Załącznik nr 2 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego. Autoreferat

POTENCJAŁ I OCENA SKUTKÓW ŚRODOWISKOWYCH PRODUKCJI BIOPALIW

MAGDALENA BORZĘCKA
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
– Państwowy Instytut Badawczy,
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy

Puławy, 2019

Magdalena Borzęcka

Spis treści

2. Wykształcenie 2

3. Zatrudnienie: 2

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. Ustaw nr 65, poz. 595, ze zmianami: Dz. U. z 2005 nr 164, poz. 1365, oraz Dz. U. z 2001 r., nr 84, poz. 455) 3

Oceny Cyklu Życia 6

Modelowanie 7

Produkcja biopaliw w obliczu zmian klimatu 8

Scenariusze rozwoju produkcji biopaliw 9

Modelowanie potencjału biomasy 10

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo badawczych 12

5.1. Modelowanie 14

5.2. Sekwestracja węgla w glebie 14

5.3. Zmiany użytkowania gruntów (LUC) 15

5.4. Zdjęcia lotnicze 16

5.5. Potencjał biomasy 17

6. Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauk 19

2. Wykształcenie

2003- magister inżynier, kierunek ogrodnictwo Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

2008- doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy- „Produkcyjność miskanta (miscanthus ssp.) w różnych warunkach siedliskowych i pogodowych"

2010- dyplom ukończenia studiów podyplomowych, Zarządzania projektami badawczymi i pracami rozwojowymi. Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie.

2012- dyplom ukończenia studiów podyplomowych, Menedżer badań naukowych i prac rozwojowych, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

3. Zatrudnienie:

2008-2015 - starszy specjalista badawczo - techniczny - Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy

2015.04.01-2015.11.30 - adiunkt - Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy

2015.12.01- samodzielny starszy specjalista (realizujący własny program badań)- Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy

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. Ustaw nr 65, poz. 595, ze zmianami: Dz. U. z 2005 nr 164, poz. 1365, oraz Dz. U. z 2001 r., nr 84, poz. 455)**

a. **Tytuł osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego**

POTENCJAŁ I OCENA SKUTKÓW ŚRODOWISKOWYCH PRODUKCJI BIOPALIW

b. Wykaz publikacji stanowiących monotematyczny cykl:

1. **Borzęcka-Walker M*.,** Faber A., Pudełko R., Kozyra J., Syp A., Borek R. 2011. Life Cycle Assessment (LCA) of crops for energy production International Journal of Food, Agriculture & Environment – JFAE Vol.9 (3&4): 698 - 700.
2. **Borzęcka-Walker M*.,** Faber A., Syp A., Pudełko R., 2012 Simulation of greenhouse gasses from miscanthus in Poland using the DNDC model. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.10 (2): 1187-1190
3. **Borzęcka-Walker M*.,** Borek R., Faber A., Pudełko R., Kozyra J., Syp A., Matyka M. 2013. Carbon and nitrogen balances in soil under SRC willow using the DNDC model. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (3&4):1920-1925
4. **Borzęcka-Walker M*.,** Faber A., Kozyra J., Pudełko R., Mizak K., Syp A., 2012 Modelling the impact of climate change on miscanthus and willow for their potential productivity in Poland Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.10 (3&4) : 1437 - 1440. 2012
5. Pudełko R., **Borzęcka-Walker M*.,** Faber A, Borek R., Jarosz Z., Syp A. The technical potential of perennial energy crops in Poland. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.10 (2): 781-784. 2012
6. **Borzęcka-Walker M*.,** Faber A., Jarosz Z., Syp A., Pudełko R., 2013 Greenhouse gas emissions from rape seed cultivation for FAME production in Poland. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (1): 1064-1068
7. **Borzecka-Walker M*.**, Faber A., Pudelko R., Jarosz Z., Syp A., Kozyra J. 2013 Optimisation and risk analysis of greenhouse gas emissions depending on yield and nitrogen rates in rapeseed cultivation. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (3&4):1002-1004
8. Rozakis S., Kremmydas D., Pudełko R., **Borzęcka-Walker M*.,** Faber A., 2013 Straw potential for energy purposes in Poland and optimal allocation to major co-firing power plants. Biomass and Bioenergy 58: 275-285
9. Rozakis S, Haque M., Natsis A, **Borzęcka-Walker M*.,** Mizak K. 2013 Cost-effectiveness of bioethanol policies to reduce carbon dioxide emissions in Greece. Int J Life Cycle Assess 18:306–318

*-publikacje, w których jestem autorem korespondencyjnym

Łączna wartość publikacji dokumentujących osiągnięcie naukowe według ostatniej dostępnej punktacji MNiSW wynosi: 168 punktów. Sumaryczny Impact Factor w/w publikacji wg listy Journal Citation Reports wynosi: 10,13. Oświadczenia współautorów prac wraz z określeniem ich indywidualnego wkładu w powstanie pracy stanowi załącznik 5.

c. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Coraz większe zapotrzebowanie społeczeństwa na energie wynika z szybkiego rozwoju gospodarki. Dotychczas stosowane paliwa kopalne, takie jak węgiel kamienny, ropa naftowa czy gaz ziemny, należą do grupy surowców nieodnawialnych, a ich stosowanie wpływa niekorzystnie na środowisko oraz powoduje jego degradację poprzez zwiększoną emisję zanieczyszczeń do atmosfery, takich jak tleneki azotu, węgla i siarki. Globalne zmiany klimatu są wynikiem zwiększonej emisji gazów cieplarnianych (GHG) pochodzących z wykorzystania paliw kopalnych.

Rolnictwo jest gałęzią gospodarki przyczyniającą się również do emisji gazów cieplarnianych (9%), a w szczególności podtlenku azotu (N_2O) oraz metanu (CH_4). Emisje te pochodzą głownie z fermentacji jelitowej zwierząt gospodarskich (CH_4), nieefektywnego wykorzystania azotu przez rośliny uprawne (N_2O), gospodarki nawozami naturalnymi oraz spalania resztek pożniwnych. Wzrost emisji gazów cieplarnianych spowodował zwiększenie zainteresowań tą problematyką przez różne grupy społeczne; zaczynając od polityków, poprzez środowiska naukowe, przedsiębiorców oraz zwykłych obywateli. Promowana przez Unię Europejską (UE) strategia zastępowania paliw kopalnych przez biomasę w procesie wytwarzania energii może mieć istotny wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu oraz dywersyfikację źródeł energii. Ten sposób pozyskiwania energii znany był od dawna i bazował na wykorzystaniu dostępnych zasobów takich jak drewno, chrust, torf czy inne rodzaje biomasy. Największą zaletą biomasy pochodzenia rolniczego jest zerowy bilans emisji dwutlenku węgla (CO_2), uwalnianego podczas spalania biomasy, a także niższa niż w przypadku paliw kopalnych emisja dwutlenku siarki (SO_2), tlenków azotu (NOx) i tlenku węgla (CO_2). Paliwa produkowane z biomasy mogą być wykorzystywane do produkcji ciepła, energii elektrycznej lub do produkcji paliw transportowych. Uprawa roślin energetycznych ma pozytywny wpływ na sekwestrację węgla w glebie z opadających liści oraz obumierających korzeni. Resztki te ulegają stopniowemu przekształceniu w próchnicę, przez co wzbogacają powierzchniową warstwę profilu glebowego. Ponadto uprawy roślin energetycznych

w porównaniu z uprawami tradycyjnymi charakteryzują się większą efektywnością wykorzystania azotu.

Ze względu na wciąż toczącą się w świecie nauki dyskusję na temat pozytywnego i negatywnego wpływu biomasy na środowisko oraz małą ilość danych pochodzących z Polski postanowiono zbadać ten temat.

Celem pracy była ocena potencjału oraz skutków środowiskowych produkcji biopaliw z biomasy odpadowej, ubocznej lub uprawianej na cele energetyczne.

Prace badawcze koncentrowały się na ocenie wpływu uprawy roślin przeznaczonych na produkcję energii, dynamikę węgla organicznego w glebie, emisję gazów cieplarnianych jak również oszacowanie potencjału plonowania wybranych roślin energetyczny. Ważnym fragmentem moich prac jest również ocena cyklu życia oraz możliwości pozyskiwania na cele energetyczne biomasy z upraw wieloletnich, biomasy ubocznej i odpadowej oraz optymalizacja lokalizacji plantacji i logistyki biomasy.

Oceny Cyklu Życia

W celu oszacowania wpływu uprawy roślin energetycznych na środowisko zastosowano metodę Oceny Cyklu Życia (ang. Life Cycle Assessment - LCA) (zał. b. 1). Jest to metoda zarządzania, wykorzystywana do analiz oddziaływań na środowisko, obejmując wszystkie etapy związane z procesem produkcji. Wskazówki oraz zasady przeprowadzania analiz LCA zawarte są w standardach zarządzania jakością i środowiskiem (ISO 14040) wprowadzanych przez Międzynarodową Komisję Normalizacyjną (ISO). W moich badaniach ocenie poddano miskanta, wierzbę, pszenice ozima, rzepak oraz ziemniaka. Rośliny te znacząco różnią się pod względem wymagań glebowych, klimatycznych, a przede wszystkim nawozowych. Wykonana analiza potwierdziła, że najwyższe emisje gazów cieplarniach w warunkach Polski występowały w uprawie, czemu towarzyszyły duże nakłady energetyczne, wynikające głównie z wysokiego zapotrzebowania na nawożenie. W warunkach Polski problemem jest zakwaszenie gleb, które niekorzystnie wpływa na plonowanie roślin. Z przeprowadzanych analiz wynika, że uprawa ziemniaka miała największy wpływ na ten proces, ze względu na wysokie dawki nawozów stosowanych oraz zwiększone wymywanie kationów, w szczególności wapnia i magnezu. Pomimo wysokich dawek nawozów mniejszy wpływ na zakwaszenie gleby stwierdzono w przypadku rzepaku, co wynika z dużego zagęszczenia łanu oraz mniejszego wymywania składników pokarmowych. Uprawa miskanta charakteryzowała się największym potencjałem produkcji energii netto, jednak jej wpływ na eutrofizacje środowiska był duży.

Uprawy wierzby cechowały się natomiast najmniejszymi emisjami, ze względu na małe nakłady energetyczne (zał. b. 1).

Moja wiedza na temat LCA została również wykorzystana w pracy (zał. b. 9), w której użyto metodę LCA do scharakteryzowania wewnętrznego łańcucha produkcyjnego bioetanalu, obejmującego zbiór procesów, które wpływają na wybór lub tryb pracy badanego obiektu. Badania zostały przeprowadzone we ramach współpracy międzynarodowej (PROFICIENCY) z Uniwersytetem Rolniczym w Atenach. Ich celem była ocena opłacalności produkcji bioetanolu w odniesieniu do emisji dwutlenku węgla w zależności od polityki rolnej. Studium przypadku dotyczyło wykorzystania byłej cukrowni zlokalizowanej w regionie Tesali w Grecji do produkcji bioetanolu. W pracy zastosowano mikroekonomiczny model równowagi cząstkowej regionalnej podaży w systemie uprawy roli w Tesalii, sprzężony z podmodelami przetwarzania przemysłowego bioetanolu produkowanego z buraków i zbóż. Wpływ na środowisko produkcji bioetanolu został określony przy użyciu metody oceny cyklu życia. Bezpośrednie i pośrednie zużycie energii pochodzącej ze źródeł kopalnych, w całym łańcuchu produkcji etanolu, zostało opisane jako pierwotne źródła energii. Energia ze źródeł kopalnych została obliczona na podstawie ilości paliwa i nawozów używanych w procesie produkcji biomasy. Ponadto oceniono emisje podtlenku azotu. W szacunkach uwzględniono również straty węgla podczas przekształcenia lasów i łąk w grunty orne. Stwierdzono, że zmiana w bezpośrednim użytkowaniu gruntów powodowała mniejsze emisje w produkcji rolniczej, ponieważ uprawy energetyczne są substytutem intensywnych upraw, takich jak bawełna i kukurydza. Zmiana w pośrednim użytkowaniu gruntów wpływała na zmniejszenie tych szacunków. W badaniach wykazano, że przejście od systemu uprawy płużnej do uprawy uproszczonej wpłynęło korzystnie na gromadzenie węgla w glebie. Na ekonomiczną i ekologiczną opłacalność produkcji bioetanolu wyraźny wpływ czynniki polityki rolnej, w tym przypadku dopłaty obszarowe do bawełny. Aby zredukować emisję gazów cieplatrnianych o 1 tonę dwutlenku węgla, całkowite koszty produkcji bioetanolu wahały się między 160 a 212 euro. Koszty te malały, jeśli polityka rolna zmierza do oddzielenia dopłat od kosztów produkcji.

Modelowanie

W badaniach nad uprawą roślin energetycznych wykorzystano komputerowy model symulacyjny DNDC (ang. DeNitrification- DeComposition). Model ten został wykorzystany do oszacowania dynamiki zmian zawartości węgla organicznego w glebie, potencjału produkcyjności miskanta i wierzby, wymywania azotu i emisji gazów, w tym podtlenku azotu

(N_2O), tlenku azotu (NO), azotu cząsteczkowego (N_2) amoniaku (NH_3), metanu (CH_4), oraz dwutleneku węgla (CO_2) (zał. b 2, 3, 4). Symulacje zostały przeprowadzone dla najbardziej typowy rodzajów gleb, nadających się do uprawy tych roślin w Polsce. Model został skalibrowany na podstawie wyników doświadczeń polowych przeprowadzonych z dwóch stacji doświadczalnych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Osinach i Grabowie (Polska Centralna). Doświadczenie polowe założone w 2003 roku. W Stacji Doświadczalnej Osiny, znajdującej się w województwie lubelskim, na glebie kompleksu 8 (zbożowo-pastewny mocny). Stacja Doświadczalna w Grabowie, znajdującej się w województwie mazowieckim na glebie kompleks 4 (bardzo dobry żytni). Rośliny nawożone były nawozami NPK.

Symulacje emisji gazów cieplarnianych (CO_2, CH_4, N_2O) z uprawy miskanta w Polsce przeprowadzono przy wykorzystaniu modelu DNDC. Uzyskana kalibracja modelu pozwoliła na przeprowadzenie 22-letniej symulacji (1986-2007) (zał. b. 2). Modelowany plon miskanta wyniósł 15,80 t ha^{-1} rok^{-1} na glebie kompleksu 8, natomiast 16,82 t ha^{-1} rok^{-1} na glebie kompleksu 4. Różnica między symulowanym a mierzonym plonem wynosiła od 3,09 t ha^{-1} r^{-1} na średniej ciężkiej glebie do 1,21 t ha^{-1} r^{-1}. Błąd średniokwadratowy RMSE oszacowano na poziomie 10,3%. Przeprowadzane analizy wskazały wysoki potencjał ograniczenia emisji GHG z uprawy tej rośliny, ze względu na wysoki potencjał sekwestracji węgla organicznego w analizowanych kompleksach. Większe wiązanie węgla a w glebie kompleksu 4 niż kompleksu 8 wynikało z większych symulowanych plonów na glebie kompleksu 4. Powodowało to również większe pobrania azotu przez roślinę uprawianą na tej glebie, natomiast różnice w pochłanianiu metanu w obu siedliskach było nieistotnie. W przypadku wierzby (zał. b. 3) model wykazywał relatywnie niski błąd średniokwadratowy (RMSE) na poziomie 11,5%.

Produkcja biopaliw w obliczu zmian klimatu

Ważnym aspektem dla przyszłości upraw na cele energetyczne są ewentualne wpływy na te uprawy prognozowanych zmian klimatu (zał. b. 4). W celu scharakteryzowania tego zagadnienia przeprowadzono symulacje przy użyciu modelu DNDC. Symulacje dla scenariuszy zmian klimatu do roku 2030 i 2050 wykazały raczej niewielki spadek plonowania wierzby i miskanta w Polsce. Natomiast znaczące zmiany odnotowano w potencjale sekwestracji węgla organicznego oraz redukcji poziomu emisji tlenku azotu. Spowodowane to było wzrostem temperatury oraz spadkiem wielkości opadów. Różnice w plonach biomasy pomiędzy scenariuszami C2050 i C2000 wyniosły 5,3 i 3,3% dla miskantów uprawianych

na glebie kompleksu 8 oraz glebie kompleksu 4, podczas gdy dla wierzby, wydajności spadły o 4,5 i 7,1% na tych kompleksach. Zmiany klimatu według scenariusza C2030 i C2050 wpłynęły na zmniejszenie emisji N_2O z uprawy miskanta (oba kompleksy) oraz wierzby (kompleks 4). Zmniejszenie emisji N_2O z tych upraw było spowodowane niższymi wartościami opadów w miesiącach letnich. Według symulacji, zmiany klimatu będą miały negatywny wpływ na potencjał sekwestracji węgla organicznego pod uprawami na cele energetyczne w badanych glebach.

Scenariusze rozwoju produkcji biopaliw

Istotnym elementem w produkcji biopaliw w Polsce jest produkcja biodisla z rzepaku, na co przeznacza się około 553 tys. ton nasion tej rośliny. Rzepak w Polsce, jak i w Europie, jest podstawową rośliną oleistą. Produkcja surowców na cele paliwowych jest do tej pory jedynym rodzajem produkcji rolnej, w których UE reguluje szczegółowo wymagania dotyczące wielkości emisji oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych (GHG) oraz pośrednio zwiększenie sekwestracji dwutlenku węgla w glebie jako wynik poprawy techniki rolniczej. Unia Europejska określiła kryteria zrównoważonego rozwoju dla biopaliw transportowych w Dyrektywie o Energii Odnawialnej (RED2009/28/EC). Powyższa dyrektywa opisuje kryteria emisji gazów cieplarnianych (GHG) oraz ograniczenie emisji ze stosowania biopaliw i biopłynów w porównaniu do paliw kopalnych. Od 1 kwietnia 2013 roku ograniczenie emisji gazów cieplarnianych muszą wynosić co najmniej 35% w stosunku do paliw nieodnawialnych. Od 2017 roku oszczędności te muszą wynosić co najmniej 50%, a 60% dla biopaliw wytworzonych w instalacjach, które rozpoczną produkcję w 2018 roku lub później. Biopaliwa niespełniająca kryteriów zrównoważonego rozwoju nie mogą być brane pod uwagę w celu: (i) obliczania udziału energii z odnawialnych źródłeł energii, (ii) kontroli zgodności z celami określonymi wdyrektywie, (iii) kwalifikowalności do wsparcia finansowego. Domyślne wartości emisji gazów cieplarnianych w całym łańcuchu produkcyjnym różnych biopaliw, jak również dla każdej części łańcucha (uprawa, przetwarzanie oraz transport) są zawarte w załączniku V część D do dyrektywy RED. W pracy (Zał. b. 6) podjęto się oszacowania możliwości zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych pochodzących z rolnictwa, w pełnym cyklu życia biodisla (FAME), poprzez optymalizację nawożenia azotem, wybór nawozów o niższym poziomie emisji w ich produkcji oraz wzrost sekwestracji węgla organicznego w glebach wskutek zastosowania uproszczonej uprawy roli lub siewu bezpośredniego. Stwierdzono, że optymalizacja dawki nawozu azotowego i manipulacje typem nawozu nie gwarantują 50% redukcji emisji gazów cieplarnianych. Natomiast ograniczenie takie możliwe

było do osiągnięcia przy uprawie uproszczonej i stosowania nawożenia azotowego w dawce 150 kg N ha w postaci mocznika, roztworu saletrzano-mocznikowego (RSM) lub mieszaniny azotanu amonu i siarczanu amonu. Zwiększenie sekwestracji węgla organicznego w glebie wskutek siwu bezpośredniego zwiększało redukcję emisji gazów cieplarnianych do 58-63% przy dawce 150 kg N ha^{-1} i 54-59% przy dawka 180 kg N ha^{-1}. Podobne analizy dotyczące pszenicy ozimej oraz kukurydzy przedstawionono w części piątej autoreferatu. Kontynuacją prac dotyczących rzepaku była publikacja (zał. b. 7) dotycząca optymalizacji i analizy ryzyka emisji gazów cieplarnianych w zależności od plonowania oraz dawek nawożenia w uprawie rzepaku. Stosowanie w nawożeniu tej rośliny jedynie asortymentów nawozów azotowych (N) o niższych emisjach GHG, powstających w trakcie ich produkcji, wymogu tego spełnić nie może. Próby optymalizacji dawk nawozów azotowych, zwłaszcza ich zmniejszania, niosą w sobie określone ryzyko redukcji plonu. W pracy przedstawiono optymalizację emisji rolniczych GHG w zależności od wielkości plonów i dawek N, celowość optymalizacji, analizy ryzyka dla badanych zmiennych oraz szacunki niepewności emisji rolniczych GHG, dla których spełnione były wybrany cel optymalizacji. Stwierdzono, że optymalizacja emisji rolniczej GHG, z alokacją do śruty rzepakowej, poprzez oddziaływania na wielkość plonów i dawek N może przynieść zmniejszenie emisji stwierdzanych w praktyce o 2 g CO_2 eq MJ^{-1} FAME. Analiza ryzyka wykazała, że można to osiągnąć jedynie poprzez wzrost plonów o 7.1% w stosunku do mediany danych pochodzących ze spisu rolnego. Nie stwierdzono możliwości wpływania na emisję poprzez zmniejszenie dawek N. Podobne analizy dotyczące kukurydzy przedstawionono w części piątej autoreferatu.

Modelowanie potencjału biomasy

Produkcja energii z biomasy może stanowić znaczącą część „zielonej" energii. Jednakże produkcja żywności ma wyższy priorytet niż produkcja biomasy na cele energetyczne. Dlatego wążnym zagadnieniem jest znajomość realnych potencjałów biomasy, nie ograniczających bezpieczeństwa żywnościowego, w tym głównie potencjałów biomasy odpadowej (zał. b. 5, 8, 10). W pracy (zał. b. 5) określono potencjał techniczny gruntów rolnych, które mogą być wykorzystane do uprawy roślin wieloletnich przeznaczonych na cele energetyczne w Polsce. Obszary nadające się do lokalizacji upraw energetycznych zostały określone na podstawie czterech scenariuszy. Wyniki tych analiz przedstawiono w postaci map zakładając odpowiednie warunki do uprawy roślin energetycznych: 1) siedlisko (rolnicza przydatność gleby), 2) dostępność wód gruntowych, 3) opady 4) obszary chronione. Po uwzględnieniu wszystkich ograniczeń w uprawie roślin energetycznych, dostępny obszar

w Polsce dla wieloletnich roślin energetycznych wynosi około 1,59 mln hektarów. Kontynuacją badań nad dostępnością biomasy w Polsce była praca dotycząca potencjału słomy w skali gmin (NUTS - 5), a także potrzeb jej lokalnego wykorzystania oraz możliwości redystrybucji nadmiernych ilości do regionów z deficytem słomy (zał. b. 8). Szacowane potencjały biomasy dotyczą jedynie nadwyżek słomy w rolnictwie przy uwzględnieniu potrzeb konserwacji gleby (nawożeniu słomą i pozostawiania resztek pożniwnych). Pracę wykonano na podstawie danych z Głownego Urzędu Statystycznego (GUS), uwzględniając również możliwość minimalizacji kosztów transportu przy użyciu autorskiego modelu służącego do optymalizacji alokacji słoma pomiędzy głównymi elektrowniami na terenie całego kraju, biorąc pod uwagę możliwości i ograniczenia techniczne współspalania biomasy z węglem. Po oszacowaniu ilości słomy dostępnej dla energetyki na poziomie gminy, drugi model został wykorzystany do alokacji biomasy dla poszczególnych elektrowni po uwzględnieniu słomy użytkowanej przez małe lokalne kotłownie. Według przedstawionego scenariusza potencjał techniczny słomy dla Polski został oszacowany na 3,7 mln ton. Poprawne gospodarowanie słomą, zapewniające jej zrównoważone wykorzystania w rolnictwie i poza rolnictwem zapewnia redystrybucję około 2,5 mln ton pomiędzy sąsiadującymi gminami. Lokalnie nadmiar słomy występuje w regionach zdominowanych przez produkcję roślinną z niewielkim udziałem produkcji zwierzęcej (wielkopolskie, kujawsko-pomorskie, pomorskie, dolnośląskie). W regionach tych występują większe gospodarstwa, co ułatwia logistykę transportu słomy. Duża nadwyżka słomy występuje również w województwie lubelskim. Jednak, w tym regionie gospodarstwa są znacznie mniejsze. Należy podkreślić, że w skali Polski opracowana mapa potencjału słomy charakteryzowała się dużą zmiennością zasobów słomy. Zidentyfikowano na niej, że w przypadku 825 gmin (z 2171) występują znaczące deficyty słomy. Ponadto obliczono przestrzenne różnice w dostępności słomy po fazie redystrybucji, co pozwoliło na identyfikację skupisk dostępności słomy. Pięć głównych skupień nadwyżki słomy zostało określonych, jak również trzy mniejsze, które nadal są ważne ze względu na ich lokalizację.

Pozostałe prace nad potencjałem biomasy różnego omówiono w rozdziale dotyczącym pozostałych osiągnięć naukowo badawczych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo badawczych

Moje dotychczasowe prace głownie koncentrowały się w tematyce związanej z **oceną potencjału oraz skutków środowiskowych produkcji biopaliw**, poza pracami przedstawionymi jako „główne osiągnięcie naukowe" aktywnie uczestniczyłam w pisaniu prac w dużej mierze dotyczących tego zagadnienia. Łączna wartość tych publikacji według ostatniej dostępnej punktacji MNiSW wynosi: 550 punktów. Sumaryczny Impact Factor w/w publikacji wg listy Journal Citation Reports wynosi: 30,16.

1. **Borzęcka-Walker M.,** Pudełko R., 2007. Wstępne badania nad możliwością zastosowania zdjęć lotniczych do oceny przezimowania miskanta. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im H. Kołłątaja w Krakowie nr 44
2. **Borzęcka-Walker M.,** Faber A., Mizak K, Pudelko R., Syp A. (2011). Soil Carbon Sequestration Under Bioenergy Crops in Poland, Principles, Application and Assessment in Soil Science, E. Burcu Özkaraova Güngör (Ed.), ISBN: 978-953-307-740-6, InTech,
3. Syp A., Faber A., Kozyra J., Borek R., Pudełko R., **Borzęcka-Walker M.,** Jarosz Z. 2011. Modelling Impact of Climate Changes and Management Practices on Greenhouse Gas Emissions from Arable Soils. Pol.J. Environ. Stud. Vol. 20 6:1593-1602
4. Faber A., Pudełko R, Borek R, **Borzecka-Walker M.**, Syp A., Krasuska E., Mathiou P. 2012, Economic potential of perennial energy crops in Poland. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.10 (3&4): 1178 – 1182
5. Faber A., Łopatka A., Kaczyński R., Pudełko R., Kozyra J., **Borzecka-Walker M.**, Syp A. 2012. Assessment of existing soil organic carbon stocks and changes at a national and regional level in Poland Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.10 (3&4): 1210 – 1213
6. Syp A., Faber A., **Borzęcka-Walker M.** (2012). Simulation of soil organic carbon in long-term experiments in Poland using the DNDC model". Journal of Food, Agriculture & Environment Vol. 10 (3&4): 1224-1229
7. Syp A., Jarosz Z., Faber A., **Borzecka-Walker M.**, Pudelko R., (2012). Greenhouse gas emissions from winter wheat cultivation for bioethanol production in Poland. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol. 10 (3&4): 1169-1172.
8. Pudełko R., Stuczyński T., **Borzęcka-Walker M**. 2012: The suitability of an unmanned aerial vehicle (UAV) for the evaluation of experimental fields and crops. Žemdirbyste Agriculture, vol. 99, No. 4 (2012), p. 431 8211;436,

9. Syp A., Faber A., **Borzęcka-Walker M**. 2013. An assessment of biomass production potential in Poland and impacts on food security Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (3&4) : 1721-1725.
10. Krasuska E., Faber A., Pudełko R., Jarosz Z., **Borzęcka-Walker M**., Kozyra J. Syp A., 2013a. Emission saving opportunities for corn cultivation for ethanol in Poland Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (3&4) :2050-2053.
11. Krasuska E., Pudełko R., Faber A., Jarosz Z., **Borzęcka-Walker M**., Syp A., Kozyra J. Optimization and risk analysis of greenhouse gas emissions depending on yield and nitrogen rates in winter wheat cultivation Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (3&4) : 2 2 1 7 - 2 2 1 9 . 2 0 1 3b
12. Faber A., **Borzęcka-Walker M.**, Krasuska E., Jarosz Z., Pudełko R., Kozyra J., Syp A., Nieróbca A., Smagacz J. 2014. Indirect land-use change effects of biodiesel production: A case study for Poland. Journal of Food, Agriculture & Environment. Vol.12 (2) :1353-1355
13. Gerssen-Gondelach S.J., Wicke B., **Borzęcka-Walker M.,** Pudełko R., Faaij A.P.C. 2016 Bioethanol potential from miscanthus with low ILUC risk in the province of Lublin, Poland. GCB Bioenergy doi: 10.1111/gcbb.12306
14. Baker P., Chartier O., Haffner R., Heidecke L., Van Hussen K., Meindert L., Pia Oberč B., Ryszka K.(Ecorys), Capros P., De Vita A., Fragkiadakis K., Fragkos P., Paroussos L., Petropoulos A., Zazias G. (E3MLab), Ball I., Dzene I., Janssen R., Michel J., Rutz D. (WIP Renewable Energies), Lindner M., Moiseyev A., Verkerk H. (EFI), Witzke P. (Eurocare), **Walker M. (IUNG**). Research and Innovation perspective of the mid – and long-term Potential for Advanced Biofuels in Europe 2017, PDF ISBN 978-92-79-70565-6, Print ISBN 978-92-79-70572-4 doi:10.2777/37969, Luxembourg: Publications Office of the European Union. DOI: 10.2777/05471
15. Borzęcki K., Pudełko R., Kozak M., **Borzęcka M.,** Faber A. Przestrzenne rozmieszczenie odpadów drzewnych w Europie. Sylwan 162 (7): 563–571, 2018
16. Bartoli A., Hamelin L., Rozakis S., **Borzęcka M.**, Brandão M. 2019 Coupling economic and GHG emission accounting models to evaluate the sustainability of biogas policies Renewable and Sustainable Energy Reviews 106 (2019) 133–148
17. Hamelin L., **Borzęcka M**., Kozak M., Pudelko R., A spatial approach to bioeconomy: Quantifying the residual biomass potential in the EU-27. 2019, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 100: 127-142

5.1. Modelowanie

Kontynuując badania nad wykorzystaniem modelu DNDC oraz możliwości ograniczenia emisji z GHG z upraw roślin przeznaczonych na produkcję biopaliw płynnych uczestniczyłam również w analizach dotyczących kukurydzy oraz pszenicy (zał. c. 7, 10). Kukurydza oraz pszenica są głównymi surowców do produkcji etanolu w Unii Europejskiej. Konwencjonalna uprawa kukurydzy, która jest typowa dla polskich gospodarstw rolnych, gwarantuje, że etanol na bazie kukurydzy spełni wymagania standardów zrównoważonego rozwoju w zakresie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych na obecnym poziomie co najmniej o 35%. Przyszłe wymagane ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 50-60% w produkcji etanolu z kukurydzy można będzie osiągnąć w Polsce poprawiając technologię uprawy poprzez optymalizację dawki nawożenia azotem, dobór asortymentu nawozów N a także poprzez stosowanie uproszczonej uprawy lub stosując uprawę bezorkową. W przypadku pszenicy ozimej ograniczenie emisji GHG w 50% jest możliwe w przypadku stosowania nawożenie 90 kg N nie biorąc pod uwagę typu nawozu. Poprawa techniki uprawy poprzez wprowadzenie uprawy uproszczonej lub bezorkowej umożliwia ograniczenie emisji o 53-69 %.

Kolejnym etapem prac nad wykorzystaniem jednorocznych roślin energetycznych takich jak pszenica ozima była optymalizacja nawożenia azotem tych roślin w zależności od uzyskanego plonu (zał. c. 11). Załącznik V do dyrektywy RED określa standardową wielkość ograniczenia emisji gazów cieplarnianych dla danej ścieżki produkcji pszenicy wynosi 23 g CO_2 eq. MJ^{-1} wytwarzanego etanolu. Z przeprowadzonych analiz wynika, że przy nawożeniu 90-160 kg N^{-1} wielkość oszacowanego ograniczenia emisji wynosi 1,7 g CO_2 eq MJ^{-1}.

5.2. Sekwestracja węgla w glebie

Gospodarka gruntami rolnymi ma znaczący wpływ na zasoby węgla organicznego w glebie, a zrównoważone gospodarowanie może prowadzić do zwiększenia jego sekwestracji. Ważnym jest stosowanie oraz promocja praktyk wpływających korzystnie na sekwestrację węgla w glebie, takich jak przejście z systemu uprawy roli na uprawę bezorkową, włączenie roślin okrywowych do płodozmianu, wykorzystanie resztek pożniwnych. Potencjał sekwestracji węgla w Unii Europejskiej (UE) to około 90–120 Mt C / r, w USA na 75–208 Mt C / r, w Kanadzie około 24 Mt C / r, aby uzyskać ten potencjał, należy wdrożyć optymalne praktyki zarządzania gruntami (Hutchinson i in. , 2007). W pracy zał. c. 2 przedstawiono

obecną wiedzy na temat sekwestracji węgla i przedstawiono potencjał upraw bioenergetycznych do sekwestracji węgla w Polsce. Natomiast ocena istniejących zasobów węgla organicznego w glebie i zmian na poziomie krajowym i regionalnym w Polsce została przeprowadzona w pracy zał. c. 5. Często do prac modelowych wykorzystywany był model DNDC zał. c 6. Model ten wykorzystano do oceny wpływu różnych systemów uprawy na sekwestrację węgla (C) i emisję gazów cieplarnianych: metanu (CH_4) i podtlenku azotu (N_2O). Przeanalizowano dwa systemy uprawy. Pierwszy obejmował ziemniaki, pszenicę ozimą, jęczmień jary i kukurydzę pastewną (P-W-B-M). Drugi to ziemniak, pszenica ozima, jęczmień jary z mieszanką koniczyny i trawy (P-W-B-C). Wyniki analiz wskazywały na pozytywny wpływ wyższej dawki stosowanego obornika na wzrost ilości SOC, ale wystąpił negatywny wpływ wzrostu emisji N_2O.

5.3. Zmiany użytkowania gruntów (LUC)

Coraz istotniejsze znaczenie w produkcji biopaliw ma aspekt dotyczący zmian użytkowania gruntów znany również jako LUC (land use change). Zmiany użytkowania terenu można podzielić na bezpośrednie (dLUC – direct land use change) lub pośrednie (iLUC- indirect land use change). Bezpośrednie zmiany użytkowania terenu dotyczą zmiany dotychczasowego użytkowania terenu np. lasu na grunt orny przeznaczony na produkcję dodatkowego surowca na cele energetyczne. Pośrednia zmiana użytkowania terenu odnosi się między innymi do przeobrażania gruntów przeznaczonych dotychczas na inne cele żywnościowe na produkcję roślin energetycznych. Takie działania prowadzą do uwolnienia dodatkowej emisji CO_2, szczególnie jeśli przekształceniu ulegnie grunt zasobny w węgiel organiczny. Dodatkowo takie działania mogą mieć negatywny wpływ na bioróżnorodność. Według Komisji Europejskiej, proponowana wartość współczynnika dla upraw roślin oleistych wynosi 55 g CO2 eq. MJ^{-1} biopaliwa i powinny być uwzględniane przy obliczaniu emisji gazów cieplarnianych z biopaliw od 2021. W pracy zał. c. 12 przeanalizowano sześć scenariuszy redukcji GHG z lub bez sekwestracji węgla organicznego biorąc pod uwagę różne techniki uprawy. Uwzględnienie wskaźnika iLUC w produkcji biodiesla w Polsce powoduje redukcję emisji gazów cieplarnianych na niższym poziomie niż wymagane 50% począwszy od stycznia 2018. Jednak w niektórych regionach uprawy rzepaku można osiągnąć co najmniej 50% progu emisji stosując uprawę uproszczoną (małopolskie, opolskie, pomorskie i zachodniopomorskie) lub uprawę bezorkową (małopolskie, opolskie, podkarpackie, pomorskie, śląskie i zachodniopomorskie). W pracy zał. c. 13 oceniono ilość dodatkowego biopaliwa które może zostać wyprodukowane w 2020 roku biorąc pod uwagę zasady iLUC. Określono również

parametry wymagane do monitorowania ryzyka iLUC oraz możliwości wdrożenia środków łagodzących iLUC. Studium przypadku koncentruje się na produkcji bioetanolu z miskanta na lubelszczyźnie. W zależności od wydajności łańcucha produkcji bioetanolu, potencjał produkcyjny bioetanolu o niskim ryzyku iLUC waha się od 12 do 35 PJ rocznie (522 do 1479 mln litrów na rok). Sektor rolny na Lubelszczyźnie charakteryzuje się dużą liczbą małych gospodarstw w stosunku do regionów, takich jak zachodnia Polska czy Niemcy. Na Lubelszczyźnie zostało zidentyfikowanych kilka czynników, które mogłyby mieć istotny wpływ zmiany użytkowania terenu, pokrycia terenu czy roczne plony. Jednak dostępność i jakość danych niezbędnych do monitorowania jest różna dla różnych parametrów. Należy poprawić zwłaszcza dane dotyczące strat w łańcuchu dostaw żywności i niewykorzystanych terenów. Ocena środków łagodzących iLUC i potencjał produkcji bioetanolu z miskanta z niskim ryzykiem iLUC w województwie lubelskim pokazuje, że łagodzenie lub zapobieganie iLUC z bioenergii jest możliwe tylko wtedy, gdy istnieć będzie ścisłe powiązanie między sektorami rolnictwa i bioenergii. Dlatego też, zintegrowane spojrzenie na te sektory w zakresie planowania i realizacji polityki w zakresie zapobiegania iLUC jest niezbędna. Takie postępowanie pozwoli na realizację znacznego potencjału bioenergii z niskim ryzykiem powodowania iLUC przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności sektora rolnego jako całości.

5.4. Zdjęcia lotnicze

Prowadzone przeze mnie badania dotyczyły także wykorzystania zdjęć lotniczych do pozyskiwania informacji przestrzennych o środowisku. Metody przestrzenne znajdują szerokie zastosowanie w badaniach rolniczych. Ich zaletą jest to, że są to metody nieinwazyjne, szybkie i tanie oraz pozwalają na przestrzenna analizę zmienności badanego zjawiska. Moją pracę z teledetekcją rozpoczęłam jeszcze podczas trwania doktoratu. Wykorzystałam zdjęcia lotnicze do oceny przezimowania roślin miskanta (zał. c. 1). Monitorowanie upraw rolniczych może być głownie wykorzystywane w rolnictwie precyzyjnym, lub też w różnego rodzaju stacjach doświadczalnych. Pozwala ono pozyskać szczegółowe informacje na temat zmienności przestrzennej, często niewidocznej dla obserwatorów naziemnych. Zdjęcia lotnicze uzyskane na niskiej wysokości (np. dzięki platformom BSL) mogą być łączone z pomiarami naziemnymi o wysokiej rozdzielczości. Dane uzyskane z teledetekcji przetwarzane są przez system informacji geograficznej dzięki czemu możliwe jest uzyskanie map przestrzennych zmienności (zał. c. 8).

5.5. Potencjał biomasy

Potencjał biomasy został opisany jako główne osiągnięcie. Ponadto podjęto się oceny potencjału produkcji biomasy w Polsce i jego wpływu na bezpieczeństwo żywnościowe (zał. c. 9). Stwierdzono, że 79% (2020r) i 73% (2030r) powierzchni gruntów rolnych w Polsce jest niezbędnych do produkcji żywności i pasz. Wiedząc z wcześniejszych badań, że istnieje możliwość prowadzenia upraw wieloletnich roślin energetycznych na 1,59 mln ha gruntów ornych podjęto się oceny potencjału ekonomicznego tych że upraw. W Polsce powierzchnia plantacji wieloletnich osiągnęła zaledwie 10 000 ha i zaczęła się zmniejszać. Wpływ na to ma niska konkurencyjność w porównaniu z tradycyjnym rolnictwem oraz wysokie ryzyko związane z produkcją biomasy. Średnie szacowane ceny biomasy dla Polski nie powinny być niższe niż te szacowane dla Europy Zachodniej. Cena na biomasę na poziomie 6 € GJ^{-1} powinna zapewnić zaspokojenie popytu na biomasę elektrociepłowni w Polsce, które szacuje się na 4 mln ton rocznie w perspektywie 2020 roku.

Realizowałam także dodatkowe prace mające na celu uaktualnienie danych oraz modelowanie w ramach zlecenia „Research and Innovation perspective of the mid- and long-term Potential for Advanced Biofuels in Europe" zamówionego przez Komisję Europejską. Wynikiem tych prac była wydana monografia (zał. c. 14).

Zapotrzebowanie na pozyskiwanie biomasy jest coraz większe. Rośnie również świadomość społeczeństwa dotycząca odzyskiwania biomasy lub wykorzystywaniea biomasy odpadowej. W pracy zał. c. 15 oceniono przestrzenne rozmieszczenie odpadów drzewnych w Europie.

Brałam również udział w badaniach przeprowadzanych w skali Europy w ramach projektu BioBoost. W pracy (zał. b. 17) przedstawiano metodologię określenia całkowitego (teoretycznego) potencjału biomasy dla NUTS-3 w UE-27 oraz Szwajcarii. W pracy skupiano się na szacowaniu biomasy, która może zostać uznana za odpadową. Oszacowano pozostałości biomasy pochodzące z 4 głównych źródeł: i) rolnictwa (słoma, obornik, pozostałości z przycinania plantacje wieloletnich); ii) leśnictwa (pozostałości leśne); iii) zarządzania zielenią miejską (pozostałości z zagospodarowania terenów zieleni miejskiej i roślinności przydrożnej); oraz iv) odpady żywnościowe (odpady rolno-spożywcze z przemysłu spożywczego i odpady biodegradowalne komunalne). Całkowity teoretyczny potencjał biomasy z ośmiu kluczowych źródeł biomasy na poziomie NUTS-3 dla UE-27 wynosi 8500 PJ y^{-1}. Wyznaczono również regiony z najwyższą koncentracją biomasy między innymi Paryż (Francja) z 25 TJ km^{-2},

głównie ze względu na biodegradowalne odpady komunalne czy Jaen (Hiszpania), który jest głównym regionem produkującym oliwę z oliwek. Podobne regiony z wysoką koncentracją biomasy (powyżej 20 PJ y^{-1}) wyznaczono w 13 krajach: w Czechach (5 regionów), Danii (5 regionów), Hiszpanii (6 regionów), Finlandii (11 regionów), Francji (25 regionów), Węgrzech (2 regiony), Włoszech (2 regiony), Łotwie (2 regiony), Polsce (5 regionów), Rumunii (1 region), Szwecji (11 regionów), Słowacji (1 region) i Wielka Brytanii (1 region).

6. Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauk

6.1. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie JCR

Suma publikacji naukowych znajdujących się w bazie danych SCOPUS wynosi **24**

6.2 Sumaryczny impact factor

Sumaryczny Impact Factor (IF) wg bazy SCOPUS zgodny z rokiem opublikowania pracy wynosi **41.88**

6.3 Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR

Suma pkt. za monografie publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR wg wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania pracy –**194** pkt.

6.4 Liczba cytowani publikacji

Liczba cytowani publikacji według bazy SCOPUS wynosi **132**

6.5 Indeks Hirscha

Indeks Hirscha według bazy SCOPUS wynosi **7**

6.6 Liczba punktów MNiSW

Suma pkt. za publikacje wg aktualnego wykazu czasopism naukowych MNiSW **718** pkt.

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

Lp.	Rodzaj publikacji	Język	Prace po doktoracie
1	W czasopismach z Impact Factor	EN	24
2	Monografie	EN/PL	1
3	Rozdziały w monografiach	EN/PL	8/7
	Razem I		**39**
4	Raporty	EN/PL	20/1
5	Ekspertyzy	EN/PL	4
6	Referaty na konferencjach międzynarodowych	EN/PL	20/8
7	Referaty na warsztatach	EN/PL	14/4
8	Postery	EN/PL	27/4
	Razem II		**102**

Tabela 2. Zestawienie dorobku z uwzględnieniem oceny punktowej czasopism wg MNiSW oraz IF za rok publikacji.

Lp.	Tytuł czasopisma	Liczba publikacji	Liczba punktów za publikację	Sumaryczny impact faktor za rok wydania	Łączna liczba punktów
A.	*Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC)*				
1	Pol.J. Environ. Stud.	2	15	1,38	30
2	Journal of Food, Agriculture & Environment JFAE	15	13-15	6,16	224
3	Žemdirbyste Agriculture	1	20	0,57	20
4	Biomass and Bioenergy	1	40	3,41	40
5	Int J Life Cycle Assess	1	40	3,09	40
6	GCB Bioenergy	1	45	4,88	45
7	Sylwan	1	15	0,62	15
8	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2	45	20.18	90
	Razem A	24		41,88	504
B.	*Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie, o której mowa w pkt. A*				
1	Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)	1	6	-	6
2	Post. Nauk Rol.	1	6	-	6
3	Journal of Food, Agriculture & Environment	1	10	-	10
4	Rozdziały w monogrfi w języku polskim	7	2-8	-	34
5	Rozdziały w monogrfi w języku angielskim	8	1-10	-	33
6	Autorstwo monografii naukowej	1	125	2	125
Razem B		18			214
Razem A+B		42		41,88	718