
AUTOREFERAT

PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

DR INŻ. JOANNA SZYSZLAK-BARGŁOWICZ

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wydział Inżynierii Produkcji

Katedra Energetyki i Środków Transportu

ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin

Lublin 2015

1. Imię i nazwisko

Joanna Szyszlak-Bargłowicz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Uzyskany tytuł: Magister inżynier

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Kierunek: Inżynieria środowiska

Specjalność: Geologia naftowa i geotermia

Temat pracy dyplomowej magisterskiej: Ocena wpływu ciśnień roboczych w komorze magazynowej Z-1 KPMG Mogilno na zmiany koncentracji węglowodorów gazowych w otworze kontrolnym

Promotor: Dr inż. Marek Dzieńiewicz, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Data obrony: 19. 06. 2001 r.

Uzyskany stopień: Doktor nauk rolniczych

Akademia Rolnicza w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji

Dyscyplina naukowa: Inżynieria rolnicza

Specjalność: Odnawialne źródła energii

Temat pracy doktorskiej: Wykorzystanie ślazuwca pensylwańskiego jako źródła energii odnawialnej i biologicznego ekranu drogowego

Promotor: Prof. dr hab. inż. Wiesław Piekarski

Recenzenci: Dr hab. inż. Tomasz Dobek

Prof. dr hab. inż. Ignacy Niedziółka

Data obrony: 11. 09. 2008 r.

Praca wyróżniona uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2004-2008 – doktorantka, Akademia Rolnicza w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Energetyki i Pojazdów

2008-2009 – asystent, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Energetyki i Pojazdów

2009-obecnie – adiunkt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Energetyki i Środków Transportu

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

4.1. Określenie osiągnięcia

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

„Pozyskiwanie i przetwarzanie wybranej biomasy na cele energetyczne, w systemach małej mocy, w aspekcie ochrony środowiska”

które dokumentuje cykl powiązanych tematycznie publikacji wydanych po uzyskaniu przez wnioskodawcę stopnia naukowego doktora.

b) wykaz prac dokumentujący osiągnięcie naukowe:

I.B.1. Szyszlak-Bargłowicz J., Piekarski W. 2009. Zawartość wybranych pierwiastków metali ciężkich w biomase ślazu pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40, s. 357-364. Instytut Ochrony Środowiska. Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
MNiSW – 4 pkt.

I.B.2. Szyszlak-Bargłowicz J., Słowik T., Zając G., Krzaczek P. 2011. Composition and Chemical Characteristics of Pellets Made of Virginia Mallow Biomass [w:] *The Acquisition and Processing of Biomass of Virginia Mallow for Energy Purposes*. Piekarski W. (red.), s. 23-33. Wyd. Wieś Jutra. Warszawa.
MNiSW – 5 pkt.

I.B.3. Szyszlak-Bargłowicz J., Zając G., Piekarski W. 2012. Energy Biomass Characteristics of Chosen Plants. *International Agrophysics*, 26, s. 175-179. Institute of Agrophysics. Polish Academy of Sciences, Lublin. DOI: 10.2478/v10247-012-0025-7.
MNiSW – 20 pkt, IF - 1,025.

I.B.4. Słowik T., Zając G., Szyszlak-Bargłowicz J., Piekarski W. 2013. Badania parametrów energetyczno-ekologicznych kotła zasilanego peletami ze ślazu pensylwańskiego. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2, s. 90-92. Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT, Warszawa.
MNiSW – 5 pkt.

I.B.5. Szyszlak-Bargłowicz J. 2014. Content of Chosen Macroelements in Biomass of Virginia Mallow (*Sida hermaphrodita* Rusby). *Journal of Central European Agriculture*, 15 (3), s. 263-271. DOI: dx.doi.org/10.5513/JCEA01/15.3.1485
MNiSW – 8 pkt.

I.B.6. **Szyszlak-Bargłowicz J.**, Zając G., Słowik T. 2015. Hydrocarbons Emission during Biomass Combustion. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (3), s. 1349-1354. DOI: 10.15244/pjoes/37550.
MNiSW – 15 pkt, IF – 0,871.

I. B.7. **Szyszlak-Bargłowicz J.**, Zając G. 2015. Rozdział metali ciężkich pomiędzy strumienie odpadów podczas spalania biomasy ślazuwa pensylwańskiego. *Przemysł Chemiczny*, 94 (10), s. 1723-1727. Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT, Warszawa. DOI: 10.15199/62.2015.10.14.
MNiSW – 15 pkt, IF – 0,399.

I.B.8. **Joanna Szyszlak-Bargłowicz**. 2015. Comparison of Pollutant Emission Indicators during Virginia Mallow Pellets and Wood Pellets Combustion – a Case Study. *Agricultural Engineering*, 4 (156), s. 121-128.. Komitet Techniki Rolniczej. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków. DOI: 10.14654/ir.2015.156.158
MNiSW – 5 pkt.

Łączny Impact Factor artykułów wchodzących do cyklu powiązanych tematycznie publikacji wg listy JCR wynosi 2,295, a suma punktów wg MNiSW – 77.

c) Omówienie osiągnięcia naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

Wprowadzenie

Energia oraz surowce energetyczne są produktem strategicznym, mającym realny wpływ niemal na wszystkie elementy prawidłowego funkcjonowania gospodarki. Do najważniejszych czynników zapewniających bezpieczeństwo energetyczne państwa należą: zróżnicowany krajowy bilans paliwowy, dywersyfikacja źródeł energii, dostęp do infrastruktury przesyłu nośników energii, magazynowania oraz dystrybucji paliw i energii. Dywersyfikacja źródeł poszczególnych nośników energii jest nadrzędnym celem dla zmniejszenia ryzyka użycia argumentu dostaw paliwa jako elementu nacisku politycznego i ekonomicznego. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii dla wielu państw staje się ważnym elementem bezpieczeństwa energetycznego, ekonomicznego i ekologicznego. Należy zaznaczyć, że wykorzystywanie w coraz większym stopniu technologii proekologicznych i odnawialnych źródeł energii, daje możliwość ograniczenia wykorzystania paliw konwencjonalnych oraz ochrony środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatycznym. W realizację tych celów wpisuje się koncepcja rozproszonych źródeł energii o niewielkiej mocy, wytwarzających energię lokalnie i dostarczających ją bezpośrednio na potrzeby gospodarstw. Kryteria te spełniają najlepiej instalacje na odnawialne źródła energii, takie jak: kotły na biomasę, mikrobiogazownie, małe turbiny wiatrowe oraz kolektory słoneczne [Oniszk-Popławska i in. 2011].

Polityka energetyczna Polski wpisuje się w realizację celów polityki energetycznej określonych na poziomie Unii Europejskiej. Podstawowymi kierunkami Polskiej Polityki Energetycznej [Ministerstwo Gospodarki 2009] jest między innymi dynamiczny rozwój i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, w tym głównie biopaliw oraz ograniczenie negatywnego oddziaływania energetyki na środowisko. Udział biomasy w bilansie paliwowym energetyki odnawialnej w Polsce rośnie z roku na rok. Polska jest obecnie największym użytkownikiem biomasy na cele energetyczne w nowych krajach członkowskich Unii Europejskiej, a rolnictwo polskie postrzegane jest w UE jako mające jeden z największych potencjałów do produkcji biomasy na cele energetyczne w tym obszarze.

Wszystkie rodzaje biomasy są nośnikami energii chemicznej (zawierają węgiel i wodór). Biomasa może być używana na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania biopaliw stałych (drewna, słomy), przetwarzana na biopaliwa gazowe (biogaz, gaz syntezowy) lub ciekłe (olej, alkohol, bioestry). Obecnie biomasa jest wykorzystywana głównie do celów grzewczych. W krajach uprzemysłowionych i rozwiniętych biomasę przetwarza się na dużą skalę, przede wszystkim w energię elektryczną i ciepłą, w systemach, które są zaawansowane technicznie, zarówno pod względem wydajności, jak i zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. Natomiast w krajach rozwijających się, konwersja biomasy na energię jest realizowana często za pośrednictwem technologii tradycyjnych i nieefektywnych [Johansson 2013]. Koncepcje wykorzystania biomasy wskazują, że w najbliższych latach nastąpi wzrost znaczenia biomasy jako odnawialnego źródła energii.

Paliwa różnią się między sobą wartością opałową otrzymywaną podczas ich spalania. Wielkość tej energii zależy od wielkości stopnia konwersji zawartych w paliwie palnych pierwiastków: C, H i S; stąd przyjmuje się, że jest funkcją składu chemicznego paliwa [Rybak 2006]. Niska jakość biomasy może w istotny sposób obniżyć ilość energii uzyskiwanej w procesach jej spalania, na skutek obniżenia wartości opałowej oraz niższej wydajności pracy urządzeń grzewczych [Chołuj i in. 2008]. Nowoczesne technologie konwersji energii wymagają szczegółowej analizy właściwości biomasy. Do energetycznej oceny biomasy stosuje się te same zasady, co do oceny kopalnych paliw stałych [Winnicka i in. 2005]. Do najważniejszych kryteriów należą: wartość opałowa, zawartość wilgoci, popiołu i siarki, charakterystyczne temperatury topliwości popiołu, zawartość części lotnych i uziarnienie [Zawistowski 2003]. W uzupełnieniu do głównych składników substancji mineralnej biopaliw, w czasie spalania ważną rolę odgrywają również metale śladowe.

Problem naukowy

Spalanie jest najstarszą, najprostszą i najbardziej rozpowszechnioną formą pozyskiwania energii z biomasy, a wykorzystywane metody są zarazem najbardziej dojrzałymi technicznie. W procesie spalania generuje się aż 90% energii, otrzymywanej na świecie. Również w polskim klimacie (typowym także dla wielu regionów Europy), najefektywniejszym sposobem wykorzystania istniejącego potencjału biomasy jest jej spalanie i wytwarzanie energii na cele ogrzewania gospodarstw, przede wszystkim w oparciu o lokalnie dostępne surowce biomasy [Gula, Goryl 2014].

Zaspokojenie zapotrzebowania na biomasę przeznaczoną na cele energetyczne, wiązać się może z tworzeniem plantacji wielkoobszarowych, często lokalizowanych na obszarach gruntów rolnych odłogowanych i zdegradowanych, wymagających zagospodarowania i rekultywacji. Można przypuszczać, że skład chemiczny biomasy będzie zmieniał się pod wpływem różnych czynników, w tym warunków glebowych. Jest to istotne, gdyż skład chemiczny, w tym zawartość poszczególnych pierwiastków metali ciężkich, może mieć znaczący wpływ na jakość przetwarzanego surowca [Srogi 2007]. Jak podaje Rybak [2006], popiół ze spalania biomasy zawiera również małe ilości metali ciężkich. Należy jednak podkreślić, iż popiół ze spalania słomy zawiera od 3 do 20 razy mniejsze stężenia metali ciężkich w porównaniu do popiołów pochodzących z użytkowania drewna. Słoma, ziarna i trawy zawierają znacznie mniejsze ilości metali ciężkich niż drewno i kora. Wynika to z długiego okresu wegetacji drzew, co powoduje większą akumulację w nich metali ciężkich. Aktualnie potrzebne są charakterystyki jakościowe paliw wytwarzanych na bazie biomasy pozyskiwanej z roślin energetycznych, gdyż biomasa od różnych producentów, ze względu na silnie rozproszoną podaż i zróżnicowane źródła pochodzenia, będzie się istotnie różnić [Szczukowski, Stolarski 2005]. Wisz i Matwiejew [2005] analizując uzyskane wyniki prowadzonych badań biomasy w aspekcie jej przydatności do bezpośredniego spalania zwracają uwagę, że oznaczenia zawartości mikroelementów, w tym metali ciężkich, prowadzone są stosunkowo rzadko.

Specyficzne właściwości fizyko-chemiczne biomasy wymagają stosowania odpowiednich rozwiązań technologicznych, dostosowanych do wykorzystywanego paliwa. Efektywność energetyczna procesu spalania zależy głównie od jakości i doboru odpowiedniego paliwa oraz konstrukcji kotła. W ostatnich latach weszły na rynek nowe rozwiązania w zakresie spalania biomasy; należą do nich kotły z palnikami retortowymi wykorzystujące pelety jako paliwo. Charakteryzują się one ciągłym, automatycznie sterowanym załadunkiem paliwa oraz regulacją ilości powietrza wprowadzanego do komory spalania. Korzyścią stosowania tego typu rozwią-

zań jest uzyskiwanie sprawności cieplnej dochodzącej do 90%, jak i redukcja wskaźników emisji zanieczyszczeń gazowych, która w odniesieniu do starszych rozwiązań sięgać może ogółem 99% dla tlenku węgla, lotnych związków organicznych, benzo(a)pirenu i innych, w tym wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych [Kubica 2010].

Typowym paliwem wykorzystywanym w kotłach z palikami retortowymi są pelety drzewne otrzymywane z odpadów przemysłu drzewnego. Rosnące zapotrzebowanie na pelety drzewne oraz konkurencja ze strony przemysłu meblarskiego na rynku surowca, spowodowała poszukiwania nowych paliw. Uzupełnieniem bilansu podaży biomasy na rynku energetycznym może być jej pozyskiwanie z celowych plantacji wieloletnich roślin energetycznych gatunków rodzimych oraz introdukowanych do Polski [Stolarski i in. 2014; Niedziółka i in. 2015].

Wobec powyższych rozważań, dotyczących biopaliw stałych sformułowano **problemy naukowe** w postaci następujących pytań:

1. Czy biomasa pochodząca z celowych upraw energetycznych z uwagi na swoje właściwości fizykochemiczne i parametry energetyczne, stanowi atrakcyjne paliwo uzupełniające tradycyjne źródła biomasy w bilansie energetycznym, a jej wykorzystanie przyczyni się do zwiększenia arealu celowych upraw energetycznych i rozwoju rynku biomasy na obszarach wiejskich?
2. Czy pelety z biomasy pochodzącej z celowych upraw energetycznych mogą stanowić paliwo alternatywne do zasilania automatycznych kotłów grzewczych małej mocy, a proces ich bezpośredniego spalania w indywidualnych systemach grzewczych charakteryzuje się korzystnym efektem ekologiczno-energetycznym?

Cel badań zaprezentowanych w cyklu powiązanych tematycznie publikacji, stanowiących wskazywane osiągnięcie naukowe

Zabiegi związane z uprawą i zbiorem biomasy, a następnie przygotowaniem biopaliwa i jego magazynowaniem, wpływają na jego końcową jakość, rozumianą jako właściwości fizyczne i chemiczne. Jakość biopaliwa ma z kolei wpływ na wszystkie procesy związane z produkcją energii: podawaniem paliwa, spalaniem, pracą urządzeń ograniczających emisję zanieczyszczeń. Wobec powyższego efektywność ekologiczno-energetyczna generowania energii cieplnej w instalacjach grzewczych małej mocy uzależniona będzie między innymi od paliwa oraz urządzenia grzewczego. Uzyskiwanie założonej sprawności energetycznej i efektywności ekologicznej przez urządzenia grzewcze, determinowane jest stosowaniem paliwa o stabilnych i ściśle określonych (dla danego urządzenia) właściwościach fizykochemicznych.

Brakuje jednak standardów określających jakość paliw i biopaliw stosowanych w indywidualnym i komunalnym ogrzewnictwie.

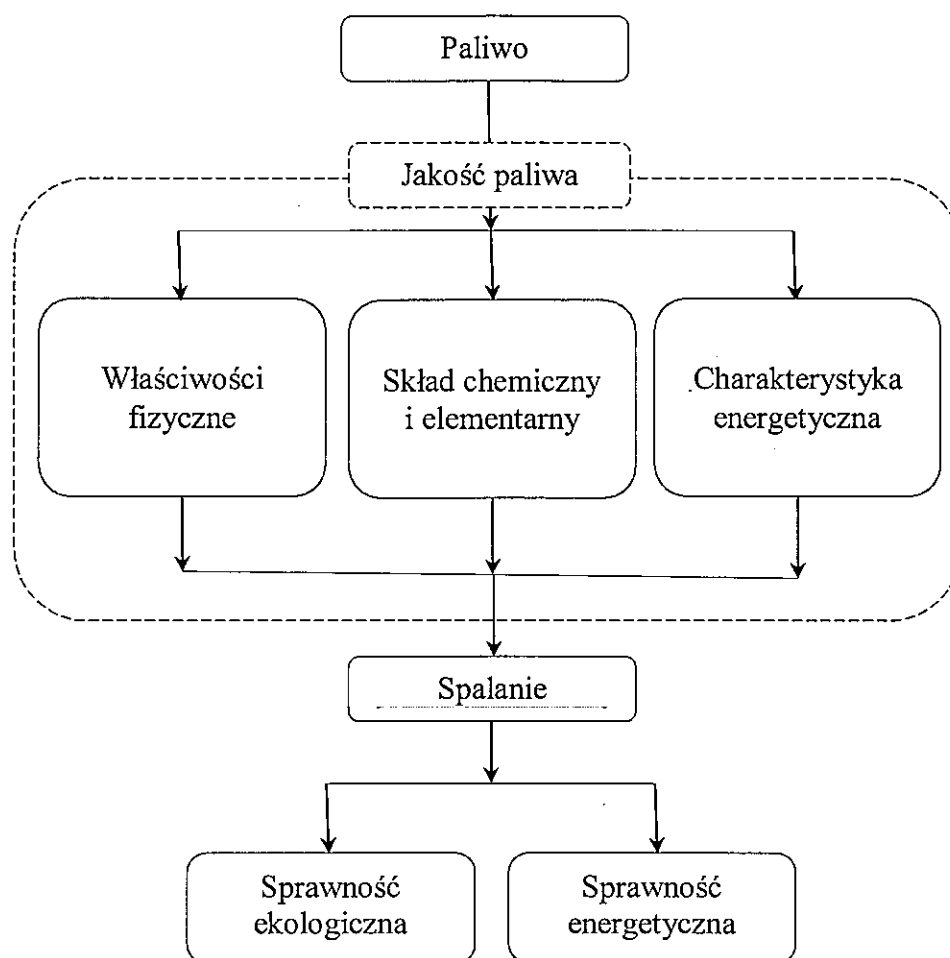
Głównym celem przeprowadzonych i przedstawionych badań w cyklu powiązanych tematycznie publikacji, stanowiących wskazywane osiągnięcie naukowe, było określenie wpływu zasilania instalacji grzewczej małej mocy wybranym rodzajem biomasy na efekty ekologiczne procesu spalania. Na główny cel badawczy składały się poniższe **cele szczegółowe**:

1. Określenie i ocena parametrów fizykochemicznych wybranej do badań biomasy, istotnych z punktu widzenia oceny ekologicznej.
2. Ocena efektów emisyjnych spalania peletów z wybranej biomasy na podstawie analizy charakterystyki emisyjnej kotła grzewczego małej mocy.
3. Określenie możliwości zasilania kotła grzewczego małej mocy paliwem alternatywnym (z biomasy typu agro) w stosunku do paliwa podstawowego (pelety drzewne) w kontekście oceny energetyczno-ekologicznej.

Obiektem badań była biomasa ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby) oraz uzyskane z niej pelety, stanowiące paliwo alternatywne w kotłach na paliwo stałe. Decydującym kryterium wprowadzenia do badań ślazuwca pensylwańskiego były jego cechy korzystne z punktu widzenia energetycznego: niska wilgotność podczas zbioru, niska zawartość popiołu i siarki, wysoka wartość opałowa i ciepło spalania. Mając na uwadze potrzebę konfrontacji i odniesienia otrzymanych wyników badań emisyjnych podczas spalania peletów ze ślazuwca pensylwańskiego, przeprowadzono ponadto test emisyjny spalając jako paliwo wzorcowe, dostępne na rynku pelety drzewne. Na rys. 1 przedstawiono schemat uwarunkowań ekologiczno-energetycznych wytwarzania energii cieplnej w instalacji grzewczej małej mocy, analizowanych podczas prowadzenia badań.

Zrealizowanie powyższego celu było możliwe dzięki przeprowadzeniu licznych badań laboratoryjnych i terenowych, na podstawie których w latach 2009-2015 opublikowałam cykl prac naukowych przedstawionych w wykazie dorobku naukowego.

Wskazywane osiągnięcie naukowe stanowi cykl 8 powiązanych tematycznie oryginalnych publikacji naukowych: 3 prace opublikowane w czasopismach indeksowanych w bazie JCR, 1 praca opublikowana w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, 3 prace opublikowane w czasopismach o zasięgu krajowym, 1 praca jest rozdziałem w monografii naukowej. W autoreferacie, prace te przedstawiłam jako kolejne etapy badań, stanowiące wielostopniowe poszukiwanie odpowiedzi na postawiony problem naukowy. Zaprezentowałam w nich wieloaspektowe ujęcie sformułowanego problemu naukowego i zebrałam w nich idee prowadzące do jego rozwiązania.



Rys. 1. Schemat uwarunkowań ekologiczno-energetycznych wytwarzania energii cieplnej w instalacji grzewczej małej mocy, analizowanych podczas prowadzenia badań

Mój wkład w ww. publikacje obejmuje: autorstwo założeń merytorycznych, koncepcji i zakresu badań, wykonanie doświadczeń, opracowanie i dyskusję wyników, opracowanie przeglądu stanu wiedzy w prezentowanej dziedzinie oraz napisanie manuskryptów.

Podjęta w badaniach problematyka jest kontynuacją i rozwinięciem prac badawczych prowadzonych przeze mnie przed uzyskaniem stopnia doktora nauk rolniczych. Badania dotyczące możliwości wykorzystania biomasy ślazuwca pensylwańskiego jako źródła energii odnawialnej zainspirowały mnie do dalszych prac naukowych w tym zakresie. Uznałam za interesujące, istotne i merytorycznie uzasadnione przeanalizowanie aspektów środowiskowych pozyskiwania i przetwarzania biomasy ślazuwca pensylwańskiego na cele energetyczne w systemach małej mocy. Znacząca część mojego dorobku naukowego przedstawia wyniki badań przeprowadzonych w ramach realizacji kierowanego przeze mnie projektu badawczego N N313 444737 „Opracowanie technologii produkcji peletu z biomasy ślazuwca pensylwańskiego”.

Wyniki badań zaprezentowanych w cyklu powiązanych tematycznie publikacji, tworzących wskazywane osiągnięcie naukowe

I. Określenie składu chemicznego i parametrów energetycznych wybranej biomasy jako paliwa stałego

Dla odbiorców biomasy ważna jest nie tylko stała podaż surowca na odpowiednim poziomie, ale również jego jakość, często związana z zawartością różnych pierwiastków. Na zawartość pierwiastków w biomasie mają wpływ cechy uwarunkowane genetycznie, które w pewnym stopniu modyfikowane są warunkami środowiskowymi takimi jak właściwości gleby (zasobność, pH), czy przebieg pogody (opady), a także zabiegami agrotechnicznymi – głównie nawożeniem. Znajomość zawartości różnych pierwiastków może być pomocna w doborze metody przetwarzania biomasy stałej w energię. W aspekcie pozyskiwania roślinnych surowców energetycznych, ważne jest rozważenie wpływu nawożenia mineralnego na zawartość poszczególnych składników mineralnych w biomasie.

Praca I.B.5.

Szyszlak-Bargłowicz J. 2014. Content of Chosen Macroelements in Biomass of Virginia Mallow (*Sida hermaphrodita* Rusby). *Journal of Central European Agriculture*, 15 (3), s. 263-271.

Rozpatrując wykorzystanie biomasy pod kątem energetycznym należy przytoczyć wnioski, sformułowane na podstawie badań, przez Fijałkowską i Styszko [2011]. Mianowicie, kombinacje nawozowe mają mały, chociaż istotny wpływ na ciepło spalania biomasy wierzbowej. Jest to bardzo istotna informacja w aspekcie energetycznego wykorzystania biomasy ślazuwca pensylwańskiego. Przykładowo w czasie spalania większości rodzajów biomasy, powstaje mniej więcej taka sama ilość tlenków azotu jak podczas spalania paliw kopalnych. Nie mniej jednak, jednym z mechanizmów prowadzących do powstawania tlenków azotu w czasie spalania biomasy jest utlenianie związków azotowych, chemicznie związanych z substancją organiczną paliwa; są to tzw. tlenki azotu paliwowe.

Celem badań opisanych w pracy I.B.5 było oznaczenie zawartości składników mineralnych w poszczególnych częściach ślazuwca pensylwańskiego przy zróżnicowanym nawożeniu mineralnym (NPK). Na podstawie dokonanego przeglądu literatury w badaniach zaproponowałam oznaczenie N, P, K, Ca, Mg, w liściach, łodygach i korzeniach roślin. Przeprowadzone badania wykazały brak istotnego wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia na zawartość większości omawianych składników w biomasie ślazuwca pensylwańskiego. Zastosowane dwa

poziomy nawożenia, na ogół istotnie wpłynęły tylko na zawartość wapnia w materiale roślinnym. Stwierdziłam zwiększoną zawartość wapnia w liściach ślazuca pensylwańskiego przy zastosowaniu niższej dawki nawożenia. Ponadto, nie stwierdziłam kumulowania się azotu w łodygach i liściach ślazuca pensylwańskiego po zastosowaniu większych dawek tego składnika pokarmowego. Stwierdzona w liściach i łodygach ślazuca pensylwańskiego zawartość potasu i wapnia była wielokrotnie niższa od zalecanej dla zapewnienia ich bezproblemowego użytkowania. Nie zaobserwowałam także stwierdzonej przez Borkowską i Lipińskiego [2008] tendencji wzrostu zawartości fosforu i potasu po zastosowaniu azotu w dawce $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Zawartość azotu w łodygach ślazuca pensylwańskiego nie zwiększyła się przy wyższym nawożeniu azotem, w przeciwieństwie do wyników badań Kalembasy i Wiśniewskiej [2006]. Uzyskane przez wspomnianych autorów wyniki wskazują, że w aspekcie pozyskiwania biomasy jako surowca energetycznego optymalną dawką azotu było $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Warto wspomnieć, że Dresler i in. [2011], badając wpływ rodzaju uprawy, nawożenia azotem i zróżnicowanego nawożenia organicznego na zawartość azotu azotynowego w glebach wschodniej Polski, stwierdzili, że dawka azotu w ilości przekraczającej $121 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowała istotne zwiększenie koncentracji azotanów (V) w wierzchniej warstwie gleby. Z kolei Borkowska i Lipiński [2007], stwierdzili, iż intensywne nawożenie azotem oraz fosforem nie wpłynęło istotnie na zawartość makroelementów w ślazuca pensylwańskim.

Praca I.B.1.

Szyszlak-Bargłowicz J., Piekarski W. 2009. Zawartość wybranych pierwiastków metali ciężkich w biomacie ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40, s. 357-364.

Metale śladowe zawarte w biomacie odgrywają ważną rolę w czasie spalania. Kondensacja lotnych metali prowadzi do tworzenia się submikronowych cząstek lotnego popiołu (aerozoli). Cząstki te powodują zagrożenia ekologiczne i zdrowotne, trudno jest je także odpylać w filtrach pyłowych. Jednocześnie uprawę roślin energetycznych zaleca się do prowadzenia sanitacji agrotechnicznej (fitoremediacji, fitomelioracji) na terenach zanieczyszczonych, zwłaszcza metalami ciężkimi. Można przypuszczać, że skład chemiczny biomasy, w tym zawartość poszczególnych pierwiastków metali ciężkich, będzie zmieniał się pod wpływem różnych warunków glebowych. Przy czym, ma on znaczący wpływ na jakość przetwarzanego surowca. Analiza doniesień literaturowych wykazała, że badania dotyczące oznaczenia zawar-

tości mikroelementów, w tym metali ciężkich w biomase przeznaczonej do spalania, są prowadzone stosunkowo rzadko. Stąd wydaje się być konieczne i interesujące przeprowadzenie badań zawartości metali ciężkich w biomase przeznaczonej do energetycznego wykorzystania.

Przedmiotem badań zaprezentowanych w **pracy I.B.1** była zawartość wybranych pierwiastków metali ciężkich: Cd, Pb, Zn, Cu w biomase ślazuwa pensylwańskiego, a także ocena zawartości wymienionych pierwiastków w glebie, na której uprawiany był ślazowiec pensylwański, przy jednoczesnym określeniu jej odczynu. Obiektem badań były liście i łodygi ślazuwa pensylwańskiego (użytkowane energetycznie części roślin) pochodzące z własnego doświadczenia polowego. Oznaczeń poszczególnych metali ciężkich dokonałam w sześciu powtórzeniach. Badania obejmowały także glebę z miejsca uprawy ślazuwa pensylwańskiego. Jesienią, po zakończeniu wegetacji roślin, pobrano próbki liści i łodyg ślazuwa pensylwańskiego, które następnie wysuszono. Badania prowadzone były przez dwa kolejne lata, w drugim i trzecim roku użytkowania doświadczenia polowego.

Ślazowiec pensylwański cechuje duża zdolność do gromadzenia w biomase znacznych ilości żelaza, cynku, niklu, miedzi, chromu, kadmu, manganu, ołowiu i kobaltu [Kalembasa, Wiśniewska 2010], dlatego też istotne jest oznaczenie zawartości tych pierwiastków w biomase ślazuwa pensylwańskiego przeznaczonej do bezpośredniego spalania.

Średnia zawartość kadmu w liściach i łodygach ślazuwa pensylwańskiego wyniosła odpowiednio $0,295 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $0,125 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, ołowiu $1,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $<0,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, cynku $38,46 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $6,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, miedzi $7,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $2,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W celu weryfikacji otrzymanych wyników badań odniosłam je do niemieckiej normy DIN 51371 dla peletów drzewnych. Biomasa ślazuwa pensylwańskiego zawierała mniejsze ilości kadmu, ołowiu i cynku, niż podane w przytoczonej normie wartości dopuszczalne. Również zawartość miedzi w łodygach nie przekroczyła wartości dopuszczalnej, jedynie zawartość tego pierwiastka w liściach nieznacznie przekroczyła wartość graniczną.

Po przeprowadzeniu analizy statystycznej otrzymanych wyników badań zawartości metali ciężkich w biomase ślazuwa pensylwańskiego, stwierdziłam istotne statystycznie różnice pomiędzy zawartością poszczególnych pierwiastków w liściach i łodygach tej rośliny, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, w odniesieniu do zawartości kadmu, miedzi i cynku. Analiza statystyczna otrzymanych wyników badań zawartości ołowiu w liściach i łodygach ślazuwa pensylwańskiego nie była możliwa ze względu na zawartość tego pierwiastka poniżej granicy oznaczalności przyrządu pomiarowego ($<0,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Jednocześnie wyższe zawartości badanych pierwiastków stwierdzono w liściach.

Otrzymane wyniki badań zaprezentowane w pracy **I.B.1** pozwalają stwierdzić, że zawartość metali ciężkich w biomasie ślazuwca pensylwańskiego nie odbiegała od typowej zawartości tych pierwiastków w biomasie pochodzącej z celowych upraw energetycznych. Jednocześnie pierwiastki te występowały w ilościach znacznie niższych niż dopuszczalne i zalecane zawartości zapewniające bezproblemowe użytkowanie biopaliw. Mimo to, rozważając wykorzystanie biomasy ślazuwca pensylwańskiego na cele energetyczne do bezpośredniego spalania, należy wziąć pod uwagę konieczność systematycznych badań analitycznych obejmujących również oznaczenie zawartości metali ciężkich.

Praca I.B.3

Szyszlak-Bargłowicz J., Zając G., Piekarski W. 2012. Energy Biomass Characteristics of Chosen Plants. *International Agrophysics*, 26, s. 175-179.

Znajomość charakterystyki energetycznej jest konieczna do określenia potencjalnego wykorzystania roślin energetycznych. Wierzba energetyczna, ślazuwiec pensylwański i miskant charakteryzują się bardzo wysokim współczynnikiem efektywności energetycznej, nawet kilkakrotnie wyższym niż u jednorocznych roślin rolniczych przeznaczonych na rynek żywnościowy [Bal i in. 2006]. Przegląd stanu wiedzy wykazał brak szerokich doniesień literaturowych na temat charakterystyki energetycznej ślazuwca pensylwańskiego. Stąd też, **praca I.B.3** miała na celu określenie przydatności wybranych gatunków roślin energetycznych do wykorzystania w systemach bezpośredniego spalania. Zestawiłam w niej wyniki badań parametrów energetycznych wybranych roślin energetycznych. Porównaniu poddałam ciepło spalania i wartość opałową wierzby krzewiastej, ślazuwca pensylwańskiego oraz miskanta olbrzymiego.

Przeprowadzone badania wykazały, że najwyższą wartość opałową miała biomasa wierzby krzewiastej $17\,688\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast biomasa ślazuwca pensylwańskiego charakteryzowała się zbliżoną wartością opałową $17\,167\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś najmniejszą wartość opałową stwierdzono dla biomasy miskanta $16\,577\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, przy zbliżonej wilgotności. Na podstawie analizy statystycznej otrzymanych wyników badań wartości opałowej stwierdziłam istotne statystycznie różnice pomiędzy badanymi cechami na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, we wszystkich przypadkach.

W literaturze jest szereg danych dotyczących parametrów energetycznych wierzby i miskanta. Zestawiłam z nimi otrzymane wyniki badań własnych ciepła spalania i wartości opałowej biomasy tych roślin; były one zbieżne z wynikami badań otrzymanymi przez innych autorów [Komorowicz i in. 2009; Król i in. 2010], lub nieznacznie niższe [Brosse i in. 2012; Gizińska i in. 2013; Stolarski i in. 2013].

Otrzymane wyniki badań ciepła spalania i wartości opałowej biomasy ślazuwa pensylwańskiego były relatywnie wysokie w stosunku do innych rodzajów biomasy [Demirbas 2005; Mółka, Łapczyńska-Kordon 2011; Saidur i in. 2011; Lim i in. 2012] i potwierdzone przez Król i in. [2010], Kowalczyk-Juško [2010].

Zaprezentowane w pracy I.B.3 wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że ślazowiec pensylwański może być wykorzystany jako efektywny surowiec energetyczny, co poszerza spektrum celowych upraw roślin energetycznych w Polsce.

Praca I.B.2

Szyszlak-Bargłowicz J., Słowik T., Zając G., Krzaczek P. 2011. Composition and Chemical Characteristics of Pellets Made of Virginia Mallow Biomass [w:] *The Acquisition and Processing of Biomass of Virginia Mallow for Energy Purposes*. Piekarski W. (red), s. 23-33.

Zapotrzebowanie na paliwo, jakim są pelety z biomasy roślinnej wynika z dwóch głównych czynników. Pierwszy to wygoda stosowania, a także możliwość wykorzystania zarówno w grzewczych instalacjach indywidualnych (energetyce rozproszonej), jak i systemach ciepłowniczych (energetyce zawodowej). W porównaniu do tradycyjnego drewna opałowego, pelety mogą zapewnić możliwość automatyzacji i optymalizacji spalania, podobne do oleju opałowego czy gazu ziemnego w połączeniu z wysoką sprawnością spalania i niską ilością szkodliwych pozostałości spalania. Drugim powodem jest niska gęstość biomasy wpływająca na wysokie koszty jej transportu które sprawiają, że wykorzystanie biomasy nieprzetworzonej jest często nieopłacalne.

Surowce roślinne mogą wykazywać się znaczącym zróżnicowaniem, dlatego znajomość ich charakterystyki ma duże znaczenie z punktu widzenia ich wykorzystania energetycznego.

Prace **I.B.1** i **I.B.3** dotyczyły nieprzetworzonej biomasy ślazuwa pensylwańskiego, natomiast w **pracy I.B.2** określiłam właściwości energetyczne peletów ze ślazuwa pensylwańskiego. Ocenie poddałam: skład chemiczny (S, C, H, N, Cl), ciepło spalania, wartość opałową, zawartość popiołu, zawartość metali ciężkich i makroelementów, charakterystyczne temperatury topliwości popiołu i jego skład chemiczny. Ponadto, uzyskane wyniki badań własnych odniosłam do wymagań norm europejskich i danych dostępnych w literaturze.

Zawartość podstawowych analizowanych pierwiastków (S – 0,07%, C – 43,99%, H – 5,63%, N – 0,5%, Cl – 0,028%) w peletach ze ślazuwa pensylwańskiego mieściła się w granicach podawanych w literaturze dla biomasy [Netherlands Energy Research Foundation ECN; Obernberger, Thek 2004; Obernberger i in. 2006; Król i in. 2010; Telmo i in. 2010; Vassilev i in. 2010; Chew, Doshi 2011; Saidur i in. 2011; PN-EN 14961-1; PN-EN ISO 17225-6]. Zawartość siarki w odniesieniu do biomasy drzewnej była wyższa (0,02%), a w odniesieniu do

typowych roślin energetycznych na tym samym poziomie i niższa niż w słomach czy trawach. Zawartość węgla i wodoru mieściła się w zakresie typowym dla roślin energetycznych. Natomiast zawartość azotu była wyższa od typowej zawartości w biomasie drzewnej (0,1%) i zbliżona do zawartości w biomasie wierzby energetycznej, topoli czy słomy zbóż (0,4-0,5%). Wyższe wartości obserwowano dla ziarna zbóż, czy traw energetycznych (0,7-1,3%). Zawartość chloru w biomasie ślazuca pensylwańskiego była niższa niż w innych rodzajach biomasy. Jest to istotna informacja, ponieważ niska zawartość chloru w badanym biopaliwie, nie będzie przyczyniać się do występowania problemów eksploatacyjnych, podczas jego spalania, związanych z powstawaniem chlorowodoru (korozja) oraz emisją dioksyn i furanów.

Oznaczone w badaniach ciepło spalania i wartość opałowa peletów z biomasy ślazuca pensylwańskiego wyniosły odpowiednio $17\,956\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $16\,457\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Były one zbliżone do wyników zaprezentowanych w pracy **I.B.3**.

Oznaczona w peletach ślazuca pensylwańskiego zawartość popiołu wyniosła 2,5%. Głównymi składnikami popiołu były tlenki alkaliczne CaO – 29,3% i K₂O – 22,0%, P₂O₅ – 11,1%. Pozostałe składniki popiołu uszeregowane wg malejącej zawartości to: CO₂ – 21,4%; SiO₂ – 4,79%; MgO – 3,69%; SO₃ – 3,62%; Fe₂O₃ – 1,15%; Al₂O₃ – 0,97%; Na₂O – 0,74%; Cl – 0,39%; TiO₂ – 0,34%; Mn₃O₄ – 0,11%; SrO – 0,1%; BaO – 0,05%. Wyniki te odniesione do składu chemicznego popiołów innych rodzajów biomasy [Saidur i in. 2011; Lim i in. 2012] wskazują, że popiół z peletów ze ślazuca pensylwańskiego charakteryzował się znaczną ilością wapnia, potasu i fosforu. Podobne wyniki badań uzyskali Borkowska i Lipiński [2007] oraz Kalembasa [2006]. Stąd wyciągnęłam wniosek, że może on być z powodzeniem wykorzystywany jako nawóz na glebach kwaśnych, natomiast na glebach obojętnych może przyczyniać się do retrogradacji fosforu. Ponadto, podczas spalania duża zawartość tlenków alkalicznych, odpowiedzialnych za obniżenie temperatury topliwości popiołu, dowodzi niebezpieczeństwa silnego odkładania się osadów na urządzeniach grzewczych.

Jednocześnie należy mieć na uwadze, że proporcje pomiędzy składnikami alkalicznymi (Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O i P₂O₅), a kwaśnymi (SiO₂, Al₂O₃ i TiO₂), zawartymi w popiele z biomasy, stanowią wskaźnik charakteryzujący skłonność popiołu do tworzenia osadów [Pro-nobis 2005; Ściążko i in. 2006; Zamorowski 2006].

Przy wykorzystaniu biomasy do celów energetycznych poprzez bezpośrednie spalanie istotna jest znajomość charakterystycznych temperatur topliwości popiołu. Duża zawartość związków metali alkalicznych powoduje, że większość rodzajów biomasy wykazuje stosunkowo niskie temperatury mięknięcia i topnienia popiołu w porównaniu z węglem [Zuwała 2006]. Składniki tworzące popiół z paliw biomasowych są bardzo zróżnicowane, w zależności od rodzaju

biomasy, rodzaju gleby i terminu zbioru czy stosowanych nawozów [Vamvuka, Kakaras 2011]. Stwierdzono następujące charakterystyczne temperatury topliwości popiołu peletów ze ślazuwca pensylwańskiego: temperatura skurczu (SST) 730°C, temperatura deformacji (DT) 770°C, temperatura półkuli (HT) 1500°C, temperatura płynięcia (FT) 1500°C. Otrzymane wyniki badań własnych znalazły potwierdzenie w publikacji Kowalczyk-Juśko [2009]. Spośród badanych przez tę autorkę wybranych gatunków roślin energetycznych, ślazuwiec pensylwański obok miskanta cukrowego i róży bezkolcowej, cechował się najwyższą temperaturą topnienia popiołu > 1500°C.

Stwierdzona zawartość metali ciężkich w peletach ze ślazuwca pensylwańskiego nie przekraczała zalecanych wartości dla zapewnienia bezproblemowego użytkowania paliw biomasowych [Van Loo, Koppejan 2002].

Zaprezentowane w pracy **I.B.2.** wyniki badań potwierdziły przydatność peletów ze ślazuwca pensylwańskiego jako pełnowartościowego biopaliwa o atrakcyjnych walorach energetycznych, którego skład elementarny nie odbiegał od składu elementarnego typowych materiałów biomasowych takich jak słoma, wierzba czy miskant. Wobec powyższego sformułowałam wniosek, że pelety ze ślazuwca pensylwańskiego mogą znaleźć zastosowanie jako paliwo stałe do kotłów stosowanych w indywidualnych systemach grzewczych.

II. Ocena efektów ekologiczno-energetycznych wytwarzania energii cieplnej z wybranej biomasy w instalacji grzewczej małej mocy

Efektywne spalanie paliw biomasowych wymaga specjalnych technik i kotłów, zapewniających warunki dynamiczno-termiczne niezbędne dla zupełnego spalania lotnych produktów rozkładu termicznego biomasy. Spalaniu biomasy mogą jednak towarzyszyć zwiększone emisje toksycznych składników spalin, spowodowane niewłaściwymi rozwiązaniami technologicznymi. Stąd konieczność określenia efektów ekologiczno-energetycznych kotłów zasilanych peletami z wybranej biomasy, co zostało zaprezentowane w pracach **I.B.4, I.B.6-8.**

Praca I.B.4.

Słowik T., Zając G., Szyszlak-Bargłowicz J., Piekarski W. 2013. Badania parametrów energetyczno-ekologicznych kotła zasilanego peletami ze ślazuwca pensylwańskiego. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2, s. 90-92.

Dostępne na rynku automatyczne kotły z palinkami retortowymi dostosowane są do spalania peletów drzewnych. Zasilanie tych kotłów peletami z innych rodzajów biomasy wymaga przeprowadzenia badań parametrów energetyczno-emisyjnych.

Celem badań przedstawionych w pracy **I.B.4.** było określenie parametrów energetyczno-emisyjnych kotła dedykowanego do spalania peletów drzewnych zasilanego peletami ze ślazuwca pensylwańskiego. Charakterystykę wykorzystanego paliwa przedstawiono w **pracy I.B.2.** Zakres badań obejmował: wyznaczenie sprawności spalania, wyznaczenie sprawności energetycznej kotła, oznaczenie zawartości pyłu oraz zanieczyszczeń organicznych w spalinach emitowanych podczas spalania badanego biopaliwa.

Badania energetyczno-emisyjne wykonano z wykorzystaniem kotła o mocy 32 kW, z automatycznym ciągłym podawaniem paliwa. Kocioł ten wyposażony był w palnik retortowy, do którego podawane było paliwo z zasobnika za pomocą podajnika ślimakowego. Powietrze do spalania doprowadzane było przez wentylator do układu dysz w palniku. Praca kotła sterowana była za pomocą zaprogramowanego sterownika elektronicznego, sterującego podajnikiem i wentylatorem.

W trakcie badań emisyjnych zanotowałam wysokie stężenie NO_x – wynoszące 427 mg·m⁻³. Porównując zawartość azotu w peletach ze ślazuwca pensylwańskiego z zawartością w biomasie drzewnej, która według literatury wynosi poniżej 0,2% [Demirbas 2004; Król i in. 2010], można zauważyć wyższą zawartość tego pierwiastka w peletach ze ślazuwca pensylwańskiego (0,42%). Potwierdzeniem tego faktu są wyniki przeprowadzonych badań energetyczno-emisyjnych. Juszczak [2013] stwierdził wzrost stężenia tlenków azotu NO i NO_x ze wzrostem stężenia tlenu i spadek tych stężeń wraz ze wzrostem temperatury w komorze spalania. Stwierdzone przez tego autora stężenie NO_x nie przekroczyło 400 mg·m⁻³. Jeśli temperatura w palenisku jest stosunkowo niska, wielkość stężenia NO i NO_x zależy głównie od strumienia azotu dostarczanego do paleniska wraz z paliwem, a tlenki azotu tworzą się z azotu zawartego w paliwie [Juszczak 2014]. W kotłach małych mocy temperatura spalania bardzo często nie przekracza 1300°C i nie tworzą się termiczne NO_x (na skutek utleniania azotu atmosferycznego) [Zhao i in. 2008; Li 2010; Houshfar i in. 2011]. W takim przypadku, emisja NO_x powinna być bezpośrednio wiązana z zawartością azotu w paliwie. Jednakże, ze względu na bardzo wysoką zawartość popiołu w biomasie rolniczej, rozpatrując tworzenie się NO_x podczas spalania tego rodzaju biomasy, należy też wziąć pod uwagę wpływ efektów katalitycznych powierzchni popiołu. Różne poziomy emisji NO_x podczas spalania peletów z biomasy rolniczej mogą wynikać ze zmiennej zawartości w biopaliwie azotu oraz popiołu katalizującego powstawanie NO_x [Verma i in. 2012].

Ponadto zaobserwowałam również wysoką emisję CO 2525 mg·m⁻³ i pyłu 428 mg·m⁻³. Stwierdzona w doświadczeniu duża emisja CO i pyłu podczas spalania peletów ze ślazuwca pensylwańskiego mogła być spowodowana spalaniem niepełnym oraz niewłaściwą organizacją procesu. Na wyższe stężenie tlenku węgla mogło mieć wpływ obniżenie temperatury w komorze

spalania, spowodowane trudnościami w podawaniu paliwa wynikającymi z właściwości mechanicznych peletów ze ślazuwca pensylwańskiego. Właściwości te przedstawiono pracy II.D.18 [Szyszlak-Bargłowicz i in. 2011], a zaprezentowane tam wyniki badań własnych wykazały, że pelety ze ślazuwca pensylwańskiego, w porównaniu z dostępnymi na rynku peletami drzewnymi charakteryzowały się mniejszą gęstością właściwą, mniejszą gęstością nasypową, niższą trwałością mechaniczną oraz większym kątem zsypu.

Przedstawione wyniki badań parametrów energetyczno-ekologicznych kotła zasilanego peletami ze ślazuwca pensylwańskiego i przytoczone wyniki badań ich właściwości mechanicznych wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań dotyczących wpływu właściwości fizycznych i użytkowych biopaliw stałych na sprawność ekologiczno-energetyczną procesu spalania oraz na potrzebę adaptacji układu sterującego do zastosowanego paliwa.

W cytowanej już pracy Juszcak [2013], badając stężenia zanieczyszczeń z kotła zasilanego peletami drzewnymi w sposób periodyczny i ciągły zwrócił uwagę na wzrost stężenia tlenków węgla powyżej wartości minimalnej na skutek obniżenia temperatury w komorze spalania przy przerwie w dozowaniu peletów. Stwierdzona przez Dias i in. [2004] emisja CO podczas spalania peletów z różnego rodzaju biomasy, w ustalonych warunkach pracy kotła, w większości przypadków wyniosła poniżej $1500 \text{ mg} \cdot \text{m}_n^{-3}$.

W wielu krajach na cele energetyczne wykorzystuje się pozostałości po produkcji rolno-spożywczej, po wcześniejszym wysuszeniu np. pozostałości z pomidorów [González i in. 2004], winogron [Mediavilla i in. 2009], czy oliwek [Lajili i in. 2015]. Jednak stężenia CO sięgają często kilku tysięcy $\text{mg} \cdot \text{m}_n^{-3}$ (dla 10% zawartości tlenu w spalinach) i są znacznie wyższe niż stężenia ze spalania peletów drzewnych (w dobrych paleniskach znacznie poniżej $1000 \text{ mg} \cdot \text{m}_n^{-3}$ [Kjällstrand, Olsson 2004]).

Jednym z parametrów kwalifikujących przydatność biomasy do celów energetycznych jest zawartość siarki. W biomasie pochodzenia roślinnego zawartość siarki jest znikoma, pochodzić może ona tylko z aminokwasów i witamin zawierających w swojej budowie siarkę. Ilość tego makropierwiastka w roślinach zależna jest od gatunku rośliny oraz od jej zawartości w glebach [Fabjańska-Świeca i in. 2013], a także ma bezpośredni związek z nawożeniem oraz postacią siarki w nawozie [Haneklaus i in. 2000].

Przedstawione w pracy I.B.2 wyniki badań własnych wskazują na niską zawartość siarki w peletach ze ślazuwca pensylwańskiego (0,07%), bardzo niska była również emisja SO_2 podczas przeprowadzonych testów energetyczno-emisyjnych ich spalania ($0,9 \text{ mg} \cdot \text{m}_n^{-3}$). Roy i in. [2013] podczas testów spalania peletów drzewnych i peletów z siana, także stwierdzili bardzo niskie emisje SO_2 w zakresie $0\text{--}26 \text{ mg} \cdot \text{m}_n^{-3}$. Verma i in. [2012] najniższe emisje

SO_x stwierdzili podczas spalania peletów drzewnych (0-3,5 mg·m_n⁻³), natomiast najwyższe podczas spalania peletów ze słomy (185,52-245,59 mg·m_n⁻³). Jednocześnie potwierdzili zależność emisji SO_x od zawartości siarki w spalanych biopaliwach. Szczegółową dyskusję wyników badań otrzymanych podczas podobnych eksperymentów można znaleźć w publikacjach [Verma i in. 2011a, b].

Kryterium energetyczno-ekologiczne jakości spalania paliwa zależy od wielu czynników, główne z nich, które wywierają wpływ na emisję CO i NO_x to: obciążenie (moc) kotła, współczynnik nadmiaru powietrza, stopień zanieczyszczenia powierzchni ekranowych paleniska, zasysanie powietrza przez nieszczelności paleniska. Czynniki te w większości są od siebie niezależne, ale wskutek złożoności procesów paleniskowych ulegają interakcji, co bardzo komplikuje optymalizację procesu spalania [Szkarsowski, Janta-Lipińska 2013]. Ponadto, ilość i rodzaj zanieczyszczeń powstających w procesie spalania biomasy są zależne nie tylko od czynników procesowych ale również od rodzaju spalanej biomasy [Verma i in. 2009; García-Maraver i in. 2011; Rajczyk i in. 2014; Zajemska i in. 2014].

Reasumując stwierdziłam, że dedykując kocioł jako wielopaliwowy, należy pozostawić możliwość jego kalibracji w zależności od zastosowanego paliwa. Badany kocioł nie osiągnął swojej nominalnej mocy cieplnej. Spowodowane to było problemami w układzie podającym kotła. Wobec stwierdzonych podczas prowadzenia badań problemów z osiągnięciem parametrów znamionowych kotła, należy zwrócić uwagę na konieczność znormalizowania właściwości mechanicznych peletów i znacznego zwiększenia sprawności podawania paliw w stosowanych układach zasilania kotłów.

Praca I.B.8.

Joanna Szyszlak-Bargłowicz. 2015. Comparison of Pollutant Emission Indicators during Virginia Mallow Pellets and Wood Pellets Combustion – a Case Study. *Agricultural Engineering*, 4 (156), s. 121-128. DOI: 10.14654/ir.2015.156.158

Wciąż istnieje znaczna niepewność oceny wpływu emisji zanieczyszczeń towarzyszących spalaniu biomasy na jakość powietrza w skali lokalnej [Pastorello i in. 2011]. Spowodowane jest to nie tylko brakiem danych dotyczących ilości spalanej biomasy ale również brakiem współczynników emisji, które charakteryzowałyby spalanie podczas eksploatacji urządzeń grzewczych. Wielkość emisji podczas spalania biomasy zależy w dużej mierze od jakości urządzenia do spalania, rodzaju i jakości paliwa oraz warunków przebiegu procesu spalania [Johansson i in. 2004; Orasche i in. 2013; Win i in. 2012; Nielsen 2013]

Mając na uwadze możliwość wykorzystywania peletów ze ślázowca pensylwańskiego do zasilania kotłóv grzewczych małej mocy, jako paliwa alternatywnego w stosunku do peletóv drzewnych, za cel badań przedstawionych w **pracy I.B.8.** postawiono wyznaczenie i porównanie wskaźników emisji CO, NO_x, SO₂, 16 WWA w tym B(a)P, TOC i pyłu podczas spalania tych dwóch biopaliw. Wyznaczone wskaźniki emisji odniosłam do masy spalanego paliwa i ilości uzyskanej energii. W badaniach wykorzystano kocioł z automatycznym załadunkiem paliwa, przystosowany do spalania peletóv drzewnych. Instalacja zastosowana w badaniach była typową instalacją wykorzystywaną do ogrzewania domóv jednorodzinnych przeznaczoną do spalania peletóv drzewnych. Podczas testóv spalania nie ingerowano w jego nastawy znamionowe. Zaprezentowane wyniki badań są rozwinięciem i kontynuacją interpretacji wyników badań przedstawionych w pracy **I.B.4.**

Wyznaczone w doświadczeniu wskaźniki emisji były wyższe podczas spalania peletóv ze ślázowca pensylwańskiego, zwłaszcza w przypadku emisji CO (dla ślázowca pensylwańskiego: 20,4 g·kg⁻¹, tj. 1231,9 g·GJ⁻¹; dla peletóv drzewnych: 0,4 g·kg⁻¹, tj. 22,4 g·GJ⁻¹) i pyłu (dla ślázowca pensylwańskiego: 3,5 g·kg⁻¹, tj. 206 g·GJ⁻¹; dla peletóv drzewnych: 0,4 g·kg⁻¹, tj. 23·GJ⁻¹). Otrzymane wyniki badań zestawiałam z danymi literaturowymi; wskaźniki emisji NO_x dla obydwu badanych biopaliw (dla ślázowca pensylwańskiego: 3,5 g·kg⁻¹, tj. 206 g·GJ⁻¹; dla peletóv drzewnych: 3,4 g·kg⁻¹, tj. 192·GJ⁻¹) oraz wskaźniki CO i pyłu dla peletóv ze ślázowca pensylwańskiego były wyższe niż zakresy wskaźników emisji dla peletóv drzewnych przedstawione w pracach [Johansson i in. 2004; Paulrud i in. 2010; Boman i in. 2011; Win i in. 2012]. Natomiast wskaźniki emisji TOC i WWA mieściły się w przedziałach podanych w tych publikacjach. Wyższe od wyznaczonych w badaniach wskaźniki emisji zanieczyszczeń stwierdził Juszcak [2012], spalając pelty z łusek słonecznika. Carvalho i in. [2013] wyznaczyli wskaźniki emisji zanieczyszczeń dla peletóv z róvnego rodzaju biomasy rolniczej i peletóv drzewnych. Wskaźniki te były również zdecydowanie niższe podczas spalania peletóv drzewnych.

Aspekty ekologiczne i zagrożenia zanieczyszczeniem środowiska wskazują, że pelety drzewne powinny być wykorzystywane przede wszystkim w kotłach małej mocy do ogrzewania gospodarstw domowych, podczas gdy pelety z innych rodzajóv biomasy, w tym odpadowej, powinny być spalane na dużą skalę, w sposób kontrolowany [Olsson, Kjällstrand 2004; Czop, Kajda-Szcześniak 2013; Carvalho i in. 2013; Qiu 2013]. W przypadku kotłóv zasypowych ręcznych większe znaczenie ma cykl spalania (real-world cycle vs. type testing cycle) niż typ paliwa, w przypadku kotłóv automatycznych na poziom emisji znacząco wpływa jakość peletóv (zawartość popiołu i chloru) [Ozgen i in. 2014].

Praca I.B.6.

Szyszlak-Bargłowicz J., Zając G., Słowik T. 2015. Hydrocarbons Emission during Biomass Combustion. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (3), s. 1349-1354.

Zanieczyszczenia powstające podczas spalania biopaliw, szczególnie w kotłach małej mocy, przy niestabilnych warunkach ich pracy, stanowią zwykle produkty niepełnego spalania – tlenek węgla, tlenki azotu oraz przede wszystkim związki organiczne – zarówno lotne (LZO) jak i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) oraz części smoliste [Musialik-Piotrowska, Ciołek 2012]. Tak więc, przeprowadzając ocenę ekologiczno-energetyczną wytwarzania energii cieplnej w instalacjach grzewczych małej mocy, należy określić również emisję węglowodorów towarzyszącą temu procesowi.

Mając powyższe na uwadze, za cel przeprowadzonych badań, których wyniki przedstawiłam w **pracy I.B.6.** przyjąłam pomiar wielkości emisji 16 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA, w tym benzo(a)pirenu B(a)P oraz wyznaczenie ich wskaźników emisji podczas spalania peletów z biomasy ślazowca pensylwańskiego i handlowych peletów drzewnych. Podczas spalania peletów z biomasy ślazowca pensylwańskiego oznaczono również w spalinach stężenie LZO: metanu CH_4 , etanu C_2H_6 , etenu C_2H_4 , propanu C_3H_8 , propenu C_3H_6 , n-butanu $\text{n-C}_4\text{H}_{10}$ i pentanu C_5H_{12} .

Badania przeprowadzono na kotle z automatycznym załadunkiem paliwa przystosowanym do spalania peletów drzewnych. Próbkę spalin do oznaczenia węglowodorów pobierano do worków typu tedlar, a następnie analizowano za pomocą chromatografów gazowych.

W trakcie badań emisyjnych peletów ze ślazowca pensylwańskiego, stwierdziłam (w przeliczeniu na 10% zawartość tlenu) stężenie 16 WWA na poziomie $354,1 \mu\text{g} \cdot \text{m}_n^{-3}$, B(a)P $3,7 \mu\text{g} \cdot \text{m}_n^{-3}$. Wyznaczone wskaźniki emisji dla peletów ze ślazowca pensylwańskiego wyniosły: dla 16 WWA $2,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ tj. $170,0 \text{ mg} \cdot \text{GJ}^{-1}$ i dla B(a)P $0,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ tj. $1,8 \text{ mg} \cdot \text{GJ}^{-1}$. Natomiast podczas przeprowadzonego testu emisyjnego, spalając pelety drzewne, stwierdziłam (w przeliczeniu na 10% zawartość tlenu) stężenie 16 WWA na poziomie $323,8 \mu\text{g} \cdot \text{m}_n^{-3}$, B(a)P $4,8 \mu\text{g} \cdot \text{m}_n^{-3}$. Wyznaczone wskaźniki emisji dla peletów drzewnych wyniosły: dla 16 WWA $2,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ tj. $154,0 \text{ mg} \cdot \text{GJ}^{-1}$ i dla B(a)P $0,04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, tj. $2,3 \text{ mg} \cdot \text{GJ}^{-1}$. Stwierdzono podczas spalania peletów ze ślazowca pensylwańskiego większe o ok. 7% stężenie 16 WWA i mniejsze o ok. 25% stężenie B(a)P w odniesieniu do peletów drzewnych. Wyższe stężenie WWA związane jest z niezupełnym spalaniem. Podczas przeprowadzonego testu emisyjnego spalania peletów ze ślazowca pensylwańskiego wystąpiły problemy, które omówiłam w pracy I.B.4.

Wśród oznaczonych w badaniach lotnych związków organicznych (LZO) najwyższym stężeniem charakteryzował się eten C_2H_4 9 619,6 $mg \cdot m_n^{-3}$ ponadto, stwierdziłam niższe stężenie metanu CH_4 3 542,6 $mg \cdot m_n^{-3}$ i dużo niższe stężenie n-butanu $n-C_4H_{10}$ 1 426,3 $mg \cdot m_n^{-3}$.

Wasilewski i Hrycko [2010], badając efekty energetyczno-emisyjne spalania odpadów z przeróbki płyt drewnopochodnych i peletów z trocin drzewnych w kotle małej mocy (20 KW) oznaczyli zawartość 16 WWA w obydwu przypadkach na poziomie 200 $\mu g \cdot m_n^{-3}$. Natomiast Bignal i in. [2008] badając emisję podczas 2 trybów pracy kotła (50 kW): podtrzymania oraz pełnej mocy, stwierdzili obecność wszystkich z 16 związków WWA. Ponadto, stwierdzili około dwukrotnie wyższe stężenie podczas trybu podtrzymania w stosunku do trybu pełnej mocy. Potwierdzają to kolejne publikacje tych autorów [Atkins i in. 2010], będące kontynuacją prac badawczych nad emisjami przy spalaniu biomasy. Znaczący wpływ na emisję badanych związków miały zawartość wilgoci oraz tryb pracy kotła.

Praca I.B.7

Szyszlak-Bargłowicz J., Zając G. 2015. Rozdział metali ciężkich pomiędzy strumienie odpadów podczas spalania biomasy ślazowca pensylwańskiego. *Przemysł Chemiczny*, 94 (10). s. 1723-1727.

Wielkość emisji metali ciężkich podczas spalania zależy głównie od ich zawartości w paliwie. Na rozdział metali ciężkich w strumieniu masowym odpadu paleniskowego i gazów odlotowych wpływają parametry procesu spalania oraz skład elementarny paliwa. Zagadnienia te mają kluczowe znaczenie przy doborze układów oczyszczania spalin i zagospodarowaniu powstających odpadów paleniskowych.

Celem prowadzonych badań, zaprezentowanych w **pracy I.B.7.** było określenie rozdziału metali ciężkich w strumieniu odpadów podczas spalania peletów z biomasy ślazowca pensylwańskiego w kotle małej mocy, a także określenie potencjalnego zagrożenia ze strony powstałych odpadów paleniskowych dla środowiska przyrodniczego w trakcie ich składowania lub zagospodarowania. W celu określenia bilansu masowego metali ciężkich podczas testu spalania strumień odpadów emitowanych z kotła podzielono na popiół paleniskowy odprowadzany bezpośrednio z komory spalania i fazę gazowo-pyłową (spaliny) przechodzącą do komina. Zawartość metali ciężkich w badanych próbkach peletów ze ślazowca pensylwańskiego nie odbiegała od ich zawartości w biomase pochodzącej z innych celowych upraw energetycznych, zgodnie z danymi uzyskanymi z badań szwedzkich, fińskich, duńskich i niemieckich [2012]. Uzyskane wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że podczas spalania biomasy ślazowca pensylwańskiego metale ciężkie wprowadzone z paliwem wyprowadzane były głównie do atmosfery

z gazami spalinowymi, mniejsza ich ilość była wyprowadzana do popiołu paleniskowego. Wyjątkiem była miedź, która była w 70% umiejscowiona w popiele paleniskowym. Podobne rezultaty prezentują w swoich badaniach Saqib i Bäckström [2014].

Uwagę zwraca podział strumienia rtęci, która w doświadczeniu w 13% została zdeponowana w popiele paleniskowym. Jak podają Thy i Jenkins [2010] emisja Hg zależy od stopnia przekształcania Hg^0 do Hg^{2+} , na co wpływa zawartość Cl w spalinach. Sole zawierające Cl ulegają rozkładowi do HCl. Część z nich zostaje zredukowana do Cl_2 , który reagując z Hg^0 , tworzy sól $HgCl_2$. Połączenia chlorkowe charakteryzują się znaczną lotnością (są lotne już w temp. ok. $140^{\circ}C$). Transportowane są one do strumienia spalin, gdzie kondensują na powierzchni małych drobin popiołu. Dlatego też rtęć zwykle w procesach spalania całkowicie przechodzi do fazy gazowej. Pomimo, że pelety ze ślazuwca pensylwańskiego wykorzystane w eksperymencie charakteryzowały się stosunkowo dużą zawartością Cl, to najprawdopodobniej niska temperatura spalania spowodowała zmiany w mechanizmie transformacji Hg i zdeponowanie jej części w odpadzie paleniskowym.

Popiół paleniskowy z biomasy, jeśli jego właściwości są dobrze poznane, może być z powodzeniem kierowany do wykorzystania w przemyśle lub – co szczególnie cenne – wykorzystywany w rolnictwie [Ciesielczuk i in. 2011]. Przeszkodą w powszechnym wykorzystaniu gospodarczym popiołów jest między innymi konieczność spełniania przez nie standardów dotyczących zawartości metali ciężkich. Zawartość poszczególnych metali w analizowanym popiele paleniskowym układała się w szeregu: $Zn > Cu > Pb > Cr > As > Cd > Hg$. Podobne wyniki badań znalazłam w badaniach innych autorów [Kalembasa 2006; Czop, Kajda-Szcześniak 2013]. Oznaczone zawartości pierwiastków śladowych w badanym popiele paleniskowym spełniały kryterium przyjęte w Rozporządzeniu [2008], odnośnie dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń dla nawozów mineralnych. W związku z tym, może on znaleźć zastosowanie rolnicze. Analizując doniesienia literaturowe [Dzurenda, Slovák 2001; Czop, Kajda-Szcześniak 2013; Kajda-Szcześniak 2014], stwierdziłam, że zawartość metali ciężkich w popiele paleniskowym, powstałym podczas spalania peletów ze ślazuwca pensylwańskiego była znacznie niższa niż zawartość tych pierwiastków w odpadach paleniskowych z innych rodzajów biomasy.

Podsumowanie

Stosowane obecnie technologie wykorzystujące biopaliwa stałe nie są wolne od negatywnego oddziaływania na środowisko. Potrzeba poprawy efektywności energetyczno-ekologicznej istnieje nie tylko dla dużych i średnich jednostek i instalacji, ale właśnie dla urządzeń

grzewczych o najmniejszych mocach, gdyż z racji dużej ich ilości, ich udział w globalnej konsumpcji energii uznaje się za bardzo znaczący.

Wszechstronne, wnikliwe i twórcze opracowanie problematyki wykorzystania biomasy stałej na cele energetyczne może znacznie przyczynić się do rozwoju i poszerzenia wiedzy z zakresu nowych możliwości pozyskania energii i jej dywersyfikacji w kraju. Ponadto, **uzyskane i zaprezentowane w cyklu powiązanych tematycznie publikacji, stanowiących wskazywane osiągnięcie naukowe, wyniki badań pozwolą na poszerzenie wiedzy dotyczącej wskaźników ekologiczno-energetycznych w zakresie odnawialnych źródeł energii oraz na zaproponowanie korzyści ekologicznych energetyki odnawialnej takich jak: zaniechanie działań szkodzących środowisku, podejmowanie przedsięwzięć zapobiegających zanieczyszczaniu środowiska oraz przedsięwzięć likwidujących źródła zanieczyszczeń.**

Przedstawione, w cyklu powiązanych tematycznie publikacji, czynniki wpływające na efektywność ekologiczno-energetyczną spalania biomasy w kotle grzewczym małej mocy pokazują złożoność problemu. Dotychczas, w literaturze opisywano głównie pojedyncze aspekty energetycznego wykorzystania biomasy. Przedstawione wyniki badań oraz przeprowadzona dyskusja wskazują na konieczność kompleksowej analizy obiegu materiałowego biopaliw stałych. Takie podejście gwarantuje powiązanie wzajemnych zależności pomiędzy surowcem, a efektem ekologicznym wynikającym z jego stosowania.

Wprowadzenie nowego biopaliwa powinno być poprzedzone wnikliwą analizą dotyczącą możliwości wykorzystania go do zasilania oferowanych na rynku kotłów grzewczych małej mocy, przeznaczonych do spalania typowych biopaliw jakimi są pelety drzewne.

Przeprowadzenie oceny ekologiczno-energetycznej wykorzystania biomasy w systemach spalania małej mocy, na przykładzie wybranej rośliny energetycznej rekomendowanej do upraw celowych, jest istotne dla zapewnienia skutecznego działania nowoczesnych systemów spalania biomasy. Pozwoli to na jej użytkowanie w sposób efektywny, ekonomiczny oraz przyjazny dla środowiska. W systemach dużej mocy spalanie przebiega w sposób kontrolowany, a systemy te są wyposażone w układy oczyszczania spalin. Kotły grzewcze małej mocy, pozbawione tych układów stanowią potencjalne źródło emisji zanieczyszczeń. Zwłaszcza w przypadku stosowania innych biopaliw niż pelety drzewne, które są dla tych urządzeń paliwem podstawowym. Zwiększona emisja szkodliwych substancji do atmosfery może zniweczyć korzystny efekt ekologiczny wynikający z charakteru biomasy. Kompleksowe badania dotyczące wprowadzenia nowych biopaliw, wykorzystywanych w indywidualnych systemach grzewczych małej mocy wpisują się w koncepcję zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich.

Wnioski końcowe

1. Uzyskanie korzystnych efektów ekologicznych pracy instalacji grzewczych małej mocy wymaga zachowania stabilnych właściwości fizykochemicznych paliwa. Surowce roślinne mogą wykazywać się znaczącym zróżnicowaniem swojego składu, dlatego znajomość ich charakterystyki ma kluczowe znaczenie. Określonymi w badaniach parametrami wpływającymi na ocenę ekologiczną wybranej biomasy były: skład elementarny (C, H, N, S, Cl), zawartość makroelementów (N, P, K, Ca, Mg), zawartość metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, Cr, As, Cd, Hg) oraz charakterystyka energetyczna: wartość opałowa, wilgotność, zawartość popiołu i jego skład.
 - 1.1. Przedstawione w pracach I.B.2, I.B.3, I.B.5 wyniki badań składu elementarnego i zawartości makroelementów wskazują, że zawartość badanych pierwiastków w biomase ślazuwca pensylwańskiego nie odbiegała od typowej ich zawartości w biomase pochodzącej z innych celowych upraw energetycznych. Pozwala to rekomendować biomasę ślazuwca pensylwańskiego do zaawansowanego i zrównoważonego jej użytkowania poprzez spalanie bezpośrednie oraz przekształcania w biopaliwa stałe i energię.
 - 1.2. Zaprezentowane w pracach I.B.1 i I.B.2 wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że zawartość pierwiastków metali ciężkich w biomase ślazuwca pensylwańskiego nie była ponadnormatywna, co warunkuje jej bezproblemowe użytkowanie, a także nie stwarza potencjalnego zagrożenia transferu zanieczyszczeń i negatywnego oddziaływania na środowisko związanego z jej spalaniem.
 - 1.3. Charakterystyka parametrów energetycznych oraz popiołu biomasy ślazuwca pensylwańskiego (I.B.2 i I.B.3), predysponują wykorzystanie tej biomasy jako paliwa alternatywnego, przeznaczonego bezpośrednio do spalania.
2. Monitorowanie emisji toksycznych składników spalin z urządzeń grzewczych jest istotnym elementem analizy obiegu materiałowego biopaliw stałych. Pozwala na precyzyjne wskazanie poszczególnych czynników, związanych z danym produktem, mających potencjalny wpływ na środowisko przyrodnicze. Istotnym zagadnieniem jest również podjęcie w badaniach tematyki emisji metali ciężkich podczas spalania biomasy.
 - 2.1. Przedstawione w pracach I.B.4 i I.B.8 wyniki badań emisyjnych wykazały zróżnicowane emisje przy zasilaniu tego samego kotła peletami ze ślazuwca pensylwańskiego i peletami drzewnymi. W trakcie badań emisyjnych podczas spalania peletów ze ślazuwca pensylwańskiego zanotowano wyższe stężenie NO_x i CO,

- zauważalnie wyższy był również poziom emisji pyłu. Również przedstawione w pracy I.B.6 wyniki badań emisji WWA i LZO, wykazały wyższe poziomy przy spalaniu peletów ze ślazuwca pensylwańskiego w porównaniu z peletami drzewnymi.
- 2.2. Przedstawione w pracy I.B.7 wyniki badań dotyczące rozdziału strumieni metali ciężkich podczas spalania biomasy ślazuwca pensylwańskiego wykazały, że metale ciężkie wprowadzone z paliwem były głównie wyprowadzane do atmosfery, mniejsza ich ilość była wyprowadzana do popiołu paleniskowego. Wyjątkiem była miedź, której 70% znajdowało się w odpadzie paleniskowym. Uwagę zwraca również rozdział strumienia rtęci, która zwykle w procesach spalania prawie całkowicie przechodzi do fazy gazowej, a w przeprowadzonym doświadczeniu 13% rtęci zostało zdeponowane w popiele paleniskowym.
- 2.3. W popiele paleniskowym powstałym po spalaniu peletów ze ślazuwca pensylwańskiego nie stwierdzono ponadnormatywnej zawartości metali ciężkich, w związku z czym może być on wykorzystywany w rolnictwie lub ogrodnictwie jako nawóz.
3. Rozważając możliwość wykorzystywania peletów ze ślazuwca pensylwańskiego do zasilania kotłów grzewczych małej mocy, jako paliwa alternatywnego w stosunku do peletów drzewnych, należy wziąć pod uwagę, że efektywność ekologiczno-energetyczna generowania energii zależy od właściwości fizykochemicznych paliwa, jego jakości, urządzenia grzewczego, cyklu procesu spalania i możliwości jego optymalizacji.
- 3.1. Przedstawione w pracy I.B.4 i I.B.8 wyniki badań energetyczno-emisyjnych mogą być podstawą podejmowania działań optymalizacyjnych, dotyczących dostosowania kotłów małej mocy do spalania różnych rodzajów biopaliw stałych. Podczas prowadzenia testów energetyczno-emisyjnych stwierdzono, że dostosowanie podajników i sterowników kotła do spalania typowych peletów drzewnych powodowało problemy związane ze spalaniem peletów ze ślazuwca pensylwańskiego. Problemy te wynikały z trudności z podawaniem paliwa do palnika. Konstrukcja podajnika - kosz zasypowy oraz ślimakowy mechanizm podający pelety, które były przystosowane do zasilania kotła peletami drzewnymi, nie zapewniała ciągłości dostaw paliwa. Spowodowało to, że kocioł ten zasilany peletami ze ślazuwca pensylwańskiego nie osiągnął swojej nominalnej mocy cieplnej, co przełożyło się również na większe emisje toksycznych składników spalin.

Literatura źródłowa

1. Atkins A., Bignal K., Zhou J., Cazier F. 2010. *Profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls from the combustion of biomass pellets*. Chemosphere 78 (11): 1385-1392.
2. Bal R., Bieranowski J., Budny J., Gutowska A. E., Neugebauer M., Piechocki J., Szczukowski S., Paniczko S., Szutkiewicz P., Tworkowski J. 2006. *Praktyczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii*. Wyd. PFRR, Białystok.
3. Bignal K. L., Langridge S., Zhou J. L. 2008. *Release of polycyclic aromatic hydrocarbons, carbon monoxide and particulate matter from biomass combustion in a wood-fired boiler under varying boiler conditions*. Atmospheric Environment 42 (39): 8863-8871.
4. Boman C., Pettersson E., Westerholm R., Boström D., Nordin A. 2011. *Stove performance and emission characteristics in residential wood log and pellet combustion, part 1: pellet stoves*. Energy & Fuels 25 (1): 307-314.
5. Borkowska H., Lipiński W. 2007. *Zawartość wybranych pierwiastków w biomase kilku gatunków roślin energetycznych*. Acta Agrophysica 10 (2): 287-292.
6. Borkowska H., Lipiński W. 2008. *Porównanie zawartości wybranych pierwiastków w biomase ślazurowca pensylwańskiego uprawianego w różnych warunkach glebowych*. Acta Agrophysica 11 (3): 589-595.
7. Brosse N., Dufour A., Meng X., Sun Q., Ragauskas A. 2012. *Miscanthus: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production*. Biofuels, bioproducts and biorefining 6 (5): 580-598.
8. Carvalho L., Wopienka E., Pointner C., Lundgren J., Verma V. K., Haslinger W., Schmidl C. 2013. *Performance of a pellet boiler fired with agricultural fuels*. Applied Energy 104: 286-296.
9. Chew J. J., Doshi V. 2011. *Recent advances in biomass pretreatment-Torrefaction fundamentals and technology*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (8): 4212-4222.
10. Chołuj D., Podlaski S., Wiśniewski G., Szmalec J. 2008. *Kompleksowa ocena biologicznej przydatności 7 gatunków roślin wykorzystywanych na cele energetyczne*. Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB (11): 81-89.
11. Ciesielczuk T., Kusza G., Nems A. 2011. *Nawożenie popiołami z termicznego przekształcania biomasy źródłem pierwiastków śladowych dla gleb*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 49: 219-227.
12. Czop M., Kajda-Szcześniak M. 2013. *Environmental impact of straw based fuel combustion*. Archives of Environmental Protection 39 (4): 71-80.
13. Demirbas A. 2004. *Combustion characteristics of different biomass fuels*. Progress in energy and combustion science 30 (2): 219-230.
14. Demirbas A. 2005. *Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues*. Progress in energy and combustion science 31 (2): 171-192.
15. Dias J., Costa M., Azevedo J. L. T. 2004. *Test of a small domestic boiler using different pellets*. Pellets 2002. The first world conference on pellets 27 (6): 531-539.
16. Dresler S., Bednarek W., Tkaczyk P. 2011. *Nitrate Nitrogen in the Soils of Eastern Poland as Influenced by Type of Crop, Nitrogen Fertilisation and Various Organic Fertilisers*. Journal of Central European Agriculture 12 (2).
17. Dzurenda L., Slovák J. 2001. *Energetické vlastnosti peliet vyrobených zo smrekovej piliny*. Acta Mechanica Slovaca (5) 3: 201-206.
18. Fabjańska-Świeca G., Hrabak J., Zapała E., Patyna I. 2013. *Oznaczanie zawartości siarki w biomase energetycznej z zastosowaniem wybranych metod analitycznych*. Karbo 2: 190-195.
19. Fijałkowska D., Styszko L. 2011. *Ciepło spalania biomasy wierzbowej*. Rocznik Ochrona Środowiska 13: 875-889.
20. García-Maraver A., Popov V., Zamorano M. 2011. *A review of European standards for pellet quality*. Renewable Energy 36 (12): 3537-3540.
21. Gizińska M., Józwiakowski K., Kowalczyk-Juśko A., Pytka A., Marzec M. 2013. *Produktywność biomasy i właściwości energetyczne roślin z hybrydowej gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w pierwszym roku eksploatacji*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 7: 280-284.

22. González J. F., González-García C. M., Ramiro A., González J., Sabio E., Gañán J., Rodríguez M. A. 2004. *Combustion optimisation of biomass residue pellets for domestic heating with a mural boiler*. Biomass and Bioenergy 27 (2): 145-154.
23. Gula A., Goryl W. 2014. *Toward a More Environmentally Friendly Use of Biomass for Energy Purposes in Poland*. Polish Journal of Environmental Studies 23 (4): 1377-1380.
24. Haneklaus S., Bloem E., Schnug E. 2000. *Sulphur in agroecosystems*. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura (81): 17-31.
25. Houshfar E., Skreiberg Ø., Løvås T., Todorović D., Sørum L. 2011. *Effect of excess air ratio and temperature on NO_x emission from grate combustion of biomass in the staged air combustion scenario*. Energy & Fuels 25 (10): 4643-4654.
26. Johansson B. 2013. *Security aspects of future renewable energy systems-A short overview*. Energy 61: 598-605.
27. Johansson L. S., Leckner B., Gustavsson L., Cooper D., Tullin C., Potter A. 2004. *Emission characteristics of modern and old-type residential boilers fired with wood logs and wood pellets*. Atmospheric Environment 38 (25): 4183-4195.
28. Juszczak M. 2012. *Pollutant concentrations from a 15 kW heating boiler supplied with sunflower husk pellets*. Environment Protection Engineering 38 (1): 35-43.
29. Juszczak M. 2013. *Concentrations of carbon monoxide and nitrogen oxides (NO, NO_x) from a 25 kW boiler supplied periodically and continuously with wood pellets*. Archives of Waste Management and Environmental Protection 15 (3): 17-24.
30. Juszczak M. 2014. *Concentrations of carbon monoxide and nitrogen oxides from a 15 kW heating boiler supplied periodically with a mixture of sunflower husk and wood pellets*. Environment Protection Engineering 40 (2): 65-74.
31. Kajda-Szcześniak M. 2014. *Charakterystyka popiołu z paleniska kominkowego*. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska 16 (3): 73-78.
32. Kalembasa D. 2006. *Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych*. Acta Agrophysica 7 (4): 909-914.
33. Kalembasa S., Wiśniewska B. 2006. *Wpływ dawek azotu na plon biomasy ślazuwca pensylwańskiego (Sida hermaphrodita Rusby) oraz zawartość w niej makroelementów*. Acta Agrophysica 8 (1): 127-138.
34. Kalembasa S., Wisniewska B. 2010. *Wpływ dawek azotu na zawartość i pobranie wybranych metali ciężkich przez ślazuwiec pensylwański (Sida hermaphrodita Rusby)*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 42: 204-211.
35. Kjällstrand J., Olsson M. 2004. *Chimney emissions from small-scale burning of pellets and fuel-wood - examples referring to different combustion appliances*. Biomass and Bioenergy 27 (6): 557-561.
36. Komorowicz M., Wróblewska H., Pawłowski J. 2009. *Chemical composition and energetic properties of biomass from selected renewable resources*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 40: 402-410.
37. Kowalczyk-Jusko A. 2010. *Porównanie składu chemicznego i wartości energetycznej biomasy wybranych gatunków roślin*. Pamiętnik Puławski 152: 131-152.
38. Kowalczyk-Jusko A. 2009. *Popiół z różnych roślin energetycznych*. Proceedings of ECOpole 3(1): 159-164.
39. Król D., Łach J., Poskrobko S. 2010. *O niektórych problemach związanych z wykorzystaniem biomasy nieleśnej w energetyce*. Energetyka 1: 53-62.
40. Kubica K. 2010. *Efektywne i przyjazne środowisku źródła ciepła-ograniczenie niskiej emisji*. Polski Klub Ekologiczny-Okręg Górnośląski. Katowice.
41. Lajili M., Jeguirim M., Kraiem N., Limousy L. 2015. *Performance of a household boiler fed with agropellets blended from olive mill solid waste and pine sawdust*. Fuel 153: 431-436.
42. Lim J. S., Manan Z. A., Alwi S. R. W., Hashim H. 2012. *A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (5): 3084-3094.
43. Li Z. 2010. *Corn Straw and Biomass Blends: Combustion Characteristics and NO Formation*. Nova Science Publishers Inc, Hauppauge, N.Y.

44. Mediavilla I., Fernández M., Esteban L. 2009. *Optimization of pelletisation and combustion in a boiler of 17.5 kW_{th} for vine shoots and industrial cork residue*. Fuel Processing Technology 90 (4): 621-628.
45. Ministerstwo Gospodarki. 2009. *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*. Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów Z dnia 10 listopada 2009 r.
46. Mółka J., Łapczyńska-Kordon B. 2011. *Właściwości energetyczne wybranych gatunków biomasy*. Inżynieria Rolnicza 15: 141-147.
47. Musialik-Piotrowska A., Ciołek J. 2012. Porównanie emisji lotnych związków organicznych podczas spalania drewna. [w:] *Ochrona powietrza atmosferycznego - wybrane zagadnienia* [red. A. Musialik-Piotrowska i J.D. Rutkowski].
48. Netherlands Energy Research Foundation ECN. *PHYLLIS—a database for biomass and waste*. <http://www.ecn.nl/phyllis>.
49. Niedziółka I., Szpryngiel M., Kachel-Jakubowska M., Kraszkiewicz A., Zawislak K., Sobczak P., Nadulski R. 2015. *Assessment of the energetic and mechanical properties of pellets produced from agricultural biomass*. Renewable Energy 76: 312-317.
50. Nielsen O.-K. 2013. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. Technical guidance to prepare national emission inventories*.
51. Obernberger I., Thek G. 2004. *Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour*. Biomass and Bioenergy 27 (6): 653-669.
52. Obernberger I., Brunner T., Bärnthaler G. 2006. *Chemical properties of solid biofuels-significance and impact*. Biomass and Bioenergy 30 (11): 973-982.
53. Olsson M., Kjällstrand J. 2004. *Emissions from burning of softwood pellets*. Biomass and Bioenergy 27 (6): 607-611.
54. Oniszk-Popławska A., Curkowski A., Wiśniewski G., Dziamski P. 2011. *Energia w gospodarstwie rolnym*. Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa.
55. Orasche J., Schnelle-Kreis J., Schön C., Hartmann H., Ruppert H., Arteaga-Salas J. M., Zimmermann R. 2013. *Comparison of emissions from wood combustion. Part 2: impact of combustion conditions on emission factors and characteristics of particle-bound organic species and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH)-related toxicological potential*. Energy & Fuels 27 (3): 1482-1491.
56. Ozgen S., Caserini S., Galante S., Giugliano M., Angelino E., Marongiu A., Hugony F., Migliavacca G., Morreale C. 2014. *Emission factors from small scale appliances burning wood and pellets*. Atmospheric Environment 94: 144-153.
57. Pastorello C., Caserini S., Galante S., Dilara P., Galletti F. 2011. *Importance of activity data for improving the residential wood combustion emission inventory at regional level*. Atmospheric Environment 45 (17): 2869-2876.
58. Paulrud S., Kindbom K., Gustafsson T. 2010. *Emission factors and emissions from residential biomass combustion in Sweden*; 34; Swedish Meteorological and Hydrological Institute: Norrköping.
59. PN-EN 14961-1. 2012. *Biopaliwa stałe - Specyfikacje paliw i klasy - Część 1: Wymagania ogólne*. ICS 75.160.10.
60. PN-EN ISO 17225-6. 2014. *Biopaliwa stałe - Specyfikacje paliw i klasy - Część 1: Wymagania ogólne*. ICS 75.160.10, 27.190.
61. Pronobis M. 2005. *Zanieczyszczenia i korozja w kotłach rusztowych spalających biomasę*. VII Konferencja Naukowo-Techniczna „Kotły rusztowe jako jednostki wielopaliwowe”, Polańczyk.
62. Qiu G. 2013. *Testing of flue gas emissions of a biomass pellet boiler and abatement of particle emissions*. Renewable Energy 50: 94-102.
63. Rajczyk R., Bień J., Palka H., Pogodziński A., Smorąg H. 2014. *Co-Combustion of Municipal Sewage Sludge and Hard Coal on Fluidized Bed Boiler WF-6*. Archives of Environmental Protection 40(3): 101-113.
64. Roy M. M., Dutta A., Corscadden K. 2013. *An experimental study of combustion and emissions of biomass pellets in a prototype pellet furnace*. Applied Energy 108: 298-307.
65. Rybak W. 2006. *Spalanie i współspalanie biopaliw stałych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.

66. Saidur R., Abdelaziz E., Demirbas A., Hossain M., Mekhilef S. 2011. *A review on biomass as a fuel for boilers*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (5): 2262-2289.
67. Saqib N., Bäckström M. 2014. *Trace element partitioning in ashes from boilers firing pure wood or mixtures of solid waste with respect to fuel composition, chlorine content and temperature*. Waste Management 34 (12): 2505-2519.
68. Srogi K. 2007. *Termiczne wykorzystanie biomasy w procesie pirolizy*. Czysta Energia 1: 21-23.
69. Stolarski M. J., Szczukowski S., Tworowski J., Klasa A. 2013. *Yield, energy parameters and chemical composition of short-rotation willow biomass*. Industrial Crops and Products 46: 60-65.
70. Stolarski M. J., Krzyżaniak M., Śnieg M., Słomińska E., Piórkowski M., Filipkowski R. 2014. *Thermophysical and chemical properties of perennial energy crops depending on harvest period*. International Agrophysics 28 (2): 201-211.
71. Szczukowski S., Stolarski M. 2005. *Charakterystyka biomasy wierzby wiciowej jako paliwa*. Wieś Jutra 7: 34-35.
72. Szkarowski A., Janta-Lipińska S. 2013. *Badania energo-ekologicznych wskaźników pracy kotłůw przy spalaniu paliwa ze sterowanym resztkowym niedopałem chemicznym*. Rocznik Ochrona Środowiska 15: 981-995.
73. Szyszlak-Bargłowicz J., Piekarski W., Słowik T., Zając G., Krzaczek P., Sobczak P. 2011. *Właściwości mechaniczne peletów z biomasy ślazuwca pensylwańskiego*. Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 12 (10): 420-424.
74. Ściażko M., Zuwała J., Pronobis M. 2006. *Zalety i wady współspalania biomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współspalania biomasy na skalę przemysłową*. Energetyka 3: 207-220.
75. Telmo C., Lousada J., Moreira N. 2010. *Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood*. Bioresource Technology 101 (11): 3808-3815.
76. Thy P., Jenkins B. M. 2010. *Mercury in biomass feedstock and combustion residuals*. Water, Air, & Soil Pollution 209 (1-4): 429-437.
77. Vamvuka D., Kakaras E. 2011. *Ash properties and environmental impact of various biomass and coal fuels and their blends*. Fuel Processing Technology 92 (3): 570-581.
78. Van Loo S., Koppejan J. 2002. *Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing*; Prepared by Task 32 of the Implementing Agreement on Bioenergy under the auspices of the International Agency. Enschede.
79. Vassilev S. V., Baxter D., Andersen L. K., Vassileva C. G. 2010. *An overview of the chemical composition of biomass*. Fuel 89 (5): 913-933.
80. Verma V., Bram S., De Ruyck J. 2009. *Small scale biomass heating systems: standards, quality labelling and market driving factors-an EU outlook*. Biomass and bioenergy 33 (10): 1393-1402.
81. Verma V. K., Bram S., Gauthier G., De Ruyck J. 2011a. *Evaluation of the performance of a multi-fuel domestic boiler with respect to the existing European standard and quality labels: Part-1*. Biomass and Bioenergy 35 (1): 80-89.
82. Verma V. K., Bram S., Gauthier G., De Ruyck J. 2011b. *Performance of a domestic pellet boiler as a function of operational loads: Part-2*. Biomass and Bioenergy 35 (1): 272-279.
83. Verma V. K., Bram S., Delattin F., Laha P., Vandendael I., Hubin A., De Ruyck J. 2012. *Agro-pellets for domestic heating boilers: Standard laboratory and real life performance*. Energy Solutions for a Sustainable World, Special Issue of International Conference of Applied Energy, ICA2010, April 21-23, 2010, Singapore 90 (1): 17-23.
84. Wasilewski R., Hrycko P. 2010. *Efekty energetyczno-emisyjne spalania odpadów z przeróbki płyt drewnopochodnych w kotle małej mocy*. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska 12 (1): 27-34.
85. Win K. M., Persson T., Bales C. 2012. *Particles and gaseous emissions from realistic operation of residential wood pellet heating systems*. Atmospheric Environment 59: 320-327.
86. Winnicka G., Tramer A., Świeca G. 2005. *Badanie właściwości biomasy do celów energetycznych*. IChPW. Zabrze. Maszynopis.
87. Wisz J., Matwiejew A. 2005. *Biomasa-badania w laboratorium w aspekcie przydatności do energetycznego spalania*. Energetyka (9): 631-636.

88. Zajemska M., Musiał D., Radomiak H., Poskart A., Wyleciał T., Urbaniak D. 2014. *Formation of Pollutants in the Process of Co-Combustion of Different Biomass Grades*. Polish Journal of Environmental Studies 23 (4): 1445-1448.
89. Zamorowski K. 2006. *Współspalanie biomasy w kotle rusztowym (na przykładzie badanego obiektu)*. Energetyka 1: 41-46.
90. Zawistowski J. 2003. *Współspalanie biomasy drzewnej z węglem-szybszy rozwój energetyki odnawialnej*. Ekologia Praktyczna 7: 8-12.
91. Zhao W., Li Z., Wang D., Zhu Q., Sun R., Meng B., Zhao G. 2008. *Combustion characteristics of different parts of corn straw and NO formation in a fixed bed*. Bioresource technology 99 (8): 2956-2963.
92. Zuwała J. 2006. *Uwarunkowania techniczne dla współspalania węgla z biomasą (cz. 1)*. Czysta Energia 2: 28-30.
93. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

W 1996 roku rozpoczęłam studia magisterskie na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Studia ukończyłam w roku 2001 uzyskując dyplom magistra inżyniera na kierunku inżynieria środowiska. Moja praca magisterska, napisana w Zakładzie Surowców Energetycznych, pod kierunkiem dr inż. Marka Dzieńewicza została wyróżniona i bardzo wysoko oceniona.

W 2004 roku ukończyłam, z wynikiem bardzo dobrym, studia podyplomowe w zakresie ochrony środowiska przyrodniczego i zasobów mineralnych na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

W 2004 roku podjęłam studia doktoranckie w Katedrze Energetyki i Pojazdów Akademii Rolniczej w Lublinie, gdzie rozpoczęłam działalność naukowo-badawczą włączając się aktywnie w prace Katedry.

W 2005 roku ukończyłam, z wynikiem bardzo dobrym, studia podyplomowe w zakresie nauczania geografii w szkołach ponadpodstawowych na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie oraz studia podyplomowe w zakresie bibliotekoznawstwa i informacji naukowej prowadzone przez Bibliotekę Główną Uniwersytetu Rzeszowskiego.

W 2008 roku obroniłam rozprawę doktorską pt. *„Wykorzystanie ślazowca pensylwańskiego jako źródła energii odnawialnej i biologicznego ekranu drogowego”*; promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Wiesław Piekarski.

W okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora na mój dorobek naukowy złożyło się 6 opublikowanych prac naukowych (II.D.1-II.A.6) oraz 9 innych publikacji (komunikatów naukowych, doniesień naukowych, referatów w formie posterów (II.K.1-II.K.3, III.B.1-III.B.5)).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, mój dorobek naukowo-badawczy powiększył się o 49 opublikowanych prac naukowych (prac oryginalnych i rozdziałów w monografiach, z czego 8 stanowi cykl powiązanych tematycznie publikacji wskazywany jako osiągnięcie naukowe I.B.1-I.B.8 oraz publikacje II.A.1-II.A.6 i II.D.7-II.D.40). Spośród wszystkich moich publikacji 9 indeksowanych jest w bazie Journal Citation Reports (JCR) i posiadają one Impact Factor (I.B.3, I.B.6, I.B.7, II.A.1-II.A.6). Dodatkowo mój dorobek naukowo-badawczy poszerzył się o 19 innych publikacji (komunikatów naukowych, doniesień naukowych, referatów w formie posterów (II.K.4-II.K.6, III.B.6-III.B.21)).

W okresie swojego zatrudnienia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie otrzymałam kilka wyróżnień za osiągnięcia naukowe, wymienionych w punkcie II.J.1, II.J.2. i III.J.3.

Aktywnie uczestniczę również w pozyskiwaniu i realizacji projektów badawczych. W okresie od 24.09.2009 r. do 23.03. 2011 r. byłam kierownikiem projektu badawczego (II.I.1.) PB nr N N313 444737 pt. „Opracowanie technologii produkcji peletu z biomasy ślázowca pensylwańskiego”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań.

Dodatkowo brałam czynny udział w realizacji projektów w ramach Badań Statutowych oraz Badań Własnych realizowanych w Katedrze Energetyki i Środków Transportu.

Oprócz działalności naukowo-badawczej za szczególnie istotną uważam działalność dydaktyczną. Prowadziłam lub aktualnie prowadzę wykłady i zajęcia laboratoryjne na studiach I i II stopnia z przedmiotów takich jak: Podstawy nauk o Ziemi, Motoryzacyjne zanieczyszczenia środowiska, Infrastruktura komunikacyjna, Biogazownie rolnicze i przemysłowe, Technologie bioenergetyczne, Niekonwencjonalne źródła energii. Treści programowe, przygotowane sylabusy i instrukcje oraz materiały dydaktyczne do tych przedmiotów stanowią mój autorski wkład do dydaktyki.

W ramach zainteresowań i podnoszenia kwalifikacji własnych uczestniczyłam w kilku specjalizowanych szkoleniach; były to: Szkolenie nt. „Rolnictwo ekologiczne i ochrona środowiska” – marzec 2003; Program „Intel® Nauczanie ku przyszłości” – luty 2005; Seminarium i szkolenie nt. „Zieleń tras komunikacyjnych w krajobrazie otwartym i obszarach zurbanizowanych” – grudzień 2007; Konwersatorium „Co nowego w analityce paliw płynnych i przetworów naftowych”, – wrzesień 2012, Seminarium Naukowo-Techniczne „Metrologia w laboratorium” - październik 2013, Kurs I stopnia „Technika pomiarów zanieczyszczeń pyłowych metodą grawimetryczną” – luty 2014; Szkolenie aplikacyjne nt. „Obsługi pyłomierza Emioset 2598 – w konfiguracji z zestawem do poboru próbek na oznaczanie dioksyn, furanów, metali ciężkich, rtęci, HCl, HF, SO₂, amoniaku, WWA – metodyka poboru, przygotowanie zestawu do poboru próbek pyłu i gazu, wykonanie poboru” – luty 2014.

W ramach opieki nad studentami w latach 2009-2015 byłam promotorem 23 prac dyplomowych magisterskich, oraz 26 prac dyplomowych inżynierskich.

Biorę również czynny udział w działalności organizacyjnej na rzecz Wydziału Inżynierii Produkcji. W latach 2007-2008 byłam członkiem Rady Wydziału Inżynierii Produkcji UP w Lublinie, od roku 2010 jestem członkiem Komisji przeprowadzającej egzamin z praktyk zawodowych kierunku technika rolnicza i leśna, specjalność odnawialne źródła energii i ekoenergetyka, a od roku 2010 jestem członkiem Rady Programowej kierunku geodezja i kartografia.

Aktywnie uczestniczyłam w wielu konferencjach o zasięgu krajowym oraz międzynarodowym, III.B.1-III.B.21, w niektórych z nich byłam członkiem komitetu organizacyjnego konferencji III.C.1-III.C.10.

5.1. Działalność prowadzona przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Moje pierwsze prace naukowo badawcze, opublikowane w latach 2004-2008, zawierają głównie wyniki badań eksperymentalnych prowadzonych w ramach badań własnych i działalności statutowej Katedry Energetyki i Pojazdów Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Dotyczą one możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Swoją uwagę w pracy naukowej skupiłam na zagadnieniach dotyczących biomasy jako paliwa alternatywnego z uwagi na stały wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami energii, powodowany rozwojem gospodarczym, perspektywami wyczerpania się paliw kopalnych oraz troską o stan środowiska przyrodniczego i chęcią ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Na bazie zrealizowanych badań, studium literatury i zdobytej wiedzy na konferencjach krajowych i międzynarodowych, opublikowałam, we wspomnianym zakresie, jako współautorka publikacje II.D.2, II.D.3 i II.D.4 oraz wygłosiłam referat i komunikaty naukowe na konferencjach naukowych (II.K1, III.B.1-III.B.3).

W tym czasie rozpoczęłam również pierwsze badania dotyczące wpływu infrastruktury komunikacyjnej na środowisko przyrodnicze i możliwości wykorzystania zieleni przydrożnej w ochronie środowiska przyrodniczego przed rozprzestrzenianiem się motoryzacyjnych zanieczyszczeń środowiska. Moja uwaga skupiła się na ślazowcu pensylwańskim (*Sida hermaphrodita* Rusby), roślinie energetycznej, która jak wynika z doniesień literaturowych ma właściwości fitoremediacyjne, dobrze rozwija się na glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi, a nawet osadzie pościekowym. Pierwsze moje prace naukowe z tego zakresu dotyczą zawartości ołowiu i kadmu w zielni przydrożnej, stanowiącej pasowe nasadzenia ślazowca pensylwańskiego. Są to publikacje naukowo-badawcze II.D.5 i II.D.6 oraz komunikaty naukowe i referaty wygłoszone na konferencjach naukowych (II.K.2, II.K.3, III.B.4, III.B.5). Ponadto, zakładając doświadczenie polowe – pas zieleni przydrożnej ze ślazowca pensylwańskiego, nawiązałam współpracę z Katedrą Mechanizacji Ogrodnictwa, co zaowocowało publikacją II.D.1.

5.2. Działalność prowadzona po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk rolniczych, w roku 2008 zostałam zatrudniona w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie, w Katedrze Energetyki i Pojazdów (obecnie Energetyki i Środków Transportu) na stanowisku asystenta, a następnie w roku 2009 na stanowisku adiunkta, na którym pracuję do chwili obecnej.

Moje badania po uzyskaniu stopnia doktora, poza kierunkiem badań wskazywanym jako osiągnięcie naukowe, określonym w punkcie 4 niniejszego autoreferatu, obejmowały następujące zagadnienia i kierunki:

1. Pozyskiwanie, przetwarzanie i energetyczne wykorzystanie biomasy stałej oraz logistyka jej dostaw.
2. Ocena możliwości pozyskiwania i wykorzystania biogazu jako odnawialnego źródła energii.
3. Ocena oddziaływania na środowisko ciągów komunikacyjnych.
4. Wykorzystanie zieleni przydrożnej w ochronie środowiska przed rozprzestrzenianiem się motoryzacyjnych zanieczyszczeń komunikacyjnych.

Ad. 1. Pozyskiwanie, przetwarzanie i energetyczne wykorzystanie biomasy stałej oraz logistyka jej dostaw

Moje zainteresowania problematyką dotyczącą energetycznego wykorzystania biomasy stałej znalazło swoje odzwierciedlenie nie tylko w pracach stanowiących wskazane osiągnięcie naukowe ale i w innych publikacjach. Mając na uwadze, że biomasa i energia z niej pozyskiwana może mieć znaczącą rolę w bilansie paliwowo-energetycznym, a także musi spełniać kryteria zrównoważonej produkcji, przeprowadziłam szereg badań laboratoryjnych, terenowych i przeanalizowałam doniesienia literaturowe dotyczące tej tematyki. Skutkiem tych prac było powstanie publikacji II.D.7-II.D.11, II.D.14, II.D.15, II.D.17-II.D.20, II.D.33-II.D.34

Prace II.D.7, II.D.8 i II.D.11 mają charakter monograficzny. W pracy II.D.7 i II.D.11 przedstawiono koncepcje wykorzystania biomasy jako elementu bezpieczeństwa energetycznego i ekologicznego pozwalającego na dywersyfikację nośników energii i wzrost udziału energii odnawialnej w krajowym bilansie paliwowym.

W pracy II.D.8 scharakteryzowano biomasę jako paliwo, oceniono parametry energetyczne różnych rodzajów biomasy, co ma kluczowe znaczenie dla jej energetycznego wykorzystania.

Opisane w pracy II.D.9 badania miały na celu określenie ciepła spalania i obliczenie wartości opałowej odpadów z różnych gatunków drzew. Uzyskane wyniki pozwoliły wskazać możliwości wykorzystania tej biomasy do spalania bezpośredniego i produkcji energii cieplnej.

W pracy II.D.10 przedstawiono wyniki badań ciepła spalania i wartości opałowej biomasy ślazowca pensylwańskiego przy zmiennej wilgotności, w różnych terminach zbioru.

Badania właściwości biomasy ślazowca pensylwańskiego prowadzone pod kątem zależności terminu zbioru i warunków pogodowych podczas pozyskiwania paliwa wskazały, iż generalnie opóźnienie zbioru od listopada do marca wpłynęło na obniżenie zawartości popiołu

w biomasie, a biomasa pozyskiwana w marcu charakteryzowała się wyższymi wartościami ciepła spalania niż w listopadzie.

W dalszych pracach II.D.14, II.D.15 podjęto dyskusję i badania dotyczące charakterystyki jakościowej biomasy ślázowca pensylwańskiego. Celem pracy II.D.14 było scharakteryzowanie parametrów energetycznych biomasy ślázowca pensylwańskiego na tle innych rodzajów biomasy i wymagań norm europejskich. W pracy II.D.15 dokonano dalszej charakterystyki energetycznej biomasy ślázowca pensylwańskiego. Przedstawiono skład chemiczny popiołu ze ślázowca pensylwańskiego i porównano go do popiołów z innych rodzajów biomasy.

Kolejne prace II.D.17-II.D.20 powstały w ramach realizacji kierowanego przeze mnie projektu badawczego NN313 444737 „*Opracowanie technologii produkcji peletu z biomasy ślázowca pensylwańskiego*”.

Praca II.D.17 opisuje przebieg najważniejszych badań procesu kompaktowania biomasy ślázowca pensylwańskiego. Celem badań było określenie parametrów jakościowych peletów dla różnych średnic kanałów prasujących oraz określenie energochłonności procesu peletowania.

W pracy II.D.18 przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych peletów ze ślázowca pensylwańskiego. Przeprowadzono próby zagęszczania biomasy ślázowca pensylwańskiego, wykorzystując peleciarkę z matrycą płaską. Dla uzyskanych peletów oznaczono gęstość właściwą, trwałość, straty okruszania, gęstość nasypową, gęstość utrząsioną, kąt zsypu.

W pracy II.D.19 przedstawiono wyniki badań ciepła spalania, wartości opałowej i zawartości popiołu w peletach otrzymanych ze ślázowca pensylwańskiego i peletach z mieszanki ślázowca pensylwańskiego z 10 i 15% dodatkiem otrąb żytnich. Dodatek lepiszcza w postaci otrąb żytnich mimo, że poprawił warunki uzyskania peletów i zmniejszył nakłady energetyczne spowodował obniżenie wartości opałowej peletów o ok. 4% przy 10% i ok. 7% przy 15% dodatku otrąb żytnich.

W pracy II.D.20 przedstawiono wyniki badań energetycznych podczas spalania peletów z biomasy ślázowca pensylwańskiego i porównawczo peletów drzewnych, przeprowadzonych na kotle skonfigurowanym do spalania peletów z biomasy o mocy nominalnej wynoszącej 32 kW.

Moje ostatnie zainteresowania naukowe dotyczą również logistyki dostaw biomasy. Celem pracy II.D.33 było przedstawienie głównych problemów związanych z dostawami biomasy pochodzenia rolniczego wykorzystywanej w elektrowniach zawodowych w Polsce.

W pracy II.D.34 przedstawiono wyniki badań, których celem była analiza opinii respondentów dotyczących problemów związanych z produkcją brykietów dla energetyki zawodowej. Badanie zrealizowane zostało metodą indywidualnych wywiadów pogłębionych; wywiad miał

charakter częściowo ustrukturyzowany. Według opinii rozmówców główną przeszkodą w rozwoju ich firm jest brak zainteresowania długotrwałą współpracą z lokalnymi producentami biomasy ze strony elektrowni zawodowych, które nie tworzą sprawdzonego rynku dostawców.

W pracy II.D.35 wskazano na potrzebę poszukiwania nowych kierunków rozwoju logistyki biomasy, które mogą być realizowane na obszarach wiejskich, zapewniających jednocześnie minimalizację obciążeń środowiska przyrodniczego.

Celem pracy II.D.41 było przedstawienie roli energii odnawialnej, ze szczególnym uwzględnieniem biomasy i konieczności zwiększania jej udziału w bilansie energetycznym kraju jako elementu pozwalającego na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego poprzez dywersyfikację źródeł energii.

Ad. 2. Ocena możliwości pozyskiwania i wykorzystania biogazu jako odnawialnego źródła energii

Ważne miejsce w moim dorobku naukowym zajmują publikacje dotyczące możliwości pozyskiwania i wykorzystywania biogazu. Publikacje te są wynikiem mojego zainteresowania i przestudiowania tej tematyki w związku z przygotowaniem zajęć z prowadzonego przeze mnie przedmiotu „Biogazownie rolnicze i przemysłowe”, jak również są podwaliną pod projekt badawczy pozwalający na opracowanie innowacyjnych technologii przetwarzania bioodpadów na nośniki energii użytecznej w ramach projektu badawczego BIOSTRATEG II (II.1.2). Problematyka pozyskiwania i energetycznego wykorzystania biogazu została przedstawiona w kilku publikacjach.

W pracy II.D. 24 przedstawiono wyniki badań ankietowych przeprowadzonych w gminach Lubelszczyzny, których celem była próba oceny ich udziału w zaspakajaniu zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło przy wykorzystaniu lokalnego potencjału odnawialnych zasobów energii. Oceny dokonano na podstawie ankiet rozesłanych do gmin województwa lubelskiego. Przeprowadzona ocena wykazała, że mimo dużego potencjału Lubelszczyzny udział odnawialnych źródeł w produkcji energii jest marginalny.

Idea utylizacji biogazu jest zdeterminowana przede wszystkim wymaganiami gospodarki odpadami, których podstawowym problemem jest kontrola zarządzania wysypiskami odpadów, jak i praca oczyszczalni ścieków. Uczestnicząc w konferencjach: Polsko-Szwedzkiej Konferencji Bioenergetycznej, Konferencji „Agricultural Biogas Plants – Swedish Offer for Polish Municipalities” – 2010, oraz konferencji „Energia z odpadów, produkcja biogazu – model szwedzki” – 2011 zwróciłam uwagę na możliwości pozyskiwania biogazu z odpadów deponowanych na składowiskach odpadów, czego efektem były publikacje II.D.26, II.D.29. II.D.30.

W pracy II.D.26 przedstawiono charakterystykę procesu powstawania i pozyskiwania biogazu składowiskowego. Praca II.D.29 dotyczyła problematyki zagospodarowania biogazu składowiskowego na terenie woj. lubelskiego.

W pracy II.D.30 przedstawiono wyniki analizy produkcji i wykorzystania biogazu w oczyszczalni ścieków „Hajdów” w latach 2007-2011.

Ad.3. Ocena oddziaływania na środowisko ciągów komunikacyjnych

Efektom udziału w zespole badawczym, realizującym w latach 2009-2012 – temat nr TKA/DS/2 – „Analiza i opracowanie oceny oddziaływania na środowisko ciągów komunikacyjnych w krajobrazie przyrodniczym, otwartym i zurbanizowanym”, były publikacje, II.A.1, II.D.16, II.D.27. Podjęta tematyka wynikała ze stale rosnącej konieczności ciągłej kontroli emisji zanieczyszczeń, w tym spalin emitowanych przez pojazdy samochodowe, w celu zahamowania wzrostu zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Metale ciężkie, pochodzące ze źródeł motoryzacyjnych należą do najgroźniejszych zanieczyszczeń przydrożnych. Największe skażenia środowiska metalami ciężkimi pochodzenia motoryzacyjnego odnotowuje się w otoczeniu tras komunikacyjnych o najwyższych natężeniach ruchu, a więc wzdłuż autostrad i dróg ekspresowych. Wyeliminowanie tego rodzaju zanieczyszczeń nie likwiduje ostatecznie zagrożenia, ponieważ skażenia metalami ciężkimi mają charakter trwały.

W pracy II.A.1 podjęto problematykę metali ciężkich jako najgroźniejszych zanieczyszczeń przydrożnych. Przedstawiono wyniki badań zawartości wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Ni, Zn, Cu) i oznaczeń odczynu pH w glebach poboczy szlaków drogowych położonych na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego (RPN) oraz na terenie Parku Krajobrazowego Pogórza Przemyskiego.

Praca II.D.16 przedstawia wyniki szacowania emisji związków toksycznych pochodzenia motoryzacyjnego na podstawie natężenia ruchu pojazdów i ich średniej prędkości, które odniesiono do oznaczonej zawartości wybranych jonów metali ciężkich w glebach rolniczych otuliny Roztoczańskiego Parku Narodowego.

W pracy II.D.27 przedstawiono wyniki badań natężenia ruchu oraz emisji hałasu, wskaźnika określającego stan zanieczyszczenia środowiska hałasem – równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego (LA_{eqD}) przy drodze Krasieczyn – Korytniki znajdującej się na terenie Parku Krajobrazowego Pogórza Przemyskiego.

W pracy II.D.40, która jest monografią naukową, i której jestem jednym ze współautorów, szczególnie skupiłam się na zagadnieniach dotyczących oddziaływania transportu drogowego na środowisko.

Ad.4. Wykorzystanie zieleni przydrożnej w ochronie środowiska przed rozprzestrzenianiem się motoryzacyjnych zanieczyszczeń komunikacyjnych

Temat ten jest kontynuacją badań realizowanych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora. Dynamiczny rozwój motoryzacji, a tym samym wzrost natężenia przewozów towarowych i osobowych ma, między innymi, negatywny wpływ na klimat akustyczny. Skuteczne obniżenie hałasu komunikacyjnego może nastąpić, zarówno na etapie projektowania, jak i eksploatacji tras komunikacyjnych, między innym przez zastosowanie rozwiązań z dziedziny inżynierii ruchu pojazdów oraz ekranów technicznych i biologicznych. Zieleń przydrożna daje duże możliwości w tym zakresie a pasy zieleni są społecznie akceptowane; w naturalny sposób komponują się z krajobrazem, są argumentem w humanistycznym planowaniu przestrzennym i kształtowaniu środowiska w aspekcie społecznym, psychologicznym i estetycznym.

W publikacji II.D.13 przedstawiono koncepcję wykorzystanie zieleni przydrożnej jako elementu redukującego hałas środowiskowy.

Wyniki dalszych badań zostały kompleksowo przedstawione w publikacji II.A.2 Głównym założeniem badawczym pracy była ocena możliwości wykorzystania pasowych nasadzeń ślazu pensylwańskiego jako biologicznego ekranu akustycznego wzdłuż tras komunikacyjnych. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego wzdłuż profili pomiarowych, wyznaczonych prostopadle do biologicznego ekranu drogowego, który stanowiły pasowe nasadzenia ślazu pensylwańskiego.

W pracy II.D.12 przedstawiono koncepcję fitoremediacji jako metody wykorzystywanej w ochronie i oczyszczaniu środowiska. Technologia ta opiera się na zdolnościach pewnych gatunków roślin do pobierania, akumulacji i metabolizmu związków toksycznych we własnych tkankach, bądź do przekształcenia ich w związki nietoksyczne. W pracy tej scharakteryzowano również ślazowiec pensylwański jako roślinę dobrze tolerującą wysokie stężenia związków toksycznych, pobierającą i akumulującą te związki w dużych ilościach w poszczególnych częściach (liściach, łodygach, korzeniach).

Celem pracy II.A.3 było wykazanie możliwości ograniczania oddziaływania motoryzacyjnych zanieczyszczeń środowiska przez roślinność przydrożną. Określono zawartości cynku i miedzi w glebie z pobocza drogowego oraz w glebie terenu bezpośrednio przyległego, na którym uprawiano ślazowiec pensylwański w formie biologicznego ekranu drogowego. Ponadto przeprowadzono badania jak występująca roślinność może ograniczać rozprzestrzenianie się motoryzacyjnych zanieczyszczeń środowiska. W tym celu określono zawartość badanych pierwiastków w poszczególnych częściach roślin (liściach, łodygach, korzeniach) pobranych w różnych odległościach od drogi.

Wyniki badań dotyczących zawartości innych pierwiastków metali ciężkich (Cd, Pb, Ni, Mn, Fe) w poszczególnych częściach ślazuwca pensylwańskiego pobranych z tego samego doświadczenia polowego, według tego samego schematu, zaprezentowano w pracach II.D.21, II.D.23, II.D.25, II.D.32. Na podstawie przeprowadzonych badań i dyskusji wyników sformułowano zbieżne wnioski utylitarne. Zielen przydrożna w postaci pasowych nasadzeń ślazuwca pensylwańskiego spełnia rolę ekranu biologicznego chroniącego gleby przed zanieczyszczeniem kadmem i ołowiem ze źródeł motoryzacyjnych, łagodzi rozprzestrzenianie się niklu pochodzącego ze źródeł motoryzacyjnych. Może pełnić rolę fitostabilizacyjną, przyczyniając się do unieruchomienia i opóźnienia wprowadzenia pierwiastków metali ciężkich do środowiska.

Pozostałe publikacje

Dostęp do nowoczesnej aparatury badawczej w Centrum Innowacyjno-Wdrożeniowym Nowych Techniki i Technologii w Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie umożliwił przeprowadzenie badań, których wyniki zaprezentowano w pracy II.A.4. Celem przeprowadzonych badań było określenie zawartości wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Hg, Cr, Sn, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn, Mo) w przepracowanych olejach silnikowych, pochodzących z ciągników rolniczych i maszyn rolniczych, o różnych przebiegach eksploatacyjnych.

Uczestnictwo w zespole badawczym dr. hab. Dobiesława Nazimka, specjalisty w zakresie chemii teoretycznej i katalizy heterogennej, dało mi możliwość podjęcia problematyki badawczej związanej z nowymi technologiami pozyskiwania biopaliw transportowych, w tym DME. Efektem pierwszych prac zespołu badawczego są publikacje II.A.5 i II.A.6.

6. Podsumowanie dorobku naukowo-badawczego

Mój dotychczasowy dorobek naukowy obejmuje łącznie 55 prac (418 pkt. wg MNiSW) opublikowanych w recenzowanych czasopismach zagranicznych i krajowych. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk rolniczych opublikowałam 49 prac (378 pkt. wg MNiSW). W moim dorobku naukowo-badawczym znajduje się 39 artykułów w czasopismach naukowych znajdujących się na liście B MNiSW, 6 rozdziałów w monografiach naukowych (w tym 3 w języku angielskim) i współautorstwo 1 monografii. 9 publikacji jest indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR), a ich sumaryczny Impact Factor wynosi 6,447. Według bazy Web of Science mój indeks Hirscha IH wynosi 3, moje prace są cytowane 23 razy. Sumaryczne zestawienie informacji na temat mojego dorobku naukowo-badawczego zestawiono w tabelach 1-4.



Tabela 1. Zestawienie łączne dorobku naukowego

Rodzaj publikacji	Ilość	Punktacja wg MNiSW	Impact Factor
Artykuły indeksowane w bazie Journal Citation Reports (JCR), posiadające Impact Factor	9	140	6,447
Artykuły w czasopismach naukowych znajdujących się na liście czasopism punktowanych MNiSW	39	231	-
Rozdziały w monografiach w języku polskim	3	12	-
Rozdziały w monografiach w języku angielskim	3	15	-
Współautorstwo monografii	1	20	-
Razem	55	418	6,447

Tabela 2. Zestawienie liczbowe publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)chy

L.p.	Czasopism	Rok publikacji	Impact Factor	Punktacja wg. MNiSW*	Ilość cytowań wg WoS
1.	International Agrophysics	2012	1,025*	20	12
2.	Rocznik Ochrona Środowiska	2013	0,806*	15	5
3.	Rocznik Ochrona Środowiska	2013	0,806*	15	4
4.	Polish Journal of Environmental Studies	2015	0,871**	15	2
5.	Polish Journal of Environmental Studies	2015	0,871**	15	-
6.	Polish Journal of Environmental Studies	2015	0,871**	15	-
7.	Przemysł Chemiczny	2015	0,399**	15	-
8.	Przemysł Chemiczny	2015	0,399**	15	-
9.	Przemysł Chemiczny	2015	0,399**	15	-
Razem			6,447	140	23

* - zgodnie z rokiem opublikowania

** - za rok 2014

Tabela 3. Zestawienie liczbowe publikacji w czasopismach znajdujących się na liście czasopism punktowanych MNiSW

L.p.	Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	Rok publikacji	Punktacja wg MNiSW*
1.	Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe -	11	2010	6
			2010	6
			2010	6
			2011	4
			2011	4
			2011	4
			2011	4

			2012	4
			2012	4
			2012	4
			2012	4
2.	Energetyka	1	2006	6
3.	Gaz, Woda i Technika Sanitarna	3	2012	6
			2013	5
			2013	5
4.	International Agrophysics	1	2006	6
5.	Inżynieria Rolnicza	4	2006	4
			2006	4
			2009	4
			2015	5 **
6.	Journal of Central European Agriculture	1	2014	8
7.	Logistyka	7	2014	10
			2014	10
			2014	10
			2014	10
			2014	10
			2014	10
			2015	10 **
8.	Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych	4	2009	4
			2011	5
			2011	5
			2014	5
9.	Polish Journal of Environmental Studies	2	2007	10
			2008	10
10.	Technologia Wody	1	2014	5
11.	Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa	1	2009	6
12.	Teka Komisji Ochrony i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego	1	2013	4
13.	Wiadomości Elektrotechniczne. Elektronika, Energetyka, Elektrotechnika	1	2009	4
14.	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	1	2011	0
Razem		39		231

* - zgodnie z rokiem opublikowania

** - za rok 2014



Tabela 4. Zestawienie liczbowe monografii i rozdziałów w monografiach naukowych

L.p.	Tytuł monografii	Rok publikacji	Punktacja wg MNiSW*
1.	Monografia naukowa: „Antropogeniczne zmiany w środowisku” Wyd. Towarzystwo Wydawnictw Naukowych „Libropolis”	2014	20
2.	Rozdział w monografii naukowej: „Pierwiastki, środowisko i życie człowieka”. Wyd. Polskie Towarzystwo Magnezologiczne	2009	5
3.	Rozdział w monografii naukowej „Biomasa jako źródło energii”. Wyd. Wieś Jutra	2009	4
4.	Rozdział w monografii naukowej „Biomasa jako źródło energii” Wyd. Wieś Jutra	2009	4
5.	Rozdział w monografii naukowej. „Konwersja odnawialnych źródeł energii”. Wyd. Wieś Jutra	2009	4
6.	Rozdział w monografii naukowej: “The Acquisition And Processing Of Biomass Of Virginia Mallow For Energy” Purposes. Wyd. Wieś Jutra	2011	5
7.	Rozdział w monografii naukowej: “The Acquisition And Processing Of Biomass Of Virginia Mallow For Energy” Purposes. Wyd. Wieś Jutra	2011	5
Razem		7	47

* - według wytycznych oceny parametrycznej jednostek

Joanna
Szyszlak-Bargłowicz

Ju