

Prof. UPP dr hab. inż. Cezary Beker  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Wydział Leśny i Technologii Drewna  
Katedra Urządzania Lasu  
ul. Wojska Polskiego 71c  
60-625 Poznań  
[cezary.beker@up.poznan.pl](mailto:cezary.beker@up.poznan.pl)

Poznań, 07.08.2024 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana **mgr. inż. Łukasza Ludwisiaka** pt.:

**„Matematyczny model wzrostu wczesnosukcesyjnych drzewostanów brzozowych na gruntach porolnych w Kampinoskim Parku Narodowym”**,

wykonanej w Katedrze Urządzania Lasu, Dendrometrii i Ekonomiki Leśnictwa,  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,  
pod kierunkiem Pana **prof. dr. hab. inż. Michała Zasady**

Podstawa wykonania recenzji: powołanie na recenzenta przez Radę Wydziału Leśnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie pismem nr RWL-10-11/18/19 z dnia 9 kwietnia 2019 r. List Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki Leśnej SGGW Pana dra hab. inż. Romana Wójcika, prof. SGGW z dnia 10.07.2024 r. (WL.5100.3.2013).

### Ocena ogólna

Modele wzrostu drzewostanu mają bardzo ważne znaczenie w aspekcie poznawczym i użytkowym. Są niezbędne dla planowania urzędniowego i jako narzędzie wspomagania podejmowania racjonalnych decyzji hodowlanych.

Pan mgr inż. Łukasz Ludwisiak podjął się w rozprawie doktorskiej zrealizowania ambitnego zadania dotyczącego opracowania modelu wzrostu wczesnosukcesyjnych drzewostanów brzozy brodawkowatej. W związku z tym celem pracy było kompleksowe poznanie wzrostu drzewostanów brzozowych w początkowych latach życia na gruntach porolnych w Kampinoskim Parku Narodowym. Dysertacja ma standardową strukturę dla prac opartych na eksperymencie.

Rozprawa liczy łącznie 156 stron, zawarto w niej 31 tabel i 41 rycin. W literaturze wykazano 358 pozycji i 6 źródeł internetowych. Bibliografia jest bogata, świadczy o przeprowadzeniu dogłębnej kwerendy literatury przedmiotu. Przy tak licznych zbiorze źródeł zdarzają się nieścisłości, 3 były zdublowane, 52 nie miało cytacji, z kolei 9 zacytowanych pozycji nie było w spisie literatury, w kilku przypadkach nie zachowano hierarchii

alfabetycznej. Treść rozprawy zawarto w dziewięciu rozdziałach, z których trzy podzielono na jednostki strukturalne niższego rzędu. Poszczególne rozdziały mają następujące nazwy i zawierają wyrażony w procentach udział treści: *Wstęp* – 23% , *Cel pracy* – 0,5%, *Materiał i metodyka* – 19%, *Wyniki* – 26%, *Dyskusja* – 5%, *Podsumowanie wyników i wnioski* – 0,5%, *Literatura* obejmuje 20%, *Spis rycin* 3% oraz *Spis tabel* 3%. Przyjęty podział na rozdziały oraz ich proporcje treściowe są właściwe dla charakteru pracy i odpowiadają wymogom stawianym rozprawom naukowym.

### **Ocena szczegółowa**

We *Wstępie* Doktorant scharakteryzował lasy na poziomie globalnym i regionalnym. Przedstawił znaczenie gospodarcze, przyrodnicze i społeczne leśnictwa wielofunkcyjnego. Nawiązał do aktualnych problemów wynikających ze zmian klimatycznych i roli lasów w globalnym obiegu węgla. W kwestii powiększania biomasy wskazał na możliwość podwyższenia lesistości Polski poprzez zalesianie gruntów porolnych i sukcesji wtórnej gatunków pionierskich m.in. brzozy. Następnie płynnie przechodzi w kolejnych podrozdziałach do przeglądu literatury dotyczącego kolejno: charakterystyki brzozy brodawkowatej, modelowania w leśnictwie i modelowania wzrostu brzozy w Polsce i na świecie.

W dalszej części sprecyzowano *Cel pracy* – kompleksową analizę struktury, wzrostu i dynamiki wczesnosukcesyjnych drzewostanów brzozowych na gruntach porolnych w Kampinoskim Parku Narodowym oraz opracowanie modelu wzrostu pozwalającego na symulację wzrostu i rozwoju spontanicznie pojawiającego się odnowienia brzozowego w początkowych latach życia drzewostanu. Dla zrealizowania celu głównego wyznaczono siedem celów cząstkowych.

Rozdział *Materiał i metodyka*, podzielono na pięć podrozdziałów. W pierwszym *Przedmiot badań* Autor opisał obszar badawczy – Kampinowski Park Narodowy.

W podrozdziale drugim (*Metodyka prac terenowych*) przedstawił kryteria wyboru powierzchni badawczych. Przyjęto założenie, że warunki wzrostu na powierzchniach w ramach poszczególnych chronosekwencji są zbliżone, a więc różnice w cechach spowodowane są wyłącznie wpływem czasu. W związku z tym, powtórne pomiary na tych samych powierzchniach zastępuje się pomiarem podobnych obiektów (rosnących w podobnym środowisku) w różnym wieku (ang. *space-for-time substitution*). Omówiono taksację powierzchni i postępowanie związane z losowym wyborem po 15 drzew próbnych

na powierzchni (łącznie 180). Tabelę 4a *Statystyki charakteryzujące powierzchnie badawcze w klasach wieku*, należy uzupełnić o jednostki miar. Kolejno przedstawiono zasady określenia biomasy drzew i jej komponentów. W treści całego opracowania Doktorant wymiennie stosuje nazewnictwo „pień” i „strzała”. Należy konsekwentnie używać terminu "pień", określenie "strzała" to pień o prostym przebiegu od szyi korzeniowej (czyli podstawy) aż do wierzchołka drzewa. Strzałę wykształcają gatunki iglaste oraz olsza z liściastych. Oczywiście młode drzewa do momentu rozbudowania korony wykazują strzały, jednak precyzja wymaga odnoszenia tego terminu w kontekście właściwości gatunku bez względu na wiek.

W podrozdziale trzecim (*Metodyka prac kameralnych i laboratoryjnych*) zreferowano zmodyfikowaną procedurę analizy pnia i określania suchej biomasy drzew.

W podrozdziale czwartym (*Wybór modelu i sub-modeli*), wyselekcjonowano model całego drzewostanu (ang. *whole-stand model*) oraz 7 wariantów sub-modelu, zarówno anamorficznym jak i polimorficznym, opisującego wzrost wysokości; 7 funkcji sub-modelu opisującego zagęszczenie (z uwagi na duży błąd średni reszt oraz duży zakres wartości błędów, na bazowym materiale przeprowadzono ponowną parametryzację, wykorzystując regresję kwantylową, jeden z typów regresji odpornej); sub-model opisujący konkurencję i przeciętną średnicę drzewostanową; sub-model opisujący miąższość i 12 wariantów sub-modelu opisującego biomasę.

W podrozdziale piątym (*Walidacja modelu*), do zweryfikowania dokładności modeli zastosowano dane zebrane w ramach projektu badawczego „Ekologiczne konsekwencje sukcesji wtórnej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) na gruntach porolnych”. Łącznie były to 104 powierzchnie badawcze zgrupowane w 16 chronosekwencjach, które spełniały założenia, że wraz z upływem lat zmniejsza się liczba drzew na hektarze, a rośnie wysokość górna drzewostanu. Powierzchnie te zostały założone w nadleśnictwach: Dobieszyn, Radom, Kozienice, Mińsk Mazowiecki, Łochów, Ostrołęka, Siedlce, Garwolin i Zwolen. Pomiary na powierzchniach próbnym wykonywane były zarówno na drzewach stojących, jak i leżących. Łącznie pomierzono 22 626 drzew stojących oraz 1 289 drzew próbnym ściętych. Tabelę 5 *Statystyki charakteryzujące powierzchnie wykorzystane do walidacyjnych*, należy uzupełnić o wyznaczone współczynniki zmienności i jednostki miar.

Najobszerniejszy jest rozdział *Wyniki*, który transparentnie koresponduje z zagadnieniami przedstawionymi w podrozdziale 3.4. *Wybór modelu i sub-modeli*. W Podrozdziale 4.1, dla poszczególnych grup sub-modeli dokonano parametryzacji funkcji, ustalono wartości statystyk charakteryzujących dopasowanie wzorów (RSS, RMSE,  $R^2$ ) i zestawiono w tabelach oraz przedstawiono w prezentacjach graficznych zgodność rozkładów

wartości resztowych z rozkładem normalnym i rozkład błędów względem wartości estymowanej. W części przypadków, ze względu na obserwowany znaczący błąd spowodowany dużą zmiennością wartości cech i stosunkowo niewielką próbą zastosowano regresję odporną, co zminimalizowało wpływ wartości odstających i tym samym przyczyniło się do wzrostu użyteczności opracowanych równań. Następnie po analizie tych charakterystyk wybrano najlepiej dopasowane funkcje.

W Podrozdziale 4.2. *Walidacja modelu* powiązanych metodycznie z podrozdziałem 3.5, dokonano oceny wyników obliczeń parametrów drzewostanów w momencie przeprowadzenia pomiaru oraz wyników prognozy przeprowadzonej modelem wzrostu. Należy poprawić tabelę 28 – biomasa listowia, w której występują analogiczne wartości jak w tabeli 27 – biomasa gałęzi i doprecyzować analizę tabeli 31 „rozkłady błędów dla obliczenia miąższości drzewostanu na BEF nie są zgodne z rozkładem normalnym” uzupełnić „poza grupą a w wariancie 1”.

W rozdziale piątym *Dyskusja*, Doktorant skonfrontował własne osiągnięcia z wynikami uzyskanymi przez innych autorów. W aspekcie praktycznym wskazał na przewagę modeli drzewostanu nad modelami pojedynczego drzewa, ze względu na wykorzystanie informacji uzyskanych w czasie podstawowej inwentaryzacji lasu. Potwierdził także powiązanie ze sobą takich cech drzewostanu jak zagęszczenie – struktura grubości – struktura wysokości – miąższość drzewostanu – biomasa i jej alokacja, będące wynikiem dwóch sprzężonych zwrotnie procesów: wzrostu i konkurencji, przebiegających w określonych warunkach środowiskowych. W końcowej części prowadzi rozważania co do możliwości implementacji opracowanego lokalnego modelu wzrostu młodych drzewostanów brzożowych w szerszej skali przestrzennej i wiekowej. Wydaje się, że przy dobrze dobranym zestawie funkcji, wykorzystanie modelu w innych regionach może wiązać się z ich modyfikacją parametryzacji dostosowanej do warunków wzrostu. W przypadku zwiększenia zakresu wiekowego, zależności uzyskane w najmłodszej fazie rozwojowej drzewostanu nie można bezpośrednio aproksymować do kolejnych okresów ze względu na inną rytmikę wzrostu, może być natomiast etapem pośrednim do prowadzenia dalszych badań w starszych drzewostanach.

W ostatnim rozdziale: *Podsumowanie wyników i wnioski* Autor przedstawił siedem syntetycznych wniosków, w części o charakterze aplikacyjnym. Są one uzasadnione merytorycznie i metodycznie. Dowodzą zrealizowania celu głównego i siedmiu celów cząstkowych.

Podczas czytania pracy recenzent dostrzegł pewne nieścisłości o charakterze logicznym, technicznym i edytorskim, których uwzględnienie przy przygotowywaniu rozprawy do druku, pozwoli istotnie poprawić jej jakość. Ich szczegółowe wskazania znajdują się w dołączonej do niniejszej recenzji elektronicznej wersji dysertacji. Wymienione uwagi nie obniżają wartości merytorycznej przedstawionej rozprawy doktorskiej.

### **Podsumowanie i wnioski końcowe**

Pracę doktorską Pana mgr. inż. Łukasza Ludwisiaka oceniam bardzo pozytywnie. Jest ona dojrzałym opracowaniem naukowym. Doktorant rozpoznał i zdefiniował biologiczną naturę modelowanego procesu, wykorzystał bogaty materiał empiryczny, dobrał odpowiednie metody matematyczno-statystyczne, przeprowadził złożoną parametryzację wybranych funkcji i dokonał walidacji modeli. Na podstawie uzyskanych wyników wysunął skonkretyzowane wnioski, w części o znaczeniu użytkowym dla zarządzania zasobami leśnymi i prowadzenia racjonalnej gospodarki leśnej. Wartość pracy podnosi bardzo dobrze opracowana część metodyczna symetrycznie powiązana z częścią wynikową, co w znacznym stopniu podnosi efektywność analizy modelu całego drzewostanu i sub-modeli.

**Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Łukasza Ludwisiaka pod tytułem „Matematyczny model wzrostu wczesnosukcesyjnych drzewostanów brzoźowych na gruntach porolnych w Kampinoskim Parku Narodowym” stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe i w pełni spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim przez ustawę z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.). Wnioskuje do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki Leśnej SGGW o przyjęcie dysertacji i dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów postępowania w sprawie o nadanie stopnia doktora.**

