomateriałów łączących modyfikowany tlenek grafenu z nanocząstkami metali szlachetnych, funkcjonalizowanych ligandami celującymi w komórki nowotworowe. Celem jest integracja terapii fotodynamicznej z detekcją reaktywnych form tlenu przy użyciu powierzchniowo wzmocnionej spektroskopii Ramana. Materiały aktywowane światłem bliskiej podczerwieni generują ROS w głęboko zlokalizowanych guzach, zwiększając precyzję terapii. Jednocześnie SERS umożliwia nieinwazyjną ich detekcję i monitorowanie procesów terapeutycznych na poziomie komórkowym. Badania obejmują syntezę materiałów, optymalizację i analizę ich właściwości katalitycznych.



Proponowana tematyka prac dyplomowych

- Układy nanocząstek złota z tlenkiem grafenu do generowania reaktywnych form tlenu – optymalizacja pod kątem terapii fotodynamicznej
- Synteza nanocząstek plazmonicznych i efektywne łączenie ich z powierzchnią materiałów 2D – biokompatybilizacja układów
- Badanie spektroelektrochemicznych właściwości związków elektroaktywnych (np. polimerów przewodzących) – wpływ elektrolitu oraz struktury na widma ramanowskie oraz elektrochemię układów
- Elektrochemiczne i spektroskopowe właściwości ultracienkich warstw tlenku grafenu i redukowanego tlenku grafenu na złotych elektrodach sitodrukowanych

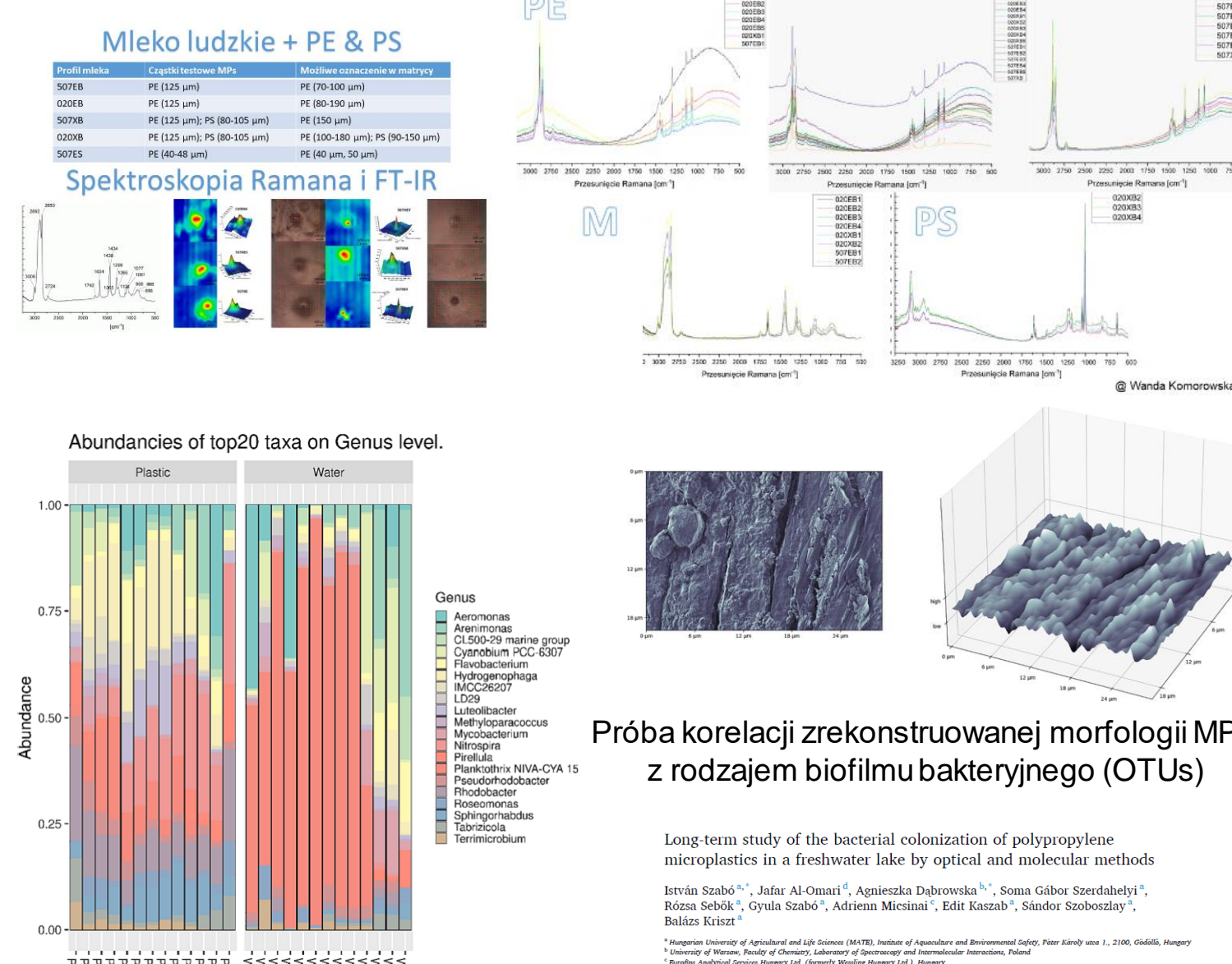
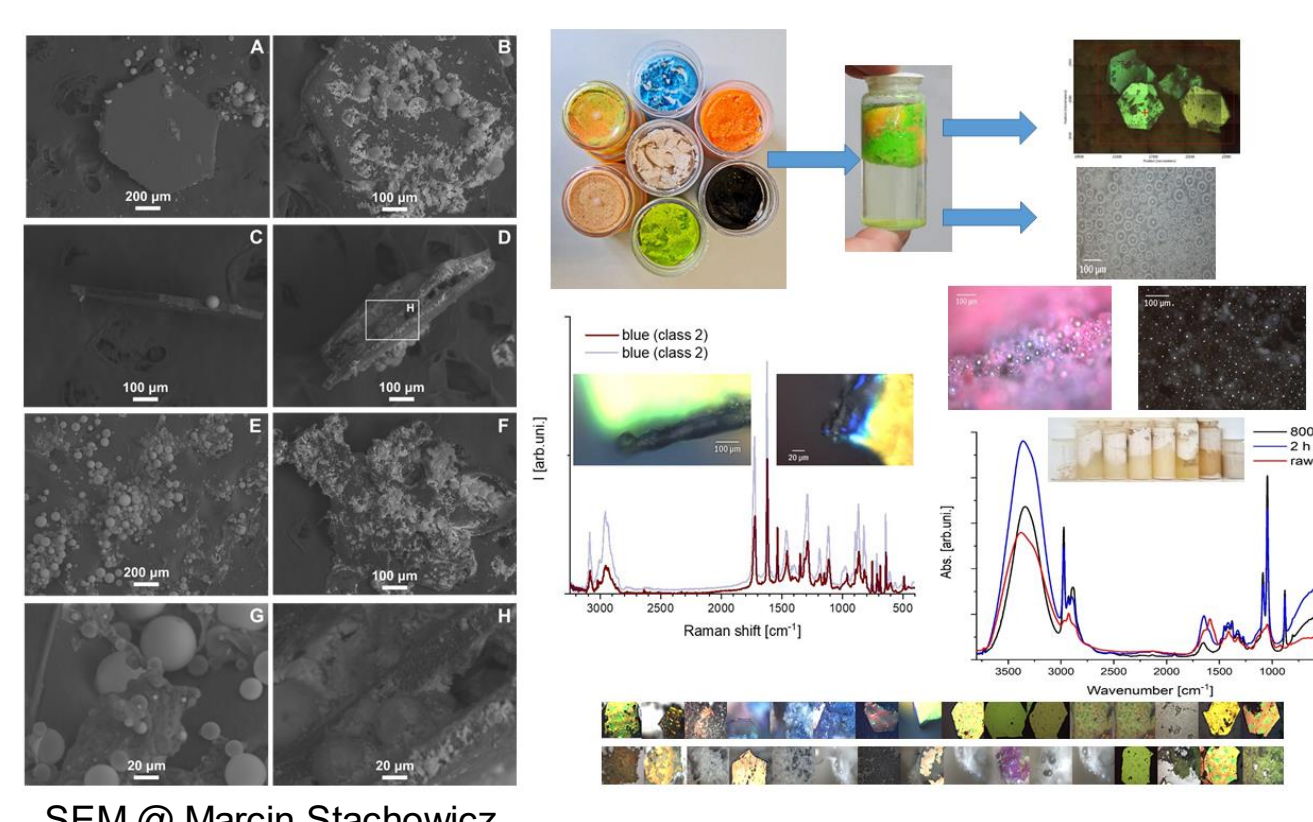
Analiza fizykochemiczna na potrzeby badań środowisk morskich i regionów polarnych

Tematyka obejmuje badania w zakresie stosowanej spektroskopii Raman i FTIR wykorzystywanych do analizy zróżnicowanych próbek środowiskowych (osadów głębokomorskich, minerałów, tkanek zwierzęcych, m.in. mięśni rekina grenlandzkiego, jaj i piór pingwinów, liofilizowanych fragmentów *Chionodraco hamatus*, muszli małży bałtyckich i gatunków inwazyjnych, bursztynów naturalnych i sztucznie modyfikowanych).

Dużą grupę zagadnień badawczych stanowią próbki mikroplastiku (MPs) i nanoplastiku (NPs) badane pod kątem:

- identyfikacji rodzaju polimeru i dodatków (opóźniaczy palenia, barwników, plastyfikatorów),
- oceny stopnia starzenia i modelowania procesów degradacji w warunkach naturalnych i laboratoryjnych,
- analizy ilościowej morfologii powierzchni i jej wpływu na plastisferę,
- interakcji tworzywa sztuczne-biofilm bakteryjny oraz MPs-grzyby (zagadnienie fungisfery),
- możliwości detekcji w złożonych matrycach biologicznych (np. mleko ludzkie),
- szczegółowego opisu mikroplastiku pierwotnego (m.in. włókna tekstylne, brokat) i jego degradacji.

W 2024 roku przeprowadzono kompleksowy monitoring dla rzek Łotwy (Engure-Rinda-Irbe).



Proponowana tematyka prac dyplomowych

- Spektroskopia w badaniach morza i ekotoksykologii - wybrane zagadnienia
- Materiały 2D
- Proxy spektralne z osadów głębokomorskich
- Starzenie środowiskowe i laboratoryjne wybranych tworzyw sztucznych
- Detekcja gatunków inwazyjnych na podstawie obrazowania muszli małży
- Analiza sygnałów i modelowanie ilościowe w badaniach starzenia mikroplastiku morskiego
- Metody recyklingu zużytych sieci rybackich
- Oznaczanie nanoplastiku

Ekotoksykologia mikroplastiku i materiałów 2D

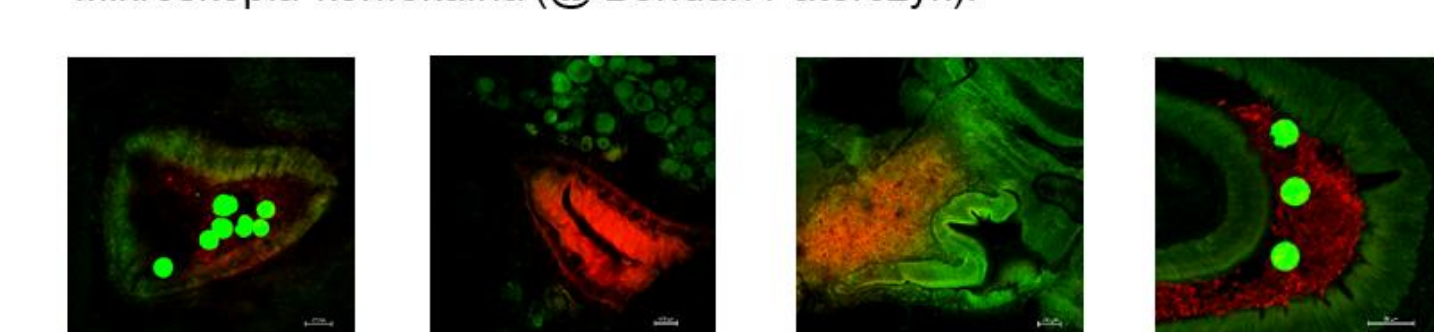
Jakościowa i ilościowa analiza spektralna jest również wykorzystywana do oceny interakcji tworzyw sztucznych z biotą, a także pozwala na weryfikację hipotezy badawczej dotyczącej kluczowej roli morfologii powierzchni w oddziaływaniach środowiskowych. Do tej pory udało się zaproponować cząstki dedykowane do testów toksyczności dla ponad 20 gatunków. Od 2024 roku prowadzone są systematyczne badania ekotoksykologiczne dla materiałów 2D (BN, MoS₂, WS₂) innych niż grafen (testy rozpoczęte w 2018 są kontynuowane na organizmach morskich).

W 2024 roku wspólnie z naukowcami z Wydziału Biologii UW opublikowaliśmy pracę pokazującą transfer MPs przez kilka poziomów sieci troficznej wraz ze szczegółowym opisem zmian zachodzących w materiale na wszystkich etapach interakcji biologicznej.

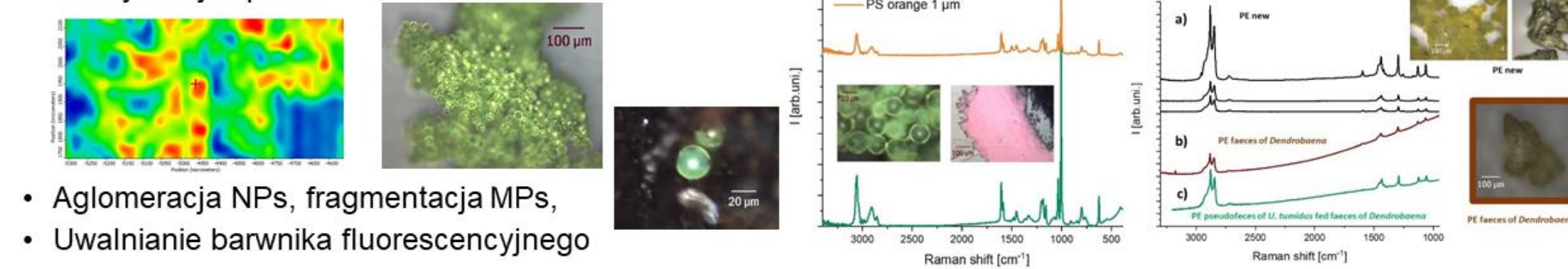
Modelowa sieć troficzna (@ dr Aleksandra Skawina):



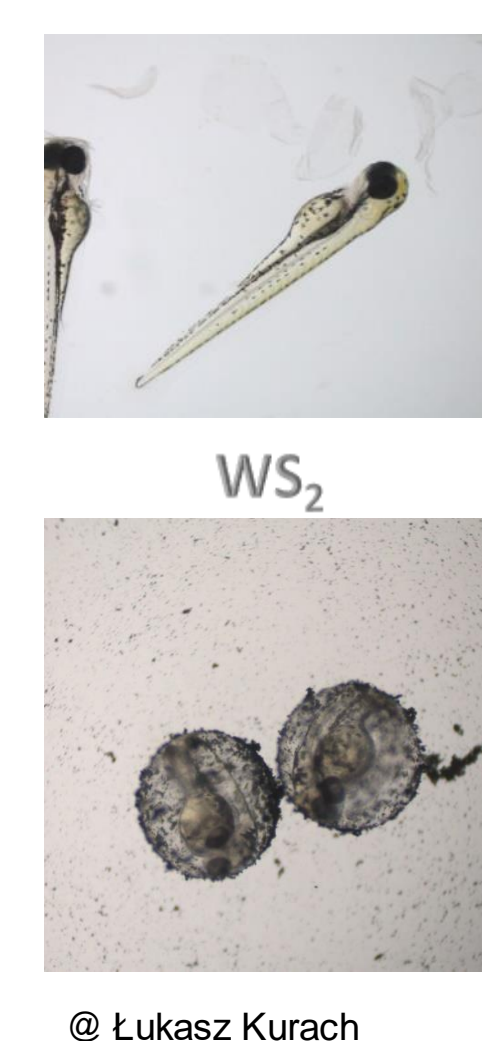
- Cząstki testowe: PE from cosmetics, PS (1 µm, 20 µm), nanoPS (15-18 nm, 100 nm), PMMA (20 µm)
- Mikroskopia konfokalna (@ Bohdan Paterczyk):



Identyfikacja spektralna:



- Aglomeracja NPs, fragmentacja MPs,
- Uwalnianie barwnika fluorescencyjnego

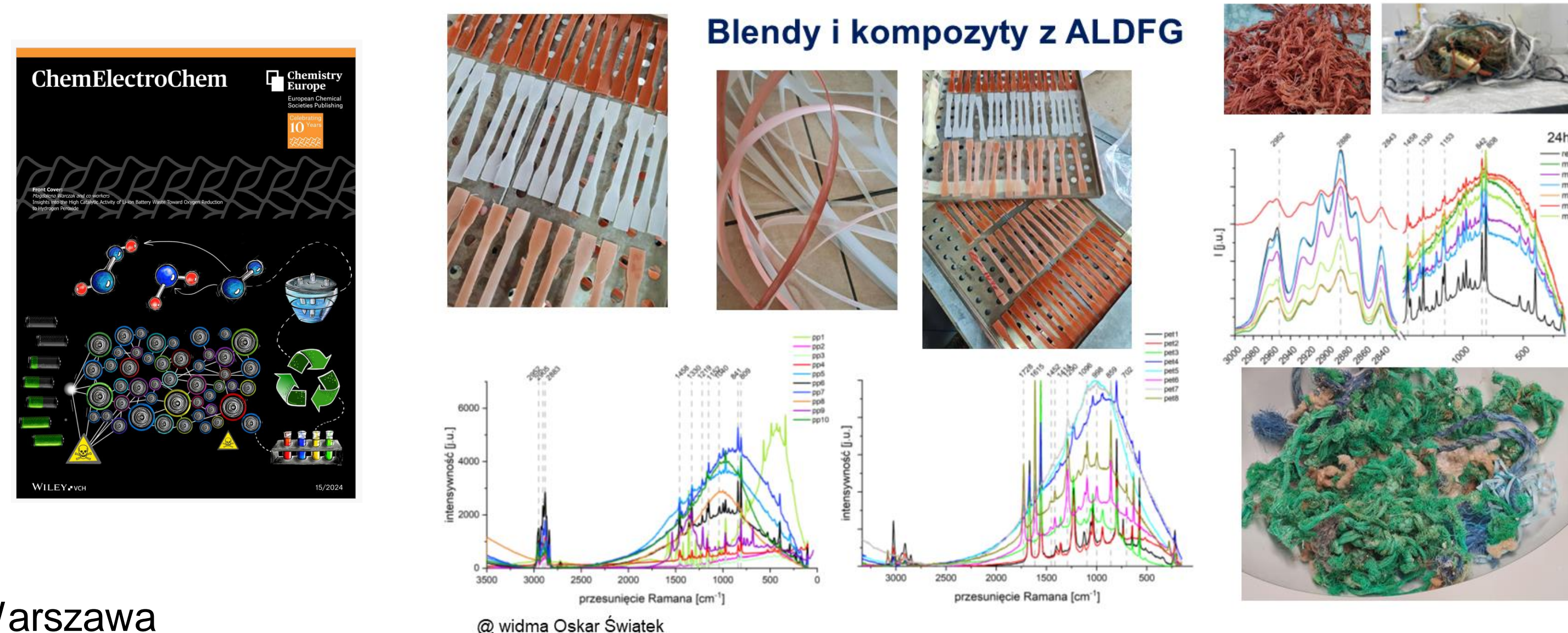


* Współpraca: Università degli Studi di Siena, Włochy; LIAE, Ryga, Łotwa; MATE, Godollo, Węgry; IO PAN, Sopot; Uniwersytet Medyczny w Lublinie; W. Biologii i W. Geologii UW.

Projektowanie i diagnostyka spektralna materiałów kompozytowych

Celem badań jest projektowanie materiałów o kontrolowanym sposobie starzenia i opracowanie spektralnych parametrów diagnostycznych umożliwiających lepsze modelowanie zmian zachodzących w czasie eksploatacji. Wybrane przypadki obejmują w szczególności kompozyty z nanostrukturami węglowymi, wykorzystanie surowców naturalnych w roli kompatybilizatorów i napełniaczy, zastosowania żywic pochodzenia roślinnego, a także ilościowy opis strukturalny nanowęgla. Innym istotnym zagadnieniem jest skuteczny recykling materiałów stanowiących zagrożenie dla środowiska (m.in. proszków bateryjnych, pozostałości po wkładach drukarskich). W ostatnim roku uwaga została skupiona szczególnie na problemie „sieci duchów” (ang. *ghost nets*) i porzuconym sprzęcie połowowym. Sieci poststormowe udało się przerobić na blendy i materiały kompozytowe, a także zapewnić odpowiednią trwałość otrzymanych produktów potwierdzoną w laboratoryjnych testach starzenia.

o zmniejszonym wpływie na środowisko



* Współpraca: Politechnika Śląska, Wydział mechaniczno-technologiczny, Gliwice; IPPT, Warszawa

Prace dyplomowe obronione w 2024 roku:

- „Zastosowanie spektroskopii Ramana w jakościowych i ilościowych badaniach mikroplastiku środowiskowego na przykładzie polietylenu”
Seweryn Kipa (praca magisterska, kierunek: chemia)
- „Kompozyty z porzuconych sieci rybackich – oczyszczanie, synteza, badania właściwości”
Oskar Świątek (praca magisterska, kierunek: chemia)
- „Mikroplastik w regionach polarnych - identyfikacja spektralna wybranych obiektów z plaży w Longyearbyen (Svalbard) i wód powierzchniowych”
Suzannah von Nathusius (praca licencjacka, kierunek: MSOŚ)
- „Laboratoryjne badania starzenia mikroplastiku pierwotnego na przykładzie brokatu i biobrokatu”
Suzannah von Nathusius (praca licencjacka, kierunek: chemia)
- „Projektowanie i badania spektralne kompozytów o zmniejszonym wpływie na środowisko”
Patrycja Frączek (praca licencjacka, kierunek: chemia)



Najnowsze publikacje:

- **Pupel, K., Jędrzejewski, K., Kasztelan, M., Żołądek, S., & Pałys, B. (2024).** Direct SERS Detection of Folic Acid Using Modified Graphene Oxide–Gold Nanobowl Composites. *ACS omega*, 9(52), 51679-51689.
- **Pupel, K., Jędrzejewski, K., Żołądek, S., Pałys, M., & Pałys, B. (2025).** The Graphene Oxide/Gold Nanoparticles Hybrid Layers for Hydrogen Peroxide Sensing—Effect of the Nanoparticles Shape and Importance of the Graphene Oxide Defects for the Sensitivity. *Molecules*, 30(3), 533.
- **Machalska, E., Łyczko, K., Rode, J. E., Dybaś, J., Pałys, B., & Dobrowolski, J. C. (2025).** Raman, ROA, and luminescence spectra of chiral lanthanide complexes with L- and D-alanine. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 330, 125713.
- **Szabó, I., Al-Omari, J., Dąbrowska, A., Szerdahelyi, S. G., Sebők, R., Szabó, G., ... & Kriszt, B. (2024).** Long-term study of the bacterial colonization of polypropylene microplastics in a freshwater lake by optical and molecular methods. *Journal of Molecular Liquids*, 393, 123637.
- **Świątek, O., & Dąbrowska, A. (2024).** A Feasible and Efficient Monitoring Method of Synthetic Fibers Released during Textile Washing. *Microplastics*, 3(1), 67-81.
- **Skawina, A., Dąbrowska, A., Bonk, A., Paterczyk, B., & Nowakowska, J. (2024).** Tracking the micro- and nanoplastics in the terrestrial-freshwater food webs. *Bivalves as sentinel species*. *Science of the Total Environment*, 917, 170468.
- **Osiat, M., Wilczewski, S., Godlewska, U., Skórczewska, K., Hilus, J., Szulc, J., Roszkiewicz, A., Dąbrowska, A., ... & Giersig, M. (2024).** Incorporation of Nanostructural Hydroxyapatite and Curcumin Extract from *Curcuma longa* L. Rhizome into Polylactide to Obtain Green Composite. *Polymers*, 16(15), 2169.
- **Warczak, M., Osiat, M., Urbańska, W., Stawkowska, N., Dąbrowska, A., Bonarowska, M., ... & Opallo, M. (2024).** Insights into the High Catalytic Activity of Li-Ion Battery Waste toward Oxygen Reduction to Hydrogen Peroxide. *ChemElectroChem*, 11(15), e202400248.
- **Dąbrowska, A., Stachowicz, M., & Szymiczek, M. (2024).** Glitters in fishing ground baits—A direct source of primary microplastics in soil and freshwater ecosystems. *Chemosphere*, 369, 143842.