Dr hab. inż. Hubert Lachowicz
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Wydział Leśny
Katedra Użytkowania Lasu
ul. Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa

Warszawa, 15.04.2019 r.

RECENZJA

całokształtu dorobku naukowego ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięcia naukowego pod tytułem „Potencjał oraz przydatność pozostałości zrębowych do energetycznego wykorzystania" oraz aktywności naukowej dr. inż. Arkadiusza Gendka ubiegającego się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk leśnych, dyscyplinie leśnictwo

Podstawa wykonania recenzji

Podstawą wykonania recenzji jest pismo z dnia 22.03.2019 roku (WL. 5110.1. 2019) w związku z decyzją Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów o powołaniu mnie na członka komisji habilitacyjnej oraz recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym doktora Arkadiusza Gendka, wszczętego w dniu 25 stycznia 2019 roku, w dziedzinie nauk leśnych, w dyscyplinie leśnictwo.

Recenzję wykonałem w oparciu o wytyczne zawarte w artykule 16 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz.U. Nr 56, poz. 595 ze zm.) oraz kryteria osiągnięć zawarte w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku (Dz. U. Nr 196, poz. 1165) na podstawie kompletu dostarczonej dokumentacji w formie papierowej i elektronicznej zawierającej:

- wniosek do Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów z dnia 18.01.2019 r. o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk leśnych w dyscyplinie leśnictwo,
- poświadczony zgodnie z oryginałem odpis dyplomu stwierdzającego uzyskanie stopnia doktora,
- autoreferat zawierający opis dorobku i osiągnięć naukowych (w języku polskim i angielskim),
- wykaz oraz kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe pt. „Potencjał oraz przydatność pozostałości zrębowych do energetycznego wykorzystania" wraz z oświadczeniami współautorów określającymi indywidualny wkład w powstanie pracy,
- wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej oraz popularyzacji nauki.

Charakterystyka sylwetki Habilitanta

Pan dr inż. Arkadiusz Piotr Gendek studiował na Wydziale Techniki Rolniczej i Leśnej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, który ukończył w 1997 roku uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera mechanizacji leśnictwa, broniąc pracę dyplomową napisaną pod kierunkiem prof. dr hab. Jerzego Więsika. Również pod kierunkiem Prof. Więsika na Wydziale Inżynierii Produkcji napisał rozprawę doktorską i w 2005 roku uzyskał stopień doktora nauk rolniczych w zakresie inżynierii rolniczej. W 1998 roku

ukończył Studium Pedagogiczne na Wydziale Ekonomiczno-Rolnym SGGW w Warszawie a w 2011 Studia podyplomowe „Wykorzystanie biomasy na cele energetyczne" w Akademii Rolniczej w Krakowie. Po ukończeniu studiów został zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Mechanizacji Leśnictwa Wydziału Techniki Rolniczej i Leśnej a od 2000 roku w Zakładzie Mechanizacji Leśnictwa Katedry Maszyn Rolniczych i Leśnych Wydziału Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie, gdzie od 2007 roku pracuje na stanowisku adiunkta.

Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego

Osiągnięcie naukowe stanowi jedno-tematyczny cykl siedmiu publikacji pod wspólnym tytułem: **„Potencjał oraz przydatność pozostałości zrębowych do energetycznego wykorzystania"**, w skład którego Habilitant zaliczył następujące prace:

1. **Gendek A.,** Głowacki Sz. 2009. Convectional drying of chips for energy purposes. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Agriculture 53: 67-72.
2. **Gendek A.,** Zychowicz W. 2014. Investigations on the calorific value of forest chips. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Agriculture 63: 65–72.
3. **Gendek A.,** Aniszewska M., Chwedoruk K. 2016. Bulk density of forest energy chips. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Agriculture 67: 101-111.
4. **Gendek A.,** Nurek T. 2016. Variability of energy woodchips and their economic effects. Folia Forestalia Polonica, Series A, Vol. 58 (2), 62–71. DOI: 10.1515/ffp-2016-0007.
5. **Gendek A.,** Wężyk P., Moskalik T. 2018. Udział oraz dokładność szacowania pozostałości zrębowych w ogólnej masie pozyskanego drewna. Sylwan 162 (8): 679-687. **(IF: 0,623)**
6. **Gendek A.,** Malaťák J., Velebil J. 2018. Wpływ technologii pozyskania i składu zrębków leśnych na ich wartość opałową i zawartość popiołu. Sylwan 162 (3): 248-257. **(IF: 0,623)**
7. **Gendek A.,** Nurek T., Zychowicz W., Moskalik T. 2018. Effects of intentional reduction in moisture content of forest wood chips during transport on truckload price. BioResources 13(2): 4310-4322. DOI: 10.15376/biores.13.2.4310-4322. **(IF: 1,202)**

Przedstawiony przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe zestaw 7 publikacji naukowych, stanowi cykl dobrze przemyślanych, powiązanych tematycznie prac, opublikowanych w latach 2009-2018, po uzyskaniu przez Kandydata stopnia doktora.

Łączna wartość współczynnika wpływu Impact Factor przedłożonych publikacji, liczona według roku ich ukazania się lub ostatnim rokiem oceny czasopisma wynosi 2,448 a liczba punktów wg. list MNiSW – 100. W skład cyklu wchodzą 3 publikacje, które znajdują się w bazie Journal Citation Reports (JCR): Sylwan (2 prace) i BioResources (1 praca). Na uwagę zasługuje wysoki procentowy udział Autora w przedstawionych publikacjach, który wahał się od 50% (2 prace), 60% (1 praca) do 70% (4 prace). Na wysoka ocenę, według recenzenta zasługuje fakt, że we wszystkich wskazanych pracach Habilitant jest pierwszym autorem, przy całkowitej liczbie autorów wahających się w zależności od publikacji od 2 do 4. We wszystkich pracach udział Autora polegał na opracowaniu koncepcji i metodyki badań, przeglądzie literatury, analizie wyników (bez jednej pracy), przygotowania pracy w formie publikacji, a także przeprowadzenie ich przez etap recenzji.

Celem badań stanowiących osiągnięcie naukowe, było oszacowanie ilości pozostałości zrębowych na powierzchniach leśnych oraz określenie błędów szacowania, powiązanie technologii pozyskiwania zrębków leśnych przeznaczanych na cele energetyczne z ich jakością oraz wskazanie sposobów na uzyskanie jak najlepszych parametrów energetycznych. Publikacje wchodzące w skład cyklu łączy materiał, metody oraz procedury badawcze

opisane w normach i dostępnej literaturze przedmiotu. Materiał badawczy stanowiła biomasa leśna w postaci pozostałości zrębowych o różnym składzie gatunkowym i wytworzone z nich zrębki leśne. Pozyskanie prowadzone było na powierzchniach leśnych zlokalizowanych w północno-wschodniej Polsce przez dużą firmę leśną posiadającą niezbędne wyposażenie techniczne (rębarki mobilne Bruks, forwardery., ciągniki rolnicze z przyczepami do zrywki drewna, ciągniki siodłowe z naczepami do transportu zrębków i drewna okrągłego) dostarczającą rocznie 20-25 tys. ton zrębków do trzech dużych zakładów energetycznych.

Analizę wyników badań zawartych w przedstawianych do oceny publikacjach poprzedza obszerny wstęp, w którym Habilitant szeroko uzasadnia celowość podjętych badań, opisuje stan zagadnienia w literaturze polskiej i światowej i braki w stanie wiedzy dotyczące szacowania ilości pozostałości zrębowych na powierzchniach leśnych i związanych z tym szacowaniem błędów. Niedostatki wiedzy dotyczą powiązania technologii pozyskiwania zrębków leśnych z ich parametrami energetycznymi, jak również braki w informacjach dotyczących relacji pomiędzy dostawcą zrębków a odbiorcą jakim jest zakład energetyczny. Mało jest również informacji na temat możliwości i sposobów polepszania jakości zrębków. Nie zawsze można odnieść wyniki uzyskiwane w innych krajach do warunków polskich.

W skrócie prezentuje stosowane w Polsce technologię pozyskania zrębków z pozostałości zrębowych i dostarczania ich do zakładów energetycznych, na jakim etapie zabiegów hodowlanych i użytkowania lasu pozyskuje się pozostałości zrębowe oraz problemy wynikające z ich transportu. Opisuje parametry charakteryzujące zrębki z pozostałości zrębowych mówiące o ich jakości i przydatności do celów energetycznych, którymi są: wilgotność, wartość opałowa, zawartość popiołu, gęstość nasypowa.

Habilitant dostrzega niewykorzystany potencjał w pozyskaniu pozostałości zrębowych na cele energetyczne w Polsce i potrzebę prowadzenia badań nad ich ilością i jakością pod kątem jak najlepszego ich wykorzystania.

Autor dokonał podziału prowadzonych przez siebie badań na 3 etapy.

Pierwszy etap poświęcony był zagadnieniom udziału i dokładność szacowania ilości pozostałości zrębowych na powierzchni leśnej.

W latach 2013-2017 Habilitant prowadził bardzo szerokie badania terenowe oparte na 164 powierzchniach, na których pozyskiwano drewno i określano miąższość pozostałości zrębowych w biomasie leśnej oraz błędy popełniane przez leśniczych przy szacowaniu ich ilości. Wyniki badań zostały zawarte w publikacji nr 5 (Gendek i in., 2018) i są istotnym wkładem w uzupełnienie wiedzy, pomijanej w dostępnej literaturze. Wykazano m.in., że udział pozostałości zrębowych w znacznym stopniu zależy od typu siedliskowego lasu oraz, że udział ten wzrasta wraz z żyznością siedliska od 10,5% na BMśw do 13,3% na LMśw. Stwierdzono również w analizowanych leśnictwach, że pracownicy lasów ogólnie nie doszacowują ilości pozostałości na powierzchniach po zrębie, gdzie średni błąd szacowania pozostałości zrębowych wyniósł -6,1%. Autor zwraca uwagę, że trudno jest jednoznacznie wykazać przyczyny mające wpływ na popełniane błędy. Na pojedynczych powierzchniach występuje duży rozrzut błędów. Dla pojedynczej powierzchni nie pojawiają się przypadki niedoszacowania udziału pozostałości zrębowych poniżej -40%, występują jednak błędy przeszacowania dochodzące do +54,2%.

Autor zaleca dla zwiększenia dokładności szacowania ilości pozostałości zrębowych na poszczególnych powierzchniach leśnych, opracować odpowiednie modle matematyczne wykorzystujące parametry określane automatycznie, stosując na szerszą skalę technologie skanowania laserowego drzewostanów, fotogrametrii oraz teledetekcji.

Drugi etap badań dotyczył cech fizycznych i energetycznych zrębków z leśnych pozostałości zrębowych w zależności od technologii pozyskiwania.

Publikacja nr 3 (Gendek i in., 2016) zawiera wyniki badań prowadzonych w drzewostanach z przewagą świerka i sosnowych, które wykazały, że niższą gęstość nasypową

uzyskuje się podczas rozdrabniania pozostałości rębarką z nożami tępymi, a wyższą nożami ostrymi. W przypadku rozdrabniania nożami ostrymi skład gatunkowy drzewostanu nie ma wpływu na gęstość nasypową, która średnio w odniesieniu do suchej substancji wyniosła 166 kg/m^3. Podczas zrębkowania nożami tępymi, skład gatunkowy wpływa na uzyskiwaną gęstość nasypową, która wyniosła średnio 155 kg/m^3 w drzewostanie mieszanym i 160 kg/m^3 w drzewostanie sosnowym. Wyższa gęstość nasypowa zrębków sosnowych może być związana z większą ilością drewna i mniejszą ilością części zielonych zawartych w pozostałościach zrębowych czyli odwrotnie niż w przypadku drzewostanu z przewagą świerka. Zaleca się aby operator jak najczęściej i najdłużej pracował nożami ostrymi. Uzyskuje się wtedy najwyższą gęstość nasypową zrębków leśnych, co przełoży się na efektywniejsze wykorzystanie transportu (objętości przestrzeni ładunkowej) wymierne korzyści finansowe z tym związane.

Uzyskane wyniki Autor następnie wykorzystał w badaniach dotyczących transportu zrębków do zakładów energetycznych, co prezentuje publikacja nr 7 (Gendek i in., 2018) oraz przy określaniu ekonomicznych skutków zmian parametrów energetycznych zrębków leśnych, co zawiera publikacja nr 4 (Gendek i Nurek, 2016).

Początkowe badania Autora, dotyczyły określania wartości opałowej zrębków produkowanych z materiału drzewnego w postaci pozostałości zrębowych i drewna okrągłego, których wyniki referuje publikacja nr 2 (Gendek i Zychowicz, 2014).

W przypadku zrębków wykonanych z pakietowanych pozostałości świerkowych uzyskano średnią wartość opałową suchej substancji 14,6 MJ/kg, co jest wartością o ok. 4 MJ/kg niższą od minimalnej wartości opałowej podawanej w literaturze dla drewna świerkowego. Stwierdzono, że podobna zależność jak w przypadku zrębków z pakietów świerkowych występuje w zrębkach mieszanych drewna olchowego z pozostałościami świerkowymi – uzyskano wartość opałową 16,6 MJ/kg, która jest niższa niż wartość opałowa czystego drewna olchowego i drewna świerkowego. Dla zrębków wykonanych z drewna dębowego (18,6 MJ/kg) oraz pozostałości sosnowych z dodatkiem podszytu (19,5 MJ/kg) uzyskano wartość wyższą niż podawana w literaturze dla zrębków nieoczyszczonych. Stwierdzono zatem, że stanowią one produkt lepszej jakości pod względem energetycznym.

Stwierdzono zatem, że zrębki produkowane z pakietów świerkowych mają gorsze właściwości energetyczne. Może to mieć związek z ich składem i znajdującymi się w nich zanieczyszczeniami mineralnymi. Potwierdziły to kolejne badania dotyczące wpływu technologii na wartość energetyczną zrębków leśnych z pozostałości zrębowych, których wyniki zawiera publikacja nr 6 (Gendek i in., 2018). Materiał badawczy stanowiły cztery grupy zrębków wyprodukowane w różnych technologiach. Zrębki z odpadów tartacznych wykazały najwyższą wartość opałową. W tym przypadku zrębki miały największy udział czystego drewna, niewielki udział zanieczyszczeń i najmniejszy udział popiołu. Najniższą wartość opałową (16,3 MJ/kg) zanotowano dla zrębków wytworzonych z pakietów świerkowych. W tym przypadku zrębki były najbardziej zanieczyszczone, głównie piachem (1,6%) i miały największy udział popiołu (3,9-11,4%). Potwierdzono tym samym wyniki przedstawione w publikacji 2 (Gendek i Zychowicz 2014).

Rozpatrując poszczególne technologie wytwarzania zrębków stwierdzono, że z energetycznego punktu widzenia najkorzystniejsze jest zrębkowanie odpadów tartacznych, technologii nie typowo leśnej. Aby uzyskać najwyższą wartość opałową zrębków i najmniejszą zawartość popiołu zaleca się zrębowanie w dwóch technologiach. W pierwszej rozdrabnianie pozostałości powinno być wykonywane bezpośrednio na powierzchni leśnej po kilku miesiącach od wykonania zrębu. W drugiej pozostałości po kilku miesiącach od zrębu powinny zostać zebrane z powierzchni i ułożone w stosach, a następnie zrębkowane ze stosu. W tych technologiach wytworzone zrębki mają stosunkowo wysoką średnią wartość opałową

suchej substancji (17,9-18,1 MJ/kg) oraz stosunkowo niewielką zawartość popiołu (3,2-3,3%), która wynika z obecności zanieczyszczeń.

Najmniej korzystną jest technologia pakietowania pozostałości zrębowych, magazynowania ich przez okres kilku miesięcy i rozdrabniania pakietów przed transportem zrębków do zakładu energetycznego. W tym przypadku, w wyniku zanieczyszczenia zrębków, w momencie ich spalania występuje duża zawartość popiołu (średnio 5,84%). Popiół jak również deprecjacja drewna w czasie jego magazynowania przyczyniają się do obniżenia wartości opałowej. Podstawową przyczyną zanieczyszczenia zrębków jest zagłębianie chwytaka w glebę podczas podejmowania gałęzi i tym samym przenoszeniem zanieczyszczeń mineralnych do rębarki czy też pakieciarki.

Bardzo ważnym osiągnięciem Autora, które wynika z publikacji 2 i 3 jest stwierdzenie, że pakietowanie pozostałości zrębowych negatywnie wpływa na parametry energetyczne zrębków leśnych – zmniejsza wartość opałową, zwiększa ilość występujących w nich zanieczyszczeń oraz % zawartość popiołu. Aby zapobiec zanieczyszczaniu pozostałości zrębowych przy ich zbieraniu z powierzchni należy zastosować odpowiednio zaprojektowany chwytak. Autorski projekt takiego chwytaka, który nie będzie mógł zagłębiać się w ziemię jest obecnie realizowany.

Trzeci etap badań koncentruje się na możliwości poprawy jakości zrębków leśnych poprzez zmianę ich parametrów energetycznych.

Ze względu na brak w literaturze danych dotyczących procesu suszenia zrębków leśnych w ich naturalnym składzie Habilitant wykonał badania, których celem było określenie wpływu temperatury czynnika suszącego i opisanie dynamiki suszenia konwekcyjnego zrębków leśnych, co prezentuje publikacja nr 1 (Gendek i Głowacki, 2009). Badania te miały przyczynić się do znalezienia sposobu poprawienia parametrów energetycznych zrębków. Wykazano, że temperatura czynnika suszącego ma istotny wpływ na czas przebiegu procesu suszenia zrębków. Temperatura powietrza suszącego 40°C jest stosunkowo niska, co wymusza dłuższy przebieg suszenia. Suszenie materiału w temperaturach 50-80°C miało zbliżony charakter.

Analizując tempo oddawania wody, we wszystkich przypadkach najistotniejsze jest pierwszych ok. 180 min kiedy to zrębki oddawały jej najwięcej. Była to istotna informacja z punktu widzenia odległości i czasu transportu zrębków z powierzchni leśnej do zakładu energetycznego uwzględniona w kolejnych badaniach zawartych w publikacji nr 4 (Gendek i Nurek 2016). W temperaturze suszenia 40°C nastąpił spadek wilgoci o ponad połowę z początkowych 38% do ok. 16%. We wszystkich analizowanych przypadkach dynamikę suszenia można opisać równaniami wykładniczymi. Uzyskane wyniki Autor wykorzystał w kolejnych badaniach dotyczących redukcji wilgotności zrębków leśnych w czasie ich transportu do zakładów energetycznych, co referuje publikacja nr 7 (Gendek i in., 2018) oraz przy określaniu ekonomicznych skutków zmian parametrów energetycznych zrębków leśnych co zawiera publikacja nr 4. Aktualnie Habilitant prowadzi badania symulacyjne zmniejszania wilgotności zrębków na autorskim stanowisku symulującym transport zrębków w naczepie, które zakładają wymuszony strumień czynnika suszącego o temperaturze 35-45°C.

W swoich badaniach Autor wykazał, że średnia wilgotność i wynikająca z niej wartość opałowa zrębków dostarczanych do zakładu energetycznego jest bezpośrednio związana z warunkami atmosferycznymi i miesiącem dostawy. Najniższą wilgotność (27,74%) i najwyższą wartość opałową (12,94 MJ/kg) miały zrębki dostarczane do zakładu energetycznego w miesiącu wrześniu. Od października następował stopniowy wzrost wilgotności – niższe temperatury, opady deszczu i śniegu – aż do uzyskania maksymalnej wartości średniej w miesiącu lutym 47,12%. Od marca do września (okres wiosenno-letni) zanotowano spadek wilgotności i wzrost wartości opałowej.

Na podstawie cykliczności zmian wilgotności i wartości opałowej wykazano, że najlepszym okresem dla dostawcy zrębków są miesiące od czerwca do listopada kiedy to materiał charakteryzuje się najniższą średnią wilgotnością (< 40 %) i najwyższą wartością opałową (> 10 MJ/kg).

Ważnym parametrem z punktu widzenia dostawcy wpływającym na zmniejszenie cen za przekroczenie ustalonych norm, jest zawartość popiołu. Średnia zawartość popiołu w badanych zrębkach, w większości przypadków oscylowała w granicach 3-4%. W badanym okresie wystąpiło 11,5% wszystkich dostaw z przekroczeniem wartości ustalonej z odbiorcą. Największe przekroczenia zanotowano w miesiącach letnich (czerwiec i sierpień), przy czym średnia zawartość popiołu w miesiącu czerwcu wyniosła powyżej 5%, natomiast w sierpniu była do tej wartości zbliżona. Na podstawie uzyskanych wyników Autor stwierdził, że zawartość popiołu jest związana z porą roku (miesiącem) i wilgotnością zrębków. W publikacji nr 6 (Gendek i in. 2018) wykazano jednak, że zawartość popiołu, najczęściej przekraczany parametr jakościowy zrębków, może być przez dostawcę zmniejszony poprzez zastosowanie odpowiedniej technologii prac podczas zrębkowania.

W publikacji nr 4 (Gendek i Nurek 2016), Autor wykazał, że transport zrębków w Polsce odbywa się na odległość średnio 341 km. Tak duże odległości transportu stawiają pod znakiem zapytania opłacalność wykorzystania zrębków na cele energetyczne. Istotne było przeprowadzenie analizy czynników wpływających na wartość zrębków dostarczonych do zakładu energetycznego oraz wskazanie możliwości poprawy efektywności ekonomicznej ich transportu i sprzedaży. Zakłady energetyczne rozliczają dostarczony im ładunek w zależności od ilości zgromadzonej w nim energii. Mniejsze znaczenie ma masa lub objętość zrębków – jest ona brana pod uwagę jedynie w rozliczeniu wstępnym nie uwzględniającym rzeczywistej wilgotności i zależnej od niej wartości opałowej.

Dlatego rozważano możliwość zmniejszenia wilgotności zrębków na pojeździe w czasie transportu – ciągnikiem siodłowym z naczepą o objętości 91m^3. Zakładając, że średnia odległość transportu biomasy wynosi 300 km, a prędkość przejazdu 60–70 km/h, przyjęto, że transport trwa około 5 godzin, które można wykorzystać do zmniejszenia wilgotność zrębków. Te warunki transportu sprzyjają procesowi suszenia, który jak wykazano w publikacji nr 1 charakteryzuje się w pierwszych godzinach największą dynamiką.

Cel przeprowadzonych analiz zawartych w publikacji nr 7 (Gendek i in., 2018) zakładał wykazanie zmian wartości ładunku zrębków (związanej ze zmniejszeniem wilgotności) podczas ich transportu i wymagał odniesienia się do masy początkowej biomasy załadowanej do naczepy na powierzchni leśnej. Takie podejście umożliwiło wykonanie obliczeń, w których masa suchej substancji jest taka sama w dwóch rozpatrywanych stanach: u producenta – powierzchnia leśna (wilgotność początkowa) i u odbiorcy – zakład energetyczny (wilgotność końcowa).

Analizując zmianę wilgotności w poszczególnych miesiącach Autor stwierdził, że lepsze efekty można uzyskać susząc w czasie transportu zrębki o wyższej wilgotności, gdyż zgodnie z dynamiką procesu suszenia, przebiega on szybciej w początkowej fazie usuwając wodę wolną. W warunkach naturalnych, ze względów technicznych taki wynik może być trudny do osiągnięcia, dlatego przyjęto, że w czasie transportu może nastąpić spadek wilgotności zrębków o ok. 4 do 7%. Założenie to stało się powodem ograniczenia zakresu analiz wpływu wilgotności zrębków na wartość ładunku (od wilgotności początkowej 45%, do wilgotności końcowej 20%). Zmniejszenie wilgotności zrębków poprawia ich jakość, ponieważ zwiększa wartość opałową, co wpływa korzystnie na rozliczenie końcowe dostawcy z zakładem energetycznym. Przy spadku wilgotności o 7% od wartości początkowej zyski dostawcy na jednym ładunku mogą wynieść do ok. 126 zł, co rocznie może przekładać się na dziesiątki tysięcy złotych.

Wykonane analizy i obliczenia są bardzo ważnym osiągnięciem Habilitanta. Skłoniły też do prowadzenia dalszych badań dotyczących technicznych możliwości zmniejszenia wilgotności biomasy na naczepie ciągnika siodłowego bez dostarczania energii spoza tego systemu. Stworzone zostało autorskie, eksperymentalne stanowisko pomiarowe, na którym wykonywane są obecnie symulacje zmniejszania wilgotności zrębków przy zmiennej temperaturze i prędkości przepływu czynnika suszącego.

Stwierdzam, że przedstawiony do oceny cykl 7 publikacji naukowych pod wspólnym tytułem **„Potencjał oraz przydatność pozostałości zrębowych do energetycznego wykorzystania"** spełnia kryteria osiągnięcia naukowego i wnosi istotny wkład w rozwój nauki w dziedzinie nauki leśne w dyscyplinie leśnictwo. Wybrane publikacje stanowią kompleksowe opracowanie oryginalnego problemu naukowego dotyczącego jakości biomasy leśnej w postaci zrębków od momentu oszacowania ilości pozostałości zrębowych na powierzchni leśnej, poprzez technologię ich pozyskania po transport do zakładów energetycznych. Prace zawierają również analizy parametrów jakościowych zrębków takich jak wilgotność, wartość opałowa, zawartość popiołu i gęstość nasypowa oraz możliwość ich poprawy przed dostarczeniem do odbiorcy jakim jest zakład energetyczny w celu zwiększenia zysków producenta zrębków. Zdaniem recenzenta należałoby znacznie rozszerzyć badania o jakość zrębków z drewna gatunków liściastych, których ilość na cele energetyczne i znaczenie będzie rosło.

Koncepcja badań, cel i zakres nie budzą zastrzeżeń. Habilitant poprawnie sprecyzował cel badań oraz zakres z podziałem na etapy. Nie postawiono jednak hipotezy badawczej, którą można by zweryfikować.

Praca kończy się podsumowaniem z kilkoma praktycznymi wnioskami, które trafnie odnoszą się do przeprowadzonych badań.

Trzeba podkreślić, że otrzymane wyniki badań mają duże znaczenie utylitarne dla producentów zrębków z pozostałości zrębowych ale również dla producentów energii i niosą również wysoką wartość aplikacyjną.

Na podstawie oceny przedłożonego cyklu publikacji stwierdzam, że spełnia on wymagania stawiane dziełom naukowym w procedurze postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego a Habilitant wykazał się umiejętnościami wymaganymi od samodzielnego pracownika naukowego.

Ocena pozostałej aktywności naukowej Habilitanta

Działalność naukowa Arkadiusza Gendka w latach 1997-2005 przed uzyskaniem stopnia doktora koncentrowała się na badaniach związanych z użytkowaniem pilarek oraz skrawaniem drewna piłą łańcuchową i dotyczyła problemów:

- zmiany cech charakterystycznych pilarek spalinowych oraz czynniki wpływające na wybór przez użytkowników określonych modeli pilarek;
- metodach pomiaru prędkości obrotowej i poślizgu sprzęgła w różnych fazach pracy silnika pilarki spalinowej;
- zasadach doboru parametrów sprzęgła odpowiednio do mocy silnika pilarki i wpływ jego stanu na proces skrawania drewna.

Habilitant w tym czasie zorganizował laboratorium skrawania drewna oraz po uzyskaniu grantu promotorskiego laboratorium do badań silników małej mocy stosowanych w pilarkach spalinowych (hamownia małych silników). Badania pozwoliły na poznanie przebiegu procesu skrawania piłą łańcuchową żłobikową i zbadanie wpływu różnych czynników na jego efektywność. W tym czasie badania prowadził głównie samodzielnie,

czego efektem końcowym była rozprawa doktorska dotycząca wpływu parametrów sprzęgła pilarki spalinowej na wydajność skrawania drewna.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych w roku 2005, przez kolejne 4 lata Habilitant nadal zajmował się zagadnieniami związanymi ze skrawaniem drewna przy użyciu pilarek spalinowych. Od ok. 2009 roku swoje zainteresowania naukowe skierował w stronę użytkowania maszyn w procesie pozyskiwania drewna i biomasy leśnej na cele energetyczne oraz parametrów jakościowych i możliwości przetwarzania biomasy leśnej, głównie pozostałości zrębowych i zrębków, do produkcji energii, którym to problemem zajmuję się obecnie.

Aktywność naukowa Habilitanta dotyczyła dwóch obszarów:

- użytkowania maszyn leśnych (w tym pilarek spalinowych) i określania ich wydajności oraz efektywności pracy;
- wykorzystania biomasy leśnej na cele energetyczne (pozostałości zrębowych, zrębków i innych produktów ubocznych z produkcji leśnej), w tym możliwości polepszania jej parametrów jakościowych i przerobu do postaci paliw uszlachetnionych.

Obecnie Habilitant prowadzi badania głównie w zespołach badawczych rozwijając również współpracę międzynarodową, w których w wielu tematach i publikacjach jest autorem wiodącym.

W działalności Habilitanta można wyróżnić następujące obszary badawcze:

1. Wpływ warunków pracy na zmienność oporów skrawania drewna i wydajność pracy pilarki spalinowej.

W tym obszarze Habilitant badał czynniki, które mają istotny wpływ na wydajność skrawania pilarki z piłą łańcuchową, którymi są: wielkość silnika, zadawana przez operatora siła posuwu, parametry piły łańcuchowej (geometria ostrza, stępienie, napięcie), właściwości drewna, wysokość rzazu.

2. Wydajność i efektywność pracy maszyn leśnych.

W tym zakresie Habilitant badał efektywność stosowania do produkcji zrębków samojezdnej rębarki z zasobnikiem BRUKS 805 CT. Badania prowadzono na powierzchni zrębu zupełnego po usunięciu drzewostanu sosnowego oraz w drzewostanie świerkowym po usunięciu drzew z II piętra.

Jedną z technologii uprzątania powierzchni leśnych jest pakietowanie pozostałości zrębowych. Po wykonaniu pakietów należy je zebrać z powierzchni leśnej, przetransportować do miejsca składowania i przygotować do transportu. Analizie poddano operację zrywki pakietów agregatem złożonym z ciągnika rolniczego Zetor Forterra 115 z przyczepą samozaładowczą FaoFar 1142.

Ważnym zadaniem jakie corocznie mają do wykonania Zakłady Usług Leśnych jest pielęgnacja upraw. Dla zwiększenia wydajności Zakłady Usług Leśnych często w warunkach domowych modyfikują na własne potrzeby dostępny sprzęt. Opisano bilans czasu pracy i wydajność zmodyfikowanej kosiarki do wykaszania upraw leśnych.

Habilitant wykorzystując nowoczesne narzędzia informatyczne do doskonalenia organizacji prac leśnych, analizował procesy uprzątania powierzchni leśnych w technologii zrębkowania i pakietowania pozostałości. Do osiągnięcia celu stworzono modele procesów, schematy sieci powiązań, a następnie przeprowadzono symulacje. Symulacja pozwoliła na wskazanie „wąskich gardeł" w analizowanych technologiach, dobór liczby maszyn i pracowników oraz ustalić właściwą organizację pracy do wykonania zadań w ujęciu długookresowym.

3. Wykorzystanie szyszek i zrębków leśnych na cele energetyczne oraz możliwość ich przerobu do postaci paliw uszlachetnionych.

Rosnące z roku na rok zapotrzebowanie na energię, oprócz wykorzystania zrębków, wskazuje na potrzebę poszukiwania produktów alternatywnych i zainteresowanie się możliwościami przetwarzania ich do postaci paliw uszlachetnionych. W związku z tym

Habilitant prowadzi obecnie badania skupiające się na wykorzystaniu zrębków leśnych w postaci pierwotnej oraz szyszek drzew leśnych i pustych nasion jako odpadu z wyłuszczarni do wytwarzania paliw uszlachetnionych w postaci brykietów. Badania skupiają się również na energetycznym wykorzystaniu tego rodzaju biomasy.

Zestawienie dorobku naukowego Habilitanta

Dr inż. Arkadiusz Gendek jest autorem i współautorem 114 publikacji. Łączny dorobek punktacyjny Habilitanta według list MNiSW wynosi 568 pkt, z czego po uzyskaniu stopnia doktora 514 pkt. Sumaryczny impact factor za publikacje z listy Journal Citation Reports wynosi 10,486.

Wśród 114 opublikowanych prac: 55 pozycji stanowią oryginalne prace twórcze (w tym 32 w języku angielskim), 45 pozycji to inne publikacje naukowe i popularno-naukowe (w tym 2 w języku angielskim), 14 pozycji to raporty i ekspertyzy (ekspertyzy zlecone przez SGGW, raporty z badań bezpieczeństwa maszyn w ramach działalności akredytowanego laboratorium PCA).

Wśród oryginalnych prac twórczych Habilitanta, 7 zostało opublikowanych w czasopismach indeksowanych w bazie JCR posiadających współczynnik Impact Factor. Łączna liczba cytowań publikacji z udziałem Habilitanta w bazie Web of Sciences wynosi 7, indeks Hirsha: 2. Sumaryczna liczba cytowani wg bazy Scopus wynosi 9, indeks Hirsha 2. Sumaryczna liczba cytowań wg Google Scholar wynosi 178, indeks Hirsha 7 (stan na dzień 15.01.2019).

Habilitant bierze czynny udział w konferencjach naukowych w kraju i za granicą, na których wygłosił 27 referatów (20 wygłoszonych na krajowych konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym i 7 wygłoszonych na konferencjach zagranicznych o zasięgu międzynarodowym). Był również współredaktorem monografii indeksowanej w bazie JCR, wydanej w ramach konferencji naukowej o zasięgu międzynarodowym FORMEC 2016.

Habilitant pełnił funkcję promotora pomocniczego w pozytywnie zakończonym przewodzie doktorskim mgr. inż. Kamila Romana pt. „Dobór parametrów technicznych procesu brykietowania biomasy leśnej" (obrona odbyła się 19.12.2017r. przed Radą Wydziału Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie).

Habilitant nawiązał współpracę z Czech University of Life Sciences Prague (CULS), Faculty of Engineering, gdzie odbył trzymiesięczny staż naukowy (1.10.2017-31.12.2017). Decyzją Rektora SGGW w Warszawie otrzymał stypendium na kolejny trzymiesięczny staż naukowy do Czech University of Life Sciences Prague, którego realizacja ma aktualnie miejsce (1.03.2019-31.05.2019). W ramach współpracy międzynarodowej Habilitant odbył również 4 pobyty naukowo-dydaktyczne na okres 14 dni lub więcej w uczelniach zagranicznych.

Habilitant był członkiem komitetu organizacyjnego lub sekretarzem komitetu organizacyjnego 4 konferencji krajowych i 1 konferencji zagranicznej.

Dr inż. Arkadiusz Gendek jest członkiem Editorial Advisory Council w czasopiśmie naukowym Annals of Warsaw University of Life Sciences i redaktorem czasopism i materiałów konferencyjnych. Recenzuje publikacje w krajowych czasopismach naukowych Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna (1 recenzja w 2014 roku i w 2016 roku), Studia i Materiały CEPL w Rogowie (2 recenzje w 2014 roku).

Habilitant brał również czynny udział w realizacji projektów badawczych krajowych i zagranicznych:

- jako zastępca kierownika w projekcie pt. „Określenie fizycznych właściwości surowców pochodzenia biologicznego stosowanych w energetyce odnawialnej" realizowanego jako grant wewnętrzny Rektora SGGW w Warszawie w roku 2008.

- jako wykonawca uczestniczył w 2 projektach badawczych: projekt MNiSW „Nowoczesne technologie energetycznego wykorzystania biomasy i odpadów biodegradowalnych (BiOB) – konwersja BiOB do energetycznych paliw gazowych" realizowany w latach 2007-2009; od roku 2016 jest wykonawcą w zadaniu „Opracowanie technologii produkcji polowej topoli (*Populus trichocarpa*) zawierającej rozdrobnienie surowca drzewnego" projektu BIOSTRATEG 2 finansowanego przez NCBIR pt. „Inteligentne systemy hodowli i uprawy pszenicy, kukurydzy i topoli dla zoptymalizowanej produkcji biomasy, biopaliw oraz zmodyfikowanego drewna".
- jako wykonawca w 2 krajowych projektach finansowanych z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007-2013. Pierwszy projekt „Podnoszenie jakości zarządzania zasobami SGGW", realizacja 01.08-31.10.2013r. Drugi projekt „Zarządzanie innowacyjnymi rozwiązaniami w sektorach polskiej gospodarki", realizacja w latach 2008-2013.

Ocena działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej Habilitanta

Habilitant prowadzi również aktywną działalność dydaktyczną. Był promotorem 57 pozytywnie zakończonych prac dyplomowych i zrecenzował 47 prac dyplomowych.

Dr inż. Arkadiusz Gendek zrealizował ponad 6000 godzin wykładów i ćwiczeń na Wydziale Leśnym, Wydziale Techniki Rolniczej i Leśnej, Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie. Opracował programy (sylabusy) wielu przedmiotów m.in. Systemy informatyczne w leśnictwie, Procesy produkcyjne w leśnictwie, Technologie produkcji biomasy. Opracował materiały i założył 4 kursy w ramach e-learningu m.in. Systemy informacji przestrzennej, Zarządzanie produkcją w leśnictwie, Systemy informatyczne w leśnictwie.

Habilitant aktywnie współpracuję z Nadleśnictwem Chojnów, w którym organizuje zajęcia terenowe dla studentów Wydziału Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie w ramach przedmiotu Systemy informatyczne w leśnictwie. Bierze coroczny udział w spotkaniach z maturzystami w ramach „Dni otwartych SGGW", „Wirtualnych dniach otwartych w SGGW". Wielokrotnie odbywał spotkania z uczniami szkół średnich, głównie Technikum Leśnego w Zagnańsku popularyzując wiedzę i zachęcając uczniów do studiowania w SGGW. Był pomysłodawcą i organizatorem dwóch Konferencji dla nauczycieli techników leśnych, którą wspierał Departament Leśnictwa w Ministerstwie Środowiska.

Dr inż. Arkadiusz Gendek w ramach działalności organizacyjnej:
- jest członkiem Senatu SGGW w Warszawie jako przedstawiciel młodszych pracowników nauki z grupy doktorów (2 kadencje),
- przez 3 kadencje był członkiem Rady Wydziału Inżynierii Produkcji,
- przez 12 kadencji był Sekretarzem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej,
- od 2006 jest członkiem Uczelnianej Komisji Rekrutacyjnej,
- przez 2 kadencje był członkiem Rektorskiej Komisji Mieszkaniowej,
- przez 3 kadencje pełnił i obecnie pełni funkcję Pełnomocnikiem Dziekana ds. Informatyzacji Wydziału Inżynierii Produkcji,
- przez 2 kadencje był i obecnie jest członkiem Dziekańskiej Komisji ds. Promocji Wydziału Inżynierii Produkcji.

Za swoją pracę dr inż. Arkadiusz Gendek został nagrodzony medalem Prezydenta RP „Za długoletnią służbę", 10 nagrodami indywidualnymi i zespołowymi JM Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne, medalem Dziekana „Za Zasługi Dla Wydziału Inżynierii Produkcji".

Podsumowanie i wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawione do recenzji dzieło w postaci 7 publikacji, pod wspólnym tytułem: „Potencjał oraz przydatność pozostałości zrębowych do energetycznego wykorzystania", będących monotematycznym cyklem, stanowiącym osiągnięcie naukowe Habilitanta, prezentuje wysoką wartość naukową, innowacyjną i wnoszącą istotny wkład w rozwój dyscypliny leśnictwo.

W okresie 14 lat po uzyskaniu stopnia doktora w 2005 roku, dr inż. Arkadiusz Gendek prowadził aktywną i twórczą działalność naukową, wzbogacając swój dorobek publikacyjny i punktowy zarówno w ujęciu ilościowym jak i jakościowym. Wszystkie prace z listy JCR zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora. Prace Habilitanta cechują się oryginalnością i nowatorskim podejściem w zakresie rozwiązywania problemów badawczych.

Habilitant wykazuje się również istotnymi osiągnięciami dydaktycznymi i organizacyjnymi, pełni liczne funkcje na Wydziale Inżynierii Produkcji oraz w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (członek Senatu i Komisji Uczelnianej). Wielokrotnie wyróżniany i nagradzany za działalność organizacyjną.

Biorąc pod uwagę przedłożone do oceny dzieło w postaci jedno-tematycznego cyklu publikacji naukowych pt.: „Potencjał oraz przydatność pozostałości zrębowych do energetycznego wykorzystania" oraz opublikowany dorobek naukowy Habilitanta, mający istotne znaczenie dla rozwoju dziedziny nauk leśnych, dyscypliny leśnictwo oraz działalność dydaktyczną i organizacyjną stwierdzam, że osiągnięcia te spełniają wymagania określone w art. 16 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U Nr 56, poz. 595 ze zm.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz kryteria osiągnięć zawarte w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku (Dz. U. Nr 196, poz. 1165) i stanowią wymaganą podstawę do nadania dr. inż. Arkadiuszowi Gendkowi stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Hubert Lachowicz