

Dr inż. Katarzyna Pawęska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Środowiska
pl. Grunwaldzki 24
50-363 Wrocław
katarzyna.paweska@up.wroc.pl

AUTOREFERAT

**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
organizacyjnych i dydaktycznych**

Wrocław, wrzesień 2016 r.

SPIS TREŚCI

1	Życiorys naukowy.....	3
2	Przebieg pracy zawodowej	3
3	Osiągnięcie naukowe stanowiące wkład Habilitantki w rozwój dyscypliny kształtowanie środowiska	4
	3.1 Dane bibliograficzne o cyklu powiązanych tematycznie publikacji.....	4
	3.2 Cele naukowe podjętych badań	6
	3.3 Potencjał aplikacyjny wyników badań.....	15
4	Inne kierunki prowadzonych prac badawczych.....	18
5	Zestawienie dorobku naukowo-badawczego	21
6	Udział w projektach badawczych	23
7	Odbyte misje i staże naukowe	24
8	Odbyte szkolenia i warsztaty	25
9	Odbyte praktyki zawodowe	26
10	Współpraca z innymi ośrodkami	26
11	Recenzje artykułów publikowanych w czasopiśmie.....	27
12	Działalność dydaktyczno-wychowawcza	27
13	Upowszechnianie wiedzy i działalność organizacyjna	28
14	Nagrody i wyróżnienia.....	29

1 Życiorys naukowy

- 2001 r.** Ukończenie studiów inżynierskich na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Uzyskanie tytułu zawodowego inżyniera inżynierii środowiska w specjalności inżynieria wodna i sanitarna wsi.
- 2002 r.** Ukończenie studiów magisterskich na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Uzyskanie tytułu magistra inżyniera inżynierii środowiska w specjalności technika sanitarna.
- 2002–2006 r.** Studia doktoranckie organizowane na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- 18.10.2006 r.** Uzyskanie na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej we Wrocławiu stopnia naukowego doktora nauk rolniczych w dyscyplinie kształtowanie środowiska na podstawie rozprawy pt.: „*Ocena skuteczności oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalniach roślinno-glebowych o różnej eksploatacji*”. Promotor prof. dr hab. inż. Krzysztof Kuczewski.

2 Przebieg pracy zawodowej

- 19.04.2007 – 30.09.2007 r.** asystent w Zakładzie Infrastruktury i Techniki Sanitarnej w Katedrze Budownictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- 01.10.2007 – 30.06.2008 r.** asystent w Zakładzie Infrastruktury i Techniki Sanitarnej w Katedrze Budownictwa i Infrastruktury Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- 01.07.2008 – 31.12.2009 r.** adiunkt w Zakładzie Infrastruktury i Techniki Sanitarnej w Katedrze Budownictwa i Infrastruktury Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- 01.01.2010 r. do chwili obecnej** adiunkt w Zakładzie Infrastruktury i Techniki Sanitarnej w Instytucie Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

3 Osiągnięcie naukowe stanowiące wkład Habilitantki w rozwój dyscypliny kształtowanie środowiska

3.1 Dane bibliograficzne o cyklu powiązanych tematycznie publikacji

Na podstawie art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późn. zm., tekst ujednolicony) za osiągnięcie naukowe Habilitantka przyjęła cykl 7 publikacji powiązanych tematycznie i zebranych pod wspólnym tytułem „*Sprawność oczyszczania ścieków w wybranych układach technologicznych stosowanych na terenach wiejskich*”. W publikacjach przedstawiono wyniki oryginalnych prac badawczych przeprowadzonych po otrzymaniu stopnia doktora nauk rolniczych w dyscyplinie kształtowanie środowiska, stanowiących znaczny wkład Autorki w rozwój wymienionej dyscypliny naukowej. Dane bibliograficzne publikacji zaliczonych do cyklu zestawiono w tabeli 1.

Sumaryczny Impact Factor (IF) cyklu prac stanowiących podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi 3,35, natomiast sumaryczna liczba punktów dla przedstawionych publikacji, ustalona na podstawie list czasopism punktowanych udostępnionych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, wynosi 95.

Kopie publikacji wchodzących w skład cyklu wraz z oświadczeniami współautorów z określeniem udziału habilitantki stanowią załącznik 6 niniejszej dokumentacji. Liczby porządkowe z tabeli 1 w dalszej części autoreferatu stanowią będą odnośniki do publikacji z cyklu.

Tabela 1

Cykl publikacji powiązanych tematycznie wraz z punktacją na dzień ich wydania stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitantki pt.: „Sprawność oczyszczania ścieków w wybranych układach technologicznych stosowanych na terenach wiejskich”.

Lp.	Tytuł publikacji	Udział procentowy habilitantki*	Impact Factor	Liczba pkt wg MNiSW
1	Pawęska K., Malczewska B. (2009): <i>Nitrogen compounds in drain sewage after constructed wetlands</i> , Water Science and Technology, DOI: 10.2166/wst.2009.620, vol. 60, no. 10/2009, s. 2613–2619	90	1,094	20
2	Pawęska K., Malczewska B. (2009): <i>Heavy metals from outlet of constructed wetland against sewage sludge from conventional treatment plant</i> , Polish Journal of Environmental Studies (Series of Monographs) vol. 4/2009, s. 70–74	70	–	10
3	Pawęska K., Kuczewski K. (2009) <i>Composition changes in ground water located under plant-soil treatment plant area after 10 years long running</i> , Polish Journal of Environmental Studies (Series of Monographs) vol. 3/2009, s. 20–26	75	–	10
4	Pawęska K., Kuczewski K. (2011) <i>Changes in physico-chemical composition in groundwater under area of treatment plant operating in natural environment</i> , Polish Journal of Environmental Studies, ISSN 1230-1485, vol. 20, no. 6, s. 1557–1563	80	0,508	13
5	Pawęska K., Kuczewski K. (2013) <i>The small wastewater treatment plants hydrobotanical systems in environmental protection</i> , Archives of environmental protection, ISSN 2083-4772, vol. 39/1, s. 3–16	70	0,901	15
6	Pawęska K., Kuczewski K. (2016) <i>Changes in increment of trees diameters on plant-soil treatment plant after years of irrigation of domestic sewage</i> , Archives of environmental protection, ISSN 2083–4772 DOI: 10.1515/aep-2016–0046	85	0,855	15
7	Bawiec A., Pawęska K., Jarzab A. (2016) <i>Changes in the microbial composition of municipal wastewater treated in biological processes</i> , Journal of Ecological Engineering 17 (3), s. 41–45	40	–	12
Suma			3,35	95

* udział własny Habilitantki obejmował projekt badań, wykonanie prac terenowych i analitycznych, oraz redakcję tekstu publikacji

W

3.2 Cele naukowe podjętych badań

Jednym z podstawowych czynników, bez którego bytowanie człowieka jest niemożliwe, jest dostęp do zasobów wód słodkich. Polska jest krajem ubogim w zasoby wodne, które szacowane są na ok. $1\ 600\ \text{m}^3 \cdot (\text{mieszkańca} \cdot \text{rok})^{-1}$. W warunkach Polski zachodzi potrzeba stosowania nie tylko racjonalizacji zużycia wody dla celów gospodarczych i społecznych, ale również ochrony ilości i jakości zasobów wodnych na obszarze kraju.

Gospodarka wodno-ściekowa jest jednym z ważniejszych elementów ekologicznej polityki państwa. Systemy oczyszczania ścieków na terenach wiejskich ze względów finansowych i technicznych oparte są na prostych technologiach. Wiele wsi w Polsce cechuje się rozproszoną zabudową. Bardzo często rzeźba terenu uniemożliwia z przyczyn ekonomicznych budowę zbiorczych systemów kanalizacyjnych. Z tych powodów współcześnie, jak i w przyszłości, w celu ochrony jakości wód naturalnych przed oddziaływaniem ścieków bytowo-gospodarczych, na terenach wiejskich eksploatuje się indywidualne systemy oczyszczania ścieków zwane często kanalizacjami przydomowymi.

Mnogość rozwiązań, deklarowanych jako skuteczne w każdych warunkach, spowodowała gwałtowny rozwój indywidualnych systemów nie zawsze adekwatnych do istniejących warunków. Powszechnym było adaptowanie rozwiązań uznanych jako tymczasowe do finalnych systemów oczyszczających ścieki na terenach wiejskich pozbawionych centralnej kanalizacji, pomimo wielu ograniczeń środowiskowych.

W przeszłości, często spotykanym rozwiązaniem utylizacji ścieków bytowo-gospodarczych na terenach wiejskich była budowa bezodpływowych zbiorników. Koszty związane z okresowym wywozem nieczystości powodowały celowe rozszczelnianie zbiorników przez właścicieli. Zmniejszenie częstotliwości wywozu, a przez to znaczne wydłużenie czasu przebywania ścieków w zbiornikach powodowało ich zagniwanie i docelowe, chwilowe przeciążanie gminnych systemów oczyszczania (lokalnych odbiorców ścieków) w chwili dowozu nieczystości. Mimo środków prawnych, jakimi dysponują władze gminy, związanych z monitorowaniem użytkowanych starych i nowopowstałych zbiorników problem „celowych uszkodzeń” jest w dalszym ciągu aktualny.

Rozwiązaniem problemu oczyszczania ścieków na terenach, na których budowa kanalizacji sieciowej jest nieopłacalna, są małe systemy oczyszczania ścieków, stąd też gwałtowny wzrost ilości stosowanych drenaży rozsączających uznawanych za jedne z najtańszych i „najskuteczniejszych” rozwiązań. Projektowane i wykonywane praktycznie

w każdych warunkach wodno-gruntowych stały się jednym z najpoważniejszych źródeł zanieczyszczeń płytkich wód gruntowych na terenach niezurbanizowanych.

Z powodu ciągłego wzrostu liczby małych, indywidualnych systemów służących oczyszczaniu ścieków wzrasta również ich znaczenie oraz wpływ zarówno na środowisko jak i gospodarkę wodno-ściekową. Wykorzystywanie ich jako ostatni element przed wprowadzeniem ścieków oczyszczonych do odbiornika (grunt, gleba, woda) spowodowały podjęcie przez Habilitantkę tej problematyki w swoich badaniach i rozszerzenie rozpoczętych podczas studiów doktoranckich badań o aspekty związane m.in. z optymalnym czasem pracy oczyszczalni, wpływem niskich temperatur na sprawność oczyszczania, jak również znaczeniem roślin w procesie oczyszczania ścieków.

Głównym kierunkiem badań prowadzonych przez Habilitantkę w latach 2009-2016 były technologie związane z oczyszczaniem ścieków w lokalnych systemach wykorzystujących układy gleba-roślina i grunt-roślina, systemami drenażowymi, oczyszczalniami typu *constructed wetland* oraz obiektami wykorzystującymi kultury hydroponiczne, jak również wysoko zaawansowane systemy hybrydowe.

Procesy oczyszczania ścieków z wykorzystaniem środowiska glebowo-roślinnego i gruntowo-roślinnego przebiegają w kolejno następujących po sobie etapach: zatrzymanie ścieków w procesie infiltracji, a następnie mineralizacja zanieczyszczeń organicznych połączona z sorpcją biologiczną procesów rozkładu przez wybrane rośliny. W układzie, w którym wykorzystuje się potencjał ścieków do nawadniania profilu glebowego lub gruntowego, a w rezultacie oczyszczania ścieków, dochodzi do dynamicznych zmian zarówno dobowych jak i sezonowych między innymi: wilgotności, składu fizykochemicznego i biologicznego, intensywności zachodzenia procesów biochemicznych i chemicznych, zmian zawartości substancji biogennych oraz refrakcyjnych. Układy te cechuje kompleksowość, która wynika ze współdziałania procesów zachodzących w glebie (gruncie) z udziałem roślin.

Zainteresowania naukowe Habilitantki, w trakcie studiów doktoranckich, związane były z systemami, w których oczyszczanie ścieków odbywa się w naturalnym środowisku glebowym, dlatego też kolejne prace badawcze były poszerzeniem tematyki realizowanej we wcześniejszych badaniach. Badania rozpoczęto od analizy funkcjonowania małych obiektów *constructed wetlands* [1, 2, 3]. Studia tego typu oczyszczalni były intensywnie prowadzone w drugiej połowie XX wieku w krajach Europy Zachodniej. Brak wytycznych projektowych spowodował, że wiele powstałych w tym okresie obiektów było wykonywanych bez

zastosowania właściwych rozwiązań konstrukcyjnych. Systemy te poprzez wadliwe funkcjonowanie stawały się zagrożeniem dla środowiska. Podjęte przez Habilitantkę działania, polegające na analizie funkcjonowania tych systemów (osiąganych efektów redukcji wartości wskaźników zanieczyszczeń) miały na celu wskazać błędy technologiczne oraz kierunek zmian umożliwiających poprawę skuteczność pracy tego typu oczyszczalni.

W prowadzonych badaniach w latach 2009–2011, analizie poddano funkcjonowanie dwóch lokalnych oczyszczalni przeznaczonych do oczyszczania ścieków bytowych w trudnych warunkach bez centralnej kanalizacji, dodatkowo położonych w rejonie górskim i podgórskim (woj. dolnośląskie). Analizowane układy *constructed wetland* stanowiły systemy o poziomym podpowierzchniowym przepływie ścieków (HSSF). Składały się z czterech złóż połączonych szeregowo zasilanych ściekami bytowymi przez okres całego roku. Charakterystyka pracy obiektów (działających przy gospodarstwie agroturystycznym i obiekcie turystycznym) decydowała o nieregularnym zasilaniu złoża ściekami. Podstawowy materiał wypełniający złoża stanowiła mieszanka żwiru z grubym piaskiem, na powierzchni której zastosowano dwa rodzaje nasadzeń: trzcina oraz wierzba. W obu przypadkach odbiornikiem ścieków oczyszczonych był ciek. Ze względu na lokalizację obiektu nr II na terenie Parku Narodowego istotnym elementem eksploatacyjnym była jakość ścieków odprowadzana do środowiska pod względem stężeń związków biogennych. Prowadzone przez Habilitantkę systematyczne badania dotyczyły możliwości zmian form azotu w układzie grunt-roślina podczas krótkoterminowych nawodnień ściekami bytowymi. Pomimo zasilania obu systemów ściekami bytowymi (woda zużywana jedynie przez osoby przebywające w budynkach) skład ich różnił się od siebie w głównej mierze pod względem stężeń form azotu. Obserwowano bardzo wysokie stężenia azotu ogólnego (w tym również form azotu amonowego) w przypadku obiektu zlokalizowanego wyżej, na zacienionym stanowisku. Ze względu na położenie obiektów w rejonie górskim i podgórskim zachodziły wątpliwości związane z prawidłowym przebiegiem procesów nityfikacji i denityfikacji. Głównym celem badań było wskazanie kierunku przemian form azotu w ściekach po przejściu przez kolejne układy grunt-roślina oraz ich wpływu na środowisko poprzez ocenę stopnia wynoszenia azotu wraz z odpływem. Pod uwagę wzięto następujące formy azotu: azot ogólny, azot amonowy, azotany, azotyny [1, 5]. W każdym przypadku przed wprowadzeniem ścieków na złoża wykorzystywane były osadniki gnilne mające zapewnić wstępne mechaniczne oczyszczenie.

Oczyszczalnie oparte na układzie grunt-roślina są wykorzystywane do oczyszczania małych ilości ścieków. Prostota oraz niskie zapotrzebowanie na energię nie mogą być uznane za wystarczające, jeżeli ścieki oczyszczone mają być wprowadzane do wód na obszarach wrażliwych na eutrofizację. Oczyszczalnie wykorzystujące układ grunt-roślina, konstruowane dla obszarów o niskiej gęstości zaludnienia i o dużym współczynniku nierównomierności dopływu ścieków, po wieloletniej eksploatacji reagują obniżeniem skuteczności pracy w odniesieniu do ładunków azotu. Zaburzenia w pracy pierwszego stopnia oczyszczania (oczyszczanie mechaniczne), powodują zasilenie układu grunt-roślina w materię organiczną, co jest pierwszym powodem wzrostu stężenia azotu ogólnego na odpływie z poszczególnych elementów układu. Ponadnormatywne obciążenie powierzchni złóż związkami azotu wynika z długiego czasu przepływu ścieków przez pierwszy stopień oczyszczania (osadnik gnilny). Zasilanie zagnitymi ściekami złóż wypełnionych materiałem filtracyjnym powoduje pogorszenie zarówno parametrów hydraulicznych złoża, jak i efektywności procesów oczyszczania.

W przypadku analizowanego obiektu nr I położonego niżej, przy większej ekspozycji na promieniowanie słoneczne i wyższej średniej rocznej temperaturze (niż na obiekcie nr II), formy azotu amonowego wraz z przejściem przez kolejne złoża ulegały transformacji na azotany i azotyny dając tym potwierdzenie prawidłowości przebiegu procesów nityfikacji i denityfikacji. Na układ skonstruowany z czterech współpracujących kolejno ze sobą złóż wprowadzano ścieki bytowe, dla których stężenia azotu amonowego po mechanicznym oczyszczaniu kształtowały się na średnim poziomie $70,6 \text{ gNH}_4\cdot\text{m}^{-3}$. Przy stałym zasilaniu układu ściekami, obserwowano efektywność pracy całego obiektu przejawiającą się wysoką redukcją monitorowanych form.

Obserwowano obniżenie stężenia azotu amonowego wraz z przepływem ścieków przez kolejne złoża, oraz wzrostem form azotanowych po kolejnych etapach oczyszczania. Stężenia na odpływie z ostatniego złoża odpowiednio, azotu amonowego ulegały obniżeniu do $0,99 \text{ gNH}_4\cdot\text{m}^{-3}$, azotanowego wrastały do $40,31 \text{ gNO}_3\cdot\text{m}^{-3}$.

W przypadku obiektu nr II położonego wyżej na zacienionym stanowisku, na skutek wypełnienia materią organiczną przestrzeni złoża, zachwianiu uległy procesy nityfikacji [1, 2, 3, 5]. Do układu czterech szeregowo ułożonych złóż wprowadzano ścieki bytowe po mechanicznym oczyszczeniu, jednakże o wysokim stężeniu azotu amonowego (średnio w okresie badawczym $181,7 \text{ gNH}_4\cdot\text{m}^{-3}$). W tym przypadku notowano spadek stężenia azotu amonowego na odpływie ze złóż do wartości średniej $32,01 \text{ gNH}_4\cdot\text{m}^{-3}$, przy jednoczesnym

spadku stężeń azotu azotanowego. Średnia koncentracja azotu azotanowego dla okresu badawczego wyniosła $2,48 \text{ gNO}_3\text{-m}^{-3}$. Długi czas przepływu ścieków przez osadnik gnilny wpłynął w tym przypadku znacząco na jakość ścieków zasilających układ, co spowodowało w kolejnych krokach niewydolność technologiczną złóż pod względem nitryfikacji i denitryfikacji.

Tereny wiejskie, bez centralnych systemów przesyłu i oczyszczania ścieków w naturalny sposób czerpią z systemu rolniczego wykorzystania ścieków, który wpisuje się w politykę zrównoważonego rozwoju państwa. Kolejnym zadaniem badawczym Habilitantki była analiza pracy układu w systemie długoletniego nawadniania powierzchni wyposażonej w drenaż zbiorczy. Celem kolejnych prac naukowych były badania dotyczące wskazania zmian zachodzących w płytko zalegających wodach gruntowych na skutek wieloletnich nawodnień ściekami bytowymi [2, 3, 4]. Obszar poddany analizie stanowił układ gleba-roślina poddany ponad 17-letnim nawodnieniom ściekami bytowymi. Powierzchnie terenu pokryto siecią piezometrów, które posłużyły kontroli poziomu oraz składu fizykochemicznego wody bezpośrednio w sąsiedztwie nawadnianej powierzchni, jak i bezpośrednio pod nią. System wprowadzania ścieków na powierzchnię gleby z wykorzystaniem nasadzeń drzew oraz mieszanki traw został zaproponowany jako rozwiązanie oczyszczania ścieków dla osadniczej jednostki wiejskiej (ok. 350 mieszkańców). Wybrano teren z przepuszczalnymi utworami (piaski średnie, piaski gliniaste) oraz naturalnym uszczelnieniem w postaci soczewek z utworów nieprzepuszczalnych. Zastosowane rozwiązanie, właściwe dla oczyszczania ścieków na terenach wiejskich zostało wkomponowane w lokalny krajobraz łącząc procesy oczyszczania ścieków z jednoczesną produkcją biomasy.

Obserwacje prowadzono w okresie całego roku. Monitorowano zarówno skład fizykochemiczny ścieków poddawanych oczyszczaniu, który stanowił mieszaninę ścieków gromadzonych w zbiornikach bezodpływowych oraz dopływających szczątkową siecią kanalizacyjną, skład ścieków oczyszczonych wprowadzanych do odbiornika oraz skład fizykochemiczny wód zalegających pod nawadnianą powierzchnią. W próbkach oznaczano, oprócz materii organicznej wyrażonej przez BZT_5 i ChZT_{Cr} , także ogólne formy azotu i fosforu, jak również zawartość metali ciężkich. Skład ścieków bytowych oczyszczanych z wykorzystaniem środowiska glebowego nie różnił się znacząco od literaturowego składu ścieków bytowych. Podczas prowadzonych badań zauważono pogarszanie składu ścieków wraz ze wzrostem udziału zgniłych ścieków.

Powszechnie panująca opinia o minimalnym wpływie wieloletnich nawodnień na skład wody gruntowej skłoniła Habilitantkę do postawienia hipotezy, że nawet prawidłowo prowadzone nawadniania powodują znaczące pogorszenie składu fizykochemicznego wód zalegających pod użytkowaną powierzchnią.

Oczyszczanie ścieków na terenach bez centralnej kanalizacji w układach gleba-roślina jest w dalszym ciągu najtańszą metodą utylizacji zanieczyszczeń w miejscu ich powstania, jednakże nawet w obliczu głęboko zalegającego zwierciadła wody gruntowej powinno być prowadzone z należytą dbałością o wpływ na środowisko. Głębokość zwierciadła wody w okresie wieloletnich obserwacji ulegała zmianie. Maksymalny poziom zwierciadła wody występujący pod daną powierzchnią w trakcie prowadzenia obserwacji wynosił 2,8 m p.p.t., minimalny 0,2 m p.p.t. Na skutek prowadzonych wieloletnich nawodnień obserwowano zmiany składu fizykochemicznego w wodach zalegających pod obserwowaną powierzchnią. Najwyższe zmiany związane były ze wzrostem materii organicznej wyrażonej przez BZT₅ i ChZT_{Cr}. Przy wahaniach zwierciadła wody i przy równoczesnym wprowadzaniu ścieków obserwowano gwałtowne wzrosty (kilkunastokrotne) zarówno materii organicznej, jak azotu i fosforu wynoszonego do wód gruntowych. Znaczące zmiany w składzie wód obserwowano dla próbek pobieranych bezpośrednio pod powierzchnią nawadnianą ściekami dla zawiesin ogólnych oraz materii organicznej. Bezpośrednio pod nawadnianą powierzchnią oraz w jej najbliższym otoczeniu średnia wartość BZT₅, kształtowała się w przedziale 0,86–12,55 gO₂·m⁻³ natomiast wartość ChZT_{Cr} obserwowano w przedziale 74,45–125,92 gO₂·m⁻³. Średnie stężenie azotu ogólnego i fosforu ogólnego było również kilkukrotnie wyższe od stężeń pomierzonych przed rozpoczęciem nawodnień. Wynosiły one odpowiednio 14,42–28,92 gN·m⁻³ oraz 0,88–1,90 gP·m⁻³. Oczyszczalnia osiągnęła pełną efektywność pracy w okresie pierwszego dziesięciolecia eksploatacji. W kolejnych latach, z powodu braku jakichkolwiek zabiegów technologicznych usprawniających proces, poziomy redukcji podstawowych wskaźników zanieczyszczeń ulegały obniżeniu. W skutek czego eksploatacja takich systemów powinna być zatem ograniczona czasowo.

Nie tylko zawartości materii organicznej oraz nutrientów ulegają redukcji na obiektach pracujących w oparciu o naturalne środowisko, ale również zanieczyszczenia w postaci metali ciężkich oraz zanieczyszczenia mikrobiologiczne. Doniesienia na temat redukcji metali ciężkich w konwencjonalnych systemach są powszechne i naukowo potwierdzone, jednakże efekty dotyczące usunięcia lub alokacji metali ciężkich w systemach typu *constructed wetlands* lub układach gleba-roślina są w znacznej mierze niewystarczająco

poznane. Dlatego też, w prowadzonych badaniach analizie poddano stężenia następujących metali ciężkich: miedź, cynk, ołów, kadm i nikiel [2]. Ścieki przed wprowadzeniem do profilu glebowego poddane były wyłącznie podstawowym procesom mechanicznego oczyszczania. W celu oszacowania zmian jakie mogą zajść w układach *constructed wetlands* zbadano stężenie wybranych metali ciężkich w ściekach wprowadzanych na nawadnianą kwaterę oraz w odpływach, jak również w wodach gruntowych pod nawadnianą powierzchnią. Obszary wiejskie, gdzie dopływ ścieków przemysłowych jest znikomy (lub nie występuje wcale) charakteryzują się bardzo niskimi koncentracjami metali ciężkich. Prowadzone analizy wykazały również niską zmienność stężeń obserwowanych parametrów w okresie prowadzonych badań. Jednakże, pomimo niskich koncentracji metali w dopływach, zawartość ich w wodach zalegających pod nawadnianym obszarem wzrastała (zwłaszcza niklu oraz ołowiu). W obserwowanych próbkach odpływu średnie stężenie niklu wyniosło $0,00582 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., natomiast ołowiu $0,00626 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., zaś maksymalne wartości wyniosły $0,011 \text{ mg Ni}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. oraz $0,0257 \text{ mg Pb}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Prawdopodobnie sytuacja ta, związana była z niekontrolowanym zrzutem ścieków, co powoduje punktowe przeciążenia powierzchni i uruchomienie oraz wymywanie „nieorganicznych zanieczyszczeń” nagromadzonych w profilu podczas wcześniejszych nawodnień. Ze względu na niewystarczające wyjaśnienie obserwowanych procesów obserwacje są kontynuowane, a dalsza analiza zmierza do uwzględnienia wpływu punktowych zrzutów poza wyznaczone miejsca na stan wód pod nawadnianymi powierzchniami.

Podczas obserwacji i analiz problemów związanych z oczyszczaniem ścieków bytowych w małych lokalnych oczyszczalniach wiejskich został zauważony przez Habilitantkę problem badawczy związany ze stosowaniem konwencjonalnych technologii w przypadku oczyszczania odmiennych jakościowo ścieków określanych ogólnie jako „ścieki bytowe”. Są to ścieki o podwyższonej zawartości azotu amonowego. Rozpoczęte badania [7] wskazują na błędy wynikające z zastosowania metod biologicznych w celu oczyszczania ścieków bytowych o wysokim odczynie oraz wysokich koncentracjach azotu amonowego. Sterylne warunki jakie powstają w środowisku zasadowym, przy wysokich stężeniach azotu amonowego działają hamująco na rozwój mikroorganizmów odpowiedzialnych za procesy nitryfikacyjne. Wstępne badania wskazują na potencjalne możliwości prowadzenia w takich warunkach nitryfikacji.

Jako ostatni element z układów gleba-roślina i grunt-roślina w układach lokalnych przeznaczonych do oczyszczania ścieków, w swoich badaniach zajęłam się roślinnością z terenów przeznaczonych do stałego nawadniania ściekami bytowymi [6]. Prowadzone przez Habilitantkę badania dotyczyły oceny wpływu wieloletniego zasilania układu roślina-gleba ściekami bytowymi na zmiany struktury drzewostanu topoli wykorzystanego w celu intensyfikacji procesów oczyszczania. Pod uwagę wzięto skład fizykochemiczny ścieków wprowadzanych do profilu glebowego w okresie 20. lat, zachodzące zmiany składników na łatwo przyswajalne dla roślin oraz ogólny bilans ładunków zanieczyszczeń wprowadzonych wraz ze ściekami. Układ zasilany był ściekami bytowymi pochodzącymi zarówno z kanalizacji, jak i dowożonymi ze zbiorników bezodpływowych. Ocenie poddano wpływ roślinności wieloletniej na procesy przemian form makroelementów zachodzących w układach roślina-gleba oraz określono potencjalny udział drzew w procesach oczyszczania ścieków bytowych w układach wieloletniego nawadniania. Badania oparto o zmianę wielkości średnicy drzew na wysokości 130 cm. Prowadzone obserwacje wskazały, iż wykorzystywanie zamkniętych układów roślina-gleba w celu oczyszczania ścieków bytowych jest kompleksowym rozwiązaniem utylizacji ścieków na terenach bez kanalizacji, wspomagającym walkę z zanieczyszczeniami różnych elementów ekosystemu. Topola jako gatunek wybrany do nawodnień ściekami, sprawdza się w systemach z wysoką dawką polewową i nierównomiernym obciążeniem ładunkiem zanieczyszczeń. Jest to zdecydowanie najlepszy gatunek na tereny nawadniane ściekami ze względu na szybkie przyrosty biomasy oraz zdolności do poboru zanieczyszczeń z głębszych partii profilu glebowego, w przeciwieństwie np. do dębu, który nie jest przystosowany do takiego reżimu nawodnień i nie utrzymał się na analizowanym obiekcie.

Największe średnice oraz przyrosty obserwowano dla skrajnych segmentów obiektu z dobrą ekspozycją na promieniowanie słoneczne. Zmiany wielkości średnic analizowanych drzew widoczne były zarówno w obrębie segmentów, jak i rzędów pojedynczych kwater.

Średnia średnica sadzonek w 2003 r. pomierzona na wysokości 130 cm wyniosła 13,4 cm (liczba analizowanych drzew $n=1283$). Największe średnice drzew o wysokości w przedziale od 17 do 32 m dla nawadnianych segmentów wyniosły 20,0–39,2 cm w 2013 r. ($n=613$). Średnie przyrosty kształtowały się na poziomie 38,7–44,9% (w stosunku do średnic zmierzonych w 2003 r.). W przypadku tak intensywnego wzrostu obserwowano ubytki drzewostanu, które były rezultatem zarówno silnych wiatrów, jak i nieregularnych zabiegów

pielęgnacyjnych (wycinka) prowadzonych przez eksploatatorów obiektu. W stosunku do pierwotnego nasadzenia notowano 73% ubytek w drzewostanie.

Roślinność wykorzystywana jest na terenach nawadnianych ściekami w celu intensyfikacji procesów oczyszczania. Użyte gatunki cechują się intensywnym przyrostem, a także możliwością kilkukrotnego zbioru w okresie wegetacyjnym. Oprócz poprawy warunków powietrzno-gruntowych rola roślin przejawia się również w akumulacji w tkankach azotu i fosforu. Podczas prowadzonych obserwacji stwierdzono zauważalne różnice w składzie fizykochemicznym biomasy pozyskiwanej z nawadnianego terenu. Biomasa traw była bogatsza pod względem zawartości form azotu i fosforu niż biomasa topoli.

Ładunek zanieczyszczeń zgromadzony w biomase topoli był mniejszy niż ładunek usuwany wraz z pokosem traw i wynosił odpowiednio 2,0% dla azotu ogólnego oraz 2,1% dla fosforu ogólnego. Dysproporcja w poziomach usuniętych zanieczyszczeń spowodowana była między innymi brakiem uzupełnień drzewostanu oraz pozyskiwaniem przez rośliny składników pokarmowych z różnych poziomów profilu glebowego.

Głównymi celami naukowymi przeprowadzonych badań, których wyniki zawarte zostały w ramach cyklu publikacji, było:

- określenie zmienności stopnia usuwania zanieczyszczeń w układach grunt-roślina oraz gleba-roślina w okresie zimowym [1, 2, 3, 4, 5];
- ustalenie zakresu i stopnia wpływu układu roślina-grunt na elementy środowiska [2, 3, 5, 6];
- oszacowanie czasu pracy układów roślina-gleba oraz określenie wpływu długookresowego zasilania ściekami wybranych powierzchni [1, 3, 4, 5];
- określenia kierunku zachodzących zmian form azotowych w układach gleba-roślina, grunt-roślina z krótkoterminowymi i wieloletnimi nawodnieniami [1, 3, 4, 5];
- identyfikacja wpływu zastosowanych nasadzeń na ładunek zanieczyszczeń zgromadzony w biomase i usuwany wraz z roślinnością [6];
- rozpoznanie problemu oczyszczania ścieków w warunkach wysokich obciążeń ładunkiem azotu amonowego [7].

Za najważniejsze osiągnięcia przedłożonego cyklu uważam:

- poszerzenie współczesnej wiedzy związanej z długością czasu eksploatacji układów oraz weryfikacja poglądów dotyczących wpływu długoletniego okresu pracy na stan układu gleba-roślina, grunt-roślina;
- weryfikacja obecnych poglądów związanych z poziomem redukcji zanieczyszczeń (spadkiem) w układach roślina-grunt w okresie zimowym;
- rozwinięcie koncepcji wykorzystania systemów grunt-roślina-gleba jako docelowych układów służących do oczyszczania małych ilości ścieków na terenach wiejskich (o nieregularnym zasilaniu);
- ustalenie wpływu zastosowania nasadzeń topoli na wielkość ładunku zanieczyszczeń wynoszonego z układu gleba-roślina;
- wskazanie i rozwinięcie problemu utylizacji ścieków bytowych o trudnym „nietypowym” składzie fizykochemicznym.

3.3 Potencjał aplikacyjny wyników badań

Obowiązek zagospodarowania ścieków w stopniu pozwalającym na bezpieczne wprowadzenie ich do środowiska nałożony jest na każdego wytwórcę nieczystości. Dla mieszkańców, na terenach wyposażonych w kanalizację, nie jest to w żaden sposób uciążliwe. Powstające ścieki w sposób bezpieczny gromadzone są i transportowane do centralnych oczyszczalni ścieków, a użytkownik musi zadbać jedynie o podłączenie do centralnej sieci oraz uiszczenie opłaty za korzystanie i odprowadzanie ścieków. Na terenach wiejskich, o rozproszonej zabudowie, gdzie budowa kanalizacji oraz gminnej oczyszczalni ścieków jest zagadnieniem niezwykle złożonym, gromadzenie, oczyszczanie ścieków i odprowadzanie ich do odbiornika w miejscu powstawania nierzadko leży w gestii pojedynczych osób. W związku z narastającymi problemami dotyczącymi ograniczonych zasobów wodnych oraz ich ochrony, lokalne systemy oczyszczania ścieków wykorzystujące naturalne środowisko stanowią właściwy element planowania gospodarki wodnej kraju. Sprzyjają obniżeniu zużycia wody z naturalnych zasobów, ich ochronie, jak również wpisują się w plany ochrony zdegradowanych powierzchni ziemi. Koncepcja odzysku wody ze ścieków bytowych w procesach oczyszczania w lokalnych układach wykorzystujących środowisko naturalne może być wykorzystana w uzupełnieniu do zmagazynowanych zasobów wodnych w projektach małej retencji. Informacje te stanowią mogą dodatkowo

aspekt przy szacowaniu dostępnych zasobów wodnych i opracowywaniu aktualizacji wojewódzkich programów małej retencji tworzonych przez właściwe instytucje. Niewątpliwą zaletą jest również zagospodarowanie ścieków z terenów nieobjętych centralną siecią kanalizacyjną, na których stosowanie tradycyjnych technologii oczyszczania nie spowodowałoby osiągnięcia wymaganego, bezpiecznego dla środowiska, poziomu redukcji zanieczyszczeń. W sposób lokalny technologie *constructed wetland* oraz układy gleba-roślina mogą zostać wykorzystane jako systemy wspomagające przeciwdziałanie efektom suszy. Zwiększenie lokalnych zasobów wodnych odbywać się może wówczas w postaci zasilania przez rolników lub pośrednio przez użytkowników oczyszczalni profilu glebowego (forma retencji glebowej). W porównaniu z konwencjonalnymi układami oczyszczającymi ścieki, które generują „straty wody” poprzez bezpowrotne odprowadzenie ścieków oczyszczonych do odbiornika (cieku), systemy badane przez Habilitantkę zatrzymują wodę w profilu glebowym, spowalniają jej odpływ co znacząco wpływa na wielkość retencji.

Ze względu na pozorną prostotę rozwiązań „systemów naturalnych” służących oczyszczaniu ścieków na rynku dostępnych jest wiele układów, znajdujących zastosowanie na terenach wiejskich. Jednakże, ich okres eksploatacji zapewniający wymagane normami efekty oczyszczania jest krótki (kilkuletni), a po jego przekroczeniu rozwiązania te stanowią zagrożenie dla środowiska (np. dla potencjalnych odbiorników ścieków oczyszczonych – środowiska glebowego i wodnego). Wyniki wieloletnich obserwacji Habilitantki wskazujące na ograniczony czas pracy układów grunt-roślina oraz gleba-roślina, mogą być istotne w podejmowaniu decyzji dotyczących pozwoleń wodnoprawnych związanych z odprowadzaniem ścieków oczyszczonych do wód. Podczas procedury przedłużania pozwoleń na wprowadzanie ścieków do odbiorników, decyzje takie powinny być poparte uzupełniającymi badaniami warunków skuteczności pracy układu. Znajomość wieloletnich efektów pracy systemów oczyszczających ścieki bytowe w technologii *constructed wetland* oraz układów gleba-roślina, może być wykorzystana przez projektantów, lokalne władze samorządowe przy kontrolach oraz precyzyjnym określaniu ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych na terenach wiejskich do środowiska wodnego lub glebowego. W związku z tym, że tereny wiejskie bez centralnych systemów kanalizacyjnych nadal uznawane są za jednego z największych emiterów zanieczyszczeń w postaci niekontrolowanych zrzutów ścieków, wiedza taka pozwoli na dokładniejsze sterowanie procesem. Finalnie znajdzie przełożenie w gminnych planach ochrony środowiska.

Prace badawcze nad procesami oczyszczania ścieków w systemach naturalnych prowadzone były zwykle w pierwszych, najbardziej efektywnych latach pracy układu, kiedy zdolność układu do przetwarzania zanieczyszczeń była największa. Powodowało to ugruntowanie powszechnej opinii o niezawodności i stałych, wysokich efektach pracy. Twierdzono, że system raz uruchomiony może funkcjonować dla tych samych danych wyjściowych przez okres kilkudziesięciu lat. Obserwacje oraz badania prowadzone przez Habilitantkę stanowią weryfikację powszechnie panującej opinii o wieloletniej skuteczności oczyszczania ścieków w układach gleba-roślina i grunt-roślina, oraz uzupełnienie niezbędnych dla projektantów informacji dotyczących czasu pracy układów przy zasilaniu ściekami bytowymi. Zmienne warunki hydrauliczne, jak również nierównomierny ładunek zanieczyszczeń powodujący skrócenie czasu eksploatacji powinny być uwzględniane przez projektantów podczas opracowania m.in. koncepcji lokalnych systemów oczyszczania ścieków. Przeprowadzone badania wykazały, że układy glebowo-roślinne i gruntowo-roślinne są przydatne do stosowania w celu oczyszczania ścieków przy zmiennym reżimie nawadniania (wysoka skuteczność redukcji materii organicznej oraz związków biogenych), jednakże celowe jest wygaszanie pracy obiektów eksploatowanych przy nierównomiernym obciążeniu ładunkiem (chwilowe, punktowe przeciążenia powierzchni).

Oczyszczanie ścieków poprzez ich wprowadzanie do układu grunt-roślina i gleba-roślina, ze względu na negatywne opinie dotyczące uzyskiwanych efektów oczyszczania, zwłaszcza w miesiącach z niskimi temperaturami, zostało w Polsce zaniechane na rzecz masowej centralizacji systemów do utylizacji małych ilości ścieków. Powszechne myślenie, że jedynie konwencjonalne metody oczyszczania są w stanie zapewnić wymagane efekty redukcji spowodowało rozwój systemów, które w chwili obecnej nie są w stanie poprawnie funkcjonować w specyficznych warunkach obszarów wiejskich. Badania nad sprawnością oczyszczania ścieków w lokalnych układach bazujących na wykorzystaniu środowiska grunt-roślina i gleba-roślina prowadzone przez Habilitantkę wskazują że zarówno niekorzystne temperatury, jak również lokalizacja oczyszczalni w regionach górskich lub podgórskich nie stanowią czynnika ograniczającego funkcjonowanie układów. Wiedza ta może znaleźć zastosowanie przy projektowaniu i konstruowaniu nowych obiektów. W tym przypadku lokalizacja i związane z tym warunki klimatyczne nie powinny być ograniczeniem. Wykorzystanie roślin, w przypadku przeprowadzonych badań – trzciny, zweryfikowało oraz potwierdziło możliwość zastosowania nasadzeń roślin tego gatunku w rejonach górskich.

Sadzonki trzciny utrzymywały się na stanowiskach położonych na zacienionych wystawach i przy temperaturach niższych niż optimum dla tego gatunku.

W każdym z analizowanych układów, oprócz właściwego medium wypełniającego złożę, stosowano rośliny różnych gatunków mające zintensyfikować procesy oczyszczania ścieków. Prowadzone badania wskazały, że zastosowanie roślin wieloletnich (głęboko korzeniących się) nie powoduje wzrostu redukcji biogenów wprowadzanych wraz ze ściekami, ale może być traktowane jako dodatkowe źródło biomasy pozyskiwanej z nawadnianych terenów. Takie zabiegi, zwiększające produkcję biomasy, przy jednoczesnym wykorzystaniu ścieków wpisują się w politykę energetyczną państwa związaną ze zwiększeniem ilości biomasy wykorzystywanej na cele energetyczne. Dodatkowo plantacje drzew, na których stosuje się nawadnianie ściekami mogą być elementem składowym systemów związanych z sekwestracją dwutlenku węgla, który wraz ze ściekami zostaje wprowadzany do układu. Możliwość długotrwałego unieruchomienia w biomasie drzew wskazuje na szerokie zastosowanie lokalnych systemów oczyszczania ścieków w niskoemisyjnych układach. Ponadto lokalne społeczności mogą wykorzystywać biomasę powstającą w wyniku nawadniania ściekami do wytwarzania np. energii w projektowanych biogazowniach.

Nie bez znaczenia pozostaje również aspekt krajobrazowy badanych przez Habilitantkę systemów. Niewątpliwie „zielona technologia” związana z oczyszczaniem ścieków jest metodą pozwalającą uatrakcyjnić obszary, na których planowane są inwestycje mieszkalne. Już na etapie przygotowywania Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego odpowiednia lokalizacja i wybór rozwiązań wpłynie na poprawę atrakcyjności przyrodniczej obszaru. W taką wiedzę oprócz samych projektantów powinni być wyposażeni również pracownicy odpowiedzialni za kształtowanie ładu przestrzennego.

W myśl nowych przepisów mających na celu pełniejszą kontrolę wielkości ładunku zanieczyszczeń odprowadzanego wraz ze ściekami do środowiska na terenach wiejskich, układy *constructed wetland*, jak również gleba-roślina i grunt-roślina są metodą w pełni wpisującym się w strategię zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska na terenie gmin.

4 Inne kierunki prowadzonych prac badawczych

Równoległe nad pracami związanymi z przepływem zanieczyszczeń w środowisku gruntowym oraz glebowym, na powierzchniach nawadnianych ściekami oraz problemami

technologicznymi wynikającymi z oczyszczania ścieków bytowych w trudnych warunkach, zajmowałam się:

- a) ustaleniem optymalnego zakresu ilościowego dowożonych ścieków bytowych w stosunku do dopływających siecią kanalizacyjną do układów oczyszczania, warunkującego prawidłową eksploatację systemu. Nerozwieszony problem związany z oczyszczaniem małych ilości ścieków na obszarach bez centralnej kanalizacji i osiągniętych efektów pracy całych układów, stanowił dalszą motywację do podjęcia kolejnych badań związanych z funkcjonowaniem obiektów o przepustowości powyżej $5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, dedykowanych dla jednostek osadniczych. Podczas prowadzonych badań i obserwacji zauważyłam, że adaptowanie konwencjonalnych rozwiązań (dedykowanych miejskim oczyszczalniom) dla obszarów wiejskich wydaje się bezzasadne ze względu na jakość i specyfikę powstających ścieków. Technologie pracujące na stałym dopływie ścieków bytowych są całkowicie bezużyteczne w przypadku ścieków dowożonych. Oczyszczalnie gminne (nie tylko przydomowe) są często jedynym właściwym rozwiązaniem utylizacji ścieków na terenach wiejskich. Do oczyszczalni lokalizowanych na obszarach wiejskich doprowadzane są zarówno ścieki bytowe w tradycyjny sposób – siecią kanalizacyjną, jak i dowożone taborem asenizacyjnym. Problem z oczyszczaniem ścieków dowożonych do tradycyjnych (konwencjonalnych) gminnych oczyszczalni stanowi kolejny obszar moich naukowych zainteresowań. Skład ścieków gromadzonych w bezodpływowych zbiornikach i dowożonych okresowo do gminnych oczyszczalni ścieków jest mocno zróżnicowany. Okres przetrzymania nieczystości w zbiornikach ma znaczący wpływ na ich jakość, a zbyt długi czas prowadzi do zagniwania i wzrostu intensywności procesów beztlenowego rozkładu zawartych w ściekach zanieczyszczeń organicznych. Znacznie gorsza jakość ścieków (w porównaniu do ścieków dopływających systemem kanalizacji) oddziałuje na kondycję mikroorganizmów wykorzystywanych w procesach biologicznego oczyszczania (osad czynny, błona biologiczna). Problemy technologiczne biologicznej części oczyszczalni związane w głównej mierze z niewydolnością procesów opierających się o aktywność organizmów osadu czynnego, mają wpływ na efektywność pracy całego układu. Pojawia się zatem wątpliwość jak duży powinien być udział ścieków dowożonych w całości oczyszczanych na obiekcie dla osiągnięcia optymalnego efektu oczyszczania. Moje badania wskazują, że problem ten w dalszym ciągu nie jest rozwiązany, a rozpoczęte badania i obserwacje są

kontynuowane z uwzględnieniem zróżnicowania technologicznego i lokalizacyjnego. Tytuł publikacji, w której poruszam ww. zagadnienie przedstawiono w załączniku 4, tabela 2, pozycja 32;

- b) wpływem lokalnych systemów oczyszczania ścieków na jakość wód podziemnych. W moich badaniach wskazałam na problemy jakości wód w płytko kopanych studniach, które w dalszym ciągu stanowią mogą źródło wody przeznaczonej na cele spożywcze na terenach wiejskich. W większości analizowanych przypadków, wody te były w znaczący sposób zanieczyszczone związkami azotu oraz fosforu, co było wynikiem niewłaściwego zabezpieczenia tych obiektów jak również nieuporządkowanej gospodarki ściekowej na danym obszarze. Spożywanie wody o wysokiej zawartości azotanów oraz azotanów może wpływać negatywnie na zdrowie użytkowników. Brak obowiązku kontroli jakości wody pozyskiwanej z tego rodzaju źródeł przyczynia się do niepełnej oceny stanu środowiska na terenach wiejskich, dodatkowo niedoposażonych w sieci kanalizacyjne. Tytuły publikacji, w których poruszam ww. zagadnienie przedstawiono w załączniku 4, tabela 2, pozycja 34 i 44;
- c) oczyszczaniem ścieków komunalnych i bytowych w systemach hydroponicznych. Hydroponika z powodzeniem może być wykorzystywana jako trzeci stopień oczyszczania ścieków zarówno w układach przydomowych, jak i gminnych oczyszczalniach ścieków. Jednakże, w obu przypadkach wymagane jest stałe zasilanie ściekami o określonym potencjale nawozowym, jak również dobór właściwych gatunków roślin. Tytuły prac, w których poruszam te zagadnienia zestawiono w załączniku nr 4, tabela 2, pozycja 13, 27 i 39;
- d) wykorzystaniem ścieków do nawodnień roślin energetycznych. Oprócz oczyszczania ścieków w środowisku naturalnym jako poboczny nurt moich zainteresowań naukowych chciałabym wskazać na rolnicze wykorzystanie potencjału nawozowego ścieków. W dalszym ciągu na terenie kraju spotkać można niezagospodarowane nieużytki, które z powodzeniem można przeznaczyć pod plantację roślin energetycznych z przeznaczeniem na biomasę oraz jednoczesnym wykorzystaniem ścieków. Zebrane wyniki badań oraz prowadzonych obserwacji przedstawiałam w publikacjach, których tytuły zestawiono w załączniku nr 4, tabela 2, pozycja 17 i 49. Badania w tym zakresie są kontynuowane dla zróżnicowanych warunków m.in. dawki nawodnieniowej, gatunków roślin i ich potencjalnego wykorzystania na cele energetyczne.

5 Zestawienie dorobku naukowo-badawczego

Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego i wdrożeniowego Habilitantki, oraz jego ocenę punktową w oparciu o aktualną listę czasopism punktowanych wg MNiSW przedstawiono odpowiednio w tabelach 2–4. Szczegółowe dane bibliograficzne publikacji autorstwa i współautorstwa Habilitantki przedstawiono w załączniku 4 i 5.

Sumaryczny Impact Factor z publikacji naukowych przedstawionych w całym dorobku Habilitantki wg Journal Citation Reports (JCR) wynosi 4,142 (zgodnie z rokiem opublikowania). Składają się na to dwie publikacje w czasopiśmie *Polish Journal of Environmental Studies* (suma punktów IF 1,298), dwie publikacje w czasopiśmie *Archives of Environmental Protection* (suma punktów IF 1,750) oraz jedna publikacja w czasopiśmie *Water Science and Technology* (IF 1,094). Łączna suma punktów wyliczona wg aktualnego zestawienia MNiSW (listę czasopism MNiSW z dnia 23.12.2015 r.) uwzględniająca opublikowane prace naukowe wynosi 432.

W tabeli 2 przedstawiono bazy czasopism, na podstawie których wskazano liczbę cytowań prac Habilitantki oraz indeks h wg. bazy czasopism.

Tabela 2
Zestawienie cytowań publikacji habilitantki (stan na dzień 01.09.2016 r.)

Baza czasopism	Liczba notowanych pozycji w zbiorze	Liczba cytowań	Index Hirscha (*) lub Field Weighted Citation Impact (**)
Web of Science	14	4	2,0*
Web of knowledge	14	2	1,0*
Google Scholar/Google	29	28	2,0*
SCOPUS	4	4	1,26**

Tabela 2

Zestawienie dorobku według oceny punktowej w oparciu o aktualną listę czasopism MNiSW z dnia 23.12.2015 r. (stan na dzień 01.09.2016 r.).

Nazwa czasopisma	Punkty	Ilość prac		Łączna ilość prac	Suma punktów
		Przed doktoratem	Po doktoracie		
Czasopisma z IF					
Archives of Environmental Protection	15	–	2	2	30
Polish Journal of Environmental Studies*	15	–	2	2	30
Water Science and Technology	20	–	1	1	20
Pozostałe czasopisma recenzowane					
Polish Journal of Environmental Studies**	15	–	2	2	30
Journal of Ecological Engineering	12	–	3	3	36
Technologia wody	5	–	1	1	5
Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich	10	–	8	8	80
Inżynieria Ekologiczna	9	–	1	1	9
Gaz, Woda i Technika Sanitarna	11	1	4	5	55
Inżynieria Rolnicza	0	–	1	1	0
Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu - Rolnictwo	9	–	1	1	9
Proceedings of ECOpole	9	–	1	1	9
Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie	10	3	3	6	60
Acta Agrophysica	14	–	1	1	14
Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych	12	–	1	1	12
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	13	1	–	1	13
Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu „Chemia, związki fosforu w chemii, rolnictwie i medycynie”	10	2	–	2	20
Monografie i podręczniki					
Monografia	12	–	1	1	–
Rozdział w monografii w języku angielskim	5	–	3	3	–
Inne prace naukowe					
Artykuły recenzowane w opracowaniach zwartych	–	–	–	–	–
Prace w materiałach konferencyjnych w języku polskim	–	–	4	4	–
Prace w materiałach konferencyjnych w języku angielskim	–	1	5	6	–
Artykuły popularno-naukowe	–	–	1	1	–
Prace niepublikowane					
Raporty i ekspertyzy	–	–	3	3	–
Razem	–	8	49	57	432

* - uwzględniono artykuły z lat 2011 i 2017, kiedy czasopismo Polish Journal of Environmental Studies posiadało IF

** - uwzględniono artykuły z 2009 r., kiedy czasopismo Polish Journal of Environmental Studies posiadało IF

Tabela 4

Syntetyczne zestawienie dorobku naukowo-badawczego (stan na 01.09.2016 r.).

Rodzaj publikacji	Przed doktoratem			Po doktoracie			Łącznie		
	indyw.	zespołowo	łącznie	indyw.	zespołowo	łącznie	indyw.	zespołowo	łącznie
Oryginalne prace twórcze									
W czasopismach z listy JCR	–	–	–	–	5	5	–	5	5
Prace oryginalne publikowane w czasopismach recenzowanych	–	7	7	–	27	27	–	34	34
Monografie	–	–	–	–	1	1	–	1	1
Rozdziały w monografii	–	–	–	–	3	3	–	3	3
Inne prace									
Rozdziały w podręcznikach	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Artykuły konferencyjne i popularno-naukowe	–	1	1	–	10	10	–	11	11
Niepublikowane raporty i ekspertyzy	–	–	–	–	3	3	–	3	3
Patenty	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Razem	–	8	8	–	49	49	–	57	57

6 Udział w projektach badawczych

Podczas realizowania pracy doktorskiej, której tematyka dotyczyła oczyszczania małych ilości ścieków w systemach roślinno-glebowych, byłam głównym wykonawcą grantu promotorskiego KBN o nr 2PO6SO4127 realizowanym w okresie 12.10.2004 – 12.10.2006 r. w Instytucie Budownictwa i Architektury Krajobrazu na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji. W latach 2009–2016 byłam kierownikiem 3 grantów wewnętrznych związanych z badaniami nad skutecznością oczyszczania ścieków na obszarach wiejskich.

Równoległe z pracami naukowymi realizowałam prace badawcze na zlecenie podmiotów gospodarczych, jak również prowadziłam badania naukowe dotyczące diagnozy niewłaściwego funkcjonowania technologii oczyszczania ścieków bytowych o podwyższonej zawartości azotu amonowego.

Do najważniejszych opracowań zrealizowanych dla podmiotów gospodarczych zaliczam:

- Wstępne opracowania bilansu ścieków bytowych doprowadzanych do oczyszczalni ścieków w Żórawinie z możliwością poprowadzenia kolektora dla wsi Karwiany, Komorowice, Rzeplin, Szukalice, Żórawina i Mędłów (marzec 2012 r.);
- Ekspertyza przyczyn niewłaściwego oczyszczania ścieków w oczyszczalniach BIO-FIT 50 zamontowanych na miejscach obsługi podróżnych na drodze ekspresowej S-8 Oleśnica-Syców (lipiec 2014 r.);
- Koncepcja zbiornika retencyjnego wraz z doбором pompy dozującej ścieki na złożę biologiczne oraz biopreparatów w oczyszczalni ścieków na MOP Jonas Pn (październik 2015 r.);

Wielokrotnie proszona byłam o konsultacje dotyczące błędów w funkcjonowaniu gminnych oczyszczalni ścieków. Doświadczenia zdobyte podczas prowadzenia badań naukowych mogłam weryfikować bezpośrednio na eksploatowanych obiektach.

7 Odbyte misje i staże naukowe

W trakcie prowadzonych badań naukowych odbyłam kilkudniowe misje oraz kilkumiesięczne zagraniczne staże naukowe, mające na celu rozwinięcie współpracy pomiędzy ośrodkami badawczymi jak również poszerzenie mojej wiedzy dotyczącej gospodarki ściekowej w rejonach o zróżnicowanym rozwoju (obszary miejskie i zdecentralizowane). Staże naukowe (Czechy, Chiny) przyczyniły się do weryfikacji moich poglądów na temat realizacji zagadnień zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki ściekowej na terenach bez centralnej kanalizacji. Placówki, w których realizowałam staże, jak i misje naukowe przedstawiono poniżej:

- Czech Technical University in Prague CVUT, Faculty of Civil Engineering, Department of Sanitary and Ecological Engineering (11.11.2010 – 11.12.2010 r.);
- Hunan Agriculture University, College of Resource and Environment (01.10.2011 – 01.12.2011 r.);
- Uniwersytet Rolniczy w Jełgawie, Wydział Inżynierii Rolniczej (26.05.2012 – 31.05.2012 r.) podpisanie umowy kontynuującej dwustronną współpracę pomiędzy UP we Wrocławiu a Łotewskim Uniwersytetem Rolniczym w Jełgawie;

- Mendel University in Brno – Teacher Mobility (Intensive Programme) Eco-aGroturism (01 – 07.07.2014 r.) – wykład “*Wastewater treatment plant on areas without central sewage system Agricultural use of wastewater*”.

Za najważniejszy pobyt, dzięki któremu możliwe było nawiązanie współpracy naukowej uważam staż w Hunan Agricultural University. Podczas pobytu trwającego dwa miesiące przedstawiałam referaty związane przede wszystkim z tematyką prowadzonych przeze mnie badań między innymi na temat „*Hydrobotanical treatment – primary assessment of the solutions used in rural areas*”, „*Water management in Poland*”, „*Wastewater management in Poland*”. W związku z nierozwiązanym problemem kanalizacji terenów wiejskich na terenach Chin zrealizowałam liczne wyjazdy terenowe, na których umożliwiono mi przeprowadzenie obserwacji i badań małych systemów oczyszczających ścieki bezpośrednio w miejscu ich powstawania. Odbyty staż umożliwił mi nawiązanie współpracy między innymi z dr inż. Deng Ziniu (Hunan Agricultural University, Horticulture and Landscape College), Prof. Boqing Tie (Hunan Agricultural University, College of Resources and Environment) oraz dr inż. Ming Lei (Hunan Agricultural University, College of Resources and Environment). Współpraca jest nadal kontynuowana.

8 Odbyte szkolenia i warsztaty

W ramach rozwoju naukowego byłam aktywnym uczestnikiem szkoleń oraz warsztatów. Większość z nich zakończona była egzaminem lub uzyskaniem certyfikatu uczestnictwa:

- Uczestnictwo w Zespole Ekspertów Zewnętrznych ds. Analiz Delphi Narodowego Programu Foresight Polska 2020 (22.10.2008 r.);
- Ukończenie szkolenia przygotowującego do sporządzania świadectwa charakterystyki energetycznej organizowanego przez Katedrę Klimatyzacji i Ciepłownictwa Politechniki Wrocławskiej (01.12.2008 – 12.12. 2008 r.). Szkolenie zakończone egzaminem;
- Udział w szkoleniu technicznym organizowanym przez HABA (15.03.2013 r.) dot. przydomowych oczyszczalni ścieków;
- Udział w szkoleniu „Kreatorzy Innowacji – ekspert ds. projektów badawczo-rozwojowych” (17.05.2013 – 28.07.2013 r.). Szkolenie zakończone egzaminem.

-
- Uczestnictwo w szkoleniu „Ekspert w zakresie kalkulacji śladu węglowego i wodnego – warsztaty” (21.08.2013 – 22.08.2013 r.);
 - Projekt szkoleniowy „Naukowiec Jutra – komercjalizacja i zarządzanie projektami naukowymi” (01.02.2014 – 01.06.2014 r.). Szkolenie zakończone egzaminem.
 - Certified Project Management Associate IPMA level D (14.06.2014 r.). Szkolenie zakończone egzaminem;

9 Odbyte praktyki zawodowe

Zgłębiając wiedzę teoretyczną z zakresu technologii oczyszczania ścieków podjęłam się realizacji półrocznego stażu zawodowego na stanowisku technologa oczyszczalni ścieków w Żórawinie (01.03.2012 – 31.08.2012 r.). W trakcie trwania stażu miałam okazję zapoznać się z funkcjonowaniem małej, gminnej oczyszczalni ścieków pracującej w technologii osadu czynnego oraz rozpoznać problemy technologiczne wynikające z zasilania obiektu zarówno ściekami dowożonymi, jak i dopływającymi siecią kanalizacyjną:

10 Współpraca z innymi ośrodkami

Swoje zainteresowania naukowo-badawcze starałam się realizować poprzez współpracę z ośrodkami zarówno organizacji państwowej (Urzędy Gmin, Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych, Ośrodki Doradztwa Rolniczego, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa), jak również z małymi i dużymi przedsiębiorstwami. W każdym przypadku współpraca obejmowała obszar naukowo-badawczo-rozwojowy. Dotyczyła zagadnień związanych z gospodarką ściekową, oczyszczaniem ścieków, rolniczym wykorzystaniem ścieków na potrzeby roślin energetycznych:

- Porozumienie o współpracy z Zakładem Wodociągów i Kanalizacji w Paczkowie (WGR.4211.6.2014) z dnia 03.03.2014 r. – koordynator umowy ze strony UP we Wrocławiu;
- Porozumienie o współpracy z Gminą Nowa Sól (WGR.4211.2.2016 – koordynator umowy ze strony UP we Wrocławiu);
- Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych USKOM Sp. z o. o. w Kozuchowie – konsultacje;

- Ośrodek Doradztwa Rolniczego we Wrocławiu, oddział w Paszkowie – konsultacje;
- Zakład Usług Turystycznych „Jaskinia Niedźwiedzia” – konsultacje;
- Skanska S.A. – współpraca naukowo-badawcza, konsultacje;
- Urząd Gminy Siedlisko - konsultacje;
- Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa oddział w Jelczu-Laskowicach – współpraca naukowo-badawcza.

11 Recenzje artykułów publikowanych w czasopismach

W latach 2009–2016 byłam również powoływana jako recenzent ok. 10. prac naukowych z zakresu inżynierii środowiska (prace w języku angielskim) dla czasopism: Inżynieria i Ochrona Środowiska, Ecological Engineering, Polish Journal of Environmental Studies, Archives of Environmental Protection, Desalination and Water Treatment, Environment Protection Engineering.

12 Działalność dydaktyczno-wychowawcza

Równoległe z prowadzeniem badań naukowych zajmowałam się również działalnością dydaktyczno-wychowawczą:

- Prowadziłam zajęcia dydaktyczne na kierunkach Inżynieria Środowiska, Ochrona Środowiska, Gospodarka Przestrzenna (stopień inżynierski i magisterski) m.in. z przedmiotów: Technologie wody i ścieków, Lokalne oczyszczalnie ścieków, Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów, Infrastruktura miast i wsi, Sanitacja wsi, Zarządzanie zasobami wodnymi. Zajęcia prowadziłam zarówno w języku polskim, jak i angielskim (program Erasmus). Liczba zrealizowanych przeze mnie godzin dydaktycznych w latach 2009–2016 wynosiła średnio 350 godzin. W ostatnich latach realizowałam ponad 400 godzin rocznie, przekraczając tym pensum przewidziane na stanowisku adiunkta;
- Opieka promotorska 29 prac magisterskich i 21 inżynierskich;
- Opieka naukowa podczas wizyty studyjnej dr inż. Ainisa Lagzdins’a (25.02.2013 – 01.03.2013 r.) z Łotewskiego Uniwersytetu Przyrodniczego;

- Opieka naukowa nad delegacją z Hunan Agricultural University Changsha podczas wizyty na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (23.07.2013 r.);
- Opieka naukowa jako promotor pomocniczy, rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Bawiec pt.: „*Wpływ wybranych czynników środowiskowych na skuteczności usuwania azotu i fosforu ze ścieków oczyszczanych w systemie hydroponicznym*” – Uchwała nr 119/840/2015 Rady Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

13 Upowszechnianie wiedzy i działalność organizacyjna

Wraz z działalnością naukowo-dydaktyczną brałam aktywny udział w wielu szkoleniach i konferencjach, na których wygłaszałam referaty dotyczące problematyki oczyszczania ścieków. Aktywnie uczestniczyłam w ponad 20 konferencjach oraz szkoleniach. Za najważniejsze, z punktu widzenia poruszanej tematyki oraz wygłoszenia na głównych panelach dyskusyjnych referatów, uważam konferencje:

- 06 – 09.09.2009 r. – 2. Międzynarodowa Konferencja IWA *Usuwanie związków biogenych ze ścieków i wód posadowych* (wygłoszenie referatu w języku angielskim na głównej sesji plenarnej);
- 04 – 08.10.2010 – 12th IWA International Conference *Wetland Systems for Water Pollution Control* (wygłoszenie referatu w języku angielskim na głównej sesji plenarnej);
- 12.14.2009 r. – Konferencja Naukowo-Techniczna *Rozwój infrastruktury sanitarnej i energetycznej* (wygłoszenie referatu w języku polskim);
- 15 – 16.10.2015 r. – Konferencja Naukowo-Techniczna *Innowacyjne technologie w gospodarce wodnej i wodno-ściekowej* (przygotowanie dwóch posterów);

Dodatkowo aktywnie wspierałam lokalne władze (konsultacje) z zakresu gospodarki ściekowej i oczyszczania małych ilości ścieków na terenach niezurbanizowanych.

W trakcie realizacji badań związanych z cyklem przedstawionym w opracowaniu brałam udział w konferencjach, na których wygłosiłam zamawiane referaty między innymi:

- „Problemy eksploatacyjne oczyszczalni ścieków pracujących w oparciu o niskoobciążony osad czynny”, II Konferencja Przydomowe oczyszczalnie ścieków – projektowanie, budowa, eksploatacja (9 – 10.09.2014 r.);
- „Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Wybór rozwiązania a efektywność pracy”, Konferencja Doświadczenia Gminy Pietrowice Wielkie w realizacji innowacyjnej koncepcji gospodarki ściekowej (17.10.2014 r.);

Jestem autorką prac publikowanych w czasopismach branżowych pt. Technologia Wody, Gaz Woda i Technika Sanitarna oraz prasie lokalnej pt. Gazeta powiatowa – wiadomości oławskie.

Oprócz uczestnictwa w konferencjach brałam również czynny udział w posiedzeniach Komisji Rolnictwa i Ochrony Środowiska Urzędu Miasta i Gminy w Jelczu-Laskowicach, na których przedstawiałam zagadnienia dotyczące *Koncepcji zagospodarowania ścieków w wybranych miejscowościach gminy Jelcz-Laskowice* (16.10.2013 r.). Byłam również autorem materiałów i prowadzącym szkolenia nt. *Ochrona środowiska i energie odnawialne dla uczniów Zespołu Szkół Agrotechnicznych im. Batalionów Chłopskich w Bożkowie* (12 – 17.11.2012 r.).

W swojej aktywności nie ograniczałam się tylko do środowisk naukowych i samorządowych. Współpracowałam również z Ząbkowickim Uniwersytetem Trzeciego Wieku, dla słuchaczy którego opracowałam wykład pt.: *Śmieci i co dalej? Rola mieszkańców w gospodarce odpadami* (19.03.2013 r.).

Mając na celu ciągły rozwój naukowy należę do stowarzyszeń zajmujących się ochroną i inżynierią środowiska między innymi: Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej (od 03.04.2009 r.), oraz Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych (od 15.12.2010 r.).

14 Nagrody i wyróżnienia

W latach 2009 – 2016 otrzymałam następujące nagrody i wyróżnienia:

- Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w 2011 r. (zespołowa I stopnia za osiągnięcia naukowe, a w szczególności za cykl publikacji dotyczących oczyszczania ścieków w małych oczyszczalniach pracujących w środowisku naturalnym lub quasi-naturalnym);

- Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w 2013 r. (zespołowa I stopnia za osiągnięcia naukowe, a w szczególności za cykl publikacji zawierających wyniki badań oczyszczania ścieków w środowisku zbliżonym do naturalnego);
- Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w 2015 r. (zespołowa II stopnia w dziedzinie dydaktycznej, a w szczególności za prowadzenie zajęć w języku angielskim).

Waleriusz Paweł

W