

## **Autoreferat o osiągnięciach w działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej**

### **1. Imię i nazwisko**

**Eliza Anna Kulbat**

### **2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe**

- 1996     Uzyskanie tytułu magistra inżyniera inżynierii środowiska Politechnika Gdańska Wydział Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska). Studia magisterskie w zakresie gospodarki wodnej, tytuł pracy: „Zastosowanie złoża torfowego do sorpcji metali ciężkich ze ścieków przemysłowych”, promotor: dr hab. Irena Kulik-Kuziemska, prof. PG.
- 2002     Uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych w zakresie inżynieria środowiska, specjalność technologia wody i ścieków. Politechnika Gdańska Wydział Budownictwa Wodnego i Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska). Praca doktorska pt. „Badania występowania metali ciężkich w Zbiorniku Straszynskim jako źródle wody pitnej dla Gdańska”, promotor: dr hab. inż. Bernard Quant.

### **3. Przebieg zatrudnienia w jednostkach naukowych**

- 1996-2000     Słuchaczka studium doktoranckiego „Geotechnika i Inżynieria Środowiska” na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Gdańskiej (obecnie Wydział Inżynierii i Środowiska)
- 2000-2002     Stanowisko wykładowcy w Katedrze Technologii Wody i Ścieków na Wydziale Budownictwa Wodnego i Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska) Politechniki Gdańskiej
- 2002-     Stanowisko adiunkta w Katedrze Technologii Wody i Ścieków na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)**

**a) Tytuł osiągnięcia**

**Metale ciężkie w odciekach i ściekach technologicznych ze składowisk odpadów komunalnych w aspekcie zmian sposobów ich zagospodarowania**

**b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia**

Monografia:

**Kulbat E.**, Metale ciężkie w odciekach i ściekach technologicznych ze składowisk odpadów komunalnych w aspekcie zmian sposobów ich zagospodarowania, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 138, Gdańsk 2018, 149 s. ISBN: 978-83-63714-37-6

**c) Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z przedstawieniem ich ewentualnego wykorzystania**

Ramy prawne dotyczące postępowania z odpadami we Wspólnocie Europejskiej ustanawia Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. Zgodnie z jej treścią unieszkodliwianie odpadów, a w tym przede wszystkim ich składowanie to ostateczność. Procesowi temu powinny być poddawane tylko te odpady, których powstaniu nie można zapobiec, nie można ich ponownie użyć, poddać recyklingowi lub procesom odzysku. Polska dąży do spełnienia tych wymagań. Wprowadzono m. in. sortowanie odpadów u źródła, a zmieszane odpady komunalne kierowane są do instalacji mechaniczno – biologicznego przetwarzania (MBP). Selektynie zebrane odpady zielone i bioodpady trafiają do instalacji kompostowania, natomiast do składowania przeznaczone są odpady powstające w procesie MBP zmieszanych odpadów komunalnych oraz pozostałości z sortowania odpadów. Rozpoczęto budowę i eksploatację już nie typowych składowisk odpadów, ale złożonych technologicznie instalacji wykorzystujących sortownie i kompostownie odpadów. Podjęte działania pozwoliły na znaczne ograniczenie ilości składowanych odpadów komunalnych: w 2005 r. ten sposób zagospodarowywania obejmował 95% ilości odpadów komunalnych, a w 2015 r. już tylko niecałe 45%. W Krajowym Planie Gospodarki Odpadami 2022 określono kolejne szczegółowe cele w odniesieniu do gospodarki odpadami komunalnymi. Należą do nich:

- zmniejszenie ilości powstających odpadów,
- osiągnięcie poziomu recyklingu papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła z odpadów komunalnych w wysokości minimum 50% ich masy do 2020 r. i 65% w 2030 r.,

- redukcja składowania odpadów komunalnych do maksymalnie 10% do 2030 r.,
- wprowadzenie we wszystkich gminach systemów selektywnego odbierania odpadów zielonych i innych bioodpadów u źródła – do końca 2021 r.,
- zmniejszenie ilości odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych na składowiska odpadów, aby nie było składowanych w 2020 r. więcej niż 35% masy tych odpadów w stosunku do masy odpadów wytworzonych w 1995 r.,
- zbilansowanie funkcjonowania systemu gospodarki odpadami komunalnymi w świetle obowiązującego zakazu składowania określonych frakcji odpadów komunalnych i pochodzących z przetwarzania odpadów komunalnych, w tym odpadów o zawartości ogólnego węgla organicznego powyżej 5% s.m. i o cieple spalania powyżej 6 MJ/kg suchej masy, od 1 stycznia 2016 r.

Najbliższe lata będą więc okresem dalszego dynamicznego postępu w dziedzinie zagospodarowania odpadów. Zmiany w sposobach postępowania z odpadami komunalnymi przyniosą nie tylko oczekiwane pozytywne skutki w postaci zmniejszenia ilości odpadów kierowanych do składowania, ale wiąże się również z nieprzewidzianymi problemami, jak np. trudności w zagospodarowaniu stabilizatu powstającego po kompostowaniu zmieszanych odpadów komunalnych. Są to zatem zagadnienia zasługujące na wnikliwą obserwację.

Problemem nierozzerwalnie związanym z istnieniem składowisk odpadów komunalnych, zarówno będących w eksploatacji, jak i zamkniętych jest generowanie odcieków składowiskowych. Ocieki z kwater składowych nowego typu, które gromadzą odpady poddawane procesom MBP, o ograniczonej zawartości substancji organicznej, odbiegają składem od typowych młodych odcieków z dotychczasowych, tradycyjnych składowisk. Ponadto, w funkcjonujących obecnie nowoczesnych zakładach utylizacji odpadów komunalnych powstają także ścieki generowane podczas sortowania i kompostowania odpadów. W literaturze można znaleźć na ten temat bardzo nieliczne prace<sup>1-5</sup>. Wynika z nich, że ścieki z sortowni i kompostowni mogą stanowić źródło znaczących ilości zanieczyszczeń. Obecne są w nich bowiem wyższe stężenia azotu amonowego, fosforu, BZT<sub>5</sub> i ChZT niż w odciekach z kwater składowych. Jednocześnie, m.in. w wyniku szybszego dojrzewania odpadów, ocieki z nowych kwater składowych znacznie się różnią od danych podawanych dotychczas w literaturze.

Jak do tej pory brakuje natomiast w piśmiennictwie publikacji dotyczących problemu metali ciężkich w gospodarce ściekowej zakładów utylizacyjnych funkcjonujących według zmienionych zasad. Nie ma też danych pochodzących z długookresowych obserwacji stężeń metali ciężkich w odciekach, dostępne w literaturze prace przedstawiają na ogół wyniki badań odcieków z tradycyjnych składowisk z krótkich serii badawczych.

---

<sup>1</sup> d'Antonio L., Fabbicino M., Pontoni L.(2015): Optimization of the treatment cycle of pressed-off leachate produced in a facility processing the organic fraction of municipal solid waste, *Environmental Technology*, 36, 1367-1372

<sup>2</sup> Fudala-Książek S., Łuczkiwicz A., Kulbat E., Remiszewska-Skwarek A. (2016a). Charakterystyka odcieków powstających w aspekcie wyboru metody ich oczyszczania, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 18, 952-963.

<sup>3</sup> Fudala-Książek S., Pierpaoli M., Kulbat E., Łuczkiwicz A. (2016b). A modern solid waste management strategy – the generation of new by-products, *Waste Management* 49, 516–529.

<sup>4</sup> Fudala-Książek S., Pierpaoli M., Łuczkiwicz A. (2017). Fate and significance of phthalates and bisphenol A in liquid by-products generated during municipal solid waste mechanical-biological pre-treatment and disposal, *Waste Management*, 64, 28-38.

<sup>5</sup> Nayono S.E., Winter J., Gallert C. (2010). Anaerobic digestion of pressed-off leachate from the organic fraction of municipal solid waste, *Waste Management*, 30, 1828-1833

Uznano zatem za celowe przeprowadzenie badań stężeń metali ciężkich w odciekach z nowych kwater składowych oraz ściekach technologicznych z sortowni i kompostowni odpadów komunalnych. Są najprawdopodobniej pierwsze analizy dotyczące tych zagadnień.

Nadrzędnym celem badań było dokonanie oceny, czy i w jaki sposób nowoczesne przetwarzanie i składowanie odpadów komunalnych wpływa na stężenia metali ciężkich w odciekach z kwater składowych, a także w jakim stopniu zanieczyszczone metalami ciężkimi są ścieki powstające w sortowniach i kompostowniach.

Zakres przeprowadzonych badań obejmuje:

1. Określenie stężeń metali ciężkich (cynk, miedź, ołów, kadm, nikiel, chrom) w odciekach generowanych na wybranych składowiskach odpadów komunalnych w różnych warunkach eksploatacji, zarówno w nowych jak i starych kwaterach składowych.
2. Prześledzenie zmian stężeń metali ciężkich w czasie w odciekach generowanych na czterech nowopowstałych kwaterach, na których gromadzone są wyłącznie odpady po procesie mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP).
3. Określenie stężeń metali ciężkich w ściekach technologicznych powstających w instalacjach MBP: kompostowniach i sortowniach odpadów komunalnych.
4. Określenie wpływu recyrkulacji koncentratu z odcieków oczyszczanych metodą odwróconej osmozy na stężenia metali ciężkich w odciekach z kwater składowych.

#### **Ad. 1**

Badania stężeń metali ciężkich (cynk, miedź, ołów, kadm, nikiel, chrom) w odciekach z nowych i starych kwater składowych wykonano w czterech zakładach utylizacji odpadów komunalnych znajdujących się w województwie pomorskim. Wytypowane obiekty różniły się przede wszystkim wielkością oraz charakterem obsługiwanego obszaru:

- 1) Eko Dolina Sp. z o.o. w Łęczycach koło Gdyni (aglomeracja wielkomiejska, ok. 460 tys. mieszkańców)
- 2) Zakład Zagospodarowania Odpadów Nowy Dwór Sp. z o.o. koło Chojnic (aglomeracja małomiejska i wiejska, ok. 150 tys. mieszkańców)
- 3) Zakład Utylizacji Odpadów Komunalnych Stary Las koło Starogardu Gdańskiego (aglomeracja małomiejska i wiejska, 164 tys. mieszkańców)
- 4) Zakład Utylizacji Odpadów Sp. z o.o. w Elblągu (aglomeracja wielkomiejska, 218 tys. mieszkańców)

Wszystkie wybrane do badań obiekty zostały zmodernizowane w związku z dostosowywaniem się do zmienionych wymagań prawnych (obowiązek zmniejszenia ilości odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych na składowiska odpadów, tak, aby nie było składowanych w 2010 r. więcej niż 75% masy tych odpadów w stosunku do masy odpadów wytworzonych w 1995 r. oraz odpowiednio 50% w 2013 r.). Od lipca 2013 r. wskutek wejścia w życie Ustawy o utrzymaniu porządku i czystości w gminach (Dz.U. z 2012 r. poz. 391, z późn. zm.) do zakładów utylizacyjnych trafiają odpady komunalne segregowane

„u źródła”. W trzech z nich funkcjonowały kwatery składowe zarówno starego, jak i nowego typu, jeden (Stary Las) był całkowicie nowym obiektem.

Badania stężeń metali w odciekach z nowych kwater składowych prowadzono zatem dla wszystkich obiektów, natomiast w odciekach ze starych kwater – dla trzech. Wiek analizowanych starych kwater składowych wynosił w chwili rozpoczęcia badań: 8 lat w Eko Dolinie Łężyce (badania prowadzono przez okres 56 miesięcy), 19 lat w Nowym Dworze (badania prowadzono przez okres 30 miesięcy) i 20 lat w Elblągu (2-miesięczna seria badań). Badania odcieków z nowych kwater składowych prowadzono: w Łężycach od 1. do 56. miesiąca eksploatacji kwater, w Nowym Dworze od 6. do 36. miesiąca, w Starym Lesie od 9. do 25. miesiąca, a w Elblągu od 25. do 27. miesiąca. Według danych literaturowych odcieki z kwater w wieku podanym powyżej, czyli osiągniętym maksymalnie 56 miesięcy, są zaliczane do odcieków młodych, charakteryzujących się m.in. wyższymi stężeniami substancji organicznej i metali ciężkich oraz niższymi wartościami odczynu niż odcieki ze starych kwater składowych. Wyniki przeprowadzonych badań ujawniły jednak istnienie znacznych różnic w charakterystyce analizowanych odcieków w stosunku do piśmiennictwa. Odcieki z badanych obiektów różnią się też znacznie między sobą.

W odciekach z kwater starej w Łężycach stężenia czterech metali: ołowiu, niklu, chromu i kadmu były wyraźnie wyższe od stwierdzonych w odciekach z nowej kwater, o odpowiednio: 27%, 302%, 802% i 38%. Uwagę zwracają szczególnie duże rozbieżności dla niklu i chromu. Jedynie w przypadku dwóch pozostałych metali: cynku i miedzi wyższe stężenia zanotowano w odciekach „młodych”, odpowiednio o 455% i 23%. W literaturze, w dotychczasowych publikacjach porównujących jakość młodych i starych odcieków, wyższe stężenia metali ciężkich obserwowano natomiast zawsze dla odcieków młodych, co wiązano najczęściej z ich kwaśnym odczynem powodującym intensywniejsze wypłukiwanie metali z odpadów. Wyniki badań odczynu omawianych odcieków przedstawione w pracach<sup>4,6-8</sup> pokazują jednak, że po ok. 18 miesiącach eksploatacji nowej kwater odczyn odcieków wzrósł z początkowej wartości ok. 6,3 i ustabilizował się na poziomie ok. 7,5, był więc tylko nieznacznie niższy od wartości obserwowanych w odciekach ze starej kwater wynoszących ok. 7,8 – 7,9. W porównaniu do wartości dopuszczalnych określonych dla ścieków wprowadzanych do kanalizacji oraz wprowadzanych do wód lub do ziemi (odpowiednio: *Rozp. Ministra Budownictwa z 2006 r.* i *Rozp. Ministra Środowiska z 2014 r.*) stężenia metali w młodych odciekach z Łężyc są relatywnie niskie: żaden z metali (uwzględniając wartości maksymalne) nie przekracza wartości dopuszczalnych. Natomiast w przypadku odcieków starych stężenia niklu i chromu kilkunastokrotnie w okresie badań były wyższe od wartości dopuszczalnej określonej dla ścieków wprowadzanych do kanalizacji wynoszącej 1 mg/dm<sup>3</sup>, a w większości pomiarów przekraczały wartość dopuszczalną wyznaczoną dla ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi wynoszącą 0,5 mg/dm<sup>3</sup> (odpowiednio 52 % pomiarów stężeń niklu i 80% pomiarów stężeń chromu).

---

<sup>6</sup> Fudala-Książek S., Kulbat E., Łuczkiwicz A. (2012). Raport z wstępnych wyników analiz fizyczno - chemicznych ścieków i odcieków pobieranych na terenie zakładu „Eko Dolina” Sp. z o.o., maszynopis, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej.

<sup>7</sup> Fudala-Książek S., Kulbat E., Łuczkiwicz A. (2013). Raport obejmujący wyniki analiz fizyczno - chemicznych ścieków i odcieków pobieranych na terenie zakładu „Eko Dolina” Sp. z o.o., maszynopis, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej.

<sup>8</sup> Fudala-Książek S., Kulbat E., Łuczkiwicz A. (2014). Raport obejmujący wyniki analiz fizyczno - chemicznych ścieków i odcieków pobieranych na terenie zakładu „Eko Dolina” Sp. z o.o., maszynopis, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej.

Stężenia wszystkich metali w młodych odciekach z Nowego Dworu były natomiast wyraźnie wyższe od stężeń w odciekach starych. Największe różnice zanotowano dla chromu i cynku – blisko 4-krotnie wyższe stężenia tych metali stwierdzono w młodych odciekach. Znaczne różnice dotyczyły też niklu i miedzi (odpowiednio ponad 180% i 160%), natomiast w przypadku kadmu i ołowiu wynosiły one odpowiednio 65% i 47%. Średnie stężenia metali oznaczonych zarówno w starych jak i młodych odciekach spełniają wymagania stawiane ściekom wprowadzanym do kanalizacji oraz wprowadzanym do wód lub do ziemi (odpowiednio: *Rozp. Ministra Budownictwa z 2006 r.* i *Rozp. Ministra Środowiska z 2014 r.*). Jednak analiza wszystkich wartości stężeń metali uzyskanych w całym okresie badań wykazała, że stężenia niklu i chromu w młodych odciekach okresowo przekraczały wartości określone w ww. rozporządzeniach. Przekroczenia dopuszczalnych wartości dla ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi ( $0,5 \text{ mg/dm}^3$ ) dotyczyły 44% prób w przypadku niklu i 48% prób w przypadku chromu, ponadto stężenia chromu w 24% prób nie spełniały warunków określonych dla ścieków wprowadzanych do kanalizacji ( $1,0 \text{ mg/dm}^3$ ).

W odciekach z nowej kwatery w Starym Lesie metalami o najwyższych stężeniach były i nikiel i cynk. Pomimo, że odcieki badane były w początkowym okresie funkcjonowania kwatery (od 9. do 25. miesiąca eksploatacji), ich odczyn był stosunkowo wysoki i wynosił ok. 7,5. Prawdopodobnie jest to jeden z czynników wpływających na relatywnie niskie stężenia metali w badanych odciekach, porównywalne z wartościami podawanymi w literaturze dla odcieków starych. Analizowane stężenia metali w odciekach są też niskie w porównaniu do wartości dopuszczalnych określonych dla ścieków wprowadzanych do kanalizacji oraz wprowadzanych do wód lub do ziemi: żaden z metali (uwzględniając wartości maksymalne i pomijając jedno incydentalne przekroczenie stężenia niklu) nie przekracza wartości dopuszczalnych. Jest to wynik analogiczny do zaobserwowanego w Łęczycach i pozostaje w sprzeczności z wynikami z Nowego Dworu.

W przypadku obu kwater składowych w Elblągu najwyższymi stężeniami charakteryzował się chrom, a najniższymi miedź i kadm. Jednocześnie warto zauważyć, że kolejność stężeń metali w starych odciekach jest zbliżona do analogicznie zapisanej dla starych odcieków z Łęczyc. Średnie stężenia wszystkich metali w odciekach ze starej kwatery były wyraźnie wyższe od stężeń w odciekach młodych i jest to relacja taka jak uzyskana w badaniach odcieków z Łęczyc, natomiast nie znajdująca potwierdzenia w literaturze. Największe różnice zanotowano dla cynku i miedzi: średnie stężenia tych metali były ok. 9-krotnie wyższe w starych odciekach. Znaczne różnice dotyczyły też niklu (3,5-krotna różnica). Badania omawianych odcieków<sup>9</sup> wykazały, że odcieki z nowej kwatery w Elblągu powinny być scharakteryzowane jako dojrzewające lub stare. Świadczy o tym wysoki odczyn odcieków (7,1 – 7,7) oraz niska podatność substancji organicznej na rozkład biologiczny ( $\text{BZT}_5/\text{ChZT}$  w przedziale 0,3 – 0,6). Średnie stężenia cynku, miedzi, ołowiu, niklu i kadmu oznaczonych zarówno w starych jak i młodych odciekach spełniają wymagania stawiane ściekom wprowadzanym do kanalizacji oraz wprowadzanym do wód lub do ziemi.

---

<sup>9</sup> Fudala-Książek S., Kulbat E., Łuczkiwicz A(2015). Raport obejmujący wyniki analiz fizyczno - chemicznych odcieków pobieranych na terenie Zakładu Utylizacji Odpadów Sp. z o.o. w Elblągu, maszynopis, Fundacja Rozwoju Inżynierii Łądowej.

Biorąc pod uwagę średnie stężenia metali w odciekach z nowych kwater, można je uszeregować następująco:

Łężyce:	Zn > Ni > Cr > Pb > Cu > Cd
Nowy Dwór:	Cr > Ni > Zn > Cu > Pb > Cd
Stary Las:	Ni > Zn > Cr > Cu > Pb > Cd
Elbląg:	Cr > Ni = Pb > Zn > Cu > Cd

Zaobserwowane kolejności stężeń wykazują pewne podobieństwa, ale w żadnych analizowanych odciekach kolejność stężeń się nie powtarza. W większości publikowanych badań odcieków z polskich składowisk odpadów komunalnych metalem osiągającym najwyższe stężenia był cynk. Fakt ten znalazł swoje potwierdzenie wyłącznie w przypadku odcieków z Łężyc, a metalami o najwyższych stężeniach są chrom i nikiel. Jedynie niskie stężenia kadmu nie odbiegają od danych literaturowych: w większości badań odcieków osiągał on (tak jak w niniejszych badaniach) najniższe stężenia spośród analizowanych metali.

Średnie stężenia metali w odciekach ze starych kwater składowych, można je uszeregować następująco:

Łężyce:	Cr > Ni > Pb > Zn > Cu > Cd
Nowy Dwór:	Ni > Cr > Pb > Zn > Cu > Cd
Elbląg:	Cr > Zn > Ni > Pb > Cu > Cd

We wszystkich analizowanych odciekach ze starych kwater najniższe stężenia wykazują kadm i miedź. Chrom i nikiel osiągają najwyższe stężenia w odciekach z Łężyc i Nowego Dworu, a chrom i cynk w odciekach z Elbląga. Podobnie więc jak w przypadku młodych odcieków, cynk występujący w najwyższych stężeniach w większości publikacji dotyczących odcieków z polskich składowisk odpadów komunalnych nie jest tu metalem obecnym najpowszechniej.

## Ad. 2

Analiza stężeń metali ciężkich w odciekach z nowych kwater składowych wykazała znaczne różnice pomiędzy czterema analizowanymi obiektami. Dotyczy to również zmian stężeń metali w czasie. Obserwację tych zmian umożliwiły długie okresy prac badawczych prowadzone w Łężycach i w Nowym Dworze (odpowiednio 56 i 30 miesięcy). Omawiane wyniki badań stężeń metali w młodych odciekach mają szczególną wartość z poznawczego i praktycznego punktu widzenia ponieważ zanalizowano stężenia metali w odciekach formowanych od początku eksploatacji nowo utworzonych kwater składowych.

Zmienność w czasie stężeń miedzi, ołowiu, chromu i kadmu w odciekach z nowej kwatery w Łężycach była znaczna, duże wahania zaobserwowano szczególnie w okresie pierwszych 18 miesięcy eksploatacji kwatery. Stężenia cynku malały wykładniczo w okresie prowadzenia badań ( $y=1,554e^{-0,109x}$ ,  $r^2=0,87$ ). Natomiast jedynym metalem, którego stężenie wykazywało tendencję wzrostową w czasie był nikiel ( $y=0,0058x + 0,0465$ ,  $r^2=0,47$ ). Ponieważ brak jest w literaturze obserwacji zmian w czasie stężeń metali w odciekach z kwater gromadzących odpady poddawane procesom mechaniczno-biologicznego przetwarzania, trudno jest znaleźć wyjaśnienie tego zjawiska. Być może jest to związane ze

spadkiem w czasie zawartości materii organicznej w badanych odciekach, ponieważ nikiel jest metalem wiązany przez drobną frakcję organiczną w stopniu najwyższym wśród analizowanych przez nich metali<sup>10</sup> i wykazuje niemal pełną, ujemną korelację z ChZT odcieków<sup>11</sup>.

Analiza zmian stężeń metali ciężkich w młodych odciekach z Nowego Dworu wskazuje na wzrost stężeń metali w czasie. Tylko dla niklu i kadmu możliwe okazało się dobranie do aproksymowania zależności zmian stężeń tych metali w czasie funkcji istotnym współczynnikiem  $r^2$ . Otrzymano odpowiednio:  $y=0,0374x^{0,8893}$ ,  $r^2= 0,55$  oraz  $y=0,0301x^{0,4037}$ ,  $r^2= 0,48$ . Podobieństwo do zmian w czasie w stosunku do stężeń metali w młodych odciekach z Łęczyc zaobserwowano więc jedynie dla niklu. Wzrost stężeń metali w odciekach w czasie odbiega od danych literaturowych, ale należy podkreślić, że opisywane zmiany dotyczą obserwacji prowadzonych w początkowym etapie eksploatacji kwatery, a takich danych brak w piśmiennictwie. Ponadto na kwaterze tej składowane są odpady zgodnie ze zmienionymi zasadami (odpady po sortowni, o ograniczonej zawartości substancji organicznej), a zmian stężeń metali w czasie w odciekach z kwater nowego typu również nie opisywano.

Przeprowadzone dla porównania analizy zmian w czasie stężeń metali ciężkich w odciekach ze starych kwater składowych ujawniły, że spośród metali oznaczonych w odciekach ze starej kwatery składowej w Łęczycach cynk podobnie jak w przypadku młodych odcieków wykazywał spadek stężeń w czasie ( $y=6,2308e^{-0,036x}$ ,  $r^2= 0,59$ ), a nikiel wzrost ( $y=0,0165x - 1,5309$ ,  $r^2=0,37$ ). Podobnie też dla pozostałych metali uzyskano niskie współczynniki korelacji funkcji aproksymujących zależność zmian stężeń w czasie. W przypadku metali oznaczonych w starych odciekach w Nowym Dworze cynk, podobnie jak w przypadku odcieków ze starej kwatery składowej w Łęczycach, wykazywał spadek stężeń w czasie ( $y=0,1353x^{-0,492}$ ,  $r^2= 0,41$ ). Spadały też stężenia miedzi ( $y=0,0863x^{-0,489}$ ,  $r^2= 0,53$ ). Zmiany w czasie stężeń pozostałych metali nie wykazywały natomiast żadnych istotnych statystycznie tendencji. Obniżanie się stężeń metali w odciekach ze starej kwatery w analizowanym okresie może wynikać z zaprzestania kierowania na tę kwaterę koncentratu z podczyszczania odcieków jak również opisywanych w literaturze zmian warunków zachodzących w masie składowanych odpadów. Badania odcieków ze starej kwatery były prowadzone w okresie obejmującym 20., 21. i 22. rok jej istnienia, a więc w fazie metanogennej, w której charakterystyczny jest spadek rozpuszczalności związków wapnia, żelaza, manganu i metali ciężkich wytrącanych jako siarczki i wodorotlenki.

Analiza sezonowych zmian stężeń metali ciężkich w odciekach z nowych i starych kwater składowych wykonana dla dwóch zakładów utylizacyjnych wykazała jedynie w odniesieniu do młodych odcieków istnienie pewnych regularności: wyższe stężenia metali ciężkich zaobserwowano wiosną i latem. Te pory roku były też okresem notowania wyższych stężeń metali w odciekach ze starej kwatery składowej z aglomeracji małomiejskiej i wiejskiej w Nowym Dworze (z wyjątkiem miedzi). Z kolei w starych odciekach z Łęczyc (aglomeracja wielkomiejska) stężenia metali były wyższe zimą i wiosną. Jednakże mimo pewnych podobieństw, nie są to jednoznaczne prawidłowości, pozwalające na wyciągnięcie bardziej ogólnych wniosków.

---

<sup>10</sup> Baun D.L., Christensen T.H. (2004). Speciation of heavy metals in landfill leachate: a review, *Waste Management&Research*, 22, 3-23

<sup>11</sup> Ogundiran O. O., Afolabi T. A. (2008). Assessment of the physicochemical parameters and heavy metals toxicity of leachates from municipal solid waste open dumpsite, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5, 243-250



### Ad. 3

Badania stężeń metali ciężkich w ściekach technologicznych przeprowadzono w ściekach sortowni oraz z kompostowni odpadów zmieszanych w czterech zakładach: w Łęczycach, Nowym Dworze, Starym Lesie i Elblągu. Dodatkowo, w celu porównania jakości ścieków powstających podczas kompostowania odpadów komunalnych ze ściekami generowanymi w wyniku kompostowania odpadów zielonych, wykonano analizy w ściekach z kompostowni zielonej w zakładzie w Łęczycach.

We wszystkich ściekach technologicznych powstających w Łęczycach w najniższych stężeniach występował kadm i ołów, natomiast cynk osiągnął stężenia najwyższe. Średnie stężenia metali zanotowane w ściekach z kompostowni odpadów zmieszanych (halowej) były wielokrotnie wyższe od stężeń metali w ściekach z kompostowni zielonej. Największa różnica dotyczyła stężenia niklu (22-krotnie wyższe stężenia w ściekach z kompostowni halowej) i kolejno: chromu, kadmu, cynku (wszystkie ponad 14-krotnie) oraz miedzi i ołowiu (ponad 7-krotnie). Wartości stężeń metali w ściekach z sortowni podobnie jak w przypadku kompostowni wahały się w bardzo szerokim zakresie. Ma to prawdopodobnie związek z charakterem pracy sortowni, czyli dużą nierównomiernością jakości odpadów trafiających do sortowni. Stężenia metali ciężkich w ściekach z sortowni i kompostowni halowej są też zdecydowanie wyższe w porównaniu do stężeń metali w odciekach z kwater składowych. Wyjątkiem są jedynie stężenia niklu i chromu, metale te występują w wysokich stężeniach w odciekach ze starej kwatery. Obliczenia dobowych ładunków metali z wyznaczonych średnich stężeń metali i ilości odcieków i ścieków technologicznych powstających w poszczególnych instalacjach, a następnie ich procentowego udziału w sumarycznym ładunku poszczególnych metali wykazały, że udział ścieków z kompostowni halowej w ogólnym ładunku metali ciężkich zawartych w odciekach i ściekach technologicznych zakładu w Łęczycach jest znaczny. Ścieki te stanowią podstawowe źródłem cynku i miedzi (odpowiednio: ponad 78% i blisko 45%).

W ściekach technologicznych z Nowego Dworu, podobnie jak w ściekach z Łęczyc, w najniższych stężeniach występuje kadm i ołów, a dodatkowo w ściekach z sortowni cynk osiąga stężenia najwyższe. W przypadku kompostowni dwa metale o stężeniach najwyższych są ułożone odwrotnie w stosunku do ścieków z Łęczyc: tutaj najwyższe stężenia wykazywał nikiel. Zaobserwowano również, że stężenia wszystkich badanych metali w ściekach z sortowni odpadów w Nowym Dworze są znacznie wyższe w porównaniu do odcieków z kwater składowych. W przypadku ścieków z kompostowni jest podobnie: stężenia metali w ściekach z tej instalacji są wyższe niż w odciekach. Wyjątek stanowi chrom, którego stężenie jest wyższe w odciekach z nowej kwatery składowej. Analiza dobowych ładunków metali w Nowym Dworze wykazała natomiast, że podstawowym źródłem wszystkich badanych metali jest nowa kwatera. Odprowadzane z niej odcieki dostarczają 50÷60% cynku, miedzi, ołowiu i kadmu, są też decydującym źródłem niklu (ponad 65%) i chromu (ponad 78%). Uwagę zwraca znaczący (w porównaniu do ilości ścieków stanowiących jedynie 1,5% ogólnej ilości ścieków i odcieków) udział sortowni w ładunku cynku (ponad 21%) i miedzi (blisko 9%).

W Nowym Dworze ścieków technologicznych z sortowni i kompostowni odpadów charakteryzowały się występowaniem cynku i miedzi w stężeniach najwyższych oraz kadmu

i ołowiu - w najniższych. Jest to jedyny (z analizowanych) przypadek pojawiania się miedzi w stosunkowo wysokich stężeniach. Z kolei podobnie jak w Łęczycach i w Nowym Dworze, stężenia metali w ściekach z sortowni są wyraźnie wyższe w porównaniu do odcieków z kwatery. W Elblągu w ściekach z sortowni w najwyższych stężeniach był obecny cynk i chrom, a w ściekach z kompostowni cynk i nikiel. Porównując stężenia wszystkich badanych metali w ściekach technologicznych i odciekach z kwater stwierdzono, że z wyjątkiem chromu najwyższe stężenia metali występują w ściekach z kompostowni. Stężenia metali w ściekach z sortowni były wyższe od stężeń w odciekach w przypadku cynku, miedzi i ołowiu.

#### **Ad. 4**

W trzech z czterech badanych zakładów odcieki podczyszczane są metodą odwróconej osmozy a powstały koncentrat kierowany jest na kwatery składowe. Zawracanie koncentratu na kwatery składowe pozwala na unikanie problemu z jego utylizacją, ale nie pozostaje bez wpływu na jakość odcieków powstających na kwaterach składowych. Uznano więc za celowe przeanalizowanie potencjalnego wpływu takiego postępowania z koncentratem na stężenia metali ciężkich w odciekach. W Łęczycach koncentrat powstający w procesie odwróconej osmozy zawracano na starą kwaterę składową, a po jej zamknięciu - na nową (od 6. miesiąca jej eksploatacji). Analogicznie wyglądała sytuacja w Nowym Dworze. W Starym Lesie, który jest nowym zakładem, wybudowanym w 2012 r., koncentrat również kierowany był na kwaterę składową. Jedynie w Elblągu odcieki nie są poddawane podczyszczaniu, zatem zakład ten może stanowić obiekt porównawczy. Podstawową trudnością, która pojawiła się jednak przy próbie określenia wpływu zawracania koncentratu na kwatery składowe na stężenia metali ciężkich w odciekach jest zaobserwowanie istotnych różnic w charakterystyce odcieków z trzech zakładów posiadających podczyszczalnie.

W przypadku analiz odcieków z Łęczyc biorąc pod uwagę, że na nową kwaterę składową kierowany jest koncentrat z oczyszczania mieszaniny odcieków młodych i starych można było oczekiwać, że skład starych odcieków będzie miał wpływ na rozkład stężeń metali w odciekach młodych. Brak istotnych statystycznie podobieństw (z wyjątkiem miedzi) nie potwierdza jednak decydującego wpływu recyrkulacji koncentratu na stężenia metali w młodych odciekach, co może być spowodowane m.in. trudnym do oszacowania przesunięciem w czasie. Podobne obserwacje zanotowano w przypadku odcieków z Nowego Dworu. W przypadku trzech zakładów stosujących recyrkulację koncentratu, stężenia czterech metali ciężkich (cynku, miedzi, niklu i chromu) były obecne w młodych odciekach z w relatywnie wyższych stężeniach w porównaniu do odcieków z Elbląga, ale nie istnieje taka prawidłowość dla ołowiu i kadmu. Ołów jest jednak metalem, który pojawia się w zakładzie w Elblągu w stężeniach wyższych niż w pozostałych obiektach również w starych odciekach oraz ściekach technologicznych z sortowni i kompostowni. Prawdopodobnie więc odpady trafiające obecnie do zakładu w Elblągu zawierają więcej ołowiu niż ma to miejsce w Łęczycach, Nowym Dworze czy Starym Lesie.

Aby ocenić istnienie podobieństw pomiędzy stężeniami metali w odciekach z nowych oraz starych kwater w poszczególnych obiektach zastosowano analizę statystyczną. Wyniki

testów nieparametrycznych przeprowadzonych dla młodych odcieków wykazały istotne statystycznie różnice ( $p < 0,05$ ) pomiędzy stężeniami cynku, miedzi, ołowiu i niklu, ale nie pozwoliły na odrzucenie hipotezy o podobieństwie rozkładów dla chromu i kadmu. Istotne statystycznie różnice ( $p < 0,05$ ) pomiędzy stężeniami wszystkich badanych metali wykazała natomiast analogiczna analiza wykonana w odciekach ze starych kwater składowych.

Analiza potencjalnego wpływu recyrkulacji koncentratu na stężenia metali ciężkich w odciekach z kwater składowych wykazała brak zależności, które mogłyby wskazywać na taki związek. Prawdopodobnie wobec innych czynników wpływających na jakość odcieków, zawracanie koncentratu nie ma decydującego znaczenia.

### **Najważniejsze osiągnięcia wynikające z przeprowadzonych badań:**

- Przeprowadzono badania stężeń sześciu metali ciężkich (cynku, miedzi, ołowiu, niklu, chromu i kadmu) we wszystkich rodzajach odcieków i ścieków technologicznych powstających w nowoczesnych zakładach utylizacji odpadów komunalnych w wybranych czterech obiektach.
- Po raz pierwszy przeprowadzono badania metali ciężkich w odciekach z nowych kwater składowych, na których gromadzone są odpady poddawane sortowaniu i procesom mechaniczno-biologicznego przetwarzania, o ograniczonej zawartości materii organicznej. Wykazano, że stężenia metali ciężkich w odciekach z takich kwater odbiegają od danych podawanych w literaturze dla młodych odcieków.
- Wykonano równoległe badania stężeń metali ciężkich w odciekach z nowych i starych kwater składowych, wykazując, że w obecnie eksploatowanych obiektach, w zależności od specyfiki zakładu utylizacyjnego oraz od rodzaju metalu, stężenia metali mogą być wyższe zarówno w starych odciekach (w dwóch zakładach), jak i odciekach z nowych kwater składowych (jeden zakład).
- Stwierdzono, że metalami obecnymi w najwyższych stężeniach w odciekach z nowych kwater składowych są chrom i nikiel (w dwóch zakładach), nikiel i cynk (w jednym zakładzie) oraz cynk i nikiel (w jednym zakładzie). W odciekach ze starych kwater składowych są to (różnie dla każdego z zakładów): chrom i nikiel, chrom i cynk oraz nikiel i chrom.
- Wykonano analizy zmian w czasie stężeń metali ciężkich w odciekach z nowych i starych kwater składowych, w dwóch zakładach prowadząc comiesięczne badania przez okres 30 i 56 miesięcy. Stwierdzono, że zmiany stężeń większości analizowanych metali ciężkich w czasie również nie są regularne. W odciekach z nowych kwater składowych wraz z czasem wzrastały stężenia niklu, natomiast charakterystyczny dla odcieków ze starych kwater był spadek stężeń cynku.
- Ocena potencjalnego wpływu recyrkulacji koncentratu (powstającego podczas oczyszczania odcieków metodą odwróconej osmozy) na stężenia metali ciężkich w odciekach z kwater składowych wykazała brak zależności, które mogłyby wskazywać na taki związek.

- Wykazano, że ścieki technologiczne z sortowni i kompostowni odpadów stanowią poważne źródło metali ciężkich. Porównania wysokości stężeń metali w odciekach i ściekach technologicznych przeprowadzone dla poszczególnych zakładów utylizacyjnych ujawniły, że w większości przypadków ścieki z sortowni i kompostowni charakteryzują się stężeniami wyraźnie wyższymi i bardzo zmiennymi w porównaniu z odciekami z kwater składowych.
- Udziały ładunków metali ciężkich z poszczególnych odcieków i ścieków w ogólnym ładunku metali obliczone dla dwóch zakładów utylizacyjnych (Łężyce – aglomeracja wielkomiejska i Nowy Dwór – aglomeracja małomiejska i wiejska) ujawniły, że podstawowym źródłem cynku i miedzi w pierwszym z nich jest kompostownia halowa (odpowiednio: ponad 78% i blisko 45%, wobec niespełna 12% udziału w ilości ścieków), a w drugim łączny udział sortowni i kompostowni w ładunku tych metali wynosi ponad 40% w przypadku cynku i ponad 25% - miedzi (wobec ok. 9% udziału w ogólnej ilości ścieków).

Podsumowując, należy stwierdzić, że stężenia metali ciężkich w odciekach z nowych i starych kwater składowych różnią się w istotny sposób, na co wpływa m.in. wiek kwater, ale też specyfika składowiska na którym są generowane. Skład odcieków z obecnie eksploatowanych nowych kwater składowych odbiega od danych podawanych dotychczas w literaturze. Wyniki przedstawione w rozprawie dowodzą, że odcieki te mogą charakteryzować się niższymi stężeniami metali ciężkich niż odcieki stare. Również zmiany stężeń metali ciężkich w czasie wykazują różny charakter w zależności m.in. od typu odcieków i miejsca ich powstawania oraz rodzaju metalu. Wykazano ponadto, że ścieki technologiczne powstające w sortowniach i kompostowniach odpadów komunalnych stanowią znaczące źródło metali ciężkich o zmiennych w czasie stężeniach. Należy więc podkreślić, że wybór metody postępowania z odciekami z kwater składowych oraz ze ściekami z sortowni i kompostowni odpadów komunalnych każdorazowo wymaga przeprowadzenia ich badań.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

### a) Przed uzyskaniem stopnia doktora

Studia magisterskie rozpoczęłam w 1991 r. na Wydziale Hydrotechniki Politechniki Gdańskiej (obecnie Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska). W 1996 pod opieką dr hab. inż. Ireny Kulik-Kuziemskiej przygotowałam pracę magisterską pt. „Zastosowanie złoża torfowego do sorpcji metali ciężkich ze ścieków przemysłowych” i ukończyłam studia z wynikiem bardzo dobrym zdobywając tytuł magistra inżyniera na kierunku inżynierii środowiska w zakresie gospodarki wodnej.

Od października 1996 r. kontynuowałam naukę jako słuchaczka studium doktoranckiego „Geotechnika i Inżynieria Środowiska” na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Gdańskiej (obecnie Wydział Inżynierii i Środowiska). Pierwsze prace badawcze prowadziłam pod kierunkiem profesor Ireny Kulik-Kuziemskiej. Dotyczyły one możliwości usuwania metali ciężkich i substancji biogenych przez glony oraz jakości wód w naturalnych i sztucznych zbiornikach wodnych [prace II.E 1-4]. W efekcie tych prac skierowałam moje zainteresowania w stronę zagadnień akumulacji metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych. Tematyka ta stała się przedmiotem mojej pracy doktorskiej. Badania do tej pracy rozpoczęłam w 1998 r. pod opieką dr hab. inż. Bernarda Quanta w Katedrze Technologii Wody i Ścieków. Realizacja badań była możliwa m.in. dzięki uzyskaniu finansowania w postaci grantu własnego nr 6 P04 G 00 615 pt. „Migracja i akumulacja metali ciężkich w wodach i osadach dennych Zbiornika Straszyńskiego” (1998-1999) oraz dotacji celowej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku WFOŚ/D/201/103/2001 (2001-2002). Pracę doktorską pt. „Badania występowania metali ciężkich w Zbiorniku Straszyńskim jako źródle wody pitnej dla Gdańska” obroniłam 25 czerwca 2002 r. Celem pracy była ocena stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód i osadów dennych Zbiornika Straszyńskiego w aspekcie potencjalnego wpływu na jakość wód ujmowanych i przekazywanych do sieci wodociągowej Gdańska. Zaprezentowane w pracy wyniki uzyskano w ciągu dwuletnich badań stężeń metali w wodzie oraz zawartości w osadach dennych: cynku, miedzi, ołowiu i kadmu oraz żelaza i manganu. Stwierdzono, że ze względu na stężenie miedzi i cynku wody zbiornika można zaklasyfikować do II i III klasy czystości wód, stężenia ołowiu odpowiadały klasie I, a kadmu – II. Analizowane metale występowały w zbliżonych ilościach w formach rozpuszczonych i w zawiesinie. Wykazano również, że na obszarze zbiornika następuje wyraźna kumulacja metali w osadach dennych. Badania specjacyjne metali ujawniły natomiast, że udział poszczególnych frakcji chemicznych w wiązaniu metali w osadach jest różny dla różnych metali, ale przeważają frakcje inertne: organiczna i pozostałościowa. Metalem najsilniej wiązany przez te frakcje była miedź. Udział frakcji pozostałościowej w wiązaniu ołowiu wynosił blisko 65%, a żelaza 60%. Cynk i mangan charakteryzowały się znaczną tendencją do wiązania się z uwodnionymi tlenkami żelaza i manganu. Jedynym metalem związanym w znaczącym stopniu przez frakcję jonowymienną był kadm, wiązany jednak przede wszystkim przez frakcję organiczną.

## **b) Po uzyskaniu stopnia doktora**

Moje zainteresowania badawcze po uzyskaniu stopnia doktora można zakwalifikować do trzech podstawowych obszarów tematycznych:

- Akumulacja i specjacja metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych.
- Oczyszczanie ścieków komunalnych w aspekcie wpływu na jakość wód odbiornika.
- Jakość i możliwości oczyszczania odcieków ze składowisk odpadów komunalnych.

### **Akumulacja i specjacja metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych**

*[Zagadnienia te zostały omówione w pracach II.A.2 poz.3, II.E.2 poz.2, 4, 15, 21, II.F.2.9]*

Zainteresowania zagadnieniami akumulacji i specjacji metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych zapoczątkowane podczas analiz wykonywanych w pracy doktorskiej zaowocowały kontynuacją badań. W latach 2011-2015 jako kierownik grantu własnego nr N N305 143840 pt. „Akumulacja i specjacja metali ciężkich w osadach dennych zbiorników zaporowych w aspekcie jakości wód”, realizowałam badania osadów dennych zbiorników wodnych zlokalizowanych w Gdańsku oraz w Straszynie.

Istnieje wiele prac opisujących wpływ metali ciężkich na ekosystemy wodne, w tym na osady denne rzek i jezior. Na skład chemiczny wód powierzchniowych i osadów wpływają liczne czynniki naturalne i antropogeniczne. Osady denne gromadzą zanieczyszczenia, w tym metale, i mogą stanowić wtórne źródła zanieczyszczeń. Zgodnie z załącznikiem II do dyrektywy 2008/105 / WE niektóre metale ciężkie ze względu na ich toksyczność (np. ołów) znajdują się na liście 33 substancji priorytetowych. Osady denne mogą stanowić dobry wskaźnik zanieczyszczenia środowiska wodnego. Istnieją różne klasyfikacje określające kryteria zanieczyszczenia osadów metalami ciężkimi. Do najczęściej stosowanych należy wskaźnik geoakumulacji Müllera. W niektórych krajach (np. w Polsce czy w Niemczech) stosowane są też krajowe systemy klasyfikacji jakości osadów. Głównym celem badań było określenie stężeń metali ciężkich: cynku, miedzi, ołowiu, kadmu, niklu i chromu w osadach dennych małych zbiorników wodnych na terenie miasta Gdańska oraz w Zbiorniku Straszyńskim, a także ocena poziomu zanieczyszczenia osadów metalami ciężkimi przy użyciu różnych kryteriów jakości osadów. Istotną częścią prowadzonych badań było określenie chemicznej specjacji metali z zastosowaniem klasyfikacji zaproponowanej przez Tessiera. Analizowano również występowanie bakterii opornych na metale ciężkie w osadach dennych, wodzie surowej i wodzie pitnej, pochodzącej ze Zbiornika Straszyńskiego. Zbiornik ten został zbudowany w 1910 roku, głównie w celu produkcji energii. Zlokalizowana jest tu mała elektrownia wodna o mocy 2450 kW. Jest ona najstarszą elektrownią na rzece Raduni i działa do dziś. Powierzchnia zlewna rzeki Raduni wynosi 837 km<sup>2</sup>, a aż 67,6% powierzchni stanowią użytki rolne. Całkowita objętość Zbiornika Straszyńskiego wynosi 3 mln m<sup>3</sup>, jego powierzchnia wynosi 0,75 km<sup>2</sup>, a średni czas retencji wynosi 170 godzin. Od 1986 roku

główną funkcją tego akwenu jest dostarczanie wody pitnej kilku dzielnicom Gdańska. Jest to jedyne ujęcie wód powierzchniowych dla Gdańska - dostarcza wodę pitną do ponad 30% mieszkańców. W okresie, w którym prowadzone były badania woda surowa była poddawana wstępnemu ozonowaniu (0,5-0,8g O<sub>3</sub> /m<sup>3</sup>, 3 min.). Po koagulacji (przeprowadzonej z użyciem 10% roztworu Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> latem lub 5% roztworu NaOH zimą) i flokulacji w dwuetapowych komorach labiryntowych, wodę filtrowano na złożach piaskowych; następnie ozonowano i poddawano filtracji przez węgiel aktywny (do 6 m/h). Przed dostarczeniem do sieci do uzdatnionej wody dodano polifosforany i wodę wapienną, którą następnie dezynfekowano mieszaniną Cl<sub>2</sub> i ClO<sub>2</sub>.

Analiza granulometryczna osadów wykazała, że ze środkowej i dolnej części zbiornika były drobniejsze, a frakcja ilasta (0,05-0,002 mm) stanowiła około 83% -91%. Zawartość materii organicznej (mierzona za pomocą LOI) zawierała się w zakresie 10,6-14,8%. Stężenia metali ciężkich były bardzo zróżnicowane. Zawartość cynku w osadach Zbiornika Straszyńskiego charakteryzowała się znaczną zmiennością (15,31-92,47 mg/kg s.m.). Średnia zawartość cynku w osadach z górnej części zbiornika była niższa w porównaniu do części środkowej i dolnej. Zawartości miedzi występowały w zakresie 2,34-5,65 mg/kg s.m.; podobne wartości zmierzono na stanowiskach położonych w środkowej i dolnej części zbiornika (średnie wartości 20,40-22,05 mg/kg s.m.), a niższe otrzymano dla stanowiska zlokalizowanego na dopływie do zbiornika (średnia wartość 3,81 mg kg-1dry wt). Najwyższą zawartość ołowiu (średnia wartość 33,75 mg/kg s.m.) wykryto w osadach ze środkowej części zbiornika. Stężenia kadmu mieściły się w zakresie 0,04-1,70 mg/kg s.m.. Wyższą zawartość tego metalu znaleziono również w środkowej i dolnej części zbiornika. Zawartość niklu w próbach osadów zmieniała się w zakresie od 1,2 mg Ni/kg s.m. do 22,2 mg Ni/kg s.m. Ogólna zawartość chromu w próbach osadów wahała się w bardzo szerokich granicach od 14,4 mg Cr/kg s.m. do 260,9 mg Cr/kg s.m. i wykazywała tendencję wzrostową wzdłuż nurtu zbiornika osiągając najwyższą średnią zawartość przy zaporze.

Wcześniejsze badania (1999-2000) metali ciężkich w osadach Zbiornika Straszyńskiego (praca doktorska) wykazały, że stężenia Zn, Cu, Pb i Cd były wyższe niż średnie wartości dla regionu Pomorza. W badaniach przeprowadzonych w latach 2013-2014, czyli 14 lat później, stężenia Zn, Pb i Cd były znacznie niższe, podczas gdy stężenia Cu były porównywalne. Poprawa jakości osadów nastąpiła prawdopodobnie w związku z modernizacją i rozbudową obiektów komunalnych zlokalizowanych w zlewni rzeki Raduni, w szczególności oczyszczalni ścieków w Przodkowie (2001 - 2002) i Somonino (2008 - 2009). Raporty Gdańskiego Inspektoratu Ochrony Środowiska (2000 i 2003) wykazały, że jakość wody w 2000 roku odpowiadała klasom I i II, z wyjątkiem stężenia miedzi, którego stężenia były stosunkowo wysokie. Raport GIOŚ z 2013 r. ocenił natomiast stan wody w rzece Raduni jako dobry (zgodnie z kryteriami Ramowej Dyrektywy Wodnej).

Ocenę stopnia zanieczyszczenia osadów metalami ciężkimi przeprowadzono za pomocą geochemiczne klas czystości osadów wodnych podanych przez Państwowy Instytut Geochemiczny oraz indeksu geoakumulacji Müllera.

Zgodnie z klasyfikacją geochemiczną osadów rzecznych i jeziornych w Polsce, podaną przez PIG, osady denne Zbiornika Straszyńskiego zostały sklasyfikowane w następujący sposób:

- stężenia Zn i Pb odpowiadały pierwszej klasie czystości  
- w odniesieniu do stężenia Cu, 47% prób zostało odpowiadało klasie I, a 53% prób – klasie II.

- w odniesieniu do ich stężeń Cd 75% próbek odpowiadało klasie I, a 25% próbek – klasie II. Indeks geoakumulacji Müllera obliczony dla badanych osadów zmieniał się w szerokim zakresie. Najniższe wartości dla każdego metalu zaobserwowano na stanowisku pomiarowym zlokalizowanym na dopływie do zbiornika, natomiast najwyższe wartości uzyskano w pobliżu zapory. Najwyższe wartości indeksu Müllera określono dla miedzi. Wartości te mieściły się w przedziale 3-4, wskazując, że osad był silnie zanieczyszczony. Wartości Igeo dla Zn i Pb odpowiadały stopniom 1-3, ujawniając, że próbki osadów w środkowej i dolnej części zbiornika były "umiarkowanie lub silnie zanieczyszczone". Osady Zbiornika Straszynskiego zostały sklasyfikowane jako "nieskażone lub umiarkowanie zanieczyszczone" w odniesieniu do wartości Igeo dla Cd, które wynosiły <1.

Bakterie wyizolowane z osadów, wody surowej i wody pitnej wykazywały najwyższą oporność na Zn w stężeniu 0,2 mM (odpowiednio 88%, 62% i 83%). W przypadku ołowiu (0,2 mM) i miedzi (0,2 mM) odsetek szczepów opornych na te metale był niższy i odpowiadał 81% i 70% bakterii izolowanych z osadu, 54% i 50% bakterii wyizolowanych z wody surowej i odpowiednio 75% i 66% szczepów wyizolowanych z wody wodociągowej. Sześćdziesiąt procent szczepów wyizolowanych z osadów, 35% szczepów wyizolowanych z wody surowej i 58% szczepów wyizolowanych z wody wodociągowej wykazywało oporność na wyższe stężenie (2 mM) Cu. W przypadku Zn i Pb (2 mM), procent szczepów opornych wynosił odpowiednio 67% i 69% dla osadów, 49% i 42% dla wody surowej i 64% i 64% dla wody wodociągowej.

Przeprowadzono również badania form wiązania sześciu wybranych metali ciężkich (cynk, miedź, ołów, kadm, nikiel i chrom) w osadach (frakcja jonowymienna, frakcja węglanowa, frakcja związana z tlenkami żelaza i manganu, frakcja organiczna, frakcja pozostałościowa). Analizując uzyskanych wyników wykazała, że cynk wykazywał znaczną tendencję do wiązania się z uwodnionymi tlenkami żelaza i manganu (frakcja III). Frakcja węglanowa i pozostałościowa wykazywały niemal identyczny udział w wiązaniu cynku. Miedź była najsilniej wiązana przez frakcje pozostałościową i organiczną (V i IV). Zawartość miedzi we frakcjach jonowymiennnej, węglanowej i tlenków żelaza i manganu (I, II i III) była niska i zmienna; występowały wahania w uszeregowaniu tych frakcji w aspekcie zawartości miedzi. Ołów w próbach osadu pobranych na stanowiskach 2, 3 i 4 był najsilniej wiązany we frakcji pozostałościowej (V – około 65%); jedynie na stanowisku nr 1 frakcją dominującą była frakcja III. Kadm był jedynym metalem związanym w znaczącym stopniu przez frakcję jonowymienną (I – ok. 19%), chociaż największy udział w wiązaniu tego pierwiastka miała frakcja węglanowa. W badaniach prowadzonych w latach 1999-2000 podobnie jak w przypadku miedzi, największy udział w wiązaniu kadmu miała frakcja organiczna (IV – wówczas blisko 50%), której udział obecnie jest najniższy. Natomiast formy wiązania cynku, miedzi i ołowiu nie uległy istotnym zmianom w stosunku do wartości uzyskanych we wcześniejszych badaniach.

Chrom wykazywał znaczną tendencję do wiązania się z uwodnionymi tlenkami żelaza i manganu (frakcja III) i frakcją pozostałościową. Frakcja jonowymienna i węglanowa



wykazywały natomiast bardzo niski udział w wiązaniu chromu. Nikiel, podobnie jak miedź, był najsilniej wiązany przez frakcje pozostałościową i organiczną (V i IV). Zawartość niklu we frakcjach jonowymiennej, węglanowej i tlenków żelaza i manganu (I, II i III) była zbliżona.

### **Oczyszczanie ścieków komunalnych w aspekcie wpływu na jakość wód odbiornika**

*[Zagadnienia te zostały omówione w pracach II.A.2 poz.1, 2, 4 i 5, II.E.2 poz.1-2, 6, 7, 9-14, 16, 17, 19, II.F.2 poz. 4-6, 8]*

Pierwsze badania dotyczące jakości ścieków komunalnych i osadów ściekowych oraz procesów oczyszczania ścieków rozpoczęłam tuż po ukończeniu studiów doktoranckich. Byłam wykonawcą w projekcie nr 3 T09C 062 18 pt. „Analiza pracy wielofazowego systemu osadu czynnego z układem generowania lotnych kwasów tłuszczowych w aspekcie eliminacji zanieczyszczeń mikrobiologicznych i parazytologicznych ze ścieków miejskich”. Przeprowadzone w ramach tego grantu prace obejmowały przede wszystkim badania efektywności usuwania zanieczyszczeń w zmodernizowanej oczyszczalni Gdańsk Wschód”. Wykonano badania jakości ścieków surowych i oczyszczonych, skuteczności eliminacji związków azotu i fosforu oraz usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Przeprowadzono również analizy jakości chemicznej i mikrobiologicznej powstających osadów ściekowych. Wykazano, że stężenia siedmiu badanych metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Ag) w ściekach były raczej niskie. Stężenia metali w ściekach oczyszczonych spełniały kryteria podane w obowiązującym w tym czasie Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska z 1 sierpnia 2002 r. Analiza skuteczności usuwania metali w procesach oczyszczania ścieków ujawniła, że proces biologicznego oczyszczania ścieków jest podstawowym procesem usuwania metali. Efektywność usuwania cynku, miedzi i ołowiu sięgała 93,2%. Badania zawartości metali ciężkich w osadzie wstępnym i nadmiernym dowiodła, że osady z oczyszczalni ścieków "Wschód" mogły być wykorzystywane w rolnictwie i rekultywacji gruntów. Stwierdzono również, że w oczyszczalni ścieków "Wschód" w Gdańsku, pracującej w zmodyfikowanym systemie UCT, skuteczność usuwania zanieczyszczeń bakteryjnych wahała się od 92 do 99% i osiągała prawie 100% w odniesieniu do pasożytów. Mimo to liczba bakterii wskaźnikowych i okresowa obecność Salmonelli w ściekach oczyszczonych wskazywała, że są one silnie zanieczyszczone bakteriologicznie. W osadzie wstępnym liczba bakterii wskaźnikowych była o 1 do 3 rzędów wielkości większa niż w osadzie nadmiernym. Również Salmonella była dwukrotnie częściej wykrywana w osadzie wstępnym niż w osadzie nadmiernym (odpowiednio 70% i 30%). Natomiast średnia liczba inwazyjnych jaj helmintów była ponad dwa razy większa w osadzie nadmiernym niż w osadzie wstępnym. Skuteczną metodą kontrolowania pęcznienia osadu czynnego w wyniku intensywnego wzrostu *Microthrix parvicella* było dawkowanie PAX-16 (dawki od 2,5 do 4,8 g Al<sup>3+</sup>/kg s.m./d).

Obecność w oczyszczonych ściekach komunalnych bardzo licznych mikroorganizmów patogennych, oportunistycznych, a także lekoopornych pochodzenia

jelitowego stwarza poważne zagrożenie dla jakości wód odbiornika i zdrowia ludzi. W związku z tym coraz większą uwagę przykładano się do zagadnień związanych z możliwościami dezynfekcji ścieków. W Katedrze Technologii Wody i Ścieków WILiŚ w latach 2007-2010 prowadzono badania wykorzystaniem trzech technologii dezynfekcji: ozonowania, promieniowania UV oraz mikrofiltracji do dezynfekcji ścieków oczyszczonych biologicznie. Prace prowadzono w ramach projektu EEA Grants E007/P01/2007/01/85 „New methods of emission reduction of selected pollutants and application of by-products from sewage treatment plants” (Nowe metody redukcji emisji zanieczyszczeń i wykorzystania produktów ubocznych oczyszczalni ścieków), którego byłam wykonawcą. Wykonano badania z zastosowaniem ścieków oczyszczonych z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków „Wschód” w Gdańsku oraz „Dębogórze” w Gdyni. Wykorzystano trzy technologie dezynfekcji: ozonowanie, promieniowanie UV oraz mikrofiltrację. Wszystkie metody wykazały wysoką skuteczność dezynfekcji ścieków. Mikrofiltracja okazała się również procesem skutecznie usuwającym ze ścieków zawiesinę, mętność oraz fosfor ogólny i ChZT; w niewielkim stopniu usuwany był azot ogólny. Stwierdzono, że mikrofiltracja powodowała obniżenie liczby bakterii wskaźnikowych o 3-5 rzędów wielkości. Uzyskiwane efekty były niezależnie od liczebności bakterii w oczyszczonych ściekach przed filtracją membranową. Dezynfekcja przy pomocy promieniowania UV prowadzona była wobec ścieków biologicznie oczyszczonych pobranych bezpośrednio po osadnikach wtórnych oczyszczalni oraz ścieków po dodatkowym doczyszczaniu na piasku kwarcowym. Zastosowano urządzenie wyposażone w promiennik niskociśnieniowy o mocy 33 W, emitujący promieniowanie w zakresie długości fali 254 nm. Osiągnięto redukcję liczby bakterii sięgającą 4 rzędów wielkości i zaobserwowano, że bakterie z grupy coli typu kałowego były bardziej wrażliwe na promieniowanie UV niż paciorkowce kałowe.

Na podstawie wyników zrealizowanych badań powstał podręcznik „Dezynfekcja Ścieków” pod redakcją Krystyny Olańczuk-Neyman i Bernarda Quanta, wydany w Wydawnictwie „Seidel-Przywecki” w 2015 roku, którego jestem współautorką.

W latach 2010-2013 uczestniczyłam w badaniach prowadzonych w ramach projektu nr UDA-POIG.01.03.01-22-140/09-00 pt. „Innowacyjne źródło węgla dla wspomaganie denitryfikacji w komunalnych oczyszczalniach ścieków” (Projekt Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 w ramach poddziałania 1.3.1). Projekt dotyczył stosowania produktów ubocznych z produkcji alkoholu (m.in. olejów fuzlowych i syropu) jako "alternatywnego" źródła węgla do denitryfikacji w procesach oczyszczania ścieków komunalnych. Jako porównawczy materiał stanowiący zewnętrzne źródło węgla zastosowano metanol, etanol i kwas octowy. Badania przeprowadzono w oczyszczalni ścieków "Wschód" w Gdańsku, Dębogórze w Gdyni, GOŚ w Łodzi oraz LOŚ w Poznaniu. Obejmowały one obserwację możliwości adaptacyjnych biomasy osadu czynnego do zastosowanych zewnętrznych źródeł węgla oraz pomiary szybkości procesu denitryfikacji i pomiary uwalniania i anoksydacyjnego poboru fosforanów. Przeprowadzono badania w skali laboratoryjnej, pilotowej i technicznej. Wykonana na potrzeby realizacji projektu kontenerowa stacja dozowania zewnętrznego źródła węgla zdobyła wyróżnienie w konkursie Innowacje 2012 na XVIII Targach Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji. Technicon

Innowacje. Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość wykorzystania alternatywnych źródeł węgla do wspomagania procesów denitryfikacji w komorach osadu czynnego.

### **Jakość i możliwości oczyszczania odcieków ze składowisk odpadów komunalnych**

*[Zagadnienia te zostały omówione w publikacjach II.A. poz.7-9, II.E.2 poz.18, 20, II.F.2 poz.3]*

W pracy dotyczące jakości odcieków ze składowisk odpadów komunalnych włączyłam się w 2010 r. realizując badania w ramach projektu N 523 077 32/2900 pt. „Zmienność zagrożeń ekotoksykologicznych i mikrobiologicznych towarzysząca biologicznemu oczyszczaniu odcieków ze składowisk odpadów komunalnych”. Badania prowadzono we współpracy z Katedrą Biotechnologii Środowiskowej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej. Jednym z podstawowych celów tych prac była ocena możliwości współoczyszczania ścieków komunalnych i odcieków składowiskowych. Materiał do badań prowadzonych na Politechnice Gdańskiej stanowiły ścieki z oczyszczalni ścieków „Wschód” w Gdańsku oraz odcieki z dwóch trójmiejskich składowisk: Eko Dolina w Łężycach oraz ZUT Szadółki w Gdańsku. Współoczyszczanie ścieków i odcieków prowadzono w przepływowych modelach oczyszczalni w układzie A<sub>2</sub>O. Stwierdzono, że maksymalny udział odcieków w mieszaninie poddawanej biologicznemu oczyszczaniu zależy przede wszystkim od charakteru odcieków i może osiągać nawet 10%, przy czym za wartość zapewniającą efektywne oczyszczanie mieszaniny uznano dodatek 3% odcieków. Badania kontynuowano również z zastosowaniem sekwencyjnego reaktora biologicznego. Nawet przy dodatku odcieków wynoszącym 10% skuteczność usuwania zawiesiny ogólnej i BZT<sub>5</sub> wynosiła ponad 90%. Natomiast całkowita redukcja azotu wahała się w granicach 70% i skuteczność procesów nityfikacji i denitryfikacji była zróżnicowana. Wykazano, że całkowite stężenie wszystkich metali ciężkich w odciekach wynosiło poniżej 1,8 mg/dm<sup>3</sup>. Spośród analizowanych metali ciężkich stężenie pięciu Cd, Cr, Cu, Pb i Zn znacznie zmalało, wyjątek stanowił jedynie Ni. Największą redukcję zaobserwowano dla cynku (w zakresie od 76% do 88%) i miedzi (od 25% do 62%). Badania jakości odcieków z kwater składowych oraz ścieków technologicznych z sortowni i kompostowni odpadów komunalnych prowadzono następnie w pięciu pomorskich zakładach utylizacyjnych. Wykazano, że zmieniające się zasady zagospodarowania odpadów komunalnych w istotny sposób wpływają na jakość odcieków powstających na nowych kwaterach składowych gromadzących odpady sortowane u źródła oraz poddawane procesom mechaniczno-biologicznego przetwarzania. Odcieki z nowych kwater w wyniku szybszego dojrzewania odpadów odbiegają składem od typowych młodych odcieków z dotychczasowych, tradycyjnych składowisk, opisywanych dotychczas w literaturze. Stwierdzono też, że ścieki z sortowni i kompostowni mogą stanowić źródło znaczących ilości zanieczyszczeń. Obecne są w nich bowiem wyższe stężenia azotu amonowego, fosforu, BZT<sub>5</sub> i ChZT niż w odciekach z kwater składowych.

Efektom badań nad jakością odcieków oraz współpracy podjętej z eksploatatorami zakładów utylizacyjnych jest m.in. wdrożenie i zgłoszenie patentowe pt. "Metoda usuwania siarczków ze ścieków o charakterze redukcyjnym".

Podsumowując, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, poza monografią stanowiącą osiągnięcie naukowe, opublikowałam łącznie 29 prac, w tym dziewięć prac w czasopiśmie wyróżnionych przez bazę Journal Citation Reports (zał. nr 4, II A.2, poz. 1-9), siedem prac w innych czasopiśmie nie wyróżnionych przez bazę JCR (zał. nr 4, II E.2, poz. 8-14), sześć artykułów stanowiących rozdziały w monografiach PAN (zał. nr 4, II E.2, poz. 2-7) oraz siedem artykułów w recenzowanych materiałach konferencyjnych (zał. nr 4, II E.2, poz. 15-21). W latach 2003-2018 kierowałam jednym projektem finansowanym przez MNiSW (zał. nr 4, II J.2, poz. 8) oraz byłam wykonawcą w 3 innych projektach finansowanych przez MNiSW (zał. nr 4, II J.2, poz. 3, 4, 6) i 4 finansowanych przez WFOŚiGW w Gdańsku (zał. nr 4, II J.2, poz. 2, 5, 9, 10). Ponadto byłam wykonawcą projektu finansowanego przez EEA Grants (zał. nr 4, II J.2, poz. 1) oraz projektu realizowanego w ramach Programu Innowacyjna Gospodarka (zał. nr 4, II J.2, poz. 7). Jestem współautorką 10 ekspertyz wykonanych na zlecenie czterech różnych zakładów unieszkodliwiania odpadów komunalnych z województwa pomorskiego oraz portu w Gdyni dotyczących jakości ścieków i odcieków w aspekcie możliwości ich oczyszczania (zał. nr 4, II M, poz.1-10). Na podstawie jednej z ekspertyz powstało również wdrożenie „Metoda usuwania siarczków z permeatu produkowanego w instalacji odwróconej osmozy- wykonanie instalacji w Zakładzie Utylizacyjnym Szadółki w Gdańsku”, którego jestem współautorką (zał. nr 4, II B.2). Opracowanie to zostało nagrodzone nagrodą główną w konkursie „Mistrz Techniki Pomorza”, organizowanym przez Pomorską Radę Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej (FSNT NOT) w Gdańsku w 2015 r. (wyróżnienie zespołowe, zał. nr 4, III D, poz. 3).

## **6. Informacja o działalności dydaktycznej, organizacyjnej, współpracy naukowej i popularyzacji nauki**

Zajęcia dydaktyczne na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej prowadzę od 1997 r. do chwili obecnej. Są to zajęcia dla studentów I i II stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych kierunków: Inżynieria Środowiska, Budownictwo oraz Geodezja i Kartografia z następujących przedmiotów:

- Ochrona środowiska (wykłady i ćwiczenia; kurs inżynierski stacjonarny)
- Inżynieria i ochrona środowiska (wykłady i ćwiczenia; kurs inżynierski stacjonarny)
- Technologia wody i ścieków (laboratorium; kurs inżynierski stacjonarny)
- Chemia (laboratorium; kurs inżynierski stacjonarny)
- Chemia środowiska (ćwiczenia; kurs magisterski stacjonarny)
- Procesy chemiczne i biologiczne (ćwiczenia; kurs magisterski stacjonarny)
- Monitoring i ochrona środowiska (ćwiczenia; kurs magisterski stacjonarny)

- Monitoring środowiska (ćwiczenia; kurs inżynierski niestacjonarny)

Od roku 2007 byłam promotorem 11 i recenzentem 22 prac dyplomowych magisterskich oraz promotorem 7 i recenzentem 24 prac dyplomowych inżynierskich. Jestem również promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr inż. Magdy Kasprzyk pt. „Badanie efektywności usuwania związków fosforu ze ścieków z zastosowaniem wybranych materiałów sorpcyjnych”.

Biorę aktywny udział w zajęciach organizowanych w ramach Dni Otwartych Politechniki Gdańskiej, akcji „Dziewczyny na politechniki” oraz Bałtyckiego Festiwalu Nauki. Współpracuję również ze studenckimi kołami naukowymi organizując zajęcia terenowe dla studentów z koła „Mikrobiologia w Inżynierii Środowiska” oraz prowadząc sesje w ramach Interdyscyplinarnej Akademickiej Konferencji Ochrony Środowiska (IAKOŚ - konferencja organizowana przez studentów i doktorantów działających w kołach naukowych Politechniki Gdańskiej).

W latach 2005 – 2008 byłam opiekunem praktyki kierunkowej (hydrauliczno-hydrochemicznej) studentów inżynierii środowiska, a od 2008 r. do dnia dzisiejszego pełnię funkcję Pełnomocnika Dziekana ds. praktyk na kierunku Inżynieria Środowiska. Byłam również członkiem Rady Wydziału (przedstawiciel NA) kadencji 2008-2012. Od 2013 r. do dnia dzisiejszego biorę udział w pracach Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej WILiŚ PG (od 2017 r. jako sekretarz), a od 2016 r. do dnia dzisiejszego jestem vice-przewodniczącą Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej do spraw Studentów.

Dzięki prowadzeniu i udziałowi w projektach badawczych miałam możliwość rozwoju laboratoriów naukowych Katedry Technologii Wody i Ścieków WILiŚ poprzez wyposażenie stanowisk wykorzystywanych przy realizacji prac inżynierskich, magisterskich i doktorskich (stanowiska do mineralizacji prób ścieków i odcieków oraz osadów ściekowych, dennych, gleb i roślin; stanowisko do wykonywania analiz z wytwarzaniem oparów, dymów oraz do prac z materiałami o znacznej uciążliwości zapachowej).

W 2015 r. byłam członkiem komitetu organizacyjnego ogólnopolskiej Konferencji „Ścieki przemysłowe. Wyzwania Technologiczne i Ekonomiczne”, która została objęta honorowym patronatem J.M. Rektora Politechniki Gdańskiej, J.M. Rektora Uniwersytetu Gdańskiego, oraz Marszałka Województwa Pomorskiego. Moja działalność została wyróżniona nagrodą zespołową III stopnia za szczególne osiągnięcia w działalności organizacyjnej w 2015 r.

*Eliza Kulbat*