

Dr hab. inż. Marcin Chodak  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska

## **Recenzja**

pracy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Wosia p.t.  
„Oddziaływanie glebotwórcze wybranych gatunków drzew leśnych w warunkach  
zróżnicowanych litologicznie obiektów pogórnich”

### **1. Ocena problematyki badawczej rozprawy**

Działalność przemysłowa prowadzić może do degradacji i dewastacji rozległych terenów. Tereny takie podlegają rekultywacji, a jednym z głównych kierunków rekultywacji w Polsce jest kierunek leśny. Zadaniem nadrzędnym rekultywacji leśnej jest wytworzenie produktywnych i stabilnych ekosystemów z prawidłowo funkcjonującym systemem obiegu pierwiastków. Warunkiem powstania takich ekosystemów jest odtworzenie warstwy gleby zapewniającej roślinom odpowiednie warunki wzrostu i rozwoju. Skład gatunkowy wprowadzanych w ramach rekultywacji drzewostanów oraz właściwości skały macierzystej należą do najważniejszych czynników kształtujących właściwości odtwarzanych gleb. W recenzowanej pracy mgr inż. Bartłomiej Woś podjął się oceny w jakim stopniu na właściwości inicjalnych gleb pogórnich wpływa gatunek drzewa wprowadzony w ramach rekultywacji, a w jakim zależą one od właściwości materiału macierzystego. Pomimo bogatej literatury dotyczącej rozwoju gleb na zrehabilitowanych terenach pogórnich kwestia znaczenia roślinności i właściwości materiału macierzystego dla kształtowania się różnych właściwości gleb pogórnich pozostaje nierozwiązana, a opisywane w fachowych czasopismach wyniki są niekiedy rozbieżne. Stąd też tematykę recenzowanej pracy należy uznać za istotną zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia.

### **2. Ocena formalna pracy**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska obejmuje 132 strony maszynopisu oraz załącznik z tabelami prezentującymi wyniki cząstkowe przeprowadzonych badań. Praca podzielona jest na 7 głównych rozdziałów (1. Wstęp i cel pracy, 2. Przegląd aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie badań, 3. Opis terenu badań, 4. Metodyka, 5. Wyniki badań, 6. Omówienie wyników badań, 7. Podsumowanie i wnioski), zawiera ponadto spis literatury, spisy tabel i rycin zamieszczonych w tekście oraz zestawienie załączników. Spis literatury obejmuje ponad 200 pozycji opublikowanych w języku polskim i angielskim. Znaczną część stanowią pozycje nowe prezentujące najaktualniejszy stan wiedzy w zakresie rozpatrywanego tematu.

Rozprawa jest napisana poprawnym językiem i starannie udokumentowana wynikami zaprezentowanymi w postaci 23 tabel z danymi liczbowymi oraz 30 rycin.

### **3. Ocena merytoryczna pracy**

Przedmiotem badań były gleby pogórnice kształtujące się pod drzewostanami sosnowymi (*Pinus sylvestris* L.), modrzewiowymi (*Larix decidua* L.), brzoźowymi (*Betula pendula* Roth.), dębowymi (*Quercus robur* L.) i olchowymi (*Alnus glutinosa* Gaertn.) z powstające z różnych materiałów macierzystych obejmujących czwartorzędowe piaski i gliny, mieszaniny czwartorzędowych piasków i neogeńskich ilów oraz ily neogeńskie.

W rozdziale pierwszym odnosząc się do istniejącej wiedzy na temat kształtowania się gleb na terenach pogórnicych Autor sformułował cel pracy oraz główny problem badawczy który zamierzał rozwiązać.

W rozdziale drugim (16 stron), w oparciu o bardzo bogaty materiał literaturowy Autor przedstawił istniejący stan wiedzy na temat kryteriów oceny dynamiki ekosystemów odtwarzanych w procesie rekultywacji, doboru składu gatunkowego drzewostanów na terenach pogórnicych, mechanizmów oddziaływania drzew na właściwości gleb oraz cech zbiorowisk roślin.

W rozdziale trzecim znajduje się opis terenu badań obejmujący położenie i charakterystykę przyrodniczą oraz przeprowadzone zabiegi rekultywacyjne dla dwóch terenów pogórnicych: zwałowiska zewnętrznego po odkrywkowej kopalni siarki „Piaseczno” oraz wyrobiska po eksploatacji piasków podsadzkowych kopalni „Szczakowa”.

Rozdział czwarty zawiera opis metodyki poboru prób, badań terenowych, analiz laboratoryjnych oraz statystycznego opracowania uzyskanych wyników. Zwraca uwagę bardzo duża liczba wykonanych oznaczeń wynikająca z uwzględnienia w pracy licznych fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleb pogórnicych oraz szeregu badań drzewostanowych. Rozdział ten zawiera również opis eksperymentu laboratoryjnego przeprowadzonego w celu oszacowania wpływu ściółki badanych gatunków drzew na właściwości substratów mineralnych oraz chemizm roztworu glebowego.

Zasadniczą część rozprawy stanowią rozdziały 5, 6 i 7 opisujące uzyskane wyniki oraz prezentujące ich interpretację.

W kolejnych podrozdziałach rozdziału piątego autor przedstawił najważniejsze wyniki przeprowadzonych analiz, które w całości umieszczone zostały w odpowiednich tabelach i rysunkach. Z uwagi na dużą różnorodność wykonanych oznaczeń rozdział ten jest wyjątkowo długi (48 stron). Autor przedstawił w nim morfologię i wybrane właściwości fizyczne badanych gleb, następnie właściwości poziomu organicznego ( $O_{lf}$ ), charakterystykę odczynu, pojemności kationowymiennej, zawartości makroelementów, węgla organicznego i azotu ogólnego, a także parametry biologiczne rozpatrywanych gleb tj. aktywność dehydrogenaz, biomasę mikrobiologiczną, zagęszczenie wazonkowców oraz dżdżownic. Następnie scharakteryzowane zostały wielkość, odczyn i właściwości chemiczne opadu organicznego oraz tempo jego dekompozycji, przyrost roczny biomasy korzeni drobnych, cechy drzewostanów oraz zbiorowisk roślinnych. W podrozdziale 5.4 zaprezentowane zostały wyniki doświadczenia nad dekompozycją i wpływem materii organicznej z opadu podkoronowego na właściwości chemiczne substratów glebowych stanowiące moim zdaniem najbardziej interesującą część pracy rzucającą światło na mechanizmy oddziaływania poszczególnych gatunków drzew na właściwości gleb pogórnicych. Natomiast podrozdział 5.8 prezentuje wyniki analiz statystycznych mających na celu oszacowanie wpływu drzewostanu i substratu glebowego na wybrane właściwości gleb, wpływu właściwości substratów glebowych na cechy wzrostowe drzewostanów oraz cechy zbiorowisk roślin.

Rozdział szósty zawiera interpretację uzyskanych wyników oraz ich porównanie z danymi literaturowymi. Największy wpływ drzewostanu na właściwości gleb takie jak pH czy pojemność wymienna kationów stwierdzono w poziomie organicznym natomiast w znacznie mniejszym stopniu w poziomie  $A_{in}$ . Wykazano przy tym wyraźnie silniejsze zakwaszające oddziaływanie gatunków iglastych w porównaniu z gatunkami liściastymi. Wyjątkiem była tu olsza czarna, która powodowała silniejsze zakwaszenie w związku z intensywniejszą akumulacją azotu przez bakterie symbiotyczne oraz późniejszym procesem nityfikacji. Gatunek ten dzięki symbiozie z bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny powodował także zwiększenie zawartości azotu ogólnego w poziomie organicznym oraz organiczno-mineralnym ( $A_{in}$ ) oraz wyższą w porównaniu z innymi gatunkami akumulację węgla organicznego w poziomie organiczno-mineralnym. Porównując rozpatrywane gatunki drzew pod względem zawartości składników odżywczych (Ca, Mg, K i P) Autor zwrócił uwagę na wyższe zawartości tych składników w podkoronowym opadzie gatunków liściastych w porównaniu z gatunkami iglastymi, co skutkowało wyższymi zawartościami tychże składników również w poziomie  $O_{lf}$ . Najwyższe zawartości składników odżywczych stwierdzono pod olszą czarną. Biorąc pod uwagę wyżej wymienione wyniki, w rozdziale siódmym, podsumowującym pracę Autor podkreślił glebotwórczą rolę olszy czarnej i jej pozytywny wpływ na wzrost gatunków docelowych.

Dużo uwagi poświęcił Autor analizie czynników warunkujących akumulację węgla organicznego w wierzchnich warstwach gleb pogórnicych. Z pomocą odpowiednio zastosowanych analiz statystycznych wykazał duże znaczenie uziarnienia gleb (w szczególności zawartości frakcji pyłowej) oraz tempa dekompozycji ściółki dla tego procesu. Mniejsze znaczenie miał natomiast gatunek drzewa (z wyjątkiem olszy która stymulowała akumulację  $C_{org}$  w glebach). Rozpatrując czynniki warunkujące zawartość  $C_{org}$  w glebach pogórnicych Autor zwrócił uwagę na problem obecności tzw. węgla geogenicznego zakumulowanego w niektórych utworach geologicznych. Węgiel ten utrudnia ocenę tempa akumulacji węgla organicznego w wyniku rozkładu współcześnie produkowanej przez rośliny materii organicznej.

Analizując parametry biologiczne badanych gleb Autor wykazał istotny wpływ zarówno drzewostanu jak i substratu glebowego. Zawartość węgla mikrobiologicznego zależała pozytywnie od zawartości frakcji iłowej oraz azotu ogólnego, natomiast biomasa dżdżownic od zawartości iłu, odczynu oraz stosunku C:N w poziomie organicznym. Gleby pod gatunkami liściastymi charakteryzowały się wyższymi wartościami parametrów biologicznych niż gleby pod gatunkami iglastymi. Autor wykazał duże znaczenie korzeni drobnych rozpatrywanych gatunków drzew dla kształtowania się właściwości biologicznych gleb pogórnicych. Szczególne znaczenie produkcja biomasy korzeni drobnych miała w przypadku brzozy brodawkowatej dla której przyrost biomasy korzeni drobnych trzykrotnie przewyższał opad organiczny w części nadziemnej. Wynik ten tłumaczy często obserwowaną wysoką aktywność biologiczną gleb pod drzewostanami brzozowymi pomimo relatywnie niskiej masy ściółki produkowanej przez ten gatunek.

Eksperyment laboratoryjny mający na celu ocenę wpływu dekompozycji ściółki na właściwości substratów glebowych wykazał istotny wpływ obu rozpatrywanych czynników tj. gatunku drzewa oraz substratu glebowego. Autor zaobserwował wzrost pH ściółek wszystkich badanych gatunków drzew a także substratów glebowych pod wpływem przemycania wodą

destylowaną ściółki. Ten sprzeczny z oczekiwaniami wynik wykazał, że substancje organiczne uwalniane w czasie dekompozycji ściółki mogą nie być bezpośrednią przyczyną zakwaszenia gleb leśnych obserwowanego w warunkach polowych. Natomiast zgodnie z oczekiwaniami najwyższą akumulację wymywanego  $C_{org}$  Autor stwierdził dla substratów o najwyższej zawartości frakcji ilowej.

Eksperyment laboratoryjny wykazał, że podczas dekompozycji większe ilości składników odżywczych uwalniane są ze ściółek gatunków liściastych niż gatunków iglastych, przy czym ponownie najwyższe wartości stwierdzono dla ściółki olszy czarnej. Skłoniło to Autora do sformułowania generalnego wniosku o korzystniejszym wpływie na właściwości substratów glebowych ściółki gatunków liściastych w porównaniu ze ściółką gatunków iglastych, a co za tym idzie ich silniejszego oddziaływania glebotwórczego na pogórnicych nieużytkach.

Oprócz wyników badań gleb Autor przedstawił także ocenę wzrostu wprowadzonych drzewostanów oraz charakterystykę zbiorowisk roślinnych. Najlepszymi parametrami wzrostowymi charakteryzowały się drzewostany sosnowe i modrzewiowe, natomiast w przypadku olszy czarnej parametry wzrostowe były znacznie gorsze szczególnie na gruntach zbudowanych z glin czwartorzędowych. Pomimo słabszego wzrostu olszy czarnej Autor wysoko ocenił przydatność tego gatunku do zalesiania terenów pogórnicych słusznie zwracając uwagę na podstawowe funkcje jakie olsza czarna ma pełnić we wprowadzanych w ramach rekultywacji nasadzeniach – tj. funkcje fitomelioracyjne i przedplonowe. Analiza cech zbiorowisk roślin wykazała istotnie niższą różnorodność roślin na obszarach o skrajnych właściwościach siedliska tj. pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na czwartorzędowych piaskach i glinach oraz pod drzewostanami olszowymi cechującymi się dużą zasobnością gleby w azot oraz dużym dostępem światła. Autor prawidłowo zinterpretował uzyskane wyniki wskazując na zróżnicowane mechanizmy prowadzące do powstania ubogich gatunkowo zbiorowisk roślinnych na gruntach istotnie różniących się pod względem zasobności w składniki odżywcze i dostępności światła.

Podsumowując, recenzowana praca zawiera szereg wartościowych wyników zarówno potwierdzających znane obserwacje jak i wyjaśniających pewne obserwowane na zalesionych terenach pogórnicych zjawiska. Zwraca uwagę kompleksowe podejście do badanego tematu wyrażające się szerokim zakresem analiz obejmujących badania fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleb, a także parametrów wzrostowych drzewostanów i cech zbiorowisk roślinnych.

#### **4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne**

Poziom recenzowanej pracy należy znać za wysoki, jednakże pojawiło się w niej kilka kwestii które wymagają poprawy, uściślenia lub wyjaśnienia.

- W przypadku analiz mikrobiologicznych brakuje opisu wstępnego przygotowania próbek (przesiewanie, warunki aklimatyzacji przed pomiarem i czas jej trwania), który należałoby uzupełnić biorąc pod uwagę, iż warunki przechowywania próbek i ich wstępnego przygotowania mogą znacząco wpływać na uzyskiwane wyniki. Ponadto w opisie eksperymentu dotyczącego wpływu ściółki na właściwości substratów i chemizm roztworu glebowego (rozdział 4.2) brakuje informacji na temat liczby powtórzeń.

- Autor zdecydował się na zastosowanie jednoczynnikowej analizy wariancji z testem Tukeya w celu porównania wartości badanych właściwości pomiędzy różnymi drzewostanami w obrębie wyróżnionych grup substratów (piaski czwartorzędowe zmieszane z łąkami neogeńskimi, łąki neogeńskie, piaski czwartorzędowe, gliny czwartorzędowe). Być może lepszym podejściem byłoby zastosowanie dwuczynnikowej analizy wariancji (czynnik pierwszy: drzewostan, czynnik drugi: substrat glebowy oraz ich interakcja)? Mogłoby to ułatwić prezentację i interpretację wyników (problemem jest tutaj oczywiście brak niektórych gatunków drzew na określonych substratach).
- Umieszczone w pracy tabele i ryciny prezentujące wyniki analizy wariancji mogą być mylące, gdyż poszczególne warianty substratów w obrębie których porównywane są drzewostany nie zostały wyraźnie wydzielone. W efekcie można odnieść wrażenie, że porównywanych jest ze sobą wszystkie 12 wariantów drzewostan/substrat podczas gdy w rzeczywistości porównania dotyczą tylko niektórych drzewostanów w obrębie poszczególnych substratów. Dla wygody czytelnika należałoby w tabelach i rycinach dodać elementy wyraźniej rozgraniczające warianty substratów w obrębie których dokonuje się porównania drzewostanów.
- Wartości gęstości fazy stałej i gęstości objętościowej podane na stronie 48 zostały najprawdopodobniej zamienione.
- W rycinie 9 prawdopodobnie została pomyłona legenda (dotyczy stosunku C:N podczas gdy rycina prezentuje wartości pH).
- Autor w podrozdziale 5.4.1 pisze, o istotnie niższych średnich wartościach pH względnie istotnie wyższej zawartości N co sugeruje, że wykonano statystyczne testy w tym zakresie. Jednakże nie ma na ten temat informacji w tekście ani w podpisach pod rycinami.
- Zdanie „Zawartość azotu ogólnego w badanych glebach pogórnicznych uzależniona była od uziarnienia (zawartości pyłu), a olsza czarna istotnie zwiększała jego zawartość” należałoby przepisać gdyż można odnieść wrażenie że olsza zwiększa zawartość pyłu podczas gdy Autorowi chodzi o azot.
- Wartość  $R^2_{adj}$  dla aktywności dehydrogenazy na stronie 93 została podana błędnie.
- Wartości  $C_{mic}$  dla drzewostanów dębowych i olszowych na łąkach neogeńskich są niezwykle wysokie w porównaniu z innymi wariantami i nie są skorelowane z aktywnością dehydrogenazy. Czy nie jest to błąd obliczeniowy?

## 5. Wniosek końcowy

Oceniana rozprawa stanowi ważną pozycję w dziedzinie leśnictwa. Mgr inż. Bartłomiej Woś uzyskał wiele cennych i oryginalnych wyników. Rozprawa jest napisana poprawnym językiem i starannie udokumentowana. Mgr inż. Bartłomiej Woś wykazał się umiejętnością wykorzystania nowoczesnych metod analitycznych, w tym wymagających zastosowania zaawansowanej technologicznie aparatury badawczej. Zaprezentował także umiejętność formułowania problemów naukowych, krytycznej analizy uzyskiwanych wyników badań oraz znajomością literatury przedmiotu.

Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne nie umniejszają merytorycznej wartości naukowej rozprawy. Dlatego też stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa odpowiada wymogom zawartym w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym. Wniosuję do Wysokiej Rady Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie o dopuszczenie mgr inż. Bartłomieja Wosia do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Kraków 08.04.2015

dr hab. inż. Marcin Chodak