

dr hab inż. Aleksander Astel  
Kierownik Zakładu Chemii Środowiskowej  
Instytut Biologii i Ochrony Środowiska  
Akademia Pomorska w Słupsku  
ul. Arciszewskiego 22a  
76-200 Słupsk  
tel. 59 - 8405-423  
e-mail: astel@apsl.edu.pl

Słupsk, 26 września 2014 r.

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Kowalskiej**  
**pt. „Rola drzewostanu w przemianach składu chemicznego wód opadowych”**

**1. Przedmiot recenzji**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Anny Kowalskiej pt.: "Rola drzewostanu w przemianach składu chemicznego wód opadowych" ubiegającej się o stopień doktora przed Radą Naukową Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie Starym. Promotorem rozprawy jest Prof. dr hab. inż. Żaneta Polkowska z Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej.

**2. Ocena wstępna**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska ma klasyczną formę monografii i zawiera 197 stron. Rozprawę podzielono na 6 wyraźnie wyodrębnionych rozdziałów: 1. Wstęp, 2. Przegląd literatury, 3. Cel pracy, 4. Obiekt i metodyka badań, 5. Wyniki i dyskusja, 6. Wnioski. Dodatkowo do pracy załączono streszczenia w języku polskim i angielskim, spis literatury (276 pozycji) oraz aneks, w którym autorka załącza dwie tabele z danymi dotyczącymi długości okresów ekspozycji próbników opadu na 12 powierzchniach badawczych w 2010 oraz długości okresów ekspozycji próbników opadu w nadleśnictwie Chojnów w okresie badań. W aneksie umieszczono także zestaw fotografii powierzchni monitoringu intensywnego z lat 2009-2012. Treść pracy poprzedza spis skrótów i symboli stosowanych w rozprawie. W zestawie cytowanej literatury znajdują się dwie publikacje autorstwa mgr inż. Anny Kowalskiej ściśle związane z tematyką rozprawy i z których część wyników włączono do rozprawy. W publikacjach tych (jedna w czasopiśmie *Journal of Water and Land Management* druga w monografii *Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2010 roku na podstawie badań monitoringowych*) mgr Anna Kowalska jest pierwsza na liście autorów.

Rozdział I (Wstęp; str. 5-6) w sposób syntetyczny wprowadza czytelnika w problematykę pracy dowodząc faktu, że stan ekologiczny ekosystemów leśnych może ulegać zaburzeniu pod wpływem różnych czynników biotycznych i abiotycznych. Autorka wskazała iż wartościowym źródłem informacji o dopływie zanieczyszczeń do różnych komponentów

środowiska mogą być badania składu chemicznego opadów a tym samym ukierunkowała uwagę czytelnika na zjawisko interakcji opadu atmosferycznego z drzewostanem. Mgr inż. Anna Kowalska pośrednio wykazała potrzebę prowadzenia badań mechanizmów oddziaływania opadu z drzewostanem informując czytelnika o fakcie występowania przemian intensywności i składu chemicznego opadu w kontakcie z różnogatunkowym drzewostanem.

Rozdział II (Przegląd literatury; str. 7-55) to obszerny rozdział, w którym autorka w sposób niezmiernie konsekwentny opisała stan aktualnej wiedzy naukowej o wielu czynnikach, które należy uwzględnić prowadząc badania w ww. tematyce. Autorka przyjęła konwencję prezentacji stanu wiedzy naukowej w formie ustrukturyzowanej i podzieliła rozdział II na szereg podrozdziałów. Każdy z nich poświęcono osobnemu elementowi: dopływowi i depozycji substancji na terenach ekosystemów leśnych, opisowi czynników wpływających na ilość opadu bezpośredniego i opadów podkoronowych, zjawisku modyfikowania składu chemicznego opadów atmosferycznych w kontakcie z koronami drzew, zmianom zawartości poszczególnych składników w opadzie w kontakcie z koronami drzew i innym. Przegląd literaturowy oparto na blisko 300 pozycjach, z których zdecydowana większość to aktualne i poprawnie dobrane publikacje ściśle związane z tematyką rozprawy doktorskiej. W podrozdziale, w którym autorka opisuje wpływ wieku drzewostanów na skład opadów podkoronowych uwadze autorki umknęły prace dotyczące tej tematyki:

Małek S., Astel A., 2008. Throughfall chemistry in a spruce chronosequence in southern Poland. *Environmental Pollution* 155, 517-527

Małek S., 2010. Nutrient fluxes in planted Norway spruce stands of different age in Southern Poland. *Water, Air, and Soil Pollution*, 209, 45-59.

Astel A., Małek S., 2010. Multiple modelling of water chemistry flows assessed in a mountain spruce catchment, *European Journal of Forest Research*, 129, 463-473.

Pomimo zastosowania przez autorkę konwencji opisywania wpływu pojedynczych czynników lub grup czynników na modyfikację składu chemicznego opadu w kontakcie z drzewostanem pewnym utrudnieniem w lekturze treści jest rezygnacja z przedstawienia np. w formie tabeli informacji o gatunkach drzewostanów i ich lokalizacji geograficznej, dla których stwierdzono zjawisko modyfikowania profilu chemicznego opadów w kontakcie z koronami drzew. Dodatkowo, zbędnym wydaje się cytowanie prac dotyczących egzotycznych formacji leśnych (np. las namorzynowy), których w żaden sposób nie można porównać z gatunkami, które stanowią warsztat badawczy mgr inż. Anny Kowalskiej.

W rozdziale III (Cel pracy, str. 56-58) autorka sprecyzowała dwa główne cele rozprawy doktorskiej, za które uznała:

- ocenę stopnia przekształcenia opadów (w aspekcie ilościowym i jakościowym) w kontakcie z warstwą koron w drzewostanach o różnym składzie gatunkowym;
- szczegółowe rozpoznanie zmienności czasoprzestrzennej opadów i wnoszonych z nimi składników chemicznych w drzewostanie sosnowym. W rozdziale tym wymieniła także 7 działań, które w ocenie autorki umożliwią osiągnięcie założonych celów badawczych:

- określenie zmian ilościowych i jakościowych składu opadów w drzewostanie sosnowym w okresie 6 lat w ujęciu sezonowym;
  - określenie zmienności czasoprzestrzennej opadów w drzewostanie sosnowym;
  - zbadanie wpływu czynników związanych z budową drzewostanu sosnowego na rozmieszczenie opadów pod względem ich ilości i składu chemicznego;
  - dokonanie oceny metod pobierania próbek pod względem reprezentatywności dla badanej powierzchni badawczej;
  - porównanie stężeń zanieczyszczeń deponowanych wraz z opadami na terenach leśnych Polski;
  - określenie stopnia modyfikacji opadów przechodzących przez korony drzew gatunków liściastych (buk i dąb) i iglastych (sosna, świerk);
  - porównanie stopnia modyfikacji opadów w drzewostanach o zbliżonym składzie gatunkowym różniących się położeniem geograficznym i poziomem antropopresji.
- W ocenie recenzenta działania badawcze zaplanowano z wyjątkową starannością a ich realizacja w pełni umożliwi realizację globalnych celów rozprawy doktorskiej.

W rozdziale IV (Obiekt i metodyka badań; str. 59-85) autorka opisała powierzchnie badawcze, techniki pomiarów parametrów przestrzeni koron w nadleśnictwie Chojnów, schemat powierzchni oraz rodzaj stosowanego oprzyrządowania, metody pobierania i transportu próbek wodnych, metody badań oraz szczegóły systemu zapewnienia jakości, dane meteorologiczne oraz podstawy wyboru i opracowania danych, w tym za pomocą metod statystycznych.

Rozdział V (Wyniki i dyskusja; str. 86-163) to obszerny opis uzyskanych wyników badań wraz z przedstawieniem ich dyskusji. Rozdział V przygotowano w formie ustrukturyzowanej, w której każdy podrozdział odpowiada realizacji jednego z zaplanowanych działań badawczych, co znacząco ułatwia weryfikację ich wykonania.

W ostatnim rozdziale VI (Wnioski; str. 164-166) autorka w formie syntetycznej zestawiała główne spostrzeżenia, które są efektem realizacji zaplanowanego programu badawczego.

Podsumowując, struktura rozprawy jest bardzo przejrzysta i poprawna, zaś proporcje pomiędzy częścią literaturową, metodyczną i dyskusyjną zrównoważone.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej**

Po zakończeniu lektury rozprawy doktorskiej muszę stwierdzić, że mgr inż. Anna Kowalska zrealizowała dość ambitny i rozbudowany program badawczy. Wysoko oceniam także poziom merytoryczny związany z przygotowaniem warsztatu badawczego, szczególnie w zakresie opisu powierzchni badawczych, oprzyrządowania, metodyki badań oraz dążenia do zapewnienia jakości uzyskiwanych danych pomiarowych. Badania prowadzono na dwunastu powierzchniach obserwacyjnych wchodzących w skład monitoringu intensywnego lasów Polski, przy czym jedna z nich (Chojnów), z uwagi na dostępność długiej serii pomiarowej,

była przedmiotem bardziej szczegółowych analiz (np. instalacja próbników nowego typu) prowadzonych przez autorkę. Pomimo wysokiej dbałości o jakość prezentowanej informacji w tym zakresie, autorka nie ustrzegła się pewnych niedociągnięć. W rozdziale IV. *Obiekt i metody badań* brakuje szczegółowych informacji historycznych o założonych powierzchniach badawczych, w szczególności informacji kto i kiedy je założył w danej lokalizacji geograficznej. Na rysunku 4 notację anglojęzyczną należało zastąpić notacją polskojęzyczną, a w podpisie brakuje wyjaśnienia znaczenia oznaczeń kodowych lokalizacji (rysunku nie można analizować jako odrębnej grafiki, należy czynić to w połączeniu z informacjami z Tabeli 5). W spisie literatury brakuje odnośników do monografii Stan uszkodzenia lasów w Polsce 2010a, 2010b oraz do Klasyfikacji gleb leśnych Polski (2000). Dobre wrażenie dotyczące sposobu opisywania obiektu i metod badań obniża brak informacji o metodologii pomiaru LAI (rodzaj urządzenia, miejsce pomiaru, czas pomiaru). Opis zastosowanych technik pomiarowych do oznaczania wartości parametrów fizykochemicznych opadu nie budzi najmniejszych zastrzeżeń. W pomiarach analitycznych autorka korzystała z odczynników i materiałów odniesienia dostarczanych przez uznanych dostawców. Korzystała także z certyfikowanych materiałów odniesienia do oznaczeń pH, węgla, składników jonowych i głównych pierwiastków. Nie wiadomo jednak w jakim laboratorium wykonywano analizy oraz czy mgr inż. Anna Kowalska wykonywała je samodzielnie czy też wykonywał je personel laboratorium w ramach standardowych procedur. W schemacie obiegu próbek (Rysunek 10) brakuje informacji o etapie oznaczania ładunku jonów organicznych (OLC), zaś w tabeli 8 nie przedstawiono odnośników do odpowiedniej metodyki oznaczania OLC, przy czym parametr ten jest wykorzystywany w dyskusji wyników, np. na stronie 159 i 160. Na stronie 74, w tabeli 9 autorka prezentuje porównanie wyników oznaczonych oraz wartości podanych w certyfikacie dwóch certyfikowanych materiałów odniesienia używanych w celu oceny miarodajności wyników analitycznych uzyskiwanych w laboratorium. W większości przypadków wartości oznaczone pokrywają się z wartościami podanymi w certyfikacie. Wyjątkiem jest magnez, dla którego stężenie oznaczone w materiale odniesienia metodą spektrofotometryczna jest niższe o blisko 400% w stosunku do wartości podanej w certyfikacie. Tak wielka różnica powinna zmobilizować autorkę do sformułowania odpowiedniego komentarza oraz oceny przydatności wybranej techniki analitycznej do oznaczenia magnezu w próbkach. Prezentację metodyki badań autorka kończy informacją o źródle danych meteorologicznych oraz opisem zastosowanych metod statystycznych i technik opracowania danych. Oba elementy scharakteryzowano pobieżnie i dość enigmatycznie. Brakuje informacji o odległości stacji meteorologicznej na Okęciu od powierzchni badawczej w nadleśnictwie Chojnów co może mieć kluczowe znaczenie w ocenie możliwości wnioskowania o przyczynach zmiany chemizmu opadów bezpośrednich w tej lokalizacji. Nie wiadomo jak zapewniono spójność bazy danych pomiarów meteorologicznych ze stacji na Okęciu z wynikami ze stacji IBL, oraz w jakim zakresie dokonywano uzupełnień brakujących danych. Pomimo wzmianki o źródle danych meteorologicznych lektura pracy wskazuje, że w badaniach i wnioskowaniu zrezygnowano z możliwości wykorzystania tych danych, np. w aspekcie oceny przeważających kierunków

wiatrów czy też wstecznych trajektorii ruchu mas powietrza i ich wpływu na chemizm opadów bezpośrednich i podkoronowych w Chojnowie. Autorka na stronie 113 wspomina nawet, że *"długość okresów pobierania próbek, jaką zastosowano w Chojnowie, uniemożliwia zasadniczo prześledzenie wpływu czynników meteorologicznych na rozkład przestrzenny jonów"*. Nie jest zrozumiałe dlaczego, dysponując bazami danych meteorologicznych, nie podjęto próby powiązania przeważających kierunków wiatrów z chemizmem wód w poszczególnych okresach pobierania próbek?

W odniesieniu do zastosowanych metod statystycznych brakuje opisu hipotez badawczych testowanych za pomocą wybranych narzędzi, tj. charakterystyki hipotezy zerowej oraz hipotezy alternatywnej jak również krótkich przykładów obliczania testów i ich interpretacji. Dodatkowo, nie jest do końca zrozumiałe dlaczego autorka zastosowała test kolejności par Wilcoxa do oceny różnic w składzie chemicznym między dwoma typami opadów w roku zamiast nieparametrycznego testu U Manna-Whitneya? Czy cechy opadu bezpośredniego i podkoronowego można traktować jako zmienne powiązane, jeśli próbki gromadzi się w znacznym oddaleniu próbników, a jak autorka sama wskazuje w części literaturowej, zmienność przestrzenna opadów jest czasem bardzo istotna?

W rozdziale V. *Wyniki i dyskusja* autorka przyjęła konwencję prezentacji i omawiania wyników, która w ujęciu ogólnym jest spójna z zaprezentowanym wcześniej zestawem działań zmierzających do osiągnięcia założonych celów badawczych. Wyniki prezentowane są na ogół logicznie i dyskutowane w odniesieniu do danych literaturowych. Niestety, w wielu przypadkach autorka porównuje wyniki chemizmu opadu podkoronowego dla drzewostanu sosnowego z wynikami literaturowymi dla drzewostanów innych gatunków, np. z różnogatunkowym lasem liściastym utrudniając tym samym możliwość dokonania przez czytelnika globalnego wnioskowania. W rozdziale tym natrafiono także na kilka nieścisłości, które sprecyzowano poniżej:

- w tabeli 11 (i kilku innych tabelach, np. 15, 16, 18, 19, 20) brakuje między innymi wyników statystycznych parametrów opisowych oznaczeń jonów  $\text{PO}_4^{3-}$  i związanej z nimi dyskusji w tekście; jeżeli wyniki oznaczeń jonów  $\text{PO}_4^{3-}$  były niższe niż granica oznaczalności stosowanej metody analitycznej to taka informacja powinna pojawić się w tekście;
- czy bez analizy lub symulacji wstecznych trajektorii ruchu mas powietrza lub przynajmniej przeważających kierunków wiatrów w okresie prowadzenia badań można wnioskować o korelacji pomiędzy jonami  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{Cl}^-$  w aspekcie udziału frakcji jonów pochodzenia morskiego w lokalizacji oddalanej o ponad 300 km od wybrzeża? (str. 91);
- czy stosowanie testu t dla prób niezależnych (tabela 15) jest poprawne w sytuacji stwierdzenia braku normalności rozkładu cech, o których autorka wspomina na stronie 79 twierdząc, że rozkład cech testowano testem W Shapiro-Wilka?
- na rysunku 15 brakuje przedziałów ufności regresji liniowej oraz etykiet kategoryzujących punkty dla okresu ulistnienia i okresu bezlistnego;

- czy stosowanie stałego podziału na sezony w analizie podobieństwa pomiędzy powierzchniami za pomocą techniki hierarchicznej analizy skupień (str. 148) jest poprawne, jeśli powszechnie wiadomo, że długość okresu wegetacyjnego w Polsce południowej i północno-wschodniej znacząco się różni?

- dlaczego obecność jonów amonowych tłumaczy się na ogół zanieczyszczeniem próbek przez ptaki (np. str. 153) lecz nie wspomina się o możliwym wpływie antropogenicznym związanym ze stosowaniem nawozów sztucznych, np. takich jak saletra amonowa (szczególnie na terenie Wielkopolski)?

Bardzo ciekawym i nowatorskim wątkiem rozprawy jest realizacja badań w zakresie oceny liczby próbników niezbędnych do uzyskania reprezentatywnych pomiarów ilości opadów, stężeń i depozycji składników w drzewostanie nadleśnictwa Chojnów. Autorka wykazała, że w zależności od rodzaju badanego analitu/parametru fizykochemicznego oraz dopuszczalnego błędu w 95% przedziale ufności ilość próbników powinna wahać się od kilku do kilkuset. Decyzja o podjęciu badań w tak praktycznym aspekcie powinna skutkować w opinii recenzenta sformułowaniem wniosków w odniesieniu do optymalizacji procedur monitoringu opadu bezpośredniego i podkoronowego stosowanych na powierzchniach obserwacyjnych wchodzących w skład monitoringu intensywnego lasów Polski jak również oceny możliwości wykorzystywania danych monitoringowych do analiz statystycznych (szczególnie tych z dopuszczalnym błędem na poziomie 15-20%). W rozprawie takich wniosków brakuje, a jednocześnie zastanawiającym jest fakt, że część wyników próbek zgromadzonych za pomocą próbników starego typu (które zdaniem autorki nie spełniały wymagań reprezentatywności pomiarów) jest porównywalnych z wynikami uzyskanymi dla próbników nowego typu w granicach  $\pm 10\%$ . Czy 10% różnicy w przypadku wyników monitoringowych środowiska powinno być zdaniem autorki podstawą do radykalnego rozbudowania protokołów badań? Czy ograniczenie atrakcyjności dla ptaków próbników nowego typu poprzez wprowadzenie mechanicznych osłon w formie cienkich drutów, nie będzie skutkowało możliwością wtórnego zanieczyszczenia próbek metalami?

#### 4. Ocena edytorska rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Kowalskiej pod względem edytorskim została przygotowana w staranny sposób a autorka posługuje się poprawną polszczyzną. Nie ustrzegła się jednak drobnych błędów językowych i interpunkcyjnych. Przedstawiam część z nich, gdyż jest to obowiązkiem recenzenta:

- na stronie 5 jest: "w składniki mineralne" zaś powinno być "w składniki mineralne";
- na stronie 14 autorka przedstawia równanie regresji liniowej wielorakiej dla 4 zmiennych zależnych, powinna zatem umieścić w równaniu nie 3 lecz 4 (przy  $C_{H+}$ ) współczynniki regresji;
- str. 27 autorka pisze: "Depozycja  $H^+$  do gleby w warunkach nie dotkniętych znaczącą emisją drzewostanów iglastych..." - nie można pisać o znaczącej emisji drzewostanów;
- str. 40, Tabela 1 c.d.: autorka używa odniesienia do pracy Polkowska i inni, 2005 stosując konwencję anglojęzyczną Polkowska et al., 2005;

- str. 54, wers 19 oraz str. 65, podpis pod rysunkiem 7: jest "poboru próbek" zaś powinno być "pobierania próbek" (zgodnie z kompendium Bułska E., Namieśnik J., Bieńkowski P., Terminologia 2. Pięta achillesowa analityków, Biblioteka Analityki);
- str. 66, wers 9, jest: "próbki starego typu podokapowe", powinno być "próbki podokapowe starego typu";
- str. 95 - brak odnośnika do tabeli w wersji 5.

Przygotowanie spisu skrótów i symboli w układzie: skrót/symbol; termin anglojęzyczny; termin polskojęzyczny byłoby bardzo użyteczne gdyby autorka przedstawiła w nim faktyczną listę użytych skrótów wraz z pełnymi nazwami anglo- i polskojęzycznymi. Niestety, wiele stosowanych skrótów nie znajduje odniesienia w spisie: np. ADP (str. 14); HDPE (str. 47), zaś w przypadku innych autorka nie podaje np. nazwy anglojęzycznej, np. PVC - poli vinyl chloride; PD - percentage difference.

Należy jednak podkreślić, że w tak obszernej pracy ilość usterek i potknięć terminologicznych jest niewielka i świadczy to o wysokiej dbałości mgr inż. Anny Kowalskiej o szczegóły oraz przejrzystość prezentowanej rozprawy.

## 5. Wnioski końcowe

Na podstawie analizy wyników rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Kowalskiej oraz ich wartości naukowej z całą pewnością można stwierdzić, że cele pracy zostały zrealizowane. Niewątpliwym sukcesem autorki jest realizacja bardzo ambitnego i rozbudowanego planu badawczego, który z drobnymi modyfikacjami mógłby być podstawą co najmniej dwóch rozpraw doktorskich. Autorka dowiodła, że pomimo wielu wątpliwości dotyczących badań chemizmu opadów bezpośrednich i podkoronowych, jak również wielu trudności metodologicznych, potrafi zaprojektować badania, które objęły niezwykle szerokie spektrum analiz fizykochemicznych na wielu powierzchniach badawczych porośniętych różnogatunkowym drzewostanem. Należy podkreślić, że w badaniach autorka wykorzystała także nowoczesne techniki, takie jak zdjęcia hemisferyczne czy też wyznaczanie pokrycia powierzchni okapem za pomocą programów do przetwarzania danych z systemów geoinformacyjnych. Autorka podjęła wyzwanie prowadzenia badań elementu ekosystemu, który z natury rzeczy podlega wpływom wielu niezdefiniowanych czynników i przypadkowym fluktuacjom. W aspekcie tych faktów należy podkreślić, że przeprowadzone badania terenowe stanowią niezwykle cenne osiągnięcie, a wyniki, szczególnie te nowatorskie, dotyczące optymalizacji procedur pobierania próbek, znacząco uzupełniają obecny stan wiedzy o funkcjonowaniu przepływu materii pomiędzy opadem bezpośrednim, powierzchnią drzewostanów i opadem podkoronowym. Wymienione w recenzji uwagi i wątpliwości są propozycją do dyskusji i nie podważają wysokiej wartości naukowej dysertacji. Polemika w zakresie sformułowanych wątpliwości umożliwi dopracowanie materiału badawczego i przedstawienie go w przyszłości w postaci wartościowych publikacji naukowych.

## 6. Podsumowanie

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska "Rola drzewostanu w przemianach składu chemicznego wód opadowych" spełnia wymagania stawiane tego typu pracom przez Ustawę o stopniach i tytule naukowym. Pojawia się w niej istotny element nowości naukowej, a w dalszej perspektywie nawet szansa wykorzystania wyników w praktyce, czyli optymalizacja ogólnej metodyki stosowanej w badaniach monitoringowych drzewostanu. Wnoszę zatem o dopuszczenie mgr inż. Anny Kowalskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

26 września 2014 r.

A handwritten signature in blue ink, reading "Aleksander Astel". The signature is written in a cursive, flowing style.