Politechnika Wrocławska
Wydział Inżynierii Środowiska
Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska

PODPIS ZAUFANY
AGNIESZKA MARIA
URBANOWSKA
10.06.2022 10:09:33 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Autoreferat

dr inż. Agnieszka Urbanowska

Wrocław 2022

1. **Imię i nazwisko:** Agnieszka Urbanowska

2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:**
    a. 2007 - magister inżynier ochrony środowiska, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, kierunek studiów: Ochrona Środowiska, specjalność: Systemy Ochrony Wód i Gleby
    b. 2010 - magister inżynier inżynierii środowiska, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, kierunek studiów: Inżynieria Środowiska, specjalność: Zaopatrzenie w Wodę, Unieszkodliwianie Ścieków i Odpadów
    c. 2011 - doktor nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, tytuł rozprawy doktorskiej: „Usuwanie substancji organicznych z wody w zintegrowanym procesie wymiana jonowa - filtracja membranowa z wykorzystaniem membran ceramicznych”

3. **Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:**
    a. 2011 – 2013 - asystent naukowo-dydaktyczny, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska
    b. od 2013 - adiunkt naukowo-dydaktyczny, Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska (dawniej: Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska / Katedra Technologii Oczyszczania Wody i Ścieków)

    Politechnika Wrocławska jest nieprzerwanie od roku 2011 moim podstawowym miejscem pracy.

4. **Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)**

    Moim naukowym osiągnięciem habilitacyjnym jest **monografia** zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2a Ustawy:`

1. Agnieszka M Urbanowska., „***Oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu pochodzenia komunalnego z wykorzystaniem zintegrowanych procesów membranowych***”, Prace Naukowe Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Monografie, ISSN 2657-5035, 7, Wrocław, 2022

    Recenzenci wydawniczy monografii:

    1. prof. dr hab. inż. Katarzyna Majewska-Nowak (Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska)
    2. dr hab. inż. Mariola Rajca, prof. PŚ (Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Inżynierii Wody i Ścieków)

Omówienie osiągnięcia naukowego:

Coraz mniejsza dostępność zasobów surowców nieodnawialnych jest powodem zmian strategii ochrony środowiska w kierunku rozwoju tzw. czystych produkcji. Zmiany takie mogą być realizowane zarówno poprzez zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie ilości powstających zanieczyszczeń, jak i wytwarzanie produktów możliwych do ponownego wykorzystania. Według zasad czystej produkcji, powstający odpad powinien stanowić substrat do uzyskania nowego i pełnowartościowego produktu. W biogazowniach, zarówno komunalnych, jak i rolniczych, zasady takiego działania polegają m.in. na wykorzystaniu procesu fermentacji metanowej do produkcji zielonej energii (biogazu). Technologia ta jest postrzegana jako jedno z najbardziej przyszłościowych rozwiązań w sektorze zagospodarowania odpadów i produkcji energii odnawialnej.

Zagadnieniem ściśle związanym z funkcjonowaniem biogazowni jest prawidłowa gospodarka powstającą masą pofermentacyjną (pofermentem). Jego cechą charakterystyczną są zróżnicowane właściwości fizyczno-chemiczne zależne od rodzaju surowców używanych w produkcji biogazu, źródeł ich pochodzenia oraz stosowanych technologii fermentacji. Poferment zawiera przede wszystkim nieprzefermentowane pozostałości substancji organicznych oraz składniki mineralne. Składniki te występują w ilościach porównywalnych do ich zawartości w substratach użytych w biogazowni. Szacuje się, że ilość wytwarzanej substancji pofermentacyjnej stanowi 85-95% masy użytych substratów, przy czym im więcej łatwo fermentujących substancji organicznych w surowcu, tym mniejsza ilość pofermentu. Elementarny skład pofermentów różnego pochodzenia zdecydowanie odbiega od siebie. W biogazowniach rolniczych wśród głównych komponentów wsadowych można wyróżnić: odchody zwierzęce (gnojowica świńska lub bydlęca), odpady rolno-spożywcze (odpady owocowo-warzywne, żywność, odpady poubojowe) oraz biomasę lignocelulozową. Z kolei w biogazowniach komunalnych wykorzystuje się wyselekcjonowaną frakcję biodegradowalną odpadów komunalnych łączącą strumień pochodzący z gospodarstw domowych (tzw. odpady kuchenne) oraz zieleni miejskiej (tzw. odpady zielone). Oba typy biogazowni są instalacjami zasadniczo podobnymi do siebie, ale rozbudowanymi o dodatkowe moduły technologiczne związane ze wstępnym przetwarzaniem odpadów. Różnią się również lokalizacją: biogazownie komunalne powstają na terenach zurbanizowanych lub w ich sąsiedztwie, gdzie istnieje lepsza infrastruktura dla pozyskania wysokoenergetycznych odpadów, natomiast biogazownie rolnicze są zlokalizowane na terenach wiejskich zasobnych w odpowiednie surowce.

Przy uruchomianiu biogazowni niezwykle ważnym aspektem stają się możliwości zagospodarowania powstającego pofermentu, co jest uzależnione od rodzaju użytych odpadów. Niestety takie działania są kłopotliwe nie tylko pod względem logistycznym, inwestycyjnym ale również prawnym, przez co z roku na rok wzrasta zainteresowanie nie tylko instalacjami do produkcji biogazu, ale i przetwarzaniem pofermentu. Rozwiązaniem tego problemu może być separacja masy pofermentacyjnej na frakcję stałą i ciekłą z użyciem wirówek, pras śrubowych oraz różnego rodzaju sit. Frakcja stała może być wykorzystywana do nawożenia pól w okresie wiosenno-letnim, kompostowania w okresie zimowym oraz do produkcji nawozu w postaci granulatu. Natomiast frakcja ciekła nadaje się do nawadniania pól oraz nawadniania wsadu do komory fermentacyjnej. Wydaje się zatem, iż koncepcja zagospodarowania pofermentu może być szansą dla wielu małych i średnich przedsiębiorstw, które mogłyby być zaangażowane na tym etapie w realizację biogazowni komunalnych.

Jednym z racjonalnych sposobów zagospodarowania pofermentu jest odzysk wody oraz substancji odżywczych, które w następnej kolejności mogą być wykorzystywane rolniczo bez potrzeby magazynowania, czy też sprzedawane na rynku nawozowym. W ostatnim czasie, ze względu na postępujący deficyt wody wykorzystywanej m.in. w rolnictwie, coraz częściej poferment zaczyna się traktować nie tylko jako alternatywny nawóz, ale także jako źródło wody. Wykorzystanie odzyskanej wody do nawadniania upraw wymaga takiego jej oczyszczenia, aby ewentualne zanieczyszczenia pochodzące z fermentowanej biomasy nie powracały do środowiska. Przydatne w tym zakresie mogą być zarówno konwencjonalne procesy fizyczno-chemiczne (sedymentacja, filtracja, koagulacja/chemiczne strącanie, wytrącanie struwitu), jak i procesy membranowe (mikrofiltracja, ultrafiltracja, nanofiltracja, odwrócona osmoza).

Jak wynika z przeglądu piśmiennictwa, zagadnienie oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu z biogazowni rolniczej leży w obszarze zainteresowań naukowo-badawczych wielu autorów, niewiele doniesień dotyczy jednak oczyszczania cieczy pofermentacyjnej z biogazowni odpadów komunalnych. Ze względu na to, że oba typy pofermentów zasadniczo różnią się od siebie, niezależnie od wyników uzyskiwanych dla pofermentu rolniczego, należy prowadzić badania związane z pofermentem komunalnym.

Nowatorskim rozwiązaniem, które doprowadziło do opracowania monografii, jest łączenie ww. procesów w układy zintegrowane, co wydaje się być koniecznością w świetle obowiązujących przepisów prawnych. Działania takie mają na celu uzyskanie wysokiej efektywności oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu, wydłużenie czasu eksploatacji membran oraz ograniczenie zjawiska ich blokowania. Dzięki tego typu procesom możliwy będzie odzysk wody, którą po usunięciu soli (np. w procesie odwróconej osmozy) będzie można z powodzeniem wykorzystywać do celów rolniczych.

W pracy przedstawiono tezę, że integracja procesów membranowych z wykorzystaniem płaskich polimerowych lub ceramicznych membran z konwencjonalnymi procesami oczyszczania poprawi końcową jakość pofermentu pochodzącego z biogazowni odpadów komunalnych oraz wpłynie na ograniczenie intensywności blokowania membran. W tym celu przeanalizowano zarówno skuteczność oczyszczania ciekłego pofermentu w samodzielnych procesach oczyszczania, jak i w układach, łączących nie tylko poszczególne procesy membranowe, ale i prowadzone w różnych wariantach procesy konwencjonalne z filtracją membranową.

Przedmiotem badań była ciekła frakcja pofermentu pochodzącego z biogazowni przetwarzającej frakcję organiczną odpadów komunalnych usytuowanej w jednym z polskich zakładów gospodarki odpadami w województwie dolnośląskim. W pierwszym etapie badano skuteczność podczyszczania ciekłej frakcji pofermentu w konwencjonalnych procesach oczyszczania, tj. w procesie sedymentacji, filtracji, koagulacji/strącania chemicznego oraz wytracania struwitu. W drugim etapie dokonano analizy oczyszczania ciekłego pofermentu z zastosowaniem ciśnieniowych procesów membranowych (mikrofiltracji, ultrafiltracji, nanofiltracji) przy użyciu płaskich membran polimerowych i ceramicznych oraz procesu wymuszonej osmozy. W dalszej części badań określono skuteczność układów zintegrowanych łączących zarówno poszczególne procesy membranowe, jak i procesy konwencjonalne z filtracją przy użyciu membran. W ostatnim etapie badań oceniono przydatność procesu wymuszonej osmozy do oczyszczania ciekłego pofermentu jako alternatywy dla ciśnieniowych

procesów membranowych. W pracy dokonano również określenia wpływu wybranych parametrów na efektywność analizowanych procesów. W opracowaniu zwrócono także uwagę na ograniczenie niekorzystnego zjawiska jakim jest *fouling* membran.

Analiza uzyskanych wyników badań pozwoliła określić możliwości oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu pochodzenia komunalnego w różnych procesach oraz sformułować następujące wnioski:

1. Zastosowanie cedzenia jako elementu wstępnego oczyszczania przyczynia się jedynie do eliminacji frakcji zawieszonej w roztworze, a skuteczność oczyszczania zależy od średnicy porów stosowanych filtrów workowych.

2. Użycie procesu sedymentacji na etapie wstępnego oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu umożliwia częściowe sklarowanie roztworu, a tym samym zmniejszenie zawartości większych cząstek w badanym roztworze.

3. Proces koagulacji/chemicznego strącania może być efektywnie wykorzystywany do podczyszczania ciekłego pofermentu, a o skuteczności procesu decyduje rodzaj oraz dawka użytego reagentu. Pod względem skuteczności usuwania zanieczyszczeń organicznych z pofermentu najlepsze efekty uzyskano stosując $FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$. Ta technika wstępnego oczyszczania pofermentu spowodowała istotne zmiany właściwości cząstek pozostałych w roztworze, w tym potencjału ζ (generowała dodatni, wysoki potencjał elektrokinetyczny) i rozkładu wielkości cząstek, tj. przesunięcie w kierunku drobniejszych cząstek.

4. Wprowadzanie do cieczy pofermentacyjnej odpowiedniej ilości $MgCl_2$ oraz NaH_2PO_4 stwarza możliwość wytrącania struwitu z analizowanego roztworu. Przyjęcie odpowiednich parametrów procesu (pH 9,0, temperatury w zakresie 20 - 23°C, stosunku molowego N:Mg:P = 5,13:1:1 lub 1:1,1:1,1, czasu reakcji wynoszącego 5 min z szybkością mieszania wynoszącą 160 obr./min) zapewnia wysoką skuteczność wytrącania struwitu z pofermentu.

5. Separacja zanieczyszczeń organicznych z pofermentu jest możliwa również w ciśnieniowych procesach membranowych, a efekt oczyszczania zależy od granicznej rozdzielczości membran – wraz ze wzrostem wartości *cut-off* można było zaobserwować pogorszenie jakości permeatu. Spośród membran polimerowych najlepszą separację zanieczyszczeń umożliwiła membrana nanofiltracyjna NPO30P, natomiast spośród membran ceramicznych - membrana o *cut-off* 1 kDa. Wzrost ciśnienia transmembranowego, materiał membrany ani czas prowadzenia procesu filtracji membranowej nie miały wpływu na właściwości separacyjne.

6. Właściwości transportowe zarówno membran polimerowych, jak i ceramicznych istotnie zależą od ciśnienia transmembranowego, granicznej rozdzielczości membrany oraz czasu eksploatacji membran. Wzrost ciśnienia transmembranowego oraz *cut-off* membran powoduje wzrost wartości strumienia permeatu. Natomiast wraz z upływem czasu pracy wydajność hydrauliczna membran sukcesywnie maleje.

7. Membrany o większych porach (mikrofiltracyjne) są zdecydowanie bardziej podatne na *fouling* niż bardziej zwarte membrany np. nanofiltracyjne.

8. Sekwencyjne oczyszczanie pofermentu przy użyciu membran polimerowych pozwoliło na znaczną poprawę skuteczności oczyszczania pofermentu, a o końcowej jakości permeatu decydowała kombinacja właściwości kolejno zastosowanych membran. Najlepsze rezultaty

pod tym względem uzyskano stosując wariant: mikrofiltracja (membrana 0,02 μm) → ultrafiltracja (membrana PES 10 kDa) → nanofiltracja (membrana NPO30P). Poza tym zastosowanie sekwencji analizowanych technik membranowych pozwoliło częściowo ograniczyć intensywność *foulingu* membran.

9. Zastosowanie do oczyszczania cieczy pofermentacyjnej zintegrowanych procesów w dwóch wariantach: koagulacja/chemiczne strącanie połączone z filtracją przez membrany polimerowe lub ceramiczne roztworu wcześniej podczyszczonego w procesie filtracji i sedymentacji oraz wytrącanie struwitu połączone z filtracją przez membrany ceramiczne, pozwalają na znacznie skuteczniejszą, niż stwierdzaną dla procesów realizowanych samodzielnie, poprawę końcowej jakości badanego roztworu oraz na ograniczenie intensywności blokowania membran. Lepsze efekty oczyszczania pofermentu uzyskano stosując w układach zintegrowanych płaskie membrany ceramiczne.

10. Najlepszą końcową jakość oczyszczanej cieczy pofermentacyjnej uzyskano stosując proces zintegrowany sedymentacja/filtracja/koagulacja/sedymentacja/filtracja membranowa przy użyciu membran ceramicznych (72 h sedymentacja, filtr workowy 1 μm, 10 g/dm^3 $FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$, membrana o *cut-off* 1 kDa). W tym przypadku stopień zmniejszenia ChZT, BZT_5 oraz stężenia RWO wynosił odpowiednio: 69% (obniżenie z 6 190 do 1 845 g O_2/m^3), 62% (z 2 170 do 728 g O_2/m^3) oraz 75% (z 3 050 do 720 g C/m^3).

11. Przeprowadzone badania nad przydatnością procesu wymuszonej osmozy do oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu pokazały, że proces ten jest skuteczny w kontekście odzysku wody z zanieczyszczonego roztworu, a zastosowanie wytrącania struwitu na etapie podczyszczania roztworu poprawia jego końcową jakość oraz zabezpiecza membrany przed foulingiem. Analiza rozkładu wielkości cząstek pokazuje, że tego typu połączenie procesów pozwala usunąć frakcję największych cząstek, a najbardziej jest skuteczny, gdy jako roztwór odbierający stosuje się roztwór NaCl o stężeniu 0,5 mol/dm^3.

Uzyskane wyniki badań dowodzą, iż dotychczas niewykorzystywana woda pochodząca z komunalnej cieczy pofermentacyjnej (po doczyszczeniu) może być używana w rolnictwie. Takie działania doprowadzą do poprawy zarówno funkcjonowania gospodarki, jak i ochrony środowiska. Co prawda uzyskane w procesie zintegrowanym sedymentacja/cedzenie/ koagulacja/sedymentacja/filtracja membranowa przy użyciu membran ceramicznych wartości ChZT, BZT_5 oraz RWO niestety jeszcze przekraczają normy wyznaczone dla wody wykorzystywanej np. w rolnictwie, jednak tak wysoki stopień usunięcia związków organicznych powoduje, że analizowany roztwór jest odpowiednio przygotowany do ostatniego etapu oczyszczania, np. procesu odwróconej osmozy. Odzyskana w ten sposób z pofermentu woda (po usunięciu nadmiaru soli lub rozcieńczeniu) będzie mogła zostać wykorzystana rolniczo, np. do podlewania upraw lub przygotowywania nawozów.

- Ważnym innym moim osiągnięciem, stanowiącym istotny wkład w rozwój dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka,* była **modyfikacja procedury frakcjonowania naturalnych substancji organicznych** przy użyciu żywic typu XAD. Polega ona na rozdziale tych substancji na 4 grupy: kwasy silnie hydrofobowe, kwasy słabo hydrofobowe, substancje hydrofilowe obdarzone ładunkiem oraz substancje hydrofilowe obojętne. Dostępna literatura przedstawia kilka sposobów frakcjonowania związków organicznych, jednak dopiero wypracowanie odpowiedniej kompilacji dostępnych metod pozwoliło na skuteczne rozfrakcjonowanie substancji organicznych

naturalnie występujących w wodach. Dzięki niej możliwy jest rozdział związków organicznych w relatywnie krótkim czasie i przy użyciu niewielkiej objętości próby. Procedurę tę prezentowałam w publikacjach [K19, K22][1] oraz jako rozdział w książce [K31]. W kontekście wykorzystywania żywic typu XAD w procedurze rozdziału naturalnych substancji organicznych należy mieć na uwadze także możliwość ich regeneracji. Wobec tego dalszym krokiem w rozwoju badawczym było **opracowanie metody regeneracji**, która pozwalała na całkowitą regenerację badanych żywic. Chęć podjęcia się tych badań wynikała z wcześniejszych ustaleń, w których stwierdzono, że metoda dostępna w literaturze nie pozwala na całkowite przywrócenie żywicom ich pierwotnej zdolności sorpcyjnej. Stworzona metoda regeneracji żywic typu XAD została zaprezentowana w publikacji [K23]. W ramach charakterystyki naturalnych substancji organicznych przeprowadziłam także jednoetapową izolację tych związków z użyciem żywic anionowymiennych oraz frakcjonowanie przy użyciu technik membranowych. Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane w publikacjach [K17, K26] oraz na konferencji międzynarodowej [K45].

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora (2007 – 2011) moje zainteresowania naukowe obejmowały kilka tematów naukowo-badawczych związanych z:

1. Oczyszczaniem wody w samodzielnym procesie filtracji z użyciem mikro- i ultrafiltracyjnych membran ceramicznych, w procesie wymiany jonowej na żywicach jonowymiennych oraz w układach zintegrowanych łączących wymianę jonową i filtrację membranową.
2. Charakterystyką substancji organicznych usuwanych w poszczególnych procesach oczyszczania wody.
3. Możliwością odzyskiwania chlorku sodu z roztworów po regeneracji żywic jonowymiennych z wykorzystaniem procesów membranowych.

Ad. 1. W swoich pierwszych pracach badawczych zajmowałam się badaniem skuteczności usuwania naturalnych substancji organicznych z roztworów wodnych i wody z Odry w samodzielnym procesie mikro- i ultrafiltracji oraz w procesie wymiany jonowej. Przeprowadzone badania pozwoliły określić właściwości separacyjne i transportowe membran ceramicznych o różnej granicznej rozdzielczości w stosunku do badanych roztworów. Oceniłam również wpływ parametrów fizyczno-chemicznych wody wpływających na skuteczność jej oczyszczania zarówno w analizowanych procesach membranowych, jak i w procesie wymiany jonowej. Poza tym dokonałam porównania właściwości separacyjnych i transportowych membran ceramicznych i polimerowych o porównywalnej nominalnej wartości *cut-off*. Wyniki badań w tym zakresie były publikowane w formie artykułów z IF [P4, P7, P8, P9], rozdziału w książce [P12] oraz prezentowane podczas konferencji krajowych w formie referatów [P17, P19]. Z kolei zagadnienia związane z usuwaniem naturalnych substancji organicznych z wody w procesie wymiany jonowej opisałam w publikacji z IF [P10],

[1] Pokazane w nawiasach kwadratowych odwołania dotyczą pozycji bibliograficznych zestawionych w załączniku 4 pt. „Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*”.

2 rozdziałach w książce [P15 i P16] oraz zaprezentowałam podczas konferencji zagranicznej [P18].

W kolejnym etapie badań określiłam efektywność oczyszczania wody w układach zintegrowanych łączących wymianę jonową i filtrację membranową. Ta tematyka stanowiła podstawę rozprawy doktorskiej. Opracowanie zintegrowanego procesu łączącego niskociśnieniową separację membranową, wykorzystującą membrany ceramiczne, z procesem, który pozwalał na eliminację z roztworu małocząsteczkowych frakcji naturalnych substancji organicznych, pozwoliło mi na rozwiązanie problemu uzdatniania wód zawierających naturalne substancje organiczne. Analizie poddałam też wpływ sposobu realizacji procesu zintegrowanego na końcową jakość wody. Istotnym osiągnięciem moich prac w tym okresie było wykazanie, że zastosowanie do oczyszczania wody tego typu połączenia pozwala na znacznie skuteczniejsze, niż stwierdzane dla samodzielnej filtracji lub wymiany jonowej, usunięcie naturalnych substancji organicznych. Poprawę końcowej jakości wody uzyskałam niezależnie od sposobu realizacji procesu zintegrowanego, tj. w konfiguracjach:

- wymiana jonowa / sedymentacja / filtracja membranowa,
- proces hybrydowy, w którym filtracji poddawana jest woda wraz z żywicą jonowymienną,
- układ w którym doczyszczaniu na żywicach poddawana jest woda po filtracji z użyciem membran ceramicznych.

Efektem badań były wyniki zaprezentowane w publikacjach na łamach czasopism [P3, P5, P6, P11], jako raport serii SPR [P20] oraz raport serii PRE [P21].

Ad. 2. Naturalne substancje organiczne obecne w wodach są mieszaniną substancji o różnych właściwościach. W tej mieszaninie występują zarówno związki hydrofilowe, jak i hydrofobowe obdarzone lub pozbawione ładunku. Ze względu na różne właściwości poszczególnych frakcji substancji organicznych ich eliminacja w poszczególnych procesach oczyszczania wody jest różna. Dlatego też w dalszym etapie badań przeanalizowałam skuteczność usuwania 4 zasadniczych frakcji naturalnych substancji organicznych. Uzyskane wyniki analizy frakcyjnej pozwoliły mi nie tylko na określenie zawartości poszczególnych frakcji naturalnych substancji organicznych w badanych roztworach, ale również na wyjaśnienie wcześniejszych obserwacji. Ten temat badawczy kontynuowałam po zakończeniu doktoratu.

Ad. 3. Stosowanie procesu wymiany jonowej do usuwania substancji organicznych z wody wiąże się z koniecznością rozwiązania problemu zagospodarowania roztworów poregeneracyjnych. Najbardziej pożądane jest zastosowanie takich metod, które pozwolą na odzyskiwanie soli z tych roztworów. W związku z tym, w kolejnym etapie eksperymentów dokonałam oceny przydatności elektrodializy oraz filtracji membranowej do oczyszczania solanek poregeneracyjnych. Dzięki przeprowadzonym badaniom nad przydatnością procesów membranowych do oczyszczania roztworów po regeneracji żywic jonowymiennych wykazałam, że najwyższą skuteczność usuwania substancji organicznych z solanek poregeneracyjnych można uzyskać stosując proces nanofiltracji lub elektrodializy z użyciem membran monojonoselektywnych. Wyniki badań zostały zaprezentowane w artykułach z IF [P1 i P2].

Mój najbardziej wartościowy opublikowany dorobek naukowy powstał po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora (2011 – 2022) nadal zajmowały mnie podjęte wcześniej tematy badawcze (4) a także zupełnie nowe zagadnienia (5 i 6):

4. Skuteczność usuwania substancji organicznych z wód naturalnych w różnych procesach oczyszczania.
5. Regeneracja żywic i membran używanych w eksperymentach związanych ze substancjami organicznymi.
6. Oczyszczanie cieczy pofermentacyjnej pochodzenia komunalnego.

Ad. 4. Lata 2011 - 2013 poświęciłam na uzupełnienie wyników badań rozpoczętych w ramach pracy doktorskiej. W pracy [K29] zaprezentowałam badania dotyczące wymiany jonowej, w których najlepsze efekty oczyszczania wody uzyskałam dla żywicy MIEX®. Stwierdziłam w nich również, że oczyszczanie wody w procesie wymiany jonowej powoduje przedostawanie się do oczyszczanej wody drobnych frakcji żywicy, które nie podlegają sedymentacji. Wzrost wtórnego zanieczyszczenia wody mogłam obserwować wraz z rosnącą dawką żywicy. Również przydatność procesu MIEX®DOC do oczyszczania wody zawierającej związki organiczne opisywałam w artykule [K25].

Oprócz tego w badaniach nad procesem wymiany jonowej zainteresowało mnie wykorzystanie makroporowatych, polistyrenowych żywic jonowymiennych do usuwania związków organicznych z wody. Szczególne znaczenie miało prowadzenie badań nad chińską żywicą BDF400 nietestowaną nigdy wcześniej. Przeprowadziłam porównanie uzyskanych skuteczności pod kątem sposobu prowadzenia procesu i wpływu wybranych parametrów wody. Potwierdziłam przydatność żywic do oczyszczania wody wskazując skuteczniejszą spośród badanych żywic oraz optymalne parametry fizyczno-chemiczne prowadzonego procesu. Wyniki przeprowadzonych analiz zostały opublikowane w opracowaniach jako publikacja [K18], streszczenie konferencyjne [K41] oraz referaty konferencyjne [K43, K46].

Zastosowanie procesu wymiany jonowej przy użyciu makroporowatych polistyrenowych żywic jonowymiennych, jako elementu układu zintegrowanego, zebrałam w artykułach [K16, K27]. Głównym wnioskiem płynącym z tych badań było uzyskanie znacznej poprawy jakości wody dzięki zastosowaniu procesu zintegrowanego łączącego wymianę jonową przeprowadzoną w układzie przepływowym przy użyciu żywicy A100 z ultrafiltracją przy użyciu membrany 15 kDa. Dzięki wykonanej analizie frakcyjnej zaobserwowałam preferencyjne usuwanie frakcji hydrofobowych o wyższej masie cząsteczkowej oraz słabą eliminację frakcji hydrofilowych. W tym czasie powstał również referat o tej tematyce zaprezentowany na konferencji krajowej [K44].

Po obronie pracy doktorskiej postanowiłam również uzupełnić informacje związane z membranami ceramicznymi. Szczególnie interesował mnie wpływ warunków prowadzenia procesu na właściwości transportowe i separacyjne membran. Efektem badań był artykuł [K24] oraz rozdział w monografii [K28]. Stwierdziłam, że właściwości transportowe membran ceramicznych istotnie zależą od ciśnienia transmembranowego, granicznej rozdzielczości, czasu eksploatacji membran oraz liniowej prędkości przepływu cieczy w module. Natomiast nieznaczną poprawę skuteczności separacji zanieczyszczeń z roztworu mogłam uzyskać jedynie wraz ze wzrostem prędkości przepływu cieczy przy powierzchni membrany.

Równolegle do badań związanych z właściwościami membran ceramicznych zajmowałam się uzupełnieniem badań wykonanych w ramach pracy doktorskiej dotyczących usuwania naturalnych substancji organicznych z solanek poregeneracyjnych z wykorzystaniem ciśnieniowych procesów membranowych. Wyniki przedstawionych analiz opublikowałam jako rozdział w książce [K32] oraz zaprezentowałam na konferencji zagranicznej [K42]. Oceniając przydatność procesu nanofiltracji do oczyszczania solanek poregeneracyjnych dokonałam analizy wpływu właściwości membran na skuteczność separacji substancji organicznych oraz na ewentualne zmiany zawartości NaCl w permeacie. Dowiodłam, że zastosowanie membran nanofiltracyjnych pozwala na najwyższą skuteczność usuwania substancji organicznych z solanek poregeneracyjnych. W przeprowadzonych badaniach odniosłam się również do wydajności hydraulicznej membran oraz ich podatności na blokowanie.

Wiele moich prac prowadzonych na przestrzeni kilku lat dotyczyło charakterystyki naturalnych substancji organicznych usuwanych w różnych procesach. W pracach [K22, K26] przedstawiłam i omówiłam na podstawie dostępnej literatury, obecny stan wiedzy w tym temacie. Natomiast szczegółowe badania związane z izolacją substancji humusowych z różnych roztworów wodnych przy pomocy żywic anionowymiennych przedstawiłam w artykule [K17]. Uzyskane wyniki pozwoliły mi uszeregować badane anionity według zdolności wymiennej w stosunku do substancji humusowych. Wykazałam, że w wodzie naturalnej dominowały małocząsteczkowe substancje hydrofilowe, zaś w roztworze z kwasami humusowymi zdecydowana większość to frakcje hydrofobowe o większych masach cząsteczkowych. Charakterystykę naturalnych substancji organicznych usuwanych w procesie wymiany jonowej, ultrafiltracji oraz w procesie zintegrowanym wymiana jonowa – ultrafiltracja poprzez frakcjonowanie na żywicach typu XAD oraz przy użyciu technik membranowych przedstawiłam w artykule [K19]. W opracowaniu tym, w celu określenia składu pierwiastkowego naturalnych substancji organicznych wykonałam analizę elementarną. Wnioski płynące z przeprowadzonych analiz można przedstawić w kilku punktach. Po pierwsze wykazałam, że zastosowanie procesów zintegrowanych pozwoliło na uzyskanie łącznego efektu usuwania związków małocząsteczkowych w procesie wymiany jonowej z separacją cząstek wielkocząsteczkowych w procesie ultrafiltracji. Dzięki analizie frakcyjnej wykazałam słabą separację frakcji hydrofilowych i skuteczne usuwanie związków hydrofobowych w procesie wymiany jonowej i ultrafiltracji, podczas gdy procesy zintegrowane usuwały zarówno frakcje hydrofobowe jak i naładowane frakcje hydrofilowe substancji organicznych. Natomiast dzięki analizie pierwiastkowej wykazałam w badanym roztworze dominację kwasów fulwowych. Identyfikację naturalnych substancji organicznych usuwanych w samodzielnym procesie ultrafiltracji z wykorzystaniem żywic typu XAD zaprezentowałam również w pracy [K31]. W dalszym etapie badań uważałam za zasadne przeprowadzenie izolacji i frakcjonowania substancji humusowych przy użyciu technik membranowych, co zostało omówione w pracy [K45]. W tym przypadku parametrem decydującym o przynależności cząstek frakcji organicznych do określonej frakcji była ich masa cząsteczkowa. Frakcjonowanie membranowe przeprowadziłam wykorzystując membrany ultrafiltracyjne z regenerowanej celulozy o *cut-off* 1, 5 i 10 kDa.

W latach 2015 - 2016 we współpracy z MPWiK we Wrocławiu wykonywałam badania związane z charakterystyką, poprzez analizę frakcyjną, naturalnych substancji organicznych usuwanych w poszczególnych procesach ciągu technologicznego oczyszczania wody w ZOW „Mokry Dwór”. Uzyskane wyniki pokazały, że w ujmowanej wodzie ponad połowę stanowią frakcje charakteryzujące zawartość kwasów huminowych i fulwowych. Wykazałam, że

w całym ciągu technologicznym oczyszczania wody większość usuniętego rozpuszczonego węgla organicznego stanowi frakcja hydrofobowa, za co odpowiada proces koagulacji. Ta współpraca zaowocowała publikacją z IF [K21].

Ad. 5. O przydatności żywic do przeprowadzenia procedury frakcjonowania związków organicznych decyduje również możliwy do osiągnięcia stopień ich regeneracji. W związku z tym, nowym podjętym tematem badawczym okazała się być regeneracja żywic polimerowych typu XAD oraz porównanie uzyskanych skuteczności pod kątem sposobu prowadzenia procesu. Chęć podjęcia się tych badań wynikała z wcześniejszych ustaleń, w których stwierdzono, że metoda dostępna w literaturze nie pozwala na całkowite przywrócenie żywicom ich pierwotnej zdolności sorpcyjnej. Za szczególne osiągnięcie w tym zakresie uznaję opracowanie metody regeneracji, która pozwalała na całkowitą regenerację badanych żywic. Uzyskane wyniki wraz ze szczegółową procedurą regeneracji żywic opublikowałam w artykule z IF [K23]. Tematyka ta była podstawą do uzyskania dofinansowania w projekcie badawczym na rozwój młodej kadry Politechniki Wrocławskiej.

Jednym z głównych czynników ograniczających stosowanie ciśnieniowych procesów membranowych w oczyszczaniu wody jest rosnący spadek strumienia permeatu w czasie spowodowany blokowaniem membran. Jedną z technik, która pomaga ograniczyć to niekorzystne zjawisko jest chemiczne czyszczenie membran przy użyciu silnych i słabych zasad, kwasów i detergentów. Niestety w wyniku czyszczenia membran pojawia się problem powstających roztworów poregeneracyjnych. W związku z tym, w kolejnym kroku rozwoju naukowego zajęłam się zagadnieniem chemicznego czyszczenia membran zarówno polimerowych jak i ceramicznych zanieczyszczonych naturalnymi substancjami organicznymi. Uzyskane wyniki badań szczegółowo przedstawiłam jako publikację z IF [K20] oraz jako rozdział w monografii [K30]. Wykazałam w nich, że najbardziej efektywnym środkiem czyszczącym, jeśli chodzi o odzyskiwanie początkowego strumienia permeatu z membran zanieczyszczonych związkami organicznymi, jest NaOH. Pozwalał on na 100% wyczyszczenie membran. Poza tym, wyniki dynamiki oczyszczania wykazały, że membrany polimerowe wykonane z regenerowanej celulozy były oczyszczane szybciej niż membrany wykonane z polieterosulfonu i materiału ceramicznego. Stwierdziłam także, że nie bez znaczenia pozostaje wartość *cut-off* membran oraz stężenie roztworu czyszczącego. Oprócz tego, podjęcie tego tematu zaowocowało określeniem przydatności procesu nanofiltracji do odzysku czynnika regenerującego z roztworów poregeneracyjnych zanieczyszczonych związkami organicznymi. Wykazałam, iż o skuteczności procesu decydują takie parametry jak: rodzaj użytej membrany, skład oczyszczanego roztworu poregeneracyjnego oraz czas prowadzenia procesu. Uzyskane efekty opublikowałam w artykułach z IF [K12, K15] oraz jako streszczenie konferencyjne [K40]. Badania te zamykały okres mojego zainteresowania problemem usuwania substancji organicznych z wód naturalnych.

Ad. 6. Od 2018 roku przedmiotem moich zainteresowań stała się ciekła frakcja pofermentu pochodząca z biogazowni przetwarzającej frakcję organiczną odpadów komunalnych. Celowość podjęcia tej tematyki wynikała z niewielu doniesień literaturowych nt. oczyszczania cieczy pofermentacyjnej z biogazowni komunalnej (w przeciwieństwie do ilości informacji o pofermencie pochodzącym z biogazowni rolniczych), co mogło wskazywać na pewną niszę w tym obszarze badawczym. Równolegle obszar moich zainteresowań objął zagadnienia związane z oczyszczaniem ciekłej frakcji rolniczego pofermentu, co opisałam w 3 publikacjach

z IF [K4, K6, K8], 1 streszczeniu [K36] oraz 3 referatach [K34, K37, K38]. Prowadzenie tego typu badań miało na celu poszerzenie stanu wiedzy i uzupełnienie badań w tym zakresie.

Aktywność w temacie komunalnej cieczy pofermentacyjnej rozpoczęłam od obszernych studiów literaturowych, zebrania i uporządkowania dostępnej wiedzy, co przedstawiłam w publikacji z IF [K11]. Ze względu na to, iż poferment traktuje się nie tylko jako alternatywny nawóz, ale jako źródło wody, wymaga on takiego oczyszczenia, aby zanieczyszczenia pochodzące z fermentowanej biomasy nie powracały do środowiska. Przydatne w tym zakresie mogą być zarówno konwencjonalne procesy fizyczno-chemiczne (sedymentacja, filtracja, koagulacja/chemiczne strącanie, wytrącanie struwitu) jak i procesy membranowe (mikrofiltracja, ultrafiltracja, nanofiltracja, wymuszona osmoza). Nowatorskim rozwiązaniem zastosowanym w badaniach było połączenie ww. procesów w układy zintegrowane. Działania takie miały na celu uzyskanie wysokiej efektywności oczyszczania ciekłego komunalnego pofermentu, wydłużenie czasu eksploatacji membran oraz ograniczenie zjawiska ich blokowania. Swoją uwagę zwróciłam zarówno na skuteczność usuwania zanieczyszczeń z badanego roztworu w samodzielnych oraz zintegrowanych procesach, jak również na ograniczenie niekorzystnego zjawiska jakim jest *fouling* membran. Wykonane eksperymenty stały się podstawą do zredagowania monografii habilitacyjnej zatytułowanej „Oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu pochodzenia komunalnego z wykorzystaniem zintegrowanych procesów membranowych”. Ponadto otrzymane wyniki badań przedstawiłam w 5 publikacjach z IF [K2, K3, K5, K10, K14], w 1 streszczeniu konferencyjnym [K33] oraz w 1 referacie konferencyjnym [K35]. Kluczowe tezy zrealizowanych badań zostaną dopiero opublikowane.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Podstawowym miejscem prowadzenia mojej działalności naukowej jest Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Jednocześnie wykazuję się aktywnością naukową realizowaną w różnych krajowych i zagranicznych instytucjach naukowych.

Na szczególną uwagę zasługuje rozpoczęta w 2018 roku współpraca z zespołem prof. dr hab. inż. Haliny Pawlak-Kruczek z Katedry Inżynierii Konwersji Energii na Wydziale Mechaniczno - Energetycznym Politechniki Wrocławskiej. Od tego czasu cyklicznie składamy wspólne wnioski grantowe dzieląc się swoją wiedzą i doświadczeniem. Wspomniana współpraca już w tym samym roku zaowocowała przyznaniem grantu "Sustainable technology for the staged recovery of an agricultural water from high moisture fermentation products" (czas realizacji 1.04.2019 – 28.02.2023; całkowity budżet 730 000 EUR; akronim RECOWATDIG; Reference Number: WaterJPI-JC-2018 12, Call Water JPI 2018 Joint Call Closing the Water Cycle Gap), którego jestem głównym wykonawcą. Jest to międzynarodowy projekt, w którym bierze udział 6 zespołów badawczych (Politechnika Wrocławska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Zakład Gospodarowania Odpadami Gać, HoST Bioenergy Installations (Niderlandy), KTH – Royal Institute of Technology (Szwecja), University of Twente (Niderlandy)). Jestem pomysłodawcą dużej części tego projektu. W jego ramach stworzyłam również swój zespół badawczy.

Oprócz naukowców z Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej współpracuję z różnymi krajowymi ośrodkami badawczymi i podmiotami:

- Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wydział Chemiczny Politechniki Wrocławskiej (dr hab. inż. Izabela Polowczyk, prof. PWr oraz dr hab. inż. Joanna Wolska, prof. PWr),
- Katedra Inżynierii Bioprocesowej, Mikro- i Nanoinżynierii, Wydział Chemiczny Politechniki Wrocławskiej (mgr inż. Mateusz Jackowski),
- Katedra Techniki Cieplnej i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowa (dr hab. Aneta Magdziarz, prof. AGH),
- Instytut Nowych Technologii Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu (mgr inż. Małgorzata Żółtowska),
- Katedra Inżynierii Bioprocesowej, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu (dr inż. Przemysław Seruga),
- Zakład Gospodarowania Odpadami Gać sp. z o.o., Oława (dr inż. Przemysław Seruga)
- WIGO Gąsiorowski Technologie Wodne (Jacek Gąsiorowski).

Podejmowana przeze mnie współpraca międzynarodowa realizowana jest na kilku polach, głównie ma charakter badawczy, poprzez wspólną pracę badawczą, projekt RECOWATDIG oraz publikacje. Poniżej wymieniłam zagraniczne ośrodki badawcze i podmioty z którymi współpracuję:

- University of Twente, Deptartment of Thermal Engineering, Enschede, Holandia (prof. dr inż. Gerrit Brem, prof. dr inż. Marcel te Braak, dr inż. Artur Pożarlik),
- KTH - Royal Institute of Technology, Department of Materials and Enginery, Sztokholm, Szwecja (prof. Weihong Yang),
- HoST Bioenergy Installations, Thermen 10, 7521PS Enschede, Holandia (prof. dr inż. Marcel te Braak).

Tematyka związana z wybranymi metodami podczyszczania ciekłej frakcji pofermentu pochodzenia komunalnego jest wspólnym zagadnieniem realizowanym podczas podjętego przeze mnie półrocznego (okres 1.05. – 31.10.2020) **stażu naukowego** w Katedrze Inżynierii Bioprocesowej Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, podczas którego współpracowałam z dr. inż. Przemysławem Serugą. Opiekunem naukowym stażu był prof. dr hab. inż. Edward Cibis. Owocem tego stażu była wspólna publikacja: Urbanowska A., Polowczyk I., Kabsch-Korbutowicz M., Seruga P., „Characteristics of Changes in Particle Size and Zeta Potential of the Digestate Fraction from the Municipal Waste Biogas Plant Treated with the Use of Chemical Coagulation/Precipitation Processes", Energies, 2020, 13(22), 5861; https://doi.org/10.3390/en13225861

Całość aktywności naukowej realizowana zarówno w uczelni jak i poza nią, została udokumentowana poprzez wspólne publikacje z pracownikami wyżej wymienionych instytucji (załącznik 4 pt. „Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*).

6. Analiza dorobku – dane bibliometryczne

Mój dorobek naukowy to łącznie 67 prac naukowych, w tym 1 monografia, 38 artykułów w czasopismach krajowych i zagranicznych, 8 rozdziałów, w tym 3 w monografii oraz 5 w innej książce.

W trakcie wyjazdów konferencyjnych zaprezentowałam 12 referatów na konferencjach naukowych (krajowych i zagranicznych). W szczególności po uzyskaniu stopnia doktora opublikowałam 1 monografię, 27 artykułów naukowych oraz 5 rozdziałów (3 w monografii i 2 w innej książce), 9 materiałów z konferencji, 4 streszczenia i 1 raport SPR. Jestem również współautorką podręcznika pt. „Projektowanie zakładów oczyszczania wody" przeznaczonego m.in. dla studentów studiów kierunków Inżynieria Środowiska, Technologie Ochrony Środowiska i im podobnych. Szczegółowy opis bibliograficzny moich prac podano w załączniku 4 „*Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*", a do autoreferatu załączono także 10 najbardziej wartościowych publikacji. Zestawienie prac wykonanych przed i po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych przedstawiają tabele 1 i 2.

Tabela 1. Prace wykonane przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych (lata 2007 - 2011)

Rodzaj pracy		**Liczba prac**
Artykuły naukowe (ogółem 11)	W języku polskim	6
	W języku angielskim	5
	Z listy Filadelfijskiej (IF)	10
Rozdziały w książkach i monografiach		3
Referaty konferencyjne		3
Łączna ilość prac		17

Tabela 2. Prace wykonane po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (lata 2011 - 2022)

Rodzaj pracy		**Liczba prac**
Artykuły naukowe (ogółem 27)	W języku polskim	6
	W języku angielskim	21
	Z listy Filadelfijskiej (IF)	24
Monografia		1
Rozdziały w książkach i monografiach		5
Referaty konferencyjne, komunikaty konferencyjne		9
Streszczenia		4
Łączna ilość prac		45

Podsumowanie całościowego dorobku naukowego przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Podsumowanie całościowego dorobku naukowego

Publikacje	**62**	**Niepublikacje**	**5**
monografie	1		
podręczniki	1	doktoraty	1
rozdziały w monografiach	3	raporty serii PRE	1
rozdziały w książkach	5	raporty serii SPR	1
artykuły	38	referaty / komunikaty konf.niepubl.	2
referaty konferencyjne	8		
komunikaty konferencyjne	2		
streszczenia	4		

Ogółem	**67**
Lista Filadelfijska	34
Impact Factor	31
Punktowane art. z wykazów MEiN	38
Punktacja ref. w WoS CC	1
Open Access	21

- Analiza bibliometryczna publikacji:
  Sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports™(JCR):
  $$\sum \text{Impact Factor} = 54{,}603$$
- Liczba punktów MNiSW:
  Sumaryczna liczba punktów wg wykazu czasopism punktowanych zgodnego z odpowiednimi dla danego okresu rozporządzeniami Ministerstwa Edukacji i Nauki:
  $$\sum \text{MEiN} = 1972$$
- Liczba cytowań (stan na dzień 9.06.2022):
  - Web of Science: 160 cytowań (z pominięciem autocytowań)
  - Scopus: 201 cytowań (z pominięciem autocytowań)
  - Google Scholar: 290 cytowań
- Index Hirsha (stan na dzień 9.06.2022):
  - 8 (według Web of Science)
  - 8 (według Scopus)
  - 10 (według Google Scholar)

7. Informacje o pozostałej działalności naukowej

Opiniowanie i recenzowanie publikacji naukowych postrzegam jako szansę na spojrzenie na znane mi kwestie z nowej, często innej perspektywy, a także na poznawanie nowych zagadnień oraz zjawisk im towarzyszących. Stanowi to dla mnie również cenną możliwość samorozwoju. Do tej pory wykonałam 13 recenzji opublikowanych artykułów do czasopism naukowych (Membranes, Sustainability, Water, Energies, Microorganisms, Separations, Desalination and Water Treatment).

8. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

8.1. Działalność dydaktyczna

Jako nauczyciel akademicki prowadziłam dotychczas w każdym semestrze zajęcia dydaktyczne zarówno na pierwszym jak i drugim stopniu studiów w formie: projektów, laboratoriów oraz seminarium w wymiarze przekraczającym pensum:

- Oczyszczanie wody (laboratorium)

- Oczyszczanie wody 2 (projekt)
- Oczyszczanie wody 3 (laboratorium)
- Oczyszczanie wody 3 (seminarium)
- Chemia wody (laboratorium)
- Oczyszczanie wody (laboratorium)
- Ochrona wód (laboratorium)
- Systemy oczyszczania wody (projekt)
- Hydrologia i ochrona wód (laboratorium)
- Ochrona wód i gleby (laboratorium)
- Techniki membranowe w ochronie środowiska (laboratorium)
- Zarządzanie jakością i systemami oczyszczania wody i ścieków (laboratorium)
- Wybrane zagadnienia z technologii oczyszczania wód (laboratorium)

Jako moje największe dokonanie dydaktyczne uważam **współautorstwo podręcznika dla studentów** na kierunku Inżynieria Środowiska, Technologie Ochrony Środowiska i im podobnych zatytułowanego: „Projektowanie zakładów oczyszczania wody".

Jestem również aktywnym promotorem oraz recenzentem prac dyplomowych. Dotychczas byłam promotorem 21 prac dyplomowych na kierunkach Inżynieria Środowiska oraz Technologie Ochrony Środowiska. Aktualnie pod moim kierunkiem pracę magisterską przygotowuje 1 studentka. Sporządziłam również 9 recenzji prac dyplomowych.

Regularnie organizuję (z wyłączeniem okresu pandemii) wycieczki dydaktyczne studentów Wydziału Inżynierii Środowiska do Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu.

Brałam udział w różnych pracach na rzecz Wydziału Inżynierii Środowiska np. poprzez cykliczne przeprowadzanie powierzonych mi hospitacji kursów dydaktycznych.

Opracowałam zarówno instrukcje dla studentów do ćwiczeń laboratoryjnych w ramach kursu „Zarządzanie jakością i systemami oczyszczania wody i ścieków" oraz „Metody pomiarowe w ocenie stanu środowiska", jak i instrukcje obsługi urządzeń użytkowanych na zajęciach dydaktycznych.

8.2. Działalność organizacyjna oraz popularyzująca naukę

Od 2014 roku pełnię funkcję kierownika Laboratorium Procesów Separacji Membranowej na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej.

Od 2018 roku jestem również Redaktorem Naukowym Wydziału Inżynierii Środowiska.

Od stycznia 2022 roku jestem członkiem zespołu ds. audytowania kursów na e-Portalu PWr.

W latach 2016 – 2017 prowadziłam prace redakcyjne w czasopiśmie naukowym Environment Protection Engineering.

Uczestniczyłam również w pracach organizacyjnych Zakładu Naukowo-Dydaktycznego Technologii Wody i Ścieków poprzez uzupełnianie kart przedmiotów dla Wydziału Inżynierii Środowiska do systemu informatycznego (lata 2015 - 2018).

Brałam czynny udział w promocji kierunków studiów na Wydziale Inżynierii Środowiska poprzez przygotowanie materiałów promocyjnych, opisów kursów, rozmów ze studentami itp. (listopad 2020 – luty 2021).

W marcu 2022 przeprowadziłam szkolenia z zakresu gospodarki wodno-ściekowej organizowane przez Gdańską Fundację Wody. Kolejne wykłady są planowane na jesień 2022 roku. Celem tych działań jest rozpowszechnianie wiedzy i dobrych praktyk w sektorze oczyszczania wody i ścieków.

Moja działalność organizacyjna przejawiała się również czynnym udziałem w organizacji 4 konferencji naukowych:

- Konferencja *"Wpływ młodych naukowców na osiągnięcia polskiej nauki – V edycja – nauki przyrodnicze"*, 14.12.2013, Wrocław, Polska
- Konferencja *"Wpływ młodych naukowców na osiągnięcia polskiej nauki – V edycja – nauki inżynieryjne"*, 15.12.2013, Wrocław, Polska
- VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa Doktorantów i Młodych Pracowników Nauki Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska EKO-DOK 2014, 23 - 26.04.2014, Szklarska Poręba, Polska
- VII Ogólnopolska Konferencja Naukowa Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska EKO-DOK 2015, 20 - 22.04.2015, Boguszów Gorce, Polska

Uczestnictwo w konferencjach naukowych zawsze odgrywało istotną rolę w mojej aktywności naukowej, gdyż postrzegam je w kategoriach zarówno poszerzenia wiedzy z obszaru prowadzonej działalności naukowej, możliwości wymiany poglądów, zaprezentowania swoich osiągnięć naukowych, jak i integracji środowiska naukowego. Wszystko to sprzyja nawiązywaniu i utrzymywaniu współpracy naukowej. Do tej pory uczestniczyłam łącznie w 22 konferencjach naukowych o zasięgu krajowym (10) i zagranicznym (12) aktywnie prezentując swoje osiągnięcia podczas sesji plenarnych i posterowych, m. in.:

a. XIII Konferencja Naukowa MEMPEP 2021 „Membrany i procesy membranowe w ochronie środowiska", 10 - 11.06.2021, Zakopane (on-line)
b. XII Konferencja Naukowa „Młodzi w Energetyce", 9 -12.12.2020, Wrocław (on-line)
c. 6th International Conference on Contemporary Problems of Thermal Engineering – CPOTE 2020, 21 - 25.09.2020, Kraków (on-line)
d. International conference on advances in energy systems and environmental engineering (ASEE19), 9 – 12.06.2019, Wrocław
e. XII Konferencja Naukowa MEMPEP 2018 „Membrany i procesy membranowe w ochronie środowiska", 13 – 16.06.2018, Zakopane
f. International conference on advances in energy systems and environmental engineering (ASEE17), 2 – 5.07.2017, Wrocław
g. Humic Substances in Ecosystems (HSE 11), 29.05 – 1.06.2017, Kudowa Zdrój
h. XI Konferencja Naukowa MEMPEP 2016 „Membrany i procesy membranowe w ochronie środowiska", 15 – 18.06.2016, Zakopane
i. VII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska Eko-Dok", 20 – 22.04.2015, Boguszów-Gorce
j. Membrane and sorption processes and technologies: Ukrainian-Polish scientific conference, 1 - 3.12.2014, Kijów, Ukraina

k. X Jubileuszowa Konferencja Naukowa “Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska”, 11 - 14.06.2014, Zakopane
l. VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa Doktorantów i Młodych Pracowników Nauki Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska Eko-Dok 2014, 23 - 26.04.2014, Szklarska Poręba
m. Konferencja ”Wpływ młodych naukowców na osiągnięcia polskiej nauki - V edycja – nauki inżynieryjne”, 15.12.2013, Wrocław
n. Konferencja ”Wpływ młodych naukowców na osiągnięcia polskiej nauki - V edycja – nauki przyrodnicze”, 14.12.2013, Wrocław
o. PERMEA 2010, 4 - 8.09.2010, Tatranské Matliare, Słowacja
p. VIII Konferencji „Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska”, 9 - 12.06.2010, Zakopane
q. Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa "Ko-oper field 2010", 22 - 24.04.2010, Szklarska Poręba
r. PERMEA 2009, 7 - 11.06.2009, Praga, Czechy
s. IX Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska”, 28 - 31.05.2009, Darłowo
t. VII Konferencja Naukowa Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska, 5 - 7.06 2008, Ustroń
u. IX Szkoła Membranowa "Membrany i techniki membranowe w ochronie środowiska", 6 - 9.05.2008, Pyskowice
v. V Konferencja Naukowa Studentów KNS, 21 - 23.05.2007 Wrocław

Obecnie jestem członkiem Komitetu Naukowego Konferencji Naukowej „Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska Eko-Dok 2022”.

Od 2010 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Substancji Humusowych oraz członkiem International Humic Substance Society.

9. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej

Moja działalność naukowo – badawcza spotkała się z uznaniem ze strony władz Uczelni. Jej wyrazem są otrzymane nagrody i wyróżnienia:

- 2021:
  - Laureatka konkursu SECUNDUS ogłoszonego przez JM Rektora Politechniki Wrocławskiej (druga edycja programu);
  - Laureatka konkursu PRIMUS działanie 2 (premiowanie publikacji istotnie przyczyniających się do wzrostu punktacji ewaluowanych w uczelni dyscyplin naukowych) ogłoszonego przez JM Rektora Politechniki Wrocławskiej (druga edycja programu);
  - Nagroda JM Rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni w roku 2020;
- 2020:
  - Laureatka konkursu SECUNDUS ogłoszonego przez JM Rektora Politechniki Wrocławskiej (pierwsza edycja programu);
  - Laureatka konkursu PRIMUS działanie 2 (premiowanie publikacji istotnie przyczyniających się do wzrostu punktacji ewaluowanych w uczelni dyscyplin

naukowych) ogłoszonego przez JM Rektora Politechniki Wrocławskiej (pierwsza edycja programu);
    - Laureatka nagrody Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej w ramach konkursu na dodatek zadaniowy dla pracownika;
    - Nagroda JM Rektora PWr w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni w roku 2019;
- 2018:
    - Nagroda Dziekana w "Konkursie na zakup drobnej aparatury i materiałów do pracy badawczej";
- 2014:
    - Dotacja celowa przyznawana dla Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich;
    - Stypendium: Rozwój potencjału dydaktyczno-naukowego młodej kadry akademickiej Politechniki Wrocławskiej, 10. edycja;
- 2013:
    - Nagroda Rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni w roku 2012;
    - Stypendium: Rozwój potencjału dydaktyczno-naukowego młodej kadry akademickiej Politechniki Wrocławskiej, 9. edycja.