



WYDZIAŁ
AGROBIOINŻYNIERII

dr inż. Marta Bik-Małodzińska

AUTOREFERAT

**PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU NAUKOWEGO I OSIĄGNIĘĆ
NAUKOWYCH ORAZ DOROBKU DYDAKTYCZNEGO,
POPULARYZATORSKIEGO I WSPÓŁPRACY Z ZAGRANICĄ**

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska
Zakład Rekultywacji Gleb i Gospodarki Odpadami
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

Lublin 2019

SPIS TREŚCI

1. DANE PERSONALNE	3
2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE	3
3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH	3
4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA* wynikającego z 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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):	4
4.A. Tytuł osiągnięcia naukowego	4
4.B. Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy	4
4.C. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	4
5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO - BADAWCZYCH	26
5.A. Główne kierunki działalności naukowej	26
5.B. Udział w projektach badawczych	32
5.C. Dorobek publikacyjny	32
5.D. Uzyskane patenty i zgłoszenia patentowe	35
5.E . Udział w konferencjach naukowych	35
5.F. Najważniejsze wyróżnienia	35
5.G. Staże w jednostkach naukowych	35
6. OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE	36
7. DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA	37
8. INNE OSIĄGNIĘCIA	37

1. DANE PERSONALNE

Imię i nazwisko: **Marta Bik-Małodzińska**
Miejsce pracy: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska
Zakład Rekultywacji Gleb i Gospodarki Odpadami
ul. Leszczyńskiego 7
20-069 Lublin

2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

- 2006** dyplom ukończenia Międzywydziałowego Studium Pedagogicznego Akademii Rolniczej w Lublinie. Podyplomowe studia pedagogiczne w zakresie nauczania przedmiotów zawodowych.
- 2007** tytuł zawodowy magistra inżyniera rolnictwa, specjalność – ochrona środowiska rolniczego, studia magisterskie na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie, Wydziale Nauk Rolniczych w Zamościu.
- 2011** uzyskanie stopnia doktora nauk rolniczych w dyscyplinie kształtowanie środowiska, specjalność – ochrona i rekultywacja gleb. Tytuł rozprawy doktorskiej „Możliwości wykorzystania wełny mineralnej Grodan do rekultywacji i odbudowy gleb na terenach zdewastowanych w procesie wydobywania siarki metodą Frasha”.

Promotor: Prof. dr hab. Stanisław Baran

Recenzenci: Prof. dr hab. Janusz Hermann

Prof. dr hab. Anna Wójcikowska-Kapusta

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

od **01.10.2012 r.** do chwili obecnej - Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Zakład Rekultywacji Gleb i Gospodarki Odpadami
adiunkt

4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA*

wynikającego z 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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

Osiągnięciem naukowym wynikającym z 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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.) **jest monografia** o tytule wymienionym poniżej.

4. A. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na kształtowanie właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej

4.B. AUTOR, TYTUŁ PUBLIKACJI, ROK WYDANIA, NAZWA WYDAWNICTWA, RECENZENCI WYDAWNICZY

Marta Bik-Malodzińska, **Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na kształtowanie właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej**, 2019. Wydawnictwo PAN, Komitet Inżynierii Środowiska, MONOGRAFIE 157, ss. 120. ISBN 978-8363714-56-7.

Recenzenci: prof. dr hab. Janusz Hermann

prof. dr hab. Lucjan Pawłowski

4.C. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO

ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Za osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego uznaje się monografię pt. „Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na kształtowanie właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej”.

WPROWADZENIE

Analiza najistotniejszych problemów XXI w. w skali globalnej wskazuje, że w ścisłej czołówce plasują się zagadnienia racjonalnego zarządzania środowiskiem. Rozwój gospodarczy skutkuje, często nieodwracalnymi, zmianami w środowisku, przyczyniając się do jego degradacji. Kluczowe znaczenie dla ochrony środowiska i zmniejszenia zagrożeń ma właściwa gospodarka zasobami na poziomie zaspokojenia podstawowych potrzeb egzystencjalnych.

Szczególnym rodzajem zasobów wykorzystywanych przez system gospodarczy jest powierzchnia Ziemi, a jej zagospodarowanie stanowi kluczowy element trwałego rozwoju. Powierzchnia ta w sensie użytkowym, zwłaszcza aktywna biologicznie, kurczy się, co oznacza potrzebę ograniczania zajmowania czynnej biologicznie przestrzeni, intensyfikacji wykorzystania trwale zainwestowanych obszarów z wykorzystaniem nowoczesnych, innowacyjnych rozwiązań oraz użytkowania przestrzeni, zwłaszcza aktywnych biologicznie, tak, aby prowadzić do jej wzmocnienia z wykorzystaniem przede wszystkim zasobów odnawialnych, a nie obniżania jej walorów prowadzącego do degradacji, a w konsekwencji utraty cech użytkowych [Żukowska, 2013].

Na rolę gleby jako najważniejszego przyrodniczego bogactwa ludzkości, bez którego egzystencja człowieka jest niemożliwa, wskazuje Europejska Karta Gleb („European Soil Chart”) przyjęta przez Radę Europy [Skłodowski i Bielska, 2009]. Gleba jest krytycznie ważnym składnikiem ziemskiej biosfery, odgrywającym kluczową rolę nie tylko w produkcji żywności, ale również w kształtowaniu jakości lokalnego, regionalnego i globalnego środowiska naturalnego [Doran i Zeiss, 2000], z czego wynika rosnące zainteresowanie ochroną gleb.

Systematyczna i coraz większa ingerencja człowieka w środowisko naturalne powoduje degradację właściwości gleb, co ogranicza lub eliminuje ich rolę w środowisku [Chen i in., 2002]. Zgodnie z systematyką Gleb Polski, gleby takie określa się jako industrioziemne. Obejmują one utwory glebowe przeobrażone w wyniku wieloczynnikowego oddziaływania przemysłu, czego skutkiem są procesy przebudowy gleb i zmiany ich właściwości chemicznych, fizykochemicznych, fizycznych i biologicznych, do poziomu degradacji, często dewastacji.

Szczególnym przykładem genezy gleb industrioziemnych jest oddziaływanie górnictwa odkrywkowego i otworowego wydobywania siarki. Intensywna emisja depozytów kwasowych i

ich imisja do słabej jakości gleb rodzimych, połączona z oddziaływaniem prac związanych z budową i funkcjonowaniem infrastruktury górniczej, spowodowały wieloczynnikową degradację i dewastację gleb.

Gleby zdegradowane wymagają skutecznej rekultywacji. Działania naprawcze, obejmujące wprowadzenie zewnętrznej materii organicznej, mogą przyspieszyć rekultywację początkową i prowadzić do powstania samopodtrzymującego się systemu pierwotnego - gleby, jednocześnie podnosząc jej produktywność [Akala i Lal, 2000]. Źródłem zewnętrznej materii organicznej mogą być odpady, w tym osady ściekowe.

Osady ściekowe są zasobne w substancję organiczną i składniki nawozowe (azot, fosfor, magnez, wapń), co preferuje je do wykorzystania jako środka poprawiającego właściwości gleb [Baran i Żukowska, 2015]. Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych jest zależne od ich jakości, a w szczególności zawartości metali ciężkich oraz właściwości sanitarnych, co regulują przepisy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 6 lutego 2015r. [Dz.U.2015.257]. W osadach ściekowych notuje się korzystną zawartość pierwiastków nawozowych (N, P, Mg), ale niską potasu, co wymaga nawożenia uzupełniającego. Łatwo rozkładalne substancje organiczne, licznie występujące w osadach ściekowych, mogą zapewnić natychmiastowe, ale przejściowe efekty. Bardziej stabilne w czasie efekty można uzyskać stosując komposty, które charakteryzują się stabilną, mniej podatną na rozkład materią organiczną [Larney i Angers, 2012].

Wyniki badań nad efektywnością rekultywacji gleb zdegradowanych przez górnictwo otworowe siarki przy wykorzystaniu komunalnych osadów ściekowych [Siuta i Lekan, 2000; Baran i in., 2001; Żukowska i in., 2003] były inspiracją do realizacji badań nad możliwością wykorzystania w tych działaniach kompostów wytworzonych na bazie komunalnych osadów ściekowych z dodatkiem popiołu ze spalania węgla kamiennego.

Popioły są produktami termicznych przeobrażeń składników węgla w siłowniach energetycznych, głównie skał kaolinitowych. W wysokiej temperaturze (1450-1600°C) materiał nieorganiczny podlega stopieniu i przeobrażeniu strukturalnemu. Następuje zeszkliwienie minerałów ilastych, których cząstki uzyskują kształt kulisty, a ich zawartość kształtuje się w granicach 50-90%. Decyduje to o niewielkiej ich gęstości właściwej oraz niskim stopniu rozpuszczalności zawartych składników chemicznych. Niewielką rozpuszczalność w wodzie zawartych w popiołach metali ciężkich potwierdza niższa zawartość metali w trawach uprawianych na podłożu popiołowym niż na glebie naturalnej

[Antonkiewicz, 2007; Wysokiński i in., 2008; Dellantonio i in. 2008] . W porównaniu do dopuszczalnej zawartości metali ciężkich w osadach ściekowych wykorzystywanych w rolnictwie, zawartość metali ciężkich w popiele, w zależności od pierwiastka, jest od 1,1 do 16 razy mniejsza.

O ile osad może być wykorzystany bez przetworzenia jako środek użyźniający, o tyle popiół, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi [Rozporządzenie w sprawie odzysku R10 – Dz. U. 2015. 1332], nie powinien być stosowany bezpośrednio do gleby.

Kojarzenie popiołów ze spalania węgla kamiennego z komunalnymi osadami ściekowymi optymalizuje właściwości uzyskanego kompozytu, a jego przekompostowanie umożliwia wykorzystanie kompostu w rekultywacji gleb industrioziemnych, a także do odbudowy zdolności produkcyjnych zakwaszonych gleb marginalnych. Takie działania znakomicie wpisują się w koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym, preferowaną w założeniach prawnych Unii Europejskiej oraz Polski.

CEL I HIPOTEZY BADAWCZE

Celem realizowanych badań była ocena następczego wpływu kompostów z osadu ściekowego i osadowo-popiołowych zastosowanych w rekultywacji gleby zdewastowanej mechanicznie i przez intensywne zakwaszenie na kształtowanie jej właściwości.

Cel badań w uszczegółowieniu dotyczył oceny wpływu:

- kompostów z osadu (100%) i osadowo-popiołowych (osad 80 % + popiół 20% oraz osad 70% + popiół 30%) oraz ich dawek (3, 6 i 9 % s.m. ha^{-1} , tj. odpowiednio 90, 180 i 270 Mg suchej masy kompostów ha^{-1}) zastosowanych jednorazowo na kształtowanie właściwości fizykochemicznych, zawartość C i N, wskaźniki gospodarki węglem glebowym oraz zawartość form ogólnych metali ciężkich i form sekwencyjnych Pb i Zn w okresie wieloletnim,
- sposobu rekultywacji gleby zdewastowanej na ilość pozyskiwanej biomasy testowanej mieszanki traw.

Powyżej sformułowane cele badań realizowano, weryfikując następujące **hipotezy badawcze**:

- jednorazowa aplikacja badanych kompostów do gleby zdewastowanej stworzy korzystne warunki do przebiegu procesu glebotwórczego i kształtowania właściwości produkcyjnych rekultywowanej gleby,

- efektywność poprawy właściwości rekultywowanej gleby pozostaje w ścisłej zależności z rodzajem kompostu i wielkością jego dawki,
- komposty wywierają korzystny wpływ na plonowanie mieszanki traw.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do osiągnięcia założonego celu przeprowadzono badania, które obejmowały ocenę, w warunkach wieloletniego wegetacyjnego doświadczenia poletkowego, następczego wpływu kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na kształtowanie właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej i jej produktywności.

Charakterystyka obszaru badań

Przedstawione w niniejszej pracy badania są kontynuacją doświadczenia założonego w 2002 r. na terenie zdewastowanym przez otworowy proces wydobywania siarki w Jeziórku [Baran i in., 2014].

Gleba na której założono doświadczenie zalicza się do Działu Gleb Antropogenicznych, Typu Gleby Industrioziemne, podtypu Industrioziemne przekształcone chemicznie. Doświadczenie założono na polu górniczym II (IX P) o współrzędnych 50°54'93"N i 21°80'36"E. Gleba na której realizowano doświadczenie była silnie zakwaszona - pH w $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl = 4,0, o składzie granulometrycznym piasku słabogliniastego, złych właściwościach sorpcyjnych (niski stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi $V = 69,0\%$), małej zawartości węgla organicznego $5,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, azotu $0,18 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz przyswajalnych form P ($6,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), K ($4,34 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) i Mg ($6,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Zawartość metali ciężkich kształtowała się na poziomie typowym dla gleb o naturalnej ich zawartości

Realizacja poletkowego doświadczenia wegetacyjnego z zastosowaniem kompostów z osadu i osadowo-popiołowych

Na glebie industrioziemnej, poddanej rekultywacji technicznej, która obejmowała demontaż infrastruktury i wyrównanie powierzchni, metodą bloków losowych wyznaczono poletka o powierzchni 15 m^2 na których zastosowano: (i) wapno poflotacyjne w dawce (s.m.) $300 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w celu odkwaszenia zdewastowanej gleby, (ii) komposty, z komunalnego osadu ściekowego z oczyszczalni ścieków ze Stalowej Woli z dodatkiem 20 i 30% popiołu ze spalania węgla kamiennego z siłowni energetycznej w Stalowej Woli, w dawkach suchej

masy 3%, 6% i 9%·ha⁻¹ co odpowiada dawkom (suchej masy kompostów): 90 Mg·ha⁻¹, 180 Mg·ha⁻¹ i 270 Mg·ha⁻¹.

Oceniano następczy wpływ następujących wariantów rekultywacji:

Obiekt	Warianty rekultywacji
Kontrola	Gleba industrioziemna + wapno
1	Gleba industrioziemna + wapno + 3% kompostu z osadu ściekowego (100%)
2	Gleba industrioziemna + wapno + 6% kompostu z osadu ściekowego (100%)
3	Gleba industrioziemna + wapno + 9% kompostu z osadu ściekowego (100%)
4	Gleba industrioziemna + wapno + 3% kompostu [osad ściekowy (80%) + popiół (20%)]
5	Gleba industrioziemna + wapno + 6% kompostu [osad ściekowy (80%) + popiół (20%)]
6	Gleba industrioziemna + wapno + 9% kompostu [osad ściekowy (80%) + popiół (20%)]
7	Gleba industrioziemna + wapno + 3% kompostu [osad ściekowy (70%) + popiół (30%)]
8	Gleba industrioziemna + wapno + 6% kompostu [osad ściekowy (70%) + popiół (30%)]
9	Gleba industrioziemna + wapno + 9% kompostu [osad ściekowy (70%) + popiół (30%)]

Wapno poflotacyjne zastosowano (w dawce 300 Mg·ha⁻¹) metodą dwuwarstwową. Połowę (150 Mg·ha⁻¹) dawki wapna rozścielono na powierzchni zdewastowanej gleby, zintegrowano go w warstwie 0-20 cm wykorzystując bronę talerzową, a następnie wykonano głęboką orkę i zastosowano drugą część dawki (150 Mg·ha⁻¹) wapna poflotacyjnego. Dzięki temu uzyskano poprawę odczynu gleby w warstwie 0-40 cm.

Komposty zintegrowano z glebą industrioziemną do głębokości 20 cm, a następnie wysiano mieszanek rekultywacyjną traw o składzie gatunkowym: Kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*) – 41,2%, Kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) – 19,2%, Życica trwała (*Lolium perenne*) – 14,7%, Życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum*) – 12,4%, Kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*) – 6,5%, Koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense*) – 6% .

W celu określenia następczego wpływu kompostów z osadu i osadowo-popiołowych do badań laboratoryjnych pobierano próbki glebowe z głębokości 0-20 i 20-40 cm, na koniec wegetacji w latach 2016-2017-2018, tj. po upływie 14, 15 i 16 lat od przeprowadzenia rekultywacji, z 5 punktów rozmieszczonych na powierzchni każdego poletka. Do badań włączono próbki glebowe z 2002 roku, tj. z roku założenia doświadczenia (próbki pochodziły z banku próbek Zakładu Rekultywacji Gleb i Gospodarki Odpadami UP w Lublinie).

W każdym roku realizowanych badań oceniano produktywność rekultywowanej gleby industrioziemnej w oparciu o plon pozyskiwanej biomasy roślin.

Badania laboratoryjne obejmowały oznaczenie:

- podstawowych właściwości fizykochemicznych gleby, w tym odczynu, właściwości sorpcyjnych, zawartości przyswajalnych form P, K i Mg, zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego,
- podatności substancji organicznej na utlenianie KMnO_4 w środowisku obojętnym [Łeginow i Wiśniewski, 1976]; wyniki zinterpretowano w oparciu o wskaźniki zaproponowane przez Blaira [Blair i in., 1995] wyznaczając: labilność węgla ($L = C$ frakcji utlenialnych/ C frakcji odpornych na utlenienie), wskaźnik labilności ($LI = \text{labilność węgla gleby badanej} / \text{labilność węgla gleby referencyjnej} \times 100\%$), wskaźnik puli węgla ($CPI = C_{org} \text{ gleby badanej} / C_{org} \text{ gleby referencyjnej}$), wskaźnik gospodarki węglem glebowym ($CMI = CPI \times LI$),
- zawartości całkowitą Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, na spektrometrze ICP (model PS 950, Leeman Labs), po uprzedniej mineralizacji na mokro w mieszaninie stężonych kwasów azotowego(V) i chlorowego(VII) (nadchlorowego) w stosunku, odpowiednio 5:4, zawartość rtęci na aparacie MA 2000,
- zawartości form specjacyjnych Pb i Zn z wykorzystaniem trzystopniowej metody sekwencyjnego frakcjonowania umożliwiającej wyodrębnienie 4 frakcji metodą zalecaną przez BCR Unii Europejskiej, opracowaną i opisaną przez Ure A. M. i in. [1993] oraz Thomas R. P. i in. [1994]: frakcja I – formy rozpuszczalne w wodzie, wymienna i związana z węglanami, ekstrahowana CH_3COOH o stężeniu $0,11 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $\text{pH} = 2$, frakcja II – formy zasocjowane z wolnymi tlenkami Fe i Mn ekstrahowana $\text{NH}_2\text{OH HCl}$ o stężeniu $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $\text{pH} = 2$, frakcja III – formy związane z materią organiczną ekstrahowane 30% H_2O_2 na gorąco i następnie reekstrakcję produktów mineralizacji $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $\text{pH} = 2$, frakcja IV – formy rezydualne różnica między całkowitą zawartością a sumą trzech frakcji. W tym celu próbki 2 g gleby ekstrahowano wyżej wymienionymi roztworami, przy stosunku gleba roztwór 1:10. Pomędzy poszczególnymi ekstrakcjami glebę przemywano 10 ml wody dejonizowanej. Zawartość Pb i Zn w roztworach po ekstrakcji oznaczono metodą ICP-AES z wykorzystaniem aparatu firmy Leeman PS 950.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji z użyciem testu Tukeya przy poziomie istotności $p=0,05$. Do oceny podobieństw ocenianych wariantów

zastosowano opracowaną przez Warda metodę analizy skupień. Obliczenia statystyczne wykonano korzystając z programu StatSoft STATISTICA 10.

OMÓWINIE WYNIKÓW

Ocena następczego wpływu kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na kształtowanie właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej wykazała, że miały one korzystny wpływ na oceniane właściwości, a zakres tego wpływu pozostawał w istotnej zależności od rodzaju i dawki kompostów oraz czasu ich aplikacji do gleby.

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na odczyn i właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej

Zastosowanie, w ramach rekultywacji podstawowej, do silnie zakwaszonej gleby industrioziemnej wysokiej dawki (300 ha^{-1}) wapna poflotacyjnego zlikwidowało zakwaszenie, które było jedną z głównych form degradacji i dewastacji gleb tego terenu. Wartość pH oznaczona w $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl w warstwie powierzchniowej (0-20 cm) gleby z dodatkiem wapna poflotacyjnego (kontrola) kształtowała się na zbliżonym poziomie: 6,9 - 7,2, co klasyfikuje ją do kategorii gleby obojętne. W glebie z lat 2016-2017-2018, w porównaniu do gleby z roku 2002 (początek rekultywacji), stwierdzono zmniejszenie pH o 0,2 - 0,3 jednostki, lecz nie odnotowano zmiany kategorii zakwaszenia. W glebie warstwy 0-20 cm, rekultywowanej wapnem poflotacyjnym i badanymi kompostami wartość kwasowości wymiennej kształtowała się w zakresie pH 6,9 - 7,3, co zalicza ją do kategorii odczynu obojętnego i lekko zasadowego. Zmiany pH w glebie pod wpływem badanych kompostów były mało zróżnicowane, przy czym wpływ kompostów osadowo-popiołowych był korzystniejszy, niż kompostu z osadu. Oceniane dawki kompostów – 3,6 i 9% s.m. ha^{-1} , niezależnie od ich rodzaju, zwiększyły wartość pH odpowiednio: do 7,2 - 6,9; 7,2 - 7,0 i 7,3 - 7,1. W badanym okresie stwierdzono tendencję zmniejszania się wartości pH.

W warstwie 20-40 cm gleby zrehabilitowanej wapnem poflotacyjnym, wartość pH w $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl wynosiła 6,5 - 7,2, co zalicza ją do kategorii gleb lekko kwaśnych i obojętnych. W zależności od rodzaju kompostu zastosowanego w warstwie wierzchniej, wartość pH wykazała zróżnicowanie w zakresie: gleba + kompost z osadu 6,5 - 7,2; kompost z osadu (80%) i popiołu (20%) 6,8 - 7,2; kompost z osadu (70%) i popiołu (30%) 7,0 - 7,2. Świadczy to, że badane komposty miały pozytywny wpływ, zwiększający się wraz z wielkością dawki i udziałem popiołu, w kompoście na kształtowanie kwasowości wymiennej

gleby warstwy głębszej. Wynika to z oddziaływania wapna poflotacyjnego, a także z migracji kationów zasadowych z wierzchniej (0-20 cm) warstwy powierzchniowej gleby.

Potwierdzeniem zmian kwasowości wymiennej w glebie industrioziemnej zrehabilitowanej wapnem poflotacyjnym i badanymi kompostami było kształtowanie się kwasowości hydrolitycznej - zawartości jonów H^+ w kompleksie sorpcyjnym gleby. W warstwie powierzchniowej (0-20 cm) gleby kontrolnej, tylko odkwaszonej wapnem poflotacyjnym, wartość kwasowości hydrolitycznej ($2,25 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$) zmniejszyła się do $1,25 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ a w glebie z lat 2016-2017-2018 zwiększyła się do $1,75 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$. W warstwie 0-20 cm gleby rekultywowanej wapnem poflotacyjnym i badanymi kompostami wartość kwasowości hydrolitycznej kształtowała się w zakresie $0,72 - 1,28 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ i zależała od rodzaju i dawki kompostu oraz czasu przeprowadzenia rekultywacji. W glebie po 14 - 16 latach od wykonania rekultywacji, korzystniejszy wpływ na zmiany zawartości jonów wodoru wywarły dawki wyższe (6 i 9%). Bardziej wyrównane zmiany zawartości jonów wodoru w glebie stwierdzono pod wpływem kompostu z osadu ściekowego, a w kompostach osadowo-popiołowych, ze większym udziałem substancji organicznej.

Zastosowane w rekultywacji zdegradowanej gleby industrioziemnej wapno poflotacyjne oraz komposty z osadu i osadowo-popiołowe zwiększyły jej zasobność w wymienne kationy zasadowe do poziomu gleb średniej jakości. W pierwszym roku po rekultywacji największy (o 80%) wpływ na zwiększenie zawartości kationów zasadowych w glebie miał kompost z osadu (70%) i popiołu (30%), mniejszy (o 29%) kompost z osadu (80%) i popiołu (20%), a najmniejszy (o 23%) kompost z osadu ściekowego. Skuteczność oddziaływania kompostów zwiększała się proporcjonalnie do wielkości ich dawki.

Następczy wpływ badanych kompostów, oceniany jako średnia zawartość kationów zasadowych [%] w wierzchniej warstwie gleby z lat 2016-2017-2018 w porównaniu do początku badań - rekultywacji (rok 2002 - 100%), w zależności od rodzaju kompostu kształtował się następująco: gleba + kompost z osadu - [122%] > gleba + kompost z osadu (70%) i popiołu (30%) - [113%] > gleba + kompost z osadu (80%) i popiołu (20%) - [111%], co wskazuje, że w okresie 14-16 lat od przeprowadzenia rekultywacji nastąpiło istotne zwiększenie zawartości kationów zasadowych.

Komposty z osadu i osadowo popiołowe zastosowane w warstwie powierzchniowej, w pierwszym roku po ich wprowadzeniu wpłynęły również na zwiększenie zawartości kationów zasadowych w warstwie 20 – 40 cm gleby, w porównaniu do ich zawartości glebie kontrolnej. Ocena następczego wpływu ocenianych kompostów wykazała dalsze zwiększenie

zawartości kationów zasadowych w tej warstwie gleby. Średnia zawartość kationów zasadowych w glebie warstwy 20-40 cm z lat 2016-2018, w porównaniu do początku badań (rok 2002 - 100%), zwiększyła się pod wpływem kompostu z osadu o 22%, kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%) o 12%, a kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%) o 11%. Świadczy to, o zróżnicowanym wymywaniu kationów zasadowych z gleby warstwy wierzchniej, mniejszym w warunkach stosowania kompostów z większym udziałem popiołu niż kompostu z osadu ściekowego (100%).

Odnotowane zwiększenie zawartości kationów zasadowych miało decydujący wpływ na odnotowaną większą całkowitą pojemność sorpcyjną gleby industrioziemnej rekultywowanej kompostami z osadu i osadowo-popiołowymi. W oparciu o wartości średnie z ocenianych terminów badań stwierdzono, że największy (o 66%) wpływ na jej zwiększenie w glebie miał kompost z osadu (70%) i popiołu (30%), mniejszy (o 21%) kompost z osadu (80%) i popiołu (20%), a najmniejszy (o 16%) kompost z osadu ściekowego. Wpływ ocenianych kompostów na zwiększenie pojemności sorpcyjnej rekultywowanej gleby był wprost proporcjonalny do wielkości dawki w jakiej zostały zastosowane.

Następczy wpływ badanych kompostów, oceniany w oparciu o pojemność sorpcyjną wykazał, że w okresie 14-16 lat od przeprowadzenia rekultywacji nastąpiło dalsze, istotne zwiększenie pojemności sorpcyjnej w rekultywowanej glebie, większe o 25% pod wpływem kompostu z osadu ściekowego, mniejsze, o 15% kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejsze, o 12%, kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%). Potwierdza to, że sposób rekultywacji zdegradowanej mechanicznie i przez intensywne zakwaszenie gleby industrioziemnej poprzez wykorzystanie wapna poflotacyjnego i kompostów z osadu oraz osadowo-popiołowych przyczynia się do skutecznej i trwałej odbudowy jej zdolności sorpcyjnych.

Potwierdzeniem korzystnego wpływu kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na właściwości sorpcyjne rekultywowanej gleby industrioziemnej było odnotowane jej zwiększenie w glebie z warstwy 20 - 40 cm, zarówno w pierwszym roku po rekultywacji, jak i po 14-16 latach. Odkwaszenie gleby wapnem poflotacyjnym, a także oddziaływanie kompostów zastosowanych w warstwie powierzchniowej 0-20 cm, wywarły zróżnicowany i statystycznie istotny wpływ na jej pojemność sorpcyjną ($\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$): gleba + kompost z osadu [13,95] > gleba + kompost z osadu (70%) i popiołu (30%) - [13,39] > gleba + kompost z osadu (80%) i popiołu (20%) - [12,56] > gleba kontrolna [11,68]. Średnia wartość pojemności sorpcyjnej warstwy 20-40 cm gleby z lat 2016-2018, w porównaniu do początku

badan (rok 2002), zwiększyła się pod wpływem kompostu z osadu o 22%, kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%) o 12%, a kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%) o 10%.

Zaobserwowane zmiany pojemności sorpcyjnej i zawartości kationów zasadowych w rekultywowanej glebie przełożyły się na zwiększenie stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi. Uwzględniając średnią wartość wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi gleby z warstwy wierzchniej (0-20cm) z wszystkich terminów badań, oceniane warianty rekultywacji tworzyły szereg: gleba + kompost z osadu (80%) i popiołu (20%) - [97%] > gleba + kompost z osadu (70%) i popiołu (30%) - [95%] > gleba + kompost z osadu [92%] > gleba kontrolna [86%].

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na zawartość przyswajalnych form P, K i Mg w rekultywowanej glebie industrioziemnej

Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie industrioziemnej, rekultywowanej wapnem poftlotacyjnym i badanymi kompostami, w porównaniu do gleby rodzimej, uległa istotnemu zwiększeniu.

Zawartość P przyswajalnego zwiększyła się w przedziale 8 - 37%, najbardziej pod wpływem wysokich dawek kompostu z osadu (100%), a najmniej kompostu z osadu (80%) i popiołu 20%). W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, kompost z osadu zwiększył zawartość P przyswajalnego o 38%, a komposty osadowo-popiołowe o 25-12%. odpowiednio dla mniejszego i większego udziału w nich popiołu.

Zawartość przyswajalnego potasu zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki, w zakresie 19-34%, najbardziej pod wpływem kompostu z osadu, a najmniej kompostu z osadu (70%) i popiołu 30%). W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, komposty osadowo-popiołowe zwiększyły zawartość potasu w zakresie 123-78%, odpowiednio dla mniejszego i większego udziału w nich popiołu, a kompost z osadu o 50%.

Zawartość Mg przyswajalnego zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki, w zakresie 247-452%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu. W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, kompost z osadu zwiększył zawartość Mg o 19%, a komposty osadowo-popiołowe po 8%.

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego w rekultywowanej glebie industrioziemnej

Uzyskane wyniki wykazały, że wprowadzenie do rekultywowanej gleby industrioziemnej zewnętrznej materii organicznej w formie kompostów z osadu i osadowo-popiołowych korzystnie wpłynęło na bilans związków próchnicznych.

W glebie obiektu kontrolnego, w roku rozpoczęcia badań (2002r.) zawartość węgla organicznego wynosiła $2,64 \text{ g kg}^{-1}$. W latach 2017 i 2018 obserwowano nieistotne zwiększenie zawartości Corg. w glebie obiektu kontrolnego, co można wiązać ze zwiększonym dopływem resztek roślinnych z funkcjonującej okrywy roślinnej.

Na początku badań (2002r.) po zastosowaniu kompostów, w rekultywowanej glebie industrioziemnej stwierdzono istotne zwiększenie zawartości węgla organicznego, którego zakres był proporcjonalny do wielkości dawki kompostu. Nieistotnie większą zawartością węgla organicznego charakteryzowała się gleba industrioziemna rekultywowana kompostem z osadu ściekowego (80%) i popiołu (20%).

Ocena następczego wpływu kompostów wytworzonych na bazie osadu ściekowego (przeprowadzona w latach 2016-2018) wykazała, że w warstwie 0-20cm gruntu rekultywowanego badanymi kompostami zawartość Corg. była zbliżona do zawartości w glebie na początku doświadczenia.

Uzyskane wyniki jednoznacznie należy wiązać z korzystnym wpływem następczego oddziaływania przeprowadzonych zabiegów rekultywacyjnych na właściwości tworzącej się gleby, a w konsekwencji ze zwiększonym dopływem resztek roślinnych oraz z poprawą warunków przebiegu procesów przemian substancji organicznej sprzyjających tworzeniu się właściwych związków próchnicznych. Następczy wpływ badanych kompostów na zawartość węgla organicznego w rekultywowanej glebie industrioziemnej ujawnił się wyraźnie w wariancie kompost z osadu ściekowego (80%) + popiół (20%).

Korzystny wpływ kompostów wytworzonych z osadu ściekowego na bilans substancji organicznej przejawiał się również zwiększeniem zawartości Corg w warstwie 20-40 cm rekultywowanej gleby industrioziemnej. Najkorzystniej na zawartość węgla organicznego w warstwie 20-40 cm gleby industrioziemnej wpłynęły komposty z osadu ściekowego z 30% i 20% dodatkiem popiołu.

Wprowadzenie do rekultywowanej gleby industrioziemnej kompostów wytworzonych na bazie osadu ściekowego wpłynęło na istotne zwiększenie zawartości azotu ogólnego w warstwie gleby 0-20 cm, a największy zakres zwiększenia zawartości Nog odnotowano

w wariacie kompost z osadu ściekowego z 30% dodatkiem popiołu. Oceniane komposty wpłynęły również na zwiększenie zawartości Nog w warstwie gleby 20-40 cm, co szczególnie widoczne było w wariantach rekultywacji z udziałem kompostów osadowo-popiołowych oraz kompostu z osadu ściekowego 100%, stosowanych w dawkach 6 i 9 % s.m^{ha}⁻¹.

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na podatność materii organicznej na chemiczne utlenianie i wskaźniki gospodarki węglem glebowym w rekultywowanej glebie industrioziemnej

Niezależnie od rodzaju zastosowanej mieszanki kompostowej zawartość frakcji substancji organicznej podatnych na utlenianie zwiększyła się istotnie, w porównaniu do jej zawartości w glebie tylko wapnowanej. Zawartość omawianych frakcji związków próchnicznych zwiększała się proporcjonalnie do dawki zastosowanych kompostów. W kolejnych terminach badań stwierdzono zmniejszanie się zawartości C frakcji podatnych na chemiczne utlenianie. Mimo, iż w glebie rekultywowanej badanymi kompostami zawartość łatwo dostępnych związków węgla zwiększyła się, to przy notowanym w glebie tych obiektów zwiększeniu zawartości C organicznego stwierdzono zmniejszenie ich udziału w ogólnej puli węgla, w porównaniu do ich udziału w glebie kontrolnej. Udział opisywanych połączeń próchnicznych w ogólnej puli węgla nie był istotnie zależny od rodzaju mieszanki kompostowej, natomiast ich udział zmniejszał się wraz ze zwiększaniem dawki kompostów. Wskazuje to, iż wprowadzona do gleby, wraz z kompostami substancja organiczna zawierała znaczne ilości łatwo dostępnego dla mikroorganizmów węgla a udział frakcji odpornych na utlenianie sprzyjał akumulacji związków węgla w glebie. Małe różnice udziału węgla labilnego w ocenianym okresie wskazują na równowagę procesów mineralizacji i humifikacji w glebie rekultywowanej kompostami.

Wyniki badań własnych wykazały korzystny wpływ zastosowanych kompostów w I terminie (2002r.) oraz ich wpływ następczy na wskaźnik zagospodarowania węgla (CMI). W pierwszym terminie badań stan gospodarki węglem najkorzystniej kształtował się w glebie rekultywowanej kompostem z osadu ściekowego 100%, co miało bezpośredni związek z pulą substancji organicznej wprowadzoną wraz z tym kompostem. W kolejnych terminach obserwowano zmniejszenie wartości CMI w glebie tego obiektu. W glebie rekultywowanej kompostami osadowymi z dodatkiem popiołu, w pierwszym terminie badań średnia wartość wskaźnika gospodarki węglem wynosiła 189 i 182, odpowiednio dla kompostu z 20 i 30% dodatkiem popiołu. W glebie obiektów rekultywowanych tymi kompostami również stwierdzono zmniejszanie się wskaźnika gospodarki węglem, jednak jego zakres nie był tak

duży, jak w przypadku kompostu z osadu ściekowego 100%. Na zakończenie badań w glebie obiektów rekultywowanych kompostami osadowymi z dodatkiem popiołu CMI przyjmował większe wartości niż w gruncie rekultywowanym kompostem z osadu 100%. Na zakończenie badań (2018 r.) w glebie wariantów rekultywowanych ocenianymi kompostami wskaźnik zagospodarowania węgla utrzymywał się, w porównaniu do gleby kontrolnej, na istotnie większym poziomie. Następczy wpływ najbardziej ujawnił się w wariancie kompost z osadu ściekowego (80%) z popiołem (20%) w dawce 9% s.m. ha^{-1} .

W oparciu o wskaźnik zagospodarowania węgla, wykorzystywany do oceny zmian zawartości węgla w glebach i oszacowania trwałości ekosystemów antropogenicznych można stwierdzić, że wykorzystanie kompostów z osadu ściekowego i popiołu do rekultywacji zdegradowanych gleb wpływa korzystnie na kierunek przemian substancji organicznej, sprzyjający sekwestracji węgla w glebie.

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na zawartość metali ciężkich w rekultywowanej glebie industrioziemnej

Badane komposty wywarły znaczący wpływ na zwiększenie zawartości form całkowitych metali ciężkich w glebie, ale nie przekroczyły one wartości naturalnych (Dz. U. 2016. poz. 1395).

Zawartość Pb zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki kompostu, w zakresie 59-74%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu. W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, zawartość Pb zmniejszyła się o 19-20% pod wpływem kompostów osadowo-popiołowych, a o 17%, kompostu z osadu.

Zawartość Zn zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki kompostu, w zakresie 110-150%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu. W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, zawartość Zn zmniejszyła się pod wpływem kompostu z osadu o 22%, a kompostów osadowo-popiołowych o 12-15%, odpowiednio dla mniejszego i większego udziału w nich popiołu.

Zawartość Cu zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki kompostu, w zakresie 181-321%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu. W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, nastąpiło zwiększenie zawartości Cu o 15% pod wpływem kompostu z osadu, a zmniejszenie o 17% kompostów osadowo-popiołowych.

Zawartość Cd zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki kompostu, w zakresie 17-58%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym,

kompostu z osadu. W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, nastąpiło zmniejszenie zawartości Cd o 34% pod wpływem kompostu z osadu, a kompostów osadowo-popiołowych o 22%.

Zawartość Ni zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki kompostu, w zakresie 109-161%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%). W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, nastąpiło zmniejszenie zawartości Ni o 23% pod wpływem kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%), a kompostów z osadu i osadu (70%) i popiołu (30%) o 19%.

Zawartość Cr zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki kompostu, w zakresie 109-161%, największym pod wpływem kompostów z osadu i osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%). W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, nastąpiło zmniejszenie zawartości Cr o 23% pod wpływem kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%), a kompostów z osadu i osadu (70%) i popiołu (30%) o 22%.

Zawartość Hg zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki kompostu, w zakresie 60-75%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu. W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, nastąpiło zmniejszenie zawartości Hg o 17% pod wpływem kompostów z osadu oraz osadu (70%) i popiołu (30%), a kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%) o 15%.

Reasumując następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na całkowitą zawartość ocenianych metali ciężkich należy stwierdzić, zwiększenie zawartości metali ciężkich odnotowano w glebie wszystkich wariantów rekultywacji, w których do użyznienia gleby zastosowano komposty, jednak stwierdzone zawartości nie przekraczały obowiązujących progów referencyjnych. Zwiększenie zawartości metali ciężkich w glebie rekultywowanej ocenianym kompostami było proporcjonalne do udziału popiołu w mieszance kompostowej i wielkości wprowadzonej dawki kompostu.

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na zawartość form sekwencyjnych Pb i Zn w rekultywowanej glebie industrioziemnej

W glebie wzbogaconej ocenianymi kompostami zwiększył się udział rezydualnej formy ołowiu, a zakres tego zwiększenia był wprost proporcjonalny do udziału popiołu w mieszance kompostowej i wielkości dawki w jakiej te komposty zastosowano. Zmniejszył się udział frakcji wymiennych (I i II) oraz związanej z materią organiczną (frakcja III).

Zamiany udziału poszczególnych frakcji cynku nie były tak jednoznacznie ukierunkowane. W porównaniu do gleby kontrolnej, w glebie użyznionej kompostem z osadu

ściekowego oraz z osadu (80%) i popiołu (20%) zwiększył się udział frakcji I i II. W badaniach własnych wykazano, że bardzo korzystnie na unieruchomienie cynku wpłynął kompost osadowo popiołowy z 30% udziałem popiołu.

Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na produktywność rekultywowanej gleby industrioziemnej

Wyniki oceny produktywności gleby industrioziemnej, zdegradowanej mechanicznie i przez intensywne zakwaszenie, przy wykorzystaniu wapna poftotacyjnego oraz kompostu z osadu ściekowego i kompostów osadowo-popiołowych, potwierdziły skuteczność odbudowy jej właściwości chemicznych i fizykochemicznych, czego potwierdzeniem było plonowanie testowej mieszanki traw.

Następczy wpływ kompostów, oceniany jako średni plon biomasy mieszanki traw [%] uprawianej w latach 2016-2017-2018, w porównaniu do roku 2002 (100% - początek rekultywacji), wskazuje na istotne różnice oddziaływania badanych kompostów. Kompost z osadu (70%) i popiołu (30%) stworzył najlepsze warunki do wzrostu roślin w pierwszym roku rekultywacji, które systematycznie i istotnie poprawiały się w latach następnych. Kompost z osadu (80%) i popiołu (20%) równie skutecznie zwiększył plonowanie roślin, ale zmiany ilości pozyskiwanej biomasy roślin miały nieistotne tendencje wzrostu. Efektywność plonotwórcza kompostu z osadu ściekowego była najmniejsza w pierwszym roku wykonania rekultywacji, a zwiększała się istotnie w dalszych (badanych) latach.

WNIOSKI

Ocena następczego wpływu kompostów z osadu ściekowego i osadowo-popiołowych przeprowadzona w oparciu o wieloletnie modelowe doświadczenie poletkowe, realizowane na obszarze zdewastowanym w wyniku otworowej eksploatacji siarki wykazała, że:

1. miały one korzystny wpływ na oceniane właściwości, a zakres tego wpływu pozostawał w istotnej zależności od rodzaju i dawki kompostów oraz czasu ich aplikacji do gleby.
2. komposty z osadu i osadowo-popiołowe ukształtowały kwasowość wymienną gleby do poziomu obojętnego, z korzystniejszym wpływem kompostów osadowo-popiołowych. W badanym okresie stwierdzono tendencje zmniejszania się wartości pH.

3. badane komposty wywarły znaczący wpływ na kształtowanie właściwości sorpcyjnych rekultywowanej gleby industrioziemnej.
- kwasowość hydrolityczna gleby na początku rekultywacji zmniejszyła się do wartości niskich, natomiast w latach dalszych odnotowano jej zwiększenie. Po 14-16 latach od przeprowadzenia rekultywacji, korzystniejszy wpływ na kształtowanie kwasowości hydrolitycznej wywarły komposty osadowo-popiołowe, szczególnie zastosowane w dawkach w dawkach wyższych ($6-9\% \text{ s.m. ha}^{-1}$)
 - zawartość kationów zasadowych w glebie zwiększyła się w przedziale 23 - 80%, najbardziej pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu 30%), a najmniej kompostu z osadu (100%). W okresie po 14-16 latach od początku rekultywacji, zawartość kationów zasadowych zwiększyła się pod wpływem kompostu z osadu o 23%, a kompostów osadowo-popiołowych o 11-13%
 - pojemność sorpcyjna zwiększyła się o 16 - 66%, najbardziej pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniej, kompostu z osadu (100%). W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, kompost z osadu zwiększył pojemność sorpcyjną gleby o 25%, a komposty osadowo-popiołowe o 12-15%, proporcjonalnie do udziału w nich popiołu.
4. badane komposty wywarły znaczący wpływ na zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w rekultywowanej glebie.
- zawartość P przyswajalnego zwiększyła się w przedziale 8 - 37%, najbardziej pod wpływem wysokich dawek kompostu z osadu, a najmniej kompostu z osadu (80%) i popiołu 20%). W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, kompost z osadu zwiększył zawartość P przyswajalnego o 38%, a komposty osadowo-popiołowe o 25-12%. odpowiednio dla mniejszego i większego udziału w nich popiołu.
 - zawartość K przyswajalnego zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki, w zakresie 19-34%, najbardziej pod wpływem kompostu z osadu, a najmniej kompostu z osadu (70%) i popiołu 30%). W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji, komposty osadowo-popiołowe zwiększyły zawartość potasu w zakresie 123-78%, odpowiednio dla mniejszego i większego udziału w nich popiołu, a kompost z osadu o 50%.
 - zawartość Mg przyswajalnego zwiększyła się, proporcjonalnie do dawki, w zakresie 247-452%, największym pod wpływem kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%), a najmniejszym, kompostu z osadu. W okresie 14-16 lat od początku rekultywacji,

- kompost z osadu zwiększył zawartość Mg o 19%, a komposty osadowo-popiołowe po 8%.
5. komposty z osadu i osadowo-popiołowe wpłynęły na poprawę bilansu substancji organicznej rekultywowanej gleby, co przełożyło się na istotne, proporcjonalne do wielkości dawki, zwiększenie zawartości Corg.
 - w pierwszym terminie badań największy przyrost zawartości węgla organicznego stwierdzono w gruncie rekultywowanym kompostem z osadu ściekowego(100%),
 - następczy wpływ badanych kompostów na bilans Corg. w glebie najbardziej ujawnił się w glebie wariantu: kompost z osadu ściekowego (80%) + popiołu (20%).
 - zwiększenie zawartości Corg. odnotowano również w warstwie gruntu 20-40cm.
 6. w glebie rekultywowanej ocenianymi kompostami, zarówno w pierwszym jak i w 16 – 18 roku badań, stwierdzono zwiększenie zawartości azotu.
 7. wskaźniki gospodarki węglem glebowym w istotnym stopniu uzależnione były od wariantu rekultywacji:
 - gleba obiektu kontrolnego charakteryzowała się znacznym udziałem związków węgla ulegających chemicznemu utlenieniu, a jej użyźnienie ocenianymi kompostami wpłynęło na, proporcjonalne do wprowadzonej dawki, zmniejszenie udziału C frakcji labilnych a zwiększenie udziału frakcji odpornych na rozkład, co sprzyjało akumulacji związków próchnicznych,
 - zwiększenie wskaźnika puli węgla i zmniejszenie jego labilności w glebie rekultywowanej kompostami przełożyło się na istotną poprawę wskaźnika zagospodarowania węgla,
 8. ocena zmian zawartości węgla organicznego, azotu oraz wskaźników gospodarki węglem glebowym wskazuje wyraźnie, że komposty są bardzo dobrym źródłem zewnętrznej materii organicznej dla rekultywowanych gleb.
 - korzystne zmiany stanu gospodarki węglem glebowym odnotowano już od najmniejszej dawki badanych kompostów, przy czym nie we wszystkich wariantach widoczne było następce oddziaływanie tej dawki kompostów,
 - z punktu widzenia trwałości zabiegów rekultywacyjnych, jako optymalną dawkę kompostów można wskazać 180 Mg $\cdot$ ha⁻¹.
 - wskaźniki gospodarki węglem glebowym, zarówno w pierwszym roku , jak i na zakończenie badań, najkorzystniej kształtowały się w glebie rekultywowanej kompostem wytworzonym z osadu ściekowego z 20% dodatkiem popiołu.

9. badane komposty wywarły znaczący wpływ na zwiększenie zawartości form całkowitych metali ciężkich w glebie, ale nie przekroczyły one wartości naturalnych.
- zawartość metali ciężkich w glebie zwiększyła się proporcjonalnie do dawki kompostów, a z różną intensywnością, w zależności od rodzaju kompostu i metalu. Kompost z osadu (70%) i popiołu (30%) zwiększył w glebie, w porównaniu do kontroli, zawartość Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, Hg w zakresie 52-321%, średnio o 127%; kompost z osadu (80%) i popiołu (20%) 42-217%, średnio o 96%, a kompost z osadu 17-181%, średnio o 83%.
 - w okresie 14-16 lat, w porównaniu do początku rekultywacji, zawartość Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, Hg w glebie zmniejszyła się (z wyjątkiem Cu i kompostu z osadu) pod wpływem kompostu z osadu (80%) i popiołu (20%) w zakresie 12-30% (średnio o 19,8%), kompostu z osadu (70%) i popiołu (30%) 15-22% (średnio o 18,8%), a kompostu z osadu średnio 16,6%.
10. analiza sekwencyjnych wykazała, że następczy wpływ kompostów z osadu i kompostowo-osadowych na mobilność ołowiu i cynku był zróżnicowany:
- w glebie wzbogaconej ocenianymi kompostami zwiększył się udział rezydualnej formy ołowiu, a zakres tego zwiększenia był wprost proporcjonalny do udziału popiołu w mieszance kompostowej i wielkości dawki w jakiej te komposty zastosowano. Zmniejszył się udział frakcji wymiennych (I i II) oraz związanej z materią organiczną (frakcja III).
 - wpływ kompostów na zamiany udziału poszczególnych frakcji cynku nie był jednoznacznie ukierunkowany; w porównaniu do gleby kontrolnej, w glebie użyźnionej kompostem z osadu ściekowego oraz z osadu (80%) i popiołu (20%) zwiększył się udział frakcji I i II; bardzo korzystnie na unieruchomienie cynku wpłynął kompost osadowo-popiołowy z 30% udziałem popiołu.
11. następczy wpływ kompostów, oceniany jako średni plon biomasy mieszanki traw uprawianej w latach 2016-2017-2018, w porównaniu do roku 2002 wskazuje na istotne różnice oddziaływania badanych kompostów.
- kompost z osadu (70%) i popiołu (30%) stworzył najlepsze warunki do wzrostu roślin w pierwszym roku rekultywacji, które systematycznie i istotnie poprawiały się w latach następnych.

- kompost z osadu (80%) i popiołu (20%) równie skutecznie zwiększył plonowanie roślin, ale zmiany ilości pozyskiwanej biomasy roślin miały nieistotne tendencje wzrostu.
 - efektywność plonotwórcza kompostu z osadu ściekowego była najmniejsza w pierwszym roku wykonania rekultywacji, a zwiększała się istotnie w dalszych (badanych) latach.
12. rekultywacja zdegradowanej gleby industrioziemnej poprzez jednorazową aplikację wapna poflotacyjnego do regulacji odczynu oraz kompostu z osadu ściekowego i kompostów osadowo-popiołowych, celem odbudowy właściwości chemicznych i fizykochemicznych, bez żadnego nawożenia w dalszych 14-16 latach, przyczyniła się do skutecznej i trwałej poprawy jej właściwości, czego potwierdzeniem jest reakcja (wzrost i rozwój) uprawianych roślin.

WKŁAD osiągnięcia naukowego w rozwój nauk rolniczych, dyscypliny agronomii

Monografia „Następczy wpływ kompostów z osadu i osadowo-popiołowych na kształtowanie właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej” wnosi nowe elementy wiedzy do nauk rolniczych ponieważ:

- wykazuje, że następce oddziaływanie, zastosowanych jednorazowo (na początku), kompostów z osadu i osadowo-popiołowych po 14 – 16 latach wpłynęło na ustabilizowanie właściwości rekultywowanej gleby industrioziemnej; dotyczyło to większości analizowanych właściwości: właściwości sorpcyjnych, zawartość metali ciężkich, przyswajalnych form P, K, węgla i azotu
- potwierdza, że egzogenna materia organiczna, jaką stanowiły komposty z osadu i osadowo-popiołowe istotnie i trwale zwiększa zawartość węgla organicznego w rekultywowanej glebie; w największym zakresie w glebie rekultywowanej kompostem z osadu (80%) i popiołu (20%)
- wskazuje, w oparciu o podatność substancji organicznej na chemiczne utlenianie, że materia organiczna, której źródłem były komposty z osadu i osadowo-popiołowe, została włączona w cykl przemian glebowej substancji organicznej;
- wskazuje, że po 14 – 16 latach od wprowadzenia do gleby kompostów ustalił się stanu względnej równowagi pomiędzy procesami mineralizacji i humifikacji, (wskaźnika

zagospodarowania węgla, przyjmował wartości powyżej 100), co stwarza warunki sprzyjające sekwestracji węgla w glebie

- wykazanie, że komposty z osadu i osadowo-popiołowe wytworzone z odpadów nie zanieczyszczonych metalami ciężkimi, nie stwarzają zagrożenia chemicznego zanieczyszczenia gleb, gdyż mimo iż wywarły znaczący wpływ na zwiększenie zawartości form całkowitych metali ciężkich w glebie, nie odnotowano przekroczenia ich wartości referencyjnych
- wykazanie, że oceniany, ekstensywny sposób gospodarki na zrehabilitowanych utworach bezglebowych, przynosi określone efekty ekologiczne; sposób ten może być realizowany w warunkach braku zainteresowania przejęciem zrehabilitowanych terenów pod określone formy użytkowania; pozostawienie takich terenów jako tzw. kompensacji przyrodniczej, będzie bezpiecznym i zgodnym z naturą, sposobem użytkowania terenów przemysłowych.
- poza walorami naukowymi i poznawczymi, uzyskane wyniki mają znaczenie praktyczne - wykazały, że kompostowanie odpadów organicznych (komunalnych osadów ściekowych) z odpadami mineralnymi (popiół ze spalania węgla kamiennego) optymalizuje właściwości fizykochemiczne i chemiczne uzyskanych kompostów, czego wyrazem był wpływ kompostów osadowo-popiołowych na kształtowanie i odbudowę właściwości zdegradowanej mechanicznie i przez intensywne zakwaszenie gleby industrioziemnej;
- takie rozwiązanie jest atrakcyjne również pod względem gospodarczym - wynika to z niskich kosztów rekultywacji poprzez: jednorazowe wykonanie zabiegu (rekultywacja techniczna i biologiczna; użyczenie gleby kompostami sporządzonymi na bazie odpadów); jednoczesne przyrodnicze zagospodarowanie odpadów przyczyni się do zmniejszenia kosztów ich gospodarki, poprawy efektów ekologicznych poprzez włączenie w obieg biologiczny zawartych w nich składników mineralnych i substancji organicznej; rekultywacji gleb zdegradowanych i ich odbudowy na utworach bezglebowych.

LITERATURA

1. Akala V., A., Lal R., 2000. Potential of mine land reclamation for soil organic carbon sequestration in Ohio. Land Degrad. Devel. 11, 289-297.

2. Antonkiewicz, J., 2007. Wpływ mieszanin popiołowo-osadowych i popiołowo-torfowych na plon mieszanki traw z komonicą zwyczajną i zawartość wybranych pierwiastków w mieszance. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 6, 3, 61-72.
3. Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Żukowska G., Jońca M., 2001. Możliwości odtwarzania gleby na gruntach zdewastowanych przez intensywne zakwaszenie. W: *Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszenia gleb. III Konferencja Naukowa, Streszczenia, 28-29 sierpnia 2001 Lublin, Akademia Rolnicza*, S. 46.
4. Baran S., Żukowska G., 2015. Odpady a innowacyjna biogospodarka. W: *Czy odpad może być produktem użytecznym? NCBiR, BG/SOIL/2015*.
5. Blair G.J., Lefroy R.D.B., Lisle L., 1995. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation, and development of Carbon Management Index. *Austr. J. Agri. Res.* 46, 1459-1466.
6. Chen J., Chen J.Z., Tan M.Z., Gong Z.T., 2002. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. *Journal of Geographical Sciences*, 12, 2, 243-252.
7. Dellantonio A., Fitz W. J., Custovic H., Repmann F., Schneider B. U., Grünwald H., Markovic M., 2008. Environmental risks of farmed and barren alkaline coal ash landfills in Tuzla, Bosnia and Herzegovina. *Environmental pollution*, 153, 3, 677-686.
8. Doran J.W., Zeiss M.R., 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*. 15, 3-11.
9. Larney, F. J., Angers, D. A. 2012. The role of organic amendments in soil reclamation: A review. *Can. J. Soil Sci.* 92, 19-38.
10. Łoginow W., Wiśniewski W. 1976. Studies on humus fractioning based on its susceptibility to oxidation. *Pol. Ecol. Stud.*, 2/1, 43 -47.
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach (Dz. U. 2015. 1277).
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. 2015, poz. 257).
13. Siuta J., Lekan S. 2000. Rekultywacja gleb zdewastowanych w procesie otworowej eksploatacji siarki. *Mat. Zjazdu Nauk. PTG „Ochrona środowiska glebowego”*. Puławy: 151-158.
14. Skłodowski P., Bielska A., 2009. Właściwości i urodzajność gleb polski - podstawą kształtowania relacji rolno-środowiskowych . *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. 9, 4, 203-214.
15. Thomas R. P., Ure A. M., Davidson C. M., Littlejohn D., Rauret G., Rubio R., López-Sánchez, J. F., 1994. Three-stage sequential extraction procedure for the determination of metals in river sediments. *Analytica Chimica Acta*, 286, 3, 423-429.
16. Ure A. M., Quevauviller P. H., Muntau H., Griepink, B., 1993. Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 51, 1-4, 135-151.
17. Wysokiński A., Kalembsa S., Symanowicz B., 2008. Wpływ alkalizacji oraz kompostowania osadów ściekowych na zawartość boru i molibdenu w roślinach. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 526.
18. Żukowska G. 2013. Wskaźniki jakościowe substancji organicznej gleb o zróżnicowanym nawożeniu i zmianowaniu. *Monografia Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*, vol.115, 1-155.
19. Żukowska G., Flis-Bujak M., Baran S., 2003. Charakterystyka substancji organicznej gruntów silnie zakwaszonych poddanych rekultywacji. W: *Gleba w środowisku*, pod red.:

Stefan Skiba, Marek Drewnik, Andrzej Kacprzak S. 495. Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 2003, 83-88424-22-X

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO BADAWCZYCH

5.A. GŁÓWNE KIERUNKI DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ

Moje zainteresowanie pracą naukową zostało zapoczątkowane na studiach, które odbyłam w latach 2002 – 2007, na kierunku Rolnictwo na Wydziale Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademii Rolniczej w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie).

W ramach praktyki dyplomowej dołączyłam do zespołu badawczego kierowanego przez prof. dr hab. Stanisława Barana i uczestniczyłam w badaniach, których celem było opracowanie skutecznych technologii rekultywacji gleb zdewastowanych przez otworową eksploatację siarki w Kopalni Siarki „Jeziórko”. Wyniki badań były podstawą do przygotowania pracy magisterskiej pt.: „Możliwości wykorzystania wełny mineralnej Grodan do odbudowy gleb na terenach zdewastowanych w procesie wydobywania siarki metodą Frasha”, którą wykonałam w Instytucie Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska pod kierunkiem prof. dr hab. Stanisława Barana.

Pracę naukową rozwijałam w ramach studiów doktoranckich w Instytucie Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska na Wydziale Agrobiotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (w latach 2007-2011).

W okresie studiów doktoranckich brałam udział w realizacji badań prowadzonych przez zespół pracowników Zakładu Rekultywacji Gleb i Gospodarki Odpadami (Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska UP w Lublinie).

Zasadniczą część badań, stanowiących podstawę przygotowania rozprawy doktorskiej realizowałam w ramach grantu promotorskiego finansowanego przez MNiSW w 2009 roku **(II.E.1.)**.

Aplikacyjny charakter badań prowadzonych w ramach realizacji pracy doktorskiej został doceniony w postępowaniu konkursowym i w 2010 roku byłam beneficjentką stypendium naukowego Marszałka Województwa Lubelskiego dla doktorantów.

W oparciu o pracę doktorską pt. „Możliwości wykorzystania wełny mineralnej Grodan do rekultywacji i odbudowy gleb na terenach zdewastowanych w procesie wydobywania siarki metodą Frasha” w 2011 roku uzyskałam stopień naukowy doktora nauk rolniczych.

Dalszy rozwój i realizacja moich zainteresowań naukowych związane są z pracą w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie (Instytucie Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Zakładzie Rekultywacji Gleb i Gospodarki Odpadami), gdzie od listopada 2011 roku do września 2012 roku pracowałam jako wolontariusz, a od 1 października 2012 roku do chwili obecnej, pracuję na stanowisku adiunkta.

Profil moich dociekań naukowych zaznaczył się od momentu wykonywania pracy magisterskiej. Zapoczątkowane wówczas zainteresowanie wykorzystaniem odpadów organicznych do rekultywacji gleb zdegradowanych były systematycznie rozwijane w okresie pracy zawodowej.

W moich badaniach naukowych można wyróżnić 2 główne kierunki badań:

1. Wpływu presji antropogenicznych na procesy degradacji gleb oraz opracowanie skutecznych sposobów rekultywacji.
2. Możliwości przyrodniczego zagospodarowania odpadów.

Badania te, mimo odrębności tematycznej, ściśle się ze sobą łączą, ponieważ w wielu działaniach rekultywacyjnych wykorzystuje się odpady; jednocześnie odpady, w warunkach niewłaściwej gospodarki mogą przyczyniać się do degradacji gleb i środowiska.

W badaniach, realizowanych w ramach projektu „**Wpływ procesów antropogenicznych na kształtowanie właściwości gleb o zróżnicowanym użytkowaniu**” (II.E.4.) wykazano, że:

- niezależnie od warunków siedliskowych, właściwości gleb uznawane za wskaźniki ich żyzności i urodzajności oraz stanu zanieczyszczenia kształtowane są przez czynnik antropogeniczny.
- większość ocenianych wskaźników wykazywała dużą zależność od sposobów użytkowania, szczególnie w obszarze o małej intensywności antropopresji. wraz ze wzrostem intensywności czynnika antropogenicznego (urbanizacja, motoryzacja, przemysł) pogorszeniu ulegały wskaźniki żyzności gleby i zwiększał się stopień zanieczyszczenia tych gleb (metale ciężkie, WWA); istnieje konieczność optymalizacji sposobu użytkowania szczególnie w terenie silnie zanieczyszczonym.

Szczególną wartość poznawczą oraz przydatność praktyczną wniosły badania dotyczące **oceny stanu środowiska w obszarze oddziaływania górnictwa siarki wydobywanej metodą otworową w kopalni „Jeziórko”**. Wyniki badań wykazały:

- istotne oddziaływanie na środowisko wieloczynnikowej presji powodowanej przez wydobywanie siarki metodą Frasha.
- w glebach z tego obszaru odnotowano: toksyczne zakwaszenie środowiska, kompleksową degradację właściwości chemicznych, dewastację mechaniczną, osiadanie terenu oraz naruszenie stosunków wodnych, co spowodowało degradację i dewastację gleb i środowiska na znacznym terenie (ok. 2000 ha).

Uzyskane wyniki badań stanowiły podstawę do realizacji innowacyjnych badań nad opracowaniem skutecznych sposobów rekultywacji zniszczonego środowiska.

W odbudowie zdewastowanego środowiska wykorzystane zostały w różnych technologiach, odpady: wapno poflotacyjne powstałe podczas flotacji rudy siarkowej wydobywanej metodą odkrywkową i komunalne osady ściekowe.

Kompleksowe badania dotyczące **oceny właściwości osadów ściekowych i możliwości ich wykorzystania do poprawy właściwości gleb i rekultywacji utworów bezglebowych:**

- potwierdziły, przydatność osadów ściekowych do poprawy właściwości gleb i ich odbudowy na gruntach zdewastowanych, co wynika z ich zasobności w substancję organiczną i składniki nawozowe (azot, fosfor, magnez, wapń),

oraz wykazały, że

- komunalne osady ściekowe w większości spełniają obowiązujące kryteria (Rozporządzenie MŚ w sprawie komunalnych osadów ściekowych),
- osady ściekowe zastosowane do gleby istotnie poprawiają jej właściwości i zdolności produkcyjne, a zawartość substancji organicznej ogranicza mobilność i przemieszczanie się metali do łańcucha troficznego
- zastosowanie do zdegradowanej gleby, wysokiej (100 Mg/ha s.m.) dawki osadu ściekowego zwiększa, w porównaniu do dawki 10 Mg/ha, 4-5 krotnie skuteczność rekultywacji, przy zachowaniu referencyjnych poziomów zawartości metali ciężkich
- zawartość metali ciężkich, a szczególnie ich formy sekwencyjne, a także WWA stanowią dobre kryterium oceny wpływu odpadów na środowisko glebowo-roślinne.

W ramach realizacji tematu pt. „**Możliwość wykorzystania odpadowej wełny mineralnej z uprawy pod osłonami do zwiększenia produktywności gleb oraz ich rekultywacji na terenach zdegradowanych**” (II.E.3.) wykazano, że:

- poużytkowa wełna mineralna Grodan wywarła korzystny wpływ, szczególnie we współdziałaniu z komunalnym osadem ściekowych, a także nawożeniem NPK, na kształtowanie właściwości fizycznych, chemicznych i fizykochemicznych, co skutecznie przyczyniło się do odbudowy gleb na zdewastowanych utworach bezglebowych.

W oparciu o uzyskane wyniki opracowano technologie rekultywacji oraz poprawy właściwości gleb marginalnych z wykorzystaniem poużytkowej wełny mineralnej. Opracowane technologie różnią się dawką oraz sposobem aplikacji poużytkowej wełny mineralnej. Na opracowaną technologię uzyskano patent (II.B.1.2.) a wyniki zostały wdrożone w przedsiębiorstwie ogrodniczym oraz na terenach kopalni siarki w Jeziórku.

Kolejny kierunek badań związany był z **optymalizacją właściwości osadów ściekowych w procesie ich kompostowania** samodzielnego, a także w wersji skojarzonej z innymi odpadami – pyły z elektrowni, odpady drzewne oraz wpływu pozyskanych kompostów na właściwości rekultywowanych gleb. Wyniki uzyskanych badań wskazują, że :

- proces kompostowania osadów ściekowych, szczególnie z dodatkiem innych odpadów, optymalizuje właściwości uzyskanego kompostu,
- kompostowanie samych osadów ściekowych jest mało zasadne gdyż generuje wyższe koszty, a wpływ na środowisko glebowe jest zbliżone do osadów przefermentowanych
- wprowadzenie do gleby kompostów z osadu z dodatkiem trocin i osadowo-popiołowych wpływało na istotną poprawę jej właściwości, a korzystny następny wpływ kompostów osadowo-popiołowych potwierdziły wyniki 16-letniego doświadczenia poletkowego z zastosowaniem kompostów osadowo-popiołowych do rekultywacji gleb zdegradowanych przez górnictwo siarki zaprezentowane w osiągnięciu naukowym.

Brałam również udział w badaniach mających na celu **ocenę skuteczności zabiegów rekultywacyjnych w oparciu o wskaźniki jakościowe związków próchnicznych i testy biologiczne** (projekt badawczy realizowany w latach 2009-2012) (II.E.5.). Efektem tych badań było udokumentowanie, że:

- oceniane warianty rekultywacji (na terenie Kopalni Siarki i jej zwałowisku zewnętrznym oraz na składowisku popiołów z elektrowni) obejmujące rekultywację z wykorzystaniem roślin pionierskich, zahumusowanie powierzchni, stosowanie wysokich dawek nawożenia mineralnego oraz nawożenie organiczne osadami ściekowymi, okazały się skuteczne,
- niezależnie od formy degradacji, najskuteczniejsze były warianty obejmujące wzbogacenie rekultywowanych gruntów w zewnętrzną substancję organiczną (wysokie dawki osadów ściekowych),
- z testowanych wskaźników, jako najbardziej przydatne do oceny skuteczności zabiegów rekultywacyjnych wskazano: podatność materii organicznej na utlenianie chemiczne, skład frakcyjny substancji organicznej, interpretowany jako stosunek C-KH:C-KF, właściwości kwasów huminowych.

Potwierdzono również, że testy enzymatyczne dają możliwość określenia efektów rekultywacji krajobrazów przemysłowych. W obrębie ocenianych biotestów najbardziej czułe na zmiany w glebie były testy z wykorzystaniem bakterii *Vibrio Fisheri* i testy roślinne z wykorzystaniem *Lepidium sativum*.

Innowacyjne wyniki o dużym znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym, dotyczące gospodarki odpadami, uzyskałam w wyniku realizacji badań w ramach projektu „**Optymalizacja metod zagospodarowania odpadów powiertniczych**” (II.E.7.). Badania te realizowane były przez konsorcjum: Zakłady Azotowe Puławy S.A., Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Politechnika Lubelska, Instytut Nowych Syntezy Chemicznych w Puławach, Przedsiębiorstwo Kruszywa-Niemce S.A.. Brałam czynny udział w badaniach realizowanych w ramach zadań badawczych: „Badania przydatności powstałych mieszanek z punktu widzenia nauki o glebie”, „Ocena efektów rekultywacji z wykorzystaniem pozyskanych mieszanek oraz pilotażowe prace wdrożeniowe”. Uzyskane wyniki wykazały, że:

- przemysłowe osady ściekowe stanowią duży potencjał nawozowy, możliwy do wykorzystania poprzez zmianę ich statusu na produkt uboczny. Wymaga to przeprowadzenia stosownych badań potwierdzających, że odpad spełnia właściwości produktu ubocznego. Wskazują również, że odpowiedniej jakości przemysłowe osady ściekowe mogą być racjonalnie zagospodarowane.

- odpady wiertnicze mogą być wykorzystane do różnych celów środowiskowych (rekultywacja gleb zdegradowanych, rekultywacja składowisk odpadów, kształtowanie właściwości gleb słabej jakości) w kompozycji z innymi odpadami: osady ściekowe komunalne i przemysłowe, odpady organiczne, odpady górnicze.
- miejscem tworzenia kompozytu powinna być gleba, a nie instalacja zewnętrzna (mieszalnik). Umożliwia to racjonalny dobór i proporcje składników kompozytu oraz istotnie redukuje koszty aplikacji.

Badania te są przykładem dobrej współpracy „ *nauki z gospodarką*”. Ich efektem było pozyskanie nowatorskich wyników, które dały podstawę do opracowania bezpiecznych i skutecznych sposobów przyrodniczego zagospodarowania odpadów wiertniczych w kompozycji z innymi odpadami (osady ściekowe przemysłowe i komunalne, przeróbcze odpady górnicze, ziemia antropogeniczna), do: rekultywacji wyrobisk po eksploatacji surowców mineralnych, rekultywacji gleb zdegradowanych i ich odtwarzania na utworach bezglebowych, kształtowania właściwości gleb marginalnych oraz rekultywacji składowisk odpadów.

Efektem realizacji tych badań było: uzyskanie 3 patentów na wynalazek (**II.B.1.1.; II.B.1.3.; II.B.1.4.**) i 1 wdrożenia wynalazku (II.B.3.1.); 1 zgłoszenia patentowego (**II.B.2.1.**); 1 aplikacja prac projektowych i eksperckich (**II.B.3.1.**); udział w dwóch konferencjach naukowo-technicznych „*Czy odpad może być produktem użytecznym*”.

Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do opracowania rozprawy doktorskiej „*Odpady wiertnicze w strategii kształtowania właściwości gleb i ich rekultywacji na terenach zdegradowanych*”, której byłam promotorem pomocniczym (**III.K.1.**)

Podkreślić należy, że ścisła współpraca w czasie realizacji projektu z Przedsiębiorstwem Kruszywa-Niemce S.A. zaowocowała wdrożeniem efektów badań, co przykładem skutecznej realizacji „*gospodarki opartej na wiedzy*”.

W ramach współpracy z Uniwersytetem Rolniczym w Krakowie prowadziłam również badania dotyczące **określenia wpływu odpadów produkcyjnych celulozy i osadów ściekowych na plonowanie i pobieranie metali ciężkich przez mieszaninę roślin** efekty tych badań zamieszczono w publikacji naukowej nr ...oraz rozprawie doktorskiej przy której pełniłam rolę promotora pomocniczego (**II.A.8.; III.K.2.**).

Badania przeprowadzono w warunkach polowych, określając wartość nawozową tych odpadów w aspekcie środowiskowym, a skład gatunkowy mieszanki roślinnej dostosowano do warunków siedliskowych. Ustalono, że:

- w porównaniu z odpadami z produkcji celulozy komunalny osad ściekowy zastosowany w eksperymencie miał wyższą zawartość makroelementów,
- niejednorodność składu chemicznego odpadów potwierdza, że każda partia przeznaczona do zarządzania środowiskiem powinna być poddana kontroli chemicznej,
- zawartość metali ciężkich w badanych odpadach nie przekraczała granic warunkujących ich wykorzystanie w rolnictwie i rekultywacji a ich zastosowanie zwiększyło zawartość badanych metali ciężkich w glebie, ale nie spowodowało to jednak pogorszenia standardów jakości gleby,
- mieszanie tych odpadów i ich stosowanie w glebie miało znaczący wpływ na poprawę właściwości fizykochemiczne gleby i wzrost wydajności mieszanki roślinnej oraz na zwiększone pobieranie metali ciężkich przez mieszaninę roślin.

Uzyskane w ramach tych badań wyniki zostały wykorzystane w pracy doktorskiej, w której pełniłam rolę promotora pomocniczego (**III.K.2.**) oraz w publikacji naukowej (**II.A.8.**)

5.B. UDZIAŁ W PROJEKTACH BADAWCZYCH

W mojej dotychczasowej pracy zawodowej brałam udział w realizacji 7 projektów badawczych z NCBiR i NCN (**II.E.1.- II.E.7.**), w jednym z nich pełniłam rolę kierownika projektu (**II.E.2.**).

Grant promotorski, w którym byłam głównym wykonawcą pozwolił na przygotowanie rozprawy doktorskiej pt. ” Przydatność wełny mineralnej Grodan i osadu ściekowego do rekultywacji gleb zdewastowanych w procesie wydobywania siarki metodą Frasha” (**II.E.1.**).

5.C. DOROBIEK PUBLIKACYJNY

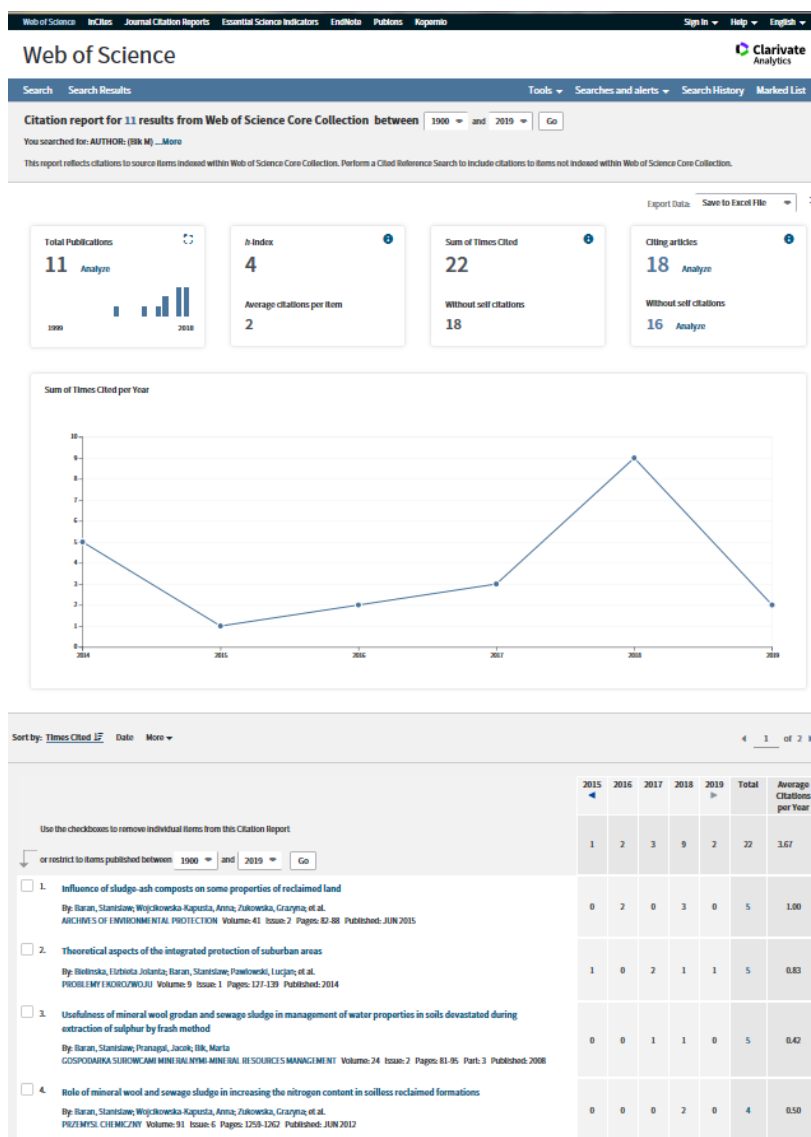
Mój dotychczasowy dorobek naukowy składa się z 38 prac i obejmuje oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopiśmie z bazy JCR (lista A - 9 pozycji) (**II.A.1.- II.A.9.**), recenzowane materiały z konferencji międzynarodowej z bazy Web of Science (1 pozycja) (**II.D.1.**), publikacje w czasopiśmie nie posiadającym współczynnika wpływu IF (lista B – 5 pozycji) (**II.D.2.**), autorstwo rozdziału monografii naukowej w języku angielskim (3 pozycje) (**II.D.3.**), autorstwo rozdziału w monografii naukowej w języku polskim (12 pozycji) (**II.D.4.**) oraz prace inne - nie punktowane (8 pozycji).

Punktacja dorobku naukowego przed uzyskaniem stopnia doktora wynosi 22, po uzyskaniu stopnia doktora 238. Uwzględniając punktację za patenty i wdrożenia, łączny dorobek naukowy wynosi **440 punktów**. Przedstawione w tabeli 1 dane bibliometryczne prezentują mój rozwój naukowy przed i po doktoracie.

Ponadto jestem autorem i współautorem 31 doniesień prezentowanych na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, (II.G.; III.B.).

Łączny IF prac opublikowanych w bazie JCR, zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 7,269.

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science wynosi 22, bez autocytowań wynosi 18. Indeks Hirsha wg bazy Web of Science wynosi 4 (tab.1)



Skan ze strony Web of Science z dnia 18.03.2019r.

Tabela 1. Dane bibliometryczne dorobku naukowego

Wynik aktywności naukowej	Liczba ogółem	Liczba prac z listy JCR	Sumaryczny IF*	Sumaryczna liczba punktów MNiSW
Opublikowane prace naukowe	30	9	7,269	260
w tym:				
- przed uzyskaniem stopnia doktora	4	0	0	22
- po uzyskaniu stopnia doktora	25	9	7,269	238
Publikacje w czasopiśmie wyróżnionym w bazie Jurnal Citation Reports (JCR), posiadające Impact Factor (lista A)	9	9	7,269	155
Recenzowane materiały z konferencji międzynarodowej z bazy Web of Science	1	-	-	15
Publikacje w czasopiśmie nie posiadającym współczynnika wpływu IF (lista B)	5	-	-	27
Autorstwo rozdziału monografii naukowej w języku angielskim	3	-	-	15
Autorstwo rozdziału w monografii naukowej w języku polskim	12	-	-	48
Prace inne	8	-	-	-
Patenty	4			140
zgłoszenia patentowe,	1			
wdrożenia wynalazków,	2			60
aplikacja prac projektowych i eksperckich	1			
Łączna liczba punktów				460
Komunikaty prezentowane na konferencjach naukowych	31			
- przed uzyskaniem stopnia doktora	9			
- po uzyskaniu stopnia doktora	22			
Realizowane projekty badawcze	7			
Indeks Hirsha wg bazy Web of Science	4			
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science	22			
Bez autocytowań	18			

*IF zgodny z rokiem opublikowania pracy

5.D. UZYSKANE PATENTY I ZGŁOSZENIA PATENTOWE

Dotychczasowa praca zawodowa pozwoliła na współtworzenie 1 patentu o zasięgu Unii Europejskiej, 3 patentów krajowych, 1 zgłoszenia patentowego europejskiego.

Jestem również współtwórcą 2 wdrożeń wynalazków i 1 aplikowanej pracy projektowej i eksperckiej. Szczegółowe zestawienie przedstawiono w załączniku nr 3 (II.2).

5.E. UDZIAŁ W KONFERENCJACH NAUKOWYCH

W dotychczasowej pracy zawodowej uczestniczyłam w 31 konferencjach naukowych. Szczegółowe zestawienie przedstawiono w załączniku nr 3 (II.G.; III.B.).

5.F. NAJWAŻNIEJSZE WYRÓŻNIENIA

W 2015 roku otrzymałam nagrodę za pracę zaprezentowaną podczas II Ogólnokrajowej Konferencji Naukowej Młodzi Naukowcy w Polsce-Badania i Rozwój w Lublinie pt. "Wpływ dodatku poużytkowej wełny mineralnej i sposobu jej aplikacji na kształtowanie właściwości fizykochemicznych gleb lekkich" (II.F.1.).

W 2017 roku wspólnie z zespołem Pracowników Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie i Politechniki Lubelskiej otrzymałam Nagrodę Polskiej Izby Gospodarczej jako Laureata Konkursu „Zielony Laur - 2017” dla członka Zespołu Wdrożeniowego Innowacyjnej Metody Rekultywacji Wyrobisk po Eksploatacji Surowców Mineralnych (II.F.2.).

5.G. STAŻE W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

W trakcie trwania 5-letnich studiów magisterskich w ramach praktyki zawodowej odbyłam staż w Przedsiębiorstwie Rekultywacji Terenów Górniczych „Jeziorko” w Tarnobrzegu (1.09.2003r.-30.09.2003r.) (III.L.5.) oraz w Kopalni Siarki Machów (15.06.2006r.-13.08.2006r.) (III.L.3.).

W gospodarstwie rolno-ogrodniczym w Wielkiej Brytanii od 1.06.2004 roku do 28.08.2004 roku przebywałam na praktyce zagranicznej (III.L.4.).

Staż zagraniczny odbyłam w Narodowym Ukraińskim Uniwersytecie Leśno-Technicznym we Lwowie, Національний лісотехнічний університет України вул. Генерала Чупринки, 103, м.Львів, 79057 na Ukrainie w okresie od 01.09.2016 roku do 30.09.2016 roku **(III.L.1.)**.

Nadmienię tylko, że moja współpraca z Narodowym Ukraińskim Uniwersytetem Leśno-Technicznym we Lwowie nie ogranicza się tylko do odbycia stażu ponieważ prowadzimy wspólne badania naukowe dotyczące terenów posiarkowych w Jaworowie (Ukraina) i Zagłębiu Tarnobrzeskim (Polska).

6. OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE

Realizowałam zajęcia dydaktyczne na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie, na Wydziale Agrobioinżynierii, Wydziale Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu (dawniej Wydział Ogrodnictwa), Wydziale Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki oraz Wydziale Inżynierii Produkcji **(III.I.)**, z przedmiotów obejmujących gleboznawstwo, oraz liczne przedmioty z zakresu degradacji i rekultywacji gleb oraz gospodarki odpadami.

W roku 2018 Rada Wydziału Agrobioinżynierii powierzyła mi prowadzenie zajęć dydaktycznych (wykłady + ćwiczenia) z przedmiotu Technologie gospodarki odpadami Kierunek Inżynieria środowiska – studia II stopnia, do którego opracowałam autorski program nauczania.

Pełniłam funkcję opiekunem studentów kierunku Inżynieria Środowiska studia stacjonarne/niestacjonarne pierwszego stopnia Wydziału Agrobioinżynierii nabór 2012/2013 oraz 2017/2018 **(III.Q.6.)**.

Pod moim kierunkiem powstało 14 prac magisterskich **(III.J.1.)** i 14 prac inżynierskich **(III.J.2.)**.

Do osiągnięć o największym znaczeniu dydaktycznym zaliczam pełnienie funkcji promotora pomocniczego w 2 zakończonych przewodach doktorskich: **1.** Zygmunt Kwiatkowski - obrona na Wydziale Agrobioinżynierii UP w Lublinie w 2016 r. **(III.K.1.)**
2. Robert Pełka - obrona na Wydziale Agrobioinżynierii UP w Lublinie w 2018r. **(III.K.2.)**.

7. DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA

W trakcie mojej dotychczasowej działalności organizacyjnej byłam elektorem w wyborach Dziekana i Prodziekanów Wydziału Agrobioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie na kadencję 2016-2020 **(III.Q.1.)**

Byłam recenzentem 2 opublikowanych prac naukowych. Pierwsza praca autorstwa Michała Stręka i Arkadiusza Telesińskiego w czasopiśmie Acta Agrophysica . Druga praca autorstwa Klimczaka Michała w czasopiśmie „Badania i rozwój młodych naukowców w Polsce” **(III.P.)**.

Byłam współautorem prezentacji – „ Odpady = materiały pożyteczne , Czy zniszczone tereny pokopalniane mogą przemienić się w łąki” na XVII Pikniku Naukowym Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik, który odbył się 15 czerwca 2013 roku w Warszawie **(III.Q.3.)**.

Dwukrotnie brałam czynny udział w XIII i XIV Lubelskim Festiwalu Nauki, jako kierownik projektu pt. „ Odpady – materiały pożyteczne. Czy zniszczone tereny pokopalniane mogą przemienić się w łąki” **(III.Q.4.; III.Q.5.)**.

Uczestniczyłam jako kierownik projektu pt. „Wykorzystanie biotestów w ocenie działań inżynierskich na środowisko” na Dniach Otwartych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w 2018 roku i w 2019 roku oraz byłam wykonawcą projektu pt. „Tempo przemieszczania zanieczyszczeń w środowisku” w 2018 roku **(III.Q.7.; III.Q.8.)**.

Byłam także członkiem Komitetu Organizacyjnego Konferencji Naukowej „Odpady w kształtowaniu i inżynierii środowiska”, Lublin-Janów Lubelski, 16-18.06.2009r. **(III.Q.9.)** oraz członkiem Komitetu Organizacyjnego Konferencji naukowej „Gleby – zagrożenia, ochrona i rekultywacja”, Lublin-Urszulin, 21-22.06.2018r. **(III.Q.10.)**.

W czerwcu 2018 roku reaktywowane zostało Studenckiego Koła Naukowego Inżynierii Środowiska, którego zostałam opiekunem **(III.Q.11.)**.

8. INNE OSIĄGNIĘCIA

W 2013 roku otrzymałam Certyfikat uczestnictwa w szkoleniu „ Nowe środki ulepszania gleby do redukcji zanieczyszczeń i rewitalizacji ekosystemu glebowego” . Projekt realizowany z udziałem Instrumentu Finansowego LIFE+Uni Europejskiej oraz

dofinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej **(III.Q.12.)**.

Posiadam także Certyfikat z języka angielskiego CERTYFICATE ENGLISH TELC LANGUAGE TESTS B1 **(III.Q.12.)**.

Uczestniczyłam w IV Konwersatorium z cyklu „Polska wieś w XXI wieku” – „Ziemia jako wartość ekonomiczna, kulturowa i sentymentalna”, które odbyło się 30 października 2013 r. w Warszawie **(III.Q.2.)**.

Lublin, 18.03.2019r.

Marta Bik-Małodzińska