

Zielona Góra, dnia 22.04.2018 r.

## OPINIA

*o pracy doktorskiej mgr inż. Justyny Likus-Cieślik pt. „Wpływ podwyższonego stężenia siarki mineralnej na kształtowanie się właściwości gleb i roślinności na zrehabilitowanych dla leśnictwa terenach po kopalni „Jeziórko”; promotor: prof. dr hab. inż. Marcin Pietrzykowski, promotor pomocniczy: dr inż. Marta Szostak; miejsce obrony: Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie*

### 1. Podstawa formalno-prawna opinii

Opinia o pracy doktorskiej mgr inż. Justyny Likus-Cieślik pt. „Wpływ podwyższonego stężenia siarki mineralnej na kształtowanie się właściwości gleb i roślinności na zrehabilitowanych dla leśnictwa terenach po kopalni „Jeziórko” została wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie. Warunki wykonania pracy określono w Umowie o dzieło z dnia 9 kwietnia 2018 r. (nr DZP 291/334/2018), sporządzonej po podjęciu w dniu 21 marca 2018 r. stosownej Uchwały przez Radę Wydziału, powołującej moją osobę na recenzenta pracy doktorskiej (Uchwała RW nr 21/2018).

### 2. Ocena celowości prowadzenia pracy doktorskiej

W temacie pracy badawczej, prowadzonej przez mgr inż. Justynę Likus-Cieślik zawarto badania stanu i funkcjonalności gleb terenów pokopalnianych, zrehabilitowanych dla leśnictwa – bardzo ważny problem zarówno z naukowego, gospodarczego, ekonomicznego, prawnego, jak środowiskowego punktu widzenia.

Zgodnie z opublikowanymi przez GUS danymi statystycznymi, powierzchnia gruntów zdegradowanych i zdewastowanych w Polsce wynosiła na koniec 2016 roku 64.651 ha. To wskaźnik nie-dużo zmieniający się w ostatnich 10 latach, co oznacza, że proces negatywnych zmian odnoszących się do powierzchni ziemi nie zmniejsza się, a działania człowieka zmierzające do odwrócenia tego stanu ledwie za nimi nadążają. W roku 2016 zrehabilitowano 1.449 ha gruntów, a zagospodarowano 587 ha (GUS, RS 2017), co jest wynikiem odbiegającym in minus od średniej z wielolecia. W ramach prowadzonych prac rekultywacyjnych, dla 282 ha wybrano kierunek leśny, natomiast dla 925 ha kierunek rolny, przy czym zagospodarowano odpowiednio 367 ha na cele rolnicze i 137 ha na cele leśne (GUS, RSR 2017). Górnictwo siarki, chociaż zajmujące niewiele ponad 800 ha jest związane ze szczególnie silnym przekształceniem gleb, z pozostawieniem powierzchni pokrytej materiałami o skrajnie niskim pH. Są one bardzo trudne do zagospodarowania, stanowiąc przy tym realne zagrożenie środowiskowe. Wszystko to oznacza, że w sferze usuwania skutków degradacji gruntów nadal zostaje duże pole do działania dla kolejnych badaczy i praktyków, a nawet ich pokoleń.

Na terenach o potencjalnie dużym zagrożeniu procesami degradacyjnymi (wywołanymi m.in. erozją oraz toksycznością gruntów – w tym o skrajnie niskim pH), także na nowo zagospodarowywanych terenach przemysłowych zakłada się lasy, głównie o charakterze ochronnym. Pola uprawne organizuje się raczej na terenach niezagrażonych intensywnymi procesami degradacyjnymi. Rzadziej wybiera się też inne kierunki rekultywacji. Na koniec roku 2016 w Polsce lasy ochronne zajmowały powierzchnię 3.776 tys. ha, z czego 323 tys. ha były to lasy glebochronne (GUS 2017).

Uogólniając, należy stwierdzić, że problem ochrony gleb poprzez świadome działanie leśników jest traktowany przez to środowisko poważnie i znajduje realne odzwierciedlenie w praktyce gospodarki leśnej.

Krajowa gospodarka leśna jest wspomagana przez naukę polską, czego przykładem są liczne opracowania pracowników naukowych wydziałów leśnych uczelni wyższych, w tym Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie. W zakresie zagadnień rekultywacji terenów przemysłowych, po profesorach (a także u ich boku): Skawinie, Krzaklewskim, Pietrzykowskim, rośnie kolejne pokolenie badaczy, czego ilustracją jest przedstawiony do recenzji doktorat.

Konkludując, autorka słusznie wybrała jako obiekt badań naukowych tereny przemysłowe, z których rekultywacją nadal są problemy, zarówno w naszym kraju jak za jego granicami. Słusznie też zajęła się szczególnie trudnymi gruntami zaszarczonymi – będącymi wyzwaniem stojącym przed nauką i praktyką rekultywacyjną. Rejon podkarpacki jest głównym obszarem historycznego i współczesnego pozyskiwania siarki rodzimej w Polsce. Kopalnia Siarki „Jeziórko” funkcjonująca od roku 1966 do 2001 należąca do Kopalni Siarki "Machów" S.A. to właściwie dobrany teren badań nad rekultywacją gruntów fitotoksycznie kwaśnych.

### **3. Ocena układu pracy doktorskiej**

Praca przedstawiona do recenzji jest kompilacją sześciu artykułów, zebranych w jednotematyczny cykl, poprzedzonych autoreferatem. W wielu ośrodkach naukowych nadal preferowany jest model standardowy doktoratu, oparty o zwartą pracę tematyczną. Artykuły naukowe pełnią w takim postępowaniu rolę dodatkowego potwierdzenia aktywności naukowej. W mojej opinii, prezentowany w niniejszej dysertacji układ wychodzi naprzeciw nowej wizji pracy naukowej, w której na plan pierwszy wychodzi aktywność projektowa i publikacyjna, a stopnie są naturalnym podsumowaniem osiągniętych etapów w trakcie rozwoju naukowego. Jest to także wyjście naprzeciw nowym rozstrzygnięciom ewaluacyjnym dyscyplin naukowych w naszym kraju.

Całość opracowania zajmuje 95 stron, z czego 23 strony zajmuje autoreferat, a 66 – załączniki w postaci sześciu opublikowanych artykułów naukowych. Artykuły naukowe są zasadniczą częścią dysertacji, zawierając opisy i wyniki badań nad rozwiązaniem problemu postawionego w hipotezie badawczej i celach badań. Dodatkowo w pracy umieszczono oświadczenia o udziale autorskim w każdym z prezentowanych artykułów.

### **4. Ocena szczegółowa zawartości pracy doktorskiej**

#### **4.1. Autoreferat**

Autoreferat jest kompilacją opisywanego problemu naukowego, metod badawczych, wyników i wniosków ułatwiających rozeznanie się w całości opracowania. Układ autoreferatu odzwierciedla prace wykonane przez autorkę i opisane w kolejnych artykułach opublikowanych w czasopiśmie naukowych. Lepiej, moim zdaniem byłoby zastosować w tym przypadku układ niezależny od kolejnych artykułów, a raczej zbierający z nich informacje z poszerzeniem w sposób monograficzny.

#### **4.1.1. Wstęp**

Praca w tej części została podbudowana literaturowo 30 pozycjami literaturowymi, z czego 13 anglojęzycznymi, 1 aktem prawnym i 16 opracowaniami w języku polskim. Autorka naświetliła tło statystyczne degradacji i dewastacji gruntów w Polsce, a także zagadnienia eksploatacji siarki oraz rekultywacji terenów pokopalnianych.

We wstępie należało moim zdaniem zawrzeć też inne przykłady prowadzonej w Polsce i poza jej granicami rekultywacji pokopalnianych gruntów fitotoksycznie kwaśnych. Dałoby to czytelnikom szerszy pogląd na opisywaną problematykę.

Uwagi szczegółowe:

- str. 5 – „*W Polsce większość, tj. około 60% wszystkich gruntów przemysłowych rekultywana jest w kierunku leśnym*”; jest to stan od wielu lat nieaktualny – ostatnio odnotowany około roku 2005; od roku 2007 dominuje kierunek rolniczy;  
w pracy autorka używa w licznych miejscach zwroty typu: „*stopień skażenia siarką jest znaczny*”, „*skażeniem siarką gleb*” itd. – zwrot „skażenie” oznacza stan przekroczenia ustalonego normatywu dla czystego elementu środowiska przyrodniczego, co przynosi skutki dla jego funkcjonowania ale także nakłada obowiązki na właściciela terenu – ponieważ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi nie ujmuje zawartości siarki, bardziej poprawnym byłby zapis „*koncentracja/zawartość siarki jest znaczna*”, „*dużą zawartością siarki*” itd. Rozumiem, że oceny stanu gleb w opisywanym kontekście dokonano w odniesieniu do opracowania IUNG z 1995 r., tym niemniej współczesne istnienie opracowania normatywnego jest tutaj kluczowe (w roku 1995 takiego nie było stąd oceny opierano o quasi-normatywne wskazania IUNG).

#### **4.1.2. Cel pracy i hipotezy badawcze**

W pracy postawiono główną hipotezę badawczą w postaci „*skażenie gleb siarką występujące punktowo, pomimo wykonanej rekultywacji i zalesienia na terenach po kopalni siarki, wywiera znaczny wpływ na biogeochemię środowiska leśnego, w tym chemizm gleb i wód powierzchniowych oraz reakcję fitocenozy*”; raczej skłaniałbym się do zapisu: „*duża zawartość siarki w glebach, pomimo wykonanej rekultywacji i zalesienia terenów po kopalni siarki, lokalnie wpływa znacząco na biogeochemię środowiska leśnego*”.

Opisane kolejno cele szczegółowe, choć merytorycznie prawidłowe, należałoby moim zdaniem przeredagować; zostały one zapisane stosując zbyt rozbudowane zdania, z niepotrzebnymi w tym miejscu dodatkowymi wyjaśnieniami.

W opisywanym rozdziale autorka wymieniła artykuły stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej, podając przy każdym podstawową linię badawczą w nich zilustrowaną. Pośród 6 wymienionych pozycji 3 znajdują się na liście A MNiSW, charakteryzując się wskaźnikiem IF: 1,687, 2,741 i 1,702, 2 na liście B MNiSW, z 14 i 7 punktami, a 1 opublikowano w formie rozdziału monografii. W końcowej części rozdziału autorka opisała zakres współpracy w ramach realizowanego tematu z innymi pracownikami naukowymi, zaznaczając przy tym, że Jej rola w badaniach i realizacji dysertacji była wiodąca we wszystkich aspektach.

W moim przekonaniu dwa ostatnie elementy rozdziału mogłyby być wydzielone do osobnego podrozdziału, gdyż nie do końca mieszczą się w opisie celu pracy i hipotez badawczych.

#### **4.1.3. Charakterystyka terenu badań**

Autorka w rozdziale opisała krótko historię rekultywacji prowadzonej na obszarze byłej Kopalni Siarki „Jeziórko” – objętym badaniami, wyszczególniając wykonane prace fazy technicznej i biologicznej. Pomimo dużego zaangażowania sił i środków efekt działań okazał się na niektórych powierzchniach cząstkowych niewłaściwy. Stan ten został opisany w artykułach naukowych, będących główną częścią dysertacji, na co wskazują podane w rozdziale odnośniki literaturowe. Zda-

niem doktorantki rozpoznanie przyczyn i skutków takiego stanu rzeczy jest ważne dla nauki i praktyki, a tym samym może być podstawą działań realizowanych w ramach pracy doktorskiej. W pełni zgadzam się z takim postrzeganiem problemu.

Powierzchnie badawcze zlokalizowano na zalesionym terenie pokopalnianym Leśnictwa Stale, o różnym stanie gleb, roślin i wód powierzchniowych. Tym samym uzyskano możliwość porównania zróżnicowanego środowiska porekultywacyjnego, co z założenia ma doprowadzić do wyciągnięcia prawidłowych wniosków z badań. Z tego punktu widzenia oceniam wybór powierzchni jako prawidłowy.

Drugim elementem prac badawczych było doświadczenie wazonowe przeprowadzone w warunkach kontrolowanych. Również ten element działań oceniam wysoko z uwagi na możliwość ukazania tą drogą efektywności procesów, w warunkach polowych wykazujących duże wahania, co nieraz utrudnia wyciąganie wniosków.

Uwagi szczegółowe:

- str. 11 – sugerowałbym zamieszczenie w autoreferacie zdjęć lotniczych o większych wymiarach, celem lepszego ukazania czytelnikowi obszaru badań.

#### **4.1.4. *Metodyka badań i wyniki***

Bardzo nietypowe zestawienie informacji – „o wszystkim w jednym miejscu”, ewidentnie utrudniające czytanie rozdziału. W swojej opinii pozwolę sobie wydobyć i rozdzielić elementy metodyczne oraz wyniki badań doktorantki.

##### ***Metodyka badań***

Wyznaczenie pól badawczych i punktów badawczych oceniam jako prawidłowe. Nieczytelna jest dla mnie natomiast metodyka poboru próbek glebowych – z wierzchniej warstwy (0-20 cm). Mam w tym elemencie pytanie, czy miąższość ta obejmowała jednorodny materiał poziomu glebowego, czy zostały wymieszane materiały pochodzące z różnych poziomów. Dodatkowo, w prezentowanej pracy pojawia się część o odmiennej metodzie poboru próbek – z poziomów 0-5 i 5-40 cm. Pytanie, jakie to były poziomy (czy może warstwy)? Poziom i warstwa to także wyrazy, które często są w pracy traktowane zamiennie, a nie powinny. Analiza pokrywy roślinnej dokonana została prawidłowo. Dokonanie oceny zawartości siarki w powierzchniowych poziomach glebowych w oparciu o wytyczne IUNG (1995) jest prawidłowe z uwagi na brak innych opracowań w tym zakresie. Tym niemniej, w oparciu o opracowanie nienormatywne nie można w moim przekonaniu gleby nazwać skażoną zwłaszcza, gdy równolegle funkcjonuje normatyw prawny w postaci Rozporządzenia Min. Środ. Metody analiz właściwości i opracowania wyników zostały dobrane właściwie.

##### ***Wyniki badań***

###### **Gleby**

Autorka wskazała na szeroki zakres pH analizowanych gleb, 2,6 do 7,6 co może oznaczać wady wykonanych działań rekultywacyjnych i jest niestety powszechnie obserwowane w praktyce wobec terenów rekultywowanych. Równie szeroki zakres podano w odniesieniu do przewodności właściwej roztworów glebowych z tym, że  $15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  jest moim zdaniem wynikiem dziwnym, nieraz notowanym w odniesieniu do wody destylowanej i wód torfowisk wysokich, o niskim stopniu rozkładu materii organicznej. Poziom  $0,2 \text{ mS cm}^{-1}$  to z kolei wynik standardowy, przy którym nawet rośliny ozdobne nie wykazują nieprawidłowości wzrostu i rozwoju. Jedynie niektóre gatunki roślin siedlisk skrajnie ubogich i roślin wodnych mogłyby nie akceptować gleb czy gruntów pod wodami o takiej przewodności właściwej. Zawartość siarki wyznaczono jako obecną w ilościach od śladowych do 4,6%. Zgodnie z przewidywaniami zawartość siarki korelowała pozytywnie z PEW, natomiast nietypowa jest również pozytywna korelacja z pH (str. 13). Autorka tłumaczy ją neutralizacją w efekcie wapnowania. Zgadzam się z tą tezą, aczkolwiek należałoby ją

w moim przekonaniu szerzej wyjaśnić, zwłaszcza w kontekście nierównomierności rozkładu zawartości siarki w glebie. Na ryc. 2 widoczna jest konsekwencja zanieczyszczeń eksploatacyjnych w postaci ukształtowania się wyraźnej strefy wysokiej zawartości S w postaci pasma.

Na wadliwe przeprowadzenie rekultywacji słusznie zwróciła uwagę doktorantka na stronie 14.

Podrozdział 4.3 *Właściwości gleb i ocena roślinności* jest dla mnie mało czytelny – część to wskazania metodyczne, część analiza szaty roślinnej i modelowanie przestrzenne, część wyniki badań glebowych, innych w stosunku do wcześniej opisywanych. Należałoby moim zdaniem uporządkować ukazane dane, ujmując je w dedykowanych podrozdziałach.

Uwagi szczegółowe:

- str. 17 – opisane cechy to nie właściwości powierzchni;  $50 \text{ mg S} \cdot \text{kg}^{-1}$  to nie duża zawartość,  $6,5 \text{ pH}$  nie charakteryzuje gleb silnie zakwaszonych, a  $0,01\text{-}0,1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  to nie wskaźnik wysokiego zasolenia (w tym przypadku o ile w ogóle zasolenia); „*Występujące niekorzystne właściwości gleb były powodem znacznego osłabienia wzrostu lub nawet zamierania zalesień*” – zbyt ogólnie, dane konkretnie wskazują na odczyn i małą zasobność gleb;
- str. 18 – „*To oczywiście w porównaniu do setek hektarów terenów zrehabilitowanych efektywnie może wydawać się niewiele, niemniej tereny te stanowią o wyjątkowości odtwarzanego układu bioekologicznego i wartości dla badań reakcji roślin na stres środowiskowy i cykl biogeochemiczny siarki w skażonym środowisku*”; można odnieść ciekawe wrażenie, że osiągnięto dobry efekt wskutek wadliwie przeprowadzonej rekultywacji.

#### Wody powierzchniowe

Autorka słusznie zauważyła, że zarówno eksploatacja siarki, jak intensywnie prowadzona rekultywacja z zastosowaniem dużych dawek wapna mogą wpływać znacząco na stan wód powierzchniowych na badanym obszarze. W badanych wodach stwierdzono tak większą niż standardowa zawartość siarczanów, jak też większe niż standardowe wartości PEW od  $0,1$  do  $0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ . W tym jednak konkretnym przypadku, PEW raczej nie wskazuje na zasolenie wód, a ich lekkie zakwaszenie (to nie  $\text{CaSO}_4$  wywołało niższe wartości pH – str. 15-16).

Uwagi szczegółowe:

- str. 12 – wielkością charakteryzującą przewodnictwo elektryczne elektrolitów (zjawisko) jest przewodność elektryczna właściwa, podawana np. w  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ;
- str. 14 – miejsca o większej zawartości siarki nie są rozłożone nieregularnie i w sposób rozproszony; wręcz przeciwnie – tworzą czytelne pasmo;
- str. 17 – ryc. 4 – powierzchnie badawcze oznaczono kropkami, czy w skali rysunku powierzchnie kołowe o  $r=5,64 \text{ m}$  są wielkości tych kropek?

#### Roślinność (podrozdział 4.4)

Powierzchnie zdegradowane cechowały się obecnością na nich drzew o osłabionym wzroście. Odnotowano także mniejsze zagęszczenie wobec terenów zrehabilitowanych i zalesionych kategorii P i B.

Autorka opisała, że na terenach zrehabilitowanych odnotowano na ogół prawidłowy skład chemiczny liści drzew. Nadmieniła przy tym, że azot był w deficycie, mieszcząc się w granicach  $1,11\text{-}1,12\%$  dla igieł sosny i  $1,71\%$  dla liści brzozy. W liściach trzcinnika piaskowego odnotowano z kolei deficytową zawartość N i P. Nie odnotowano wzmożonego pobierania siarki przez liście trzcinnika piaskowego, porównując powierzchnie D, P i B. Ciekawą informacją jest odmiennosc reakcji drzew i trzcinnika, który to nie zareagował wzmożonym pobraniem S przy wzroście zawartości tego pierwiastka w glebie, podczas gdy drzewa wykazały taką reakcję.

Uwagi szczegółowe:

- część opisu to wskazania metodyczne, które powinny się znaleźć w innym miejscu;
- str. 18 – sformułowanie „*aparatus fotosyntetyczny*” powinien moim zdaniem być zastąpiony prostym wskazaniem na liście drzew i roślin zielnych;  
nie rozumiem wskazania, że pobrano próbki liści drzew oraz próbki mieszane liści trzcinnika – według mnie wszystkie próbki były mieszane;  
myślę, że przy deficycie N w liściach roślin nie można napisać o prawidłowym zaopatrzeniu drzew w składniki.

#### Doświadczenie wazonowe (Podrozdział 4.5)

Co do układu tej części autoreferatu, czytelnik może odnieść wrażenie, że jest to część niezależna od reszty opracowania – ze swoimi hipotezami i metodyką. Ponieważ ja ją odczytuję jako część spójnej całości wolałbym znaleźć hipotezy tylko w rozdziale 2, a metodykę tylko w rozdziałach 3 i 4, bez ich powtarzania na stronach 19-20.

Merytorycznie, przeprowadzono ciekawy eksperyment, którego efektem było opisanie dynamiki utleniania i wypłukiwania siarki z substratów glebowych oraz jej obecność w roztworze glebowym, w warunkach kontrolowanych. Postawiono sobie za cel sprawdzenie poprawności postawionych hipotez badawczych wskazujących na możliwe relacje:

- dodatek materii organicznej w postaci liści (pobrane z opadu podkoronowego w drzewostanach sosnowych i brzożowych, tj. gatunków użytych na terenach rekultywowanych) wywiera wpływ na dynamikę chemizmu roztworu glebowego i wypłukiwanie siarki mineralnej ze skażonych gleb pogórnicych oraz aktywność mikrobiologiczną substratów glebowych;
- powyższy wpływ na dynamikę chemizmu roztworu glebowego i wypłukiwania siarki mineralnej ze skażonych gleb pogórnicych różni się w zależności od rodzaju materii organicznej, tj. opadu podkoronowego danego gatunku drzewa (sosny zwyczajnej lub brzozy brodawkowatej) wprowadzanych na przedmiotowym terenie w ramach zalesień.

Otrzymano wyniki świadczące o wzmożeniu wypłukiwania pierwiastków, w tym siarki z gleb testowych pod wpływem ściółki. Odnotowano również niską aktywność respiracyjną gleb, co przy niskim pH jest częstym zjawiskiem o dużym znaczeniu, ograniczającym tempo pedogenezy na terenach rekultywowanych. Doświadczenie wykazało wieloczynnikowość degradacji gleb zasiarzonych, wynikiem czego są liczne wady fizyki, chemizmu i biologii Technosoli.

Uwagi szczegółowe:

- str. 21 – „*W przypadku substratu o niższej koncentracji siarki (LS) nastąpiło znacznie większe obniżenie wartości PEW, w porównaniu do kompozytu z substratem HS, co może świadczyć o trudności wypłukiwania soli z gleby o bardzo dużej koncentracji siarki*”; tak, pod warunkiem, że PEW nie jest warunkowane zakwaszenia gleby;

#### **4.1.5. Podsumowanie i wnioski**

Autorka zebrała wnioski z badań w 5 wypunktowanych sentencjach. Zauważyła w nich:

- zróżnicowanie gleb badanych terenów zarówno pod względem zawartości S, pH oraz PEW, co dokumentuje wady działań rekultywacyjnych;
- wpływ właściwości gleb badanych terenów na wody powierzchniowe;
- zróżnicowanie oddziaływań między ściółką a zasiarzoną mineralną matrycą glebową;
- akceptowalne parametry wzrostu i rozwoju roślin przy prawidłowo przeprowadzonej neutralizacji gleb z użyciem wysokich dawek wapna;
- wysoką tolerancję trzcinnika piaskowego na dużą zawartość siarki w glebie.

Wnioski uznaję za prawidłowe, wynikające z prowadzonych badań oraz istotne dla pracy naukowej oraz praktyki rekultywacyjnej.

#### **4.1.6. Literatura**

Autorka wyszukała i poprawnie użyła w pisaniu autoreferatu 30 pozycji literatury, bardzo ściśle powiązanej z tematem badań. Brakuje mi w tym zakresie jednak innych opracowań – o charakterze uogólniającym – opisujących podobne problemy na innych terenach pogórnicych, np. związanych z wydobywaniem węgla brunatnego. W wielu miejscach stwierdzone tam jest również duże zasiarzenie gleb przez biochemiczne przekształcenie zawartych w nadkładzie piryków i markazyków.

#### **4.1.7. Uwagi redakcyjne**

Z uwagi na charakter dysertacji, uwagi redakcyjne przedstawiam jedynie do autoreferatu. Poszczególne artykuły naukowe zostały pod tym względem ocenione przez wydawnictwa przyjmujące je do publikacji, zgodnie ze swoimi zasadami.

- str. 4 – po sformułowaniu „zgodnie z zapisami prawa”, cytowanie definicji ustawowej powinno być przywołane in extenso i wyodrębnione cudzysłowem bądź tekstem pochyłym;
- str. 5 – „gleba technogeniczna” – zwrot jest znany w klasyfikacji WRB (Technosols), w Polsce natomiast używany jest inny – gleby antropogeniczne / industrioziemy; „kompakcja” – lepiej zagęszczenie lub ubicie; „terenów posiarkowych” – terenów pokopalnianych, związanych z wydobyciem siarki;
- str. 6 – „stanu zaopatrzenia mineralnego drzew”; zawartości wybranych składników w ...
- str. 7 – „nadmiarowych stężeń” – dużych stężeń; „z ... substratów glebowych” – z gleb; „jako elementu bioakceleratora” ?
- str. 12 – „kompozycje mapowe” ? „Esri” – chyba lepiej ESRI – to skrót od Environmental Systems Research Institute; punkty, zajmujące ...% powierzchni, o odczynie ... – to nie są cechy punktów;
- str. 18 – „aparatus fotosyntetyczny” – liście;
- str. 19 – „wpływ materii organicznej w postaci ściółki” – lepiej po prostu „wpływ ściółki”;
- str. 20 – „kompozyt” – niewłaściwie użyte określenie;

Zdania o moim zdaniem niepoprawnej gramatyce lub z niewłaściwie zastosowanymi zwrotami zaznaczyłem bezpośrednio w pliku pdf, o nazwie Rozprawa\_publicacje\_Likus-Cieslik (recenzja AGreinert).

## 4.2. Załączniki – cykl artykułów naukowych

Cykl sześciu artykułów naukowych, opublikowanych w recenzowanych czasopismach to główny element przedstawionej do recenzji dysertacji. Co prawda nie znajdujemy wśród nich żadnej pozycji jedno autorskiej, to jednak we wszystkich udział doktorantki jest dominujący – wynoszący odpowiednio, wg kolejności prezentowanych prac: 70, 90, 60, 80, 90 i 80%. Każde to sędzić, że doktorantka dobrze opanowała warsztat badawczy, zarówno pod kątem rozpoznania literaturowego opisywanych problemów, konstrukcji doświadczeń, metodyki badań, obserwacji, analiz właściwości elementów środowiska przyrodniczego, jak dyskusji uzyskanych wyników z pracami innych badaczy i wyciągania wniosków z przeprowadzonych prac.

Uwaga ogólna – artykuły zostały opublikowane w czasopismach z listy A i B MNiSW oraz w recenzowanej monografii. Wszystkie one przeszły gruntowną procedurę recenzowania, zgodnie z zapisami upublicznonymi przez poszczególnych wydawców. Nie widzę więc potrzeby wykonania standardowo rozumianej recenzji tych pozycji, co mogłoby być odczytane jako polemika z recenzentami artykułów, a nie o to chodzi w recenzji pracy doktorskiej. Skupię się więc na wskazaniu głównych elementów załączonych prac, ukazując poprawność ich współwystępowania w cyklu stanowiącym dysertację.

1. Likus-Cieślak J., Pietrzykowski M., Szostak M., Szulczewski M. 2017. Spatial distribution and concentration of sulfur in relation to vegetation cover and soil properties on a reclaimed sulfur mine site (Southern Poland), *Environmental Monitoring and Assessment* 189:87, DOI: 10.1007/s10661-017-5803-z; (lista A MNiSW 25 pkt., IF 1.687)

Artykuł został napisany w języku angielskim, na 12 stronach, w formacie tekstu przyjętym w wydawnictwach Springera. Ma jasno wydzielone części wprowadzenia, opisu materiału i metod, wyników badań, dyskusji i wniosków. Całość została poparta 42 pozycjami literatury światowej, w tym 9 anglojęzycznymi pozycjami autorstwa polskich naukowców.

Autorzy opisali badania nad rozpoznaniem wielkości i rozkładu przestrzennego stężenia siarki w warstwie powierzchniowej gleb (0-20 cm) oraz zależności między stężeniem siarki, pH gleby, przewodnością elektryczną i pokrywą roślinną na zrehabilitowanych terenach po kopalniach siarki. Uzyskali wyniki świadczące o tym, że rekultywacyjne zastosowanie wapna jako neutralizatora silnie kwaśnych Technosoli nie było wykonane właściwie, a tym samym nie wykazało pełnej skuteczności. Na badanej powierzchni zaobserwowano miejsca o zawartości siarki powyżej

500 mg kg<sup>-1</sup>. Zauważono także nierównomierny rozkład pozostałych spośród badanych właściwości gleb (pH, EC). Obserwacje wyraźnego wpływu zawartości siarki w glebie na wzrost i rozwój roślin – ograniczenie wegetacji przy wysokich stężeniach siarki w glebie kazało autorom przyjąć wnioski, że rekultywacja w kierunku leśnym opisywanych terenów nie zakończyła się pełnym sukcesem. Wskazano jednak na fakt stosunkowo niedużej powierzchni z wyraźnymi złymi właściwościami gleb, przekładającymi się na ich fitotoksyczność wobec ogółu powierzchni rekultywowanej.

W toku przygotowania materiału do publikacji przeprowadzono badania polowe i laboratoryjne, posługując się przy tym nowoczesną metodyką i technikami analitycznymi. Wyniki badań przedstawiono w schludnej, czytelnej formie, posiłkując się przy tym nowoczesnym warształem informatycznym.

2. Likus-Cieślak J., Pietrzykowski M. 2017. Ocena hydrochemiczna wód powierzchniowych na zreultywowanym i zalesionym obszarze kopalni siarki „Jeziórko”, [w:] M. Czop, M. Kajda-Szcześniak (red.), *Współczesne Problemy Ochrony Środowiska IV*, str. 41-46; (rozdział w monografii zgodnie z oceną parametryczną jednostek naukowych 4 pkt.)

Artykuł został napisany w języku polskim, na 6 stronach, w formie tekstu przyjętym w wydawnictwie. Ma jasno wydzielone części wstępu, opisu materiału i metod, wyników badań i dyskusji oraz podsumowania. Całość została poparta 18 pozycjami literatury, w tym 4 zagranicznymi.

Autorzy skupili się w artykule na charakterystyce hydrochemicznej wód powierzchniowych występujących na terenie zreultywowanym i zalesionym po otworowej kopalni siarki Jeziórko. Zauważyli, że należyce prowadzona rekultywacja ma nie tylko odbudować gleby obszaru rekultywowanego lecz także zapewnić należyty stan wód gruntowych i powierzchniowych. Jest to słuszne twierdzenie, nieraz pomijane, czego efekty często obserwuję na obszarach po kopalniach węgla brunatnego, w postaci silnego zakwaszenia wód zbiorników antropogenicznych. Stwierdzono powszechne występowanie wód o odczynie obojętnym i zasadowym, jednak w niektórych próbkach odnotowano także kwaśny odczyn wód. Odnotowano obecność w wodach jonów, będących wypadkową prowadzonego na terenie wydobywania siarki oraz rekultywacji terenu pokopalnianego z użyciem dużych dawek wapna. Efektem była stwierdzona znaczna mineralizacja wód. Ukazano także obraz podwyższenia PEW (w całości spektrum badawczego) i pH (z wyjątkiem niektórych miejsc). Badania pozwoliły autorom zaklasyfikować wody terenu badanego do grup wód siarczanowo-wapniowych oraz siarczanowo-wapniowo-sodowych.

Autorzy zastosowali w toku pracy właściwe metody i narzędzia analityczne, ze szczególnym naciskiem na dobrze zaplanowane i wykonane pobory próbek i analizy laboratoryjne składu chemicznego wód. Dało to wynik w postaci zebrania danych, które następnie w czytelny sposób zostały opisane w artykule.

3. Likus-Cieślak J., Pietrzykowski M., Śliwińska-Siuśta M., Krzaklewski W., Szostak M. 2015. A preliminary assessment of soil Sulphur contamination and vegetations in the vicinity of former boreholes on the afforested post-mine site Jeziórko, *Geology, Geophysics & Environment* 41(4): 371-380, DOI: 10.7494/geol.2015.41.4.371; (lista B MNiSW 14 pkt.)

Artykuł został napisany w języku angielskim, na 10 stronach, w formie tekstu przyjętym w wydawnictwie AGH. Ma jasno wydzielone części wprowadzenia, opisu metod, charakterystyki obiektu badań, wyników badań, dyskusji i wniosków. Całość została poparta 29 pozycjami literatury, w tym 6 zagranicznymi.

W pracy autorzy skupili się na ocenie stopnia zanieczyszczenia siarką gleb okolic nieczynnych odwiertów kopalnianych kopalni „Jeziórko”. Części analizowanego obszaru podzielono na kategorie funkcjonalno-użytkowe dla obszarów pokopalnianych: kategoria D – teren zdegradowany, kategoria (P) – teren z borem sosnowym i kategoria (B) – teren z lasem brzoźowym. Wykazano znaczące zróżnicowanie terenów w poszczególnych kategoriach. Gleby z części D charakteryzowały się dużą zawartością siarki w glebach, znaczną przewodnością elektryczną roztworu glebowego i silną kwasowością wierzchnich poziomów glebowych. Na tej podstawie określono, że efekt



niegdyś przeprowadzonej rekultywacji całego terenu nie był zadowalający, a główną wadą było niedopasowanie wykonanych prac do zróżnicowanych warunków lokalnych. Drzewa sosny (P) i brzozy (B) charakteryzowały się dobrymi wskaźnikami wzrostu przy pożądanej charakterystyce gleb, co wskazuje, że na tych częściach obszaru zabiegi rekultywacyjne zakończyły się pomyślnie. Autorzy do realizacji zadań nakreślonych ramami artykułu zastosowali nowoczesną metodykę i techniki analityczne, zarówno w fazie opisu terenu, jak analiz zebranego materiału. Jediną wątpliwość mam do tabeli 1, gdzie znajdujemy dwie właściwości Sh i TEB – oba odzwierciedlające sumę kationów wymiennych w glebie. Jak dla mnie sorpcję zwykło się opisywać przy pomocy HA (hydrolytic acidity), TEB (total exchangeable bases), CEC (cation exchange capacity) i BS (base saturation). Proszę o wyjaśnienie różnicy między podanymi dwoma wskaźnikami.

4. Likus-Cieślik J., Pietrzykowski M. 2017. Vegetation development and nutrients supply of trees in habitats with high sulfur concentration in reclaimed former sulfur mines Jeziórko (Southern Poland), *Environmental Science and Pollution Research* 24(25), 20556-20566, DOI: 10.1007/s11356-017-9638-5; (lista A MNiSW 30 pkt., IF 2.741)

Artykuł został napisany w języku angielskim, na 11 stronach, w formacie tekstu przyjętym w wydawnictwach Springera. Ma jasno wydzielone części wprowadzenia, opisu materiału i metod, wyników badań, dyskusji i wniosków. Całość została poparta 35 pozycjami literatury światowej, w tym 9 anglojęzycznymi pozycjami autorstwa polskich naukowców.

Autorzy w artykule zajęli się oceną wzrostu i rozwoju drzew (brzozy i sosny) oraz rośliny zielnej powszechnie występującej na terenach rekultywowanych – trzcinnika piaskowego, na terenach byłej kopalni siarki Jeziórko. Ukazano też skład gatunkowy roślin zielnych opisywanego obszaru. Wyniki analizy cech morfologicznych roślin oraz wybranych wskaźników morfometrycznych, ukazane na tle wybranych właściwości gleb, dały podstawę do stwierdzenia, że na terenach analogicznie wyznaczonych jak w poprzednim artykule: D, (B) i (P) wzrost i rozwój roślin jest zróżnicowany. Zróżnicowanie to, zdaniem autorów wynika zarówno z cech gatunkowych badanych roślin, jak też ze zmienności charakterystyk glebowych. Zaobserwowano zróżnicowanie zawartości N, P, S, pH, EC w glebach, co przełożyło się na zawartość składników w liściach roślin. Stwierdzono, że przy dobrze przeprowadzonych pracach rekultywacyjnych zarówno sosna jak brzoza rosną dobrze, nie wykazując dużych deficytów składników odżywczych. Na terenach zdegradowanych pobieranie składników było wyraźnie utrudnione, a w efekcie – wzrost i rozwój roślin wyraźnie słabsze.

Analizując warsztat badawczy oraz formę przekazu na uwagę zasługuje zastosowanie wspólnie często używanych technik analizy statystycznej wyników badań. Często (niestety) spotykam się z nadmiernym uwypuklaniem statystyki w badaniach środowiskowych, która zamiast być narzędziem staje się podmiotem prac. W tym przypadku wada ta nie występuje, a obróbka statystyczna uzyskanych wyników badań zasługuje na pochwałę.

5. Likus-Cieślik J., Pietrzykowski M. 2018. Post-mine sulfurous soil chemistry in leaching Experiment under controlled conditions at different tree species litter addition, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego Inżynieria Środowiska* 167 (47): 34-46 (Lista B MNiSW 7 pkt.)

Artykuł został napisany w języku angielskim, na 13 stronach, w formacie tekstu przyjętym w wydawnictwach Uniwersytetu Zielonogórskiego. Ma jasno wydzielone części wprowadzenia, opisu materiału i metod, wyników badań, dyskusji i wniosków. Całość została poparta 16 pozycjami literatury, w tym 7 zagranicznymi.

W artykule autorzy ukazali wpływ materii organicznej na chemizm gleb byłej kopalni siarki Jeziórko w oparciu o założone w tym celu doświadczenie wazonowe. Głównym celem założonego doświadczenia było systematyczne analizowanie odcieków powstających w wyniku filtracji wody podawanej na wierzch wazonów, po ich przejściu przez warstwy ściółki i materiału glebowego o różnej zawartości siarki. Wyniki wskazują, że szybkość i ilość wyługowanych pierwiastków

z analizowanych materiałów glebowych nie zależą od nałożonej na wierzch ściółki, a od zawartości siarki w tych materiałach. Tym samym autorzy stwierdzają, że sam wzrost zawartości materii organicznej w powierzchniowych poziomach Technosoli nie jest wystarczającym elementem skutecznej rekultywacji terenów po wydobyciu siarki. Konieczna jest neutralizacja gleb wysokimi dawkami wapna.

Analizując warsztat badawczy oraz formę przekazu informacji w artykule, chcę podkreślić dobre przedstawienie graficzne prezentowanych problemów. Zarówno wykresy (sześć), jak tabele (trzy) są czytelne, jasno ukazując czytelnikowi zauważone prawidłowości. Moją wątpliwość budzi stwierdzenie ogólne, że ściółka sosnowa ma właściwość podnoszenia pH gleby (str. 43), co jest sprzeczne z moją wiedzą o procesie bielnicowania gleb. Można było to inaczej ująć, że przy skrajnie niskim pH gleb, można odnotować wzrost pH z uwagi na fakt, że odcieki ze ściółki sosnowej choć są kwaśne to jednak nie w aż takim stopniu jaki charakteryzuje nieraz roztwory glebowe gleb zasiarczonych.

6. Likus-Cieślik J., Pietrzykowski M., Chodak M. 2018. Chemistry of sulfur-contaminated soil substrate from a former Frasch extraction method sulfur mine leachate with various forms of litter in a controlled experiment, *Water, Air, & Soil Pollution*, 229:71, DOI: 10.1007/s11270-018-3716-2 (Lista A MNiSW 25 pkt., IF 1.702)

Artykuł został napisany w języku angielskim, na 14 stronach, w formacie tekstu przyjętym w wydawnictwach Springera. Ma jasno wydzielone części wprowadzenia, opisu materiału i metod, wyników badań, dyskusji i wniosków. Całość została poparta 50 pozycjami literatury światowej, w tym 9 anglojęzycznymi pozycjami autorstwa polskich naukowców.

W artykule autorzy ukazali, analogicznie jak w poprzednio opisywanym, wpływ materii organicznej na chemizm gleb byłej kopalni siarki Jeziórko w oparciu o założone w tym celu doświadczenie wazonowe. W artykule tym jednak, w porównaniu z poprzednim, opisano znacznie większe spektrum analiz, w tym charakterystyki biochemiczne (basal respiration rate) i rozszerzoną analizę składu chemicznego ściółki i materiałów glebowych. Ukazano efekt w postaci uwalniania analizowanych pierwiastków chemicznych w toku rozkładu materii organicznej ściółki. Przeprowadzono także zaawansowaną analizę statystyczną uzyskanych wyników badań. Autorzy stwierdzają, że użycie ściółki sosnowej zmniejsza EC i zwiększa pH słabo zanieczyszczonych substratów. pH substratu pozostaje na niskim poziomie, fitotoksycznym (poniżej 3,0). Powoduje to niską aktywność biologiczną materiałów glebowych. Zastosowanie ściółki brzozonej zwiększa wymywanie N i Mg. Konkluzje co do rekultywacji obszarów po wydobyciu siarki są zbliżone do prezentowanych w opisie wcześniejszego materiału.

### **Uwagi końcowe do cyklu artykułów**

- Zaprezentowany cykl artykułów naukowych jest spójny, odnosząc się do kolejnych problemów środowiskowych towarzyszących rekultywacji terenów pokopalnianych, związanych z wydobyciem siarki rodzimej. Powiązanie artykułów w cykl jest właściwe zarówno ze względu na tożsamy obiekt badawczy, jak też wzajemnie przenikające się zagadnienia dotyczące pedosfery, hydrosfery i biosfery. Wypełnia to w moim przekonaniu w całej rozciągłości warunek stawiany formalnie wobec konieczności zaistnienia pozytywnej oceny spójności wewnętrznej prezentowanych materiałów.
- Warsztat badawczy autorów artykułów, a głównie osoby wiodącej – doktorantki nie tylko nie budzi zastrzeżeń. W wielu miejscach jest wręcz modelowy dla osoby starającej się o stopień doktora. Należy sądzić, że osoba ta jest w pełni przygotowana do samodzielnej pracy naukowej.
- Problematyka naukowa jest w cyklu artykułów zarysowana w bardzo czytelny sposób, nie tracąc przy tym na zaawansowaniu merytorycznym przekazywanych treści.
- Element do uzupełnienia – uważam, że czytelnikowi międzynarodowemu należy się informacja na temat przyjętej za IUNG klasyfikacji zawartości S w poziomach wierzchnich gleb, wskazująca na współczesną rangę tego opracowania jako naukowych wytycznych o charakterze quasi-

prawnym (tj. wykorzystywanych w ocenach środowiskowych z uwagi na brak innych) i braku prawnych regulacji tego zagadnienia na terenie Polski.

## 5. Konkluzja końcowa

Szczegółowy opis problemu rekultywacji gleb terenów pokopalnianych, związanych z wydobyciem siarki rodzimej wzbogaca wiedzę w zakresie geochemii i biologii terenów antropogenicznie przekształconych. Przedstawione opracowanie w postaci cyklu artykułów naukowych i autoreferatu jest skonstruowane w oparciu o bardzo dobry warsztat – badań polowych, laboratoryjnych i analizy wyników badań. Praca zawiera istotną informację w postaci uchwycenia relacji właściwości gleb do właściwości wód oraz wzrostu i rozwoju roślin, głównie leśnych. Poza ładunkiem wiedzy naukowej (gleba jako niezbędny element świata ożywionego i nieożywionego, w tym magazyn składników i bioreaktor), praca daje możliwość optymalizacji działań praktycznych na opisywanym terenie w odniesieniu do rekultywacji terenów degradowanych, ochrony powierzchni ziemi i zrównoważonego jej użytkowania.

Autorka w pracy nie ustrzegła się niedociągnięć. Pożądane moim zdaniem będzie wzbogacenie wiedzy o informacje zawarte w publikacjach wychodzących poza wąskie spektrum zainteresowań odnoszących się do terenów górniczych związanych z pozyskiwaniem jednego surowca. Biorąc jednak pod uwagę główne aspekty pracy doktorantki, który powinien odznaczać się umiejętnością prowadzenia badań, zaplanowania i przeprowadzenia analiz, po czym naukowego przedstawienia wyników, również na tle osiągnięć innych badaczy uważam, że Pani mgr inż. Justyna Likus-Cieślik te umiejętności wykazała.

Uważam, że przedstawiona praca mgr inż. Justyny Likus-Cieślik pt. *„Wpływ podwyższonego stężenia siarki mineralnej na kształtowanie się właściwości gleb i roślinności na zrekultywowanych dla leśnictwa terenach po kopalni „Jeziórko”* odpowiada wymogom stawianym pracom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz.U. z 2017 r., poz. 1789, z późn. zm.), w związku z czym wnioskuję o dopuszczenie jej autorki do publicznej obrony.



dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. UZ