

Rada Doskonałości Naukowej 00-901 Warszawa, pl. Defilad 1 Dział Kancelaryjny WPŁYNEŁO (RPW)	
21.07.2023	
Załącznik DRKN.26.400.181.2023	
Podpis	Za.

Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii

ul. Tamka 12, 91-403 Łódź

za pośrednictwem:

Rady Doskonałości Naukowej

pl. Defilad 1, 00-901 Warszawa

(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

dr Mariola Brycht  
Uniwersytet Łódzki  
Wydział Chemii  
ul. Tamka 12  
91-403 Łódź

## WNIOSEK

z dnia 05.07.2023

**o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne**

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego: **Materiały elektrodowe na bazie wybranych odmian alotropowych węgla do zastosowań w elektroanalizie.**

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **jawnym**.

Zostałam poinformowana, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa). Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.

Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenia postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu. Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie [www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html](http://www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html)

  
.....  
podpis wnioskodawcy

## **AUTOREFERAT**

**Załącznik nr 3 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego**

**dr Mariola Brycht**



## 1. IMIĘ I NAZWISKO

Mariola Brycht

## 2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

- **tytuł zawodowy magistra chemii**

Uzyskany w dniu 16.06.2011 z wyróżnieniem; Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki

Tytuł pracy: *Woltamperometryczne badania acibenzolar-S-methylu z użyciem elektrody rtęciowej HMDE i elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra Hg(Ag)FE*

Promotor: prof. dr hab. Witold Ciesielski (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)

- **stopień naukowy doktora nauk chemicznych w zakresie chemii**

Uzyskany w dniu 16.09.2015 z wyróżnieniem; Wydział Chemii, Uniwersytet Łódzki

Tytuł pracy: *Elektrody nowej generacji jako narzędzie do woltamperometrycznego oznaczania wybranych związków biologicznie czynnych*

Promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)

Kopromotor: prof. Valéria Guzsvány (University of Novi Sad, Serbia)

## 3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

- **asystent naukowy**

Zatrudniona na pełnym etacie w okresie **od 01.11.2015 do 31.01.2018**; Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Zakład Elektroanalizy i Elektrochemii

- **adiunkt**

Zatrudniona na pełnym etacie w okresie **od 01.02.2018 do dziś**; Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, Zakład Elektroanalizy i Elektrochemii

- **post-doc**

Zatrudniona na pełnym etacie w okresie **od 01.09.2018 do 31.08.2019**; Charles University, Faculty of Sciences, Department of Analytical Chemistry, Praga, Czechy

#### 4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

##### 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Materiały elektrodowe na bazie wybranych odmian alotropowych węgla do zastosowań w elektroanalizie

##### 4.2. Wykaz prac stanowiących osiągnięcie naukowe wraz z określeniem indywidualnego wkładu w ich powstanie

Jako osiągnięcie naukowe, w rozumieniu art. 219 ust. 1. pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, będące podstawą do wszczęcia i przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne przedstawiam cykl powiązanych tematycznie 11 opublikowanych prac naukowych ([H1]–[H11]).

IF – impact factor z 2021 roku; P<sub>MEiN</sub> – punkty z wykazu MEiN z 01.12.2021 roku; \* – autor korespondencyjny

**[H1]** K. Sipa\*, M. Brycht\*, A. Leniart, A. Nosal-Wiercińska, S. Skrzypek

*Improved electroanalytical characteristics for the determination of pesticide metobromuron in the presence of nanomaterials*

Analytica Chimica Acta 1030 (2018) 61–69

**IF = 6,911; P<sub>MEiN</sub> = 100**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zainicjowaniu współpracy naukowej, sformułowaniu koncepcji badawczej (pomysłodawca tematyki badań), uzyskaniu finansowania, wykonaniu pomiarów impedancyjnych, analizie i interpretacji wyników, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo i wysłaniu manuskryptu do recenzji oraz przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów. W niniejszej publikacji byłam pierwszym autorem korespondencyjnym.

**[H2]** K. Konecka, **M. Brycht\***, A. Leniart\*, S. Skrzypek

*Development and first application of the edge plane pyrolytic graphite electrode modified with graphene nanoplatelets for highly sensitive voltammetric determination of oxolinic acid*

Journal of Electroanalytical Chemistry 826 (2018) 76–83

**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu koncepcji badawczej (pomysłodawca tematyki badań), uzyskaniu finansowania, wykonaniu pomiarów związanych z charakterystyką elektrochemiczną elektrod, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu wykresów, rysunków i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo i wysłaniu manuskryptu do recenzji oraz przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów. W niniejszej publikacji byłem pierwszym autorem korespondencyjnym.

**[H3]** **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek

*Elektrody pastowe na bazie zredukowanego tlenku grafenu w analizie woltamperometrycznej wybranych pestycydów*

Elektroanaliza – sensory i metody pomiarowe (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków 2019, ISBN: 978-83-65955-36-4, str. 25–44

**IF = 0; P<sub>MEIN</sub> = 0**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu koncepcji badawczej (pomysłodawca tematyki badań – autor korespondencyjny), uzyskaniu finansowania, przygotowaniu elektrod roboczych, wykonaniu pomiarów elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu rysunków, wykresów i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, redakcji ostatecznej treści manuskryptu, wysłaniu manuskryptu do recenzji oraz przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

**[H4] M. Brycht\***, A. Leniart, J. Zavašnik, A. Nosal-Wiercińska, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, S. Skrzypek, K. Kalcher

*Paste electrode based on the thermally reduced graphene oxide in ambient air – its characterization and analytical application for analysis of 4-chloro-3,5-dimethylphenol*

Electrochimica Acta 282 (2018) 233–241

**IF = 7,336; P<sub>MEIN</sub> = 100**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zainicjowaniu współpracy naukowej, sformułowaniu koncepcji badawczej (pomysłodawca tematyki badań – autor korespondencyjny), uzyskaniu finansowania, przygotowaniu elektrody roboczej, wykonaniu pomiarów elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu rysunków, wykresów i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo i wystaniu manuskryptu do recenzji oraz przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

**[H5] M. Brycht\***, A. Leniart, J. Zavašnik, A. Nosal-Wiercińska, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, S. Skrzypek, K. Kalcher

*Synthesis and characterization of the thermally reduced graphene oxide in argon atmosphere, and its application to construct graphene paste electrode as a naptalam electrochemical sensor*

Analytica Chimica Acta 1035 (2018) 22–31

**IF = 6,911; P<sub>MEIN</sub> = 100**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zainicjowaniu współpracy naukowej, sformułowaniu koncepcji badawczej (pomysłodawca tematyki badań – autor korespondencyjny), uzyskaniu finansowania, przygotowaniu elektrody roboczej, wykonaniu pomiarów elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu rysunków, wykresów i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo i wystaniu manuskryptu do recenzji oraz przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

**[H6]** M. Brycht\*, K. Kowalewska, S. Skrzypek, V. Mirčeski

*Electroanalytical study of fungicide bixafen on paste electrode based on the thermally reduced graphene oxide synthesized in ambient air conditions*

Electroanalysis 35 (2023) e202200398

**IF = 3,077; P<sub>MEIN</sub> = 70**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zainicjowaniu współpracy naukowej, sformułowaniu koncepcji badawczej (pomysłodawca tematyki badań – autor korespondencyjny), uzyskaniu finansowania, przygotowaniu elektrody roboczej, wykonaniu pomiarów elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu rysunków, wykresów i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo i wysłaniu manuskryptu do recenzji oraz przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

**[H7]** M. Brycht, K. Kaczmarska, B. Uslu, S.A. Özkan, S. Skrzypek\*

*Sensitive determination of anticancer drug imatinib in spiked human urine samples by differential pulse voltammetry on anodically pretreated boron-doped diamond electrode*

Diamond and Related Materials 68 (2016) 13–22

**IF = 3,806; P<sub>MEIN</sub> = 100**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zainicjowaniu współpracy naukowej, udziale w sformułowaniu koncepcji badawczej (współpomysłodawca tematyki badań), wykonaniu większości pomiarów elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu wykresów, rysunków i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, udziale w redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo oraz udziale w przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.



**[H8]** M. Brycht\*, S. Skrzypek, V. Mirčeski

*Improved procedure for square-wave voltammetric sensing of fenhexamid residues on blueberries peel surface at the anodically pretreated boron-doped diamond electrode*

Analytica Chimica Acta 1249 (2023) 340936

**IF = 6,911; P<sub>MEIN</sub> = 100**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zainicjowaniu współpracy naukowej, sformułowaniu koncepcji badawczej (pomysłodawca tematyki badań – autor korespondencyjny), uzyskaniu finansowania, wykonaniu pomiarów elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu rysunków, wykresów i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, nadzorowaniu procesu recenzji wewnętrznej manuskryptu, redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo i wysłaniu manuskryptu do recenzji oraz przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

**[H9]** M. Brycht, P. Lochyński, J. Barek, S. Skrzypek, K. Kuczewski, K. Schwarzová-Pecková\*

*Electrochemical study of 4-chloro-3-methylphenol on anodically pretreated boron-doped diamond electrode in the absence and presence of a cationic surfactant*

Journal of Electroanalytical Chemistry 771 (2016) 1–9

**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w sformułowaniu koncepcji badawczej (współpomysłodawca tematyki badań), przeprowadzeniu większości badań (z wyjątkiem badań w obecności surfaktantu), analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu wykresów, rysunków i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, udziale w redakcji ostatecznej treści manuskryptu, przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo oraz udziale w przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

**[H10]** M. Brycht, S. Baluchová, A. Taylor, V. Mortet, S. Sedláková, L. Klimša, J. Kopeček, K. Schwarzová-Pecková\*

*Comparison of electrochemical performance of various boron-doped diamond electrodes: Dopamine sensing in biomimicking media used for cell cultivation*

Bioelectrochemistry 137 (2021) 107646

**IF = 5,760; P<sub>MEIN</sub> = 100**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w sformułowaniu koncepcji badawczej, udziale w przygotowaniu metodologii badań, przeprowadzeniu 50% badań elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu wykresów, rysunków i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, udziale w redakcji ostatecznej treści manuskryptu, udziale w przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo oraz udziale w przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

**[H11]** S. Baluchová, M. Brycht, A. Taylor, V. Mortet, J. Krůšek, I. Dittert, S. Sedláková, L. Klimša, J. Kopeček, K. Schwarzová-Pecková\*

*Enhancing electroanalytical performance of porous boron-doped diamond electrodes by increasing thickness for dopamine detection*

Analytica Chimica Acta 1182 (2021) 338949

**IF = 6,991; P<sub>MEIN</sub> = 100**

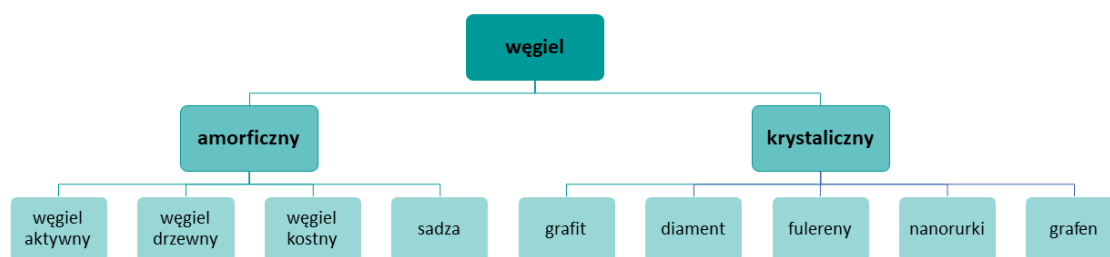
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w sformułowaniu koncepcji badawczej, udziale w przygotowaniu metodologii badań, przeprowadzeniu 50% badań elektrochemicznych, analizie i interpretacji wyników, przygotowaniu wykresów, rysunków i tabel, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, udziale w redakcji ostatecznej treści manuskryptu, udziale w przygotowaniu dokumentacji wymaganej przez wydawnictwo oraz udziale w przygotowaniu odpowiedzi na pytania recenzentów.

### 4.3. Merytoryczne ujęcie osiągnięcia naukowego będącego podstawą wniosku habilitacyjnego

#### *Materiały elektrodowe na bazie wybranych odmian alotropowych węgla do zastosowań w elektroanalizie*

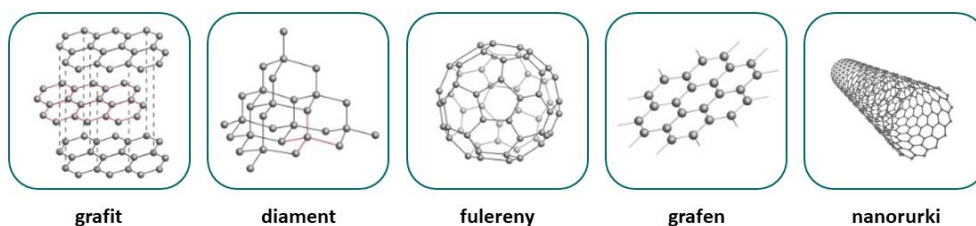
##### 4.3.1. Wprowadzenie do tematyki badań

Węgiel to pierwiastek chemiczny o symbolu C (ang. *carbon*, łac. *carboneum*) i liczbie atomowej 6, który zlokalizowany jest w XIV grupie układu okresowego. Węgiel jest pierwiastkiem niezbędnym do życia na Ziemi, jest podstawowym budulcem wszelkich organizmów żywych i składnikiem ponad 95% znanych związków chemicznych. Odznacza się on dużą różnorodnością strukturalną, a do dwóch głównych odmian węgla zaliczyć można odmianę amorficzną (bezipostaciową – węgiel pozbawiony jest struktury krystalicznej) oraz odmianę krystaliczną (**Rys. 1**).



**Rys. 1.** Klasyfikacja materiałów węglowych.

W moim wniosku habilitacyjnym skupię się na odmianie węgla krystalicznego, który występuje w różnych postaciach o odmiennych właściwościach fizykochemicznych. Postaci te, zwane odmianami alotropowymi, różnią się budową sieci krystalicznej i liczbą atomów w cząsteczce. Właściwości fizykochemiczne danej odmiany alotropowej węgla zależą przede wszystkim od typu wiązania między atomami węgla (hybrydyzacja węgla  $sp^2$  lub  $sp^3$ ) [1]. Do najpopularniejszych odmian alotropowych węgla, których struktury krystaliczne przedstawiłam na **Rys. 2**, należą grafit, diament, fulereny, grafen i nanorurki [2].



**Rys. 2.** Struktury krystaliczne wybranych najpopularniejszych odmian alotropowych węgla [3].

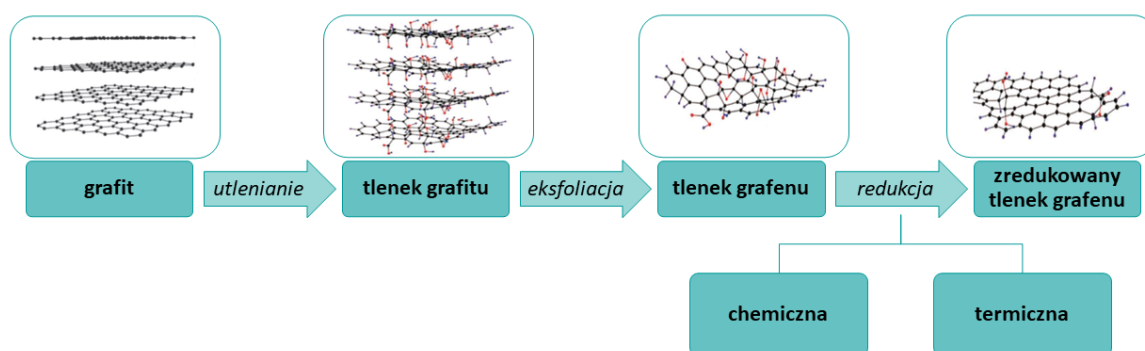
Wykorzystanie węgla jako materiału elektrodowego wzbudza zainteresowanie naukowców od połowy XX. wieku i do dziś pierwiastek ten pozostaje kluczowym materiałem ze względu na jego wyjątkowe właściwości, takie jak m.in. obojętność chemiczna, dobra przewodność, stabilność, szerokie okno potencjałów w środowiskach wodnych i niewodnych, brak aktywności elektrokatalitycznej w stosunku do wielu niepożądanych reakcji ubocznych oraz stosunkowo niska cena [4]. W ostatnich latach szczególnym zainteresowaniem wśród elektrochemików cieszą się grafen i jego pochodne oraz domieszkowany diament, o czym świadczy gwałtowny wzrost liczby opublikowanych prac na ich temat. W moim wniosku habilitacyjnym skupię się na materiałach elektrodowych na bazie tych dwóch odmian alotropowych węgla.

Grafen to odmiana alotropowa węgla, która charakteryzuje się płaską dwuwymiarową strukturą zbudowaną z pojedynczej warstwy atomów węgla o hybrydyzacji  $sp^2$  uporządkowanych w sześciokątną sieć krystaliczną przypominającą plaster miodu [5]. Odkrywcami grafenu byli Andre Geim i Konstantin Novoselov, którzy wyizolowali grafen przy użyciu taśmy klejącej i kawałka grafitu oraz udowodnili, że posiada on fascynujące i unikalne właściwości elektroniczne, optyczne, mechaniczne i fizykochemiczne [6,7], za co w 2010 roku otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki. To odkrycie zapoczątkowało nową erę w badaniach elektrochemicznych i skierowało uwagę wielu naukowców w kierunku badania grafenu i jego pochodnych pod kątem ich zastosowania jako materiału elektrodowego.

Ze względu na hydrofobowy charakter grafenu, jego hydrofilowe pochodne, takie jak tlenek grafenu (GO) i zredukowany tlenek grafenu (RGO), są znacznie częściej stosowane w praktycznych zastosowaniach, w tym do wytwarzania czujników elektrochemicznych [8,9]. RGO i GO mają podobną budowę do grafenu [8,10], jednak w przeciwieństwie do grafenu zawierają reszkowe grupy funkcyjne zawierające tlen i mają pewne defekty strukturalne, głównie w płaszczyźnie bazowej [11,12]. Porównując właściwości grafenu z GO i RGO, ten ostatni zachowuje się jak stan pośredni między grafenem a GO [8].

Do tej pory opracowano wiele metod otrzymywania grafenu i jego pochodnych [9,13]. Przy doborze metody ich syntezy bardzo ważną kwestią jest to, do jakich zastosowań materiał ten ma zostać zastosowany, gdyż rodzaj metody użytej do syntezy materiału grafenowego wpływa na jego właściwości elektryczne, strukturalne, fizyczne i morfologiczne [14,15]. Najpopularniejsza metoda syntezy grafenu spośród metod konwencjonalnych opiera się na interkalacji przestrzeni międzywarstwowych grafitu (**Rys. 3**) [16]. W metodzie tej, w pierwszym etapie, grafit poddaje się utlenieniu do tlenku grafitu za pomocą mocnych utleniaczy z wykorzystaniem jednej z metod, np. zmodyfikowanej metody Hummersona [17]. W następnym etapie, powstały tlenek grafitu, który zawiera na powierzchni warstw liczne grupy tlenowe, poddaje się termicznej eksfoliacji (najczęściej

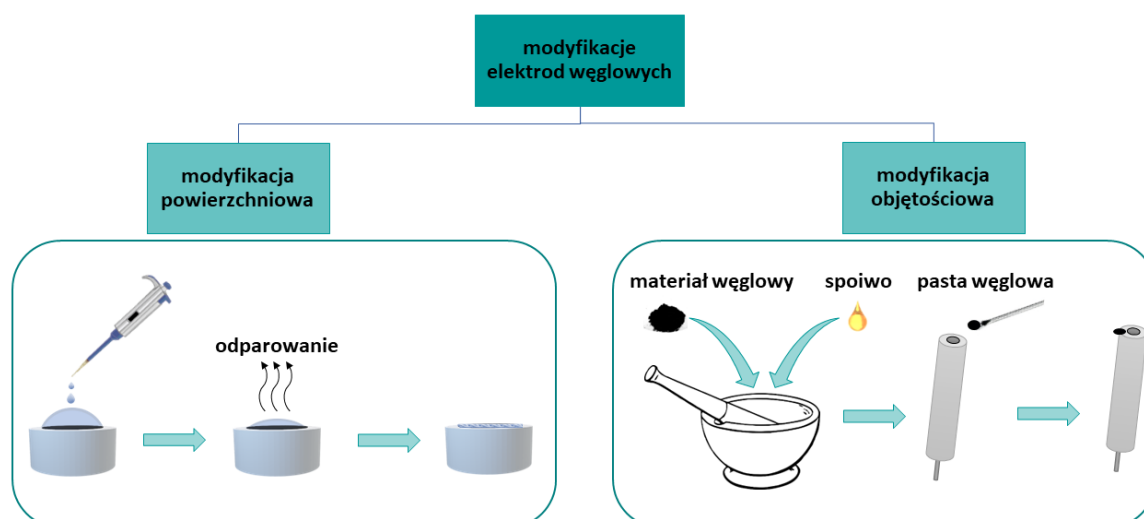
przeprowadza się ją za pomocą ultradźwięków w środowisku wodnym). Podczas tego procesu, wydzielają się duże ilości gazów (głównie CO<sub>2</sub>), które powodują rozdzielanie warstw. Uzyskany w wyniku tego procesu GO, który zawiera w swojej strukturze znaczne ilości grup funkcyjnych zawierających tlen, poddaje się w następnej kolejności redukcji [9,16]. Redukcja GO w celu wytworzenia RGO z mniejszą ilością grup funkcyjnych zawierających tlen w porównaniu z GO i o cechach bardziej zbliżonych do grafenu [8–10] może być przeprowadzona m.in. metodami chemicznymi na mokro [18] lub metodami termicznymi w atmosferze obojętnej lub redukującej [19] (**Rys. 3**). Jednak chemicznie zredukowany GO (CRGO) zwykle wymaga użycia toksycznych i silnych odczynników redukujących, np. hydrazyny czy borowodorku sodu, co powoduje silną aglomerację płatków hydrofobowego grafenu [20] ze znaczną liczbą zanieczyszczeń i defektów strukturalnych, które mogą mieć silny wpływ na jakość i właściwości uzyskanego RGO [13,19]. Termiczna redukcja grup funkcyjnych na arkuszach GO wykazuje wiele zalet w porównaniu z redukcją chemiczną [21]. W procesie redukcji termicznej nie jest wymagane użycie cieczy, w prosty sposób można kontrolować proces redukcji, czas trwania procesu jest stosunkowo krótki i możliwe jest otrzymanie jednorazowo dużych partii produktu (termiczna redukcja GO jest ważną metodą produkcji grafenu na skalę światową) [22]. Podczas termicznej redukcji, GO jest ogrzewany w atmosferze gazów obojętnych, np. azotu, argonu, w bardzo wysokich temperaturach (powyżej 1 000°C), ale redukcję GO można także prowadzić w atmosferze gazów obojętnych, powietrzu czy w próżni w niższych temperaturach poprzez stopniowe ogrzewanie GO [19,23]. Termicznie zredukowany tlenek grafenu (TRGO) odznacza się wysokim stopniem eksfoliacji, dużą powierzchnią właściwą, mniejszą ilością grup tlenowych i wyższą przewodnością elektryczną niż CRGO [19].



**Rys. 3.** Graficzna reprezentacja najczęściej stosowanych dróg syntezy RGO.

W tym miejscu warto także podkreślić, że uzyskanie jednowarstwowego grafenu jest zadaniem dość trudnym [15]. W związku z tym, uzyskane w wyniku syntezy kilkuwarstwowe arkusze grafenowe (poniżej 10 warstw; o wielkości kilkunastu nanometrów) uznaje się jako grafen i jego pochodne [16], które można stosować jako materiały elektrodowe (modyfikatory) do wytwarzania elektrod roboczych.

Modyfikacja elektrod roboczych jest silnie rozwijającym się trendem w badaniach elektrochemicznych, ponieważ pozwala ona na nadanie nowych właściwości oraz zastosowań niemodyfikowanym elektrodom [24]. Generalnie procedury modyfikacji elektrod można podzielić na dwie główne grupy, takie jak: modyfikacje powierzchniowe i objętościowe. Dotychczas opracowano wiele metod modyfikacji powierzchniowych elektrod roboczych, które z kolei można podzielić na modyfikacje chemiczne (osadzanie kropli zawiesiny, z ang. drop-casting) oraz modyfikacje elektrochemiczne (osadzanie elektrochemiczne, polimeryzacja elektrochemiczna) [24]. W wyniku modyfikacji objętościowej uzyskuje się materiały kompozytowe, takie jak pasta węglowa lub materiał ceramiczny [24]. W moim wniosku habilitacyjnym skupię się na dwóch podejściach modyfikacji elektrod za pomocą pochodnych grafenu, tj. na chemicznej modyfikacji powierzchni elektrod roboczych poprzez osadzenie kropli zawiesiny na powierzchni elektrody roboczej oraz na objętościowej modyfikacji mającej na celu uzyskanie pasty węglowej (**Rys. 4**).



**Rys. 4.** Popularne techniki stosowane podczas modyfikacji powierzchniowych i objętościowych elektrod węglowych z użyciem pochodnych grafenu.

Chemiczna modyfikacji powierzchni elektrod roboczych za pomocą materiałów węglowych polega na osadzeniu (najczęściej za pomocą pipety automatycznej) kropli zawiesiny (przygotowanej poprzez zmieszanie proszku węglowego z odpowiednim rozpuszczalnikiem, którą poddaje się następnie procesowi ultrasonifikacji) na podłożu, czyli na powierzchni elektrody roboczej (podłoża są wykonane np. z węgla w różnych formach, takich jak grafit czy węgiel szklisty) w celu utworzenia filmu na jej powierzchni [24,25]. Istotne jest, aby osadzenie kropli zawiesiny ograniczało się wyłącznie do powierzchni przewodzącej, bez np. jej nadmiernego rozlewania na otaczającą warstwę izolującą (np. PTFE, PEEK). Podłoże wraz z nakroploną na nim zawiesiną pozostawia się następnie do wyschnięcia (całkowitego odparowania rozpuszczalnika).

Modyfikacja objętościowa pastowych elektrod węglowych (grafitowych) może odbywać się zarówno poprzez częściowe, jak i całkowite zastąpienie proszku grafitowego innym materiałem węglowym. W moim wniosku habilitacyjnym skupię się na całkowitym zastąpieniu grafitu innym materiałem węglowym, tj. zredukowanym tlenkiem grafenu. Procedura modyfikacji objętościowej polega na zmieszaniu (zazwyczaj w moździerzu porcelanowym lub agatowym przy użyciu tłuczka) rozdrobnionego materiału węglowego z cieczą wiążącą, czyli spoiwem (np. olejem mineralnym) w celu uzyskania homogenicznej pasty węglowej. Zalecane jest pozostawienie uzyskanej jednorodnej mieszaniny na kilkanaście godzin w celu jej całkowitej homogenizacji. Gotową pastę węglową umieszcza się następnie we wnęce teflonowego korpusu elektrodowego, a jako kontakt elektryczny stosuje się np. drut platynowy, miedziany lub srebrny [16,26]. Przy przygotowywaniu pasty węglowej niezwykle istotne są takie aspekty, jak m.in.: wzajemny stosunek składników w mieszaninie, sposób i czas mieszania pasty węglowej, dobór naczynia, w którym przygotowuje się i przechowuje się pastę, sposób upakowania pasty w ciele elektrody oraz czas przechowywania przygotowanej pasty [26]. Proszek węglowy stosowany do wytworzenia pasty węglowej musi przede wszystkim odznaczać się niewielkim rozmiarem ziaren, równomiernym rozkładem wielkości ziaren i wysokim stopniem czystości oraz posiadać odpowiednio niskie zdolności sorpcyjne [26,27]. Spoiwa stosowane do wytworzenia past węglowych muszą być stabilnymi, nieprzewodzącymi, obojętnymi chemicznie i elektrochemicznie substancjami, które nie rozpuszczają się w roztworach wodnych i muszą odznaczać się małą lotnością i wysoką stabilnością w czasie [16,26,27].

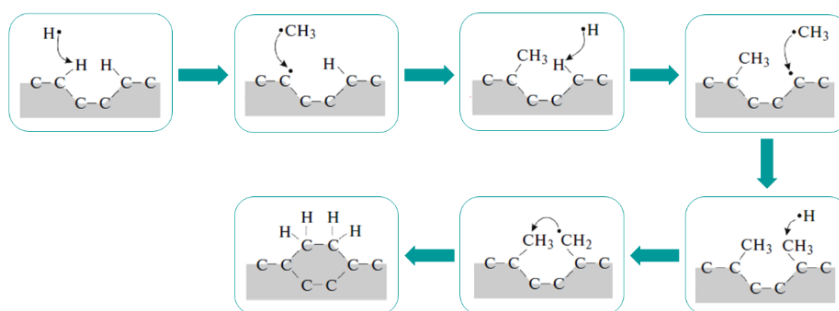
**Diamant** jest bardzo cenioną odmianą alotropową węgla. Atomy węgla w diamencie o całkowitej hybrydyzacji  $sp^3$  ułożone są w czworościenną strukturę, a wiązania pomiędzy atomami węgla są bardzo silnymi wiązaniami kowalencyjnymi, co nadaje sztywność i twardość kryształowi, w wyniku czego jest on najtwardszą substancją naturalną. Najbardziej godne uwagi właściwości diamentu, poza jego twardością, to bardzo dobra przewodność cieplna i wyjątkowo wysoka rezystywność elektryczna. Ta ostatnia cecha sprawia, że na pierwszy rzut oka diament jest bezużyteczny dla elektrochemika, ponieważ jest on izolatorem o szerokim paśmie wzbronionym (5,47 eV) zawierającym około  $2 \times 10^{23}$  atomów C na  $cm^3$  [28,29]. Jednakże dzięki domieszkowaniu, czyli wprowadzeniu i aktywowaniu atomów domieszek (pierwiastków niewęglowych) do struktury kryształu diamentu, możliwa jest zmiana jego właściwości elektrycznych. Diamant można domieszkować atomami z grupy IV układu okresowego (z pięcioma elektronami w powłoce walencyjnej), takimi jak atomy azotu czy fosforu, które powodują domieszkowanie typu *n* [28,29]. Wstawienie do struktury diamentu atomów grupy III układu okresowego (z trzema elektronami w powłoce walencyjnej), takich jak atomy boru, prowadzi z kolei do uzyskania domieszki typu *p* [28,29]. Najczęściej jako domieszkę diamentu stosuje się bor, ponieważ znacznie łatwiej jest

zastąpić wyparte atomy węgla atomami boru w sieci krystalicznej diamentu niż atomami azotu czy fosforu (atom boru ma mały rozmiar oraz zajmuje taką samą pozycję, jak wyparte atomy węgla i przy stosunkowo małej energii aktywacji (0,37 eV) można go łatwo wbudować w gęstą sieć krystaliczną diamentu) [28]. Dlatego też w moim wniosku habilitacyjnym skupię się na materiałach elektrodowych na bazie diamentu domieszkowanego borem (BDD).

Diament domieszkowany borem jest wciąż obiecującym i szeroko stosowanym materiałem elektrodowym od czasu jego wprowadzenia w 1992 roku [30]. Popularność BDD wynika z szerokiego zakresu jego unikalnych właściwości, odróżniających BDD od innych powszechnie stosowanych materiałów elektrodowych (zarówno węglowych, jak i metalicznych). Do najważniejszych cech materiału na bazie BDD z punktu widzenia elektroanalizy zalicza się: szerokie okno potencjału roboczego zarówno w środowiskach wodnych, jak i niewodnych, niski i stabilny prąd tła, wyjątkowa stabilność chemiczna i wytrzymałość mechaniczna, wysoka odporność na pasywację, regulowane przewodnictwo sterowane domieszkowaniem czy możliwość elektrochemicznej aktywacji *in situ* [28,31–35]. Unikalne właściwości elektrochemiczne elektrod diamentowych domieszkowanych borem (BDDE) związane są z obecnością węgla o hybrydyzacji  $sp^3$ , jednak należy zaznaczyć, że wytworzenie materiału elektrodowego zawierającego tylko węgiel  $sp^3$  podczas syntezy diamentu bez obecności zanieczyszczeń węglowych  $sp^2$  (zwłaszcza w połączeniu z wysokim stopniem domieszkowania diamentu borem) jest niezwykle trudne i prawie niemożliwe [29,32]. Poza tym warto zaznaczyć, że wysokiej jakości powierzchnie  $sp^3$  (prawie bez zawartości węgla  $sp^2$ ) można scharakteryzować jako obojętne katalitycznie [29].

Postęp technologiczny pod koniec lat 80.tych XX wieku zaowocował syntezą diamentu przy użyciu techniki chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD). Uproszczony schemat standardowego modelu wzrostu diamentu z fazy gazowej przedstawiłam na **Rys. 5**. BDD można wytwarzać przy użyciu jednej z kilku metod CVD, z których najpopularniejsze są CVD przy użyciu gorącego włókna (HF–CVD) i CVD wspomagane plazmą mikrofalową (MW–PECVD) [32,36]. Przy doborze metody wytwarzania BDD niezwykle ważną kwestią jest to, do jakich zastosowań materiał ten zostanie wykorzystany, ponieważ rodzaj metody użytej do syntezy BDD wpływa na jego właściwości i wydajność elektrochemiczną. Liczne badania dowodzą, że stosowanie metody MW–PECVD wykazuje szereg zalet w porównaniu z innymi metodami CVD. W metodach CVD, źródło węgla (np. metan) oraz domieszka boru w postaci gazowej (np. diboran, trimetylobor) wprowadzane są do komory reaktora w obecności wodoru, a metan jest aktywowany w celu rozkładu gazów źródłowych na rodniki metylowe i atomowy wodór. Należy również podkreślić, że BDD wytworzony w procesie CVD jest terminowany wodorem (H–BDD) [32,37].



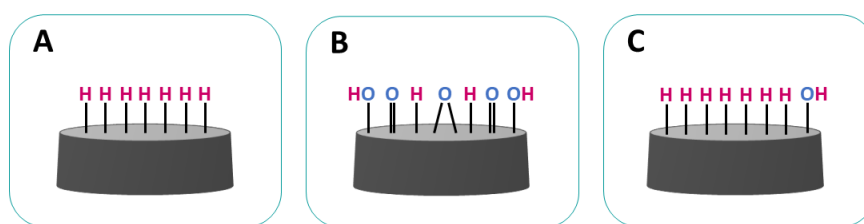


**Rys. 5.** Uproszczony schemat standardowego modelu wzrostu diamentu z fazy gazowej [37].

W moim wniosku habilitacyjnym zastosowałam dwa rodzaje MW-PECVD do wytworzenia BDDE, tj. konwencjonalne MW-PECVD oraz MW-PECVD z dodatkowym systemem „linear antenna delivery” (MW-LA-PECVD). Konwencjonalna metoda MW-PECVD jest ograniczona do małych powierzchni (o średnicy 15 cm) i wysokich temperatur wzrostu (powyżej 600°C) i dzięki tej metodzie możliwe jest osiągnięcie wysokiej czystości fazy oraz szybkiego wzrostu diamentu. W przypadku metody MW-LA-PECVD, w której mikrofalowe źródła plazmy są ustawione równolegle do siebie, możliwy jest wzrost BDD z dobrą jednorodnością na dużych powierzchniach (do 50 cm x 30 cm) i w stosunkowo niskich temperaturach (poniżej 600°C) [38,39]. Powoduje to, że metoda ta jest bardziej atrakcyjna dla wielu zastosowań, w tym do osadzania BDD na szklanych podłożach stosowanych przy wytwarzaniu mikroelektrod i macierzy mikroelektrod wykorzystywanych do stymulacji neuronów i rejestrowania ich aktywności elektrycznych [40,41] oraz wykrywania i oznaczania neuroprzekazników [42–44]. Dodatkowo, w przypadku metody MW-LA-PECVD gęstość plazmy jest znacznie niższa niż przy użyciu konwencjonalnej MW-PECVD, a zatem warunki są mniej surowe w MW-LA-PECVD, ale kosztem wolniejszego wzrostu BDD [45]. Istotnym jest, że metoda MW-LA-PECVD zwykle wymaga dodania gazu zawierającego tlen (zwykle w postaci CO<sub>2</sub>) do gazu prekursorowego. Obecność tlenu prowadzi do zwiększenia szybkości wzrostu i poprawy jakości BDD z powodu ograniczonego tworzenia niediamentowego węgla sp<sup>2</sup> (tlen preferencyjnie usuwa zanieczyszczenia sp<sup>2</sup>) [46]. Z drugiej strony, obecność tlenu zmniejsza aktywne wbudowywanie się boru w sieć diamentu i prowadzi do uzyskania BDD o gorszej przewodności elektrycznej [47]. Dlatego też, w celu uzyskania skutecznego domieszkowania, konieczne jest zastosowanie znacznie wyższego stosunku boru do węgla w fazie gazowej w porównaniu z konwencjonalną metodą MW-PECVD.

Wiele czynników ma istotny wpływ na właściwości i wydajność elektrochemiczną wytworzonych BDDE. Do kluczowych czynników, na których skupię się w moim wniosku habilitacyjnym, zalicza się terminację powierzchni, stopień domieszkowania diamentu borem, morfologię powierzchni oraz zawartość węgla sp<sup>2</sup>. Zrozumienie roli czynników, które w niejednoznaczny sposób współdecydują o właściwościach BDDE stanowi istotne wyzwanie.

Terminacja powierzchni, czyli obecność powierzchniowych grup funkcyjnych, jest jednym z kluczowych czynników znacząco wpływających na właściwości i wydajność wytworzonych BDDE w elektroanalizie. Terminacja powierzchni wpływa bowiem na kinetykę reakcji heterogenicznego przeniesienia elektronów (HET) na granicy faz elektroda-elektrolit oraz na tendencję do adsorpcji. Jak wcześniej wspominałam, BDD wyhodowany w reaktorze plazmowym opuszcza komorę wzrostu zakończoną wodorem (H–BDD). Powierzchnia H–BDD (**Rys. 6A**) jest niepolarna, hydrofobowa oraz wykazuje wysoką przewodność powierzchniową i ujemne powinowactwo elektronowe [29,34,36]. Chociaż powierzchnia H–BDD jest często stabilna w powietrzu przez kilka miesięcy, to jednak ulega ona starzeniu, tzn. z czasem powoli częściowo się utlenia [28,29,35]. Jednym z najskuteczniejszych i najczęściej stosowanych sposobów ponownego uwodornienia stopniowo utlenionej powierzchni lub przeprowadzenia konwersji z H–BDDE do BDDE terminowanej tlenem (O–BDDE) jest elektrochemiczna aktywacja *in situ* poprzez zastosowanie odpowiednio wysokiego potencjału ujemnego (powyżej  $-2$  V; aktywacja katodowa, CPT) lub dodatniego (powyżej  $+2$  V; aktywacja anodowa, APT) [31,48]. Polaryzacja anodowa prowadzi do wprowadzenia na powierzchnię BDDE różnych grup funkcyjnych zawierających tlen ( $-C-O-C-$ ,  $-C-OH$ ,  $-C=O$ ,  $-COOH$ ) poprzez reakcje z wysoce reaktywnymi quasi-wolnymi rodnikami hydroksylowymi powstającymi podczas utleniania wody. O–BDDE (**Rys. 6B**) są hydrofilowe, polarne oraz wykazują niższą przewodność powierzchniową i dodatnie powinowactwo elektronowe [29,32,34,36]. Inna skuteczna strategia ponownego uwodornienia stopniowo utlenionej powierzchni opiera się na obróbce wstępnej przez polerowanie (PPT) powierzchni BDDE za pomocą filcu i wodnej zawiesiny tlenku glinu [31]. Powierzchnia PPT–BDDE (**Rys. 6C**) zawiera tylko związaną kowalencyjnie monowarstwę posiadającą grupy funkcyjne zawierające tlen [29,31,48].



**Rys. 6.** Schemat powierzchni BDDE terminowanych **(A)** wodorem, **(B)** tlenem oraz **(C)** polerowanych BDDE.

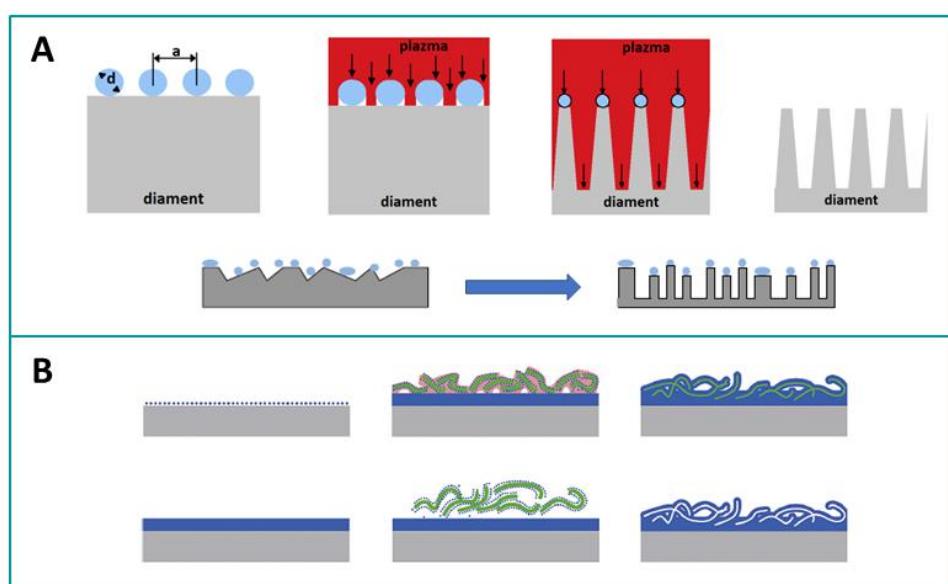
Stopień domieszkowania diamentu borem jest kolejnym czynnikiem silnie wpływającym na właściwości i wydajność elektrochemiczną wytworzonych BDDE. Jak wcześniej wspominałam, dzięki domieszkowaniu diamentu borem możliwa jest zmiana jego właściwości elektrycznych: wraz ze wzrostem poziomu domieszkowania, BDD zmienia się z izolatora w półprzewodnik (półmetal) lub metaliczny przewodnik (podobny do metalu, lecz ze zmniejszoną liczbą nośników ładunku lub gęstością stanów (DOS) w porównaniu z klasycznym metalem) [29,34]. Zawartość boru jest

zazwyczaj wyrażana na 3 sposoby: (i) w częściach na milion (ppm) jako stosunek B/C, gdzie B i C odnoszą się odpowiednio do zawartości boru i węgla w fazie gazowej podczas CVD, (ii) jako % stosunek boru do węgla w fazie gazowej lub (iii) jako liczba atomów B na  $\text{cm}^3$  w fazie stałej [29,34]. Poziom domieszkowania diamentu borem kształtuje się w zakresie  $10^{18}$ – $10^{22}$  atomów B na  $\text{cm}^3$  [29,32]. W elektroanalizie stopień domieszkowania diamentu borem wyrażany jest zazwyczaj jako stosunek B/C, który mieści się zazwyczaj w zakresie od 100 do nawet 15 000 ppm [29]. Przy niskich poziomach domieszkowania diamentu borem ( $\leq 10^{19}$  atomów B na  $\text{cm}^3$ ) diament zachowuje się elektrycznie i elektrochemicznie jak półprzewodnik, natomiast przy wysokich poziomach domieszkowania ( $\geq 10^{20}$  atomów B na  $\text{cm}^3$ ) – jak półmetal i posiada wysoką przewodność elektryczną [32]. Przejście półprzewodnik-metal zachodzi przy około  $3 \times 10^{20}$  atomów B na  $\text{cm}^3$  (teoretyczny próg przewodności; co odpowiada stosunkowi B/C w zakresie 1 000–2 000 ppm) jest optymalna do wytworzenia BDDE znajdujących zastosowanie w elektroanalizie [32,34]. Warto także zaznaczyć, że zawartość boru wpływa nie tylko na przewodnictwo elektryczne wytworzonych BDDE, ale również na strukturę otrzymanych warstw BDD, co z kolei znacząco wpływa na właściwości elektrochemiczne BDDE [34]. Stopień domieszkowania diamentu borem wpływa na: (i) kinetykę reakcji HET (im wyższe stężenie boru, tym szybsza i bardziej odwracalna kinetyka reakcji HET) [29], (ii) wysokość i potencjał pików utleniania/redukcji analitu (im wyższa zawartość boru, tym pik utleniania/redukcji analitu jest wyższy i przesunięty w stronę bardziej ujemnych potencjałów, co można wiązać z poprawą przewodnictwa i zwiększeniem ilości miejsc aktywnych służących do przenoszenia elektronów) [29], (iii) czułość metody i wartość granic wykrywalności (LOD; BDDE z wysoką zawartością boru wykazują zazwyczaj wyższą czułość i niższe wartości LOD), (iv) szerokość okna potencjałów (im wyższa zawartość boru, tym węższe okno potencjałów najprawdopodobniej z powodu zmniejszenia rezystancji omowej BDDE) [29,32], (v) pojemność BDDE (im większa zawartość boru, tym większa pojemność BDDE prawdopodobnie z powodu rosnącej DOS) [32], (vi) zawartość zanieczyszczeń węglem o hybrydyzacji  $\text{sp}^2$  (im wyższa zawartość boru, tym większa zawartość węgla  $\text{sp}^2$ ) [49].

Ostatnim omawianym przeze mnie kluczowym czynnikiem wpływającym na właściwości i wydajność elektrochemiczną BDDE jest zawartość węgla  $\text{sp}^2$ , czyli niediamentowego węgla (NDC, z ang. non-diamond carbon). Amorficzny węgiel  $\text{sp}^2$ , który powstaje na granicach ziaren polikrystalicznego diamentu oraz poprzez defekty podczas ich osadzania, jest kontrowersyjnym tematem. Z jednej strony, obecność węgla  $\text{sp}^2$  w BDDE powoduje wyższy prąd tła, węższe okno potencjałów i prowadzi do występowania niepożądanego adsorpcji produktów ubocznych procesów redoks, co powoduje pasywację powierzchni BDDE [49]. Z drugiej strony NDC działa jako mediator przeniesienia ładunku, powodując znacznie szybszą kinetykę przeniesienia elektronu [29,32].

Dlatego też, w celu zminimalizowania wprowadzania zanieczyszczeń  $sp^2$  do BDDE podczas procedury CVD, najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie poziomego domieszkowania borem tuż powyżej teoretycznego progu przewodności, który jak wcześniej wspomniałam jest korzystny pod względem HET i wydajności elektroanalitycznej [34].

Wydajność elektrochemiczną BDDE można znacząco polepszyć zmieniając jej morfologię z planarnej na porowatą. Potężnym narzędziem do dalszej poprawy już znakomitych właściwości BDDE bez konieczności modyfikowania ich powierzchni jest strukturyzacja powierzchni. Nanostrukturalne BDDE stały się niezwykle atrakcyjne, gdyż łączą w sobie wyjątkowe właściwości planarnych BDDE, podczas gdy strukturalna powierzchnia BDDE znacząco poprawia charakterystykę poprzez zwiększenie efektywnej powierzchni elektrody oraz miejsc aktywnych i przyspieszenie kinetyki reakcji HET. W literaturze opisano kilka strategii wytwarzania nanostrukturalnych BDDE, które można zasadniczo podzielić na dwie główne kategorie: (i) metoda z góry na dół, tzw. top-down, która polega na trawieniu powierzchni diamentu z użyciem różnych masek, w wyniku czego dochodzi do zmiany morfologii z planarnej na porowatą (**Rys. 7A**) [50,51] oraz (ii) metoda z dołu do góry, czyli bottom-up, która opiera się na osadzaniu warstw BDD na już porowatych podłożach (**Rys. 7B**) [52]. Stosując te podejścia, uzyskuje się znacznie lepsze parametry analityczne (zwiększoną czułość, niższe wartości LOD i lepszą selektywność). Nanostrukturalne BDDE są więc obiecującymi materiałami elektrodowymi do zastosowań elektroanalitycznych. Warto jednak zaznaczyć, że stosowanie podejścia strukturyzacji metodą top-down jest bardziej skomplikowane i żmudne niż wykorzystanie metody bottom-up. W moim wniosku habilitacyjnym do wytworzenia strukturalnych BDDE wykorzystywałam drugie podejście.



**Rys. 7. (A)** Trawienie powierzchni diamentu z użyciem maski (metoda top-down) [50,51] oraz **(B)** osadzanie warstw BDD na już porowatych podłożach (metoda bottom-up) [52].

#### 4.3.2. Cel badań realizowanych w ramach habilitacji i aspekty badawcze

Głównym celem moich badań naukowych opisanych w pracach zgłoszonych do postępowania habilitacyjnego ([H1]–[H11]) i stanowiących osiągnięcie naukowe było wykorzystanie wybranych odmian alotropowych węgla, a mianowicie RGO oraz BDD, jako materiałów elektrodowych, ich charakterystyka oraz zastosowanie w elektroanalizie wybranych związków organicznych o znaczeniu biologicznym. Moja praca składa się z 6 części (aspektów badawczych). Wyniki uzyskane z każdego etapu badań oraz wypływające z nich wnioski wnoszą elementy nowości naukowej do literatury przedmiotu.

- Aspekt badawczy 1**      Badanie wpływu modyfikacji powierzchniowej węglowych elektrod roboczych za pomocą RGO na właściwości elektrod oraz parametry analityczne metod oznaczania wybranych analitów ([H1], [H2])
- Aspekt badawczy 2**      Badanie wpływu metody syntezy na właściwości otrzymanego RGO i wytworzonych elektrod pastowych na bazie RGO oraz na wydajność elektroanalityczną ([H3], [H4], [H5], [H6]).
- Aspekt badawczy 3**      Badanie wpływu elektrochemicznej aktywacji *in situ* powierzchni BDDE na pasywację powierzchni elektrod i parametry analityczne metod oznaczania wybranych analitów ([H7], [H8], [H9], [H10]).
- Aspekt badawczy 4**      Badanie wpływu poziom domieszkowania diamentu borem na parametry analityczne metody oznaczania wybranego analitu ([H9]).
- Aspekt badawczy 5**      Badanie wpływu metody wytwarzania BDDE oraz warunków syntezy BDDE na właściwości wytworzonych elektrod i ich wydajność elektroanalityczną ([H10]).
- Aspekt badawczy 6**      Badanie wpływu zmiany morfologii powierzchni z planarnej na porowatą na właściwości wytworzonych BDDE i wydajność elektroanalityczną ([H11]).

#### 4.3.3. Omówienie wypracowanych rozwiązań i otrzymanych rezultatów

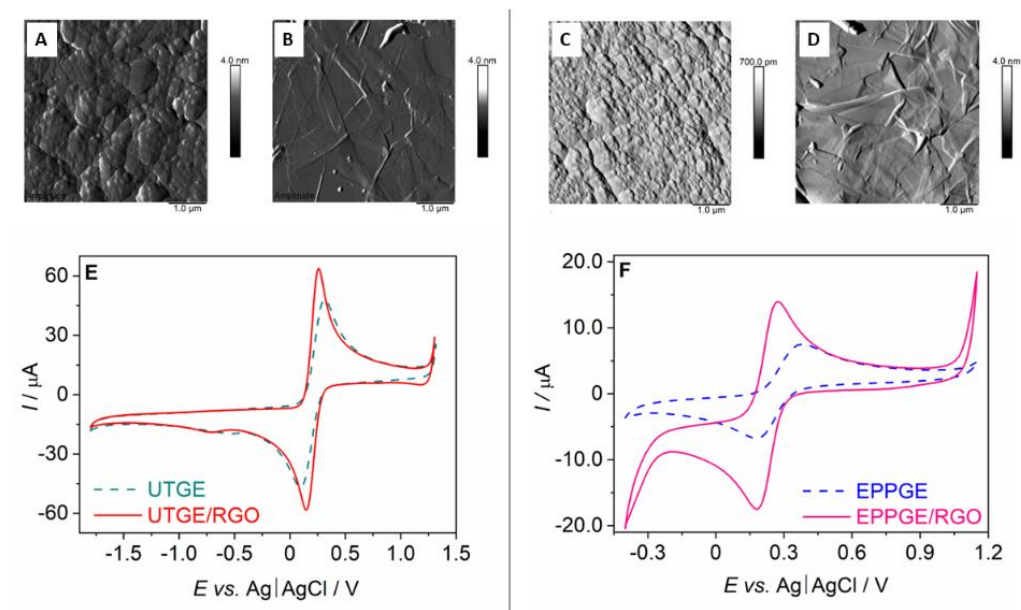
##### 1). **Badanie wpływu modyfikacji powierzchniowej węglowych elektrod roboczych za pomocą RGO na właściwości elektrod oraz parametry analityczne metod oznaczania wybranych analitów.**

Jak pisałam we wprowadzeniu, modyfikacje powierzchniowe elektrod roboczych pozwalają na nadanie nowych, często lepszych właściwości niemodyfikowanym elektrodom. Rosnące zainteresowanie elektrodami modyfikowanymi powierzchniowo wynika głównie z łatwości ich wytworzenia. Mając na uwadze fakt, że modyfikacje powierzchni elektrod roboczych prowadzą m.in. do polepszenia parametrów analitycznych metod oznaczania analitów, w pracy [H1] i [H2] wykonałam modyfikację powierzchniową węglowych elektrod roboczych za pomocą RGO (nazwany przez producenta nanopłytkami grafenu). Jako węglową elektrodę roboczą w pracy [H1] zastosowałam komercyjnie dostępną ultraśladową elektrodę grafitową (UTGE, z ang. ultra trace graphite electrode), natomiast w pracy [H2] jako węglową elektrodę roboczą użyłam komercyjnie dostępną elektrodę z grafitu pirolitycznego z prostopadle ułożonymi warstwami grafitu (EPPGE, z ang. edge plane pyrolytic graphite electrode). Wybór elektrod roboczych w obu pracach był podyktowany kilkoma czynnikami, a kluczowym było, aby wykonane modyfikacje powierzchniowe doprowadziły do zwiększenia wysokości sygnałów woltamperometrycznych pochodzących od badanych analitów. Dodatkową motywacją do użycia UTGE jako elektrody roboczej w pracy [H1] był fakt, że nie przeprowadzono dotychczas modyfikacji powierzchniowej tej elektrody (tylko niemodyfikowana UTGE znalazła zastosowanie w elektroanalizie kilku analitów [53–59]).

Istotnym etapem moich badań, przed wykonaniem modyfikacji powierzchniowej, było odpowiednie przygotowanie powierzchni elektrod roboczych. W tym celu, w przypadku UTGE wykorzystywałam dedykowane tej elektrodzie specjalne taśmy polerujące, natomiast powierzchnię EPPGE polerowałam na filcu z wodną zawiesiną  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Następnie prowadziłam czyszczenie elektrochemiczne obu elektrod za pomocą woltamperometrii cyklicznej (CV) w  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  roztworze  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . W kolejnym etapie elektrody optukiwałam wodą i osuszałam ich powierzchnie strumieniem argonu. Schemat postępowania w przypadku modyfikacji powierzchni UTGE i EPPGE był podobny. Jako modyfikatora powierzchni obu elektrod użyłam RGO. Homogeniczne zawiesiny RGO przygotowałam poprzez zdyspergowanie odpowiedniej ilości RGO w dimetyloformamidzie przy użyciu homogenizatora ultradźwiękowego przez 5 minut. Stężenia RGO w przygotowanych zawiesinach były optymalizowane, a w przypadku obu elektrod optymalne stężenie wynosiło  $0,5 \text{ mg mL}^{-1}$ . W kolejnym etapie przygotowane zawiesiny osadzałam za pomocą mikropipety na powierzchni elektrod roboczych. Nanoszona objętość zawiesiny RGO również była

optymalizowana i w przypadku obu elektrod optymalna objętość wynosiła 3  $\mu\text{L}$  (powyżej 3  $\mu\text{L}$  nakroplona zawieszina na geometrycznie małą powierzchnię odpadała od powierzchni elektrod, co skutkowało spadkiem natężenia prądu pików analitów). Tak przygotowane zmodyfikowane elektrody pozostawiłam na 30 minut w temperaturze pokojowej w celu całkowitego odparowania rozpuszczalnika. Ostatnią czynnością było optłukanie powierzchni elektrod wodą i osuszenie argonem w celu usunięcia niezwiązanych z powierzchnią elektrody RGO. Jak widać, zaproponowana procedura modyfikacji jest prosta i szybka, nie zajmuje więcej niż około 45 minut. Poza tym, jednorazowo przygotowana zmodyfikowana UTGE/RGO mogła być stosowana nawet do 7 dni, a EPPGE/RGO do 5 dni roboczych.

Zmodyfikowane elektrody scharakteryzowałam za pomocą technik mikroskopowych oraz elektrochemicznych (dla porównania badania przeprowadziłam również dla niemodyfikowanych elektrod). W pracy [H1] w celu uzyskania informacji dotyczących właściwości powierzchni UTGE oraz UTGE/RGO przeprowadziłam badania z wykorzystaniem mikroskopu sił atomowych (AFM; **Rys. 8A–B**). Stwierdziłam, że zastosowanie RGO jako modyfikatora powierzchni UTGE doprowadziło do wygładzenia jej powierzchni. Badania wykonane z wykorzystaniem techniki elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (EIS) w obecności markera redoks  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  pokazały, że wartość rezystancji dla UTGE/RGO jest znacznie mniejsza (około 70 razy) niż dla niemodyfikowanej UTGE, co potwierdza, że RGO jest bardzo dobrym materiałem przewodzącym. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem techniki CV w obecności  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  (**Rys. 8E**) wyraźnie pokazały, że zastosowanie RGO jako modyfikatora powierzchni UTGE przyczyniło się do poprawy odwracalności procesu redoks. Poza tym, UTGE modyfikowana RGO wykazuje ponad 2-razy większą powierzchnię elektroaktywną niż powierzchnia niemodyfikowanej UTGE, co jest spowodowane większą liczbą centrów aktywnych na modyfikowanej powierzchni UTGE. W pracy [H2] w celu fizykochemicznego scharakteryzowania powierzchni EPPGE i EPPGE/RGO badania wykonałam z wykorzystaniem AFM (**Rys. 8C–D**) oraz skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Uzyskane wyniki wykazały, że powierzchnia EPPGE/RGO jest bardziej rozwinięta niż powierzchnia niemodyfikowanej EPPGE. Badania elektrochemiczne wykonane z wykorzystaniem techniki CV w obecności  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  (**Rys. 8F**) pokazały, że zastosowanie RGO jako modyfikatora powierzchni EPPGE – podobnie, jak w przypadku modyfikacji UTGE – przyczynia się do uzyskania wyższych prądów pików oraz do poprawy odwracalności procesu redoks (**Rys. 8**). Co więcej, powierzchnia elektroaktywna EPPGE/RGO jest ponad 3-krotnie większa niż w przypadku niemodyfikowanej EPPGE, co można przypisać synergistycznemu działaniu zmodyfikowanej elektrody, dobrej przewodności elektrycznej i szybkim procesom przeniesienia elektronów na jej powierzchni.



**Rys. 8.** Obrazy mikroskopowe AFM **(A)** UTGE, **(B)** UTGE/RGO oraz **(C)** EPPGE, **(D)** EPPGE/RGO.

Woltamperogramy cykliczne zarejestrowane na **(E)** UTGE i UTGE/RGO (szybkość skanowania ( $v$ )  $100 \text{ mV s}^{-1}$ ) oraz **(F)** EPPGE i EPPGE/RGO ( $v = 50 \text{ mV s}^{-1}$ ) w obecności markera redoks  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ .

Tak scharakteryzowane elektrody zastosowałam następnie do celów analitycznych. W pracy **[H1]** jako analit wybrałam metobromuron, który jest pestycydem z grupy herbicydów (pochodna fenyloamocznika) stosowanym w rolnictwie do zwalczania chwastów jedno- i dwuliściennych w uprawach fasoli, ziemniaków, tytoniu pomidorów, buraków cukrowych i kukurydzy). W pracy **[H2]** jako analit wybrałam kwas oksolinowy, który jest antybiotykiem chinolonowym I generacji, szeroko stosowanym jako syntetyczny lek antybakteryjny wykorzystywany w weterynarii w leczeniu infekcji jelitowych i układu moczowego zwierząt, w szczególności ryb, cieląt, świń i drobiu. Obydwa związki nie były dotychczas analizowane przy użyciu technik woltamperometrycznych.

W celu określenia charakteru zachodzących procesów elektrodowych odpowiednio na UTGE/RGO i EPPGE/RGO (odwracalności lub nieodwracalności procesów redoks) oraz charakteru rejestrowanych prądów metobromuronu i kwasu oksolinowego (reakcja kontrolowana przez dyfuzję lub adsorpcję) wykorzystywałam technikę CV. W pracy **[H1]**, badania metobromuronu przeprowadziłam dla różnych wartości szybkości skanowania w roztworze buforu Brittona-Robinsona (BRB) o pH 2,0, natomiast w pracy **[H2]**, badania kwasu oksolinowego wykonałam w BRB o pH 5,0 (w obu przypadkach wartości pH były optymalizowane). Stwierdziłam, że zarówno metobromuron, jak i kwas oksolinowy ulegają nieodwracalnemu procesowi utleniania. Badania wykazały również mieszany charakter prądu metobromuronu na UTGE/RGO **[H1]**, podczas gdy w pracy **[H2]** etapem limitującym szybkość reakcji elektrodowej jest dyfuzja kwasu oksolinowego od/do powierzchni EPPGE/RGO. Dodatkowo, w pracy **[H2]** przeprowadziłam badania



z wykorzystaniem techniki EIS w BRB o pH 5,0 w obecności kwasu oksolinowego. Uzyskane wyniki wykazały wyższą pojemność podwójnej warstwy elektrycznej na granicy elektroda-roztwór elektrolitu podstawowego, zwiększoną chropowatość powierzchni EPPGE/RGO i 2-krotnie niższą wartość rezystancji w porównaniu z niemodyfikowaną EPPGE. Uzyskane wyniki EIS są zgodne z wynikami uzyskanymi za pomocą AFM, tj. powierzchnia EPPGE/RGO jest bardziej rozwinięta niż powierzchnia niemodyfikowanej EPPGE.

W celu przeprowadzenia analiz woltamperometrycznych metobromuronu na UTGE/RGO oraz kwasu oksolinowego na EPPGE/RGO istotnym etapem moich badań była optymalizacja warunków prowadzonych pomiarów, tj. dobór odpowiedniego elektrolitu podstawowego w celu zapewnienia właściwego pH. Nie ulega wątpliwości, że pH jest istotnym parametrem w badaniach elektrochemicznych, który wpływa na rejestrowany sygnał, tj. na kształt, wysokość i potencjał pików. Mając na uwadze powyższe rozważania, w pierwszej kolejności sprawdziłam wpływ elektrolitu podstawowego na rejestrowane sygnały utleniania badanych analitów. W pracy [H1], badania metobromuronu wykonałam na UTGE/RGO z wykorzystaniem techniki woltamperometrii fali prostokątnej (SWV) w roztworach BRB w zakresie pH 2,0–10,0 oraz w roztworach  $\text{H}_2\text{SO}_4$  w zakresie stężeń 0,1–1,0 mol  $\text{L}^{-1}$ . Jako elektrolit podstawowy do oznaczania metobromuronu na UTGE/RGO wybrałam BRB o pH 2,0. Stwierdziłam również, że liczba protonów biorących udział w reakcji elektrodowej metobromuronu na UTGE/RGO jest o połowę mniejsza od liczby elektronów i zaproponowałam mechanizm utleniania metobromuronu na UTGE/RGO w pH 2,0 z udziałem 2 elektronów i 1 protonu. W pracy [H2], badania kwasu oksolinowego wykonałam zarówno z wykorzystaniem techniki CV, jak i SWV w BRB w zakresie pH 2,0–8,0. Do oznaczania kwasu oksolinowego wybrałam BRB o pH 5,0. W przypadku kwasu oksolinowego nie można było ocenić stosunku liczby protonów i elektronów biorących udział w utlenianiu kwasu oksolinowego, a uzyskane wyniki sugerują, że proces elektrodowy jest złożony oraz utlenianie kwasu oksolinowego jest prawdopodobnie reakcją wieloetapową. Przeprowadziłam także dodatkowe pomiary z wykorzystaniem spektroskopii UV-Vis w BRB w zakresie pH 2,0–8,0 zawierającym kwas oksolinowy. Uzyskane widma UV-Vis wykazały dwa charakterystyczne pasma absorpcyjne: pierwsze związane głównie z absorpcją pierścienia aromatycznego, a drugie z równowagą chinolonów tworzących międzycząsteczkowe wiązanie wodorowe z wodą oraz wewnątrzcząsteczkowe wiązanie wodorowe między grupą ketonową a karboksylową. Ponadto stwierdziłam, że pasma absorpcji kwasu oksolinowego zależą od pH, a zachowanie to można wytłumaczyć zmianą stanu protonowania, tj. w środowisku alkalicznym kwas oksolinowy występuje w formie deprotonowanej, podczas w środowisku kwaśnym w formie protonowanej.

W celu prawidłowego woltamperometrycznego oznaczenia analitu bardzo ważnym etapem badań jest również optymalizacja parametrów zastosowanej techniki badawczej, w tym przypadku SWV. Warto dodać, że parametry techniki SWV są ze sobą ściśle powiązane i mają połączony efekt działania na rejestrowany prąd piku analitu. Istotne jest, aby sygnał analityczny miał odpowiedni kształt (również pod względem stosunku wysokości sygnału do jego szerokości) i był odpowiednio wysoki (w stosunku do ślepej próby). W związku z tym, w kolejnym etapie przystąpiłam do doboru optymalnych parametrów techniki SWV, tj. amplitudy, częstotliwości i kroku potencjału. W pracy [H1] jako optymalne parametry techniki SWV do dalszych badań wybrałam amplitudę 40 mV, częstotliwość 70 Hz, krok potencjału 4 mV, natomiast w pracy [H2] wybrałam amplitudę 50 mV, częstotliwość 40 Hz, krok potencjału 5 mV.

Kolejnym etapem moich badań było opracowanie procedury woltamperometrycznego (SWV) oznaczania metobromuronu na UTGE/RGO i kwasu oksolinowego na EPPGE/RGO (wykreślenie prostej wzorcowej) oraz walidacja opracowanej procedury. Uzyskane wyniki wyraźnie pokazują pozytywny wpływ modyfikacji obu elektrod roboczych za pomocą RGO na parametry analityczne metody oznaczania wybranych związków: na niemodyfikowanych elektrodach uzyskałam 2 zakresy liniowości, podczas gdy modyfikacja obu elektrod za pomocą RGO pozwoliła na uzyskanie jednego, szerokiego zakresu liniowości w przypadku obu związków z dużo niższymi wartościami LOD.

Użyteczność opracowanych procedur z wykorzystaniem zmodyfikowanych elektrod zweryfikowałam poprzez ilościową analizę badanych związków w wybranych próbkach rzeczywistych z dodatkiem analitu (badane próbki nie zawierały pestycydów, konieczny więc był ich dodatek do próbek) metodą wielokrotnego dodatku wzorca. W pracy [H1] badania wykonałam w próbce gleby z dodatkiem analitu, natomiast w pracy [H2] badania przeprowadziłam w próbce moczu ludzkiego z dodatkiem analitu. W obu przypadkach uzyskałam zadawalające wyniki odzysku i powtarzalności wyników, w związku z tym stwierdziłam, że zarówno UTGE/RGO, jak i EPPGE/RGO może być z powodzeniem zastosowana do analizy ilościowej badanych związków w próbkach rzeczywistych. Co więcej, zastosowanie technik woltamperometrycznych eliminuje czasochłonne etapy przygotowania próbki (ekstrakcja i derywatywacja), które zwykle są konieczne w przypadku analiz chromatograficznych. Zweryfikowałam również selektywność opracowanych procedur. W tym celu zbadałam różne wybrane substancje, które mogą naturalnie występować w glebie [H1] oraz moczu [H2] oraz potencjalnie interferować w trakcie oznaczania metobromuronu i kwasu oksolinowego. Uzyskane wyniki świadczą o stosunkowo dobrej selektywności opracowanych procedur oznaczania badanych związków.

## 2). Badanie wpływu metody syntezy na właściwości otrzymanego RGO i wytworzonych elektrod pastowych na bazie RGO oraz na wydajność elektroanalityczną.

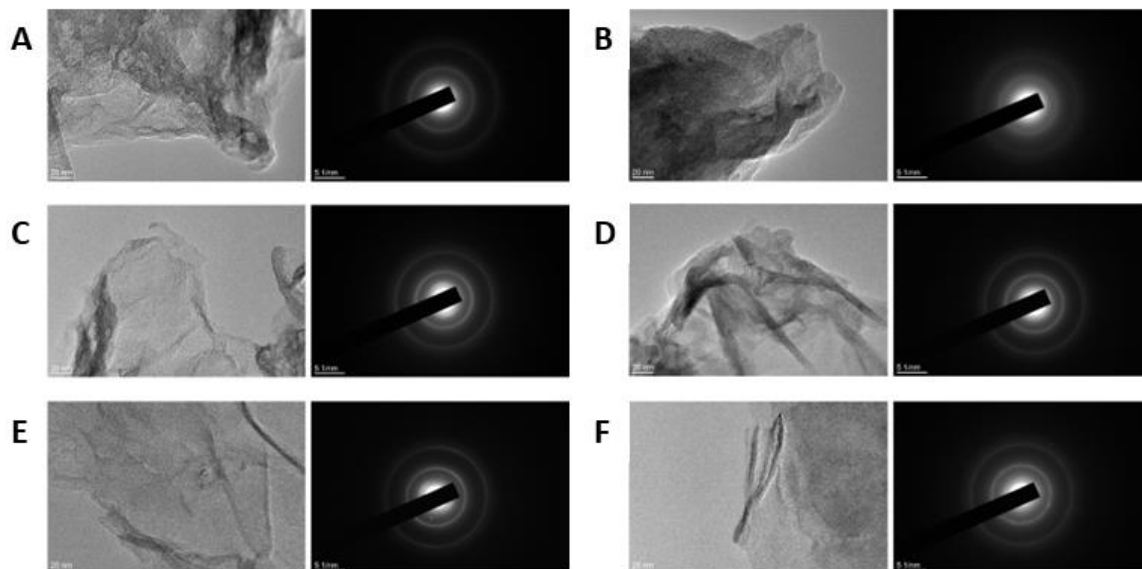
W związku z tym, że rodzaj metody syntezy materiału grafenowego wpływa na jego właściwości fizykochemiczne, badania opisane w pracy [H3] miały na celu zsyntezowanie RGO w różnych warunkach, jego charakterystykę mikroskopową, wytworzenie elektrod pastowych na bazie zsyntezowanego RGO (RGOPE), a także ocenę wpływu zastosowanej metody syntezy RGO na właściwości elektrochemiczne wytworzonych RGOPE. Badania opisane zarówno w pracy [H3], jak i w pracach [H4], [H5], [H6] realizowane były w ramach projektu Preludium 8 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, którego byłam kierownikiem.

W związku z realizacją postawionego celu, wytworzyłam RGO w kilku etapach. Najpierw przeprowadziłam utlenienie prekursora (grafitu) charakteryzującego się wysokim stopniem uporządkowania do tlenku grafitu, które przeprowadziłam z wykorzystaniem powszechnie znanej zmodyfikowanej metody Hummersa. Kolejnym krokiem było poddanie otrzymanego tlenku grafitu (a właściwie jego wodnej zawiesiny) ultrasonifikacji w celu uzyskania efektu rozwarstwienia płaszczyzn budujących tlenek grafitu, w wyniku czego uzyskałam tlenek grafenu (GO). W celu usunięcia grup tlenowych ze struktury GO, otrzymany GO przekształciłam do postaci RGO. Zastosowałam następujące metody redukcji RGO:

- metody chemiczne – działanie silnymi odczynnikami redukującymi, a mianowicie: hydrazyną (1) oraz borowodorkiem sodu (2), uzyskując odpowiednio RGO<sub>(1)</sub> i RGO<sub>(2)</sub>;
- metody termiczne – wygrzewanie GO w wysokiej temperaturze w atmosferze gazu z użyciem reagenta: w atmosferze argonu z hydrazyną (3), w atmosferze argonu z borowodorkiem sodu (4), a także bez użycia reagenta: w powietrzu (5) oraz w atmosferze argonu (6), uzyskując odpowiednio RGO<sub>(3)</sub>, RGO<sub>(4)</sub>, RGO<sub>(5)</sub> oraz RGO<sub>(6)</sub>.

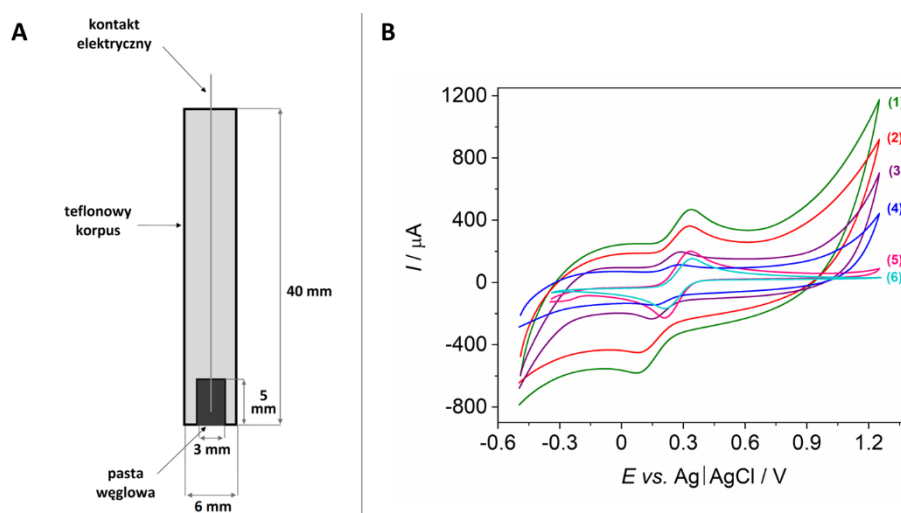
Morfologię otrzymanego RGO zbadałam za pomocą transmisyjnego mikroskopu elektronowego (TEM, **Rys. 9**). Stwierdziłam, że RGO otrzymany opisanymi powyżej metodami charakteryzował się różnymi rozmiarami. W przypadku RGO wytworzonego metodami chemicznymi (RGO<sub>(1)</sub> oraz RGO<sub>(2)</sub>) i metodami termicznymi z użyciem reagenta (RGO<sub>(3)</sub> oraz RGO<sub>(4)</sub>) otrzymane płatki ulegały aglomeracji i były znacznie mniejsze niż w przypadku termicznie zredukowanego tlenku grafenu bez użycia reagenta (RGO<sub>(5)</sub> oraz RGO<sub>(6)</sub>). Rozmiary płatek RGO<sub>(5)</sub> oraz RGO<sub>(6)</sub> były znacznie większe: rozmiar płatka wynosił w granicach 5–10  $\mu\text{m}$  (5) oraz 10–20  $\mu\text{m}$  (6), a RGO<sub>(5)</sub> oraz RGO<sub>(6)</sub> zawierały nieznaczne ilości aglomeratów. Scharakteryzowałam także strukturę krystalograficzną uzyskanych RGO za pomocą dyfrakcji elektronowej z wybranego obszaru próbki (SAED) (**Rys. 9**). Obrazy dyfrakcyjne pokazały, że wszystkie wytworzone materiały

to dwuwymiarowy grafen. Analiza właściwości uzyskanych RGO pozwoliła na wstępną ocenę wytworzonych RGO pod kątem ich dalszego użycia. Na tym etapie najlepsze wyniki uzyskałam w przypadku RGO otrzymanego metodami termicznymi bez reagenta (RGO<sub>(5)</sub> oraz RGO<sub>(6)</sub>).



**Rys. 9.** Obrazy mikroskopowe (TEM) oraz obrazy dyfrakcji elektronowej z wybranego obszaru (SAED) RGO wytworzonego różnymi metodami: **(A)** RGO<sub>(1)</sub>, **(B)** RGO<sub>(2)</sub>, **(C)** RGO<sub>(3)</sub>, **(D)** RGO<sub>(4)</sub>, **(E)** RGO<sub>(5)</sub>, **(F)** RGO<sub>(6)</sub>.

W kolejnym etapie wytworzyłam elektrody na bazie RGO. Przeprowadziłam modyfikację objętościową elektrod pastowych poprzez całkowite zastąpienie proszku grafitowego RGO, tj. zsyntezowane różnymi metodami RGO osadziłam w oddzielnych ciałach elektrod wykonanych z PTFE, jako spoiwo zastosowałam olej parafinowy, natomiast kontakt elektryczny stanowił drut srebrny (**Rys. 10A**). Dobrałam optymalny skład pasty węglowej (stosunek oleju parafinowego i RGO). W rezultacie końcowym tego zadania wytworzyłam sześć różnych RGOPE. W celu oceny jakości wytworzonych RGOPE przeprowadziłam wstępną analizę elektrochemiczną RGOPE z wykorzystaniem techniki CV w obecności  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  (**Rys. 10B**). W przypadku każdej z elektrod zaobserwowałam piki utleniania i redukcji pochodzące od pary redoks. Niemniej jednak najbardziej zadawalające wyniki uzyskałam w przypadku elektrod pastowych na bazie RGO wytworzonego metodami termicznymi w atmosferze argonu oraz w powietrzu, czyli RGOPE<sub>(5)</sub> oraz RGOPE<sub>(6)</sub>. W związku z powyższym, na tym etapie określiłam możliwości dalszego wykorzystania wytworzonych elektrod do celów elektroanalitycznych. Stwierdziłam, że tylko elektrody pastowe na bazie termicznie zredukowanego RGO bez reagenta (oznaczane dalej jako TRGOPE), tj. zawierające RGO wytworzony metodami redukcji termicznej w powietrzu (RGOPE<sub>(5)</sub>, oznaczane dalej jako TRGOPE<sub>Air</sub>) i w atmosferze argonu (RGOPE<sub>(6)</sub>, oznaczane dalej jako TRGOPE<sub>Ar</sub>) mogą zostać wykorzystane jako czujniki elektrochemiczne.



**Rys. 10. (A)** Schemat konstrukcji elektrody pastowej na bazie RGO; **(B)** Woltamperogramy cykliczne zarejestrowane na (1) RGOPE<sub>(1)</sub>, (2) RGOPE<sub>(2)</sub>, (3) RGOPE<sub>(3)</sub>, (4) RGOPE<sub>(4)</sub>, (5) RGOPE<sub>(5)</sub>, (6) RGOPE<sub>(6)</sub> w obecności markera redoks  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  (szybkość skanowania  $50 \text{ mV s}^{-1}$ ).

Szczegółową analizę zarówno wytworzonego RGO<sub>(5)</sub> (oznaczanego dalej jako TRGO<sub>Air</sub>) oraz RGO<sub>(6)</sub> (oznaczanego dalej jako TRGO<sub>Ar</sub>), jak i TRGOPE<sub>Air</sub> oraz TRGOPE<sub>Ar</sub> opisałam odpowiednio w pracach [H4] i [H5]. W celu określenia liczby warstw grafenowych zastosowałam technikę AFM. Z przeprowadzonych analiz wynika, że grubość płatków TRGO<sub>Air</sub> oraz TRGO<sub>Ar</sub> mieści się odpowiednio w granicy 2,0–3,1 nm oraz 1,5–1,8 nm, czyli otrzymany RGO zbudowany jest z około dziewięciu (TRGO<sub>Air</sub>) oraz czterech (TRGO<sub>Ar</sub>) warstw. Analiza za pomocą spektroskopii w podczerwieni (FTIR) pokazała, że intensywności pasm pochodzących od tlenowych grup funkcyjnych drastycznie się zmniejszyły w przypadku TRGO<sub>Air</sub> i TRGO<sub>Ar</sub> w porównaniu z GO, co świadczy o skuteczności przeprowadzonego procesu redukcji. Na podstawie przeprowadzonej analizy elementarnej (CHNS/O) stwierdziłam znaczne obniżenie zawartości tlenu i duże wyższe zawartości węgla w obu rodzajach RGO w porównaniu z GO.

Następnie skupiłam się na analizie właściwości fizykochemicznych za pomocą AFM oraz elektrochemicznych za pomocą EIS (w obecności  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ) wytworzonych TRGOPE<sub>Air</sub> i TRGOPE<sub>Ar</sub>. W celach porównawczych zbadałam także pastową elektrodę na bazie grafitu (CPE). Stwierdziłam, że elektrody różnią się pod względem morfologii i chropowatości powierzchni. Elektrody na bazie TRGO odznaczają się wyższymi współczynnikami chropowatości, a zarazem większym rozwinięciem powierzchni niż CPE. Badania elektrochemiczne wykazały około 19 razy niższą rezystancję w przypadku TRGOPE<sub>Air</sub> i 14 razy mniejszą oporność w przypadku TRGOPE<sub>Ar</sub> niż CPE, co potwierdza, że wytworzone TRGO są bardzo dobrymi materiałami przewodzącymi (lepszymi materiałami przewodzącymi niż grafit).

Kolejny etap badań zakładał połączenie eksperymentu związanego z wytworzeniem elektrod na bazie RGO z elektrochemicznymi badaniami pestycydów. Zaplanowałam więc sprawdzenie możliwości wykorzystania dwóch wybranych uprzednio elektrod jako czujników w badaniach voltamperometrycznych do potencjalnych oznaczeń wybranych pestycydów. W pracy [H4] jako analit wybrałam naptalam, znany także jako kwas 1-N-naftyloftalamowy, który jest selektywnym pestycydem z grupy herbicydów stosowanym w rolnictwie do zwalczania chwastów dwuliściennych w uprawach dyni, orzechów ziemnych, soi i szparagów. W pracy [H5] jako analit wybrałam 4-chloro-3,5-dimetylofenol, zwany także chloroksylenelem, który jest pochodną fenolu. Jest on szeroko stosowany jako środek przeciwbakteryjny w wielu preparatach antyseptycznych i dezynfekujących, jako środek konserwujący w kosmetykach (kremach, dezodorantach, mydłach antibakteryjnych, produktach do pielęgnacji włosów), w produktach farmaceutycznych (środek do oczyszczania ran), dezodorantach powietrza oraz w pastach EKG, jako biocyd oraz jako środek grzybobójczy (fungicyd). W pracy [H6] jako analit wybrałam biksafen, który jest stosunkowo nowym (wprowadzonym w 2011 roku) pestycydem z grupy fungicydów ogólnoustrojowych o szerokim spektrum działania stosowanym w rolnictwie do ochrony zbóż przed chorobami grzybowymi. Związki te nie były dotychczas badane elektrochemicznie.

W pracy [H4] skupiłam się na wykorzystaniu TRGOPE<sub>Air</sub> do badania i oznaczania związku 4-chloro-3,5-dimetylofenolu. W celu zbadania charakteru prądu oraz zachodzącego procesu elektrodowego 4-chloro-3,5-dimetylofenolu na TRGOPE<sub>Air</sub> zastosowałam technikę CV. Badania przeprowadziłam dla różnych wartości szybkości skanowania w roztworze BRB o pH 6,0 (wartość pH zoptymalizowana), na podstawie których stwierdziłam, że proces elektrodowy w przypadku 4-chloro-3,5-dimetylofenolu jest kontrolowany przez dyfuzję. W oparciu o uzyskane wyniki eksperymentu stwierdziłam, że utlenianiu ulega grupa hydroksylowa (wymiana 1 elektronu i 1 protonu). Produktami utleniania 4-chloro-3,5-dimetylofenolu (grupy hydroksylowej) są prawdopodobnie pochodne hydrochinonu, zredukowane w odwrotnych skanach katodowych.

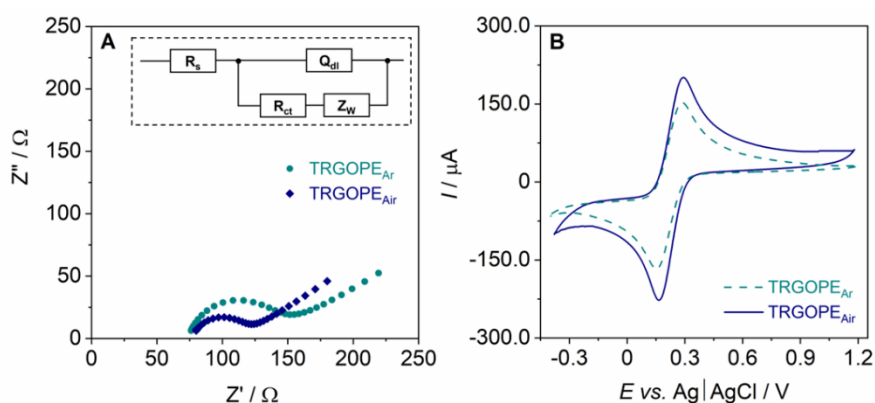
W celu opracowania procedury oznaczania 4-chloro-3,5-dimetylofenolu, w pierwszym kroku zbadałam wpływ elektrolitu podstawowego (BRB) i jego pH (w zakresie pH 2,0–11,0) na sygnał utleniania badanego związku. Jako optymalne pH BRB do dalszych badań wybrałam pH 6,0. W kolejnym etapie zoptymalizowałam parametry techniki SWV (amplituda 50 mV, częstotliwość 80 Hz, krok potencjału 3 mV), po czym wykreśliłam prostą wzorcową. Uzyskane wyniki wykazały pozytywny wpływ zastosowania TRGO<sub>Air</sub> do wytworzenia elektrody pastowej na parametry analityczne (walidacyjne) metody oznaczania 4-chloro-3,5-dimetylofenolu w porównaniu z CPE. Opracowana procedura oznaczania 4-chloro-3,5-dimetylofenolu odznaczała się wysoką czułością ( $5,01 \mu\text{A L } \mu\text{mol}^{-1}$ ), a także niską wartością LOD ( $21,0 \text{ nmol L}^{-1}$ ). Poprawność opracowanej procedury

zweryfikowałam poprzez oznaczenie 4-chloro-3,5-dimetylofenolu na TRGOPE<sub>Air</sub> metodą dodatku wzorca w próbkach środowiskowych (woda rzeczna, woda kranowa) z dodatkiem analitu uzyskując zadawalające wyniki odzysku, co świadczy o tym, że matryca nie wpływała na sygnał utleniania 4-chloro-3,5-dimetylofenolu.

W pracy [H5] podjęłam próbę wykorzystania TRGOPE<sub>Air</sub> do badania i oznaczania naptalamu. Analogicznie, jak wcześniej, w pierwszym etapie badań przeprowadziłam charakterystykę elektrochemiczną pestycydu naptalam na TRGOPE<sub>Air</sub> za pomocą techniki CV. Uzyskane wyniki wykazały mieszany adsorpcyjno-dyfuzyjny charakter prądu utleniania naptalamu na TRGOPE<sub>Air</sub>. Stwierdziłam także, że naptalam wykazuje złożone zachowanie elektrochemiczne. Ustaliłam, że naptalam ulega hydrolizie w obecności rozcieńczonego roztworu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, co prowadzi do powstania kwasu karboksylowego i odpowiedniej aminy. Następnie poprzez dimeryzację i dalszą elektropolimeryzację kationorodnika nitrenu powstającego w pierwszym jednoelektronowym etapie utleniania grupy aminowej tworzy się pasywujący film pokrywający powierzchnię elektrody.

Opracowanie procedury woltamperometrycznego oznaczania naptalamu rozpoczęłam również jak wcześniej od zoptymalizowania warunków prowadzenia pomiarów, tj. środowiska (elektrolitu podstawowego i jego pH) oraz parametrów techniki SWV. Badania wpływu elektrolitu podstawowego i jego pH na rejestrowany sygnał utleniania naptalamu prowadziłam w trzech różnych elektrolitach podstawowych, tj. w BRB w zakresie pH 2,0–11,0, buforze cytrynianowym w zakresie pH 1,5–3,0 oraz roztworach H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> w zakresie stężeń 0,1–1,0 mol L<sup>-1</sup>. Najwyższy sygnał utleniania naptalamu o najlepszej powtarzalności zarejestrowałam w 0,1 mol L<sup>-1</sup> roztworze H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, który zastosowałam w dalszych badaniach jako elektrolit podstawowy. W kolejnym etapie wyznaczyłam liniowe zależności natężenia prądu pikowego od stężenia naptalamu przy zastosowaniu następujących zoptymalizowanych parametrów techniki SWV: amplituda 60 mV, częstotliwość 70 Hz, krok potencjału 5 mV. Stwierdziłam, że możliwe jest oznaczenie naptalamu na TRGOPE<sub>Air</sub> w dwóch zakresach liniowości (podobnie, jak na CPE, jednak zakresy liniowości na TRGOPE<sub>Air</sub> były znacznie szersze). W efekcie przeprowadzonych badań, opracowałam nową procedurę oznaczania pestycydu naptalam na TRGOPE<sub>Air</sub> charakteryzująca się wysoką czułością (6,07 μA L μmol<sup>-1</sup>) i niską wartością LOD (15,0 nmol L<sup>-1</sup>). Poprawność opracowanej procedury zweryfikowałam poprzez oznaczenie naptalamu w wodzie rzecznej z dodatkiem analitu metodą dodatku wzorca. Oszacowana wartość odzysku dla oznaczenia naptalamu w próbce rzeczywistej pokazała, że zaproponowana procedura może znaleźć praktyczne zastosowanie w elektroanalizie. Zbadałam także wpływ interferencji (innych pestycydów obecnych w środowisku naturalnym oraz jonów metali ciężkich) na sygnał utleniania naptalamu, a uzyskane wyniki pokazały, że opracowana procedura z zastosowaniem TRGOPE<sub>Air</sub> charakteryzuje się stosunkowo wysoką selektywnością.

W pracy [H6] zbadalam elektrochemiczne zachowanie biksafenu na pastowej elektrodzie na bazie TRGO oraz opracowalam procedurę jego woltamperometrycznego oznaczania. W badaniach wstępnych porównalam, która elektroda (TRGOPE<sub>Air</sub> czy TRGOPE<sub>Ar</sub>) będzie bardziej odpowiednia do oznaczania biksafenu. Badania wykonane w obecności [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> z wykorzystaniem techniki EIS oraz CV wykazały około 1,5-krotnie niższą rezystancję, nieznacznie poprawioną odwracalność procesu redoks, wzmocnioną odpowiedź prądową oraz 1,5-krotnie wyższą wartość powierzchni efektywnej dla TRGOPE<sub>Air</sub> niż dla TRGOPE<sub>Ar</sub> (**Rys. 11**). Badania przeprowadzone w obecności biksafenu w BRB o pH 11,0 (wartość pH zoptymalizowana) pokazały około 1,4-krotnie wyższy sygnał utleniania pochodzący od biksafenu na TRGOPE<sub>Air</sub> niż TRGOPE<sub>Ar</sub>, co wyraźnie wskazuje korzyści zastosowania TRGOPE<sub>Air</sub> jako czujnika do analizy tego pestycydu. W związku z tym, dalsze pomiary wykonywalam tylko na TRGOPE<sub>Air</sub>.



**Rys. 11.** (A) Wykresy Nyquista zarejestrowane techniką EIS i (B) woltamperogramy cykliczne zarejestrowane na TRGOPE<sub>Air</sub> oraz TRGOPE<sub>Ar</sub> w obecności [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> (szybkość skanowania 50 mV s<sup>-1</sup>).

W celu scharakteryzowania mechanizmu procesu elektrodowego biksafenu w BRB o pH 11,0 (wartość pH zoptymalizowana) na TRGOPE<sub>Air</sub> zastosowalam zarówno technikę CV, jak i SWV, które są doskonałym narzędziem do badania mechanizmów procesów elektrodowych. Badania wskazały mieszany dyfuzyjno-adsorpcyjny charakter prądu i nałożony mechanizm elektrodowy typu EC, w którym po początkowej reakcji elektrodowej następuje złożona reakcja chemiczna produktu utleniania biksafenu częściowo blokująca powierzchnię elektrody. Stwierdziłam, że początkowe utlenianie biksafenu jest prawdopodobnie związane z ugrupowaniem dichlorobenzenowym, co skutkuje zastąpieniem atomów chloru grupami hydroksylowymi, w wyniku czego tworzy się ugrupowanie katecholowe, które z kolei prowadzi do uzyskania chemicznie odwracalnej i elektrochemicznie quasi-odwracalnej pary redoks katechol / orto-chinon.



W celu opracowania procedury ilościowego oznaczania biksafenu na TRGOPE<sub>Air</sub> zbadalam wpływ elektrolitu podstawowego (BRB) w zakresie pH 2,0–12,0 z wykorzystaniem techniki SWV oraz parametrów techniki SWV na sygnał utleniania biksafenu. Do dalszych badań jako optymalne pH BRB wybrałam pH 11,0 oraz amplitudę 60 mV, częstotliwość 110 Hz i krok potencjału 4 mV. Wykreśliłam krzywą kalibracyjną i przeprowadziłam walidację wyników uzyskując niską wartość LOD (31.5 nmol L<sup>-1</sup>). Sprawdziłam także przydatność procedury oznaczania biksafenu w próbkach wody rzecznej i wody kranowej. W wyniku analizy biksafenu w próbkach wód uzyskałam zadawalające wartości odzysku, co wskazuje na brak istotnego wpływu matrycy z badanych próbek na oznaczanie biksafenu. Zbadalam także selektywność opracowanej procedury w obecności innych fungicydów (fluopyramu i protiokonazolu), które wraz z biksafenem są składnikami preparatu grzybobójczego Ascra® Xpro 260 EC. Stwierdziłam, że zaproponowana procedura z wykorzystaniem TRGOPE<sub>Air</sub> charakteryzuje się bardzo dobrą selektywnością w kierunku oznaczania biksafenu.

### **3). Badanie wpływu elektrochemicznej aktywacji *in situ* powierzchni BDDE na pasywację powierzchni elektrod i parametry analityczne metod oznaczania wybranych analitów.**

Jak pisałam wcześniej, terminacja powierzchni w znaczący sposób wpływa na właściwości BDDE i wydajność elektroanalityczną. Stosowanie obróbki wstępnej powierzchni elektrod pozwala reaktywować ich powierzchnie, wzmocnić sygnał analityczny i zapewnić powtarzalne wyniki. W związku z tym, w pracach [H7], [H8] i [H9] przeanalizowałam wpływ obróbki wstępnej (a zatem terminacji) powierzchni komercyjnie dostępnej BDDE (o zawartości B/C w fazie gazowej pomiędzy 500 a 1 000 ppm, jak deklarują producenci Windsor i BioLogic) na oznaczanie wybranych analitów.

W pracy [H7] obiektem badań był imatynib, który jest lekiem przeciwnowotworowym z grupy inhibitorów kinazy tyrozynowej stosowanym jako lek pierwszego wyboru w leczeniu przewlekłej białaczki szpikowej, ostrej białaczki limfoblastycznej oraz nieoperacyjnych i przerzutowych nowotworów przewodu pokarmowego. Zgodnie z danymi literaturowymi dostępnymi w momencie opublikowania pracy [H7], badania imatynibu prowadzone były tylko z wykorzystaniem wiszącej kroplowej elektrody rtęciowej (HMDE) [60,61], a więc w oparciu o sygnał redukcji imatynibu. Opublikowana przeze mnie publikacja [H7] była wówczas pierwszą pracą, w której do oznaczania imatynibu wykorzystany został sygnał utleniania tego związku. W pracy [H8] jako analit wybrałam fenheksamid, który jest fungicydem należącym do inhibitorów biosyntezy steroli. Fenheksamid wykazuje szerokie spektrum działania zapobiegawczego przeciwko szarej pleśni truskawek, borówek i winogron, zgniliznie brunatnej jabłoni oraz zgniliznie twardzikowej owoców pestkowych. Elektroanalityczna procedura oznaczania fenheksamidu na elektrodach węglowych zawierających węgiel o hybrydyzacji sp<sup>2</sup>, tj. na elektrodzie z węgla szklistego (GCE), elektrodzie pastowej na bazie

węgla szklanego (GCPE), CPE oraz CPE modyfikowanej wielościennymi nanorurkami węglowymi (MWCNTs; CPE/MWCNTs), została ostatnio opublikowana we współpracy z zespołem naukowców z University of Pardubice [62]. W pracy [H9] obiektem badań był 4-chloro-3-metylofenol zaliczany do grupy chemicznej chlorofenoli, który jest powszechnie stosowany jako środek bakteriobójczy i konserwujący kleje, farby, gumy, tusze, wyroby tekstylne i skórzane, dzieła sztuki i kosmetyki, jako środek przeciwgrzybiczny dodawany do kropli do oczu lub do kremów używanych w dermatologii, jako lubrykant i środek antyseptyczny działający miejscowo w weterynarii oraz jako pestycyd. Na podstawie przeglądu literaturowego dostępnego w momencie opublikowania pracy [H9] stwierdziłam, że elektrochemiczne oznaczanie 4-chloro-3-metylofenolu było prowadzone na niemodyfikowanej stacjonarnej [63,64] i obrotowej [63] GCE oraz na GCE/MWCNTs [65]. Poza tym, całkowite stężenie różnych chlorofenoli, w tym 4-chloro-3-metylofenolu, w roztworze wodnym oszacowane zostało za pomocą woltamperometrii hydrodynamicznej z BDDE jako elektrodą przepływową [66].

Badania opisane w pracy [H7] realizowałam we współpracy z prof. Sibel A. Özkan i prof. Bengi Uslu z Ankara University. Zbadałam wpływ sposobu obróbki wstępnej powierzchni BDDE na sygnał utleniania imatynibu rejestrowany techniką woltamperometrii pulsowej różnicowej (DPV). Przetestowałam dwa programy aktywacji elektrochemicznej pomiędzy poszczególnymi pomiarami w mieszanym 0,1 mol L<sup>-1</sup> roztworze H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, a mianowicie aktywację anodową (APT) i aktywację katodową (CPT) poprzez zastosowanie odpowiednio wysokiego potencjału dodatniego (+2,0 V) i ujemnego (-2,0 V) przez 300 sekund. Pomiedzy poszczególnymi skanami również stosowałam aktywację elektrochemiczną powierzchni BDDE przy zastosowaniu w/w programów aktywacji w mieszanym roztworze elektrolitu podstawowego (BRB, pH 2,0) z dodatkiem imatynibu przez 30 s. Dla porównania badania wykonałam również na nieaktywowanej BDDE. Badania wykazały (Tabela 1), że zastosowanie aktywacji anodowej prowadziło do uzyskania najwyższego sygnału utleniania imatynibu o najlepszej powtarzalności. Co ciekawe, potencjał pikowy utleniania imatynibu praktycznie nie ulegał zmianie bez względu na zastosowany rodzaj aktywacji elektrochemicznej. We wszystkich kolejnych pomiarach wykorzystywałam BDDE aktywowaną anodowo (APT-BDDE).

**Tabela 1.** Natężenie prądu pikowego ( $I_p$ ) i jego powtarzalność (RSD,  $n = 5$ ) oraz potencjał pikowy ( $E_p$ ) imatynibu uzyskane na niepoddanej obróbce BDDE oraz BDDE poddanej anodowej i katodowej aktywacji.

Rodzaj obróbki wstępnej	$I_p / \mu\text{A}$	RSD / %	$E_p / \text{V}$
bez obróbki	1,01	22,5	+1,12
APT (+2,0 V, 300 s)	2,25	4,3	+1,15
CPT (-2,0 V, 300 s)	0,88	15,7	+1,16

W celu opracowania procedury oznaczania imatynibu na APT-BDDE, badania rozpoczęłam od badania wpływu elektrolitu podstawowego i jego pH na rejestrowany sygnał utleniania imatynibu, które prowadziłam w trzech różnych elektrolitach podstawowych, tj. w BRB w zakresie pH 2,0–10,0, buforze cytrynianowo-fosforanowym w zakresie pH 2,0–2,6 oraz roztworach  $\text{H}_2\text{SO}_4$  w zakresie stężeń 0,1–0,5 mol  $\text{L}^{-1}$ . Jako optymalny elektrolit podstawowy do oznaczania imatynibu wybrałam BRB o pH 2,0. Następnie dobrałam optymalne parametry techniki DPV, tj. amplitudę 60 mV, czas trwania amplitudy 500 ms, krok potencjału 7 mV i szybkość skanowania 4 mV  $\text{s}^{-1}$ , po czym wykreśliłam prostą wzorcową i dokonałam walidacji uzyskanych wyników. Stwierdziłam, że opracowana procedura oznaczania imatynibu na APT-BDDE charakteryzuje się stosunkowo szerokim zakresem liniowości oraz niską wartością LOD (6,3 nmol  $\text{L}^{-1}$ ). Chociaż wartości LOD uzyskane na HMDE są porównywalne (5,2 nmol  $\text{L}^{-1}$ ) [61] lub znacznie niższe (2,6 pmol  $\text{L}^{-1}$ ) niż te uzyskane przeze mnie na APT-BDDE [H7], to obecnie użycie elektrody rtęciowej jako elektrody roboczej (ze względu na toksyczność rtęci) ogranicza możliwości jej rutynowego wykorzystania do oznaczania zawartości imatynibu w próbkach biologicznych. Warto także wspomnieć, że w kolejnych latach (już po opublikowaniu pracy [H7]) powstało wiele prac dotyczących elektrochemicznego oznaczania imatynibu z wykorzystaniem raczej skomplikowanych procedur przygotowania elektrod (inne metody oznaczania imatynibu przedstawiłam w pracy przeglądowej [67]). Niemniej jednak, opracowana przeze mnie procedura oznaczania imatynibu na APT-BDDE jest jak dotąd najprostszą, a zarazem nadal w pełni funkcjonalną metodą wykrywania imatynibu. Poprawność opracowanej procedury zweryfikowałam poprzez oznaczenie imatynibu w próbce moczu z dodatkiem analitu. W wyniku przeprowadzonej analizy uzyskałam zadawalające wyniki odzysku, co świadczy o tym, że matryca nie wpływała na sygnał utleniania imatynibu. Następnie zbadałam wpływ interferentów powszechnie występujących w ludzkim moczu na sygnał utleniania imatynibu. Stwierdziłam, że opracowana procedura zapewnia wystarczającą selektywność i oferuje obiecujące możliwości oznaczania imatynibu w obecności niskich stężeń interferentów.

Istotnym etapem pracy było także zbadanie charakteru rejestrowanego prądu imatynibu oraz zachodzącego procesu elektrodowego, a także zaproponowanie mechanizmu jego utleniania. Badania przeprowadziłam dla różnych wartości szybkości skanowania w roztworze BRB o pH 2,0, na podstawie których stwierdziłam, że proces elektrodowy utleniania imatynibu jest kontrolowany przez dyfuzję. Wykonane pomiary techniką CV dla różnych szybkości skanowania wykorzystałam również do określenia liczby elektronów biorących udział w procesie elektrodowym na podstawie równania Lavirona dla procesów nieodwracalnych. Oszacowałam, że dwa elektrony biorą udział w reakcji elektrodowej. W tym miejscu warto wspomnieć, że badania wykonane z wykorzystaniem techniki DPV w BRB w szerokim zakresie pH wykazały, że taka sama liczba protonów i elektronów

bierze udział w reakcji elektrodowej. Zarejestrowałam także woltamperogramy dla innych związków posiadających w swojej strukturze podobne grupy funkcyjne, jak imatynib. W oparciu o uzyskane wyniki zaproponowałam mechanizm jego utleniania. Stwierdziłam, że w środowisku kwaśnym utlenianiu ulega azot znajdujący się w pierścieniu piperazynowym, następnie zachodzi utrata protonu i elektronu, powstaje rodnik kationowy, a w kolejnym etapie powstaje imina (czwartorzędowa zasada Schiffa) w wyniku utraty protonu i elektronu z ugrupowania piperazynowego.

Inspiracją do badań opisanych w pracy [H8] były wcześniej uzyskane wyniki [62], które wykazały, że stosowane elektrody robocze, tj. GCE, GCPE, CPE oraz CPE/MWCNTs, prowadzą do pasywacji powierzchni w/w elektrod przez produkty utleniania fenheksamidu. W związku z tym, w celu zapewnienia powtarzalnych wyników i zapobiegania blokowaniu powierzchni elektrod przez produkty utleniania fenheksamidu, konieczne było odświeżanie powierzchni elektrod pomiędzy kolejnymi rejestrowanymi skanami (polerowanie mechaniczne na filcu z wodną zawiesiną  $\text{Al}_2\text{O}_3$  w przypadku GCE lub usuwanie zużytej warstwy pasty i zastępowanie jej nową pastą w przypadku GCPE, CPE i CPE/MWCNTs). Choć te procedury odnawiania powierzchni elektrod są skuteczną strategią regeneracji pasywowanych powierzchni, to jednak są one raczej czasochłonne. Alternatywą dla wspomnianych wcześniej procedur odnawiania powierzchni elektrod roboczych jest elektrochemiczna obróbka wstępna. Dlatego też w pracy [H8] postanowiłam sprawdzić wpływ różnych rodzajów wstępnej obróbki powierzchni BDDE, a mianowicie (i) polerowanie powierzchni BDDE pomiędzy każdym rejestrowanym skanem na filcu polerskim z wodną zawiesiną  $\text{Al}_2\text{O}_3$  z późniejszym płukaniem elektrody wodą demineralizowaną w celu usunięcia pozostałości substancji polerskiej (PPT-BDDE), (ii) aktywacja katodowa (CPT-BDDE) i (iii) aktywacja anodowa (APT-BDDE), na sygnał utleniania fenheksamidu rejestrowany techniką SWV. Elektrochemiczna aktywacja *in situ* powierzchni BDDE, prowadzona tylko na początku każdego dnia roboczego w mieszanym roztworze  $0,1 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ , polegała na przyłożeniu potencjału aktywacji (ii)  $-2,4 \text{ V}$  oraz (iii)  $+2,4 \text{ V}$  przez  $900 \text{ s}$ . W tym przypadku, te strategie aktywacji elektrochemicznej na początku każdego dnia roboczego były wystarczające, aby uzyskać powtarzalne wyniki i uniknąć zanieczyszczenia powierzchni BDDE, a powierzchnia BDDE nie wymagała dodatkowych etapów wstępnej obróbki elektrochemicznej pomiędzy poszczególnymi skanami. Dla porównania pomiary przeprowadziłam również na BDDE, która nie była poddana żadnej obróbce wstępnej. Wykazałam, że testowane rodzaje obróbki wstępnej wpływają znacząco na natężenie prądu pikowego, jego powtarzalność oraz potencjał pikowego utleniania fenheksamidu (**Tabela 2**). Najwyższy sygnał utleniania pochodzący od fenheksamidu z najniższą wartością RSD uzyskałam na APT-BDDE prawdopodobnie w wyniku oddziaływania stosunkowo hydrofilowej powierzchni BDDE zakończonej tlenem (ujemnie

naładowanej) z fenheksamidem jako cząsteczką polarną oraz efektywnej degradacji polimerowych (ubocznych) produktów reakcji elektrodowej. Niemniej jednak, aktywacja anodowa doprowadziła do uzyskania najbardziej dodatniego potencjału piku utleniania fenheksamidu, podczas gdy inne sposoby obróbki wstępnej powierzchni BDDE spowodowały przesunięcie potencjału piku fenheksamidu w stronę bardziej ujemnych potencjałów. W przypadku nieaktywowanej BDDE stwierdziłam znaczący spadek natężenia prądu piku utleniania fenheksamidu (o około 67,7%), prawdopodobnie w wyniku tworzenia się nieprzepuszczalnego filmu na powierzchni BDDE po elektrotlenianiu fenheksamidu. Stwierdziłam, że aktywacja anodowa powierzchni BDDE jest najkorzystniejsza ze względu na wysokość piku i jego powtarzalność oraz jest skutecznym sposobem mającym na celu zapobieganie negatywnym skutkom pasywacji powierzchni BDDE.

**Tabela 2.** Natężenie prądu piku ( $I_p$ ) i jego powtarzalność (RSD,  $n = 5$ ) oraz potencjał piku ( $E_p$ ) fenheksamidu uzyskane na BDDE niepoddanej obróbce, polerowanej mechanicznie i aktywowanej elektrochemicznej.

Rodzaj obróbki wstępnej	$I_p / \mu\text{A}$	RSD / %	$E_p / \text{V}$
bez obróbki	1,71	14,4	+1,22
APT (+2,4 V, 900 s)	2,00	3,3	+1,22
CPT (-2,4 V, 900 s)	3,46	0,7	+1,30

Opracowanie procedury woltamperometrycznego oznaczania fenheksamidu rozpoczęłam od zoptymalizowania warunków prowadzenia pomiarów. Badania wpływu elektrolitu podstawowego i jego pH na rejestrowany sygnał utleniania fenheksamidu prowadziłam z wykorzystaniem techniki SWV w 2 elektrolitach podstawowych, tj. w BRB w zakresie pH 2,0–10,0 oraz roztworach  $\text{H}_2\text{SO}_4$  w zakresie stężeń 0,1–1,0 mol  $\text{L}^{-1}$ . W oparciu o uzyskane wyniki do dalszych badań jako elektrolit podstawowy wybrałam BRB o pH 2,0. Następnie wyznaczyłam liniowe zależności natężenia prądu piku od stężenia fenheksamidu na APT–BDDE przy zastosowaniu następujących zoptymalizowanych parametrów techniki SWV: amplituda 60 mV, częstotliwość 50 Hz i krok potencjału 5 mV. Dla porównania krzywe kalibracyjne skonstruowałam również z wykorzystaniem PPT–BDDE i CPT–BDDE. Uzyskane wyniki wyraźnie pokazały zalety zastosowania APT–BDDE do oznaczania fenheksamidu: na APT–BDDE uzyskałam najszerszy zakres liniowości (3,0–100  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ), najwyższą czułość (0,0265  $\mu\text{A L}^{-1}$ ) i najniższą wartość LOD (821 nmol  $\text{L}^{-1}$ ). Ponadto parametry walidacyjne uzyskane na APT–BDDE porównałam z parametrami uzyskanymi na innych elektrodach węglowych [62]: na APT–BDDE uzyskałam niższą wartość LOD (821 nmol  $\text{L}^{-1}$ ) niż na GCE (950 nmol  $\text{L}^{-1}$ ), GCPE (1,32 nmol  $\text{L}^{-1}$ ) i CPE (970 nmol  $\text{L}^{-1}$ ), jednak nieco wyższą niż ta osiągnięta w przypadku CPE/MWCNTs (730 nmol  $\text{L}^{-1}$ ). W tym miejscu należy jednak zaznaczyć, że w naszej poprzedniej pracy [62] do oznaczania pozostałości fenheksamidu w próbkach żywności

zastosowaliśmy GCPE jako elektrodę roboczą. Można zatem stwierdzić, że na APT–BDDE uzyskałam lepsze parametry walidacyjne niż na GCPE, co dowodzi, że APT–BDDE może być z powodzeniem zastosowana do analizy fenheksamidu w próbkach żywności bez konieczności czasochłonnego ręcznego odnawiania powierzchni elektrody pomiędzy poszczególnymi skanami. Dodatkowo w pracy [H8] opracowałam bardzo prosty i szybki protokół monitorowania pozostałości fenheksamidu na powierzchni skórki borówki amerykańskiej. Na podstawie przeglądu literaturowego stwierdziłam, że fenheksamid ma wysokie stężenie resztkowe na owocach i warzywach oraz w winach, a jego pozostałości obecne są głównie na powierzchni skórek owoców i warzyw. Jednakże usuwanie jego pozostałości z powierzchni skórek owoców i warzyw wodą wodociągową czy przy użyciu dostępnych w handlu detergentów jest nieskuteczne, gdyż usuwa tylko odpowiednio 43% i 60% pozostałości fenheksamidu. Najskuteczniejszym sposobem usunięcia jego pozostałości z powierzchni skórek owoców jest zastosowanie rozpuszczalników organicznych. W moich badaniach borówki przemywałam acetonem w celu usunięcia pozostałości fenheksamidu obecnych na powierzchni skórki borówki i oznaczenia stężenia pozostałości fenheksamidu. Badania te przeprowadziłam wykorzystując APT–BDDE za pomocą techniki SWV z wykorzystaniem metody wielokrotnego dodatku wzorca. Testowałam dwa rodzaje borówki, tj. borówki ze sklepu oraz z prywatnego ogródka (te drugie nie były spryskiwane żadnymi pestycydami podczas uprawy). Stężenie pozostałości fenheksamidu w borówce zakupionej w sklepie wynoszące  $6.152 \mu\text{mol L}^{-1}$  ( $1.859 \text{ mg kg}^{-1}$ ) było poniżej najwyższego dopuszczalnego poziomu pozostałości fenheksamidu ustalonego dla borówki amerykańskiej przez przepisy UE ( $20 \text{ mg kg}^{-1}$ ). W celu porównania i potwierdzenia uzyskanych wyników, zbadałam zawartość fenheksamidu w borówce z prywatnego ogródka, do której dodałam znaną ilość roztworu wzorcowego fenheksamidu odpowiadającą temu samemu stężeniu, które wykryłam w borówce ze sklepu. Stwierdziłam, że stężenie fenheksamidu w borówce z dodatkiem fenheksamidu jest zgodne ze stężeniem pozostałości fenheksamidu w borówkach ze sklepu. Przedstawiony niezawodny, ekonomiczny i łatwy protokół może znaleźć zastosowanie jako szybka metoda przesiewowa do kontroli bezpieczeństwa żywności.

Ważnym etapem badań opisanych w pracy [H8] było określenie mechanizmu procesu elektrodowego fenheksamidu. Badania wykonane w BRB o pH 2,0 z wykorzystaniem techniki CV i SWV wykazały powolny, chemicznie odwracalny, ale elektrochemicznie quasi-odwracalny proces elektrodowy związany z parą pików o dużej separacji. Zestawiając uzyskane dane z teoretycznymi przewidywaniami dla powolnej, quasi-odwracalnej reakcji elektrodowej pary redoks, stwierdziłam, że procesy anodowe i katodowe są kontrolowane przez dyfuzję. Zaproponowałam, że fenheksamid ulega utlenianiu do kwasu 1-metylocykloheksanokarboksylowego (2,3-dichloro-4-okso-cykloheksa-2,5-dinylidyno)-amidu z udziałem 2 protonów i 2 elektronów.

Badania przedstawione w pracy [H9] wykonałam podczas 2-miesięcznego stażu w ramach programu CEEPUS w laboratorium prof. Karoliny Schwarzovej-Peckovej z Charles University. Inspiracją do przeprowadzenia tych badań był fakt, że związki fenolowe i ich pochodne, w tym 4-chloro-3-metylofenol, z łatwością ulegają utlenianiu w wyniku procesów elektrochemicznych, a otrzymane produkty utleniania to często dimery, polimery i/lub pochodne chinonu. Niektóre z tych produktów ulegają rozpuszczeniu i dyfundują od powierzchni elektrody, podczas gdy inne uczestniczą w tworzeniu nieprzepuszczalnych filmów polimerowych przylegających do powierzchni elektrod, powodując ich dezaktywację. W związku z tym, niezwykle istotna jest obróbka wstępna powierzchni elektrody roboczej stosowanej do badania i oznaczania 4-chloro-3-metylofenolu. Jednym z celów pracy [H9] było zbadanie wpływu sposobu elektrochemicznej aktywacji *in situ* powierzchni BDDE na sygnał utleniania 4-chloro-3-metylofenolu rejestrowany technikami woltamperometrii stałoprądowej (DCV) oraz DPV. Zastosowałam kondycjonowanie powierzchni BDDE pomiędzy poszczególnymi pomiarami (seriami pomiarowymi) w mieszanym 0,1 mol L<sup>-1</sup> roztworze H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> zarówno w obwodzie otwartym (OCP), jak i przy zastosowaniu trzech różnych programów elektrochemicznej aktywacji: stosowanie wysokich dodatnich potencjałów (+2,4 V), wysokich ujemnych potencjałów (-2,4 V) oraz potencjału 0 V (PT) przez 900 sekund. Dodatkowo, pomiędzy poszczególnymi skanami wykonywałam kondycjonowanie powierzchni BDDE przy zastosowaniu w/w programów aktywacji w mieszanym roztworze elektrolitu podstawowego (bufor fosforanowy (PB), pH 2,0) przez 30 s. Uzyskane wyniki pokazały, że poszczególne sposoby aktywacji elektrochemicznej powierzchni BDDE wpływały znacząco na wysokość rejestrowanego piku utleniania 4-chloro-3-metylofenolu, jego powtarzalność oraz na potencjał piku (**Tabela 3**). Wszystkie testowane programy aktywacji wykazały zadowalającą powtarzalność sygnału, podczas gdy w przypadku nieaktywowanej BDDE zaobserwowałam znaczne pogorszenie powtarzalności wyników. Jednocześnie zauważyłam, że zastosowanie anodowej aktywacji powierzchni BDDE przyczyniło się do uzyskania najwyższego sygnału z najniższą wartością RSD, prawdopodobnie w wyniku wzajemnego oddziaływania stosunkowo hydrofilowej wysyconej tlenem powierzchni BDDE z polarną cząsteczką 4-chloro-3-metylofenolu. Zauważyłam także, że przy zastosowaniu anodowej aktywacji powierzchni BDDE uzyskałam najmniej dodatni potencjał piku utleniania 4-chloro-3-metylofenolu, podczas gdy inne sposoby aktywacji spowodowały przesunięcie piku w stronę bardziej dodatnich potencjałów. W związku z tym stwierdziłam, że najbardziej skuteczną strategią zapobiegania negatywnym skutkom pasywacji powierzchni BDDE, wzmocnienia sygnału oraz zapewnienia powtarzalnych wyników była aktywacja anodowa *in situ*, dlatego też, ten sposób aktywacji wykorzystałam we wszystkich dalszych badaniach.

**Tabela 3.** Natężenie prądu pikowego ( $I_p$ ) i jego powtarzalność (RSD,  $n = 5$ ) oraz potencjał pikowy ( $E_p$ ) 4-chloro-3-metylofenolu uzyskane na BDDE niepoddanej obróbce i poddanej różnym rodzajom obróbki wstępnej powierzchni BDDE.

Rodzaj obróbki wstępnej	DCV			DPV		
	$I_p / \mu\text{A}$	RSD / %	$E_p / \text{V}$	$I_p / \mu\text{A}$	RSD / %	$E_p / \text{V}$
bez obróbki	0,473	37,3	+1,22	0,309	18,5	+1,14
OCP (900 s)	0,951	5,0	+1,25	0,286	5,8	+1,18
PT (0 V, 900 s)	0,834	4,0	+1,29	0,175	7,8	+1,22
APT (+2,4 V, 900 s)	1,01	2,1	+1,18	0,492	1,9	+1,09
CPT (-2,4 V, 900 s)	0,688	2,3	+1,24	0,310	4,2	+1,15

Następnie zbadalam wpływ elektrolitu podstawowego i jego pH na rejestrowany sygnał utleniania 4-chloro-3-metylofenolu na APT-BDDE z wykorzystaniem technik DPV i DCV. Badania te prowadziłam w BRB w zakresie pH 2,0–12,0, PB o pH 2,0 oraz roztworach  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  i  $\text{HClO}_4$  (wszystkie w zakresie stężeń 0,1–1,0 mol  $\text{L}^{-1}$ ). Najbardziej zadawalające wyniki (pod kątem wysokości i powtarzalność pików) uzyskałam w PB o pH 2,0, który zastosowałam w dalszych badaniach jako elektrolit podstawowy. W celu skonstruowania prostej wzorcowej na APT-BDDE przeprowadziłam pomiary z wykorzystaniem techniki DPV, DCV i SWV (przy zastosowaniu uprzednio zoptymalizowanych parametrów techniki SWV: amplituda 100 mV, częstotliwość 150 Hz, krok potencjału 3 mV). Przeprowadzona walidacja wyników wykazała, że opracowane procedury charakteryzują się szerokim zakresem liniowości, niską wartością LOD na poziomie stężeń  $10^{-7}$  mol  $\text{L}^{-1}$  (DCV: 850 nmol  $\text{L}^{-1}$ ; DPV: 460 nmol  $\text{L}^{-1}$ ; SWV: 340 nmol  $\text{L}^{-1}$ ) oraz wysoką czułością (najlepsze wyniki uzyskałam za pomocą techniki SWV). Ponadto stwierdziłam, że zaproponowane procedury z wykorzystaniem APT-BDDE wykazują (i) niższe wartości LOD niż te uzyskane na stacjonarnej GCE (LOD = 9,3  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) [64] oraz GCE/MWCNTs (LOD = 8,8  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) [65], (ii) porównywalne wartości LOD, jak na obrotowej GCE (200 nmol  $\text{L}^{-1}$ ) [63], (iii) wyższe wartości LOD niż te uzyskane za pomocą voltamperometrii hydrodynamicznej (10 nmol  $\text{L}^{-1}$ ) [66].

W celu określenia mechanizmu elektrodowego w pracy [H9], zbadalam elektrochemiczne zachowanie 4-chloro-3-metylofenolu na BDDE z wykorzystaniem techniki CV w BRB o pH 2,0, 7,0 i 10,0. We wszystkich badanych środowiskach zaobserwowałam sukcesywną akumulację zanieczyszczeń substancji na powierzchni BDDE podczas rejestracji kolejnych skanów, szczególnie wyraźną w środowisku zasadowym. Następnie zastosowałam technikę DCV do elektrochemicznego badania procesów zachodzących na BDDE. Uzyskane wyniki wskazały, że etapem limitującym

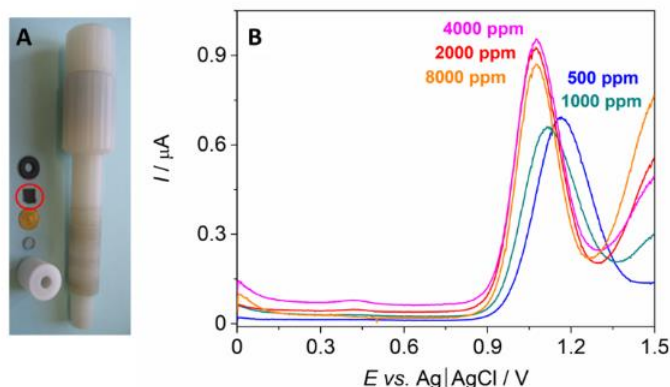


szybkość reakcji elektrodowej jest dyfuzja 4-chloro-3-metylofenolu do powierzchni elektrody. Stwierdziłam utlenianie grupy hydroksylowej (wymiana 1 elektronu i 1 protonu) do fenoksy rodnika  $-O^{\cdot}$ , który jest bardzo reaktywny i ulega kolejnemu sprzężeniu oraz dalszym reakcjom rodnikowym. Powstały fenoksy rodnik ulega następnie reakcjom z elektrofilowym rodnikiem hydroksylowym  $OH^{\cdot}$  generowanym na powierzchni BDDE (powstałym w wyniku reakcji rozkładu wody). Produktami utleniania mogą być pochodne hydrochinonu (prawdopodobnie metylobenzochinon), które są redukowane w odwrotnych skanach katodowych.

W pracy [H10] również badałam wpływ elektrochemicznej aktywacji *in situ* powierzchni BDDE na pasywację powierzchni elektrod i parametry analityczne metody oznaczania wybranego analitu (dopaminy). Niemniej jednak ten aspekt omówię szczegółowo dopiero w punkcie 5).

#### **4). Badanie wpływu poziom domieszkowania diamentu borem na parametry analityczne metody oznaczania wybranego analitu.**

Ze względu na fakt, że poziom domieszkowania diamentu borem jest ważnym czynnikiem wpływającym na właściwości i wydajność elektrochemiczną BDDE, jednym z założeń wspomnianej wcześniej pracy [H9] było zbadanie wpływ poziomu domieszkowania diamentu borem na oznaczanie 4-chloro-3-metylofenolu z zastosowaniem techniki DCV i DPV. Badania prowadziłam dla zestawu 5 BDDE, w których stosunek B/C w fazie gazowej wynosił w zakresie 500–8 000 ppm. W pracy tej, próbki BDD zostały przygotowane przez pracowników Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences (Praga, Czechy) metodą MW-PECVD na podłożach krzemowych, które następnie umieściłam w teflonowym korpusie elektrody (schemat elektrody przedstawiłam na **Rys. 12A**). Uzyskane wyniki pokazały, że stopień domieszkowania diamentu borem wpływał na rejestrowany sygnał utleniania 4-chloro-3-metylofenolu. Możliwe było uzyskanie symetrycznego piku utleniania 4-chloro-3-metylofenolu o dobrej powtarzalności sygnału (RSD poniżej 2,5%) na wszystkich badanych BDDE (**Rys. 12B**). Jednakże sygnały utleniania 4-chloro-3-metylofenolu w przypadku elektrod o zawartości B/C w fazie gazowej 500 i 1 000 ppm (zachowujące się jak półprzewodniki) były niższe i nieznacznie szersze w porównaniu z elektrodami o zawartości B/C w fazie gazowej 2 000, 4 000 i 8 000 ppm (zachowujące się jak metaliczne przewodniki). Zaobserwowałam także różnice w rejestrowanych wartościach potencjału piku pomiędzy tymi dwoma typami elektrod: potencjał piku na elektrodach zachowujących się jak półprzewodniki był przesunięty nieznacznie w kierunku potencjałów bardziej dodatnich, co świadczy o wolniejszej kinetyce przeniesienia elektronów na tego typu elektrodach.



**Rys. 12.** (A) Schemat ciała elektrody. Dysk BDD zaznaczony jest w czerwonym kółku; (B) Krzywe DPV zarejestrowane dla 4-chloro-3-metylofenolu PB o pH 2,0 na APT-BDDE o różnej zawartości B/C w fazie gazowej.

Następnie, wyznaczyłam zależności stężeniowe dla badanego związku z wykorzystaniem APT-BDDE o zawartości B/C w fazie gazowej w zakresie 500–8 000 ppm, a także przeprowadziłam walidację uzyskanych wyników. Zaobserwowałam wzrost współczynnika kierunkowego prostej wzorcowej wraz ze wzrostem stężenia boru, co świadczy o tym, że BDDE zachowujące się jak metaliczne przewodniki charakteryzują się lepszą czułością. Stwierdziłam także, że uzyskane wartości LOD mieszczą się (podobnie jak w przypadku komercyjnie dostępnej BDDE aktywowanej anodowo) w zakresie stężeń  $10^{-7}$  mol L<sup>-1</sup>.

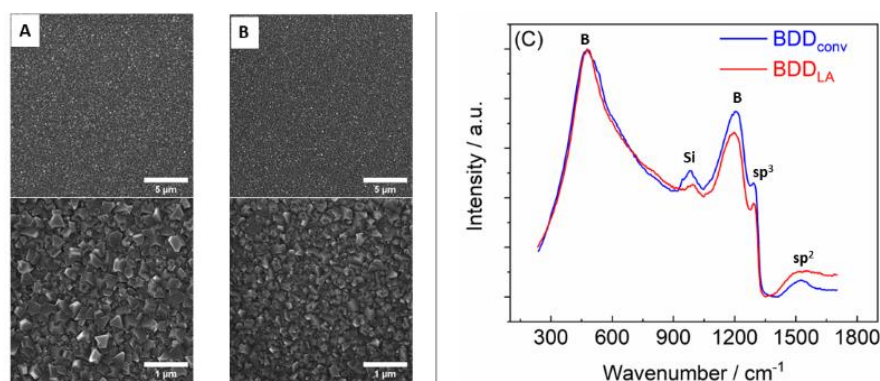
##### 5). **Badanie wpływu metody wytwarzania BDDE oraz warunków syntezy BDDE na właściwości wytworzonych elektrod i ich wydajność elektroanalityczną.**

Celem pracy [H10] było zbadanie wpływu metody wytwarzania oraz warunków syntezy BDD na właściwości BDDE oraz ich wydajność elektroanalityczną. Celem tej pracy było również zbadanie wpływu terminacji powierzchni wytworzonych BDDE na oznaczanie wybranego analitu. W pracy tej przetestowałam dwa rodzaje planarnych BDDE, które różniły się zastosowaną metodą wytwarzania. Badania przedstawione w pracy [H10] wykonałam podczas stażu podoktorskiego w laboratorium prof. Karoliny Schwarzovej-Peckovej z Charles University oraz we współpracy z inż. Andrew Taylorem z Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences (Praga, Czechy).

W celu wytworzenia konwencjonalnych planarnych BDD (BDD<sub>conv</sub>) zastosowałam metodę MW-PECVD, a w przypadku niekonwencjonalnych planarnych BDD (BDD<sub>LA</sub>) wykorzystałam metodę MW-PECVD z dodatkowym systemem „linear antenna” (MW-LA-PECVD). W przypadku obydwu próbek jako podłoże do osadzenia BDD zastosowałam przewodzącą płytkę krzemową i przeprowadziłam zarodkowanie nanocząstkami diamentu. Osadzenie BDD<sub>conv</sub> przeprowadziłam w następujących warunkach: 0,5% CH<sub>4</sub> w obecności H<sub>2</sub>, ciśnienie gazu 50 mbar, moc mikrofal

1150 W, temperatura podłoża około 750°C i czas wzrostu 2,5 h, a domieszkowanie borem prowadziłam poprzez dodanie trimetyloboru do fazy gazowej, uzyskując stosunek B/C 4 000 ppm (wartość zoptymalizowana we wcześniejszych badaniach zespołu czeskiego [68]). Osadzenie BDD<sub>LA</sub> przeprowadziłam w następujących warunkach: 4% CH<sub>4</sub> i 0,9% CO<sub>2</sub> w obecności H<sub>2</sub>, ciśnienie gazu 0,25 mbar, moc mikrofal 2 × 2700 W, temperatura podłoża około 750°C i czas wzrostu 8 h, a domieszkowanie borem prowadziłam poprzez dodanie diboranu, uzyskując stosunek B/C wynoszący 230 000 ppm (skład prekursora gazu został zoptymalizowany, aby zapewnić odpowiedni stosunek zawartości tlenu do boru i złagodzić niekorzystny wpływ dodatku tlenu, który ogranicza wbudowywanie boru w sieć krystaliczną diamentu).

Charakterystykę morfologiczną wytworzonych próbek BDD przeprowadziłam za pomocą SEM (**Rys. 13A–B**), natomiast do oceny zawartości węgla sp<sup>2</sup> oraz określenia poziomu domieszkowania diamentu borem wykorzystałam spektroskopię Ramana (**Rys. 13C**). Obrazy SEM pokazały, że obie planarne BDD tworzą zamkniętą strukturę (pozbawioną porów) z wyraźnie określoną strukturą polikrystaliczną (z ziarnami diamentu składającymi się z mieszanki orientacji). Widma Ramana wykonane dla obu próbek wykazały niewielki udział węgla sp<sup>2</sup>, a oszacowane stężenia boru wynosiły około  $5,8 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$  dla BDD<sub>conv</sub> oraz około  $4,2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$  dla BDD<sub>LA</sub>. W celu uzyskania poziomu domieszkowania borem tego samego rzędu ( $10^{21} \text{ cm}^{-3}$ ) dla obu próbek, stosunek B/C w fazie gazowej w przypadku BDD<sub>LA</sub> został ustalony na poziomie 230 000 ppm, co jest wartością 57,5-krotnie wyższą niż ta użyta do wytworzenia BDD<sub>conv</sub> (B/C 4 000 ppm) w konwencjonalnych systemach MW–PECVD.



**Rys. 13.** Obrazy SEM (A) BDD<sub>conv</sub> i (B) BDD<sub>LA</sub>; (C) Widma Ramana zarejestrowane dla BDD<sub>conv</sub> i BDD<sub>LA</sub>.

Przygotowane i scharakteryzowane próbki BDD umieściłam następnie w teflonowym korpusie elektrody (**Rys. 12A**) i przystąpiłam do wykonania badań elektrochemicznych dla obydwu elektrod (BDDE<sub>conv</sub> i BDDE<sub>LA</sub>) z wykorzystaniem techniki CV. W pierwszym etapie, przeprowadziłam ocenę szerokości okna potencjałów, które jest istotną cechą ograniczającą przydatność zastosowanych elektrod roboczych. Badania przeprowadziłam w 1,0 mol L<sup>-1</sup> KCl (typowy elektrolit

do charakteryzowania okna potencjału elektrod), 0,1 mol L<sup>-1</sup> PB o pH 7,4 oraz 0,02 mol L<sup>-1</sup> soli fizjologicznej buforowanej HEPES (HBS) o pH 7,4 zawierającej HEPES jako składnik buforujący (HBS jest organicznym buforem stosowanym do utrzymania fizjologicznego pH podłoża hodowli komórkowych). Zbadałam zarówno H–BDDE uzyskane po procesie CVD, jaki i O–BDDE uzyskane w wyniku aktywacji anodowej w 0,5 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> poprzez przyłożenie potencjału +2,4 V przez 20 min. Stwierdziłam, że BDDE<sub>conv</sub> oraz BDDE<sub>LA</sub>, zarówno terminowane wodorem, jak i tlenem, wykazywały stosunkowo szerokie (porównywalne) okna potencjałów we wszystkich badanych elektrolitach podstawowych, jednakże najszersze okna potencjałów zarejestrowałam w PB, a największe w HBS (zaobserwowałam ograniczenie w obszarze anodowym, które jest spowodowane utlenianiem składnika buforującego HEPES). Poza tym, szersze okno potencjałów zaobserwowałam na O–BDDE niż na H–BDDE, co jest związane z oksydacyjnym usuwaniem zanieczyszczeń sp<sup>2</sup> (działających jako mediatory przeniesienia ładunku) oraz zwiększoną heterogenicznością powierzchni BDDE w wyniku wprowadzenia grup funkcyjnych zawierających tlen utrudniających proces przeniesienia elektronów. Następnie przeprowadziłam analizę elektrochemiczną BDDE<sub>conv</sub> oraz BDDE<sub>LA</sub> (zarówno terminowanych wodorem, jak i tlenem). Badania prowadziłam w obecności 2 typów markerów redoks, które różnią się charakterem przeniesienia elektronów, tj. „inner-sphere” (marker redoks wrażliwy na właściwości powierzchni) [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> i „outer-sphere” (marker redoks niewrażliwy na właściwości powierzchni) [IrCl<sub>6</sub>]<sup>2-</sup>/[IrCl<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>, [Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>/[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>. W przypadku każdej z elektrod zaobserwowałam piki utleniania i redukcji pochodzące od pary redoks, a wartości separacji pików w przypadku każdego badanego markera redoks były zbliżone do wartości 59 mV na wszystkich badanych elektrodach (szczególnie w przypadku H–BDDE), co świadczy o odwracalnym procesie redoks i szybkiej kinetyce HET. Niemniej jednak, niższe sygnały pochodzące od [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> zarejestrowałam na BDDE<sub>LA</sub> niż na BDDE<sub>conv</sub>, natomiast konwersja z H–BDDE do O–BDDE spowodowała pogorszenie odwracalności procesu redoks, co jest spowodowane prawdopodobnie odpychaniem elektrostatycznym anionów [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> od częściowo naładowanej ujemnie grupami funkcyjnymi zawierającymi tlen powierzchni O–BDDE. Oszacowałam także wartości powierzchni efektywnej dla wszystkich badanych BDDE (dla [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup>), które porównałam z wartością powierzchni geometrycznej (4,91 mm<sup>2</sup>) określonej na podstawie fizycznych wymiarów elektrody. Stwierdziłam wyższe wartości powierzchni efektywnej w przypadku BDDE<sub>conv</sub> (7,11 mm<sup>2</sup> dla H–BDDE<sub>conv</sub> i 7,35 mm<sup>2</sup> dla O–BDDE<sub>conv</sub>) niż BDDE<sub>LA</sub> (3,38 mm<sup>2</sup> dla H–BDDE<sub>LA</sub> i 4,42 mm<sup>2</sup> dla O–BDDE<sub>LA</sub>), na których wartości powierzchni efektywnej są zbliżone do wartości powierzchni geometrycznej. Niższe wartości powierzchni efektywnej uzyskane dla próbek BDDE<sub>LA</sub> niż dla BDDE<sub>conv</sub> są prawdopodobnie związane z faktem, że system „linear antenna” wymaga dodatku gazu zawierającego tlen w celu zwiększenia tempa wzrostu i jakości filmu diamentowego.

Kolejny etap moich badań zakładał połączenie eksperymentu związanego z wytworzeniem i scharakteryzowaniem  $\text{BDDE}_{\text{conv}}$  oraz  $\text{BDDE}_{\text{LA}}$  z elektrochemicznym badaniem i oznaczaniem wybranego analitu, jakim była dopamina – neuroprzebieżnik z grupy biogennych amin katecholowych. Elektrochemiczne zachowanie dopaminy na  $\text{BDDE}_{\text{conv}}$  oraz  $\text{BDDE}_{\text{LA}}$  (zarówno terminowanych wodorem, jak i tlenem) zbadalam z wykorzystaniem techniki CV w PB oraz HBS o pH 7,4. Stwierdziłam, że dopamina ulega utlenianiu przy wyższych potencjałach na O-BDDE niż na H-BDDE, co świadczy o tym, że proces przeniesienia elektronów jest utrudniony na O-BDDE ze względu na obecność tlenowych grup funkcyjnych. Ponadto zaobserwowałam wyższe piki utleniania i redukcji dopaminy na H-BDDE niż na O-BDDE, a także pogorszenie odwracalności procesu utleniania dopaminy na O-BDDE w obydwu elektrolitach podstawowych. Stwierdziłam, że wszystkie wytworzone i przetestowane BDDE można wykorzystać do oznaczania dopaminy, jednak stosowanie O-BDDE wydaje się być mniej korzystne ze względu na niższe i mniej analityczne sygnały woltamperometryczne (szczególnie w HBS). Dlatego dalsze badania dla dopaminy przeprowadziłam już wyłącznie na H-BDDE.

W celu opracowania procedur oznaczania dopaminy na  $\text{H-BDDE}_{\text{conv}}$  oraz  $\text{H-BDDE}_{\text{LA}}$ , przeprowadziłam pomiary z wykorzystaniem techniki SWV (przy zastosowaniu uprzednio zoptymalizowanych parametrów techniki SWV: amplituda 120 mV, częstotliwość 20 Hz, krok potencjału 2 mV) w dwóch elektrolitach podstawowych (PB i HBS o pH 7,4). Na podstawie uzyskanych wyników (**Tabela 4**) stwierdziłam, że użycie  $\text{H-BDDE}_{\text{LA}}$  do oznaczania dopaminy jest mniej korzystne, gdyż na tej elektrodzie uzyskałam dwa zakresy liniowości, niższą czułość, a także wyższe wartości LOD w obu buforach niż na  $\text{H-BDDE}_{\text{conv}}$ .

**Tabela 4.** Oszacowane parametry analityczne (walidacyjne) zależności stężeniowej dopaminy otrzymane na  $\text{H-BDDE}_{\text{conv}}$  oraz  $\text{H-BDDE}_{\text{LA}}$  w PB i HBS (pH 7,4).

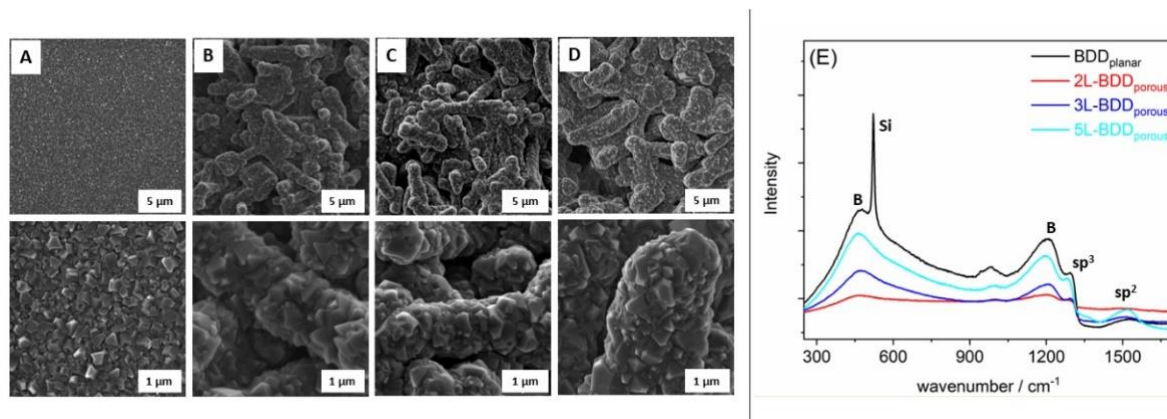
Rodzaj BDDE	Zakres liniowości / $\mu\text{mol L}^{-1}$	Wyraz wolny / nA	Czułość / $\text{nA } \mu\text{mol}^{-1} \text{ L}$	R	LOD / $\mu\text{mol L}^{-1}$	LOQ / $\mu\text{mol L}^{-1}$
<b>0,1 M PB pH 7,4</b>						
$\text{H-BDDE}_{\text{conv}}$	2,5–40,0	–50,2	33,4	0,9994	0,16	0,54
$\text{H-BDDE}_{\text{LA}}$	1,0–7,5	–15,6	22,5	0,9970	0,23	0,76
	7,5–50,0	–229,2	49,0	0,9952		
<b>0,02 M HBS pH 7,4</b>						
$\text{H-BDDE}_{\text{conv}}$	2,0–40,0	–57,4	40,3	0,9987	0,13	0,44
$\text{H-BDDE}_{\text{LA}}$	1,0–7,5	–19,5	24,1	0,9961	0,25	0,83
	7,5–75,0	–185,9	47,3	0,9998		

**6). Badanie wpływu zmiany morfologii powierzchni BDDE z planarnej na porowatą na właściwości wytworzonych elektrod i wydajność elektroanalityczną.**

Ostatnim omawianym przeze mnie czynnikiem, który wpływa na właściwości i wydajność wytworzonych BDDE, jest liczba osadzonych warstw porowatych. W związku z realizacją celu, w pracy [H11] zbadalam trzy porowate BDDE ( $BDD_{porous}$ ) z różną liczbę osadzonych warstw. W celu potwierdzenia wpływu porowatości, dla porównania zbadalam również konwencjonalną planarną BDDE ( $BDD_{planar}$ ). Badania przedstawione w pracy [H11] również wykonałam podczas stażu podoktorskiego na Charles University.

W celu wytworzenia  $BDD_{porous}$  zastosowałam metodę MW-PECVD, a jako podłoże do ich osadzenia zastosowałam bazową planarną BDD ( $BDD_{planar}$ ; podłoże: przewodząca płytka krzemowa; warunki: 0,5%  $CH_4$  w obecności  $H_2$ , ciśnienie gazu 50 mbar, moc mikrofal 1150 W, temperatura podłoża około 750°C i czas wzrostu 2,5 h; domieszkowanie borem: poprzez dodanie trimetyloboru do fazy gazowej, uzyskując stosunek B/C 4 000 ppm). Następnie z wykorzystaniem procedury spin-coating, na bazową  $BDD_{planar}$  naniosłam grube porowate podłoże składające się z nanowłókien krzemionkowych zarodkowanymi nanocząstkami diamentu. Warunki osadzania były takie same, jak w przypadku  $BDD_{planar}$ , z tym jednym wyjątkiem – czas wzrostu wydłużony został do 5 h, a w celu uzyskania BDDE zawierających różną liczbę osadzonych warstw, proces ten był powtarzany dwa ( $2L-BDDE_{porous}$ ), trzy ( $3L-BDDE_{porous}$ ) oraz pięć ( $5L-BDDE_{porous}$ ) razy.

W kolejnym etapie, wytworzone  $BDD_{porous}$  oraz  $BDD_{planar}$  scharakteryzowałam za pomocą SEM (Rys. 14A–D) oraz spektroskopii Ramana (Rys. 14E). Obrazy SEM wykazały, że  $BDD_{planar}$  tworzy zamkniętą strukturę pozbawioną porów z wyraźnie określoną strukturą polikrystaliczną, podczas gdy  $BDD_{porous}$  potwierdziły dobrą krystaliczność i wykazały otwartą porowatą strukturę z całkowitym pokryciem podłoża krzemowego zamkniętą warstwą polikrystalicznego BDD. Na podstawie przekrojów poprzecznych stwierdziłam, że grubość warstwy w  $BDD_{planar}$  wynosi  $\sim 330$  nm, natomiast grubość każdej warstwy  $BDD_{porous}$  wynosi około 4  $\mu m$ . Na podstawie widm Ramana stwierdziłam, że  $BDD_{planar}$  wykazuje cechy charakterystyczne dla wysokiej jakości polikrystalicznego BDD, a  $BDD_{porous}$  są praktycznie takie same dla każdej liczby warstw i wykazują te same cechy charakterystyczne dla BDD, co  $BDD_{planar}$ . W przypadku każdej z elektrod zaobserwowałam niewielki udział węgla o hybrydyzacji  $sp^2$ , jednak jego zawartość jest większa dla  $BDD_{porous}$  niż  $BDD_{planar}$  i wydaje się zwiększać intensywność wraz ze wzrostem liczby porowatych warstw. Oszacowałam także stężenia boru we wszystkich próbkach BDD, które wynosiły około  $2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ .



**Rys. 14.** Obrazy SEM (A) BDD<sub>planar</sub>, (B) 2L-BDD<sub>porous</sub>, (C) 3L-BDD<sub>porous</sub>, (D) 5L-BDD<sub>porous</sub>; (E) Widma Ramana zarejestrowane dla badanych próbek BDDE.

Scharakteryzowane próbki BDD<sub>porous</sub> oraz próbkę BDD<sub>planar</sub> umieściłam w korpusie elektrody (Rys. 12A) i wykonałam badania elektrochemiczne z wykorzystaniem techniki CV. Najpierw przeprowadziłam ocenę szerokości okna potencjałów w 1,0 mol L<sup>-1</sup> KCl. W tym miejscu warto również wspomnieć, że w przypadku BDDE<sub>porous</sub> nie można przeprowadzić elektrochemicznej aktywacji *in situ* (zarówno anodowej, jak i katodowej) i BDDE<sub>porous</sub> można wykorzystywać tylko jako terminowane wodorem (otrzymane w trakcie CVD). Zastosowanie bowiem wysoce dodatnich lub ujemnych potencjałów wpływa negatywnie na właściwości elektrochemiczne BDDE<sub>porous</sub>, co jest związane ze zmianami strukturalnymi wynikającymi z powstawania gazów (wodoru, tlenu) w wyniku rozkładu elektrolitu podstawowego. Badania przeprowadzone w roztworze KCl pokazały, że szersze okno potencjału uzyskałam na BDDE<sub>planar</sub> niż BDDE<sub>porous</sub>. Stwierdziłam także, że w przypadku BDDE<sub>porous</sub>, szerokości okna potencjałów zwięźały się wraz ze wzrostem liczby osadzonych warstw porowatych zgodnie z tendencją 2,40 V (2L-BDDE<sub>porous</sub>) > 2,35 V (3L-BDDE<sub>porous</sub>) > 2,20 V (5L-BDDE<sub>porous</sub>), co można przypisać większej zawartości węgla sp<sup>2</sup> w materiałach porowatych. W kolejnym etapie przeprowadziłam badania w obecności czterech markerów redoks, tj. „inner-sphere”: [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> oraz „outer-sphere”: FcMeOH<sup>+/-</sup>, [IrCl<sub>6</sub>]<sup>2-</sup>/[IrCl<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>, [Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>/[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>. W przypadku każdej z elektrod zaobserwowałam piki utleniania i redukcji pochodzące od pary redoks, które w przypadku każdego badanego markera redoks (z wyjątkiem [Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>/[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>) zwiększały się wraz ze zmianą morfologii z planarnej na porowatą (najwyższy sygnał zarejestrowałam na 5L-BDDE<sub>porous</sub>). Stwierdziłam, że w przypadku FcMeOH<sup>+/-</sup> wartość separacji pików redoks była taka sama niezależnie od badanego rodzaju BDDE i zbliżała się do wartości 59 mV, co świadczy o odwracalnym jednoelektronowym procesie redoks, który potwierdza szybką kinetykę HET i wysoką jakość wytworzonych BDDE. W przypadku [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>/[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> zaobserwowałam natomiast, że otrzymane wartości ΔE<sub>p</sub> różniły się istotnie (prawdopodobnie ze względu na charakter tego markera redoks): największą wartość ΔE<sub>p</sub>

zarejestrowałam na  $BDDE_{\text{planar}}$ , która zmniejszała się wraz ze zmianą morfologii z planarnej na porowatą, a najmniejszą separację pików uzyskałam na  $5L-BDDE_{\text{porous}}$ . W kolejnym etapie, oszacowałam wartości powierzchni efektywnej dla wszystkich badanych  $BDDE$  (dla  $FcMeOH^{+/-}$ ), które porównałam z wartością powierzchni geometrycznej ( $4,91 \text{ mm}^2$ ). Zgodnie z oczekiwaniami, najniższą wartość powierzchni efektywnej oszacowałam dla  $BDDE_{\text{planar}}$  o stosunkowo gładkiej powierzchni ( $4,71 \text{ mm}^2$ ), która jest bardzo zbliżona do wartości powierzchni geometrycznej. Stwierdziłam także, że wartość powierzchni efektywnej oszacowana dla  $2L-BDDE_{\text{porous}}$  zbliżała się wartości powierzchni geometrycznej, natomiast bardziej znaczący wzrost wartości powierzchni efektywnej zaobserwowałam dla  $3L-BDDE_{\text{porous}}$  oraz  $5L-BDDE_{\text{porous}}$  ( $2L-BDDE_{\text{porous}} = 5,04 \text{ mm}^2 < 3L-BDDE_{\text{porous}} = 7,16 \text{ mm}^2 < 5L-BDDE_{\text{porous}} = 7,72 \text{ mm}^2$ ).

Następnie zbadałam elektrochemiczne zachowanie dopaminy na  $BDDE_{\text{porous}}$  oraz  $BDDE_{\text{planar}}$  z wykorzystaniem techniki CV w PB oraz HBS o pH 7,4. Zauważyłam zmiany w elektrochemicznym zachowaniu dopaminy w zależności od morfologii  $BDDE$ : stwierdziłam znaczące różnice między  $BDDE_{\text{planar}}$  a zestawem  $BDDE_{\text{porous}}$ . W przypadku  $BDDE_{\text{porous}}$ , zwłaszcza na  $3L-BDDE_{\text{porous}}$  oraz  $5L-BDDE_{\text{porous}}$ , potencjał pików utleniania dopaminy jest przesunięty w kierunku potencjałów bardziej ujemnych, różnica potencjałów pików jest znacznie mniejsza (co wskazuje na odwracalny układ redoks odpowiadający dwuelektronowej – dwuprotonowej reakcji pary redoks dopamina / chinon dopaminy), pik katodowy ma bardziej analityczny kształt, a sygnał utleniania dopaminy jest wyższy w porównaniu z  $BDDE_{\text{planar}}$  i  $2L-BDDE_{\text{porous}}$ . Elektrochemiczne zachowanie dopaminy, zwłaszcza na  $3L-BDDE_{\text{porous}}$  i  $5L-BDDE_{\text{porous}}$ , można powiązać z większą liczbą miejsc elektroaktywnych dostępnych dla reakcji redoks z powodu struktury powierzchni, które z kolei można przypisać zwiększonej zawartości węgla  $sp^2$ .

Oznaczanie dopaminy na  $BDDE_{\text{porous}}$  oraz  $BDDE_{\text{planar}}$  przeprowadziłam w PB o pH 7,4 z wykorzystaniem techniki SWV (przy zastosowaniu uprzednio zoptymalizowanych parametrów techniki SWV; w przypadku  $BDDE_{\text{planar}}$  amplituda 120 mV, częstotliwość 20 Hz, krok potencjału 2 mV, natomiast w przypadku  $BDDE_{\text{porous}}$  amplituda 40 mV, częstotliwość 30 Hz, krok potencjału 2 mV). W tym miejscu warto podkreślić, że zależności stężeniowe prowadziłam do stężenia maksymalnie  $30 \mu\text{mol L}^{-1}$  (stężenie dopaminy w tkankach nerwowych jest rzędu  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ). Na podstawie uzyskanych wyników (**Tabela 5**) stwierdziłam znaczący wzrost wydajności elektroanalitycznej  $BDDE_{\text{porous}}$  wraz ze wzrostem warstw porowatych, tj. wzrost czułości oraz obniżenie wartości LOD. Należy jednak podkreślić, że  $3L-BDDE_{\text{porous}}$  i  $5L-BDDE_{\text{porous}}$  nie różnią się istotnie uzyskanymi wartościami LOD i najniższymi stężeniami z zakresu liniowości, co oznacza, że dalszy wzrost liczby nanoszonych warstw porowatych (tj. więcej niż pięć) nie wpłynie na dalszą poprawę wydajności elektroanalitycznej.



**Tabela 5.** Oszacowane parametry analityczne (walidacyjne) zależności stężeniowej dopaminy otrzymane na planarnej oraz porowatych BDDE w PB o pH 7,4.

Rodzaj BDDE	Zakres liniowości / $\mu\text{mol L}^{-1}$	Wyraz wolny / nA	Czułość / $\text{nA } \mu\text{mol}^{-1} \text{ L}$	R	LOD / $\mu\text{mol L}^{-1}$
H-BDDE <sub>planar</sub>	2,5– 30,0	-43,8	33,2	0,9995	0,64
2L-BDD <sub>porous</sub>	2,0– 30,0	-38,8	35,9	0,9998	0,37
3L-BDD <sub>porous</sub>	0,5– 30,0	-10,5	152,4	0,9998	0,24
5L-BDD <sub>porous</sub>	0,7– 30,0	-130,7	574,1	0,9999	0,20

W kolejnym etapie sprawdziłam poprawność opracowanych procedur z użyciem BDDE<sub>planar</sub>, 3L-BDDE<sub>porous</sub> i 5L-BDDE<sub>porous</sub> poprzez oznaczenie dopaminy metodą wielokrotnego dodatku wzorca w wieloskładnikowej pożywce (Neurobasal) wraz z dodatkiem analitu. Uzyskałam zadawalające wyniki odzysku, co potwierdza, że nawet tak skomplikowana matryca nie wpływała na sygnał utleniania dopaminy. Zbadałam także wpływ substancji interferujących (kwasu askorbinowego i kwasu moczowego) na oznaczanie dopaminy na BDDE<sub>planar</sub>, 3L-BDDE<sub>porous</sub> i 5L-BDDE<sub>porous</sub>. Stwierdziłam, że stosując BDDE<sub>planar</sub> nie jest możliwe rozróżnienie sygnałów dopaminy i substancji interferujących, podczas gdy 3L-BDDE<sub>porous</sub> i 5L-BDDE<sub>porous</sub> wykazały najlepszą selektywność, gdyż sygnały pochodzące zarówno od dopaminy, jak i kwasu askorbinowego oraz kwasu moczowego były dobrze odseparowane, chociaż sygnał pochodzący od dopaminy uległ zmniejszeniu w obecności substancji interferujących.

#### 4.3.4. Podsumowanie osiągnięcia naukowego

Niniejszy autoreferat podsumowuje osiągnięcia naukowe opublikowane w 11 pracach naukowych ([H1]–[H11]) skupiających się na materiałach elektrodowych na bazie wybranych odmian alotropowych węgla, tj. RGO i BDD i ich zastosowaniach jako materiałów elektrodowych. W moich badaniach staram się łączyć badania elektrochemiczne z chemią materiałów oraz chemią analityczną.

Prace zgłoszone do postępowania habilitacyjnego i stanowiące osiągnięcie naukowe opublikowałam głównie w czasopismach z wydawnictwa Elsevier (9 z 11 prac naukowych), a mianowicie w: *Analytica Chimica Acta* ([H1], [H5], [H8], [H11]), *Bioelectrochemistry* ([H10]), *Diamond and Related Materials* ([H7]), *Electrochimica Acta* ([H4]) oraz *Journal of Electroanalytical Chemistry* ([H2], [H9]). Po jednej pracy opublikowałam w czasopiśmie *Electroanalysis* ([H6]) z wydawnictwa Wiley oraz w postaci rozdziału w monografii opublikowanej w Wydawnictwie Naukowym AKAPIT ([H3]).

Sumaryczny **impact factor** z 2021 roku prac naukowych [H1]–[H11] zgłoszonych do postępowania habilitacyjnego i stanowiących osiągnięcie naukowe wynosi **56,899**, co daje wartość **5,173** w przeliczeniu na jedną pracę. Sumaryczna liczba **punktów z wykazu MEiN** z 01.12.2021 prac [H1]–[H11] wynosi **910**, co daje około **83** punkty w przeliczeniu na jedną pracę.

#### 4.3.5. Plany naukowe

Moje najbliższe plany naukowe zakładają realizację nowej tematyki badawczej związanej z elektrochemią sztucznych membran i oddziaływaniach inhibitorów mitozy stosowanych w leczeniu nowotworów, takich jak np. paklitaksel, docetaksel, winblastyna i winkrystyna, z białkami tubuliny osadzonymi na membranie. Celem badań jest uzyskanie szczegółowej wiedzy na temat przemian redoks w/w związków w sztucznych membranach przy użyciu elektrod modyfikowanych cienkim filmem organicznym (TOFE). Transfer ładunku w TOFE, który z fizykochemicznego punktu widzenia wykazuje oczywistą korelację z procesami zachodzącymi w błonie komórkowej, dodatkowo dostarcza informacji o zdolności związku do przekraczania granicy faz membrana/roztwór wodny. W tych badaniach wykorzystam najnowocześniejszą metodologię badania interakcji (fizycznych i chemicznych) między badanymi związkami a białkami tubuliny, które będą immobilizowane i samoorganizujące się na granicy faz membrana/roztwór wodny. Badania elektrochemiczne będą prowadzone z wykorzystaniem zaawansowanych form impulsowych technik elektrochemicznych, w szczególności voltamperometrii fali prostokątnej oraz najnowszych modyfikacji tej techniki. Prace eksperymentalne będą wsparte modelowaniem matematycznym i symulacjami zakładanych elektrochemicznych procesów membranowych, w kontekście sprzężonych reakcji przeniesienia elektron-jon – badanie te prowadzone będą we współpracy z prof. Valentinem Mirčeskim z Ss. Cyril and Methodius University in Skopje (Skopje, Macedonia). Badania dostarczą podstawowej wiedzy na temat błonowych reakcji redoks badanych inhibitorów mitozy, ich zdolności do migracji przez granicę faz membrana/roztwór wodny w postaci obojętnej i jonowej, a także będą stanowić podstawę dla wysoce czułych metod wykrywania i ilościowego oznaczania stopnia oddziaływania w/w związków z białkami tubuliny.

Równolegle planuję kontynuowanie badań naukowych związanych z elektrodami na bazie BDD, które są aktualnie realizowane w ramach projektu finansowanego w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” Granty dla młodych naukowców zatytułowanego „Nowoczesne indukowane laserem strukturalne powierzchnie diamentowe domieszkowane borem do potencjalnych zastosowań w neuronauce”, którego jestem kierownikiem. Badania te realizowane są we współpracy z prof. Karoliną Schwarzovą-Peckovą z Charles University

i inż. Andrew Taylorem z Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences (Praga Czechy). Celem tego projektu jest wytworzenie nowoczesnych, ultracienkich, strukturalnych, polikrystalicznych powierzchni BDD o różnej zawartości boru i kontrolowanym stosunku węgla  $sp^3/sp^2$  przy użyciu metody MW-PECVD oraz nowoczesnych ultraszybkich technologii laserowych. Ważnym celem badań jest optymalizacja protokołów adsorpcyjnego i kowalencyjnego przyłączenia prostych polimerów do strukturalnych powierzchni BDDE. Dodatkowym celem jest charakterystyka niemodyfikowanych i modyfikowanych polimerami nanostrukturalnych powierzchni BDDE przy użyciu szerokiej gamy komplementarnych metod (spektroskopowych, mikroskopowych oraz elektrochemicznych). Ponadto zakłada się ocenę parametrów analitycznych metod oznaczania neuroprzekazników katecholaminowych i indolaminowych oraz ich metabolitów. Zastosowanie wysokowydajnych technologii produkcyjnych oraz opracowanie i poznanie funkcjonalności niemodyfikowanych i modyfikowanych polimerami powierzchni BDDE umożliwi wytworzenie mikroelektrod i macierzy mikroelektrod na bazie BDD odpowiednich do stymulacji neuronów, a także rejestrowania ich aktywności elektrycznych/elektrochemicznych.

#### 4.3.6. Literatura

- [1] V.D. Blank, B.A. Kulnitskiy, A.A. Nuzhdin, Lonsdaleite formation in process of reverse phase transition diamond-graphite, *Diam. Relat. Mater.* 20 (2011) 1315.
- [2] S. Huang, J.E.K. Weis, S. Costa, M. Kalbac, M.S. Dresselhaus, Properties of Carbon: An Overview, *Adv. Electrochem. Sci. Eng.* 16 (2016) 1.
- [3] Platforma edukacyjna Ministerstwa Edukacji i Nauki, Odmiany alotropowe węgla pierwiastkowego i innych pierwiastków chemicznych, <https://zpe.gov.pl/a/odmiany-alotropowe-wegla-pierwiastkowego-i-innych-pierwiastkow-chemicznych/Ddz3uqFCY>.
- [4] D. Sharp, R. Burkitt, Carbon materials for analytical electrochemistry: Printed carbon materials and composites, *Mater. Technol.* 30 (2015) B155.
- [5] D. Kato, O. Niwa, Carbon-based electrode materials for DNA electroanalysis, *Anal. Sci.* 29 (2013) 385.
- [6] K.S. Novoselov, D. Jiang, F. Schedin, T.J. Booth, V. V. Khotkevich, S. V. Morozov, A.K. Geim, Two-dimensional atomic crystals, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 102 (2005) 10451.
- [7] K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S.V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A.A. Firsov, Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films, *Science* 306 (204AD) 666.

- [8] S.M.S. Al-Mufti, A. Almontasser, S.J.A. Rizvi, Influence of temperature variations on the dielectric parameters of thermally reduced graphene oxide, *Mater. Today Proc.* 57 (2022) 1713.
- [9] N. Sharma, S. Monga, M. Shkir, Y.K. Mishra, R.S. Katiyar, A. Singh, Transitional ordering in reduced graphene oxide nanomaterials, *Mater. Sci. Semicond. Process.* 142 (2022) 106478.
- [10] S. Farah, A. Farkas, J. Madarász, K. László, Comparison of thermally and chemically reduced graphene oxides by thermal analysis and Raman spectroscopy, *J. Therm. Anal. Calorim.* 142 (2020) 331.
- [11] A.M.A.D. Assis, K.S. da Silva, M.K.S. Araújo, D.C.S. Sales, M.C. Ferreira, A.C. V. de Araújo, W.M. de Azevedo, E.H.L. Falcão, Thermal synthesis of rGO and rGO-Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and their application as adsorbents for anionic dye removal, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 599 (2020) 124837.
- [12] M. Rezaee, L.C. Tsai, A. Elyasigorji, M.I. Haider, A. Yazdi, N.P. Salowitz, Quantification of the mechanical strength of thermally reduced graphene oxide layers on flexible substrates, *Eng. Fract. Mech.* 243 (2021) 107525.
- [13] S. Ram Joshi, J. Lee, G.H. Kim, Low-cost synthesis of high quality graphene oxide with large electrical and thermal conductivities, *Mater. Lett.* 292 (2021) 129649.
- [14] D. Minta, Z. González, S. Melendi-Espina, G. Gryglewicz, Highly efficient and stable PANI/TRGO nanocomposites as active materials for electrochemical detection of dopamine, *Surfaces and Interfaces* 28 (2022) 101606.
- [15] S. Pei, H.M. Cheng, The reduction of graphene oxide, *Carbon* 50 (2012) 3210.
- [16] K. Gadowska, J. Wyrwa, Grafitowa elektroda pastowa modyfikowana nanocząsteczkami tlenku itru i jej użycie w analizie woltamperometrycznej The graphite paste electrode modified with yttrium oxide nanoparticles, *Analityk* 6 (2018) 29.
- [17] D.C. Marcano, D. V Kosynkin, J.M. Berlin, A. Sinitskii, Z. Sun, A. Slesarev, L.B. Alemany, W. Lu, J.M. Tour, Improved Synthesis of Graphene Oxide, *ACS Nano.* 4 (2010) 4806.
- [18] C.K. Chua, M. Pumera, Chemical reduction of graphene oxide: A synthetic chemistry viewpoint, *Chem. Soc. Rev.* 43 (2014) 291.

- [19] O. Jankovský, M. Lojka, M. Nováček, J. Luxa, D. Sedmidubský, M. Pumera, J. Kosina, Z. Sofer, Reducing emission of carcinogenic by-products in the production of thermally reduced graphene oxide, *Green Chem.* 18 (2016) 6618.
- [20] A. Shalaby, D. Nihtianova, P. Markov, A.D. Staneva, R.S. Iordanova, Y.B. Dimitriev, Structural analysis of reduced graphene oxide by transmission electron microscopy, *Bulg. Chem. Commun.* 47 (2015) 291.
- [21] A. Kalfa, T.R. Penki, I. Cohen, N. Shpigel, E. Avraham, D. Aurbach, D. Liang, Q. Wu, H. Wang, Y. Xiang, Thermally reduced graphene oxide as an electrode for CDI processes: A compromise between performance and scalability?, *Desalination* 492 (2020) 114599.
- [22] T. Kuila, S. Bose, A.K. Mishra, P. Khanra, N.H. Kim, J.H. Lee, Chemical functionalization of graphene and its applications, *Prog. Mater. Sci.* 57 (2012) 1061.
- [23] Y.U. Shang, D. Zhang, Y. Liu, C. Guo, Preliminary comparison of different reduction methods of graphene oxide, *Bull. Mater. Sci.* 38 (2015) 7.
- [24] W. Boumya, N. Taoufik, M. Achak, N. Barka, Chemically modified carbon-based electrodes for the determination of paracetamol in drugs and biological samples, *J. Pharm. Anal.* 11 (2021) 138.
- [25] A. Kaliyaraj Selva Kumar, Y. Zhang, D. Li, R.G. Compton, A mini-review: How reliable is the drop casting technique?, *Electrochem. Commun.* 121 (2020) 106867.
- [26] I. Švancara, K. Kalcher, A. Walcarius, K. Vytras, *Electroanalysis with carbon paste electrodes*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2012.
- [27] I. Švancara, K. Schachl, The testing of unmodified carbon paste electrodes, *Chem. List.* 93 (1999) 498.
- [28] J. V. Macpherson, A practical guide to using boron doped diamond in electrochemical research, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 17 (2015) 2935.
- [29] O. Sarakhman, L. Švorc, A Review on Recent Advances in the Applications of Boron-Doped Diamond Electrochemical Sensors in Food Analysis, *Crit. Rev. Anal. Chem.* 52 (2022) 791.
- [30] K. Patel, K. Hashimoto, A. Fujishima, Application of boron-doped CVD-diamond film to photoelectrode, *Denki Kagaku Oyobi Kogyo Butsuri Kagaku.* 60 (1992) 659.

- [31] S. Baluchová, A. Daňhel, H. Dejmková, V. Ostatná, M. Fojta, K. Schwarzová-Pecková, Recent progress in the applications of boron doped diamond electrodes in electroanalysis of organic compounds and biomolecules – A review, *Anal. Chim. Acta.* 1077 (2019) 30.
- [32] N. Yang, S. Yu, J. V. MacPherson, Y. Einaga, H. Zhao, G. Zhao, G.M. Swain, X. Jiang, Conductive diamond: Synthesis, properties, and electrochemical applications, *Chem. Soc. Rev.* 48 (2019) 157.
- [33] Y. Einaga, J.S. Foord, G.M. Swain, Diamond electrodes: Diversity and maturity, *MRS Bull.* 39 (2014) 525.
- [34] K. Muzyka, J. Sun, T.H. Fereja, Y. Lan, W. Zhang, G. Xu, Boron-doped diamond: Current progress and challenges in view of electroanalytical applications, *Anal. Methods.* 11 (2019) 397.
- [35] Z. Deng, R. Zhu, L. Ma, K. Zhou, Z. Yu, Q. Wei, Diamond for antifouling applications: A review, *Carbon* 196 (2022) 923.
- [36] S.J. Cobb, Z.J. Ayres, J. V. Macpherson, Boron Doped Diamond: A Designer Electrode Material for the Twenty-First Century, *Annu. Rev. Anal. Chem.* 11 (2018) 463.
- [37] S.A. Linnik, S.P. Zenkin, A. V. Gaydaychuk, Heteroepitaxial Diamond Growth from the Gas Phase: Problems and Prospects (Review), *Instruments Exp. Tech.* 64 (2021) 177–18
- [38] A. Taylor, L. Fekete, P. Hubík, A. Jäger, P. Janíček, V. Mortet, J. Mistrík, J. Vacík, Large area deposition of boron doped nano-crystalline diamond films at low temperatures using microwave plasma enhanced chemical vapour deposition with linear antenna delivery, *Diam. Relat. Mater.* 47 (2014) 27.
- [39] A. Taylor, P. Ashcheulov, P. Hubík, L. Klimša, J. Kopeček, Z. Remeš, Z. Vlčková Živcová, M. Remzová, L. Kavan, E. Scheid, J. Lorinčík, V. Mortet, Precursor gas composition optimisation for large area boron doped nano-crystalline diamond growth by MW-LA-PECVD, *Carbon* 128 (2018) 164.
- [40] M.E.J. Obien, K. Deligkaris, T. Bullmann, D.J. Bakkum, U. Frey, Revealing neuronal function through microelectrode array recordings, *Front. Neurosci.* 9 (2015) 423.
- [41] G. Piret, C. Hébert, J.P. Mazellier, L. Rousseau, E. Scorsone, M. Cottance, G. Lissorgues, M.O. Heuschkel, S. Picaud, P. Bergonzo, B. Yvert, 3D-nanostructured boron-doped diamond for microelectrode array neural interfacing, *Biomaterials* 53 (2015) 173.

- [42] C. Dincer, R. Ktaich, E. Laubender, J.J. Hees, J. Kieninger, C.E. Nebel, J. Heinze, G.A. Urban, Nanocrystalline boron-doped diamond nanoelectrode arrays for ultrasensitive dopamine detection, *Electrochim. Acta* 185 (2015) 101.
- [43] W. Smirnov, N. Yang, R. Hoffmann, J. Hees, H. Obloh, W. Müller-Sebert, C.E. Nebel, Integrated All-Diamond Ultramicroelectrode Arrays: Optimization of Faradaic and Capacitive Currents, *Anal. Chem.* 83 (2011) 7438.
- [44] C.A. Rusinek, M.F. Becker, R. Rechenberg, T. Schuelke, Fabrication and characterization of boron doped diamond microelectrode arrays of varied geometry, *Electrochem. Commun.* 73 (2016) 10.
- [45] O. Babchenko, T. Potocký, T. Ižák, K. Hruška, Z. Bryknar, A. Kromka, Influence of surface wave plasma deposition conditions on diamond growth regime, *Surf. Coatings Technol.* 271 (2015) 74.
- [46] T. Izak, O. Babchenko, M. Varga, S. Potocky, A. Kromka, Low temperature diamond growth by linear antenna plasma CVD over large area, *Phys. Status Solidi Basic Res.* 249 (2012) 2600.
- [47] I. Sakaguchi, M. Nishitani-Gamo, K.P. Loh, K. Yamamoto, H. Haneda, T. Ando, Effect of oxygen addition on boron incorporation on semiconductive diamond CVD, *Diam. Relat. Mater.* 7 (1998) 1144.
- [48] S. Baluchová, A. Mamaloukou, R.H.J.M. Koldenhof, J.G. Buijnsters, Modification-free boron-doped diamond as a sensing material for direct and reliable detection of the antiretroviral drug nevirapine, *Electrochim. Acta* 450 (2023) 142238.
- [49] V. Rehacek, I. Hotovy, M. Marton, M. Mikolasek, P. Michniak, A. Vincze, A. Kromka, M. Vojs, Voltammetric characterization of boron-doped diamond electrodes for electroanalytical applications, *J. Electroanal. Chem.* 862 (2020) 114020.
- [50] S. Szunerits, Y. Coffinier, R. Boukherroub, Diamond nanowires: A novel platform for electrochemistry and matrix-free mass spectrometry, *Sensors* 15 (2015) 12573.
- [51] N. Yang, H. Uetsuka, O.A. Williams, E. Osawa, N. Tokuda, C.E. Nebel, Vertically aligned diamond nanowires: Fabrication, characterization, and application for DNA sensing, *Phys. Status Solidi Appl. Mater. Sci.* 206 (2009) 2048.
- [52] V. Petrák, Z. Vlčková Živcová, H. Krýsová, O. Frank, A. Zuka, L. Klimša, J. Kopeček, A. Taylor, L. Kavan, V. Mortet, Fabrication of porous boron-doped diamond on SiO<sub>2</sub> fiber templates, *Carbon* 114 (2017) 457.

- [53] A.S. Fayed, R.M. Youssif, H.A.M. Hendawy, N.N. Salama, E.S. Elzanfaly, Green Insight of High Performance UTGE Operation in Nano-Sensitive Electro-Analysis of Meropenem by Adsorptive Stripping Voltammetry, *J. Electrochem. Soc.* 165 (2018) B730.
- [54] M. Sadikoglu, G. Saglikoglu, S. Yagmur, E. Orta, S. Yilmaz, Voltammetric Determination of Acyclovir in Human Urine Using Ultra Trace Graphite and Glassy Carbon Electrodes, *Curr. Anal. Chem.* 7 (2022) 130.
- [55] A. Shalaby, W.S. Hassan, H.A.M. Hendawy, A.M. Ibrahim, Electrochemical oxidation behavior of itraconazole at different electrodes and its anodic stripping determination in pharmaceuticals and biological fluids, *J. Electroanal. Chem.* 763 (2016) 51.
- [56] S. Yagmur, S. Yilmaz, G. Saglikoglu, B. Uslu, M. Sadikoglu, S.A. Ozkan, Sensitive voltammetric determination of famotidine in human urine and tablet dosage forms using an ultra trace graphite electrode, *J. Serbian Chem. Soc.* 79 (2014) 53.
- [57] S. Yagmur, M. Ture, G. Saglikoglu, M. Sadikoglu, S. Yilmaz, The Quantitative Detection of Phenylephrine in Pharmaceutical Preparations and Spiked Human Urine by Voltammetry, *Russ. J. Electrochem.* 54 (2018) 741.
- [58] Y. Selehattin, E. Baltaoglu, G. Saglikoglu, S. Yagmur, K. Polat, M. Sadikoglu, Electroanalytical determination of metronidazole in tablet dosage form, *J. Serbian Chem. Soc.* 78 (2013) 295.
- [59] S. Yagmur, S. Yilmaz, M. Sadikoglu, G. Saglikoglu, M. Yildiz, C. Yengin, E. Kilinc, Electrooxidation of phenazopyridine hydrochloride and its voltammetric and HPLC determination in human urine and tablet dosage form, *Int. J. Electrochem. Sci.* 8 (2013) 6818.
- [60] E. Hammam, H.S. El-Desoky, A. Tawfik, M.M. Ghoneim, Voltammetric behavior and quantification of the anti-leukemia drug imatinib in bulk form, pharmaceutical formulation, and human serum at a mercury electrode, *Can. J. Chem.* 82 (2004) 1203.
- [61] J. Rodríguez, J.J. Berzas, G. Castañeda, N. Rodríguez, Voltammetric determination of Imatinib (Gleevec) and its main metabolite using square-wave and adsorptive stripping square-wave techniques in urine samples, *Talanta* 66 (2005) 202.
- [62] M. Brycht, A. Łukawska, M. Frühbauerová, K. Pravcová, R. Metelka, S. Skrzypek, M. Sýs, Rapid monitoring of fungicide fenhexamid residues in selected berries and wine grapes by square-wave voltammetry at carbon-based electrodes, *Food Chem.* 338 (2021) 127975.



- [63] E.C. Guijarro, P. Yáñez-Sedeño, J.M.P. Carrazón, L.M. Polo Díez, Voltammetric determination of 4-chloro-3-methylphenol at a glassy carbon electrode, *Fresenius. J. Anal. Chem.* 339 (1991) 193.
- [64] I. Baranowska, K. Bijak, Differential pulse voltammetry in analysis of disinfectants - 2-mercaptobenzothiazole, 4-chloro-3-methylphenol, triclosan, chloramine-T, *Cent. Eur. J. Chem.* 8 (2010) 1266.
- [65] I. Baranowska, K. Bijak, Voltammetric determination of disinfectants at multiwalled carbon nanotube modified glassy carbon electrode, *J. Anal. Chem.* 68 (2013) 891.
- [66] C. Prado, G.G. Murcott, F. Marken, J.S. Foord, R.G. Compton, Detection of chlorophenols in aqueous solution via hydrodynamic channel flow cell voltammetry using a boron-doped diamond electrode, *Electroanalysis* 14 (2002) 975.
- [67] M. Brycht, L. Poltorak, S. Baluchová, K. Sipa, P. Borgul, K. Rudnicki, S. Skrzypek, Electrochemistry as a Powerful Tool for Investigations of Antineoplastic Agents: A Comprehensive Review, *Crit. Rev. Anal. Chem.* (2022).
- [68] S. Baluchová, A. Taylor, V. Mortet, S. Sedláková, L. Klimša, J. Kopeček, O. Hák, K. Schwarzová-Pecková, Porous boron doped diamond for dopamine sensing: Effect of boron doping level on morphology and electrochemical performance, *Electrochim. Acta* 327 (2019) 135025.

## 5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI LUB INSTYTUCJI NAUKOWEJ, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

### 5.1. Uczestnictwo w programach europejskich

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

Moja aktywność naukowa związana z uczestnictwem w programach europejskich rozpoczęła się już na początku mojej drogi naukowej, czyli w trakcie jednolitych studiów magisterskich, kiedy w **2019** roku wyjechałam na wymianę studencką w ramach programu **ERASMUS**. W trakcie pobytu na **Norwegian University of Science and Technology** (Trondheim, Norwegia) zrealizowałam 1 semestr studiów. W trakcie studiów doktoranckich brałam czynny udział w Środkowoeuropejskim Programie Studiów Uniwersyteckich (Central European Exchange Program for University Studies – **CEEPUS**), który ma na celu wspieranie wymiany akademickiej w zakresie kształcenia oraz doskonalenia zawodowego zarówno studentów, jak i nauczycieli akademickich.

Podczas studiów doktoranckich w ramach programu CEEPUS zrealizowałam:

#### 1). krótkoterminowe staże naukowe w ramach Sieci Akademickich

- staż naukowy na **University of Novi Sad** (Nowy Sad, Serbia) w **11–12.2011** (1 miesiąc; CII–CZ–0212–04–1011) w ramach sieci *Education of Modern Analytical and Bioanalytical Methods* (numer sieci: CIII–CZ–0212)

#### 2). krótkoterminowe staże naukowe jako „Freemover”

- staż naukowy na **University of Novi Sad** (Nowy Sad, Serbia) w **10–11.2012** (2 miesiące; CIII–Freemover–1213–5987)
- staż naukowy na **Charles University** (Praga, Czechy) w **05–06.2014** (2 miesiące; CIII–Freemover–1314–70487)

**3). krótkoterminowe staże w ramach szkół letnich i intensywnych kursów (warsztatów)**

- staż naukowy na **University of Nova Gorica** (Nowa Gorica, Słowenia) w **06.2012** (1 miesiąc; CII-Freemover-1112-55205) związany z uczestnictwem w międzynarodowej szkole letniej *Advanced Instrumental Techniques for the Monitoring of Aquatic Environments* i warsztatach tematycznych *Instrumental Analytical Methods for Environmental Monitoring*

Po uzyskaniu stopnia doktora:

Po ukończeniu studiów doktoranckich wciąż uczestniczyłam w Środkowoeuropejskim Programie Studiów Uniwersyteckich i w ramach programu **CEEPUS** zrealizowałam:

**1). krótkoterminowe staże naukowe w ramach Sieci Akademickich**

Uczestniczę w 3 sieciach CEEPUS:

- A).** *Education of Modern Analytical and Bioanalytical Methods* (numer sieci: CIII-CZ-0212) – uczestnictwo od **2015** roku jako **członek**, a od **2020** roku do dziś jako **wydziałowy koordynator sieci**
- B).** Training and research in environmental chemistry and toxicology (numer sieci: CIII-SI-0905) – uczestnictwo od **2017** roku do dziś jako **członek**
- C).** Colloids and nanomaterials in education and research (numer sieci: CIII-HR-1108) – uczestnictwo od **2018** roku do dziś jako **członek**

W ramach tych 3 sieci CEEPUS odbyłam dotychczas następujące staże naukowe:

- staż naukowy na **University of Novi Sad** (Nowy Sad, Serbia) w **06.2016** (1 miesiąc; CIII-CZ-0212-09-1516-M-94918) w ramach sieci CIII-CZ-0212
- staże naukowe na **University of Pardubice** (Pardubice, Czechy) w **11.2015** (1 miesiąc; CIII-CZ-0212-09-1516-M-89093), **11.2016** (1 tydzień; CIII-CZ-0212-10-1617-M-97330), **11.2017** (2 tygodnie; CIII-CZ-0212-11-1718-M-107616), **11.2019** (1 tydzień; CIII-CZ-0212-13-1920-M-133884), **11.2022** (1 tydzień; CIII-CZ-0212-2223-160950) w ramach sieci CIII-CZ-0212

- staże naukowe na **University of Graz** (Graz, Austria) w **04.2016** (1 miesiąc; CIII-CZ-0212-09-1516-M-90369), **03.2017** (1 miesiąc; CIII-CZ-0212-10-1617-M-102220), **06-07.2018** (1 miesiąc; CIII-CZ-0212-11-1718-M-108599) w ramach sieci CIII-CZ-0212
  - staż naukowy na **University of Ljubljana** (Lublana, Słowenia) w **06.2017** (2 tygodnie; CIII-SI-0905-03-1617-M-99010) w ramach sieci CIII-SI-0905
  - staż naukowy na **St. Kliment Ohridski Sofia University** (Sofia, Bułgaria) w **06.2022** (1 tydzień; M-HR-1108-05-2122-M-150422) w ramach sieci CIII-HR-1108
  - staż naukowy na **University of Belgrade** (Belgrad, Serbia) w **06.2023** (1 tydzień; M-CZ-0212-2223-164122) w ramach sieci CIII-CZ-0212
- 2). krótkoterminowy staż naukowy jako „Freemover”:**
- staż naukowy na **Charles University** (Praga, Czechy) w **01.2020** (1 tydzień; CIII-Freemover-1920-136398)

## 5.2. Współpraca poza jednostką macierzystą

Istotą aktywności naukowej są kontakty zarówno krajowe, jak i międzynarodowe, które pozwalają na wymianę wiedzy i doświadczeń oraz umożliwiają dostęp do narzędzi i materiałów badawczych niedostępnych w macierzystej jednostce naukowej.

### 5.2.1. Współpraca międzynarodowa

W mojej pracy naukowej kładę duży nacisk na nawiązywanie kontaktów zagranicznych i obecność w strukturach międzynarodowych. Moja aktywność naukowa w zagranicznych jednostkach naukowych obejmowała:

- 1). **współpracę z prof. Valérią Guzsvány** (University of Novi Sad, Serbia) nawiązaną w **2011** roku

W trakcie studiów doktoranckich odbyłam 2 krótkoterminowe staże w ramach programu CEEPUS w **2011** roku (1 miesiąc) oraz **2012** roku (2 miesiące) pod kierunkiem prof. V. Guzsvány w celu wykonania części badań do mojej rozprawy doktorskiej (prof. V. Guzsvány była ko-promotorem mojej rozprawy doktorskiej). Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora odbyłam kolejny krótkoterminowy staż w ramach programu CEEPUS w **2016** roku (1 miesiąc), który miał

na celu podtrzymanie współpracy nawiązanej podczas studiów doktoranckich. Efektem współpracy z prof. Guzsvány związanej z elektrochemicznym badaniem pestycydów na elektrodach amalgamatowych i węglowych jest 5 publikacji naukowych w czasopismach: *International Journal of Electrochemical Science*, *Talanta*, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, *Electrochimica Acta* oraz *IONICS*.

**2). współpracę z prof. Sibel A. Özkan i prof. Bengi Uslu (Ankara University, Turcja) nawiązaną w 2014 roku**

W celu zdobycia nowych doświadczeń w trakcie studiów doktoranckich zaaplikowałam o wyjazd na praktyki w ramach programu Erasmus+ na Ankara University. Moja aplikacja została zaakceptowana, jednak ze względów osobistych musiałam zrezygnować z wyjazdu. W ramach nawiązanej współpracy naukowej z prof. S.A. Özkan i prof. B. Uslu realizowałyśmy wspólne badania naukowe związane z elektroanalitycznym badaniem i oznaczaniem leków przy użyciu elektrod węglowych, a efektem tej współpracy są 2 publikacje naukowe w czasopismach: *IONICS* oraz *Diamond and Related Materials*.

**3). współpracę z prof. Kurtem Kalcherem (University of Graz, Austria) nawiązaną w 2014 roku**

Zafascynowana wiedzą i otwartością profesora zaproponowałam mu współpracę naukową i aplikację o wspólny projekt naukowy związany z wytwarzaniem pastowych elektrod na bazie zredukowanego tlenku grafenu i ich zastosowaniem jako czujników do badań woltamperometrycznych pestycydów. W konsekwencji, we współpracy z prof. Kalcherem realizowałam projekt finansowany przez NCN w ramach programu Preludium 8 (prof. Kalcher był opiekunem naukowym projektu). Odbyłam 3 krótkoterminowe staże na University of Graz w ramach programu CEEPUS w **2016** roku (1 miesiąc), **2017** roku (2 miesiące) i **2018** roku (1 miesiąc), które związane były z realizacją projektu. Współpraca z prof. Kalcherem zaowocowała 3 publikacjami w czasopismach: *Electrochimica Acta*, *Analytica Chimica Acta* i *Electroanalysis*.

**4). współpracę z drem Radovanem Metelką oraz drem Milanem Sýsem (University of Pardubice, Czechy) nawiązaną w 2015 roku**

W **2015** roku odbyłam krótkoterminowy staż (1 miesiąc) na University of Pardubice w ramach programu CEEPUS mający na celu nawiązanie współpracy naukowej z drem Metelką i drem Sýsem. W kolejnych latach odbyłam kilka krótkoterminowych staży w ramach programu CEEPUS w **2016** roku (1 tydzień), **2017** roku (2 tygodnie), **2019** roku (1 tydzień) i **2022** roku (1 tydzień). Staże te związane były z moim udziałem w corocznych międzynarodowych spotkaniach roboczych

koordynatorów i członków sieci CEEPUS oraz miały na celu omówienie kierunku dalszej współpracy związanej m.in. z wymianą studencką. Badania naukowe prowadzone we współpracy z drem Metelką i drem Sýsem w zakresie elektroanalizy związków organicznych zaowocowały 3 publikacjami w czasopismach: *Analytical Methods*, *Turkish Journal of Chemistry* i *Food Chemistry* oraz 1 rozdziałem w monografii naukowej *Problemy współczesnej elektrochemii* (red. W.W. Kubiak, B. Baś).

**5). współpracę z drem Janezem Zavašnikiem** (Jožef Stefan Institute, Słowenia) nawiązaną w **2017** roku

Badania naukowe prowadzone we współpracy z drem Zavašnikiem w zakresie analizy materiałów grafenowych przy użyciu TEM zaowocowały 2 publikacjami w czasopismach: *Electrochimica Acta* i *Analytica Chimica Acta*.

**6). współpracę z prof. Valentinem Mirčeskim** (Ss. Cyril and Methodius University, Macedonia) nawiązaną w **2018** roku

Współpraca z prof. Mirčeskim rozpoczęła się w 2018 roku podczas Jego wizyty na Wydziale Chemii UŁ jako profesora wizytującego i trwa do dziś (prof. Mirčeski jest obecnie zatrudniony na UŁ w ramach projektu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza”). Badania naukowe prowadzone we współpracy z prof. Mirčeskim związane są z badaniem mechanizmów elektrodowych analitów. Efektem współpracy z prof. Mirčeskim są 3 publikacje w czasopismach: *Electroanalysis* (2 prace) i *Analytica Chimica Acta*.

**7). współpracę z prof. Karoliną Schwarzową-Peckovą** (Charles University, Czechy) nawiązaną w **2014** roku oraz z **inż. Andrew Taylorem** (Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Czechy) nawiązaną w **2018** roku

W celu zdobycia umiejętności praktycznych w zakresie planarnych elektrod diamentowych domieszkowanych borem pod koniec moich studiów doktoranckich odbyłam krótkoterminowy staż naukowy (2 miesiące) na Charles University w **2014** roku, a efektem tego wyjazdu była wspólna publikacja w czasopiśmie *Journal of Electroanalytical Chemistry* oraz 1 rozdział w monografii naukowej *Nowe strategie w analizie elektrochemicznej* (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak). W latach **2018-2019** odbyłam również roczny staż podoktorski na Charles University uzyskany w ramach konkursu i w trakcie tego stażu realizowałam projekt (jako główny wykonawca) w zakresie planarnych i porowatych elektrod diamentowych domieszkowanych borem (finansowany z Europejskiego Funduszu Społecznego). Staż ten zaowocował nawiązaniem owocnej

współpracy naukowej trwającej do dziś zarówno z prof. Schwarzową-Peckową, jak i inż. Taylorem. Efektem tej współpracy są 2 publikacje w czasopismach: *Bioelectrochemistry* i *Analytica Chimica Acta* oraz 2 prace opublikowane w materiałach konferencyjnych spoza listy JCR (prace indeksowane w Web of Science). Efektem współpracy kontynuowanej po odbyciu stażu podoktorskiego była również aplikacja o długoterminowe granty wyjazdowe na Charles University złożone w ramach programu im. Bekkera (Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej) w **2019** roku i **2020** roku (projekty niezakwalifikowane do finansowania). Kolejnym efektem współpracy z prof. Schwarzową-Peckową i inż. Taylorem jest realizowany obecnie projekt naukowy finansowany w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” *Granty dla młodych badaczy*. W związku z realizacją projektu odbyłam również krótkoterminowy staż (2 miesiące) na Charles University i w Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences w **2022** roku.

### 5.2.2. Współpraca krajowa

Współpraca naukowa realizowana w krajowych jednostkach naukowych obejmowała:

- 1). **współpracę z prof. Agnieszką Nosal–Wiercińską** (Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin) nawiązaną w **2013** roku

Współpraca naukowa z prof. Nosal–Wiercińską rozpoczęła się w trakcie studiów doktoranckich, podczas których odbyłam 2 krótkoterminowe staże naukowe w **2013** roku (1 tydzień) i **2014** roku (1 tydzień). Staże te odbyłam w celu zapoznania się z zagadnieniami dotyczącymi pomiarów adsorpcji na granicy faz ciec-ciało stałe i wykonania części badań do mojej rozprawy doktorskiej. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora odbyłam kolejny krótkoterminowy staż w **2017** roku (2 tygodnie), który miał na celu podtrzymanie współpracy nawiązanej podczas studiów doktoranckich i zapoznanie się z zagadnieniami dotyczącymi badania właściwości powierzchni elektrod węglowych za pomocą EIS. Badania naukowe prowadzone we współpracy z prof. Nosal–Wiercińską zaowocowały 14 publikacjami w czasopismach: *Electroanalysis*, *Journal of Environmental Science and Health: Part B*, *Monatshefte für Chemie*, *Electrocatalysis*, *Electrochimica Acta* (3 prace), *Journal of Electroanalytical Chemistry* (2 prace), *Analytica Chimica Acta* (2 prace), *Talanta*, *Physicochemical Problems of Mineral Processing* oraz *Adsorption Science & Technology*.

- 2). **współpracę z drem Krzysztofem Wasińskim oraz dr Pauliną Półrolniczak** (Sieć Badawcza Łukasiewicz, Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu) nawiązaną w **2014** roku

Współpraca z drem Krzysztofem Wasińskim oraz dr Pauliną Półrolniczak w zakresie syntezy i analizy materiałów grafenowych nawiązałam w **2014** roku. Współpraca ta była związana z realizacją projektu NCN Preludium 8 i zaowocowała 2 publikacjami w czasopismach: *Electrochimica Acta* i *Analytica Chimica Acta*.

### 5.3. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach, towarzystwach naukowych oraz komitetach naukowych i redakcyjnych

#### 5.3.1. Udział w komitetach naukowych konferencji naukowych

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *25<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2018)*, **02–04.07.2018**, Graz, Austria
- 2). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *26<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2019)*, **24–27.06.2019**, Pardubice, Czechy
- 3). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *27<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2022)*, **04–07.07.2022**, Łódź
- 4). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *28<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2023)*, **25–28.06.2023**, Belgrad, Serbia



### 5.3.2. Członkostwo w organizacjach, towarzystwach naukowych i komitetach krajowych lub międzynarodowych

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **2012–2015 – członek** Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego (PTChem)

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **od 2015 do dziś – członek zwyczajny** PTChem
- 2). **od 2015 do dziś – członek** European Chemical Society (EuChemS)
- 2). **od 2016 do dziś – członek** International Society of Electrochemistry (ISE)
- 3). **2016–2018 – pełnomocnik** Przewodniczącego Oddziału Łódzkiego PTChem ds. Ogólnych
- 4). **2019–2026 – członek** Komisji Rozwoju i Promocji Osiągnięć Młodych Naukowców Polskiej Akademii Nauk Oddział w Lublinie
- 5). **2020–2023 – członek** Zespołu Elektroanalizy Komitetu Chemii Analitycznej Polskiej Akademii Nauk

### 5.3.3. Członkostwo w komitetach redakcyjnych czasopism

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **03.2021 – 11.2022 – redaktor gościnny** wydania specjalnego *Advanced Electrode Materials Dedicated for Electroanalysis* czasopisma Materials (MDPI)
- 2). **od 12.2022 – członek zespołu redakcyjnego** czasopisma Frontiers in Sensors jako **Review Editor** w sekcji *Electrochemical Sensors*

#### 5.4. Informacja o recenzowanych pracach naukowych

Od 2014 roku prowadzę szeroką aktywność naukową związaną z recenzowaniem prac w międzynarodowych czasopismach naukowych. Zrecenzowałam łącznie 93 artykuły w następujących czasopismach:

- 1). w grupie wydawniczej Elsevier – *Analytica Chimica Acta* (2 artykuły), *Arabian Journal of Chemistry* (4 artykuły), *Electrochimica Acta* (11 artykułów), *Journal of Advanced Research* (1 artykuł), *Journal of Electroanalytical Chemistry* (13 artykułów), *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* (3 artykuły), *Microchemical Journal* (4 artykuły), *Sensors and Actuators B: Chemical* (3 artykuły), *Talanta* (11 artykułów)
- 2). w grupie wydawniczej Springer – *IONICS* (4 artykuły), *Adsorption* (1 artykuł), *Journal of Solid State Electrochemistry* (4 artykuły), *Microchimica Acta* (1 artykuł), *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly* (3 artykuły)
- 3). w grupie wydawniczej Wiley – *Electroanalysis* (10 artykułów), *Journal of the Science of Food and Agriculture* (2 artykuły)
- 4). w grupie wydawniczej Taylor & Francis – *Critical Reviews in Analytical Chemistry* (2 artykuły), *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* (7 artykułów)
- 5). w grupie wydawniczej *The Electrochemical Society* – *Journal of The Electrochemical Society* (3 artykuły)
- 6). w grupie wydawniczej MDPI – *Chemosensors* (3 artykuły), *Sensors* (1 artykuł)

Zrecenzowałam również 2 rozdziały w monografiach naukowych (pkt. 1-2) oraz wykonałam 1 recenzję propozycji książki (pkt. 3):

- 1). *Nowe trendy w fizykochemicznych badaniach granic faz*, Bema Graphics S.C., Lublin (1 rozdział)
- 2). *Recent developments in green electrochemical sensors: design, performance, and applications*, ACS Books (1 rozdział)
- 3). *Past, present and the future prospects for the detection of biomarkers*, Elsevier (1 książka)

## 5.5. Informacja o wystąpieniach na konferencjach naukowych realizowanych we współpracy międzynarodowej i krajowej

Zarówno podczas studiów doktoranckich, jak i po uzyskaniu stopnia doktora brałam aktywny udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (szczegółowy spis wszystkich wystąpień na konferencjach krajowych i międzynarodowych znajduje się w Załączniku nr 4 *Wykaz osiągnięć naukowych*). Poniżej przedstawiłam wykaz wystąpień na konferencjach naukowych realizowanych we współpracy z jednostkami krajowymi i zagranicznymi.

\* – osoba prezentująca

### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht**, O. Vajdle, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, D. Guziejewski\*, *Wykorzystanie elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra do voltamperometrycznego oznaczania nitenpyramu*, XI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 27–28.05.2012 – poster
- 2). **M. Brycht\***, O. Vajdle, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Voltamperometryczne badanie i oznaczanie tiachloprydu z użyciem elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra*, III Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 12.06.2012 – poster
- 3). O. Vajdle\*, **M. Brycht**, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of thiacloprid and clothianidin insecticides in selected samples using renewable silver-amalgam film electrode*, A thematic workshop: Instrumental Analytical Methods for Environmental Monitoring, Nowa Gorica, Słowenia, 22–23.06.2012 – poster
- 4). O. Vajdle\*, **M. Brycht**, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Silver-amalgam based electrode for direct cathodic voltammetric determination of thiacloprid and clothianidin insecticides*, 19<sup>th</sup> Young Investigators’ Seminar on Analytical Chemistry, Nowa Gorica, Słowenia, 27–30.06.2012 – komunikat ustny
- 5). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, V. Guzsvány, D. Guziejewski, A. Nosal-Wiercińska, *Application of renewable silver amalgam film electrode in SW AdSV determination of clothianidin insecticide*, 45<sup>th</sup> Heyrovsky Discussion: Electrochemistry of Biopolymers and Bioactive Compounds, Brno, Czechy, 13–17.08.2012 – poster

- 6). O. Vajdle\*, **M. Brycht**, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of fenoxanil fungicide by renewable silver-amalgam film electrode*, Joint event of 11<sup>th</sup> Young Researchers Conference: Materials Science and Engineering and 1<sup>st</sup> European Early Stage Researchers Conference on Hydrogen Storage, Belgrad, Serbia, 03–05.12.2012 – komunikat ustny
- 7). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, V. Guzsvány, J. Berenji, *Direct determination of clothianidin insecticide in selected samples by square-wave adsorptive stripping voltammetry*, 20<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Maribor, Słowenia, 26–29.06.2013 – komunikat ustny
- 8). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, S. Smarzewska, B. Uslu, S.A. Özkan, *Voltammetric determination of paroxetine at boron-doped diamond electrode*, 16<sup>th</sup> JCF – Frühjahrssymposium, Jena, Niemcy, 26–29.03.2014 – poster
- 9). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, S. Smarzewska, B. Uslu, S.A. Özkan, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym badaniu paroksetyny*, II Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 07–08.05.2014 – poster
- 10). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, A. Nosal–Wiercińska, *Zastosowanie elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra do redukcji związków z grupą nitrylową*, XIII Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 05–06.06.2014 – komunikat ustny
- 11). A. Nosal-Wiercińska\*, K. Tyszczyk-Rotko, M. Grabarczyk, C. Wardak, S. Skrzypek, **M. Brycht**, D. Guziejewski, *The use of "cap-pair" effect to the determination of the Bi(III) ion in the non-complexing media in the presence of amino acids*, 38<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Analytical Chemistry, Lozanna, Szwajcaria, 17–20.06.2014 – poster
- 12). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, S. Smarzewska, B. Uslu, S.A. Özkan, *Voltammetric investigation of antidepressant drug paroxetine at boron doped diamond electrode*, 21<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Pardubice, Czechy, 25–28.06.2014 – komunikat ustny

- 13). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, B. Burnat, D. Guziejewski, A. Nosal-Wiercińska, G. Andrijewski, *Elektroda srebrna z odnawialnym filmem amalgamatu srebra w voltamperometrycznym badaniu herbicydu chlornitrofen*, 57. Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Częstochowa, 14–18.09.2014 – poster
- 14). A. Nosal-Wiercińska\*, M. Grochowski, M. Wiśniewska, S. Skrzypek, D. Guziejewski, **M. Brycht**, *Adsorption of selected amino acids at mercury/aqueous solution of chlorate(VII) interface; dependence on the supporting electrolyte concentration*, XIV Polish–Ukrainian Symposium on Theoretical and Experimental Studies of Interfacial Phenomena and Their Technological Applications, Zakopane, 09–13.09.2014 – poster
- 15). A. Nosal–Wiercińska\*, M. Grochowski, S. Skrzypek, **M. Brycht**, M. Wiśniewska, K. Tyszczyk–Rotko, *The influence of protonation on the electroreduction of Bi(III) ions in chlorates(VII) solutions of different water activity*, 9<sup>th</sup> Aegean Analytical Chemistry Days, Chios, Grecja, 29.09–03.10.2014 – poster
- 16). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, V. Guzsvány, *Silver amalgam film electrode in voltammetric determination of selected pesticides containing functional nitrile groups*, 10<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 12–15.11.2014 – komunikat ustny
- 17). P. Lochyński\*, J. Barek, K. Schwarzová–Pecková, **M. Brycht**, K. Kuczewski, *Boron doped diamond electrodes: Influence of the presence of CTAB on the determination of selected chlorophenol pollutants*, XXXIX Międzynarodowe Seminarium Naukowo-Techniczne “Chemistry for Agriculture”, Karpacz, 23–26.11.2014 – komunikat ustny
- 18). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, T. Özmen, S. Skrzypek, *The preliminary study of voltammetric behavior of the herbicide bromacil using boron–doped diamond electrode*, XLII Ogólnopolska Szkoła Chemii “Chemia z głębi ziemi”, Lubenia, 30.04–04.05.2015 – poster
- 19). **M. Brycht\***, T. Özmen, B. Burnat, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of herbicide bromacil on bare boron-doped diamond electrode, and its corrosion properties on stainless steels used to produce agricultural tools*, 22<sup>nd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Łódź, 30.06–04.07.2015 – komunikat ustny

- 20). **M. Brycht**, T. Özmen, K. Kaczmarska\*, S. Skrzypek, W. Ciesielski, *Zastosowanie elektrody diamentowej domieszkowanej borem w woltamperometrycznym oznaczaniu herbicydu bromacyl*, IX Polska Konferencja Chemii Analitycznej(PoKoChA 2015), Poznań, 06–10.07.2015 – poster
- 21). A. Nosal-Wiercińska\*, M. Grochowski, M. Wiśniewska, K. Tyszczyk-Rotko, S. Skrzypek, **M. Brycht**, D. Guziejewski, *Influence of temperature on the reduction kinetics Bi(III) ion in chlorates(VII) solutions with varied water activity in the presence of selected amino acids*, 12<sup>th</sup> Conference on Calorimetry and Thermal Analysis, Zakopane, 06–10.09.2015 – poster

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, J. Barek, S. Skrzypek, K. Schwarzová-Pecková, *Electrochemical study of 4-chloro-3-methylphenol on anodically pretreated boron doped diamond electrode*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015 – poster
- 2). **M. Brycht\***, T. Özmen, B. Burnat, S. Skrzypek, *Voltammetric and corrosion studies of pesticide bromacyl*, 2<sup>nd</sup> Łódź-Giessen Chemistry Workshop, Giessen, Niemcy, 25–30.09.2015 – komunikat ustny
- 3). **M. Brycht\***, T. Özmen, B. Burnat, K. Kaczmarska, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne i korozyjne badania herbicydu bromacyl*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015 – poster
- 4). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, B. Uslu, S.A. Özkan, S. Skrzypek, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym badaniu leku cytostatycznego imatynib*, II Toruńskie Sympozjum Doktorantów Nauk Przyrodniczych, Toruń, 15–17.04.2016 – komunikat ustny
- 5). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Schwarzová-Pecková, J. Barek, *Elektrody diamentowe domieszkowane borem aktywowane anodowo metodą in situ w woltamperometrycznym badaniu i oznaczaniu 4-chloro-3-metylofenolu*, XV Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 02–03.06.2016 – komunikat ustny

- 6). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, *Badanie elektrochemicznej aktywności innowacyjnych pastowych elektrod grafenowych na bazie zredukowanego tlenku grafenu dla potrzeb analityki*, XV Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 02–03.06.2016 – poster
- 7). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, B. Uslu, S.A. Özkan, S. Skrzypek, *The application of very high positive potential on the BDD electrode surface for the characterization of imatinib and its DPV determination in urine samples*, 23<sup>rd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Nowy Sad, Serbia, 28.06–01.07.2016 – komunikat ustny
- 8). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, J. Zavašnik, A. Leniart, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, *The study of the electrochemical activity of the reduced graphene oxide paste electrode*, 7<sup>th</sup> Kurt Schwabe Symposium, Mittweida, Niemcy, 04–07.09.2016 – poster
- 9). B. Uslu\*, S.A. Özkan, **M. Brycht**, K. Kaczmarska, S. Skrzypek, *Voltammetric oxidation and determination of imatinib in spiked human urine samples*, 10<sup>th</sup> Aegean Analytical Chemistry Days, Çanakkale, Turcja, 29.09–02.10.2016 – poster
- 10). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Application of thermally reduced graphene oxide paste electrode in voltammetric studies of pesticide naptalam*, 12<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 14–17.11.2016 – komunikat ustny
- 11). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Wytwarzanie, charakterystyka i zastosowanie pastowych elektrod grafenowych*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 23–26.04.2017 – komunikat ustny
- 12). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, A. Leniart, A. Nosal-Wiercińska, *Pastowe elektrody węglowe na bazie grafitu i grafenu – porównanie właściwości elektrochemicznych na przykładzie pestycydu naptalam*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 23–26.04.2017 – poster
- 13). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Elektrody pastowe na bazie zredukowanych tlenków grafenu wytworzonych metodami termicznymi w atmosferze argonu i w powietrzu*, XVI Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 01–02.06.2017 – komunikat ustny

- 14). **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Woltamperometryczne oznaczanie 4-chloro-3,5-dimetylofenolu na elektrodach pastowych na bazie grafitu i grafenu*, XVI Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 01–02.06.2017 – poster
- 15). **M. Brycht\***, A. Nosal-Wiercińska, S. Skrzypek, A. Leniart, K. Kalcher, *Woltamperometryczne oznaczanie pestycydu naftalam na elektrodach pastowych na bazie grafitu i grafenu*, XVI Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 01–02.06.2017 – poster
- 16). A. Łukawska\*, S. Skrzypek, **M. Brycht**, R. Metelka, M. Sys, *Zastosowanie elektrod węglowych w woltamperometrycznym oznaczaniu pestycydu fenheksamid*, VIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 22.06.2017 – poster
- 17). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Preparation and characterization of thermally reduced graphene oxide paste electrode, and its application in voltammetric analysis of 4-chloro-3,5-dimethylphenol*, 15<sup>th</sup> International Congress of Young Chemists "YoungChem2017", Lublin, 11–15.10.2017 – komunikat ustny
- 18). K. Sipa\*, **M. Brycht**, V. Guzsány, S. Skrzypek, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem modyfikowana powierzchniowo nanorurkami węglowymi i  $\beta$ -cyklodekstrynami w woltamperometrycznej analizie pestycydu karbendazym*, V Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Innowacje w praktyce", Lublin, 05–06.04.2018 – poster
- 19). K. Sipa\*, **M. Brycht**, V. Guzsány, S. Skrzypek,  *$\beta$ -cyclodextrins and multiwalled carbon nanotubes modified boron-doped diamond electrode for voltammetric analysis of carbendazim*, 7<sup>th</sup> European Young Engineers Conference (EYEC), Warszawa, 23–25.04.2018 – poster
- 20). **M. Brycht**, K. Sipa\*, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Square-wave voltammetric determination of pesticide bixafen using graphene nanoplatelets paste electrode*, 7<sup>th</sup> European Young Engineers Conference (EYEC), Warszawa, 23–25.04.2018 – poster
- 21). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Thermally reduced graphene oxide paste electrode in voltammetric analysis of 4-chloro-3,5-dimethylphenol*, 17<sup>th</sup> International Conference on Electroanalysis (ESEAC 2018), Rodos, Grecja, 03–07.06.2018 – poster



- 22). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Preparation and characterization of the thermally reduced graphene oxide paste electrode, and its application in voltammetric analysis of pesticide naptalam*, 17<sup>th</sup> International Conference on Electroanalysis (ESEAC 2018), Rodos, Grecja, 03–07.06.2018 – poster
- 23). S. Skrzypek\*, **M. Brycht**, K. Konecka, A. Nosal-Wiercińska, *New generation of carbon-based sensors in voltammetric determination of biologically active compounds*, 12<sup>th</sup> International Symposium on Pharmaceutical Sciences (ISOPS–12), Ankara, Turcja, 26–29.06.2018 – wykład na zaproszenie
- 24). A. Łukawska\*, **M. Brycht**, M. Sys, R. Metelka, S. Skrzypek, *The application of carbon-based electrodes in voltammetric determination of pesticide fenhexamid*, 25<sup>th</sup> Young Investigators Seminar on Analytical Chemistry, Graz, Austria, 02–05.07.2018 – komunikat ustny
- 25). **M. Brycht**, A. Nosal-Wiercińska\*, A. Leniart, S. Skrzypek, *Highly sensitive voltammetric determination of pesticide bixafen using graphene paste electrode*, XVI Polish–Ukrainian Symposium on Theoretical and Experimental Studies of Interface Phenomena and their Technological Applications, Lublin, 28–31.08.2018 – poster
- 26). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Electrochemical study of the veterinary drug clorsulon on a glassy carbon electrode modified with single-walled carbon nanotubes*, II Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Zrozumieć Naukę”, Łódź, 29.09.2018 – komunikat ustny
- 27). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Electrochemical sensor based on single-walled carbon nanotubes for determination of veterinary drug – clorsulon*, 13<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 13–17.11.2018 – komunikat ustny
- 28). A. Łukawska, M. Sýs\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, I. Brožková, *The electrochemical properties of fenhexamid on bare glassy carbon electrode*, XVI Scientific Conference with International Participation: Food Safety and Control, Piešťany, Słowacja, 28–29.03.2019 – komunikat ustny
- 29). **M. Brycht\***, J. Vosáhlová, K. Schwarzová, A. Taylor, I. Dittert, J. Krůšek, *Boron-doped diamond macro/microelectrodes for dopamine sensing*, 2<sup>nd</sup> Cross-Border Seminar on Electroanalytical Chemistry (CBSEC), České Budějovice, Czechy, 10–12.04.2019 – wykład na zaproszenie

- 30). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, S. Domagała, K. Kaczmarek, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Zastosowanie GCE modyfikowanej SWCNTs w voltamperometrycznym oznaczaniu klorsulon, VII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 09–10.05.2019 – poster*
- 31). K. Rudnicki, **M. Brycht**, K. Kalcher, S. Skrzypek\*, *Zastosowanie elektrody z węgla szklanego modyfikowanej jednościennej nanorurkami węglowymi do voltamperometrycznego badania leku weterynaryjnego klorsulon, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 13–17.05.2019 – poster*
- 32). **M. Brycht\***, J. Vosáhlová, K. Schwarzová-Pecková, A. Taylor, L. Klimša, J. Kopeček, I. Dittert, J. Krůšek, *Boron-doped diamond microelectrodes fabricated by microwave plasma enhanced chemical vapour deposition process with linear antenna delivery, 39<sup>th</sup> Modern Electrochemical Methods, Jetřichovice, Czechy, 20–24.05.2019 – komunikat ustny*
- 33). **M. Brycht\***, J. Vosáhlová, K. Schwarzová, A. Taylor, V. Mortet, I. Dittert, J. Krůšek, *Bio-sensing of dopamine and its precursors using boron-doped diamond microelectrodes, XXV International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics, Limerick, Irlandia, 26–30.05.2019 – poster*
- 34). J. Vosáhlová\*, **M. Brycht**, J. Krůšek, I. Dittert, V. Mortet, A. Taylor, K. Schwarzová, *Boron doped diamond microelectrodes: fabrication, spectral and electrochemical characterization for estimation of coverage quality, XXV International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics, Limerick, Irlandia, 26–30.05.2019 – poster*
- 35). **M. Brycht\***, S. Baluchová, K. Schwarzová, A. Taylor, V. Mortet, *Morphological, spectral, and electrochemical characterization of boron-doped diamond electrodes, and their application in the sensing of neurotransmitter dopamine, 52<sup>nd</sup> Heyrovsky Discussions: Electrochemistry of Organic Compounds and Biopolymers, Liblice, Czechy, 16–20.06.2019 – komunikat ustny*
- 36). K. Kaczmarek\*, K. Rudnicki, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Domagała, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Electrochemical determination of clorsulon using glassy carbon electrode modified with single-walled carbon nanotubes, 26<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Pardubice, Czechy, 24–27.06.2019 – komunikat ustny*

- 37). A. Taylor\*, P. Ascheulov, V. Mortet, S. Sedláková, J. Krůšek, I. Dittert, V. Benson, S. Baluchová, **M. Brycht**, K. Schwarzová-Pecková, A. Laposa, V. Petráková, *Boron doped diamond based MEAs / microprobes for dual mode neural recording*, DeBeers Diamond Conference 2019, Warwick, Anglia, 08–11.07.2019 – poster
- 38). S. Baluchová\*, A. Taylor, V. Mortet, **M. Brycht**, K. Schwarzová-Pecková, *Boron doped diamond films synthesized by a MW-LA-PECVD system: Characterization and evaluation of biosensing properties*, 30<sup>th</sup> International Conference on Diamond and Carbon Materials, Sewilla, Hiszpania, 08–12.09.2019 – poster
- 39). J. Vosáhlová\*, **M. Brycht**, S. Baluchová, J. Krůšek, I. Dittert, V. Mortet, A. Taylor, L. Klimša, J. Kopeček, K. Schwarzová, *Fabrication, morphology and electrochemical properties of boron doped diamond microelectrodes on tungsten supports*, 15<sup>th</sup> International Students Conference “Modern Analytical Chemistry”, Praga, Czechy, 19–20.09.2019 – komunikat ustny
- 40). S. Skrzypek\*, **M. Brycht**, K. Konecka, A. Nosal-Wiercińska, *Carbon-based sensors in voltammetric determination of drugs*, 1<sup>st</sup> International Conference on Preventive Medicine (ICPM 2020), Antalya, Turcja, 12–14.11.2019 – wykład na zaproszenie
- 41). S. Baluchová\*, **M. Brycht**, M. Nedvěd, A. Taylor, S. Sedláková, V. Mortet, K. Schwarzová-Pecková, *Enhanced electrochemical performance of structured boron doped diamond electrodes by increasing the number of deposited porous layers*, 72. sjezd českých a slovenských chemických společností, Praga, Czechy, 04–09.09.2020 – komunikat ustny
- 42). **M. Brycht\***, S. Baluchová, A. Taylor, S. Sedláková, V. Mortet, K. Schwarzová-Pecková, *Dopamine sensing on novel porous boron-doped diamond electrodes with various thickness*, 4<sup>th</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2022), konferencja online, 23–27.03.2022 – komunikat ustny

## 6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ

### 6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

#### 6.1.1. Zajęcia dydaktyczne

##### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

W trakcie moich studiów doktoranckich prowadziłam następujące zajęcia dydaktyczne (laboratoria i konwersatoria) dla studentów pierwszego i drugiego stopnia:

- 1). *Chemia analityczna II z elementami analizy instrumentalnej* – zajęcia laboratoryjne w semestrze letnim roku akademickiego **2012/2013**
- 2). *Nowoczesne techniki analizy instrumentalnej* – zajęcia laboratoryjne w semestrze zimowym roku akademickiego **2013/2014**
- 3). *Zajęcia specjalistyczne* – zajęcia laboratoryjne w semestrze letnim roku akademickiego **2014/2015**
- 4). *Analiza instrumentalna* – zajęcia konwersatoryjne w semestrze zimowym roku akademickiego **2014/2015**

##### Po uzyskaniu stopnia doktora:

Po ukończeniu studiów doktoranckich i uzyskaniu stopnia doktora we wrześniu 2015 roku byłam zatrudniona na stanowisku asystenta naukowego w okresie 01.11.2015–31.01.2015, w związku z czym nie prowadziłam zajęć dydaktycznych. Na stanowisku adiunkta jestem zatrudniona od semestru letniego roku akademickiego 2017/2018, ale należy zaznaczyć, że w roku akademickim 2018/2019 odbywałam roczny staż podoktorski, w związku z czym również nie prowadziłam zajęć dydaktycznych.

Po uzyskaniu stopnia doktora prowadziłam następujące zajęcia dydaktyczne (laboratoria, konwersatoria, warsztaty, seminaria, wykłady) dla studentów pierwszego i drugiego stopnia:

- 1). *Chemiczne metody analizy jakościowej* – zajęcia laboratoryjne w semestrze letnim roku akademickiego **2017/2018, 2019/2020, 2020/2021** oraz zajęcia konwersatoryjne w semestrze letnim roku akademickiego **2020/2021, 2021/2022, 2022/2023**
- 2). *Warsztaty z analizy chemicznej jakościowej* – warsztaty laboratoryjne w semestrze letnim roku akademickiego **2019/2020**
- 3). *Chemia analityczna* – zajęcia laboratoryjne w semestrze zimowym roku akademickiego **2019/2020, 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023**
- 4). *Nowoczesne techniki analizy instrumentalnej* – zajęcia konwersatoryjne w semestrze zimowym roku akademickiego **2019/2020, 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023**
- 5). *Warsztaty z analizy chemicznej* – warsztaty laboratoryjne w semestrze zimowym roku akademickiego **2020/2021**
- 6). *Short research project* – zajęcia laboratoryjne i seminarium dyplomowe prowadzone w języku angielskim w semestrze zimowym roku akademickiego **2020/2021** oraz w semestrze letnim roku akademickiego **2020/2021 (koordynator przedmiotu)**
- 7). *Elektrochemia związków biologicznie aktywnych* – zajęcia laboratoryjne i seminarium w semestrze letnim roku akademickiego **2020/2021 (koordynator przedmiotu w ramach Indywidualnego Programu Studiów)**
- 8). *Techniki woltamperometryczne w analizie chemicznej* – wykład w semestrze zimowym roku akademickiego **2021/2022** i w semestrze letnim roku akademickiego **2021/2022**, zajęcia laboratoryjne w semestrze letnim roku akademickiego **2021/2022, 2022/2023** oraz seminarium w semestrze zimowym i letnim roku akademickiego **2022/2023 (koordynator przedmiotu w ramach Indywidualnego Programu Studiów)**
- 9). *Warsztaty z analizy chemicznej. Warsztaty analizy wagowej* – warsztaty laboratoryjne w semestrze zimowym roku akademickiego **2022/2023**
- 10). *Warsztaty z analizy chemicznej. Warsztaty analizy objętościowej* – warsztaty laboratoryjne w semestrze zimowym roku akademickiego **2022/2023**

### 6.1.2. Wykłady dla studentów i doktorantów zagranicznych

#### Po uzyskaniu stopnia doktora:

Podczas wizyt na uczelniach zagranicznych (głównie w ramach programu CEEPUS) prowadziłam wykłady na seminariach naukowych m.in. dla studentów i doktorantów:

- 1). *Corrosion studies of selected pesticides*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy) listopad **2016**
- 2). *Electrochemical techniques in the determination of selected environmental pollutants*, University of Ljubljana (Lublana, Słowenia), czerwiec **2017**
- 3). *Graphene paste electrode, and its application in voltammetric studies of selected pesticides*, University of Graz (Graz, Austria), marzec **2017**
- 4). *Voltammetric techniques in the determination of selected compounds*, University of Graz (Graz, Austria), marzec **2017**
- 5). *Graphene electrodes as sensors for the voltammetric studies*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), listopad **2017**
- 6). *Novel electrochemical sensors as tools in the voltammetric analysis of selected drugs*, University of Graz (Graz, Austria), czerwiec **2018**
- 7). *An application of electrochemical techniques in the determination of selected biologically active compounds*, University of Graz (Graz, Austria), czerwiec **2018**
- 8). *The applications of graphene and carbon nanotubes in the voltammetric analysis of selected pesticides*, University of Graz (Graz, Austria), czerwiec **2018**
- 9). *Electrochemical sensors modified with nanomaterials for the voltammetric studies*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), listopad **2019**
- 10). *Fabrication, morphological and spectral characterization of  $sp^3$ -carbon-based surfaces, and their application in neurotransmitters sensing*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), listopad **2019**

- 11). *Boron-doped diamond electrodes in neurotransmitters sensing*, Charles University (Praga, Czechy), styczeń **2020**
- 12). *Comparison of electrochemical performance of planar and porous boron-doped diamond electrodes: dopamine sensing*, St. Kliment Ohridski Sofia University (Sofia, Bułgaria), czerwiec **2022**
- 13). *Nanomaterials-based electrochemical sensor and biosensor platforms for environmental applications*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), listopad **2022**
- 14). *Boron-doped diamond materials – factors influencing their properties and electrochemical performance*, University of Belgrade (Belgrad, Serbia), czerwiec **2023**

### 6.1.3. Opieka naukowa i promotorstwo prac dyplomowych

#### A). Opiekun naukowy prac licencjackich

##### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). Mateusz Dukowicz, tytuł pracy licencjackiej: *Niekonwencjonalne materiały elektrodowe stosowane w analizie środowiskowej organicznych związków biologicznie czynnych*, obrona w **2012** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 2). Milena Groth, tytuł pracy licencjackiej: *Elektroda filmowa domieszkowana borem jako nowe narzędzie w voltamperometrycznym oznaczaniu substancji organicznych*, obrona w **2013** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)

#### B). Opiekun naukowy i promotor prac licencjackich

##### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Weronika Wojtczak, tytuł pracy licencjackiej: *Zastosowanie nanomateriałów w medycynie*, obrona w **2021** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)

- 2). Sandra Chmiel, tytuł pracy licencjackiej: *Elektroanaliza wybranych substancji psychoaktywnych*, obrona w **2022** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)
- 3). Ewelina Pawlik, tytuł pracy licencjackiej: *Plusy i minusy stosowania regulatorów wzrostu roślin*, obrona w **2023** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)

**C). Opiekun naukowy prac magisterskich**

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). Natalia Górzawska, tytuł pracy magisterskiej: *Woltamperometryczne badanie cyjazofamidu na elektrodzie srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra*, obrona w **2014** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 2). Mateusz Dukowicz, tytuł pracy magisterskiej: *Elektrody stałe w woltamperometrycznym badaniu wybranych związków biologicznie czynnych*, obrona w **2014** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 3). Konrad Rudnicki, tytuł pracy magisterskiej: *Woltamperometryczne oznaczanie herbicydu chlornitrofen na elektrodzie srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra*, obrona w **2015** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 4). Katarzyna Paradowska, tytuł pracy magisterskiej: *Elektrochemiczne badanie insektycydu closantel z użyciem elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra*, obrona w **2015** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 5). Karolina Józwiak, tytuł pracy magisterskiej: *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym oznaczaniu fenfuramu*, obrona w **2015** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)



Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Tuğçe Özmen, tytuł pracy magisterskiej: *Development of a voltammetric method for the determination of bromacil used as herbicide*; badania do pracy magisterskiej wykonane na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego, obrona w **2016** roku (Ankara University, promotor: prof. Mustafa Tastekin, kopromotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 2). Paulina Tofil, tytuł pracy magisterskiej: *Zastosowanie pastowej elektrody węglowej w analizie woltamperometrycznej 4-chloro-3,5-dimetylofenolu*, obrona w **2017** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 3). Anna Łukawska, tytuł pracy magisterskiej: *The application of carbon-based electrodes in voltammetric determination of pesticide fenhexamid*, badania do pracy magisterskiej wykonane na University of Pardubice, obrona w **2017** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 3). Żaneta Marcinkowska, tytuł pracy magisterskiej: *Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego w analizie woltamperometrycznej leku przeciw pasożytniczego bitionol*, obrona w **2018** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)

**D). Opiekun naukowy i promotor prac magisterskich**Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Karolina Kowalewska, tytuł pracy magisterskiej: *Zastosowanie elektrod pastowych na bazie grafitu i grafenu w woltamperometrycznym oznaczaniu pestycydu biksafen*, obrona w **2018** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)
- 2). Katarzyna Wójcik, tytuł pracy magisterskiej: *Analiza woltamperometryczna regulatora wzrostu roślin forchlorfenuronu z użyciem elektrod na bazie węgla o hybrydyzacji  $sp^3$  i  $sp^2$* , obrona w **2020** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)
- 3). Michalina Kaźmierczak, tytuł pracy magisterskiej: *Zastosowanie elektrody diamentowej domieszkowanej borem w analizie woltamperometrycznej pestycydu fenheksamid*, obrona w **2021** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)

- 4). Aleksandra Kurzawa, tytuł pracy magisterskiej: *Badanie wpływu wstępnej obróbki powierzchni elektrody diamentowej domieszkowanej borem na woltamperometryczne oznaczanie forchlorfenuronu*, obrona w **2022** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)
- 5). Weronika Janczak, tytuł pracy magisterskiej: *Ocena możliwości jednoczesnego woltamperometrycznego oznaczania fungicydów biksafen, protiokonazol i fluopyram na elektrodach węglowych*, obrona w **2023** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)
- 6). Weronika Janczak, tytuł pracy magisterskiej: *Skuteczność nauczania a zdawalność egzaminów maturalnych w Polsce w latach 2019-2022*, obrona w **2023** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)
- 7). Dawid Rudnik, tytuł pracy magisterskiej: *Elektroanaliza wybranych związków biologicznie czynnych*, obrona planowana w **2024** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)
- 8). Aleksandra Jędrzejewska, tytuł pracy magisterskiej: *Elektrochemiczne badania wybranych związków biologicznie czynnych*, obrona planowana w **2024** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii)

**E). Opiekun naukowy prac doktorskich**

- 1). Simona Baluchová, tytuł rozprawy doktorskiej: *Porous boron-doped diamond electrodes: characterization and application in electroanalysis*, Charles University, Faculty of Science, opieka naukowa w okresie 01.09.2018 – 31.08.2019, obrona w **2021** roku (Charles University, promotor: prof. Karolina Schwarzová-Pecková)

**F). Promotor pomocniczy prac doktorskich**

- 1). Karolina Sipa, tytuł rozprawy doktorskiej: *Nanomateriały jako modyfikatory powierzchni stałych elektrod węglowych w woltamperometrycznym oznaczaniu wybranych pestycydów*, doktorat realizowany w latach 2015–2019, obrona w **2019** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)
- 2). Kinga Konecka (Kaczmarska), tytuł rozprawy doktorskiej: *Woltamperometryczna analiza leków z wykorzystaniem różnych materiałów węglowych*, doktorat realizowany w latach 2015–2020, obrona w **2021** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: prof. dr hab. Sławomira Skrzypek)

#### 6.1.4. Recenzje prac licencjackich

- 1). Bartłomiej Hurny, tytuł pracy licencjackiej: *Toksyczność nanomateriałów*, obrona w **2022** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: dr Andrzej Leniart)
- 2). Julia Kryńska, tytuł pracy licencjackiej: *Substancje o działaniu alergizującym stosowane w preparatach kosmetycznych*, obrona w **2023** roku (Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, promotor: dr Barbara Burnat)

#### 6.1.5. Opieka naukowa nad studentami w ramach różnych programów

##### A). Opiekun naukowy w ramach programu CEEPUS, ERASMUS+ i PROM

##### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Jena Jamšek, praca laboratoryjna dotycząca voltamperometrycznego badania wybranych związków organicznych wykonana w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w semestrze zimowym roku akademickiego **2016/2017** (CEEPUS)
- 2). Maša Burja, praca laboratoryjna dotycząca voltamperometrycznego badania wybranych związków organicznych wykonana w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w semestrze zimowym roku akademickiego **2016/2017** (CEEPUS)
- 3). Anastazija Ratkajec, praca laboratoryjna dotycząca badania aktywności elektrochemicznej wybranych pestycydów wykonana w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w semestrze zimowym roku akademickiego **2020/2021** (ERASMUS)
- 4). Nuray Denizhan, praca laboratoryjna dotycząca badania i oznaczania wybranych pestycydów na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem wykonana w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w semestrze letnim roku akademickiego **2020/2021** (ERASMUS)

- 5). Marijana Medved, praca laboratoryjna dotycząca badania markerów redoks na elektrodach węglowych wykonana w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w semestrze letnim roku akademickiego **2022/2023** (CEEPUS)
- 6). Pavlinka Kokoskarova, praca laboratoryjna dotycząca elektroanalizy albuminy, bilirubiny i kwasu moczowego na elektrodzie z grafitu pirolitycznego wykonana w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w semestrze letnim roku akademickiego **2022/2023** (PROM)

**B). Opiekun naukowy w ramach indywidualnego programu studiów**

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Weronika Janczak, semestr letni roku akademickiego **2020/2021** (I stopień studiów)
- 2). Weronika Janczak, rok akademicki **2021/2022, 2022/2023** (II stopień studiów)

**C). Opiekun naukowy stażystów w ramach programu Students' Power**

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Weronika Janczak, tematyka stażu: *Zastosowania nanomateriałów w analityce chemicznej*, staż realizowany w okresie **23.11.2020 – 29.01.2021**
- 2). Michalina Kaźmierczak, tematyka stażu: *Wykorzystanie elektrody diamentowej domieszkowanej borem w analizie woltamperometrycznej wybranych pestycydów*, staż realizowany w okresie **11.01.2021 – 05.03.2021**
- 3). Sandra Chmiel, tematyka stażu: *Elektrochemiczne badanie wybranych substancji odurzających zawartych w lekach dostępnych bez recepty*, staż realizowany w okresie **02.11.2021 – 07.01.2022**
- 4). Aleksandra Kurzawa, tematyka stażu: *Zastosowanie elektrod węglowych do oznaczania wybranych pestycydów*, staż realizowany w okresie **02.11.2021 – 07.01.2022**
- 5). Dawid Rudnik, tematyka stażu: *Zastosowanie elektrody z węgla szklistego w elektroanalizie wybranych fungicydów*, staż realizowany w okresie **15.05.2023 – 07.07.2023**

**D). Opiekun naukowy stażystów w ramach nieobligatoryjnych praktyk studenckich**

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Weronika Janczak, tematyka stażu: *Elektroanaliza wybranych pestycydów*, staż realizowany w okresie **01.02.2021 – 15.06.2021**

**E). Opiekun naukowy Studenckich Grantów Badawczych UŁ**

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Żaneta Marcinkowska, tytuł projektu: *Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego modyfikowanej nanopłytami grafenu oraz nanocząstkami złota w analizie woltamperometrycznej leku przeciw pasożytniczemu bitionol*, realizacja projektu w **2017** roku
- 2). Michalina Kaźmierczak, tytuł projektu: *Elektrochemiczne badania pestycydu fenheksamid na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, realizacja projektu w **2021** roku
- 3). Aleksandra Kurzawa, tytuł projektu: *Elektrochemiczne badanie pestycydu forchlorfenuron na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, realizacja projektu w **2022** roku
- 4). Weronika Janczak, tytuł projektu: *Ocena możliwości jednoczesnego woltamperometrycznego oznaczania wybranych fungicydów*, realizacja projektu w **2022** roku
- 5). Sanda Chmiel, tytuł projektu: *Badanie aktywności elektrochemicznej wybranych związków psychoaktywnych na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, realizacja projektu w **2022** roku
- 6). Weronika Janczak, tytuł projektu: *Woltamperometryczne badanie i oznaczanie pestycydu forchlorfenuron na elektrodzie z grafitu pirolitycznego z prostopadle ułożonymi warstwami grafitowymi*, realizacja projektu w **2023** roku
- 7). Aleksandra Jędrzejewska, tytuł projektu: *Badanie aktywności elektrochemicznej wybranych fungicydów na elektrodzie z węgla szklanego*, realizacja projektu w **2023** roku
- 8). Dawid Rudnik, tytuł projektu: *Woltamperometryczne badanie wybranych pestycydów z użyciem elektrod węglowych*, realizacja projektu w **2023** roku

### 6.1.6. Projekty dydaktyczne

#### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Wykonawca** projektu *Modelowe kształcenie przyszłych nauczycieli przedmiotów matematyczno-przyrodniczych w Uniwersytecie Łódzkim – zadanie 2 poz. 63 Prowadzenie zajęć metodą tutoringu* współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój; projekt realizowany przez Uniwersytet Łódzki w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju nr POWR.03.01.00-IP.08-00-PKN/18, na podstawie umowy nr POWR.03.01.00-00-KN53/18-00 z dnia 12.12.2018 r.; okres realizacji **01.10.2022 – 30.06.2023** (9 miesięcy).

### 6.2. Osiągnięcia organizacyjne

#### 6.2.1. Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych

##### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *II Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, 07–08.05.2014*, Łódź – odpowiedzialna za pozyskiwanie wsparcia finansowego, przyjmowanie zgłoszeń uczestników, przygotowanie książki abstraktów
- 2). **Przewodnicząca komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *III Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, 27–28.04.2015*, Łódź
- 3). **Sekretarz komitetu organizacyjnego** konferencji międzynarodowej *22<sup>nd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2015), 30.06–04.07.2015*, Łódź

##### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji międzynarodowej *23<sup>rd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry" (YISAC 2016), 28.06–01.07.2016*, Nowy Sad, Serbia – odpowiedzialna za przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów

- 2). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji *VIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików*, **22.06.2017**, Łódź – odpowiedzialna za przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów
- 3). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *VI Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **10–11.05.2018**, Łódź – odpowiedzialna za pozyskiwanie wsparcia finansowego, media społecznościowe (facebook), przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów
- 4). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *VII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **09–10.05.2019**, Łódź – odpowiedzialna za przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów
- 5). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *VIII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **24.09.2021**, Łódź – odpowiedzialna za przygotowanie książki abstraktów
- 6). **Przewodnicząca komitetu organizacyjnego** konferencji międzynarodowej *27<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2022)*, **04–07.07.2022**, Łódź
- 7). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *X Polska Konferencja Chemii Analitycznej*, **19–23.06.2022**, Łódź – odpowiedzialna za pozyskiwanie wsparcia finansowego
- 8). **Przewodnicząca komitetu organizacyjnego** konferencji *XIV Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików*, **13.06.2023**, Łódź

### 6.2.2. Udział w pracach komisji i zespołów wydziałowych

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **2011–2015** – **członek** (w latach 2011–2013) i **przewodnicząca** (w latach 2013–2015) Wydziałowej Komisji Stypendialno–Socjalnej ds. Doktorantów na Wydziale Chemii UŁ
- 2). **2013–2015** – **wiceprzewodnicząca** (w latach 2013–2014) i **przewodnicząca** (w latach 2014–2015) Rady Samorządu Doktorantów Wydziału Chemii UŁ
- 3). **2011–2016** – **członek** Studenckiego Koła Naukowego Chemików na Wydziale Chemii UŁ

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **2016–2020** – członek Wydziałowej Komisji ds. Badań Naukowych na Wydziale Chemii UŁ
- 2). **2016–2024** – członek Zespołu do Spraw Mobilności Studentów Wydziału Chemii UŁ
- 3). **2023** – członek Komisji Konkursowej konkursu dla dyplomantów Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego na najlepszą oprawę graficzną pracy dyplomowej „Chemia na okładce – edycja II”.

**6.2.3. Nagrody za działalność organizacyjną**

- 1). Nagroda Rektora Uniwersytetu Łódzkiego indywidualna II stopnia za osiągnięcia organizacyjne w latach 2014–2017 – nagroda przyznana w **2018** roku
- 2). Nagroda Rektora Uniwersytetu Łódzkiego indywidualna III stopnia za osiągnięcia organizacyjne w ramach działalności Zespołu do Spraw Mobilności Studentów Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w latach 2016–2020 – nagroda przyznana w **2021** roku

**6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę**

**6.3.1. Aktywny udział w imprezach popularyzujących naukę**

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). XII Festiwal Nauki, Techniki i Sztuki pod hasłem “Z wiedzą do sukcesu” – przygotowanie i przeprowadzenie pokazów chemicznych podczas Pikniku Naukowego na Rynku Manufaktury w Łodzi w dniach 21–22.04.2012
- 2). XIII Festiwal Nauki, Techniki i Sztuki pod hasłem “Z wiedzą w drogę życia” – przygotowanie i przeprowadzenie pokazów chemicznych wraz z uczestnikami Nocy Chemików na Wydziale Chemii UŁ w dniu 17.04.2013 oraz podczas Pikniku Naukowego na Rynku Manufaktury w Łodzi w dniach 20–21.04.2013
- 3). 22. Finał Wielkiej Orkiestry Świątecznej Pomocy – przygotowanie i przeprowadzenie pokazów chemicznych na Rynku Manufaktury w Łodzi w dniu 10.01.2014



### 6.3.2. Prace o charakterze popularno-naukowym na konferencjach studenckich

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). M. Roszkowska\*, K. Kaczmarska, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektroda diamentowa domieszowana borem jako narzędzie w woltamperometrycznym oznaczaniu substancji organicznych*, XL Ogólnopolska Szkoła Chemii: "Chemia zrodzona z natury", Augustów, 30.04–04.05.2014

#### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Post na blogu *Science & Wine* opublikowany 20.12.2020 zatytułowany *Screening assay for monitoring of fenhexamid residues on peel of wine grapes: When to properly start harvesting in vineyards?* (<https://www.ciencia-e-vinho.com/2020/12/20/screening-assay-for-monitoring-of-fenhexamid-residues-on-peel-of-wine-grapes-when-to-properly-start-harvesting-in-vineyards/>)
- 2). S. Chmiel\*, **M. Brycht**, *Woltamperometryczne oznaczanie dekstrometofanu – przegląd literaturowy*, IV Pomorskie Studenckie Sympozjum Chemiczne, konferencja online, 23–24.04.2022
- 3). W. Janczak\*, **M. Brycht**, B. Burnat, A. Leniart, *Forchlorfenuron – szkodnik czy pomocnik?*, III Konferencja Naukowa Studentów Młodzi Zdolni, Łódź, 06.05.2022
- 4). W. Janczak\*, **M. Brycht**, *What we need to know about pesticides?*, XIII International Conference Horizons of Science, konferencja online, 04.06.2022
- 5). S. Chmiel\*, **M. Brycht**, *Skutki niekontrolowanego zażycia leków bez recepty na przykładzie dekstrometofanu*, VI Konferencja Młodych Chemików Sądowych, konferencja online, 10–11.06.2022
- 6). W. Janczak\*, **M. Brycht**, *Benzimidazole – związki o szerokim spektrum aktywności biologicznej*, VI Konferencja Młodych Chemików Sądowych, konferencja online, 10–11.06.2022

## 7. INNE INFORMACJE

### 7.1. Warsztaty, szkolenia, kursy, seminaria, webinaria

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

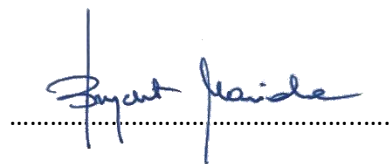
- 1). Udział w kursie przygotowawczym dla kandydatów na wychowawców wypoczynku dla dzieci i młodzieży organizowanym przez Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli EDUKATOR, Gliwice, **23–25.03.2012**
- 2). Udział w międzynarodowej szkole letniej “Advanced Instrumental Techniques for the Monitoring of Aquatic Environments, Nowa Gorica, Słowenia, **14–27.06.2012**
- 3). Udział w warsztatach tematycznych “Instrumental Analytical Methods for Environmental Monitoring (IAMEM 2022)”, Nowa Gorica, Słowenia, **22–23.06.2012**
- 4). Udział w warsztacie “Wystąpienia publiczne – profesjonalna prezentacja naukowa” organizowanym przez Centrum Innowacji – Akcelerator Technologii Fundacji UŁ w ramach projektu “Kreator Innowacyjności – wsparcie innowacyjnej przedsiębiorczości akademickiej” dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, Łódź, **13–14.12.2012**
- 5). Udział w szkoleniu “Pomoc materialna dla studentów i doktorantów Uniwersytetu Łódzkiego” organizowanym przez Uczelnianą Radę Samorządu Doktorantów UŁ, Łódź, **25.10.2013**
- 6). Udział w seminarium “Rozwój międzynarodowej indywidualnej kariery naukowej” organizowanym przez Regionalny Punkt Kontaktowy w Programie Ramowym Wspólnoty Europejskiej Horyzont 2020, Łódź, **10.03.2014**

#### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Udział w seminarium “Studenci Zagraniczni w Polsce 2017” organizowanym przez Konferencja Rektorów Akademickich Szkół Polskich, Uniwersytet Jagielloński i Perspektywy, Kraków, **26.02.2017**
- 2). Udział w szkoleniu “Badanie materiałów przy użyciu zaawansowanych technik analizy termicznej”, Lublin, **23.04.2017**

- 3). Udział w szkoleniu “Akademia pipetowania i ważenie w laboratorium analitycznym”, Lublin, **25.04.2017**
- 4). Udział w webinarium “CEEPUS” organizowanym przez Narodową Akademię Wymiany Akademickiej, **15.10.2019**
- 5). Udział w kursie “Academic English poziom B2” organizowanym przez UŁ w ramach projektu “Doskonałość naukowa kluczem do doskonałości kształcenia” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Łódź, **10.2019–02.2020**
- 6). Udział w webinarium “Narodowe Centrum Nauki: Szkolenie dla wnioskodawców” organizowanych przez Narodowe Centrum Nauki, **20.05.2021, 19.11.2021**
- 7). Udział w szkoleniu online “ScienceDirect, Scopus i SciVal jako elementy wspierające naukę i badaczy” organizowanym przez wydawnictwo Elsevier, **29.10.2021**
- 8). Udział w webinarium “O recenzowaniu w nauce” organizowanych przez Fundację Science Watch Polska, **03.11.2021**
- 9). Udział w warsztatach online “Praktycznie o projekcie” organizowanym przez Centrum Nauki UŁ, **20.01.2022**
- 10). Udział w webinarium “Awanse naukowe – spotkanie z prof. Grzegorzem Węgrzynem (Rada Doskonałości Naukowej)” organizowanym przez Uniwersytet Łódzki, **05.05.2022**
- 11). Udział w warsztatach “Druk 3D” organizowanym przez Wydział Chemii UŁ, **10.11.2022**
- 12). Udział w szkoleniu “Ochrona danych osobowych” organizowanym przez Inspektora Ochrony Danych UŁ, **10.11.2022**
- 13). Udział w szkoleniu online “Radzenie sobie ze stresem i emocjami” organizowanym przez UŁ w ramach projektu “(Nie)Pełnosprawny Student UŁ”, **19.12.2022**
- 14). Udział w szkoleniu online “Komunikacja interpersonalna z elementami asertywności” organizowanym przez UŁ w ramach projektu “(Nie)Pełnosprawny Student UŁ”, **20.12.2022**
- 15). Udział w webinarium “Elektrochemia w służbie syntezy” organizowanym przez firmę IKA we współpracy z Polskim Towarzystwem Chemicznym, **02.03.2023**
- 16). Udział w szkoleniu online “Postępowania awansowe” organizowanym przez Radę Doskonałości Naukowej we współpracy z Uniwersytetem Warszawskim, **13.03.2023**

- 17). Udział w warsztatach „Spectroelektrochemia” organizowanych przez firmę nLab, Lublin,  
16.04.2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Sylwia Jankowska", is written over a horizontal dotted line.

podpis wnioskodawcy

## **WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

**Załącznik nr 4 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego**

**dr Mariola Brycht**



**I. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH NAUKOWYCH, O KTÓRYCH MOWA  
W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY**

**CYKL 11 POWIĄZANYCH TEMATYCZNIE OPUBLIKOWANYCH PRAC NAUKOWYCH  
WCHODZĄCYCH W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO**

IF – impact factor z 2021 roku; P<sub>MEIN</sub> – punkty z wykazu MEiN z 01.12.2021 roku; \* – autor korespondencyjny

- [H1]** K. Sipa\*, **M. Brycht\***, A. Leniart, A. Nosal-Wiercińska, S. Skrzypek  
*Improved electroanalytical characteristics for the determination of pesticide metobromuron in the presence of nanomaterials*  
Analytica Chimica Acta 1030 (2018) 61–69  
**IF = 6,911; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- [H2]** K. Konecka, **M. Brycht\***, A. Leniart\*, S. Skrzypek  
*Development and first application of the edge plane pyrolytic graphite electrode modified with graphene nanoplatelets for highly sensitive voltammetric determination of oxolinic acid*  
Journal of Electroanalytical Chemistry 826 (2018) 76–83  
**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- [H3]** **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek  
*Elektrody pastowe na bazie zredukowanego tlenku grafenu w analizie woltamperometrycznej wybranych pestycydów*  
Elektroanaliza – sensory i metody pomiarowe (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak),  
Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków 2019, ISBN: 978-83-65955-36-4, str. 25–44  
**IF = 0; P<sub>MEIN</sub> = 0**
- [H4]** **M. Brycht\***, A. Leniart, J. Zavašnik, A. Nosal-Wiercińska, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, S. Skrzypek, K. Kalcher  
*Paste electrode based on the thermally reduced graphene oxide in ambient air – its characterization and analytical application for analysis of 4-chloro-3,5-dimethylphenol*  
Electrochimica Acta 282 (2018) 233–241  
**IF = 7,336; P<sub>MEIN</sub> = 100**

- [H5]** M. Brycht\*, A. Leniart, J. Zavašnik, A. Nosal-Wiercińska, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, S. Skrzypek, K. Kalcher  
*Synthesis and characterization of the thermally reduced graphene oxide in argon atmosphere, and its application to construct graphene paste electrode as a naptalam electrochemical sensor*  
Analytica Chimica Acta 1035 (2018) 22–31  
**IF = 6,911; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- [H6]** M. Brycht\*, K. Kowalewska, S. Skrzypek, V. Mirčeski  
*Electroanalytical study of fungicide bixafen on paste electrode based on the thermally reduced graphene oxide synthesized in ambient air conditions*  
Electroanalysis 35 (2023) e202200398  
**IF = 3,077; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- [H7]** M. Brycht, K. Kaczmarek, B. Uslu, S.A. Özkan, S. Skrzypek\*  
*Sensitive determination of anticancer drug imatinib in spiked human urine samples by differential pulse voltammetry on anodically pretreated boron-doped diamond electrode*  
Diamond and Related Materials 68 (2016) 13–22  
**IF = 3,806; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- [H8]** M. Brycht\*, S. Skrzypek, V. Mirčeski  
*Improved procedure for square-wave voltammetric sensing of fenhexamid residues on blueberries peel surface at the anodically pretreated boron-doped diamond electrode*  
Analytica Chimica Acta 1249 (2023) 340936  
**IF = 6,911; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- [H9]** M. Brycht, P. Lochyński, J. Berek, S. Skrzypek, K. Kuczewski, K. Schwarzová-Pecková\*  
*Electrochemical study of 4-chloro-3-methylphenol on anodically pretreated boron-doped diamond electrode in the absence and presence of a cationic surfactant*  
Journal of Electroanalytical Chemistry 771 (2016) 1–9  
**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**



**[H10]** M. Brycht, S. Baluchová, A. Taylor, V. Mortet, S. Sedláková, L. Klimša, J. Kopeček, K. Schwarzová-Pecková\*

*Comparison of electrochemical performance of various boron-doped diamond electrodes: Dopamine sensing in biomimicking media used for cell cultivation*

Bioelectrochemistry 137 (2021) 107646

**IF = 5,760; P<sub>MEIN</sub> = 100**

**[H11]** S. Baluchová, M. Brycht, A. Taylor, V. Mortet, J. Krůšek, I. Dittert, S. Sedláková, L. Klimša, J. Kopeček, K. Schwarzová-Pecková\*

*Enhancing electroanalytical performance of porous boron-doped diamond electrodes by increasing thickness for dopamine detection*

Analytica Chimica Acta 1182 (2021) 338949

**IF = 6,991; P<sub>MEIN</sub> = 100**

## II. INFORMACJA O AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

### 1. WYKAZ OPUBLIKOWANYCH ARTYKUŁÓW W CZASOPISMACH NAUKOWYCH (Z ZAZNACZENIEM POZYCJI NIEWYMIENIONYCH W PKT I)

#### 1.1. Publikacje naukowe opublikowane w czasopismach z listy JCR i znajdujące się w aktualnym wykazie MEiN

IF – impact factor z 2021 roku; P<sub>MEiN</sub> – punkty z wykazu MEiN z 01.12.2021 roku; \* – autor korespondencyjny

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). D. Guziejewski\*, M. Brycht, S. Skrzypek, A. Nosal-Wiercińska, W. Ciesielski  
*Voltammetric determination of acibenzolar S-methyl using a renewable silver amalgam film electrode*  
Electroanalysis 24 (2012) 2303–2308  
**IF = 3,077; P<sub>MEiN</sub> = 70**
- 2). M. Brycht, O. Vajdle, J. Zbiljić, Z. Papp, V. Guzsvány\*, S. Skrzypek  
*Renewable silver-amalgam film electrode for direct cathodic SWV determination of clothianidin, nitenpyram and thiacloprid neonicotinoid insecticides reducible in a fairly negative potential range*  
International Journal of Electrochemical Science 7 (2012) 10652–10665  
**IF = 1,541; P<sub>MEiN</sub> = 40**
- 3). M. Brycht, S. Skrzypek\*, V. Guzsvány, J. Berenji  
*Conditioning of renewable silver amalgam film electrode for the characterization of clothianidin and its determination in selected samples by adsorptive square-wave voltammetry*  
Talanta 117 (2013) 242–249  
**IF = 6,556; P<sub>MEiN</sub> = 100**

- 4). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, A. Nosal-Wiercińska, S. Smarzewska, D. Guziejewski, W. Ciesielski, B. Burnat, A. Leniart  
*The new application of renewable silver amalgam film electrode for the electrochemical reduction of nitrile, cyazofamid, and its voltammetric determination in the real samples and in a commercial formulation*  
Electrochimica Acta 134 (2014) 302–308  
**IF = 7,336; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- 5). D. Guziejewski\*, **M. Brycht**, A. Nosal-Wiercińska, S. Smarzewska, W. Ciesielski, S. Skrzypek  
*Electrochemical study of the fungicide acibenzolar-S-methyl and its voltammetric determination in environmental sample*  
Journal of Environmental Science and Health, Part B 49 (2014) 550–556  
**IF = 0,454; P<sub>MEIN</sub> = 20**
- 6). S. Smarzewska\*, R. Metelka, D. Guziejewski, M. Skowron, S. Skrzypek, **M. Brycht**, W. Ciesielski  
*Voltammetric behaviour and quantitative determination of pesticide iminoctadine*  
Analytical Methods 6 (2014) 1884–1889  
**IF = 3,532; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 7). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, J. Robak, V. Guzsvány, O. Vajdle, J. Zbiljić, A. Nosal-Wiercińska, D. Guziejewski, G. Andrijewski  
*Ultra trace level determination of fenoxanil by highly sensitive square wave adsorptive stripping voltammetry in real samples with a renewable silver amalgam film electrode*  
Journal of Electroanalytical Chemistry 738 (2015) 69–76  
**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 8). **M. Brycht\***, B. Burnat, S. Skrzypek, V. Guzsvány, N. Gutowska, J. Robak, A. Nosal-Wiercińska  
*Voltammetric and corrosion studies of the fungicide fludioxonil*  
Electrochimica Acta 158 (2014) 287–297  
**IF = 7,336; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- 9). **M. Brycht**, S. Skrzypek, N. Karadas, S. Smarzewska, B. Bozal-Palabiyik, S.A. Özkan, B. Uslu\*  
*Voltammetric behavior and determination of antidepressant drug paroxetine at carbon based electrodes*  
IONICS 21 (2015) 2345–2354  
**IF = 2,961; P<sub>MEIN</sub> = 70**

- 10). A. Nosal-Wiercińska\*, M. Grochowski, M. Wiśniewska, K. Tyszczyk-Rotko, S. Skrzypek, **M. Brycht**, D. Guziejewski  
*The influence of protonation on the electroreduction of Bi(III) ions in chlorates (VII) solutions of different water activity*  
Electrocatalysis 6 (2015) 315–321  
**IF = 2,933; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 11). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kaczmarska, B. Burnat, A. Leniart, N. Gutowska  
*Square-wave voltammetric determination of fungicide fenfuram in real samples on bare boron-doped diamond electrode, and its corrosion properties on stainless steels used to produce agricultural tools*  
Electrochimica Acta 169 (2015) 117–125  
**IF = 7,336; P<sub>MEIN</sub> = 100**

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). B. Burnat\*, J. Robak, D. Batory, A. Leniart, I. Piwoński, S. Skrzypek, **M. Brycht**  
*Surface characterization, corrosion properties and bioactivity of Ca-doped TiO<sub>2</sub> coatings for biomedical applications*  
Surface & Coatings Technology 280 (2015) 291–300  
**IF = 4,865; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- 2). **M. Brycht\***, T. Özmen, B. Burnat, K. Kaczmarska, A. Leniart, M. Taştekin, E. Kılıç, S. Skrzypek  
*Voltammetric behavior, quantitative determination, and corrosion investigation of herbicide bromacil*  
Journal of Electroanalytical Chemistry 770 (2016) 6–13  
**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 3). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek  
*Voltammetric determination of the herbicide protham on glassy carbon electrode modified with multi-walled carbon nanotubes*  
Sensors and Actuators B: Chemical 231 (2016) 54–63  
**IF = 9,221; P<sub>MEIN</sub> = 140**

- 4). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Nosal-Wiercińska, S. Skrzypek  
*New sensitive square-wave adsorptive stripping voltammetric determination of pesticide chlornitrofen, and an evaluation of its corrosivity towards steel agricultural equipment*  
Journal of Electroanalytical Chemistry 777 (2016) 8–18  
**IF = 4,598; P<sub>MEiN</sub> = 70**
- 5). A. Nosal-Wiercińska\*, M. Wiśniewska, M. Grochowski W. Kaliszczak, S. Skrzypek, **M. Brycht**, D. Guziejewski, W. Franus  
*The effect of homocysteine and homocystine protonation on double-layer parameters at the electrode/chlorates(VII) interface*, Adsorption Science & Technology 35 (2017) 396–402  
**IF = 4,373; P<sub>MEiN</sub> = 40**
- 6). J. Robak, B. Burnat, A. Leniart, A. Kisielewska, **M. Brycht**, S. Skrzypek\*  
*The effect of carbon material on the electroanalytical determination of 4-chloro-3-methylphenol using the sol-gel derived carbon ceramic electrodes*  
Sensors and Actuators B: Chemical 236 (2016) 318–325  
**IF = 9,221; P<sub>MEiN</sub> = 140**
- 7). S. Smarzewska\*, N. Festinger, M. Skowron, D. Guziejewski, R. Metelka, **M. Brycht**, W. Ciesielski  
*Voltammetric analysis of disulfiram in pharmaceuticals with cyclic renewable silver amalgam film electrode*  
Turkish Journal of Chemistry 41 (2017) 116–124  
**IF = 1,151; P<sub>MEiN</sub> = 40**
- 8). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek  
*Differential pulse voltammetric determination of immunosuppressive drug teriflunomide on edge plane pyrolytic graphite electrode*  
RSC Advances 7 (2017) 26028–26036  
**IF = 4,036; P<sub>MEiN</sub> = 100**
- 9). **M. Brycht\***, A. Nosal-Wiercińska, K. Sipa, K. Rudnicki, S. Skrzypek  
*Electrochemical determination of closantel in the commercial formulation by square-wave adsorptive stripping voltammetry*  
Monatshefte für Chemie 148 (2017) 463–472.  
**IF = 1,613; P<sub>MEiN</sub> = 40**

- 10). **M. Brycht\***, A. Leniart, J. Robak, B. Burnat, K. Kaczmarska, K. Sipa, S. Skrzypek  
*First electrochemical study of the fungicide oxycarboxin*  
International Journal of Environmental Analytical Chemistry 97 (2017) 1298–1314  
**IF = 2,731; P<sub>MEIN</sub> = 40**
- 11). **M. Brycht\***, O. Vajdle, K. Sipa, J. Robak, K. Rudnicki, J. Piechocka, A. Tasić, S. Skrzypek, V. Guzsany\*  
*β-Cyclodextrin and multiwalled carbon nanotubes modified boron-doped diamond electrode for voltammetric assay of carbendazim and its corrosion inhibition behavior on stainless steel*  
IONICS 24 (2018) 923–934  
**IF = 2,961; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 12). K. Sipa, **M. Brycht**, A. Leniart, P. Urbaniak, A. Nosal-Wiercińska, B. Pałecz, S. Skrzypek\*  
*β-Cyclodextrins incorporated multi-walled carbon nanotubes modified electrode for the voltammetric determination of the pesticide dichlorophen*  
Talanta 176 (2018) 625–634  
**IF = 6,556; P<sub>MEIN</sub> = 100**
- 13). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek  
*An application of a glassy carbon electrode and a glassy carbon electrode modified with multi-walled carbon nanotubes in electroanalytical determination of oxycarboxin*  
IONICS 24 (2018) 2111–2121  
**IF = 2,961; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 14). K. Sipa, **M. Brycht\***, S. Skrzypek  
*The effect of the supporting electrolyte on the voltammetric determination of the veterinary drug nitroxinil*, Journal of Electroanalytical Chemistry 827 (2018) 21–26  
**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 15). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek  
*The application of carbon nanomaterials as electrode surface modifiers for the voltammetric sensing of nitroxinil – A comparative study*  
Journal of Electroanalytical Chemistry 848 (2019) 113294  
**IF = 4,598; P<sub>MEIN</sub> = 70**

- 16). W. Kaliszczak, M. Grochowski, A. Nosal-Wiercińska, **M. Brycht**, D. Chęcińska-Majak, B. Gołębiowska  
*Effect of azathioprine on the parameters of double Hg/chlorate(VII) interface layer in the presence of nonionic surfactants*, Physicochemical Problems of Mineral Processing 55 (2019) 1350–1356.  
**IF = 1,047; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 17). **M. Brycht\***, K. Konecka, K. Sipa, S. Skrzypek, V. Mirčeski  
*Electroanalysis of the anthelmintic drug bithionol at edge plane pyrolytic graphite electrode*  
Electroanalysis 31 (2019) 2246–2253  
**IF = 3,077; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 18). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Domagała, K. Kaczmarek, K. Kalcher, S. Skrzypek  
*A sensitive sensor based on single-walled carbon nanotubes: its preparation, characterization and application in the electrochemical determination of drug clorsulon in milk samples*  
Electroanalysis 32 (2020) 375–383  
**IF = 3,077; P<sub>MEIN</sub> = 70**
- 19). K. Rudnicki\*, K. Sipa, **M. Brycht**, P. Borgul, L. Poltorak\*, S. Skrzypek  
*Electrochemical sensing of fluoroquinolone antibiotics (review)*  
TRAC – Trends in Analytical Chemistry 128 (2020) 115907  
**IF = 14,908; P<sub>MEIN</sub> = 140**
- 20). **M. Brycht**, A. Łukawska, M. Frühbauerová, K. Pravcová, R. Metelka, S. Skrzypek, M Sýs\*  
*Rapid monitoring of fungicide fenhexamid residues in selected berries and wine grapes by square-wave voltammetry at carbon-based electrodes*  
Food Chemistry 338 (2021) 127975  
**IF = 9,231; P<sub>MEIN</sub> = 200**
- 21). B. Burnat\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek  
*Carbon black-modified carbon ceramic electrode – its fabrication, characterization, and electroanalytical performance*  
Diamond and Related Materials 130 (2022) 109513  
**IF = 3,806; P<sub>MEIN</sub> = 100**

- 22).** **M. Brycht\***, Ł. Półtorak, S. Baluchová, K. Sipa, P. Borgul, K. Rudnicki, S. Skrzypek  
*Electrochemistry as a powerful tool in investigations of antineoplastic agents: a comprehensive review*  
Critical Reviews in Analytical Chemistry (2022) DOI: 10.1080/10408347.2022.2106117  
**IF = 5,686; P<sub>MEiN</sub> = 100**

**1.2. Publikacje naukowe w czasopismach spoza listy JCR i nieznajdujące się w aktualnym wykazie MEiN**

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1).** B. Burnat\*, J. Robak, A. Leniart, S. Skrzypek, **M. Brycht**  
*Corrosion properties of Ca-doped TiO<sub>2</sub> coatings*  
Engineering of Biomaterials 128–129 (2014) 100–102

Po uzyskaniu stopnia doktora (publikacje indeksowane w Web of Science):

- 1).** **M. Brycht\***, B. Burnat, S. Skrzypek  
*Square-wave adsorptive stripping voltammetric determination of pesticide chlornitrofen, and its corrosion properties on stainless steels used to produce agricultural tools*  
Proceedings of 36<sup>th</sup> International Conference on Modern Electrochemical Methods (2016)  
23–27
- 2).** J. Vosahlova\*, **M. Brycht**, S. Baluchová, J. Krůšek, I. Dittert, V. Mortet, A. Taylor, L. Klimša, J. Kopeček, K. Schwarzová-Pecková  
*Fabrication, morphology, and electrochemical properties of boron doped diamond microelectrodes on tungsten supports*  
Proceedings of 15<sup>th</sup> International Students Conference Modern Analytical Chemistry (2019)  
226–231



- 3). **M. Brycht\***, J. Vosáhlová, K. Schwarzová-Pecková, A. Taylor, L. Klimša, J. Kopeček, I. Dittert, J. Krůšek  
*Boron-doped diamond microelectrodes fabricated by microwave plasma enhanced chemical vapour deposition process with linear antenna delivery*  
Proceedings of 39<sup>th</sup> International Conference on Modern Electrochemical Methods (2019)  
22–26
- 4). **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek  
*Voltammetric determination of forchlorfenuron at carbon-based electrodes*  
Proceedings of 40<sup>th</sup> International Conference on Modern Electrochemical Methods (2021)  
31–35

## 2. WYKAZ OPUBLIKOWANYCH ROZDZIAŁÓW W MONOGRAFIACH NAUKOWYCH

### 2.1. Rozdziały w monografiach naukowych opublikowane w czasopismach znajdujących się w aktualnym wykazie MEiN wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe

P<sub>MEiN</sub> – punkty z wykazu MEiN z 01.12.2021 roku

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek\*  
*Analiza woltamperometryczna leków przeciwnowotworowych*  
Bioanalityka w nauce i życiu (red. I. Staneczko-Baranowska, B. Buszewski), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2020, ISBN: 978-83-01-21282-7, tom 2, rozdział 34, str. 523–538  
P<sub>MEiN</sub> = 20

- 2). P. Borgul, K. Rudnicki, K. Sipa, **M. Brycht**, S. Skrzypek, Ł. Póttorak\*  
*Od elektrod węglowych do spolaryzowanych granic cieczowych. Praca przeglądowa dotycząca elektrochemicznego oznaczania antybiotyków fluorochinolonowych*  
Biomedycyna, środowisko i zdrowie. Teoria i praktyka (red. M. Naumowicz), Wydawnictwo Naukowe ArchaeGraph Diana Łukomiak, Łódź – Kielce, **2020**, ISBN: 978-83-66709-16-4, str. 31–44

**P<sub>MEiN</sub> = 20**

- 3). **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek\*  
*Application of solid carbon electrodes in voltammetric (bio)analysis of selected cytostatic drugs*  
Handbook of Bioanalytics (red. I. Staneczko-Baranowska, B. Buszewski), Springer, **2022**, ISBN: 978-3-030-63957-0 (książka drukowana), 978-3-030-95659-2 (eBook), str. 523–538

**P<sub>MEiN</sub> = 20**

## 2.2. Rozdziały w monografiach naukowych opublikowane w czasopiśmie innych niż znajdujące się w aktualnym wykazie MEiN wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe

### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). S. Smarzewska\*, R. Metelka, D. Guziejewski, M. Skowron, S. Skrzypek, **M. Brycht**, W. Ciesielski  
*Woltamperometryczne badania iminoktadyny*  
Problemy współczesnej elektrochemii (red. W.W. Kubiak, B. Baś), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2014**, ISBN: 978-83-63663-43-8, str. 179–183
- 2). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kaczmarska, B. Burnat, A. Leniart, S. Smarzewska  
*Woltamperometryczne i korozyjne badania pestycydu fenfuram*  
Elektrochemia stosowana (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2015**, ISBN: 978-83-63663-58-2, str. 121–140

- 3). A. Leniart\*, S. Skrzypek, B. Burnat, **M. Brycht**, S. Domagała, G. Andrijewski  
*Redukcja jonów Pd(II) i Ni(II) na polikrystalicznej elektrodzie złotem*  
Elektrochemia stosowana (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2015**, ISBN: 978-83-63663-58-2, str. 195–203

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). J. Robak\*, B. Burnat, A. Leniart, **M. Brycht**, S. Skrzypek  
*Ceramiczne elektrody węglowe (CCE) modyfikowane nanorurkami węglowymi*  
Postępy elektroanalizy (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2016**, ISBN: 978-83-63663-78-0, str. 63–72
- 2). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek  
*Zastosowanie elektrody z węgla szklanego zmodyfikowanego nanorurkami węglowymi do oznaczania profamu*  
Postępy elektroanalizy (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2016**, ISBN: 978-83-63663-78-0, str. 103–114
- 3). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek  
*Analiza woltamperometryczna wybranych pestycydów z ugrupowaniem nitrylowym na elektrodzie srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra*  
Postępy elektroanalizy (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2016**, ISBN: 978-83-63663-78-0, str. 123–132
- 4). K. Sipa, **M. Brycht\***, A. Leniart, B. Pałecz, S. Skrzypek  
*Elektroda z węgla szklanego modyfikowana  $\beta$ -cyklodekstrynami i wielościennymi nanorurkami węglowymi do woltamperometrycznego badania pestycydu dichlorofen*  
Nowe strategie w analizie elektrochemicznej (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2017**, ISBN: 978-83-63663-90-2, str. 145–159
- 5). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek  
*Woltamperometryczne oznaczanie oksykarboksyny na powierzchniowo zmodyfikowanej elektrodzie z węgla szklanego nanorurkami węglowymi*  
Nowe strategie w analizie elektrochemicznej (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak), Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2017**, ISBN: 978-83-63663-90-2, str. 245–255

- 6). K. Kaczmarek, **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek  
*Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego do woltamperometrycznego badania i oznaczania teriflunomidu*  
Nowe strategie w analizie elektrochemicznej (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak),  
Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2017**, ISBN: 978-83-63663-90-2, str. 257–270
- 7). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Schwarzová-Pecková  
*Zastosowanie elektrod diamentowych domieszkowanych borem aktywowanych anodowo w woltamperometrycznym badaniu i oznaczaniu 4-chloro-3-metylofenolu*  
Nowe strategie w analizie elektrochemicznej (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak),  
Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2017**, ISBN: 978-83-63663-90-2, str. 271–287
- 8). K. Konecka, **M. Brycht\***, S. Skrzypek  
*Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego modyfikowanej nanopłytami grafenu do woltamperometrycznego badania i oznaczania kwasu oksolinowego*  
Nowe trendy w fizykochemicznych badaniach granic faz (red. M. Drach), Bema Graphics S.C.,  
Lublin, **2018**, ISBN: 978-83-60988-25-1, str. 303–316
- 9). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek  
*Oznaczanie metfuroksamu techniką woltamperometrii fali prostokątnej na elektrodzie z pasty węglowej na bazie proszku grafitowego*  
Współczesne metody i sensory elektrochemiczne (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak),  
Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2018**, ISBN: 978-83-65955-09-8, str. 111–120
- 10). K. Sipa, **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek  
*Woltamperometryczne oznaczanie pestycydu metobromuron*  
Nowe trendy w fizykochemicznych badaniach granic faz (red. M. Drach), Bema Graphics S.C.,  
Lublin, **2018**, ISBN: 978-83-60988-25-1, str. 335–346
- 11). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, K. Kaczmarek, S. Skrzypek  
*Właściwości topograficzne i elektrochemiczne elektrod z węgla szklanego zmodyfikowanych wielościennymi nanorurkami węglowymi i palladem*  
Elektroanaliza – sensory i metody pomiarowe (red. B. Baś, M. Jakubowska, W.W. Kubiak),  
Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, **2019**, ISBN: 978-83-65955-36-4, str. 59–71

### 3. INFORMACJA O WYSTĄPIENIACH NA KRAJOWYCH I MIĘDZYNARODOWYCH KONFERENCJACH NAUKOWYCH

#### 3.1. Konferencje naukowe – osoba prezentująca

##### 3.1.1. Wykłady na zaproszenie na konferencjach naukowych

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, K. Sipa, S. Skrzypek, *Zastosowania grafenu i nanorurek węglowych w analizie woltamperometrycznej pestycydów*, V Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, Lublin, 05–06.04.2018
- 2). **M. Brycht\***, J. Vosáhlová, K. Schwarzová, A. Taylor, I. Dittert, J. Krůšek, *Boron-doped diamond macro/microelectrodes for dopamine sensing*, 2<sup>nd</sup> Cross-Border Seminar on Electroanalytical Chemistry (CBSEC), České Budějovice, Czechy, 10–12.04.2019
- 3). **M. Brycht\***, *Materiały na bazie diamentu domieszkowanego borem – czynniki wpływające na ich właściwości i wydajność elektrochemiczną*, XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2022), Łódź, 19–23.06.2022

##### 3.1.2. Komunikaty ustne na konferencjach naukowych

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, D. Guziejewski, S. Skrzypek, *Comparison of hanging mercury drop electrode and renewable silver amalgam film electrode in voltammetric determination of acibenzolar-S-methyl*, 19<sup>th</sup> Young Investigators’ Seminar on Analytical Chemistry, Nowa Gorica, Słowenia, 27–30.06.2012
- 2). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, V. Guzsány, J. Berenji, *Direct determination of clothianidin insecticide in selected samples by square-wave adsorptive stripping voltammetry*, 20<sup>th</sup> Young Investigators’ Seminar on Analytical Chemistry, Maribor, Słowenia, 26–29.06.2013

- 3). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, W. Ciesielski, *Woltamperometryczne oznaczanie wybranych pestycydów z ugrupowaniem nitylowym*, 56. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Siedlce, 16–20.09.2013
- 4). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, S. Smarzewska, B. Uslu, S.A. Özkan, *Voltammetric investigation of antidepressant drug paroxetine at boron doped diamond electrode*, 21<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Pardubice, Czechy, 25–28.06.2014
- 5). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, V. Guzsvány, *Silver amalgam film electrode in voltammetric determination of selected pesticides containing functional nitrile groups*, 10<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 12–15.11.2014
- 6). **M. Brycht\***, T. Özmen, B. Burnat, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of herbicide bromacil on bare boron-doped diamond electrode, and its corrosion properties on stainless steels used to produce agricultural tools*, 22<sup>nd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Łódź, 30.06–04.07.2015

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, T. Özmen, B. Burnat, S. Skrzypek, *Voltammetric and corrosion studies of pesticide bromacil*, 2<sup>nd</sup> Łódź-Giessen Chemistry Workshop, Giessen, Niemcy, 25–30.09.2015
- 2). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, *New highly sensitive determination of pesticide chlornitrofen by means of square-wave adsorptive stripping voltammetry on renewable silver amalgam film electrode*, 11<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 11–14.11.2015
- 3). **M. Brycht\***, B. Burnat, S. Skrzypek, *Square-wave adsorptive stripping voltammetric determination of pesticide chlornitrofen, and its corrosion properties on stainless steels used to produce agricultural tools*, 36<sup>th</sup> Modern Electrochemical Methods, Jetřichovice, Czechy, 23–27.05.2016
- 4). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Schwarzová-Pecková, J. Barek, *Elektrody diamentowe domieszkowane borem aktywowane anodowo metodą in situ w woltamperometrycznym badaniu i oznaczaniu 4-chloro-3-metylofenolu*, XV Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 02–03.06.2016

- 5). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Application of thermally reduced graphene oxide paste electrode in voltammetric studies of pesticide naptalam*, 12<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 14–17.11.2016
- 6). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Wytwarzanie, charakterystyka i zastosowanie pastowych elektrod grafenowych*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 23–26.04.2017
- 7). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Elektrody pastowe na bazie zredukowanych tlenków grafenu wytworzonych metodami termicznymi w atmosferze argonu i w powietrzu*, XVI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 01–02.06.2017
- 8). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Preparation and characterization of thermally reduced graphene oxide paste electrode, and its application in voltammetric analysis of 4-chloro-3,5-dimethylphenol*, 15<sup>th</sup> International Congress of Young Chemists “YoungChem2017”, Lublin, 11–15.10.2017
- 9). **M. Brycht\***, J. Vosáhlová, K. Schwarzová-Pecková, A. Taylor, L. Klimša, J. Kopeček, I. Dittert, J. Krůšek, *Boron-doped diamond microelectrodes fabricated by microwave plasma enhanced chemical vapour deposition process with linear antenna delivery*, 39<sup>th</sup> Modern Electrochemical Methods, Jetřichovice, Czechy, 20–24.05.2019
- 10). **M. Brycht\***, S. Baluchová, K. Schwarzová, A. Taylor, V. Mortet, *Morphological, spectral, and electrochemical characterization of boron-doped diamond electrodes, and their application in the sensing of neurotransmitter dopamine*, 52<sup>nd</sup> Heyrovsky Discussions: Electrochemistry of Organic Compounds and Biopolymers, Liblice, Czechy, 16–20.06.2019
- 11). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, *Influence of surface pretreatment of planar boron-doped diamond electrode on fenhexamid sensing*, 63. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, konferencja online, 13–16.09.2021
- 12). **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek, *Voltammetric Determination of forchlorfenuron at carbon-based electrodes*, 40<sup>th</sup> International Conference on Modern Electrochemical Methods, Jetřichovice, Czechy, 08–12.11.2021

- 13). **M. Brycht\***, S. Baluchová, A. Taylor, S. Sedláková, V. Mortet, K. Schwarzová-Pecková, *Dopamine sensing on novel porous boron-doped diamond electrodes with various thickness*, 4<sup>th</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2022), konferencja online, 23–27.03.2022
- 14). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek, *The effect of surface pre-treatment of a planar boron-doped diamond electrode on the electrochemical response of fenhexamid*, 9<sup>th</sup> Kurt Schwabe Symposium, Graz, Austria, 13.07.2022
- 15). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek, *Porównanie wpływu polerowania mechanicznego oraz aktywacji elektrochemicznej powierzchni elektrody diamentowej domieszkowanej borem na woltamperometryczne oznaczanie wybranych pestycydów*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 16–20.04.2023
- 16). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek, *The influence of the surface pretreatment of a boron-doped diamond electrode on the determination of selected pesticides*, XXI Euroanalysis, Genewa, Szwajcaria, 27–31.08.2023

### 3.1.3. Postery na konferencjach naukowych

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, O. Vajdle, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badanie i oznaczanie tiachloprydu z użyciem elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra*, III Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 12.06.2012
- 2). **M. Brycht\***, D. Guziejewski, S. Skrzypek, *Square wave adsorptive stripping voltammetric determination of acibenzolar-S-methyl using hanging mercury drop electrode HMDE*, A thematic workshop: Instrumental Analytical Methods for Environmental Monitoring, Nowa Gorica, Słowenia, 22–23.06.2012
- 3). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, A. Nosal-Wiercińska, W. Ciesielski, *Elektroda srebrna z odnawialnym filmem amalgamatu srebra do woltamperometrycznego oznaczania cyjazofamidu*, I Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 18–19.04.2013



- 4). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, S. Smarzewska, B. Uslu, S.A. Özkan, *Voltammetric determination of paroxetine at boron-doped diamond electrode*, 16<sup>th</sup> JCF – Frühjahrssymposium, Jena, Niemcy, 26–29.03.2014
- 5). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, S. Smarzewska, B. Uslu, S.A. Özkan, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym badaniu paroksetyny*, II Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 07–08.05.2014
- 6). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, B. Burnat, D. Guziejewski, A. Nosal-Wiercińska, G. Andrijewski, *Elektroda srebrna z odnawialnym filmem amalgamatu srebra w woltamperometrycznym badaniu herbicydu chlornitrofen*, 57. Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Częstochowa, 14–18.09.2014
- 7). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, B. Burnat, K. Paradowska, K. Rudnicki, G. Andrijewski, *Woltamperometryczne (SWV) badanie insektycydu closantel na elektrodzie srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra*, 57. Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Częstochowa, 14–18.09.2014
- 8). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, B. Burnat, A. Leniart, K. Kaczmarska, K. Józwiak, G. Andrijewski, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym badaniu fenfuramu*, 57. Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Częstochowa, 14–18.09.2014
- 9). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, B. Burnat, J. Robak, *Woltamperometryczne i korozyjne badania fungicydu fludioksonil*, III Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 27–28.04.2015

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek, P. Obrębalska, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem do woltamperometrycznego badania oksykarboksyny*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015
- 2). **M. Brycht\***, J. Barek, S. Skrzypek, K. Schwarzová-Pecková, *Electrochemical study of 4-chloro-3-methylphenol on anodically pretreated boron doped diamond electrode*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015

- 3). **M. Brycht\***, T. Özmen, B. Burnat, K. Kaczmarska, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne i korozyjne badania herbicydu bromacil*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015
- 4). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, *Badanie elektrochemicznej aktywności innowacyjnych pastowych elektrod grafenowych na bazie zredukowanego tlenku grafenu dla potrzeb analityki*, XV Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 02–03.06.2016
- 5). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, J. Zavašnik, A. Leniart, K. Wasiński, P. Pótrolniczak, *The study of the electrochemical activity of the reduced graphene oxide paste electrode*, 7<sup>th</sup> Kurt Schwabe Symposium, Mittweida, Niemcy, 04–07.09.2016
- 6). **M. Brycht\***, A. Leniart, B. Burnat, S. Skrzypek, *Solid carbon-based electrodes in square-wave voltammetric determination of the fungicide oxycarboxin*, 7<sup>th</sup> Kurt Schwabe Symposium, Mittweida, Niemcy, 04–07.09.2016
- 7). K. Sipa, **M. Brycht\***, A. Leniart, B. Pałecz, S. Skrzypek, *Application of glassy carbon electrode modified with  $\beta$ -CDs and MWCNTs composite in SWAdSV studies of pesticide dichlorophen*, 7<sup>th</sup> Kurt Schwabe Symposium, Mittweida, Niemcy, 04–07.09.2016
- 8). K. Kaczmarska, **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of immunosuppressive drug teriflunomide on edge-plane pyrolytic graphite electrode*, 7<sup>th</sup> Kurt Schwabe Symposium, Mittweida, Niemcy, 04–07.09.2016
- 9). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, A. Leniart, A. Nosal-Wiercińska, *Pastowe elektrody węglowe na bazie grafitu i grafenu – porównanie właściwości elektrochemicznych na przykładzie pestycydu naptalam*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 23–26.04.2017
- 10). **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Woltamperometryczne oznaczanie 4-chloro-3,5-dimetylofenolu na elektrodach pastowych na bazie grafitu i grafenu*, XVI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 01–02.06.2017
- 11). **M. Brycht\***, A. Nosal-Wiercińska, S. Skrzypek, A. Leniart, K. Kalcher, *Woltamperometryczne oznaczanie pestycydu naftalam na elektrodach pastowych na bazie grafitu i grafenu*, XVI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 01–02.06.2017

- 12). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Thermally reduced graphene oxide paste electrode in voltammetric analysis of 4-chloro-3,5-dimethylphenol*, 17<sup>th</sup> International Conference on Electroanalysis (ESEAC 2018), Rodos, Grecja, 03–07.06.2018
- 13). **M. Brycht\***, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Preparation and characterization of the thermally reduced graphene oxide paste electrode, and its application in voltammetric analysis of pesticide naptalam*, 17<sup>th</sup> International Conference on Electroanalysis (ESEAC 2018), Rodos, Grecja, 03–07.06.2018
- 14). **M. Brycht\***, K. Konecka, A. Leniart, S. Skrzypek, *Analiza woltamperometryczna leku przeciwpasożytniczego bitionol z zastosowaniem elektrody z grafitu pirolitycznego*, VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, Lublin, 05–06.04.2019
- 15). **M. Brycht\***, J. Vosáhlová, K. Schwarzová, A. Taylor, V. Mortet, I. Dittert, J. Krůšek, *Bio-sensing of dopamine and its precursors using boron-doped diamond microelectrodes*, XXV International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics, Limerick, Irlandia, 26–30.05.2019
- 16). **M. Brycht\***, A. Leniart, S. Skrzypek, *Badanie wpływu wstępnej obróbki powierzchni elektrody diamentowej domieszkowanej borem na oznaczanie fenheksamidu*, VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, konferencja online, 14.10.2021
- 17). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne oznaczanie fenheksamidu na nieaktywowanej i aktywowanej elektrochemicznie elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2022), Łódź, 19–23.06.2022
- 18). **M. Brycht\***, A. Leniart, B. Burnat, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of plant growth regulator forchlorfenuron at carbon-based electrodes*, 8<sup>th</sup> Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe (RSE-SEE 8), Graz, Austria, 11–15.07.2022
- 19). **M. Brycht\***, W. Janczak, A. Leniart, B. Burnat, S. Skrzypek, *Ocena możliwości jednoczesnego woltamperometrycznego oznaczania wybranych fungicydów na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 16–20.04.2023

- 20). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek, *Szybka i efektywna metoda monitorowania pozostałości fungicydu fenheksamid w borówce amerykańskiej*, X Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Innowacje w Praktyce", Lublin, 15–16.06.2023
- 21). **M. Brycht\***, B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek, *Simultaneous voltammetric determination of prothioconazole and bixafen on a boron-doped diamond electrode*, XXI Euroanalysis, Genewa, Szwajcaria, 27–31.08.2023

### 3.2. Konferencje naukowe – współautor

#### 3.2.1. Wykłady na zaproszenie na konferencjach naukowych

##### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). S. Skrzypek\*, **M. Brycht**, A. Leniart, B. Burnat, K. Sipa, K. Kaczmarek, J. Robak, *Zastosowanie elektrod stałych w woltamperometrycznym badaniu wybranych pestycydów*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 23–26.04.2017
- 2). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, *Woltamperometryczne badania wybranych pestycydów*, IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Innowacje w praktyce", Lublin, 23–24.11.2017
- 3). **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek\*, *Techniki woltamperometryczne w analizie wybranych związków biologicznie czynnych*, XXII Konferencja "Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej", Łódź, 11–12.12.2017
- 4). S. Skrzypek\*, **M. Brycht**, K. Konecka, A. Nosal-Wiercińska, *New generation of carbon-based sensors in voltammetric determination of biologically active compounds*, 12<sup>th</sup> International Symposium on Pharmaceutical Sciences (ISOPS–12), Ankara, Turcja, 26–29.06.2018
- 5). S. Skrzypek\*, **M. Brycht**, *Nanomateriały węglowe w analizie woltamperometrycznej pestycydów*, X Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2018), Lublin, 01–05.07.2018
- 6). S. Skrzypek\*, K. Sipa, **M. Brycht**, *Application of ultra-trace graphite electrode modified with graphene nanoplatelets in electroanalysis of metobromuron*, 1<sup>st</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2019), Antalya, Turcja, 27–30.03.2019

- 7). S. Skrzypek\*, **M. Brycht**, K. Konecka, A. Nosal-Wiercińska, *Carbon-based sensors in voltammetric determination of drugs*, 1<sup>st</sup> International Conference on Preventive Medicine (ICPM 2020), Antalya, Turcja, 12–14.11.2019
- 8). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, Ł. Półtorak, S. Domagała, S. Skrzypek, *Konwencjonalne i niekonwencjonalne techniki elektrochemiczne w badaniach wybranych leków weterynaryjnych*, I Ogólnopolskie Sympozjum Studentów Chemii “Uwiedzeni Chemią”, Warszawa, 06–08.03.2020
- 9). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, *Fenhexamid sensing on planar boron-doped diamond electrode*, 4<sup>th</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2022), konferencja online, 23-27.03.2022

### 3.2.2. Komunikaty ustne na konferencjach naukowych

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). O. Vajdle\*, **M. Brycht**, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Silver-amalgam based electrode for direct cathodic voltammetric determination of thiacloprid and clothianidin insecticides*, 19<sup>th</sup> Young Investigators’ Seminar on Analytical Chemistry, Nowa Gorica, Słowenia, 27–30.06.2012
- 2). O. Vajdle\*, **M. Brycht**, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of fenoxanil fungicide by renewable silver-amalgam film electrode*, Joint event of 11<sup>th</sup> Young Researchers Conference: Materials Science and Engineering and 1<sup>st</sup> European Early Stage Researchers Conference on Hydrogen Storage, Belgrad, Serbia, 03–05.12.2012
- 3). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, A. Nosal–Wiercińska, *Zastosowanie elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra do redukcji związków z grupą nitrylową*, XIII Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 05–06.06.2014
- 4). P. Lochyński\*, J. Berek, K. Schwarzová-Pecková, **M. Brycht**, K. Kuczewski, *Boron doped diamond electrodes: Influence of the presence of CTAB on the determination of selected chlorophenol pollutants*, XXXIX Międzynarodowe Seminarium Naukowo-Techniczne “Chemistry for Agriculture”, Karpacz, 23–26.11.2014

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Zastosowanie elektrody diamentowej domieszkowanej borem do voltamperometrycznego badania i oznaczania wybranych pestycydów*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015
- 2). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, B. Uslu, S.A. Özkan, S. Skrzypek, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w voltamperometrycznym badaniu leku cytostatycznego imatynib*, II Toruńskie Sympozjum Doktorantów Nauk Przyrodniczych, Toruń, 15–17.04.2016
- 3). A. Leniart\*, **M. Brycht**, P. Obrębalska, B. Burnat, S. Skrzypek, *Zastosowanie elektrody z węgla szklanego zmodyfikowanej nanorurkami węglowymi do oznaczenia oksykarboksyny*, XV Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 02–03.06.2016.
- 4). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, B. Uslu, S.A. Özkan, S. Skrzypek, *The application of very high positive potential on the BDD electrode surface for the characterization of imatinib and its DPV determination in urine samples*, 23<sup>rd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Nowy Sad, Serbia, 28.06–01.07.2016
- 5). K. Sipa\*, **M. Brycht**, B. Pałecz, S. Skrzypek, *The applications of electrode modified with a composite made from  $\beta$ -cyclodextrin and carbon nanotubes for determination of dichlorophen*, 23<sup>rd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Nowy Sad, Serbia, 28.06–01.07.2016
- 6). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego do voltamperometrycznego oznaczania leku immunosupresyjnego teryflunomid*, XLV Ogólnopolska Szkoła Chemii: “Chemia na fali”, Rozewie, 10–14.11.2016
- 7). K. Sipa\*, **M. Brycht**, P. Urbaniak, A. Leniart, B. Pałecz, S. Skrzypek, *Electrochemical sensor based on  $\beta$ -cyclodextrins assembled with multi-walled carbon nanotubes for voltammetric determination of pesticide dichlorophen*, 12<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 14–17.11.2016
- 8). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Przyjazne środowisku elektrody węglowe w voltamperometrii związków organicznych*, III Ogólnopolskie Seminarium Naukowe “Zielone Idee 21. Wieku”, Poznań, 30.03.2017

- 9). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badanie i oznaczanie wybranych leków z zastosowaniem elektrody z grafitu pirolitycznego*, III Toruńskie Sympozjum Doktorantów Nauk Przyrodniczych, Toruń, 01–02.04.2017
- 10). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne oznaczanie antybiotyku chinolonowego na niemodyfikowanej i modyfikowanej elektrodzie z grafitu pirolitycznego*, X Międzyuczelniane Seminarium Kół Naukowych, Warszawa, 18–19.05.2017
- 11). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, M. Wrońska, S. Domagała, S. Skrzypek, *Zastosowanie technik woltamperometrycznych (SWV/SWAdSV) do oznaczania antybiotyków weterynaryjnych w próbkach środowiskowych i w preparacie handlowym*, X Międzyuczelniane Seminarium Kół Naukowych, Warszawa, 18–19.05.2017
- 12). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Elektroda grafitowa niemodyfikowana i modyfikowana nanopłytkami grafenu w woltamperometrycznym badaniu pestycydu metobromuron*, XVI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 01–02.06.2017
- 13). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, K. Sipa, *Modification of edge plane pyrolytic graphite electrode with graphene nanoplatelets for fabrication of highly sensitive electrochemical sensor*, 24<sup>th</sup> Young Investigators Seminar on Analytical Chemistry, Wenecja, Włochy, 28–30.06.2017
- 14). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, K. Kaczmarska, S. Skrzypek, *Preparation, characterization, and electrochemical application of ultra-trace graphite electrode modified with nanomaterials*, 24<sup>th</sup> Young Investigators Seminar on Analytical Chemistry, Wenecja, Włochy, 28–30.06.2017
- 15). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Elektrody przyjazne środowisku w analizie woltamperometrycznej wybranego pestycydu*, VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Pomiędzy Naukami”, Chorzów, 15.09.2017
- 16). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *An application of voltammetric techniques (SWV and SWAdSV) in determination of pesticides dichlorophen and metobromuron using innovative modified electrodes*, 15<sup>th</sup> International Congress of Young Chemists “YoungChem2017”, Lublin, 11–15.10.2017
- 17). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Electrochemical sensor based on graphene nanoplatelets for determination of quinolone antibiotic, oxolinic acid*, 15<sup>th</sup> International Congress of Young Chemists “YoungChem2017”, Lublin, 11–15.10.2017

- 18). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of metobromuron using modified ultra-trace graphite electrode*, 12<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 14–17.11.2017
- 19). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektroda z grafitu pirolitycznego jako narzędzie w voltamperometrycznym oznaczaniu wybranych leków*, IV Poznańskie Sympozjum Młodych Naukowców, Poznań, 18.11.2017
- 20). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, M. Wrońska, S. Domagała, S. Skrzypek, *The application of voltammetric techniques (SWV/SWAdSV) for the determination of veterinary drugs in environmental samples and the commercial formulation*, International Seminar on Organic Materials & Interfaces, Delft, Holandia, 27.02.2018
- 21). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *The application of carbon-based electrodes modified with MWCNTs and GNPs for the sensitive voltammetric determination of selected pesticides*, 7<sup>th</sup> European Young Engineers Conference (EYEC), Warszawa, 23–25.04.2018
- 22). K. Sipa, **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, *Ultra trace graphite electrode modified with graphene nanoplatelets – its preparation, characterization, and analytical application*, 17<sup>th</sup> International Conference on Electroanalysis (ESEAC 2018), Rodos, Grecja, 03–07.06.2018
- 23). K. Konecka\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego do voltamperometrycznego badania leku przeciw pasożytniczego bitionol*, XI Międzyuczelniane Seminarium Sympozjum Kół Naukowych (MSKN), Warszawa, 13–14.06.2018
- 24). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Zastosowanie elektrody z węgla szklanego zmodyfikowanej nanorurkami węglowymi i palladem do elektrotleniania formaldehydu*, X Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2018), Lublin, 01–05.07.2018
- 25). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Square wave voltammetric determination of nitroxinil*, 25<sup>th</sup> Young Investigators Seminar on Analytical Chemistry, Graz, Austria, 02–05.07.2018
- 26). A. Łukawska\*, **M. Brycht**, M. Sys, R. Metelka, S. Skrzypek, *The application of carbon-based electrodes in voltammetric determination of pesticide fenhexamid*, 25<sup>th</sup> Young Investigators Seminar on Analytical Chemistry, Graz, Austria, 02–05.07.2018



- 27). K. Konecka\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektrochemiczne badania wybranych leków z zastosowaniem elektrody z grafitu pirolitycznego*, VII Ogólnopolska Konferencja dla Młodych Naukowców "Pomiędzy Naukami", Chorzów, 14.09.2018
- 28). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Zastosowanie pastowych elektrod węglowych na bazie grafenu w elektroanalizie*, IV Krajowa Konferencja "Grafen i inne materiały 2D", Szczecin, 24–26.09.2018
- 29). K. Konecka\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Edge plane pyrolytic graphite electrode as a tool in the voltammetric determination of biologically active compounds*, II Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Zrozumieć Naukę", Łódź, 29.09.2018
- 30). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Pesticides in the environment – their voltammetric analysis in the real samples and selectivity study of the developed method*, II Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Zrozumieć Naukę", Łódź, 29.09.2018
- 31). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Electrochemical study of the veterinary drug clorsulon on a glassy carbon electrode modified with single-walled carbon nanotubes*, II Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Zrozumieć Naukę", Łódź, 29.09.2018
- 32). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *The application of an innovative sensor based on carbon nanohorns for the voltammetric determination of the selected veterinary drug*, II Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Zrozumieć Naukę", Łódź, 29.09.2018
- 33). K. Kowalewska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *The application of carbon-based nanomaterials for the voltammetric determination of novel fungicide bixafen*, II Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Zrozumieć Naukę", Łódź, 29.09.2018
- 34). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Square wave voltammetric determination of veterinary drug nitroxinil*, 13<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 13–17.11.2018
- 35). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Electrochemical sensor based on single-walled carbon nanotubes for determination of veterinary drug – clorsulon*, 13<sup>th</sup> seminar/workshop on Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 13–17.11.2018

- 36). A. Łukawska, M. Sýs\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, I. Brožková, *The electrochemical properties of fenhexamid on bare glassy carbon electrode*, XVI Scientific Conference with International Participation: Food Safety and Control, Piešťany, Słowacja, 28–29.03.2019
- 37). K. Kowalewska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Pastowe elektrody węglowe jako narzędzia do woltamperometrycznego oznaczania pestycydu biksafen*, VII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 09–10.05.2019
- 38). K. Kaczmarek\*, K. Rudnicki, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Domagała, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Electrochemical determination of clorsulon using glassy carbon electrode modified with single-walled carbon nanotubes*, 26<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, Pardubice, Czechy, 24–27.06.2019
- 39). S. Skrzypek\*, K. Sipa, **M. Brycht**, A. Leniart, *Improved electroanalytical characteristics for the detection of nitroxinil in the presence of nanomaterials*, 70<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Durban, Republika Południowej Afryki, 04–09.08.2019
- 40). J. Vosáhlová\*, **M. Brycht**, S. Baluchová, J. Krůšek, I. Dittert, V. Mortet, A. Taylor, L. Klimša, J. Kopeček, K. Schwarzová, *Fabrication, morphology and electrochemical properties of boron doped diamond microelectrodes on tungsten supports*, 15<sup>th</sup> International Students Conference "Modern Analytical Chemistry", Praga, Czechy, 19–20.09.2019
- 41). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *An application of a glassy carbon electrode modified with multi-walled carbon nanotubes for electrochemical determination of pesticides*, 2<sup>nd</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2020), Antalya, Turcja, 11–14.03.2020
- 42). S. Baluchová\*, **M. Brycht**, M. Nedvěd, A. Taylor, S. Sedláková, V. Mortet, K. Schwarzová-Pecková, *Enhanced electrochemical performance of structured boron doped diamond electrodes by increasing the number of deposited porous layers*, 72. sjezd českých a slovenských chemických společností, Praga, Czechy, 04–09.09.2020
- 43). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Preparing, characterization and application of glassy carbon electrode to the determination of Fluometuron*, 3<sup>rd</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2021), konferencja online, 22–26.03.2021

- 44). M. Kaźmierczak\*, **M. Brycht**, A. Leniart, *Elektrochemiczne badanie pestycydu fenheksamidu na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, VI Szczecińskie Sympozjum Młodych Chemików, konferencja online, 10.05.2021
- 45). W. Janczak\*, K. Kowalewska, **M. Brycht**, *Woltamperometryczne oznaczanie fungicydu biksafen za pomocą elektrody pastowej na bazie grafitu*, E-Zjazd Wiosenny Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego, konferencja online, 27–29.05.2021
- 46). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Preparation, characterization and application of glassy carbon electrode modified with carbon nanotubes and palladium for electrooxidation of formaldehyde*, 4<sup>th</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2022), konferencja online, 23–27.03.2022
- 47). B. Burnat\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Carbon black-modified carbon ceramic electrode – fabrication, characterization, and its electroanalytical performance*, 4<sup>th</sup> International Congress on Analytical and Bioanalytical Chemistry (ICABC 2022), konferencja online, 23–27.03.2022
- 48). S. Chmiel\*, W. Janczak, **M. Brycht**, *The application of edge-plane pyrolytic graphite electrode for the voltammetric determination of forchlorfenuron*, XIII International Conference Horizons of Science, konferencja online, 04.06.2022
- 49). B. Burnat\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Ceramiczna elektroda węglowa modyfikowana w całej objętości sadzą techniczną – wytwarzanie, charakterystyka i wydajność elektroanalizy*, XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2022), Łódź, 19–23.06.2022
- 50). A. Kurzawa\*, **M. Brycht**, *Badanie wpływu wstępnej obróbki powierzchni elektrody diamentowej domieszkowanej borem na woltamperometryczne oznaczanie forchlorfenuronu*, IV Ogólnopolska Konferencja Chemia – Biznes – Środowisko (ChemBiŚ 2021), Gdańsk, 24–25.06.2022
- 51). W. Janczak\*, S. Chmiel, A. Kurzawa, S. Skrzypek, **M. Brycht**, *Voltammetric determination of plant growth regulator forchlorfenuron at carbon-based electrodes*, 27<sup>th</sup> Young Investigators' on Analytical Chemistry (YISAC 2022), Łódź, 04–07.07.2022

- 52). B. Burnat\*, A. Leniart, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Comparative corrosion studies of co-doped TiO<sub>2</sub> sol-gel coatings for biomedical applications*, 8<sup>th</sup> Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe, Graz, Austria, 11–15.07.2022
- 53). M.-M. Dzmidovich\*, A. Leniart, S. Skrzypek, **M. Brycht**, B. Burnat, *Electrochemistry of newly synthesized metallocarbonyl imides complexes – preliminary studies*, XVI Sensing in Electroanalysis, Pardubice, Czechy, 15–18.11.2022
- 54). M.-M. Dzmidovich\*, A. Leniart, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Preliminary electrochemical studies of newly synthesized metallocarbonyl imides*, Baltic Chemistry Conference, konferencja online, 27–28.05.2023
- 55). A. Leniart\*, K. Osmólska, M.-M. Dzmidovich, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Ocena zmian właściwości powierzchni ceramiki dentystycznej po kontakcie z wybranymi napojami*, X Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Innowacje w Praktyce", Lublin, 15–16.06.2023

### 3.2.3. Postery na konferencjach naukowych

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht**, O. Vajdle, J. Zbilić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, D. Guziejewski\*, *Wykorzystanie elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra do woltamperometrycznego oznaczania nitenpyramu*, XI Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 27–28.05.2012
- 2). O. Vajdle\*, **M. Brycht**, J. Zbiljić, V. Guzsvány, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of thiacloprid and clothianidin insecticides in selected samples using renewable silver-amalgam film electrode*, A thematic workshop: Instrumental Analytical Methods for Environmental Monitoring, Nowa Gorica, Słowenia, 22–23.06.2012
- 3). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, V. Guzsvány, D. Guziejewski, A. Nosal-Wiercińska, *Application of renewable silver amalgam film electrode in SW AdSV determination of clothianidin insecticide*, 45<sup>th</sup> Heyrovsky Discussion: Electrochemistry of Biopolymers and Bioactive Compounds, Brno, Czechy, 13–17.08.2012

- 4). S. Smarzewska\*, D. Guziejewski, S. Skrzypek, **M. Brycht**, M. Skowron, W. Ciesielski, *Woltamperometryczne badania guazatyny*, XII Konferencja "Elektroanaliza w teorii i praktyce", Kraków, 06–07.06.2013
- 5). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, W. Ciesielski, *The influence of the Hg(Ag)/FE conditioning potential on clothianidin adsorptive square-wave voltammetric signal*, XVII EuroAnalysis "Analytical chemistry for human well-being and sustainable development", Warszawa, 25–29.08.2013
- 6). **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, D. Guziejewski, S. Smarzewska, W. Ciesielski, A. Nosal-Wiercińska, *Silver amalgam film electrode in voltammetric determination of fungicide cyazofamid in selected samples*, XVII EuroAnalysis "Analytical chemistry for human well-being and sustainable development", Warszawa, 25–29.08.2013
- 7). D. Guziejewski\*, S. Smarzewska, **M. Brycht**, M. Skowron, S. Skrzypek, W. Ciesielski; *Woltamperometryczne badanie herbicydu aclonifen*, 56. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Siedlce, 16–20.09.2013
- 8). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Voltammetric determination of ascorbic acid in apple juice at boron-doped diamond electrode*, 16<sup>th</sup> JCF – Frühjahrssymposium, Jena, Niemcy, 26–29.03.2014
- 9). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym badaniu kwasu askorbinowego*, XL Ogólnopolska Szkoła Chemii: "Chemia zrodzona z natury", Augustów, 30.04–04.05.2014
- 10). Nosal-Wiercińska\*, K. Tyszczyk-Rotko, M. Grabarczyk, C. Wardak, S. Skrzypek, **M. Brycht**, D. Guziejewski, *The use of "cap-pair" effect to the determination of the Bi(III) ion in the non-complexing media in the presence of amino acids*, 38<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Analytical Chemistry, Lozanna, Szwajcaria, 17–20.06.2014
- 11). A. Nosal-Wiercińska\*, M. Grochowski, M. Wiśniewska, S. Skrzypek, D. Guziejewski, **M. Brycht**, *Adsorption of selected amino acids at mercury/aqueous solution of chlorate(VII) interface; dependence on the supporting electrolyte concentration*, XIV Polish–Ukrainian Symposium on Theoretical and Experimental Studies of Interfacial Phenomena and Their Technological Applications, Zakopane, 09–13.09.2014

- 12). A. Leniart\*, B. Burnat, S. Skrzypek, **M. Brycht**, S. Domagała, G. Andrijewski, *Badania początkowych procesów elektrodowych oraz mechanizmu zarodkowania i wzrostu stopu Pd-Ni podczas elektroosadzania na polikrystalicznym złocie*, 57. Zjazd Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Częstochowa, 14–18.09.2014
- 13). A. Nosal–Wiercińska\*, M. Grochowski, S. Skrzypek, **M. Brycht**, M. Wiśniewska, K. Tyszczyk–Rotko, *The influence of protonation on the electroreduction of Bi(III) ions in chlorates(VII) solutions of different water activity*, 9<sup>th</sup> Aegean Analytical Chemistry Days, Chios, Grecja, 29.09–03.10.2014
- 14). B. Burnat\*, J. Robak, A. Leniart, S. Skrzypek, **M. Brycht**, *Corrosion properties of Ca-doped TiO<sub>2</sub> coatings*, 24<sup>th</sup> Conference on Biomaterials in Medicine and Veterinary Medicine, Rytro, 09–12.10.2014
- 15). **M. Brycht**, K. Kaczmarska\*, K. Józwiak, A. Leniart, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badania wstępne pestycydu fenfuram z zastosowaniem elektrody diamentowej domieszkowanej borem*, XLI Ogólnopolska Szkoła Chemii “W sieci chemii”, Karpacz, 08–12.11.2014
- 16). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Wykorzystanie elektrod stałych do woltamperometrycznego oznaczania kwasu askorbinowego*, I Ogólnopolska Konferencja Studentów i Doktorantów: Kierunki Przyrodnicze i Medyczne, Lublin, 22–23.11.2014
- 17). J. Robak\*, B. Burnat, S. Skrzypek, **M. Brycht**, *Badanie wpływu fungicydu fludioksonil na właściwości korozyjne stali nierdzewnych stosowanych na narzędzia rolnicze*, I Ogólnopolska Konferencja Studentów i Doktorantów: Kierunki Przyrodnicze i Medyczne, Lublin, 22–23.11.2014
- 18). **M. Brycht**, K. Kaczmarska\*, K. Józwiak, A. Leniart, S. Skrzypek, *Możliwości wykorzystania metody woltamperometrycznej do oznaczania pestycydu fenfuram*, XVII Zjazd Zimowy Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Wrocław, 13.12.2014
- 19). **M. Brycht**, K. Rudnicki\*, K. Paradowska, S. Skrzypek, B. Burnat, *Wstępne badania woltamperometryczne insektycydu closantel*, XVII Zjazd Zimowy Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Wrocław, 13.12.2014

- 20). **M. Brycht**, K. Kaczmarska\*, A. Leniart, S. Skrzypek, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym oznaczaniu pestycydu fenfuram*, V Kopernikańskie Sympozjum Studentów Nauk Przyrodniczych, Toruń, 20–22.03.2015
- 21). **M. Brycht**, K. Rudnicki\*, K. Paradowska, S. Skrzypek, B. Burnat, *Zastosowanie elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra do woltamperometrycznego badania pestycydu closantel*, V Kopernikańskie Sympozjum Studentów Nauk Przyrodniczych, Toruń, 20–22.03.2015
- 22). J. Robak\*, B. Burnat, S. Skrzypek, **M. Brycht**, *Otrzymywanie odnawialnych elektrod ceramicznych na bazie węgla do oznaczania związków biologicznie czynnych*, III Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 27–28.04.2015
- 23). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, T. Özmen, S. Skrzypek, *The preliminary study of voltammetric behavior of the herbicide bromacil using boron-doped diamond electrode*, XLII Ogólnopolska Szkoła Chemii “Chemia z głębi ziemi”, Lubenia, 30.04–04.05.2015
- 24). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Możliwości wykorzystania metody woltamperometrycznej do badania herbicydu chlornitrofen*, XLII Ogólnopolska Szkoła Chemii “Chemia z głębi ziemi”, Lubenia, 30.04–04.05.2015
- 25). **M. Brycht**, K. Rudnicki, S. Skrzypek\*, *Wpływ potencjału kondycjonowania elektrody srebrnej z odnawialnym filmem amalgamatu srebra na rejestrowane prądy pików*, XIV Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 28–29.05.2015
- 26). A. Leniart\*, S. Skrzypek, **M. Brycht**, B. Burnat, *Woltamperometryczne badania profamu z wykorzystaniem elektrody z węgla szklistego zmodyfikowanego nanorurkami węglowymi*, XIV Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 28–29.05.2015
- 27). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, A. Leniart, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem w woltamperometrycznym badaniu fenfuramu*, VI Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 17.06.2015
- 28). **M. Brycht**, T. Özmen, K. Kaczmarska\*, S. Skrzypek, W. Ciesielski, *Zastosowanie elektrody diamentowej domieszkowanej borem w woltamperometrycznym oznaczaniu herbicydu bromacyl*, IX Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2015), Poznań, 06–10.07.2015

- 29). A. Nosal-Wiercińska\*, M. Grochowski, M. Wiśniewska, K. Tyszczyk-Rotko, S. Skrzypek, **M. Brycht**, D. Guziejewski, *Influence of temperature on the reduction kinetics Bi(III) ion in chlorates(VII) solutions with varied water activity in the presence of selected amino acids*, 12<sup>th</sup> Conference on Calorimetry and Thermal Analysis, Zakopane, 06–10.09.2015

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). A. Leniart\*, S. Skrzypek, **M. Brycht**, B. Burnat, *Elektrochemiczne oznaczanie profamu na elektrodzie z węgla szklanego zmodyfikowanego nanorurkami węglowymi*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015
- 2). A. Leniart\*, S. Skrzypek, B. Burnat, **M. Brycht**, *Właściwości elektrokatalityczne stopu Pd-Ni otrzymywanego elektrochemicznie*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015
- 3). B. Burnat, J. Robak, S. Skrzypek\*, **M. Brycht**, *Wpływ użytego materiału węglowego na właściwości elektrochemiczne i elektroanalityczne elektrod ceramicznych (CCE)*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015
- 4). B. Burnat, A. Leniart, S. Skrzypek\*, J. Robak, **M. Brycht**, *Właściwości korozyjne stopu biomedycznego modyfikowanego zol-żelowymi powłokami HAP/TiO<sub>2</sub>*, 58. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Gdańsk, 21–25.09.2015
- 5). K. Kaczmarek\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Wstępne woltamperometryczne badania leku przeciwnowotworowego imatinib z zastosowaniem elektrody diamentowej domieszkowanej borem*, XVIII Zjazd Zimowy Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Kraków, 05.12.2015.
- 6). K. Kaczmarek\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Wstępne woltamperometryczne badania leku immunosupresyjnego teryflunomid z zastosowaniem elektrody z grafitu pirolitycznego*, IV Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 12–13.05.2016
- 7). B. Uslu\*, S.A. Özkan, **M. Brycht**, K. Kaczmarek, S. Skrzypek, *Voltammetric oxidation and determination of imatinib in spiked human urine samples*, 10<sup>th</sup> Aegean Analytical Chemistry Days, Çanakkale, Turcja, 29.09–02.10.2016



- 8). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badania herbicydu metobromuron z zastosowaniem elektrody grafitowej*, *Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne*, Lublin, 23–26.04.2017
- 9). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Zastosowanie elektrody modyfikowanej UTGE w woltamperometrycznym badaniu metobromuronu*, V Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 11–12.05.2017
- 10). K. Kaczmarska\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badanie kwasu oksolinowego na modyfikowanej elektrodzie z grafitu pirolitycznego*, V Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 11–12.05.2017
- 11). A. Leniart\*, **M. Brycht**, A. Makowska S. Skrzypek, *Oznaczanie metofuroksamu techniką woltamperometrii fali prostokątnej na elektrodzie z pasty z proszku grafitowego*, XVI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 01–02.06.2017
- 12). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Właściwości topograficzne i elektrochemiczne elektrod z węgla szklanego zmodyfikowanych wielościennymi nanorurkami węglowymi i palladem*, XVI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 01–02.06.2017
- 13). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badania pestycydu metobromuron z zastosowaniem elektrody grafitowej modyfikowanej wielościennymi nanorurkami węglowymi*, XVI Konferencja “Elektroanaliza w teorii i praktyce”, Kraków, 01–02.06.2017
- 14). A. Łukawska\*, S. Skrzypek, **M. Brycht**, R. Metelka, M. Sys, *Zastosowanie elektrod węglowych w woltamperometrycznym oznaczaniu pestycydu fenheksamid*, VIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 22.06.2017
- 15). M. Rybczyński\*, S. Skrzypek, **M. Brycht**, K. Kaczmarska, *Analiza woltamperometryczna kwasu oksolinowego z wykorzystaniem elektrody z grafitu pirolitycznego*, VIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 22.06.2017
- 16). P. Tofil\*, S. Skrzypek, **M. Brycht**, *Zastosowanie pastowej elektrody węglowej w analizie woltamperometrycznej 4-chloro-3,5-dimetylofenolu*, VIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 22.06.2017

- 17). Ż. Marcinkowska\*, K. Konecka, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego modyfikowanej nanopłytkami grafenu oraz nanocząstkami złota w analizie woltamperometrycznej leku przeciwpasożytniczego bitionol – badania wstępne*, XX Zjazd Zimowy Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Bydgoszcz, 08–09.12.2017
- 18). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Wysokoczute oznaczanie metobromuronu na elektrodzie grafitowej modyfikowanej powierzchniowo nanopłytkami grafenu*, XXII Konferencja “Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej”, Łódź, 11–12.12.2017
- 19). K. Sipa\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Czuła woltamperometryczna procedura oznaczania chloroksylenolu z wykorzystaniem elektrody na bazie termicznie zredukowanego tlenku grafenu*, XXII Konferencja “Nowoczesne Metody Instrumentalne w Analizie Śladowej”, Łódź, 11–12.12.2017
- 20). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne oznaczanie związku biologicznie czynnego metfuroksamu na pastowej elektrodzie węglowej*, V Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, Lublin, 05–06.04.2018
- 21). K. Sipa\*, **M. Brycht**, V. Guzsavany, S. Skrzypek, *Elektroda diamentowa domieszkowana borem modyfikowana powierzchniowo nanorurkami węglowymi i  $\beta$ -cyklodekstrynami w woltamperometrycznej analizie pestycydu karbendazym*, V Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, Lublin, 05–06.04.2018
- 22). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badania antybiotyku weterynaryjnego nitroksynil z zastosowaniem elektrody z węgla szklanego*, V Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, Lublin, 05–06.04.2018
- 23). K. Sipa\*, **M. Brycht**, V. Guzsavány, S. Skrzypek,  *$\beta$ -cyclodextrins and multiwalled carbon nanotubes modified boron-doped diamond electrode for voltammetric analysis of carbendazim*, 7<sup>th</sup> European Young Engineers Conference (EYEC), Warszawa, 23–25.04.2018
- 24). **M. Brycht**, K. Sipa\*, S. Skrzypek, K. Kalcher, *Square-wave voltammetric determination of pesticide bixafen using graphene nanoplatelets paste electrode*, 7<sup>th</sup> European Young Engineers Conference (EYEC), Warszawa, 23–25.04.2018
- 25). K. Konecka\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badanie bitionolu na elektrodzie z grafitu pirolitycznego*, VI Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 10–11.05.2018

- 26). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne oznaczanie leku weterynaryjnego nitroksynil*, VI Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 10–11.05.2018
- 27). B. Burnat, J. Węgiel, A. Leniart, **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, *Analysis of anticorrosion properties of TiO<sub>2</sub>-based biomedical coatings by means of electrochemical methods*, 17<sup>th</sup> International Conference on Electroanalysis (ESEAC 2018), Rodos, Grecja, 03–07.06.2018
- 28). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Elektrochemiczne oznaczanie metfuroksamu przy użyciu elektrody z węgla szklanego modyfikowanej nanorurkami węglowymi*, X Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2018), Lublin, 01–05.07.2018
- 29). **M. Brycht**, A. Nosal-Wiercińska\*, A. Leniart, S. Skrzypek, *Highly sensitive voltammetric determination of pesticide bixafen using graphene paste electrode*, XVI Polish–Ukrainian Symposium on Theoretical and Experimental Studies of Interface Phenomena and their Technological Applications, Lublin, 28–31.08.2018
- 30). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne badania nitroksynilu z zastosowaniem elektrody z węgla szklanego modyfikowanej powierzchniowo grafenem*, IV Konferencja dla Młodych Naukowców “Nowe Wyzwania dla Polskiej Nauki”, Wrocław, 08.12.2018
- 31). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, P. Andrzejczak, S. Skrzypek, *Woltamperometryczne (SWV) oznaczanie antybiotyku weterynaryjnego marbofloksacyna z użyciem elektrody z węgla szklanego (GCE)*, IV Konferencja dla Młodych Naukowców “Nowe Wyzwania dla Polskiej Nauki”, Wrocław, 08.12.2018
- 32). P. Andrzejczak\*, K. Rudnicki, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektrochemiczne badania antybiotyku weterynaryjnego na elektrodzie z węgla szklanego*, Zjazd Zimowy Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Warszawa, 08.12.2018
- 33). K. Kowalewska\*, **M. Brycht**, A. Leniart, S. Skrzypek, *Zastosowanie pastowych elektrod węglowych w analizie woltamperometrycznej wybranego pestycydu*, Zjazd Zimowy Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Warszawa, 08.12.2018
- 34). M. Bujanowska\*, A. Leniart, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektrochemiczne badania związku o działaniu grzybobójczym boscalid na elektrodzie z węgla szklanego*, I Ogólnopolska Szkoła Chemii “50 twarzy chemii”, Smardzewice, 30.04-04.05.2019

- 35). K. Sipa\*, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektroda GCE modyfikowana nanomateriałami węglowymi jako sensor elektrochemiczny*, VII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 09–10.05.2019
- 36). K. Rudnicki\*, **M. Brycht**, S. Domagała, K. Kaczmarek, K. Kalcher, S. Skrzypek, *Zastosowanie GCE modyfikowanej SWCNTs w voltamperometrycznym oznaczaniu klorsulon*, VII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź, 09–10.05.2019
- 37). K. Rudnicki, **M. Brycht**, K. Kalcher, S. Skrzypek\*, *Zastosowanie elektrody z węgla szklanego modyfikowanej jednościennej nanorurkami węglowymi do voltamperometrycznego badania leku weterynaryjnego klorsulon*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 13–17.05.2019
- 38). K. Sipa, **M. Brycht**, S. Skrzypek\*, *Zastosowania nanomateriałów węglowych w analizie voltamperometrycznej leku weterynaryjnego nitroksynil*, Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne, Lublin, 13–17.05.2019
- 39). J. Vosáhlová\*, **M. Brycht**, J. Krůšek, I. Dittert, V. Mortet, A. Taylor, K. Schwarzová, *Boron doped diamond microelectrodes: fabrication, spectral and electrochemical characterization for estimation of coverage quality*, XXV International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics, Limerick, Irlandia, 26–30.05.2019
- 40). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Application of glassy carbon in the voltammetric determination of pesticides*, 8<sup>th</sup> Kurt Schwabe Symposium, Split, Chorwacja, 27–30.05.2019
- 41). A. Taylor\*, P. Ascheulov, V. Mortet, S. Sedláková, J. Krůšek, I. Dittert, V. Benson, S. Baluchová, **M. Brycht**, K. Schwarzová-Pecková, A. Laposa, V. Petráková, *Boron doped diamond based MEAs / microprobes for dual mode neural recording*, DeBeers Diamond Conference 2019, Warwick, Anglia, 08–11.07.2019
- 42). S. Skrzypek\*, K. Sipa, **M. Brycht**, A. Leniart, *Carbon nanomaterials as electrode modifiers in electrochemical determination of selected veterinary drug*, 70<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Durban, Republika Południowej Afryki, 04–09.08.2019

- 43). P. Andrzejczak\*, K. Rudnicki, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Elektrochemiczne badanie antybiotyku weterynaryjnego na elektrodzie z węgla szklanego*, X Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 04.09.2019
- 44). S. Baluchová\*, A. Taylor, V. Mortet, **M. Brycht**, K. Schwarzová-Pecková, *Boron doped diamond films synthesized by a MW-LA-PECVD system: Characterization and evaluation of biosensing properties*, 30<sup>th</sup> International Conference on Diamond and Carbon Materials, Sewilla, Hiszpania, 08–12.09.2019
- 45). A. Leniart\*, B. Burnat, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Preparation and characteristics of a glassy carbon electrode modified with multi-walled carbon nanotubes and palladium*, 71<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Belgrad, Serbia, 30.08–04.09.2020
- 46). M. Kaźmierczak\*, **M. Brycht**, *Zastosowanie elektrody diamentowej domieszkowanej borem w analizie woltamperometrycznej pestycydu fenheksamid*, XII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, konferencja online, 17.06.2021
- 47). W. Janczak\*, K. Kowalewska, **M. Brycht**, *Zastosowanie elektrody pastowej na bazie grafenu w analizie woltamperometrycznej fungicydu bixafen*, Konferencja Chemia–Biznes–Środowisko, konferencja online, 26–27.06.2021
- 48). W. Janczak\*, A. Leniart, K. Kowalewska, **M. Brycht**, *Preparation and characterization of paste electrode based on reduced graphene oxide, and its application in the voltammetric analysis of bixafen*, Sympozjum Młodych Naukowców Wydziału Fizyki UW, konferencja online, 30.08–03.09.2021
- 49). B. Burnat\*, A. Leniart, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Metoda zol-żel zastosowana do wytwarzania i modyfikacji powłok biomedycznych*, VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, konferencja online, 14.10.2021
- 50). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Elektrochemiczne generowanie nanocząstek palladu na podłożu węglowym*, VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa “Innowacje w praktyce”, konferencja online, 14.10.2021
- 51). W. Janczak\*, A. Leniart, B. Burnat, **M. Brycht**, *Woltamperometryczne badanie i oznaczenie regulatora wzrostu roślin forchlorfenuron na elektrodzie z węgla szklanego*, II Ogólnopolska Studencka Konferencja Naukowa “Blżej Chemii”, Kraków, konferencja online, 08–09.01.2022

- 52). W. Janczak\*, S. Chmiel, A. Leniart, B. Burnat, **M. Brycht**, *Zastosowanie elektrody z grafitu pirolitycznego z prostopadle ułożonymi warstwami grafitowymi do woltamperometrycznego oznaczania pestycydu forchlorfenuron*, IV Pomorskie Studenckie Sympozjum Chemiczne, konferencja online, 23–24.04.2022
- 53). A. Leniart\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Wpływ środowiska reakcji na proces elektrodowy Mepronilu i Pentiopiradu*, XI Polska Konferencja Chemii Analitycznej (PoKoChA 2022), Łódź, 19–23.06.2022
- 54). S. Chmiel\*, **M. Brycht**, *Badanie aktywności elektrochemicznej wybranych substancji odurzających zawartych w lekach dostępnych bez recepty na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, Zjazd Letni SMPTChem, Szczecinek, 29.06–03.07.2022
- 55). B. Burnat\*, I. Piwoński, A. Leniart, **M. Brycht**, S. Skrzypek, *Titanium dioxide coating decorated with photodeposited silver nanostructures – corrosion behaviour in simulated body solution*, 8<sup>th</sup> Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe, Graz, Austria, 11–15.07.2022
- 56). W. Janczak\*, **M. Brycht**, *Badanie aktywności elektrochemicznej wybranych fungicydów i ocena możliwości ich jednoczesnego oznaczania*, Zjazd Zimowy Sekcji Młodych Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Opole, 10.12.2022
- 57). M.-M. Dzemidovich\*, A. Leniart, S. Skrzypek, **M. Brycht**, B. Burnat, *Elektrochemiczne i topograficzne właściwości pastowych elektrod z węgla szklistego*, V Pomorskie Studenckie Sympozjum Chemiczne, konferencja online, 25–26.03.2023
- 58). W. Janczak\*, S. Chmiel, **M. Brycht**, *Woltamperometryczne oznaczanie forchlorfenuronu na elektrodzie z grafitu pirolitycznego z prostopadle ułożonymi warstwami grafitowymi*, IV Konferencja Naukowa Studentów Młodzi Zdolni, Łódź, 02.06.2023
- 59). M.-M. Dzemidovich\*, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, A. Leniart, *Wytworzenie nowej pastowej elektrody ze sferycznego węgla szklistego modyfikowanej bizmutem do zastosowań elektroanalitycznych*, IV Konferencja Naukowa Studentów Młodzi Zdolni, Łódź, 02.06.2023
- 60). W. Janczak\*, **M. Brycht**, *Ocena możliwości jednoczesnego woltamperometrycznego oznaczania wybranych fungicydów na elektrodzie diamentowej domieszkowanej borem*, XIV Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź, 13.06.2023

- 61). A. Leniart\*, M.-M. Dzemidovich, **M. Brycht**, B. Burnat, S. Skrzypek, *Optymalizacja składu pastowej elektrody z węgla szklanego modyfikowanej tlenkiem bizmutu do zastosowań elektroanalitycznych*, X Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Innowacje w Praktyce", Lublin, 15–16.06.2023

#### 4. INFORMACJA O WYGŁOSZONYCH WYKŁADACH, INNYCH NIŻ OKREŚLONYCH W PKT. 3

##### 4.1. Wykłady na zaproszenie na seminariach naukowych

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, *Voltammetric and corrosion studies of selected pesticides*, wykład na zaproszenie wygłoszony w ramach Serbian Chemical Society oraz Chemical Society of Vojvodina, University of Novi Sad (Nowy Sad, Serbia), 24.06.2016
- 2). **M. Brycht\***, *Voltammetric study of biologically active compounds on anodically pretreated boron-doped diamond electrodes*, wykład na zaproszenie wygłoszony w ramach the Working Group of Analytical Chemistry and the Working group of Electrochemistry of the Czech Chemical Society, Charles University (Praga, Czechy), 24.09.2018
- 3). **M. Brycht\***, *Boron-doped diamond electrodes in electroanalysis of biologically active compounds*, wykład na zaproszenie wygłoszony w ramach The Working Group of Analytical Chemistry and the Working group of Electrochemistry of the Czech Chemical Society, Charles University (Praga, Czechy), 19.03.2019
- 4). **M. Brycht\***, *Comparison of electrochemical performance of various boron-doped diamond electrodes: dopamine sensing*, wykład na zaproszenie na Uniwersytecie w Białymstoku, seminarium online, 08.03.2021

#### 4.2. Wykłady wygłoszone na seminariach naukowych dla studentów i doktorantów w ramach programu CEEPUS

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **M. Brycht\***, *Corrosion studies of selected pesticides*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), **listopad 2016**
- 2). **M. Brycht\***, *Electrochemical techniques in the determination of selected environmental pollutants*, University of Ljubljana (Lublana, Słowenia), **czerwiec 2017**
- 3). **M. Brycht\***, *Graphene paste electrode, and its application in voltammetric studies of selected pesticides*, University of Graz (Graz, Austria), **marzec 2017**
- 4). **M. Brycht\***, *Voltammetric techniques in the determination of selected compounds*, University of Graz (Graz, Austria), **marzec 2017**
- 5). **M. Brycht\***, *Graphene electrodes as sensors for the voltammetric studies*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), **listopad 2017**
- 6). **M. Brycht\***, *Novel electrochemical sensors as tools in the voltammetric analysis of selected drugs*, University of Graz (Graz, Austria), **czerwiec 2018**
- 7). **M. Brycht\***, *An application of electrochemical techniques in the determination of selected biologically active compounds*, University of Graz (Graz, Austria), **czerwiec 2018**
- 8). **M. Brycht\***, *The applications of graphene and carbon nanotubes in the voltammetric analysis of selected pesticides*, University of Graz (Graz, Austria), **czerwiec 2018**
- 9). **M. Brycht\***, *Electrochemical sensors modified with nanomaterials for the voltammetric studies*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), **listopad 2019**
- 10). **M. Brycht\***, *Fabrication, morphological and spectral characterization of  $sp^3$ -carbon-based surfaces, and their application in neurotransmitters sensing*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), **listopad 2019**
- 11). **M. Brycht\***, *Boron-doped diamond electrodes in neurotransmitters sensing*, Charles University (Praga, Czechy), **styczeń 2020**



- 12). **M. Brycht\***, *Comparison of electrochemical performance of planar and porous boron-doped diamond electrodes: dopamine sensing*, St. Kliment Ohridski Sofia University (Sofia, Bułgaria), **czerwiec 2022**
- 13). **M. Brycht\***, *Nanomaterials-based electrochemical sensor and biosensor platforms for environmental applications*, University of Pardubice (Pardubice, Czechy), **listopad 2022**
- 14). *Boron-doped diamond materials – factors influencing their properties and electrochemical performance*, University of Belgrade (Belgrad, Serbia), **czerwiec 2023**

## 5. INFORMACJA O UDZIALE W KOMITETACH ORGANIZACYJNYCH I NAUKOWYCH KONFERENCJI KRAJOWYCH LUB MIĘDZYNARODOWYCH

### 5.1. Udział w komitetach organizacyjnych

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *II Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **07–08.05.2014**, Łódź – odpowiedzialna za pozyskiwanie wsparcia finansowego, przyjmowanie zgłoszeń uczestników, przygotowanie książki abstraktów
- 2). **Przewodnicząca komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *III Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **27–28.04.2015**, Łódź
- 3). **Sekretarz komitetu organizacyjnego** konferencji międzynarodowej *22<sup>nd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2015)*, **30.06–04.07.2015**, Łódź

#### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji międzynarodowej *23<sup>rd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry" (YISAC 2016)*, **28.06–01.07.2016**, Nowy Sad, Serbia – odpowiedzialna za przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów
- 2). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji *VIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików*, **22.06.2017**, Łódź – odpowiedzialna za przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów

- 3). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *VI Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **10–11.05.2018**, Łódź – odpowiedzialna za pozyskiwanie wsparcia finansowego, media społecznościowe (facebook), przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów
- 4). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *VII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **09–10.05.2019**, Łódź – odpowiedzialna za przyjmowanie zgłoszeń uczestników i przygotowanie książki abstraktów
- 5). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *VIII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii*, **24.09.2021**, Łódź – odpowiedzialna za przygotowanie książki abstraktów
- 6). **Przewodnicząca komitetu organizacyjnego** konferencji międzynarodowej *27<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2022)*, **04–07.07.2022**, Łódź
- 7). **Członek komitetu organizacyjnego** konferencji ogólnopolskiej *X Polska Konferencja Chemii Analitycznej*, **19–23.06.2022**, Łódź – odpowiedzialna za pozyskiwanie wsparcia finansowego
- 8). **Przewodnicząca komitetu organizacyjnego** konferencji *XIV Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików*, **13.06.2023**, Łódź

## 5.2. Udział w komitetach naukowych

### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *25<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2018)*, **02–04.07.2018**, Graz, Austria
- 2). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *26<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2019)*, **24–27.06.2019**, Pardubice, Czechy
- 3). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *27<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2022)*, **04–07.07.2022**, Łódź
- 4). **Członek komitetu naukowego** konferencji międzynarodowej *28<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2023)*, **25–30.06.2023**, Belgrad, Serbia

## 6. INFORMACJA O UCZESTNICTWIE W PRACACH ZESPOŁÓW BADAWCZYCH REALIZUJĄCYCH PROJEKTY FINANSOWANE W DRODZE KONKURSÓW KRAJOWYCH LUB ZAGRANICZNYCH

### 6.1. Projekty zrealizowane

#### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Kierownik** projektu *Badanie aktywności innowacyjnych elektrod grafenowych na bazie zredukowanego tlenku grafenu jako czujników do badań voltamperometrycznych* finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu Preludium 8 (UMO-2014/15/N/ST4/02285); okres realizacji: **04.08.2015 – 03.08.2018** (36 miesięcy). Projekt realizowany we współpracy międzynarodowej – opiekunem naukowym projektu był prof. Kurt Kalcher (University of Graz, Graz, Austria)
- 2). **Główny wykonawca** projektu *New electrochemical sensors based on boron-doped diamond and their applications in electroanalysis* (CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_027/ 0008495) w ramach ogólnouczelnianego projektu International Mobility of Researchers at Charles University finansowanego przez Europejski Fundusz Społeczny (European Social Fund); okres realizacji: **01.09.2018 – 31.08.2019** (12 miesięcy). Projekt realizowany na Charles University (Praga, Czechy) pod kierunkiem prof. Karolina Schwarzová–Pecková
- 3). **Wykonawca** projektu *Modelowe kształcenie przyszłych nauczycieli przedmiotów matematyczno-przyrodniczych w Uniwersytecie Łódzkim – zadanie 2 poz. 63 Prowadzenie zajęć metodą tutoring* współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój; projekt realizowany przez Uniwersytet Łódzki w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju nr POWR.03.01.00-IP.08-00-PKN/18, na podstawie umowy nr POWR.03.01.00-00-KN53/18-00 z dnia 12.12.2018 r.; okres realizacji **01.10.2022 – 30.06.2023** (9 miesięcy).

## 6.2. Projekty niezakwalifikowane do finansowania

### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **Kierownik** projektu *Bioelectrochemical studies of direct and mediated electron transfer between redox proteins/enzymes, biological membranes, living cells and electrodes with applications in biosensors and biofuel cells*; projekt złożony w ramach programu The Swedish Institute Baltic Sea Region Program/Visby Program: scholarships for PhD studies and postdoctoral research in Sweden (00374/2012); rok aplikacji: **2012**

### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Kierownik** projektu *Nowe nanostrukturalne powierzchnie węglowe o hybrydyzacji  $sp^3$  w bioanalizie – ich przygotowanie, modyfikacje oraz charakterystyka właściwości fizykochemicznych*; projekt złożony w ramach programu im. Bekkera (Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej; PPN/BEK/2019/1/00211); rok aplikacji: **2019**
- 2). **Kierownik** projektu *Badania procesów elektrochemicznych i adsorpcyjnych na nowych przewodzących nanostrukturalnych powierzchniach węglowych o hybrydyzacji  $sp^3$ , w tym badania oddziaływania z nowymi podstawionymi solami 11-azapirenowymi w odniesieniu do ich właściwości fizykochemicznych*; projekt złożony w ramach programu im. Bekkera (Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej; PPN/BEK/2020/1/00125); rok aplikacji: **2020**
- 3). **Kierownik** projektu *Elektroanaliza właściwości antymitotycznych wybranych benzofuranów – ERAcancer*; projekt złożony w ramach konkursu Opus 21 (Narodowe Centrum Nauki; 2021/41/B/ST4/01433); rok aplikacji: **2021**
- 4). **Kierownik** projektu *Elektroanaliza właściwości antymitotycznych wybranych benzofuranów*; projekt złożony w ramach konkursu Sonata 17 (Narodowe Centrum Nauki; 2021/43/D/ST4/02154); rok aplikacji: **2021**
- 5). **Kierownik** projektu *Elektrochemia sztucznych membran: oddziaływania pochodnych benzofuranu z białkami tubuliny osadzonymi na membranie*; projekt złożony w ramach konkursu Sonata 18 (Narodowe Centrum Nauki; 2022/47/D/ST4/01777); rok aplikacji: **2022**

## 7. INFORMACJA O UDZIALE W ZESPOŁACH BADAWCZYCH REALIZUJĄCYCH PROJEKTY INNE NIŻ OKREŚLONE W PKT. 6

### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **Wykonawca** projektu zatytułowanego *Woltamperometria fali prostokątnej jako narzędzie w badaniach mechanizmów reakcji oraz oznaczeniach ilościowych pestycydów i innych związków biologicznie czynnych* finansowanego z dotacji celowej dla młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich Uniwersytetu Łódzkiego (545/338); rok realizacji: **2012**
- 2). **Wykonawca** projektu zatytułowanego *Woltamperometryczne oznaczanie związków biologicznie czynnych* finansowanego z dotacji celowej dla młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich Uniwersytetu Łódzkiego (545/726); rok realizacji: **2013**
- 3). **Wykonawca** projektu zatytułowanego *Badania wybranych pestycydów z użyciem metod elektroanalitycznych, elektrochemicznych i spektroskopowych* finansowanego z dotacji celowej dla młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich Uniwersytetu Łódzkiego (B1411100000473.02); rok realizacji: **2014**

### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **Kierownik** projektu zatytułowanego *Nowoczesne indukowane laserem strukturalne powierzchnie diamentowe domieszkowane borem do potencjalnych zastosowań w neuronauce* finansowanego w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” *Granty dla młodych naukowców* (IDUB; 35/2021); okres realizacji: **01.01.2022–31.12.2023** (24 miesiące). Projekt realizowany we współpracy międzynarodowej z prof. Karolina Schwarzová–Pecková (Charles University, Praga, Czechy) oraz inż. Andrew Taylor (Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Praga, Czechy)

## 8. INFORMACJA O UCZESTNICTWIE W PROGRAMACH EUROPEJSKICH LUB INNYCH PROGRAMACH MIĘDZYNARODOWYCH

### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). Uczestnictwo w programie ERASMUS
- 2). Uczestnictwo w Środkowoeuropejskim Programie Studiów Uniwersyteckich (Central European Exchange Program for University Studies – CEEPUS). Tytuł projektu: *Education of Modern Analytical and Bioanalytical Methods* (numer sieci: CIII–CZ–0212)

### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Uczestnictwo w programie CEEPUS od **2015** roku jako **członek**, a od **2020** roku jako **wydziałowy koordynator sieci**. Tytuł projektu: *Education of Modern Analytical and Bioanalytical Methods* (numer sieci: CIII–CZ–0212)
- 2). Uczestnictwo w programie CEEPUS od **2017** roku do dziś jako **członek**. Tytuł projektu: Training and research in environmental chemistry and toxicology (numer sieci: CIII–SI–0905)
- 3). Uczestnictwo w programie CEEPUS od **2018** roku do dziś jako **członek**. Tytuł projektu: Colloids and nanomaterials in education and research (numer sieci: CIII–HR–1108)

## 9. INFORMACJA O ODBYTYCH STAŻACH W INSTYTUCJACH NAUKOWYCH, W TYM ZAGRANICZNYCH

### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **08–12.2009** (4 miesiące) – wymiana studencka w ramach programu ERASMUS na **Norwegian University of Science and Technology** (Trondheim, Norwegia). W trakcie pobytu zrealizowałam 1 semestr studiów

- 2). **11–12.2011** (1 miesiąc), **10–11.2012** (2 miesiące) – staże naukowe w ramach programu CEEPUS (CII–CZ–0212–04–1011, CIII–Freemover–1213–5987) na **University of Novi Sad** (Nowy Sad, Serbia). Staże te odbyłam w laboratorium prof. Valérią Guzsvány (ko-promotor mojej rozprawy doktorskiej) w celu wykonania części badań do mojej rozprawy doktorskiej
- 3). **06.2012** (1 miesiąc) – staż naukowe w ramach programu CEEPUS na **University of Nova Gorica** (Nowa Gorica, Słowenia) w ramach programu CEEPUS (CII–Freemover–1112–55205) związany z uczestnictwem w międzynarodowej szkole letniej *Advanced Instrumental Techniques for the Monitoring of Aquatic Environments* i warsztatach tematycznych *Instrumental Analytical Methods for Environmental Monitoring*
- 4). **02.2013** (1 tydzień), **10.2014** (1 tydzień) – staż naukowy na **Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej** (Lublin). Staże te odbyłam w laboratorium prof. Agnieszki Nosal–Wiercińskiej w celu zapoznania się z zagadnieniami dotyczącymi pomiarów adsorpcji na granicy faz ciesz-ciało stałe. W trakcie stażu wykonałam również część badań do mojej rozprawy doktorskiej
- 5). **05–06.2014** (2 miesiące) – staż naukowy w ramach programu CEEPUS (CIII–Freemover–1314–70487) na **Charles University** (Praga, Czechy). Staż ten odbyłam w laboratorium prof. Karoliny Schwarzovej–Peckovej i miał on na celu zdobycie wiedzy praktycznej oraz umiejętności w zakresie planarnych elektrod diamentowych domieszkowanych borem, a także nawiązanie współpracy naukowej

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **11.2015** (1 miesiąc), **11.2016** (1 tydzień), **11.2017** (2 tygodnie), **11.2019** (1 tydzień), **11.2022** (1 tydzień) – staże naukowe w ramach programu CEEPUS (CIII–CZ–0212–09–1516–M–89093, CIII–CZ–0212–10–1617–M–97330, CIII–CZ–0212–11–1718–M–107616, CIII–CZ–0212–13–1920–M–133884; CIII–CZ–0212–2223–160950) na **University of Pardubice** (Pardubice, Czechy). Staże te miały na celu nawiązanie współpracy naukowej z drem Radovanem Metelką i drem Milanem Sýsem oraz związane były z moim udziałem w corocznych międzynarodowych spotkaniach roboczych koordynatorów i członków sieci CEEPUS

- 2). **04.2016** (1 miesiąc), **03.2017** (1 miesiąc), **06–07.2018** (1 miesiąc) – staże naukowe w ramach programu CEEPUS (CIII–CZ–0212–09–1516–M–90369, CIII–CZ–0212–10–1617–M–102220, CIII–CZ–0212–11–1718–M–108599) na **University of Graz** (Graz, Austria). Staże te związane były z realizacją projektu Preludium 8 (prof. Kurt Kalcher był opiekunem naukowym projektu)
- 3). **06.2016** (1 miesiąc) – staż naukowy w ramach programu CEEPUS (CIII–CZ–0212–09–1516–M–94918) na **University of Novi Sad** (Nowy Sad, Serbia). Staż ten miał na celu podtrzymanie nawiązanej podczas studiów doktoranckich współpracy z prof. Valérią Guzsvány
- 4). **03–04.2017** (2 tygodnie), **04.2018** (2 tygodnie) – staże naukowe na **Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej** (Lublin). Staże te odbyłam w laboratorium prof. Agnieszki Nosal–Wiercińskiej w celu zapoznania się z zagadnieniami dotyczącymi badania właściwości powierzchni różnych elektrod węglowych za pomocą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej. W trakcie tych staży wykonałam również badania do wspólnej planowanej publikacji
- 5). **06.2017** (2 tygodnie) – staż naukowy w ramach programu CEEPUS (CIII–SI–0905–03–1617–M–99010) na **University of Ljubljana** (Lublana, Słowenia) mający na celu nawiązanie współpracy naukowej z prof. Poloncą Trebše
- 6). **09.2018–08.2019** (1 rok) – staż podoktorski na **Charles University** (Praga, Czechy) związany z realizacją projektu *New electrochemical sensors based on boron-doped diamond and their applications in electroanalysis* (Grant International Mobility of Researchers at Charles University, European Social Fund) w laboratorium prof. Karoliny Schwarzovej–Peckovej
- 7). **01.2020** (1 tydzień) – staż naukowy w ramach programu CEEPUS (CIII–Freemover–1920–136398) na **Charles University** (Praga, Czechy) związany z omówieniem kierunku dalszej współpracy z prof. Karoliną Schwarzową–Peckovą
- 8). **02–04.2022** (2 miesiące) – staż naukowy na **Charles University** (Praga, Czechy) związany z realizacją projektu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (IDUB)” *Granty dla młodych naukowców* w laboratorium prof. Karoliny Schwarzovej–Peckovej
- 9). **06.2022** (1 tydzień) – staż naukowy w ramach programu CEEPUS (M–HR–1108–05–2122–M–150422) na **St. Kliment Ohridski Sofia University** (Sofia, Bułgaria) mający na celu nawiązanie współpracy naukowej z prof. Krastanką Marinovą i drem Tsvetomilem Voyslavovem



- 10). **06.2023** (1 tydzień) – staż naukowy w ramach programu CEEPUS (M–CZ–0212–2223–164122) na **University of Belgrade** (Belgrad, Serbia) mający na celu nawiązanie współpracy naukowej z drem Daliborem Stankovićem

## 10. CZŁONKOSTWO W ORGANIZACJACH, TOWARZYSTWACH NAUKOWYCH I KOMITETACH MIĘDZYNARODOWYCH LUB KRAJOWYCH

### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). **2011–2016** – członek Studenckiego Koła Naukowego Chemików na Wydziale Chemii UŁ
- 2). **2011–2015** – członek (w latach 2011–2013) i **przewodnicząca** (w latach 2013–2015) Wydziałowej Komisji Stypendialno–Socjalnej ds. Doktorantów na Wydziale Chemii UŁ
- 3). **2013–2015** – **wiceprzewodnicząca** (w latach 2013–2014) i **przewodnicząca** (w latach 2014–2015) Rady Samorządu Doktorantów Wydziału Chemii UŁ
- 4). **2012–2015** – członek Sekcji Studenckiej Polskiego Towarzystwa Chemicznego (PTChem)

### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **od 2015 do dziś** – członek zwyczajny PTChem
- 2). **od 2015 do dziś** – członek European Chemical Society (EuChemS)
- 3). **od 2016 do dziś** – członek International Society of Electrochemistry (ISE)
- 4). **2016–2018** – pełnomocnik Przewodniczącego Oddziału Łódzkiego PTChem ds. Ogólnych
- 5). **2016–2020** – członek Wydziałowej Komisji ds. Badań Naukowych na Wydziale Chemii UŁ
- 6). **2016–2024** – członek Zespołu do Spraw Mobilności Studentów Wydziału Chemii UŁ
- 7). **2019–2026** – członek Komisji Rozwoju i Promocji Osiągnięć Młodych Naukowców Polskiej Akademii Nauk Oddział w Lublinie
- 8). **2020–2023** – członek Zespołu Elektroanalizy Komitetu Chemii Analitycznej PAN

- 9). **2023 – członek** Komisji Konkursowej konkursu dla dyplomantów Wydziału Chemii Uniwersytetu Lidzkiego na najlepszą oprawę graficzną pracy dyplomowej „Chemia na okładce – edycja II”.

## 11. CZŁONKOSTWO W KOMITETACH REDAKCYJNYCH I RADACH NAUKOWYCH CZASOPISM

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). **03.2021 – 11.2022 – redaktor gościnny** wydania specjalnego *Advanced Electrode Materials Dedicated for Electroanalysis* czasopisma Materials (MPDI)
- 2). **od 12.2022 – członek zespołu redakcyjnego** czasopisma *Frontiers in Sensors* jako **Review Editor** w sekcji *Electrochemical Sensors*

## 12. INFORMACJA O RECENZOWANYCH PRACACH NAUKOWYCH, W SZCZEGÓLNOŚCI PUBLIKOWANYCH W CZASOPISMACH MIĘDZYNARODOWYCH

### 12.1. Recenzje artykułów w międzynarodowych czasopismach naukowych

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). *Arabian Journal of Chemistry* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **1 artykuł** w **2014** roku
- 2). *IONICS* w grupie wydawniczej *Springer* – **1 artykuł** w **2015** roku
- 3). *Electroanalysis* w grupie wydawniczej *Wiley* – **1 artykuł** w **2015** roku

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). *Adsorption* w grupie wydawniczej *Springer* – **1 artykuł** w **2018** roku
- 2). *Analytica Chimica Acta* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **2 artykuły** w latach **2019–2021** (1 manuskrypt w 2019 roku, 1 manuskrypt w 2021 roku)

- 3). *Arabian Journal of Chemistry* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **3 artykuły** w latach **2016–2022** (2 manuskrypty w 2016 roku, 1 manuskrypt w 2022 roku)
- 4). *Chemosensors* w grupie wydawniczej *MDPI* – **3 artykuły** w latach **2022–2023** (2 manuskrypty w 2022 roku, 1 manuskrypt w 2023 roku)
- 5). *Critical Reviews in Analytical Chemistry* w grupie wydawniczej *Taylor & Francis* – **2 artykuły** w **2021** roku
- 6). *Electroanalysis* w grupie wydawniczej *Wiley* – **9 artykułów** w latach **2016–2021** (3 manuskrypty w 2017 roku, 2 manuskrypty w 2019 roku, 2 manuskrypty w 2020 roku, 2 manuskrypty w 2021 roku)
- 7). *Electrochimica Acta* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **11 artykułów** w latach **2017–2022** (4 manuskrypty w 2017 roku, 1 manuskrypt w 2021 roku, 4 manuskrypty w 2022 roku, 2 manuskrypty w 2023 roku)
- 8). *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* w grupie wydawniczej *Taylor & Francis* – **7 artykułów** w latach **2016–2021** (1 manuskrypt w 2016 roku, 3 manuskrypty w 2017 roku, 2 manuskrypty w 2018 roku, 1 manuskrypt w 2021 roku)
- 9). *IONICS* w grupie wydawniczej *Springer* – **3 artykuły** w latach **2016–2017** (1 manuskrypt w 2016 roku, 2 manuskrypty w 2017 roku)
- 10). *Journal of Advanced Research* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **1 artykuł** w **2018** roku
- 11). *Journal of Electroanalytical Chemistry* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **13 artykułów** w latach **2017–2023** (4 manuskrypty w 2017 roku, 1 manuskrypt w 2018 roku, 4 manuskrypty w 2019 roku, 1 manuskrypt w 2020 roku, 2 manuskrypty w 2022 roku, 1 manuskrypt w 2023 roku)
- 12). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **3 artykuły** w latach **2019–2023** (1 manuskrypt w 2019 roku, 1 manuskrypt w 2022 roku, 1 manuskrypt w 2023 roku)
- 13). *Journal of Solid State Electrochemistry* w grupie wydawniczej *Springer* – **4 artykuły** w latach **2016–2018** (2 manuskrypty w 2016 roku, 2 manuskrypty w 2018 roku)

- 14). *Journal of The Electrochemical Society* w grupie wydawniczej *The Electrochemical Society* – **3 artykuły** w latach **2019–2020** (1 manuskrypt w 2019 roku, 2 manuskrypty w 2020 roku)
- 15). *Journal of the Science of Food and Agriculture* w grupie wydawniczej *Wiley* – **2 artykuły** w latach **2019–2020** (1 manuskrypt w 2019 roku, 1 manuskrypt w 2020 roku)
- 16). *Microchimica Acta* w grupie wydawniczej *Springer* – **1 artykuł** w **2022** roku
- 17). *Microchemical Journal* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **4 artykuły** w latach **2020–2023** (1 manuskrypt w 2020 roku, 2 manuskrypty w 2022 roku, 1 manuskrypt w 2023 roku)
- 18). *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly* w grupie wydawniczej *Springer* – **3 artykuły** w latach **2016–2019** (1 manuskrypt w 2016 roku, 2 manuskrypty w 2019 roku)
- 19). *Sensors* w grupie wydawniczej *MDPI* – **1 artykuł** w **2021** roku
- 20). *Sensors and Actuators B: Chemical* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **3 artykuły** w **2017** roku
- 21). *Talanta* w grupie wydawniczej *Elsevier* – **11 artykułów** w latach **2016–2022** (1 manuskrypt w 2016 roku, 1 manuskrypt w 2019 roku, 3 manuskrypty w 2020 roku, 5 manuskryptów w 2021 roku, 1 manuskrypt w 2022 roku)

## 12.2. Recenzje rozdziałów w monografiach naukowych

### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). *Nowe trendy w fizykochemicznych badaniach granic faz*, Bema Graphics S.C., Lublin – **1 rozdział w monografii** w **2018** roku
- 2). *Recent developments in green electrochemical sensors: design, performance, and applications*, ACS Books – **1 rozdział w monografii** w **2020** roku

## 12.3. Recenzje propozycji książek naukowych

### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). *Past, present and the future prospects for the detection of biomarkers*, Elsevier – **1 książka** w **2019** roku

### **13. INFORMACJA O UCZESTNICTWIE W ZESPOŁACH OCENIAJĄCYCH WNIOSKI O FINANSOWANIE BADAŃ, WNIOSKI O PRZYZNANIE NAGRÓD NAUKOWYCH, WNIOSKI W INNYCH KONKURSACH MAJĄCYCH CHARAKTER NAUKOWY LUB DYDAKTYCZNY**

#### Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Recenzent wniosków I edycji konkursu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza (IDUB)” *Doktoranckie Granty Badawcze* – recenzowałam **10 wniosków** w **2021** roku
- 2). Recenzent wniosków VI oraz VII edycji *Studenckich Grantów Badawczych Uniwersytetu Łódzkiego* – recenzowałam **2 wnioski** w **2022** roku oraz **1 wniosek** w **2023** roku

### **14. INFORMACJA O NAGRODACH ZA DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWĄ**

#### Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1). Laureatka stypendium motywacyjnego Rektora Uniwersytetu Łódzkiego w trakcie studiów magisterskich w roku akademickim **2009–2010, 2010–2011**
- 2). Laureatka stypendium Rektora Uniwersytetu Łódzkiego dla najlepszych doktorantów oraz dodatku projakościowego w roku akademickim **2012–2013, 2013–2014, 2014–2015**
- 3). Nagroda Rektora Uniwersytetu Łódzkiego za wybitną działalność doktorancką na rzecz i dla dobra Uniwersytetu Łódzkiego w latach 2011–2015 (Medal Universitas Lodziensis Alumno Laude Dignissimo) – nagroda przyznana w **2015** roku
- 4). Nagroda Naukowa Fundacji Uniwersytetu Łódzkiego za szczególne osiągnięcia naukowe w latach 2013–2014 w obszarze Nauk Ścisłych w grupie uczestników studiów doktoranckich UŁ (V edycja) – nagroda przyznana w **2015** roku
- 5). Nagroda Rektora Uniwersytetu Łódzkiego zespołowa I stopnia za osiągnięcia naukowo-badawcze za cykl publikacji *Woltamperometryczne i chromatograficzne badania związków biologicznie czynnych* opublikowanych w latach 2011–2014 – nagroda przyznana w **2015** roku

- 6). Nagroda za najlepszą prezentację ustną (3. miejsce) z badań własnych zaprezentowaną na 22<sup>nd</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry (YISAC 2015, 30.06–04.07.2015) – nagroda przyznana w **2015** roku

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1). Nagroda za najlepszą rozprawę doktorską obronioną na Wydziale Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w **2015** roku przyznane decyzją Rady Wydziału Chemii UŁ w **2016** roku
- 2). Nagroda za najlepsze wystąpienie ustne (1. miejsce) z badań własnych wygłoszone na konferencji "Fizykochemia granic faz – metody instrumentalne" (23–26.04.2017, Lublin) – nagroda przyznana w **2017** roku
- 3). Nagroda Rektora Uniwersytetu Łódzkiego zespołowa I stopnia za osiągnięcia naukowo-badawcze za cykl publikacji *Zastosowanie technik elektrochemicznych w badaniu związków biologicznie czynnych oraz charakterystyce materiałów biomedycznych* opublikowanych w latach 2012–2016 – nagroda przyznana w **2017** roku
- 4). Nagroda Rektora Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej zespołowa II stopnia za osiągnięcia naukowo-badawcze za cykl publikacji *Kinetyka i mechanizmy elektrodowe, oznaczanie wybranych związków organicznych oraz charakterystyka procesu adsorpcji na granicy faz elektroda/roztwór i ciało stałe/roztwór* – nagroda przyznana w **2017** roku
- 5). Nagroda Dziekana Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego zespołowa II stopnia za najlepszą publikację naukową na Wydziale Chemii opublikowaną w 2017 roku (K. Kaczmarska, M. Brycht, A. Leniart, S. Skrzypek, *Differential pulse voltammetric determination of an immunosuppressive drug teriflunomide on an edge plane pyrolytic graphite electrode*, RSC Advances 7 (2017) 26028–26036) – nagroda przyznana w **2018** roku
- 6). Nagroda Rektora Uniwersytetu Łódzkiego zespołowa za szczególne osiągnięcia naukowo-badawcze w obszarze nauk ścisłych finansowanych z funduszu spójności za cykl publikacji *Nanomateriały węglowe w woltamperometrycznej analizie związków biologicznie czynnych* opublikowanych w 2017 roku – nagroda przyznana w **2018** roku

- 7). Nagroda Rektora Uniwersytetu Łódzkiego zespołowa za szczególne osiągnięcia naukowo-badawcze w obszarze nauk ścisłych finansowanych z funduszu spójności za cykl publikacji *Wytwarzanie i charakterystyka elektrod nowej generacji i ich zastosowania w analizie woltamperometrycznej wybranych związków biologicznie czynnych* opublikowanych w 2018 roku – nagroda przyznana w **2019** roku
- 8). Nagroda Dziekana Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego zespołowa I stopnia za najlepszą publikację przeglądową na Wydziale Chemii opublikowaną w **2020** roku (K. Rudnicki, K. Sipa, M. Brycht, P. Borgul, L. Poltorak, S. Skrzypek, *Electrochemical sensing of fluoroquinolone antibiotics (review)*, Trends in Analytical Chemistry 128 (2020) 115907) – nagroda przyznana w **2021** roku
- 9). Nagroda za najlepsze wystąpienie posterowe (1. miejsce) z badań własnych zaprezentowane na X Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej "Innowacje w Praktyce" (15–16.06.2023, Lublin) – nagroda przyznana w **2023** roku

### III. INFORMACJE NAUKOMETRYCZNE

#### 1). ZESTAWIENIE DOROBKU NAUKOWEGO

	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	łącznie
Artykuły w czasopismach naukowych z listy JCR i wykazu MEiN	11	32	<b>43</b>
Artykuły w czasopismach, które nie znajdują się na liście JCR i wykazie MEiN	1	4	<b>5</b>
Rozdziały w monografiach znajdujących się w wykazie MEiN	–	3	<b>3</b>
Rozdziały w monografiach, które nie znajdują się w wykazie MEiN	3	11	<b>14</b>
Wystąpienia na konferencjach naukowych (udział osobisty)	WZ*: – KU**: 6 P***: 9	WZ*: 3 KU**: 16 P***: 21	<b>WZ*: 3</b> <b>KU**: 22</b> <b>P***: 30</b>
Wystąpienia na konferencjach naukowych (współudział)	WZ*: – KU**: 4 P***: 29	WZ*: 9 KU**: 56 P***: 61	<b>WZ*: 9</b> <b>KU**: 60</b> <b>P***: 90</b>
Recenzje artykułów	3	90	<b>93</b>
Recenzje rozdziałów w monografii	–	2	<b>2</b>
Recenzje monografii	–	1	<b>1</b>

\* WZ – wykłady na zaproszenie

\*\* KU – komunikaty ustne

\*\*\* P – postery



**2. INFORMACJA O PUNKTACJI IMPACT FACTOR I LICZBIE PUNKTÓW MEiN**

	<b>Przed uzyskaniem stopnia doktora</b>	<b>Po uzyskaniu stopnia doktora</b>	<b>łącznie</b>
Impact factor*	47,660	165,812	<b>213,472</b>
Punkty MEiN**	810	2820	<b>3630</b>

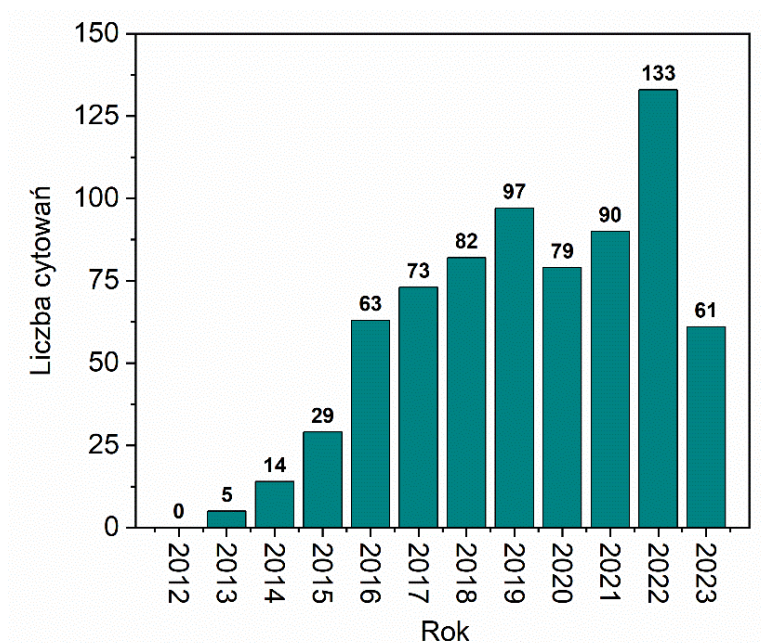
\* Sumaryczny impact factor według listy JCR na rok 2021

\*\* Punkty z wykazu MEiN z 01.12.2021 roku

**3. INFORMACJA O LICZBIE CYTOWAŃ PUBLIKACJI I INDEKSIE HIRSCHA**

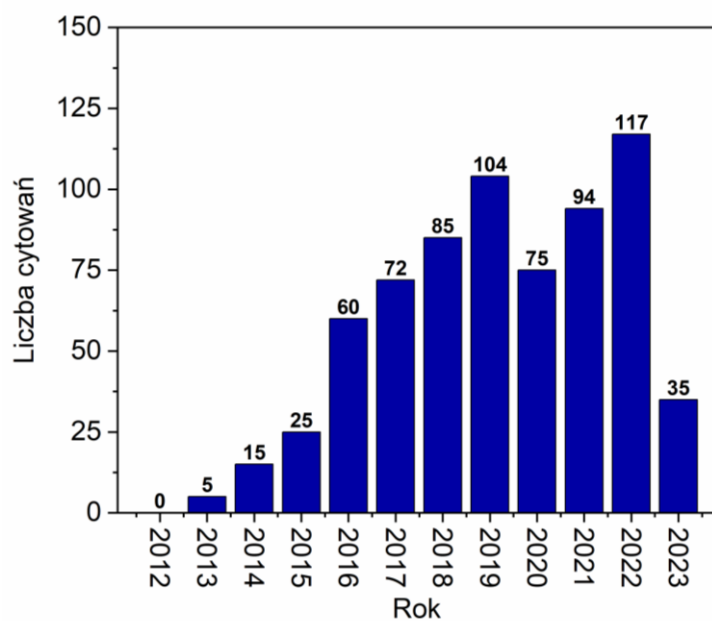
	<b>Scopus</b>	<b>Web of Science</b>
Cytowania (z autocytowaniami)*	726	688
Cytowania (bez autocytowań)*	617	586
Indeks Hirscha*	17	16

\*dane na dzień 30.06.2023



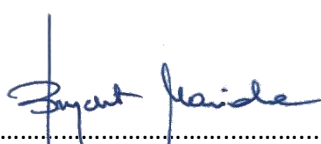
**Rysunek 1.** Zestawienie ilości cytowań z autocytowaniami w latach 2012–2023.

Dane na dzień 30.06.2023 na podstawie bazy Scopus.



**Rysunek 2.** Zestawienie ilości cytowań z autocytowaniami w latach 2012–2023.

Dane na dzień 30.06.2023 na podstawie bazy Web of Science.

  
 .....  
 podpis wnioskodawcy