

Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

dr Paweł Wiśniewski

Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska

Instytut Geografii, Wydział Oceanografii i Geografii

Uniwersytet Gdański

Gdańsk, marzec 2019 r.

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko:

Paweł Wiśniewski

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

- 2005 – magister geografii, specjalność: geografia fizyczna z ochroną krajobrazów, Akademia Bydgoska im. Kazimierza Wielkiego, Wydział Matematyki, Techniki i Nauk Przyrodniczych, Instytut Geografii. Tytuł pracy magisterskiej: *Wybrane problemy presji antropogenicznej w gminie Nakło nad Notecią*, opiekun: dr Roman Dysarz.
- 2005 – studia podyplomowe z zakresu oligofrenopedagogiki, Gnieźnieńska Wyższa Szkoła Humanistyczno-Menedżerska MILENIUM w Gnieźnie.
- 2009 – studia podyplomowe z zakresu informatyki i technologii informacyjnej w szkole, Dolnośląska Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Techniki w Polkowicach.
- 2012 – doktor nauk rolniczych w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Przeciwerozryjna funkcja lasów glebochronnych na przykładzie obszarów zarządzanych przez RDLP w Toruniu*, promotor w przewodzie doktorskim: dr hab. inż. Mieczysław Wojtasik, prof. UKW, recenzenci: prof. dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, dr hab. Jan Paluszek, prof. UP w Lublinie.
- 2013 – kurs kwalifikacyjny "Organizacja i zarządzanie oświatą", Bydgoski Zakład Doskonalenia Zawodowego Centrum Kształcenia Kadr w Bydgoszczy.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 2006-2010 – Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Instytut Geografii – nauczyciel akademicki (umowa zlecenie), prowadzenie zajęć z przyrodniczych podstaw zrównoważonego rozwoju (ćwiczenia), gleboznawstwa (ćwiczenia i zajęcia terenowe), hydrologii i limnologii (ćwiczenia)
- od 2013 – Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska – adiunkt

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. 2017 r. poz. 1789 ze zm. w Dz. U. 2018 poz. 1669)

a) tytuł osiągnięcia naukowego

Rolnictwo i obszary wiejskie w planowaniu gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym w Polsce

b) lista publikacji (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy)

Osiągnięcie naukowe będące podstawą złożenia wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego stanowi cykl dziewięciu recenzowanych publikacji naukowych (oznaczonych od [A1] do [A9]), powiązanych tematycznie, opracowanych po uzyskaniu stopnia doktora, opublikowanych w ostatnich czterech latach (2016-2019). Sześć z nich ([A2], [A4], [A5], [A6], [A8] i [A9]) zostało wydanych w czasopismach naukowych posiadających współczynnik wpływu *Impact Factor* (IF), znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports (JCR)*, natomiast trzy ([A1], [A3] i [A7]) zostały wydane w czasopismach znajdujących się w części B wykazu czasopism naukowych MNiSW (wg ostatniego wykazu z 2017 r.). Dwie publikacje są jednoautorskie, w siedmiu jestem pierwszym autorem. Mój wkład w ich powstanie został określony w załączniku nr 3 i jest zgodny z oświadczeniami współautora (załącznik nr 5). Siedem artykułów ([A1], [A2], [A3], [A4], [A5], [A8], [A9]) zostało opublikowanych w języku angielskim, dwa ([A6], [A7]) w języku polskim.

Przedstawiony poniżej wykaz artykułów, stanowiący osiągnięcie naukowe będące podstawą złożenia wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, został uszeregowany według dat ich wydania. Ze względu na różny czas trwania procesu wydawniczego w poszczególnych czasopismach, kolejność ta różni się od kolejności składania prac do publikacji.

[A1] Wiśniewski P., Kistowski M., 2016. Local low carbon economy plans in the context of low carbon rural development. *Journal of Ecological Engineering*, 17(4), 112-119. <https://doi.org/10.12911/22998993/63960>

12 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.)

[A2] Wiśniewski P., Kistowski M., 2017. Agriculture and rural areas in the local planning of low carbon economy in light of the idea of sustainable development – results from a case study in north-central Poland. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(8), 4927-4935.

15 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.); IF = 0.673; IF_{5-letni} = 0.611

[A3] Wiśniewski P., Kistowski M., 2017. The use of agricultural soils as a source of nitrous oxide emission in selected communes of Poland. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, 13, 39-49. <http://dx.doi.org/10.1515/bgeo-2017-0012>

13 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.)

[A4] Wiśniewski P., Kistowski M., 2017. Carbon Footprint as a Tool for Local Planning of Low Carbon Economy in Poland. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 19, 335-354.

15 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.); IF = 0.899; IF_{5-letni} = 0.685

[A5] Wiśniewski P., Kistowski M., 2018. Assessment of greenhouse gas emissions from agricultural sources in order to plan for needs of low carbon economy at local level in Poland. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 118(2), 123-136. <https://doi.org/10.1080/00167223.2018.1436447>

25 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.); IF = 1.100; IF_{5-letni} = 1.247

[A6] Wiśniewski P., 2018. Ocena wielkości emisji gazów cieplarnianych ze źródeł rolniczych na poziomie lokalnym w Polsce. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 20, 1811-1829.

15 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.); IF = 0.899; IF_{5-letni} = 0.685

[A7] Wiśniewski P., Kistowski M., 2018. Znaczenie problematyki obszarów wiejskich oraz rolnictwa w celach i kierunkach rozwoju gospodarki niskoemisyjnej na poziomie gminnym. *Studia Obszarów Wiejskich*, 50, 49-64. <https://doi.org/10.7163/SOW.50.3>

12 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.)

[A8] Wiśniewski P., Kistowski M., 2019. Local-level agricultural greenhouse gas emissions in Poland. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(3), 2255-2268.

15 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.), IF = 0.673; IF_{5-letni} = 0.611

[A9] Wiśniewski P., 2019. Assessment of nitrous oxide emissions from agricultural soils at local level in Poland. *International Agrophysics*, w druku, manuskrypt z listem decyzyjnym. <https://doi.org/10.31545/intagr/105530>

25 pkt MNiSW (wg wykazu z 2017 r.); IF=1.242; IF_{5-letni} = 1.267

Sumaryczne wskaźniki osiągnięcia naukowego (**[A1]** - **[A9]**):

147 pkt wg MNiSW (wg wykazu z 2017 r.); IF = 5.486

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

Wprowadzenie

Przejsie na gospodarke przyjazna dla srodowiska, pozwalajaca na redukcje emisji gazow cieplarnianych (GHG) – w swietle postepujacych zmian klimatu – jest jednym z najwazniejszych wyzwan gospodarczych i srodowiskowych wspolczesnego swiata. Rozwoj zasobooszczednej, "zielonej" i konkurencyjnej gospodarki niskoemisyjnej, okreslanej rowniez jako gospodarka niskoweglowa, jest jednym z dziewieciu priorytetowych celow przyjetego przez Parlament Europejski i Rade UE *Siódmego ogólnego unijnego programu dzialan w zakresie srodowiska naturalnego do 2020 roku* (EU 2014). Jest on takze zbiezny z zalozeniami i priorytetami strategii *Europa 2020 na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu* (EU 2010). Rozwoj takiej gospodarki stal się glównym celem – przyjetego przez Ministerstwo Gospodarki w 2015 roku – projektu *Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej (NPRGN)*. Niestety, prace nad ostatecznym przyjeciem tego projektu zostaly w 2016 r. zahamowane i obecnie jego status nie jest do konca jasny, a czesc zawartych w nim obszarow dzialan i ustalen zostala przeniesiona do *Strategii na rzecz odpowiedzialnego rozwoju* (Bach i in. 2016; Ministerstwo Rozwoju 2016).

Skuteczna transformacja w kierunku gospodarki niskoemisyjnej w Polsce, chociaz nie pozbawiona kosztow i trudnosci, jest mozliwa do osiagniecia w oparciu o kompleksowe i skoordynowane dzialania ze strony centralnej i wojewodzkiej administracji publicznej. Wymaga ona jednak takze planowania i wdrazania odpowiednich rozwiazan na poziomie lokalnym. Stosunkowo nowym narzedziem planowania niskoweglowego rozwoju lokalnych wspolnot samorzadowych sa gminne plany gospodarki niskoemisyjnej (PGN). Sa to dokumenty strategiczne wspierajace pozyskiwanie i efektywne wydatkowanie funduszy unijnych oraz przyczyniajace sie m.in. do redukcji zuzycia energii finalnej poprzez podniesienie efektywnosci energetycznej, a takze do poprawy jakosci powietrza na obszarach, gdzie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych poziomow stezen. Sa one odpowiednikiem *planow dzialan na rzecz zrównoważonej energii (SEAP)* – kluczowych dokumentow opracowywanych przez sygnatariuszy Porozumienia Burmistrzow w sprawie Klimatu i Energii, stanowiacego inicjatywe Komisji Europejskiej angazujaca wladze lokalne i obywateli w dzialania na rzecz zwiekszenia efektywnosci energetycznej i wykorzystania odnawialnych zrodel energii. Ujete w PGN zadania powinny rowniez koncentrowac sie na efektywnym wykorzystaniu zasobow oraz dzialaniach niskoemisyjnych sluzacych poprawie

efektywności energetycznej i wykorzystaniu OZE we wszystkich sektorach gospodarki, przy współdziałaniu podmiotów będących producentami oraz odbiorcami energii, mieszkańców, lokalnych władz, stowarzyszeń i instytucji.

Istotny element w lokalnym kształtowaniu gospodarki niskoemisyjnej oraz jeden z kluczowych obszarów aktywności w gminnych planach na rzecz jej rozwoju, powinny stanowić obszary wiejskie i związana z nimi działalność rolnicza (Karaczun i Wójcik 2009; EU 2010; Pandey i Agrawal 2014; Gradziuk i Gradziuk 2016; Żukowska i in. 2016). Wynika to choćby z udziału rolnictwa w całkowitej emisji GHG w Polsce, wynoszącego ok. 8%. Sektor ten jest źródłem 29.6% krajowej emisji metanu i 77.6% emisji podtlenku azotu (KOBiZE 2018). Za włączeniem terenów wiejskich do lokalnego planowania gospodarki niskoemisyjnej przemawia także duży potencjał tych obszarów w zakresie możliwości wykorzystania ich zasobów w celu zwiększenia sekwestracji węgla w biomasie i glebie, ograniczenia emisji GHG, a także wykorzystania działalności rolniczej i przetwórstwa rolno-spożywczego wraz z biomasą drzewną do rozwoju energetyki odnawialnej, w tym do produkcji biogazu i biopaliw (Głębocki i Świdorski 2007; Bański 2010, 2016; Kundzewicz i Kozyra 2011; Rogulska i in. 2011; Colomb i in. 2013; Lugato i in. 2015; Nayak i in. 2015; Kokoszka 2016; Feliciano i in. 2017; Goździewicz-Biechońska 2017; Góral i Rembisz 2017; Peter i in. 2017; Vetter i in. 2017; Faber i Jarosz 2018; Verschuuren 2018). Nie ulega również wątpliwości, że gospodarka niskoemisyjna – określana jako podstawowy element zrównoważonego rozwoju (Węglarz i in. 2015; Pietrzyk-Sokulska i in. 2016) – w odniesieniu do obszarów wiejskich nabiera szczególnego znaczenia, także ze względu na potrzebę uwzględnienia priorytetowej roli środowiska przyrodniczego w realizacji funkcji produkcyjnej oraz strategicznych celów rozwojowych tych obszarów (Kistowski 2009; Sobczyk 2014; Żmija 2014; Ammirato i in. 2017; Haider i in. 2018). W koncepcji ekorozwoju mieszczą się bowiem działania, których celem jest poprawa warunków prowadzenia działalności gospodarczej i życia na wsi, przy jednoczesnym nienaruszaniu jej specyficznych zasobów, do których zaliczyć należy walory środowiska przyrodniczego, krajobraz, tradycje i dziedzictwo kulturowe. Podejście to uwzględnia zarówno prawa przyrody, jak i ekonomii dzięki przestrzeganiu w działaniach gospodarczych obranego kierunku rozwoju, dostosowanego do istniejących uwarunkowań przyrodniczych, a także potrzeb i woli lokalnych społeczności oraz standardów ochrony środowiska (Urban 2003; Roszkowska-Mądra 2009).

Motywację do podjęcia badań nad problematyką rolnictwa oraz terenów wiejskich w kształtowaniu gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym w Polsce, a także wskazania działań w tych obszarach, umożliwiających ograniczenie emisji GHG i poprawę zdolności

pochłaniania CO₂, stanowiły m.in. wyniki prowadzonych przeze mnie prac (jako członka zespołu prowadzącego i eksperckiego) nad *Pilotażowym programem niskowęglowego rozwoju powiatu starogardzkiego*, realizowanym w latach 2014-2015 w ramach projektu "Dobry klimat dla powiatów" przez Instytut na rzecz Ekorozwoju, Związek Powiatów Polskich oraz Community Energy Plus we współpracy ze społeczeństwem, władzami i instytucjami powiatu starogardzkiego (Fundacja... 2015; Wiśniewski 2015). Prace nad tym projektem, a także liczne uwagi przedstawicieli jednostek samorządu terytorialnego i naukowców, zgłaszane podczas konferencji naukowych, wskazywały na niedostateczną jakość PGN przyjmowanych przez polskie samorządy i marginalne traktowanie w nich rolnictwa i obszarów wiejskich.

Cel naukowy badań, osiągnięte wyniki i możliwości ich wykorzystania

W świetle opisanych we wprowadzeniu uwarunkowań oraz doświadczeń badawczych, uznałem, że istnieje pilna potrzeba podjęcia kompleksowych badań nad problematyką obszarów wiejskich oraz rolnictwa w planowaniu i kształtowaniu gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym w Polsce. Jako kluczowe cele badawcze prac stanowiących osiągnięcie naukowe, przyjęto:

1. Analizę i ocenę poziomu uwzględnienia problematyki rolnictwa i obszarów wiejskich w planach gospodarki niskoemisyjnej, przyjmowanych przez samorządy gminne w Polsce.
2. Wypracowanie modelowego rozwiązania skutecznego włączenia rolnictwa i obszarów wiejskich do lokalnego planowania gospodarki niskoemisyjnej.
3. Rozpoznanie oraz analizę stosowanych przez samorządy gminne metod obliczeń śladu węglowego z rolnictwa na potrzeby planowania i zarządzania niskoemisyjnym rozwojem, wraz z oceną ich skuteczności.
4. Wykonanie obliczeń i analiz przestrzennych szacunkowej emisji GHG ze źródeł rolniczych (ze szczególnym uwzględnieniem użytkowania gleb rolnych) dla gmin w Polsce, jako narzędzia wspierającego planowanie gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym.

Ad 1. Analiza i ocena poziomu uwzględnienia problematyki rolnictwa i obszarów wiejskich w planach gospodarki niskoemisyjnej, przyjmowanych przez samorządy gminne w Polsce

W pracy [A1] dokonano wstępnej analizy 20 planów gospodarki niskoemisyjnej, przyjętych do realizacji przez gminy wiejskie o typowo rolniczym charakterze, reprezentujące różne regiony Polski. Analizie i ocenie poddano stopień oraz zakres uwzględnienia problematyki rolnictwa i terenów wiejskich w celach strategicznych i szczegółowych oraz

priorytetowych kierunkach rozwoju niskoemisyjnego gmin. Oceniono także stopień i zakres przełożenia przyjętych celów – zgodnie z zasadami planowania strategicznego – na konkretne działania, terminy, zasoby rzeczowe, finansowe i ludzkie, a także osoby lub jednostki odpowiedzialne za ich realizację i wskaźniki monitorowania skuteczności wdrażania planowanych zadań. W odniesieniu do każdego z ww. aspektów oceniono – jeśli został on uwzględniony w PGN – czy dokonano tego w dostatecznie szerokim zakresie, czy też w stopniu niewystarczającym. Podjęto również próbę orientacyjnej sumarycznej oceny stopnia uwzględnienia problematyki rolnictwa i terenów wiejskich w badanych planach gospodarki niskoemisyjnej, przy wykorzystaniu metody bonitacyjnej. Przeprowadzona analiza wykazała, że w większości badanych dokumentów, w proponowanych celach strategicznych i priorytetowych kierunkach rozwoju niskoemisyjnego w obszarze rolnictwa i terenów wiejskich ograniczono się jedynie do działań prowadzących do zwiększenia wykorzystania biomasy w produkcji energii elektrycznej i ciepła oraz rozwoju upraw roślin energetycznych. Zwrócono uwagę na pomijanie rolnictwa i terenów wiejskich w diagnozie lokalnych uwarunkowań oraz bazowej inwentaryzacji emisji GHG, a także nieuwzględnianie planowanych działań w harmonogramach realizacyjnych. W żadnym z analizowanych planów nie wskazano jednostek bezpośrednio odpowiedzialnych za realizację określonych zadań. W większości przypadków nie określono także źródeł finansowania działań i metod monitorowania skuteczności ich wdrażania.

Wyniki badań opublikowane w pracy **[A1]** zostały zaprezentowane podczas XXI Międzynarodowej Konferencji Naukowej ENVIRO 2016 „Problemy ochrony i kształtowania środowiska”, zorganizowanej w dniach 01-02 czerwca 2016 r. przez Katedrę Melioracji i Kształtowania Środowiska UR w Krakowie, Katedrę Krajinného Plánovania a Pozemkových Uprav SPU v Nitre, Komitet Melioracji i Inżynierii Środowiska Rolniczego PAN oraz Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych, Oddział w Krakowie. Stały się także przyczynkiem do przeprowadzenia szerszej analizy, obejmującej nie tylko gminy wiejskie. Jej wyniki zostały zaprezentowane w pracy **[A7]**, gdzie materiał badawczy stanowiło 48 wybranych planów gospodarki niskoemisyjnej, sporządzonych w latach 2014-2016 dla gmin wiejskich, miejsko-wiejskich i miejskich (po jednej w każdej z tych grup w 16 województwach). Ze względu na cel badań przyjęto, że niezależnie od typu gminy, udział użytków rolnych w jej powierzchni nie powinien być niższy niż 25%, a łącznie z gruntami leśnymi powinny one zajmować nie mniej niż 50% powierzchni gmin. Kryterium to w części odzwierciedla funkcje realizowane w przestrzeni gmin, które wpływają na generowaną wielkość emisji GHG. Na podstawie danych BDL GUS z 2014 r. dotyczących powierzchni

geodezyjnej kraju według kierunków wykorzystania, stwierdzono, że kryterium to spełnia 2298 gmin (92,7%), zajmujących 93.7% terytorium państwa. Wybrane gminy łącznie zajmują 6200 km² (niespełna 2% powierzchni kraju oraz 2.1% obszaru gmin spełniających przyjęte kryteria) i są zamieszkałe przez 1149 tys. osób (3% populacji Polski). Kompleksowa ocena stopnia uwzględnienia problematyki rolnictwa i terenów wiejskich w badanych PGN, przeprowadzona przy wykorzystaniu metody bonitacyjnej, z zastosowaniem zmodyfikowanego rozwiązania, wcześniej stosowanego w pracy [A1] w odniesieniu do wybranych gmin wiejskich, wskazała na jego słaby poziom. Zaledwie w sześciu z 48 badanych dokumentów uwzględniono ją w stopniu wysokim, a tylko w jednym – w stopniu bardzo wysokim. Do słabych stron planowania gospodarki niskoemisyjnej zaliczyć należy pomijanie rolnictwa i terenów wiejskich w diagnozie lokalnych uwarunkowań gmin, w tym w bazowej inwentaryzacji emisji gazów cieplarnianych, stanowiącej istotny element takiej diagnozy i punkt odniesienia dla przyjętych kierunków rozwoju niskoemisyjnego lokalnych wspólnot samorządowych. W większości badanych PGN dokonano jedynie ogólnej oceny stanu rolniczej przestrzeni produkcyjnej, skupiając się przede wszystkim na strukturze użytkowania gruntów (w 28 dokumentach), zasobach i strukturze użytków rolnych (kolejno w 38 i 26 planach) oraz liczbie podmiotów gospodarczych zajmujących się rolnictwem, leśnictwem, łowiectwem i rybactwem (w 25 PGN). Na przykład w częściach diagnostycznych planów gospodarki niskoemisyjnej przyjętych przez typowo rolnicze gminy Karczmiska i Bestwina, ograniczono się jedynie do oceny powierzchni użytków rolnych i gruntów leśnych lub bonitacji gleb i struktury zasiewów. Z kolei w dokumentach dla gminy miejsko-wiejskiej Biłgoraj, w której 55% powierzchni stanowią użytki rolne, a także dla miasta Nowy Targ z 48% udziałem użytków rolnych i 36% użytków leśnych, sektor rolniczy został całkowicie pominięty w diagnozie lokalnych uwarunkowań. Takie podejście utrudnia lub wręcz uniemożliwia dokonanie pełnej diagnozy sytuacji rolnictwa i obszarów wiejskich w aspekcie możliwości niskowęglowego rozwoju oraz adaptacji do zmian klimatu. Tymczasem – jak wskazują Nazarko i in. (2013) – etap diagnozy w planowaniu strategicznym powinien polegać na identyfikacji właściwości danego obszaru, a także aktywnych i potencjalnych czynników zewnętrznych mających lub mogących mieć wpływ na te właściwości. Punktem wyjścia do ustalenia właściwych celów i opracowania odpowiedniego planu działań na rzecz niskowęglowego rozwoju gmin oraz monitoringu jego wdrażania, powinna być zatem szczegółowa ocena aktualnego stanu (lokalnych uwarunkowań).

Planowanie strategiczne w gminie – w tym dotyczące gospodarki niskoemisyjnej – wymaga jednoznacznego określenia celów wynikających z określonej misji i wizji lokalnego

samorządu. Powinny one mieć przełożenie na konkretne zadania do wykonania, dla których określa się terminy, zasoby rzeczowe, finansowe i ludzkie oraz osoby lub jednostki odpowiedzialne za ich realizację (Szot-Gabryś i Sienkiewicz 2003). Z przeprowadzonego w pracy [A7] rozpoznania celów, działań i zadań określonych w badanych planach gospodarki niskoemisyjnej wynika, że w obszarze rolnictwa i terenów wiejskich ograniczają się one niemal wyłącznie do zwiększenia wykorzystania biomasy w produkcji energii elektrycznej i ciepła, rozwoju upraw roślin energetycznych, zwiększenia powierzchni terenów zieleni oraz wprowadzania zadrzewień i zakrzewień. Jedynie w pięciu spośród 48 badanych planów gospodarki niskoemisyjnej (10.4%) sformułowano cele, które mogą bezpośrednio odnosić się do rolnictwa i obszarów wiejskich. Obejmują one: wspieranie podmiotów prywatnych w produkcji biomasy, zwiększenie ilości CO₂ pochłanianego przez drzewa i krzewy, modernizację i wymianę lokalnych źródeł ciepła na kotły do spalania biomasy, wzrost zastosowania OZE w produkcji energii elektrycznej w sektorze rolnym i wykorzystanie energii z biogazu. Konkretnie działania służące niskowęglowemu rozwojowi rolnictwa i obszarów wiejskich (obejmujące głównie budowę biogazowni, rozwój indywidualnych źródeł ciepła w oparciu o kotły do spalania biomasy i małych instalacji OZE w gospodarstwach rolnych oraz zwiększenie powierzchni i pielęgnację istniejących terenów zieleni) ujęto jedynie w 14 spośród 48 badanych PGN. Ponadto nie dla wszystkich zadań wskazano jednostki bezpośrednio odpowiedzialne za ich realizację. W większości przypadków nie określono także źródeł finansowania i metod monitorowania ich skuteczności. Szczegółowa charakterystyka oraz kompleksowa ocena struktury, treści i cech formalnych gminnych planów gospodarki niskoemisyjnej, z uwzględnieniem wszystkich sektorów gospodarki, przedstawione zostały w monografii mojego współautorstwa (Kistowski i Wiśniewski 2017).

Wyniki badań opublikowane w pracy [A7] zostały zaprezentowane podczas Konferencji Naukowej „Kształtowanie przestrzeni wiejskiej”, zorganizowanej w dniach 7-8 grudnia 2017 r. przez Katedrę Gospodarki Nieruchomościami i Rozwoju Regionalnego UWM, Towarzystwo Rozwoju Obszarów Wiejskich i Centrum Rozwoju Obszarów Wiejskich UWM w Olsztynie.

Ad 2. Wypracowanie modelowego rozwiązania skutecznego włączenia rolnictwa i obszarów wiejskich do lokalnego planowania gospodarki niskoemisyjnej

Opisane w pracach [A1] i [A7] marginalne traktowanie rolnictwa i terenów wiejskich w planowaniu gospodarki niskoemisyjnej wynika zapewne z powszechnego wzorowania się przez lokalne samorządy, podczas tworzenia PGN, na zaleceniach zawartych w załączniku nr 9 do Regulaminu Konkursu nr 2/POIiŚ/9.3/2013 ogłoszonego przez NFOŚiGW na projekty

dotyczące termomodernizacji obiektów użyteczności publicznej i sporządzenia planów gospodarki niskoemisyjnej, a także wytycznych Porozumienia Burmistrzów w sprawie Klimatu i Energii. W zaleceniach tych rolnictwo nie jest wymieniane wśród sektorów, które należy obligatoryjnie uwzględnić w bazowej inwentaryzacji emisji i planowaniu zadań inwestycyjnych służących niskoemisyjnemu rozwojowi. Wydaje się jednak, że – choćby ze względu na znaczny udział w całkowitej emisji GHG oraz wrażliwość na zmiany klimatu – tereny wiejskie i związana z nimi działalność rolnicza powinny stanowić istotny obszar aktywności w zakresie kształtowania gospodarki niskoemisyjnej. Konieczne jest zatem szersze ujęcie rolnictwa i obszarów wiejskich w lokalnych planach gospodarki niskoemisyjnej, ze wskazaniem zasad ich funkcjonowania oraz głównych kierunków rozwoju niskowęglowego terenów wiejskich danej gminy, a także kluczowych potrzeb inwestycyjnych, działań miękkich i instytucjonalnych, źródeł finansowania i odpowiednio dobranych wskaźników dla potrzeb przyszłego monitorowania stopnia ich realizacji.

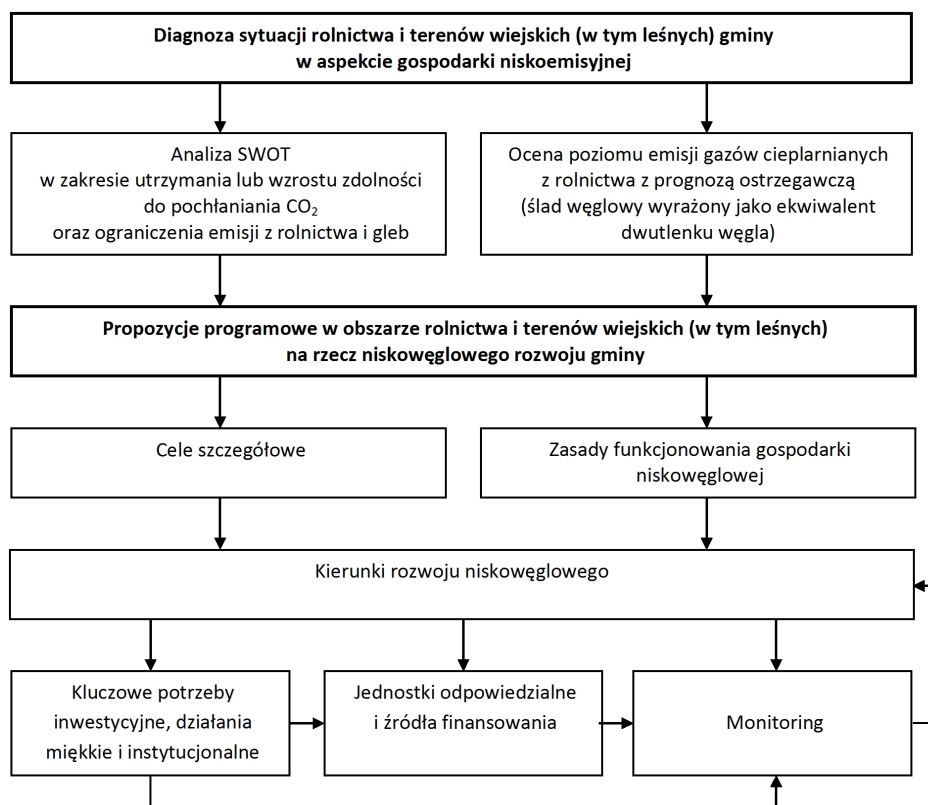
W pracy **[A2]** przedstawione zostały propozycje, mogące stanowić modelowe rozwiązanie ujęcia rolnictwa i obszarów wiejskich w planowaniu gospodarki niskoemisyjnej przez jednostki samorządu terytorialnego (ryc. 1). Są one, m.in. efektem moich badań i analiz przeprowadzonych podczas prac nad wspomnianym wcześniej *Pilotażowym programem niskowęglowego rozwoju powiatu starogardzkiego*. Wyniki prac nad tym programem, ze względu na regionalne zróżnicowanie struktur wiejskich i rolniczych w Polsce (Bański 2010), nie powinny być uogólniane na skalę ogólnokrajową. Mając jednak na uwadze typowo rolniczo-leśny charakter analizowanego obszaru, położonego w południowej części województwa pomorskiego, są one reprezentatywne dla większości terenów wiejskich znajdujących się w niżowej części kraju.

Zgodnie z zaproponowanym modelem, planowanie przez jednostki samorządu terytorialnego rozwoju gospodarki niskoemisyjnej powinno uwzględniać specyfikę lokalnych uwarunkowań. W celu właściwej diagnozy sytuacji rolnictwa i obszarów wiejskich gmin w aspekcie gospodarki niskoemisyjnej, wskazane jest określenie mocnych i słabych stron oraz szans i zagrożeń (analiza SWOT) w dwóch kluczowych elementach, do jakich zaliczyć należy utrzymanie lub wzrost zdolności do pochłaniania CO₂ oraz ograniczenie emisji GHG z rolnictwa i gleb. Istotny element diagnozy lokalnych uwarunkowań oraz punkt odniesienia dla przyjętych kierunków rozwoju niskoemisyjnego gmin powinna stanowić odpowiednio przeprowadzona bazowa inwentaryzacja emisji GHG. Wyniki analizy SWOT zaprezentowane w pracy **[A2]** wskazują na duży potencjał rolnictwa i obszarów wiejskich (w tym leśnych) w Polsce w zakresie możliwości wykorzystania ich zasobów w celu zwiększenia sekwestracji

węgla w biomacie i glebie, ograniczenia emisji GHG, a także wykorzystania działalności rolniczej i przetwórstwa rolno-spożywczego wraz z biomasą drzewną do rozwoju energetyki odnawialnej, w tym do produkcji biogazu i biopaliw. W świetle przeprowadzonej oceny mocnych i słabych stron w zakresie możliwości utrzymania lub wzrostu zdolności do pochłaniania CO₂ oraz ograniczenia emisji z terenów wiejskich i związanej z nimi działalności rolniczej, największym potencjałem w tym zakresie charakteryzują się województwa: zachodniopomorskie, warmińsko-mazurskie, podlaskie, wielkopolskie i lubuskie. Potencjał ten, oparty przede wszystkim na dużych zasobach użytków rolnych i gruntów leśnych, powinien być kształtowany i wzbogacany poprzez wdrożenie odpowiednich zasad funkcjonowania oraz kierunków rozwoju gospodarki niskowęglowej na obszarach wiejskich. Aby wykorzystać ten potencjał, należy dążyć do identyfikacji i eliminacji słabych stron oraz potencjalnych zagrożeń utrudniających utrzymanie lub wzrost zdolności do pochłaniania CO₂ oraz ograniczenie emisji GHG z rolnictwa i gleb, przy jednoczesnej realizacji wizji gospodarki niskoemisyjnej na tych obszarach.

Wśród wskazanych w pracy **[A2]** słabych stron i zagrożeń w zakresie możliwości utrzymania lub wzrostu zdolności do pochłaniania CO₂ oraz ograniczenia emisji GHG z rolnictwa i gleb, które należy złagodzić, są m.in.: duży udział gleb ornych słabych i najslabszych, okresowo lub stale suchych, o niskiej produktywności, ubogich w materię organiczną, co ogranicza możliwość pochłaniania CO₂ (Skłodowski i Bielska 2009); duży udział gleb zakwaszonych, o małej zdolności retencyjnej i niskiej zawartości próchnicy; spadek znaczenia uprawy roślin wieloletnich, pozostawiających dużą ilość biomasy w postaci resztek roślinnych oraz poprawiających bilans azotu w glebie (Gaweł 2011; Kozłowski i in. 2011); niski poziom stabilności ekologicznej powierzchni ziemi w Polsce (Harasim 2015); funkcjonujący (zwłaszcza na gruntach po byłych PGR-ach) system gospodarki wielkoobszarowej z monokulturami roślin i uproszczonym płodozmianem oraz prowadzona często w niewłaściwy sposób agrotechnika, wyzwalające procesy erozyjne, które przyczyniają się do zmniejszenia zawartości glebowej materii organicznej i zbyt słabego wiązania (sekwestracji) węgla w glebie (Koćmit 1998; Wojtasik i in. 2008; Nadeu i in. 2015); wzrost ryzyka wystąpienia suszy rolniczej (Kundzewicz 2008; Łabędzki i Bąk 2014; Somorowska 2016); nasilenie się czynników stresowych oddziałujących na uprawy i środowisko leśne, w szczególności występujących coraz częściej w Polsce anomalii pogodowych oraz zjawisk ekstremalnych (Stuczyński i in. 2000; Kundzewicz i Matczak 2012; Jaworski i Hilszczański 2013; Bojar i in. 2014); wzrost zużycia nawozów azotowych fizjologicznie kwaśnych; monokulturowa dominacja sosny, która spowodowała uproszczenie i zubożenie

drzewostanów oraz często ich niezgodność z siedliskiem (Matuszkiewicz i in. 2013; Łaska 2014).



Ryc. 1. Modelowe rozwiązanie włączenia rolnictwa i obszarów wiejskich do lokalnego planowania gospodarki niskoemisyjnej

Uwzględnivszy wyniki przeprowadzonej diagnozy, w pracy [A2] przedstawiono także konkretne propozycje programowe, określając cele szczegółowe, zasady funkcjonowania gospodarki niskoemisyjnej oraz główne kierunki rozwoju niskowęglowego obszarów wiejskich. Wskazano kluczowe potrzeby inwestycyjne, działania miękkie i instytucjonalne oraz źródła finansowania i sposoby monitorowania planowanych działań. Podstawową rolę w tym monitoringu powinny pełnić przyjęte w PGN mierniki, pogrupowane przy zastosowaniu powszechnie wykorzystywanej koncepcji podziału mierników środowiskowych na trzy grupy funkcjonalne: presji na środowisko, jakości (stanu środowiska) oraz reakcji na problemy sozologiczne, przejawiającej się działaniami w zakresie ochrony środowiska (Borys 2005; Kistowski 2006). W pracy [A2] przedstawiono przykłady podstawowych mierników, które powinny być traktowane jako zakres minimum w celu skutecznego prowadzenia monitoringu emisji zanieczyszczeń pochodzących z produkcji roślinnej i zwierzęcej, stanu środowiska oraz skuteczności realizacji kierunków rozwoju niskowęglowego na obszarach wiejskich.

Wyniki badań opublikowane w pracy [A2] zostały zaprezentowane podczas Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Dresden Nexus Conference: Water, Soil and Waste”, zorganizowanej w dniach 17-19 maja 2017 r. przez United Nations University Integrated Management of Material Fluxes and of Resources (UNU-FLORES), Technische Universität Dresden oraz Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development (IOER) w Dreźnie.

Ad 3. Rozpoznanie oraz analiza stosowanych przez samorządy gminne metod obliczeń śladu węglowego z rolnictwa na potrzeby planowania i zarządzania niskoemisyjnym rozwojem, wraz z oceną ich skuteczności

Określenie wizji rozwoju lokalnych samorządów w kierunku gospodarki niskoemisyjnej w przyjmowanych PGN powinno być poprzedzone diagnozą lokalnych uwarunkowań, której istotnym elementem powinna być ocena poziomu emisji GHG. Popularnym i obiecującym narzędziem do szacowania wielkości emisji wywołanej działalnością człowieka, a także ważnym instrumentem w kreowaniu zachowań proekologicznych, stał się w ostatnich latach ślad węglowy. Znalazł on także zastosowanie w planowaniu i zarządzaniu gospodarką niskoemisyjną (Finkbeiner 2009; Ercin i Hoekstra 2012; Pandey i Agrawal 2014; Fantozzi i Bartocci 2016; Ibidhi i in. 2017). Mimo powszechnego zastosowania, brak jest jednak jednolitej, obowiązującej na całym świecie definicji śladu węglowego, różne są także metody jego szacowania (Hammond 2007; Wiedmann i Minx 2008; Wang i in. 2013; Fang i in. 2014). Utrudnia to skuteczne stosowanie tego narzędzia w analizach ilościowych emisji GHG, łagodzeniu skutków globalnego ocieplenia i adaptacji poszczególnych sektorów oraz obszarów wrażliwych na zmiany.

W dokumentach planistycznych i programowych, ślad węglowy jest najczęściej traktowany jako synonim emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych (w tym N₂O i CH₄), wytwarzanych bezpośrednio i pośrednio wskutek działalności człowieka, wyrażonych jako ekwiwalent dwutlenku węgla (CO₂eq) (Patel 2006; POST 2006; Carbon Trust 2007; Pandey i in. 2011). Takie podejście ma także zastosowanie w pracy [A4], w której wraz z prof. M. Kistowskim dokonaliśmy oceny roli i znaczenia śladu węglowego jako narzędzia w planowaniu gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym w Polsce, a także wskazaliśmy niezbędne do wprowadzenia zmiany i modyfikacje, które mogą umożliwić jego skuteczniejsze wykorzystanie w zarządzaniu gospodarką niskowęglową przez lokalne samorządy, w szczególności na obszarach wiejskich. Materiał badawczy stanowiły lokalne plany gospodarki niskoemisyjnej, przyjęte do realizacji przez losowo wybrane gminy wiejskie,

miejsko-wiejskie i miejskie, reprezentujące wszystkie województwa Polski. Łącznie analizą objęto 48 tego typu dokumentów – po 3 dla każdego województwa. Ocenie poddano zastosowaną w badanych planach metodologię obliczeń śladu węglowego, w szczególności wybór roku bazowego, gazów i sektorów objętych inwentaryzacją oraz przyjęte wskaźniki emisji. W oparciu o przedstawione w badanych planach wyniki inwentaryzacji GHG, dokonano obliczeń śladu węglowego (ogółem i w przeliczeniu na jednego mieszkańca) w poszczególnych gminach z podziałem na ich typ (wiejskie, miejsko-wiejskie i miejskie) oraz ujęte w inwentaryzacji sektory. Ze względu na zróżnicowane podejście samorządów do wyboru roku bazowego oraz inwentaryzacji kontrolnej, w pracy [A4] przedstawiono wielkości śladu węglowego obliczone dla ostatniego roku ujętego w danym dokumencie, dzięki czemu wszystkie zaprezentowane dane pochodzą z lat 2010-2014. W celu ujednoczenia wyników oraz przeprowadzenia analiz statystycznych i porównawczych, emisję GHG wyrażono w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO₂eq), przyjmując wskaźniki ocieplenia globalnego (GWP) określone w piątym raporcie oceny zmiany klimatu Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC 2013).

Z przeprowadzonego w pracy [A4] rozpoznania wynika, że we wszystkich analizowanych planach gospodarki niskoemisyjnej przeprowadzono inwentaryzację emisji GHG z zastosowaniem standardowych wskaźników, zgodnych z zasadami IPCC, które obejmują całość emisji CO₂ wynikającej z końcowego zużycia energii na terenie gminy. Standardowe wskaźniki emisji bazują na zawartości węgla w poszczególnych paliwach i są wykorzystywane w krajowych inwentaryzacjach GHG wykonywanych w kontekście Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC) oraz Protokołu z Kioto. Zaletą tej metody jest fakt, iż Polska – będąca stroną UNFCCC – ma już doświadczenie w jej stosowaniu (Burchard-Dziubińska 2014). Jednak zgodnie z tą metodyką najważniejszym gazem cieplarnianym jest CO₂, a związane z działalnością rolniczą emisje CH₄ i N₂O można pominąć. Co więcej, emisje CO₂ powstające w wyniku spalania biomasy lub biopaliw wytwarzanych w zrównoważony sposób oraz emisje związane z wykorzystaniem certyfikowanej zielonej energii elektrycznej są traktowane jako zerowe, co z reguły nie jest zgodne z rzeczywistością (Bertoldi i in. 2010). W żadnej z badanych gmin nie zdecydowano się na zastosowanie metody oceny cyklu życia (Life Cycle Assessment, LCA), która uwzględnia całociowe emisje w całym cyklu życia poszczególnych nośników energii. Dodatkowo, w podejściu tym, emisje GHG związane z wykorzystaniem biomasy lub biopaliw oraz certyfikowanej zielonej energii elektrycznej są uznawane za wyższe od zera. W tym przypadku ważną rolę odgrywają także emisje GHG innych niż CO₂. LCA jest więc godną

uwagi, możliwą do zastosowania na szczeblu lokalnym w Polsce, standaryzowaną metodą wykorzystywaną na świecie przez wiele instytucji i rządów w celu wyznaczania śladu węglowego, zapewniającą ujednoczone, zintegrowane podejście do roli konsumpcji na poziomie produktu w przyczynianiu się do emisji GHG (Sinden 2009).

Polskie samorządy, tworząc lokalne plany gospodarki niskoemisyjnej, opierają się przede wszystkim na założeniach i wytycznych Porozumienia Burmistrzów w sprawie Klimatu i Energii, dotyczących zasad opracowywania *planów działań na rzecz zrównowazonej energii (SEAP)* oraz *bazowej inwentaryzacji emisji (BEI)*. Zgodnie z tymi założeniami, jeżeli władze lokalne decydują się na wykorzystanie standardowych wskaźników emisji, inwentaryzacją wystarczy objąć emisje CO₂. Takie rozwiązanie zastosowało 77% badanych gmin. W czterech przypadkach emisję wyrażono w ekwiwalencie dwutlenku węgla. Nie wskazano jednak jakie gazy – poza CO₂ – zostały uwzględnione w inwentaryzacji, nie wyjaśniono także jakie przyjęto wskaźniki GWP. W siedmiu samorządach zdecydowano się na ujęcie w emisji także innych gazów (m.in. CH₄, N₂O, SO₂), nie przeliczono jednak ich emisji na ekwiwalent CO₂. W badanych gminach, w bazowej inwentaryzacji uwzględniono przede wszystkim emisje pochodzące z budynków użyteczności publicznej, mieszkalnictwa, transportu oraz oświetlenia publicznego. W nieco mniej niż połowie analizowanych planów, przy obliczaniu śladu węglowego ujęto także sektor przemysłu, ograniczając się jednak najczęściej do emisji ze źródeł ciepła w zakładach przemysłowych z wyłączeniem zakładów objętych unijnym systemem handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS) i przemysłu zasilanego średnim i wysokim napięciem. Zaledwie w dziesięciu dokumentach uwzględniono emisje związane z gospodarką odpadami i wodno-ściekową. Sektor rolnictwa został ujęty jedynie w trzech planach gospodarki niskoemisyjnej, z czego w jednym przypadku dokonano oceny poziomu emisji CO₂ z rolnictwa łącznie z emisją z budynków mieszkalnych. W żadnym z analizowanych planów nie dokonano bilansu GHG w mającym duży potencjał mitygacyjny sektorze LULUCF, obejmującym użytkowanie gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwo (IPCC 2003).

Obliczone w pracy [A4] wielkości śladu węglowego w poszczególnych gminach, wyrażone w ekwiwalencie CO₂ w wartościach bezwzględnych i *per capita*, a także wyniki analiz statystycznych i porównawczych, wskazują na znaczne zróżnicowanie wielkości emisji GHG. Różnice te wynikają zapewne ze specyfiki poszczególnych gmin, ale także są efektem niejednorodnych założeń metodologicznych przy szacowaniu wielkości emisji. Średnia wielkość śladu węglowego w analizowanych gminach w przeliczeniu na jednego mieszkańca jest o 2.4 Mg CO₂eq niższa od śladu węglowego obliczonego na potrzeby *Pilotażowego programu niskowęglowego rozwoju dla powiatu starogardzkiego* (Fundacja... 2015). Wyraźne różnice

zauważalne są również w podziale na poszczególne sektory. W przypadku rolnictwa, w analizowanych gminach sektor ten został praktycznie pominięty, podczas gdy w objętym pilotażowym programem powiecie starogardzkim wynosi on 1 Mg CO₂eq/rok/osobę. Średnia wielkość śladu węglowego *per capita* wyliczona na podstawie danych zawartych w planach gospodarki niskoemisyjnej przyjętych do realizacji przez badane gminy jest także niższa o 1.5 Mg CO₂eq w stosunku do wielkości śladu węglowego dla Polski w 2013 roku i o 1.2 Mg CO₂eq w stosunku do 2014 roku, wyliczonych w ostatnim raporcie dotyczącym globalnej tendencji emisji CO₂, opublikowanym przez PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and the European Commission's Joint Research Centre (Olivier i in. 2015). Ze względu na znaczne różnice wielkości śladu węglowego w poszczególnych gminach, wynikające przede wszystkim z niejednorodnych założeń metodologicznych, zaobserwowane nie tylko w Polsce, ale również w innych krajach europejskich – m.in. w Norwegii, Finlandii i Grecji (Larsen i Hertwich 2010; Heinonen i Junnila 2011; Angelakoglou i in. 2015) – istnieje pilna potrzeba stworzenia skutecznego, spójnego i uproszczonego modelu oceny śladu węglowego, możliwego do zastosowania przez wszystkie jednostki samorządu terytorialnego, wychodzącego poza wytyczne Porozumienia Burmistrzów w sprawie Klimatu i Energii, pozwalającego uwzględnić specyfikę lokalnych uwarunkowań. W przypadku obszarów wiejskich model ten powinien uwzględniać sektor rolnictwa, a także weryfikację śladu węglowego poprzez bilans gazów w sektorze LULUCF, stanowiącym przeważnie pochłaniacz netto.

Wyniki badań opublikowane w pracy [A4] przedstawiłem podczas XIX Konferencji Naukowo-Technicznej „Zapobieganie zanieczyszczeniu, przekształcaniu i degradacji środowiska”, zorganizowanej w dniach 16-18 listopada 2016 r. przez Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.

Ad 4. Wykonanie obliczeń i analiz przestrzennych szacunkowej emisji gazów cieplarnianych ze źródeł rolniczych (ze szczególnym uwzględnieniem użytkowania gleb rolnych) dla gmin w Polsce, jako narzędzia wspierającego planowanie gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym

Z opisanych powyżej, prowadzonych przeze mnie badań nad rolą i skutecznością planów gospodarki niskoemisyjnej, przyjmowanych przez lokalne samorządy w celu programowania i koordynacji działań na rzecz niskowęglowego rozwoju w Polsce, wynika, że stosowane w tych dokumentach metody obliczania śladu węglowego są mało skuteczne i nie pozwalają na określenie rzeczywistego poziomu emisji. Potwierdzają to także w swych pracach m.in.

Gradziuk i Gradziuk (2016) oraz Pietrzyk-Sokulska i in. (2016). Koncentrowanie się niemal wyłącznie na emisji CO₂ bez uwzględniania innych gazów oraz pomijanie w inwentaryzacji rolnictwa – co w przypadku gmin wiejskich i miejsko-wiejskich jest szczególnie nieuzasadnione – sprawia, że wielkości śladu węglowego obliczone na potrzeby planów gospodarki niskoemisyjnej są z reguły niedoszacowane. Problem ten zaobserwowano także w innych krajach europejskich, o czym pisano w pracy [A4]. W związku z powyższym zdecydowałem się podjąć próbę oceny wielkości śladu węglowego ze źródeł rolniczych na poziomie lokalnym w Polsce. Przyjąłem hipotezę badawczą, że odpowiednio przeprowadzona ocena śladu węglowego stanowi istotne i skuteczne narzędzie w identyfikacji głównych źródeł emisji gazów cieplarnianych, związanej z terenami wiejskimi i działalnością rolniczą oraz priorytetowych obszarów wymagających podjęcia działań mitygacyjnych, zwiększając tym samym skuteczność lokalnej polityki niskoemisyjnej i przyczyniając się do optymalizacji kosztów redukcji emisji.

Ze względu na fakt, iż opracowane dotychczas kalkulatory emisji GHG z rolnictwa są w dużej części zbyt skomplikowane i często wymagają wprowadzenia danych trudno dostępnych na poziomie lokalnych samorządów (Wu 2011; Colomb i in. 2012; Tuomisto i in. 2014), w celu obliczenia emisji z rolnictwa w gminach zastosowano uproszczoną metodykę, wdrożoną wcześniej w *Pilotażowym programie niskowęglowego rozwoju powiatu starogardzkiego* (Fundacja... 2015; Wiśniewski 2015). Umożliwia ona lokalnym samorządom samodzielne wykonanie obliczeń śladu węglowego z rolnictwa na podstawie ogólnodostępnych danych statystyki publicznej. Zaproponowane rozwiązanie jest zgodne z metodologią i standardowymi wskaźnikami IPCC (2000, 2006) i koncentruje się na poziomie 1 (Tier 1). Jednak w celu uzyskania dokładniejszych danych o emisji, uwzględnia także elementy metodyki krajowej oraz wskaźniki emisji opracowane przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE 2014, 2017, 2018) na potrzeby sporządzania corocznych raportów inwentaryzacyjnych. Obliczając ślad węglowy z rolnictwa w poszczególnych gminach skupiono się na trzech głównych źródłach emisji gazów cieplarnianych z tego sektora w Polsce. Należą do nich: fermentacja jelitowa zwierząt gospodarskich (główne źródło emisji metanu), odchody zwierzęce (źródło emisji metanu i podtlenku azotu) oraz użytkowanie gleb rolnych (źródło emisji podtlenku azotu). Uwzględniono również spalanie resztek roślinnych (jako źródło emisji metanu i podtlenku azotu), mimo iż jego udział w ogólnej emisji gazów cieplarnianych jest znacznie niższy. Niezbędne do obliczeń dane, dotyczące rocznego zużycia nawozów mineralnych, pogłowia zwierząt gospodarskich (z rozróżnieniem na krowy mleczne, pozostałe bydło, konie, trzodę

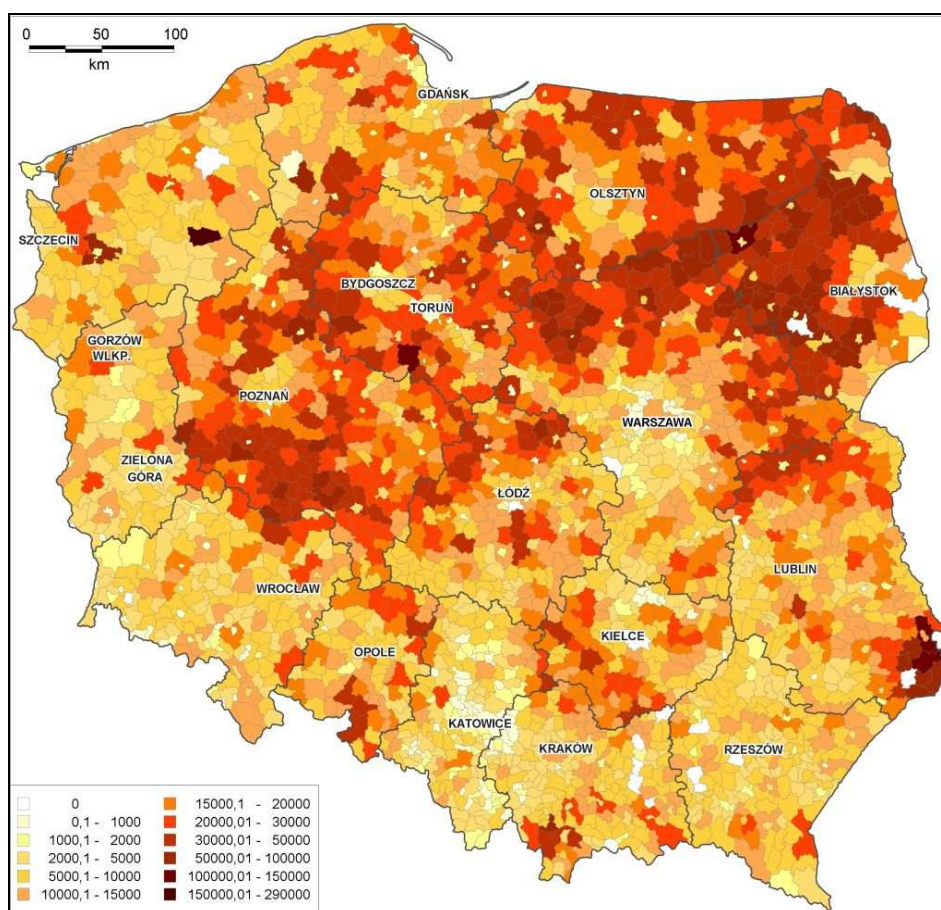
chlewną i drób) oraz powierzchni gleb organicznych pozyskano z Banku Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego (BDL GUS). Wielkość rocznych zbiorów głównych roślin uprawnych (pszenicy, żyta, jęczmienia, owsa, pszenżyta, mieszanki zbożowej, ziemniaków, rzepaku, kukurydzy i roślin strączkowych) określono wykorzystując dane dotyczące powierzchni zasiewów w poszczególnych gminach oraz średniego plonowania tych roślin w województwie (na podstawie wyników Powszechnego Spisu Rolnego z 2010 r.). W celu ujednoczenia wyników oraz przeprowadzenia analiz statystycznych i porównawczych, oszacowane wielkości emisji GHG z poszczególnych źródeł związanych z działalnością rolniczą, wyrażono w ekwiwalencie dwutlenku węgla, przyjmując wskaźniki GWP określone w piątym raporcie oceny zmiany klimatu IPCC (IPCC 2013). Ich wartości wynoszą: 1 dla CO₂, 28 dla CH₄ i 265 dla N₂O.

W pracy [A5] dokonano pilotażowego badania polegającego na ocenie wielkości emisji GHG, przeprowadzonego na potrzeby lokalnego planowania gospodarki niskoemisyjnej dla 48 wybranych gmin wiejskich, miejsko-wiejskich i miejskich, reprezentujących wszystkie województwa w Polsce. Wyniki tych obliczeń skonfrontowano z wielkościami śladu węglowego (ogółem i *per capita*) w poszczególnych gminach, oszacowanego w oparciu o wyniki inwentaryzacji emisji GHG przedstawione w przyjętych do realizacji przez te samorządy planach gospodarki niskoemisyjnej. Pozwoliło to na określenie udziału rolnictwa w całkowitej emisji w badanych gminach. Stwierdzono, że ponad połowa łącznej emisji z rolnictwa w analizowanych gminach związana jest z hodowlą zwierząt gospodarskich, z czego 31.7% pochodzi z fermentacji jelitowej, a 20% z odchodów zwierzęcych. Jej istotnym źródłem jest również użytkowanie gleb rolnych (48.2%), w szczególności emisja bezpośrednia z uprawy gleb organicznych oraz stosowania nawozów mineralnych, a także emisja pośrednia z wymywania związków azotu z gruntu. Uwzględnienie rolnictwa w inwentaryzacji emisji GHG według zaproponowanej metodyki dało wzrost bezwzględnej wielkości emisji o 7.8 tys. Mg CO₂eq/rok w stosunku do minimalnej wielkości określonej w przyjętych przez badane gminy planach gospodarki niskoemisyjnej (co stanowi wzrost aż o 45.4%), o 3,2 tys. Mg CO₂eq/rok (0.7%) w stosunku do wielkości maksymalnej i o 12.4 tys. Mg CO₂eq/rok (9.6%) w stosunku do wielkości średniej. W przeliczeniu na 1 mieszkańca spowodowało to wzrost wielkości śladu węglowego o 1 Mg CO₂eq (35.7%) w stosunku do minimalnej wielkości określonej w planach badanych gmin oraz o 1.1 Mg CO₂eq w stosunku do wielkości średniej i maksymalnej (odpowiednio o 18% i 4.2%). Oszacowany na podstawie obliczeń własnych udział rolnictwa w całkowitej emisji GHG w badanych gminach waha się od 0.2% do 57.4%, średnio wynosząc 14%.

Przedstawione w pracy [A5] wyniki pilotażowych badań potwierdziły celowość uwzględniania w planach gospodarki niskoemisyjnej emisji pochodzących z sektora rolniczego i źródeł pokrewnych. W sytuacji, gdy w niektórych gminach wytwarzają one od 1/3 do ponad połowy tych gazów, bez ich rozpoznania nie jest możliwe poprawne zaplanowanie działań, które mają prowadzić do ograniczenia tych emisji oraz ich negatywnych skutków dla atmosfery, klimatu oraz innych elementów ekosystemów. Stwierdzono, że potrzeba ta dotyczy szczególnie gmin wiejskich i miejsko-wiejskich, ale również wymaga rozważenia w gminach miejskich, gdzie znaczny jest udział użytków rolnych i innych terenów o wysokiej aktywności biologicznej. W związku z tym (po aktualizacji stosowanych wskaźników) zdecydowałem o przeprowadzeniu obliczeń szacunkowej emisji GHG ze źródeł rolniczych dla wszystkich gmin Polski. Dotychczas takie badania, realizowane na tak szeroką skalę, nie były w Polsce prowadzone i ograniczały się do poziomu krajowego lub regionalnego, bądź dotyczyły wielkości emisji na poziomie gospodarstwa rolnego (Wójcik-Gront 2015; Syp i in. 2016; Syp i Faber 2017; Syp i Osuch 2018; Wysocka-Czubaszek i in. 2018).

Ocenę wielkości emisji GHG ze źródeł rolniczych dla wszystkich gmin w Polsce (z wyjątkiem gmin Łęknica, Jastarnia i Dziwnów, dla których brak jest niezbędnych danych w statystyce publicznej) przedstawiłem w jednoautorskiej pracy [A6]. Oszacowałem w niej, że emisja ze źródeł rolniczych w polskich gminach (bez emisji w wyniku zużycia nośników energii w rolnictwie) wynosi łącznie 34280.89 tys. Mg CO₂eq, co stanowi 8.9% całkowitej emisji krajowej GHG. Jest to o 4630.99 tys. Mg CO₂eq więcej w stosunku do wielkości emisji wskazanej w krajowym raporcie inwentaryzacyjnym (KOBiZE 2017). Różnica ta może wynikać z faktu, że szacowanie emisji GHG na poziomie lokalnym pozwala na wykorzystanie bardziej szczegółowych danych oraz uwzględnienie lokalnych uwarunkowań środowiskowych i gospodarczych. Niemal 70% emisji z sektora rolniczego w Polsce pochodzi z gmin wiejskich, a nieco ponad 28% z gmin miejsko-wiejskich. Gminy miejskie są źródłem 1.9% rolniczej emisji GHG. Wielkości bezwzględnej emisji GHG ze źródeł rolniczych w polskich gminach wahają się od 0.01 tys. Mg CO₂eq/rok w gminie miejsko-wiejskiej Międzyzdroje do 289.48 tys. Mg CO₂eq/rok w gminie wiejskiej Wierzchowo, przy średniej wartości bezwzględnej 13.85 tys. Mg CO₂eq/rok i odchyleniu standardowym 14.96 tys. Mg CO₂eq/rok. W przeliczeniu na jednego mieszkańca, wielkości te kształtują się od 0.002 Mg CO₂eq/rok do 67.15 Mg CO₂eq/rok, przy średniej krajowej wynoszącej 2.17 Mg CO₂eq/rok i odchyleniu standardowym 3.18 Mg CO₂eq/rok. W gminach wiejskich i miejsko-wiejskich zauważalny jest dominujący wpływ hodowli zwierząt gospodarskich na wielkość emisji z rolnictwa.

Odpowiada ona w tych jednostkach za ponad 50% łącznej emisji z tego sektora. W gminach miejskich natomiast dominującym źródłem emisji z rolnictwa jest użytkowanie gruntów, odpowiadające za nieco ponad 60% emisji rolniczych. Z analizy przestrzennego rozmieszczenia gmin i obliczonych dla nich wielkości śladu węglowego z rolnictwa wynika, że wyższym poziomem emisji GHG z tego sektora charakteryzują się reguły jednostki położone w północno-wschodniej części Polski i w Wielkopolsce (ryc. 2). Ma to najprawdopodobniej związek z większym udziałem gospodarstw dużych (powyżej 15 ha) na tych obszarach, intensywną produkcją zwierzęcą oraz funkcjonującym tam nadal – zwłaszcza na gruntach po byłych PGR-ach – systemem gospodarki wielkoobszarowej z monokulturami roślin i uproszczonym płodozmianem.



Ryc. 2. Roczna emisja gazów cieplarnianych ze źródeł rolniczych w polskich gminach (w Mg CO₂eq)

Kontynuując badania nad oceną emisji GHG ze źródeł rolniczych w polskich gminach, oszacowane w pracy [A6] wielkości emisji poddane zostały dalszym analizom. W pracy [A8] przedstawione zostały dodatkowo zaawansowane analizy przestrzenne emisji z poszczególnych źródeł związanych z działalnością rolniczą, zaprezentowane przy

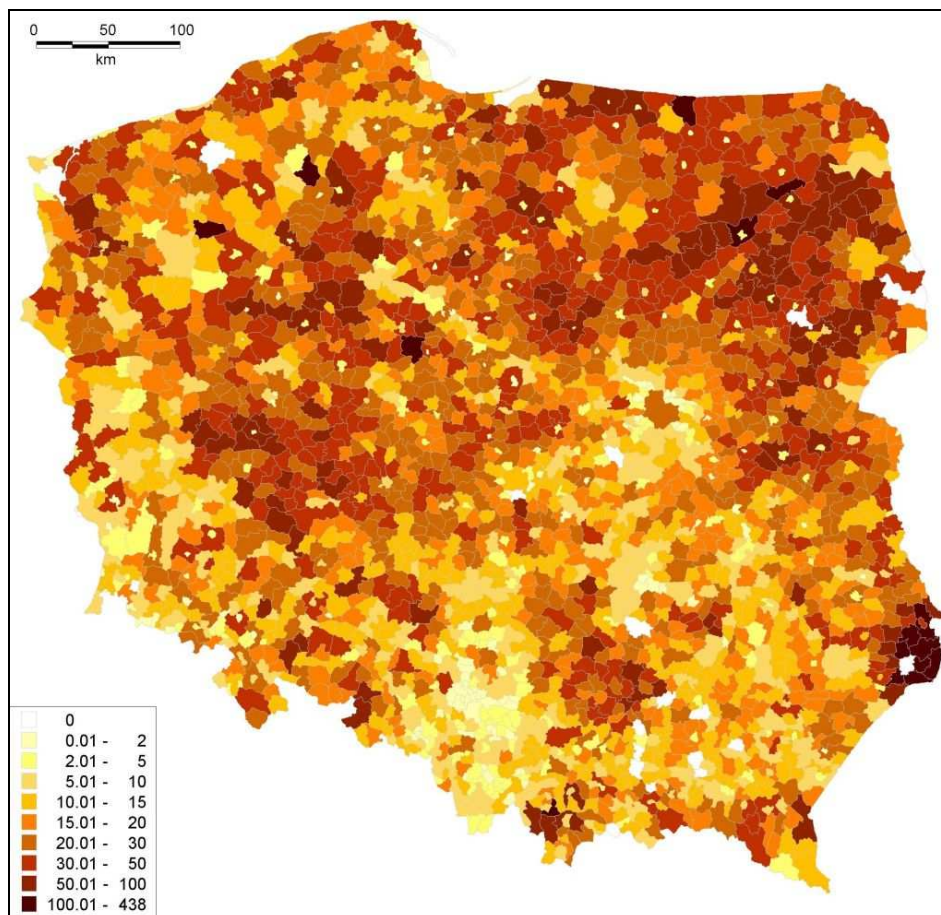
zastosowaniu oprogramowania MapInfo Pro. Pomogły one przy identyfikacji i ocenie przestrzennej zmienności głównych rolniczych źródeł emisji, co w przyszłości powinno ułatwić planowanie i realizację działań ograniczających jej wielkość. Jak wykazały badania, ponad połowa całkowitej emisji z rolnictwa w polskich gminach związana jest z hodowlą zwierząt, z czego 41.2% pochodzi z fermentacji jelitowej, a 18.7% z odchodów zwierzęcych. Jej istotnym źródłem jest również użytkowanie gleb rolnych (40.1%). Najwyższymi wielkościami emisji i udziałem fermentacji jelitowej w ogólnej emisji ze źródeł rolniczych charakteryzują się gminy w centralnej i północno-wschodniej części Polski, gdzie skoncentrowana jest intensywna produkcja zwierzęca, głównie trzody chlewnej i bydła. Gminy w centralnej części kraju (głównie w województwach kujawsko-pomorskim i wielkopolskim) charakteryzują się również wysokim poziomem emisji pochodzącej z odchodów zwierzęcych oraz ich wysokim udziałem w całkowitej emisji z rolnictwa. Wynika to z dużego znaczenia trzody chlewnej w strukturze hodowli zwierząt na tych obszarach. Najwyższą emisją GHG związaną z użytkowaniem gruntów rolnych charakteryzują się głównie gminy położone w północnej i północno-wschodniej części kraju, gdzie znaczny jest udział gleb organicznych. Na tle całego kraju, wysoką emisją z użytkowania gruntów rolnych wyróżniają się w szczególności gminy w południowo-wschodniej Polsce (okolice Hrubieszowa w województwie lubelskim), gdzie znajduje się największy w kraju kompleks użytkowanych rolniczo czarnoziemów. Ponadto na tym obszarze znajdują się grunty po byłych PGR-ach (Kałamucka 2017), na których nadal utrzymywany jest system gospodarki rolnej sprzyjający emisji gazów cieplarnianych z upraw. Z kolei udział użytkowania gruntów rolnych w całkowitej emisji z rolnictwa – poza wyżej wymienionymi obszarami – jest najwyższy w zachodniej i południowej części kraju oraz w okolicach Warszawy, gdzie intensywna produkcja zwierzęca ma mniejsze znaczenie. Natomiast wielkość emisji ze spalania resztek roślinnych oraz jej udział w całkowitej emisji GHG z rolnictwa są najwyższe w gminach zachodniej i północnej Polski, charakteryzujących się najwyższym odsetkiem gospodarstw uprawiających zboża i najwyższą średnią powierzchnią upraw zbożowych w gospodarstwach (Bański 2010).

Z działalnością rolniczą związany jest podtlenek azotu (N_2O), będący gazem cieplarnianym o niemal 300 razy większym potencjale tworzenia efektu cieplarnianego niż CO_2 i bardzo długim czasie utrzymywania się w atmosferze, szacowanym na ponad 100 lat (Bange 2008; Turbiak i in. 2011; IPCC 2013; Schlesinger i Bernhardt 2013; Prather i in. 2015). Stanowi on najważniejszy antropogeniczny gaz niszczący warstwę ozonową (Portmann i in. 2012; Wilson i in. 2013; Broucek 2018), a jego stężenie w atmosferze w ciągu ostatnich kilku

dekad wyraźnie wzrosło (Finlayson-Pitts i Pitts 2000; Włodarczyk i in. 2002; Stalenga i Kawalec 2008). Według danych KOBiZE (2018), emisja podtlenku azotu w 2016 r. (bez sektora LULUCF) wynosiła 65540 Mg (4.9% całkowitej emisji GHG), z czego 77.6% pochodziło ze źródeł rolniczych. Polska zajmuje czwarte miejsce (po Francji, Niemczech i Wielkiej Brytanii) pod względem emisji N₂O z sektora rolnego wśród krajów UE (Eurostat 2017). Za tak duży udział emisji N₂O z tego sektora odpowiedzialne jest użytkowanie gleb rolnych – jest ono źródłem 67.2% krajowej emisji podtlenku azotu (KOBiZE 2018). W związku z tym w pracach [A3] i [A9] dokonano oceny emisji N₂O z gleb rolnych na poziomie lokalnym w Polsce. W pracy [A3] przedstawiono wyniki pilotażowego badania, którym objęto 48 wybranych gmin wiejskich, miejsko-wiejskich i miejskich, reprezentujących wszystkie województwa w Polsce, przy zastosowaniu metodyki opisanej w pracach [A5], [A6] i [A8]. Oszacowane wielkości emisji N₂O z gleb rolnych poddano analizom statystycznym i porównawczym. Obliczając współczynniki korelacji Pearsona oceniono związek między wielkością emisji podtlenku azotu a takimi zmiennymi jak: zużycie nawozów mineralnych, pogłowie zwierząt gospodarskich, wielkość zbiorów roślin uprawnych i powierzchnia gleb organicznych. Obliczone wielkości emisji N₂O skonfrontowano także z wynikami bazowych inwentaryzacji emisji GHG, sporządzonych na potrzeby przyjętych do realizacji przez analizowane samorządy planów gospodarki niskoemisyjnej. Pozwoliło to na określenie udziału emisji N₂O z użytkowania gleb rolnych w całkowitej emisji gazów szklarniowych w badanych gminach. Pilotażowe badania pokazały, że niemal 50% łącznej emisji N₂O z gleb rolnych w badanych gminach pochodzi z uprawy gleb organicznych. W gminach miejskich udział ten jest szczególnie wysoki i wynosi 73%, w gminach miejsko-wiejskich – 51.5%, w wiejskich – 39%. Wyniki te potwierdzają przypuszczenia Turbiaka i in. (2011), którzy wskazują, że wśród gleb jednym z głównych źródeł bezpośredniej emisji podtlenku azotu mogą być gleby organiczne. Podkreślają oni, że po zagospodarowaniu gleb organicznych na cele rolnicze, co wiąże się z obniżeniem poziomu wody gruntowej, w glebach tych zachodzi intensywna mineralizacja masy organicznej. Według Okruszki i Piaścika (1990), w warunkach klimatycznych Polski mineralizacji ulega rocznie ok. 10 Mg/ha masy organicznej, w wyniku czego do środowiska uwalnia się nawet do 400 kg/ha azotu mineralnego. Istotny wpływ na wielkość emisji w badanych gminach ma także stosowanie nawozów mineralnych (14.5% całkowitej emisji) i organicznych (10.8%). Głównym źródłem emisji pośredniej związanej z rolniczym wykorzystaniem gleb jest natomiast wymywanie azotu do wód gruntowych i powierzchniowych (18.4%). Wyniki przeprowadzonych analiz statystycznych wskazały m.in. na wysokie i bardzo wysokie korelacje między wielkością emisji N₂O z gleb rolnych a

zużyciem nawozów mineralnych, pogłowiem bydła i powierzchnią gleb organicznych. Siła związków korelacyjnych jest jednak zróżnicowana w zależności od typu gminy. W przypadku badanych gmin wiejskich zaobserwowano bardzo dużą zależność między wielkością emisji N_2O z gleb rolnych a zużyciem nawozów mineralnych. W gminach miejsko-wiejskich bardzo wysoką dodatnią korelacją w stosunku do wielkości emisji N_2O cechują się takie zmienne jak powierzchnia gleb organicznych i pogłowie bydła. W gminach miejskich natomiast występuje prawie pełna korelacja między wielkością emisji podtlenku azotu a powierzchnią gleb organicznych i wielkością zbiorów roślin strączkowych. Oszacowany na podstawie obliczeń własnych udział emisji N_2O w całkowitej emisji GHG w badanych gminach (bez innych źródeł rolniczych) waha się od 0.1% do 57.2%, średnio wynosząc 4.6%.

Na bazie pilotażowego badania, w pracy [A9] dokonałem oceny emisji podtlenku azotu z gleb rolnych dla wszystkich gmin w Polsce.



Ryc. 3. Roczna emisja podtlenku azotu z gleb rolnych w polskich gminach
(w Mg N₂O-N)

Na podstawie uzyskanych wyników przedstawiłem w niej rozkład przestrzenny emisji N_2O z gleb rolnych w Polsce (wyrażony jako N_2O-N), z podziałem na poszczególne źródła emisji bezpośredniej i pośredniej, przy wykorzystaniu narzędzi GIS (oprogramowanie MapInfo Pro). Badania dla całego kraju wykazały, że roczna emisja N_2O z gleb użytkowanych rolniczo w polskich gminach waha się od 0.002 Mg N_2O-N do 437.77 Mg N_2O-N , przy średniej wartości 21.13 Mg N_2O-N i odchyleniu standardowym 23.86 Mg N_2O-N . Najwyższą emisją N_2O pochodzącą z użytkowania gleb rolnych charakteryzują się gminy położone w północnej i północno-wschodniej części kraju, gdzie znaczny jest udział gleb organicznych (ryc. 3), co potwierdza wyniki badania pilotażowego z pracy **[A3]**. W skali kraju 40.6% całkowitej emisji N_2O związanej z użytkowaniem gleb pochodzi z gleb organicznych. Istotne znaczenie ma także stosowanie nawozów mineralnych (17.8% emisji N_2O) i organicznych (12.9%). Stosowanie wysokich dawek nawozów azotowych jest głównym źródłem emisji podtlenku azotu w północnej części Polski. W północno-wschodniej części kraju znajdują się liczne gospodarstwa specjalizujące się w produkcji mleka, a obornik jest jednym z głównych źródeł emisji N_2O . Znaczący udział w bezpośredniej emisji podtlenku azotu (głównie w południowo-wschodniej części kraju) ma również wnoszenie azotu do gleb z resztkami poźniowymi (13.2%). Wymywanie azotu do wód gruntowych i powierzchniowych (8.4%) jest głównym źródłem emisji pośredniej związanej z rolniczym wykorzystaniem gleb.

Oczywiście należy wziąć pod uwagę, że zaprezentowane w pracach **[A3]**, **[A5]**, **[A6]**, **[A8]** i **[A9]** oszacowane wielkości emisji GHG w poszczególnych gminach obarczone są dużą niepewnością (ma to duże znaczenie również przy szacowaniu korelacji między poszczególnymi zmiennymi). Po przeprowadzeniu analizy i symulacji propagacji błędu (zgodnie z wytycznymi IPCC) dla wyników pilotażowego badania w pracy **[A5]**, otrzymano niepewność wielkości emisji z rolnictwa na poziomie $\pm 38\%$. Najwyższą niepewnością (nawet 150%) charakteryzuje się bezpośrednia emisja N_2O z gleb rolniczych. Badania przeprowadzone przez Syp i in. (2016) potwierdziły, że emisje GHG związane z rolnictwem – w szczególności emisje N_2O – zależą od lokalnych warunków klimatycznych w połączeniu z mikrobiologicznymi i fizycznymi właściwościami gleb. Dlatego pierwszym krokiem w zbieraniu danych przez lokalne samorządy powinna być analiza istniejących krajowych i lokalnych statystyk, źródeł branżowych, badań naukowych i statystyk FAO. Niepewność emisji będzie się różnić w zależności od źródła danych. Dlatego konieczne są dalsze badania w tym zakresie. Syp i Faber (2017) podkreślają, że obecnie istnieje potrzeba bardziej szczegółowych metod opisu przestrzennych i czasowych wzorców wymiany GHG w ekosystemie. Markolf i in. (2017) podkreślają, że perspektywa redukcji emisji GHG przez

poszczególne rządy wiąże się z koniecznością wyznaczania celów opartych na dobrej jakości szacunkach zapotrzebowania na energię i emisji GHG, wraz z realnymi założeniami dotyczącymi możliwości jej redukcji na poziomie lokalnym. W literaturze przedmiotu prezentowane są różne metody i podejścia do oceny emisji GHG na poziomie lokalnym w wybranych krajach europejskich, Stanach Zjednoczonych i Australii (Hamilton i in. 2008; Denny i Pederson 2015; Markolf i in. 2017; Sówka i Bezyk 2017). Ocena i analiza emisji GHG dla polskich gmin, przedstawiona w moich pracach, może być ważnym elementem do uwzględnienia w tej dyskusji i przykładem dla innych krajów do badań nad szacowaniem lokalnych emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa. Należy jednak pamiętać, że – jak podkreślili Bennetzen i in. (2016) – emisje GHG w rolnictwie można zmniejszyć tylko do pewnego poziomu. Dlatego konieczne jest jednoczesne skoncentrowanie się także na innych elementach systemu żywnościowego w celu zwiększenia bezpieczeństwa żywnościowego przy jednoczesnej redukcji emisji.

Wyniki badań przedstawione w pracy [A3] zostały zaprezentowane podczas międzynarodowej konferencji naukowej BONARES Conference 2018: “Soil as a Sustainable Resource”, zorganizowanej w dniach 26-28 lutego 2018 r. przez BonaRes Centre for Soil Research c/o Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ w Berlinie. Rezultaty badań przedstawione w pracy [A9] zostały z kolei zaprezentowane na międzynarodowej konferencji naukowej 12th International Conference on Agrophysics: Soil, Plant & Climate, zorganizowanej w dniach 17-19 września 2018 r. przez Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN, Fundację Polskiej Akademii Nauk oraz Oddział PAN w Lublinie.

Podsumowanie

Przedstawiony cykl publikacji, stanowiący osiągnięcie naukowe będące podstawą złożenia wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, wypełnia lukę badawczą nad rolą obszarów wiejskich i związanej z nimi działalności rolniczej w kształtowaniu gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym w Polsce. Z przeprowadzonej analizy roli i skuteczności gminnych planów gospodarki niskoemisyjnej w programowaniu i koordynacji działań na rzecz niskowęglowego rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa wynika, że mają one obecnie niewielkie znaczenie w tym zakresie. Kompleksowa ocena stopnia uwzględnienia problematyki rolnictwa i terenów wiejskich w tych dokumentach strategicznych wskazała na jego słaby poziom. Przedstawione w moich pracach propozycje mogą stanowić modelowe rozwiązanie ujęcia tych obszarów w planowaniu gospodarki

niskoemisyjnej przez jednostki samorządu terytorialnego. Zostały one już wdrożone m.in. w powiecie starogardzkim.

Ocena ilościowa poszczególnych składowych i ogniw obiegu węgla w agroekosystemach jest jeszcze słabo poznana. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania badaniami empirycznymi i modelowymi obiegu węgla w środowisku. Jest to obecnie jedna z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin nauki o środowisku (Miatkowski i in. 2010). Jednak – jak wykazałem w swoich pracach – stosowane dotychczas na potrzeby lokalnego planowania gospodarki niskoemisyjnej metody obliczania śladu węglowego są mało skuteczne i nie pozwalają na określenie rzeczywistego poziomu emisji GHG. Koncentrowanie się niemal wyłącznie na emisji CO₂ bez uwzględniania innych gazów oraz pomijanie w inwentaryzacji rolnictwa – co w przypadku gmin wiejskich i miejsko-wiejskich jest szczególnie nieuzasadnione – sprawia, że wielkości śladu węglowego obliczone na potrzeby planów gospodarki niskoemisyjnej są z reguły niedoszacowane. Problem ten zaobserwowano także w innych krajach europejskich.

Podjęta przeze mnie próba oceny poziomu emisji GHG z działalności rolniczej na poziomie gmin pozwoliła zidentyfikować lokalne źródła emisji związane z tym sektorem. Wyniki uzyskane dla całego kraju pozwalają stworzyć bazę danych dla lokalnych samorządów, możliwą do wykorzystania podczas planowania i szeregowania pod względem ważności środków redukcji emisji GHG na etapie programowania i wdrażania gospodarki niskowęglowej. Maksymalne efekty korzystnego oddziaływania rozwiązań służących ograniczeniu emisji mogą być uzyskane dopiero wtedy, gdy sposoby i skala ich wdrażania będą dostosowane do lokalnych potrzeb poszczególnych gmin w tym zakresie. Przeprowadzone przeze mnie – po raz pierwszy na tak szeroką skalę w Polsce – badania, połączone z analizami przestrzennymi wielkości emisji z poszczególnych źródeł związanych z działalnością rolniczą, mogą stanowić przyczynek do opracowania regionalizacji potrzeb włączenia rolnictwa i obszarów wiejskich do lokalnego planowania gospodarki niskoemisyjnej w Polsce. Prace nad taką regionalizacją powinny obejmować w szczególności: określenie czynników przewodnich regionalizacji potrzeb działań mitygacyjnych, opracowanie regionalizacji tych potrzeb, opracowanie typologii wyróżnionych regionów, określenie regionów o najpilniejszych potrzebach działań mitygacyjnych oraz opracowanie wzorcowych modeli rozwiązań mitygacyjnych.

Literatura

- Ammirato S., Felicetti A.M., Gala M.D., Frega N., Volpentesta A.P., 2017. Sustainable Development for Rural Areas: A Survey on the Agritourism Rural Networks, [In:] L.M. Camarinha–Matos, H. Afsarmanesh, R. Fornasiero (eds.), *Collaboration in a Data-Rich World. PRO-VE 2017. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 506, 564-574.
- Angelakoglou K., Gaidajis G., Lymperopoulos K., Botsaris P.N., 2015. Carbon Footprint Analysis of Municipalities – Evidence from Greece. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(4), 15-23.
- Bach I., Evans N., Karaczun Z., Riedel A., Skajewska A., 2016. Budowa gospodarki niskoemisyjnej. Praktyka na poziomie lokalnym w Polsce i Niemczech. Polski Klub Ekologiczny Okręg Mazowiecki, Warszawa.
- Bange H.W., 2008. Gaseous Nitrogen Compounds (NO, N₂O, N₂, NH₃) in the Ocean, [In:] D.G. Capone, D.A. Bronk, M.R. Mulholland, E.J. Carpenter (eds.), *Nitrogen in the Marine Environment (Second Edition)*. Burlington, MA, USA, 51-94.
- Bański J. (red.), 2010. Atlas rolnictwa Polski. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Bański J. (red.), 2016. Atlas obszarów wiejskich w Polsce. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Bennetzen E.H., Smith P., Porter J.R., 2016. Decoupling of greenhouse gas emissions from global agricultural production: 1970–2050. *Global Change Biology*, 22, 763-781.
- Bertoldi P., Cayuela D.B., Monni S., Raveschoot R.P., 2010. Guidebook „How to develop a sustainable energy action plan (SEAP)”. JRC Scientific and Technical Reports, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Bojar W., Knopik L., Żarski J., Sławiński C., Baranowski P., Żarski W., 2014. Impact of extreme climate changes on the predicted crops in Poland. *Acta Agrophysica* 21(4), 415-431.
- Borys T., 2005. Wskaźniki zrównoważonego rozwoju. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Warszawa-Białystok.
- Broucek J., 2018. Nitrous Oxide Release from Poultry and Pig Housing. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(2), 467-479.
- Burchard-Dziubińska, M., 2014. Dostępność i jakość danych statystycznych, niezbędnych do budowania strategii gospodarki niskoemisyjnej w jednostkach samorządu terytorialnego. *Optimum. Studia Ekonomiczne*, 3(69), 144-155.
- Carbon Trust, 2006. Carbon footprints in the supply chain: the next step for business. The Carbon Trust, London.
- Colomb V., Bernoux M., Bockel L., Chotte J.L., Martin S., Martin-Phipps C., Mousset J., Tinlot M., Touchemoulin O., 2012. Review of GHG calculators in agriculture and forestry sectors: A guideline for appropriate choice and use of landscape based tools. FAO, Rome.
- Colomb V., Touchemoulin O., Bockel L., Chotte J.L., Martin S., Tinlot M., Bernoux M., 2013. Selection of appropriate calculators for landscape-scale greenhouse gas assessment for agriculture and forestry. *Environmental Research Letters*, 8, 1-10.
- Denny A., Pederson L., 2015. Local Greenhouse Gas Inventory Tools for Government Operations and Communities. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/denny.pdf>

- Ercin A.E., Hoekstra A.Y., 2012. Carbon and Water Footprints. Concepts, Methodologies and Policy Responses. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- EU, 2010. Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth, COM (2010) 2020. European Commission, Brussels.
- EU, 2014. General Union Environment Action Programme to 2020. Living well, within the limits of our planet. European Commission, Luxembourg.
- Eurostat, 2017. Agri-environmental indicator – greenhouse gas emissions. Statistics Explained, European Union, Luxembourg.
- Faber A., Jarosz Z., 2018. Modelowanie bilansu węgla organicznego w glebie oraz emisji gazów cieplarnianych w skali regionalnej oraz w Polsce. Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego, 18(3), 102-112.
- Fang K., Heijungs R., de Snoo G.R., 2014. Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. Ecological Indicators, 36, 508-518.
- Fantozzi F., Bartocci P., 2016. Carbon Footprint as a Tool to Limit Greenhouse Gas Emissions. InTech, Rijeka.
- Feliciano D., Nayak D.R., Vetter S.H., Hillier J., 2017. CCAFS-MOT – A tool for farmers, extension services and policy-advisors to identify mitigation options for agriculture. Agricultural Systems, 154, 100-111.
- Finkbeiner M., 2009. Carbon footprinting – opportunities and threats. The International Journal of Life Cycle Assessment, 14, 91-94.
- Finlayson-Pitts B.J., Pitts J.N., 2000. Global Tropospheric Chemistry and Climate Change, [In:] Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere, B.J. Finlayson-Pitts, J.N. Pitts (eds.). Academic Press, San Diego, California, USA.
- Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju, 2015. Pilotażowy program niskowęglowego rozwoju powiatu starogardzkiego. Fundacja Instytut na rzecz Ekorozwoju Warszawa.
- Gawęł E., 2011. Rola roślin motylkowatych drobnonasiennych w gospodarstwie rolnym. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 11, 3(35), 73-91.
- Głębocki B., Świdorski A., 2007. Zasoby użytków rolnych w Polsce i ich wykorzystanie, [w:] S. Grykień, W. Hasiński (red.), Przyrodnicze uwarunkowania rozwoju obszarów wiejskich. Studia Obszarów Wiejskich, 12, 41-59.
- Góral J., Rembisz W., 2017. Produkcja w rolnictwie w kontekście ochrony środowiska. Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 104(1), 7-21.
- Goździewicz-Biechońska J., 2017. Zielona infrastruktura na obszarach wiejskich jako instrument polityki ochrony środowiska UE. Studia Iuridica Lublinensia, 26(1), 211-226.
- Gradziuk P., Gradziuk B., 2016. Gospodarka niskoemisyjna – nowe wyzwanie dla gmin wiejskich, Wieś i Rolnictwo, 1(170), 105-126.
- Haider L.J., Boonstra W.J., Peterson G.D., Schlüter M., 2018. Traps and Sustainable Development in Rural Areas: A Review. World Development, 101, 311-321.
- Hamilton C., Kellett J., Yuan X., 2008. Carbon Profiling: An Analysis of Methods for Establishing the Local Emissions Baseline, [In:] Proceedings of International Solar Cities Congress, Adelaide, 331-340.

- Hammond G., 2007. Time to give due weight to the 'carbon footprint' issue. *Nature*, 445(18), 256.
- Harasim A., 2015. Użytkowanie powierzchni ziemi w Polsce w aspekcie stabilności ekologicznej. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 1, 66-71.
- Heinonen J., Junnila S., 2011. A Carbon Consumption Comparison of Rural and Urban Lifestyles. *Sustainability*, 3, 1234-1249.
- Ibidhi R., Hoekstra A.Y., Gerbens-Leenes P.W., Chouchane H., 2017. Water, land and carbon footprints of sheep and chicken meat produced in Tunisia under different farming systems. *Ecological Indicators*, 77, 304-313.
- IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Hayama, Kanagawa.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York.
- Jaworski T., Hilszczański J., 2013. The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the context of expected climate change. *Forest Research Papers*, 74(4), 345-355.
- Kałamucka W., 2017. Zabezpieczenie egzystencji na obszarach wiejskich. Przykład gminy Dołhobyczów. *Studia Obszarów Wiejskich*, 48, 163-174.
- Karaczun Z., Wójcik B., 2009. Dobry klimat dla rolnictwa? Publikacja o zmianach klimatu dotyczących rolnictwa. Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa.
- Kistowski M., 2006. Wpływ programów ochrony na środowisko przyrodnicze. Ocena jakości i ekoinnowacyjności programów ochrony środowiska województw opracowanych w latach 2001-2005. *Studia nad Zrównoważonym Rozwojem*, 3, Komitet „Człowiek i Środowisko” PAN, Gdańsk-Warszawa.
- Kistowski M., 2009. Problemy zrównoważonego rozwoju terenów wiejskich – między rozkwitem, peryferyzacją a degradacją, [w:] B. Wójcik (red.), *Jak zapewnić rozwój zrównoważony terenów otwartych?* Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa, 6-17.
- Kistowski M., Wiśniewski P., 2017. Niskowęglowy rozwój obszarów wiejskich w Polsce a plany gospodarki niskoemisyjnej. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- KOBiZE, 2014. Krajowy raport inwentaryzacyjny 2014. Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2012. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa.
- KOBiZE, 2017. Krajowy raport inwentaryzacyjny 2017. Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2015. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa.
- KOBiZE, 2018. Krajowy raport inwentaryzacyjny 2018. Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2016. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa.
- Koćmit A., 1998. Erozja wodna w obszarach młodoglacjalnych Pomorza i możliwości jej ograniczenia. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, 4B, 83-99.
- Kokozka K., 2016. Ochrona środowiska na terenach wiejskich w świetle nowej perspektywy wspólnotowej polityki rolnej Unii Europejskiej 2014-2020, [w:] A. Barteczek, A. Rączaszek (red.), *Polityka gospodarcza w okresie transformacji i kryzysu*. *Studia Ekonomiczne*, 166, 139-148.

- Kozłowski S., Swędrzyński A., Zielewicz W., 2011. Rośliny motylkowate w środowisku przyrodniczym. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 11, 4(36), 161-181.
- Kundzewicz Z.W., 2008. Hydrological extremes in the changing world. *Folia Geographica, Geographica-Physica Series*, 39, 37-52.
- Kundzewicz Z.W., Kozyra J., 2011. Ograniczenie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. *Polish Journal of Agronomy*, 7, 68-81.
- Kundzewicz Z.W., Matczak P., 2012. Climate change regional review: Poland. *WIREs Clim Change*, 3, 297-311.
- Łabędzki L., Bąk B., 2014. Meteorological and agricultural drought indices used in drought monitoring in Poland: a review. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 2(2), 3-14.
- Larsen H.N., Hertwich E.G., 2010. Implementing Carbon-Footprint-Based Calculation Tools in Municipal Greenhouse Gas Inventories: The Case of Norway. *Journal of Industrial Ecology*, 14, 965-977.
- Łaska G., 2014. Ecological consequences of deforestation and afforestation on a post-arable land: Changes in the composition and structure of plant communities and transformations of oak-hornbeam habitats and soil. *Ecological Questions*, 20, 9-21.
- Lugato, E., Bampa, F., Panagos, P., Montanarella, L., Jones, A., 2015. Potential carbon sequestration of European arable soils estimated by modelling a comprehensive set of management practices. *Global Change Biology*, 20, 3557-3567.
- Markolf S.A., Matthews H.S., Azevedo I.L., Hendrickson Ch., 2017. An integrated approach for estimating greenhouse gas emissions from 100 U.S. metropolitan areas. *Environmental Research Letters*, 12, 1-11.
- Matuszkiewicz J.M., Kowalska A., Kozłowska A., Roo-Zielińska E., Solon J., 2013. Differences in plant-species composition, richness and community structure in ancient and post-agricultural pine forests in central Poland. *Forest Ecology and Management*, 310, 567-576.
- Miatkowski Z., Turbiak J., Burczyk P., Myczko A., Karłowski J., 2010. Prognozy zmian aktywności w sektorze rolnictwa, zawierające informacje niezbędne do wyliczenia szacunkowej wielkości emisji gazów cieplarnianych. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Bydgoszcz - Poznań.
- Ministerstwo Gospodarki, 2015. Narodowy Program Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej (projekt). Ministerstwo Gospodarki, Warszawa.
- Ministerstwo Rozwoju, 2016. Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.). Ministerstwo Rozwoju, Warszawa.
- Nadeu E., Gobin A., Fiener P., Wesemael B., Oost K., 2015. Modelling the impact of agricultural management on soil carbon stocks at the regional scale: the role of lateral fluxes. *Global Change Biology*, 21, 3181-3192.
- Nayak D., Saetan E., Cheng K., Wang W., Kosłowski F., Cheng Y.F., Zhu W.Y., Wang J.K., Liu J.X., Moran D., Yan X., Cardenas L., Newbold J., Pan G., Lu Y., Smith P., 2015. Management opportunities to mitigate greenhouse gas emissions from Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 209, 108-124.
- Nazarko Ł., Szpilko D., Jankowska J., 2013. Zakres i metody diagnozy strategicznej w dokumentach strategicznych polskich regionów. *Optimum. Studia Ekonomiczne*, 4(64), 47-60.

- Okruszko H., Piaścik H., 1990. Charakterystyka gleb hydrogenicznych. Wydawnictwo ART, Olsztyn.
- Olivier J.G.J, Janssens-Maenhout G., Muntean M., Peters J.A.H.W., 2015. Trends in global CO₂ emissions: 2015 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- Pandey D., Agrawal M., 2014. Carbon Footprint Estimation in the Agriculture Sector, [in:] S.S. Muthu (ed.), Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, 1. Springer, Singapore, 25-47.
- Pandey D., Agrawal M., Pandey J.S., 2011. Carbon footprint: current methods of estimation. Environmental Monitoring and Assessment, 178, 135-160.
- Patel J., 2006. Green sky thinking. Environment Business, 122, 32.
- Peter Ch., Helming K., Nendel C., 2017. Do greenhouse gas emission calculations from energy crop cultivation reflect actual agricultural management practices? – A review of carbon footprint calculators. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, 461-476.
- Pietrzyk-Sokulska E., Smol M., Lelek Ł., Cholewa M., 2016. Plan gospodarki niskoemisyjnej jako element zrównoważonego rozwoju gmin. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 92, 225–242.
- Portmann R.W., Daniel J.S., Ravishankara A.R., 2012. Stratospheric ozone depletion due to nitrous oxide: influences of other gases. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 367(1593), 1256-1264.
- POST, 2006. Carbon footprint of electricity generation. Parliamentary Office of Science and Technology, London.
- Prather M.J., Hsu J., Deluca N.M., Jackman C.H., Oman L.D., Douglass A.R., Fleming E.L., Strahan S.E., Steenrod S.D., Søvde O.A., Isaksen I.S.A, Froidevaux L., Funke B., 2015. Measuring and modeling the lifetime of nitrous oxide including its variability. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 120(11), 5693-5705.
- Rogulska M., Grzybek A., Szlachta J., Tys J., Krasuska E., Biernat K., Bajdor K., 2011. Powiązanie rolnictwa i energetyki w kontekście realizacji celów gospodarki niskoemisyjnej w Polsce, Polish Journal of Agronomy, 7, 92-101.
- Roszkowska-Mądra B., 2009. Koncepcje rozwoju europejskiego rolnictwa i obszarów wiejskich. Gospodarka Narodowa, 10, 32-102.
- Schlesinger W.H., Bernhardt E.S., 2013. The Global Cycles of Nitrogen and Phosphorus. Biogeochemistry (Third Edition), Academic Press, Waltham, MA, USA.
- Sinden S., 2009. The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards. The International Journal of Life Cycle Assessment, 14(3), 195-203.
- Skłodowski P., Bielska A., 2009. Właściwości i urodzajność gleb Polski – podstawą kształtowania relacji rolno-środowiskowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 9, 4(28), 203-214.
- Sobczyk W., 2014. Sustainable development of rural areas. Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development, 9(1), 119-126.
- Somorowska U., 2016. Changes in Drought Conditions in Poland over the Past 60 Years Evaluated by the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index. Acta Geophysica, 64(6), 2530-2549.

- Sówka, I., Bezyk Y., 2017. Quantifying and reporting greenhouse gas emissions at local level, [In:] B. Kaźmierczak, M. Kutylowska, K. Piekarska, A. Trusz-Zdybek. (eds.), Proceedings of the 9th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering EKO-DOK, Les Ulis, 1–8.
- Stalenga J., Kawalec A., 2008. Emission of greenhouse gases and soil organic matter balance in different farming systems. *International Agrophysics*, 22, 287-290.
- Stuczyński T., Demidowicz G., Deputat T., Górski T., Krasowicz S., Kuś J., 2000. Adaptation Scenarios of Agriculture in Poland to Future Climate Changes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 61, 133-144.
- Syp A., Faber A., 2017. Using Different Models to Estimate N₂O Fluxes from Maize Cultivation in Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(6), 2759-2766.
- Syp A., Faber A., Kozak M., 2016. Assessment of N₂O emissions from rapeseed cultivation in Poland by various approaches. *International Agrophysics*, 30, 501-507.
- Syp A., Osuch D., 2018. Assessing Greenhouse Gas Emissions from Conventional Farms Based on the Farm Accountancy Data Network. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(3), 1261-1268.
- Szot-Gabryś T., Sienkiewicz M.W., 2003. Planowanie strategiczne jako czynnik rozwoju gminy. Aspekt partycypacji społecznej. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio K*, 10, 123-132.
- Tuomisto H.L., Camillis C., Leip A., Pelletier N., Nisini L., Haastrup P., 2014. Carbon footprint calculator for European farms: Preliminary results of the testing phase, [In:] R. Schenck, D. Huizenga (eds.), Proceedings of the 9th international conference on life cycle assessment in the agri-food sector (LCA Food 2014). CA: ACLCA, San Francisco, 1352-1359.
- Turbiak J., Miatkowski Z., Chrzanowski S., Gąsiewska A., Burczyk P., 2011. Emisja podtlenku azotu z gleby torfowo-murszowej w Dolinie Biebrzy w zależności od warunków wodnych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 11, 4(36), 239-245.
- Urban S., 2003. Rola ziemi w rolnictwie zrównoważonym a aktualne jej zasoby w Polsce. *Acta Agraria et Silvestria ser. Agraria*, 40, 25-36.
- Verschuuren J., 2018. Towards an EU Regulatory Framework for Climate-Smart Agriculture: The Example of Soil Carbon Sequestration. *Transnational Environmental Law*, 7(2), 301-322.
- Vetter S.H., Sapkota T.B., Hillier J., Stirling C.M., Macdiarmid J.I., Aleksandrowicz L., Green R., Joy E.J.M., Dangour A.D., Smith P., 2017. Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 237, 234-241.
- Wang Y., Zhang H., Wang T.Y., 2013. Structure Decomposition Analysis of the Carbon Footprint Differences between Beijing and Tianjin. *Advanced Materials Research*, 734-737, 1960-1963.
- Węglarz A., Winkowska E., Wójcik W., 2015. Gospodarka niskoemisyjna zaczyna się w gminie. Poradnik dla polskich samorządów. Adelphi Research Gemeinnützige GmbH, Berlin.
- Wiedmann T., Minx J., 2008. A Definition of 'Carbon Footprint'. Nova Science Publishers, New York.
- Wilson T., Warren J., Raun W.R., 2013. Nitrous Oxide Emissions From Winter Wheat. Conference Paper ASA, CSSA, & SSSA International Annual Meetings, November 3-6, Tampa, Florida, USA.

- Wiśniewski P., 2015. Rolnictwo i obszary wiejskie w lokalnym planowaniu gospodarki niskoemisyjnej na przykładzie powiatu starogardzkiego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 15, 4(52), 69-81.
- Włodarczyk T., Stępniewski W., Brzezińska M., Kotowska U., 2002. N₂O emission and sorption in relation to soil dehydrogenase activity and redox potential. *International Agrophysics*, 16, 249-252.
- Wójcik-Gront E., 2015. Territorial analysis of agricultural greenhouse gas emission in Poland. *Applied Ecology And Environmental Research*, 13(2), 417-425.
- Wojtasik M., Wiśniewski P., Loranc L., 2008. Problemy erozji gleb na przykładzie kilku gmin w województwach kujawsko-pomorskim i wielkopolskim. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 3(41), 41-49.
- Wu W., 2011. Carbon footprint – A case study on the municipality of Haninge. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Wysocka-Czubaszek A., Czubaszek R., Roj-Rojewski S., Banaszuk P. 2018. Methane and Nitrous Oxide Emissions from Agriculture on a Regional Scale. *Journal of Ecological Engineering*, 19(3), 206-2017.
- Żmija D., 2014. Zrównoważony rozwój rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce, [w:] A. Karteczek, A. Rączaszek (red.), *Polityka gospodarcza w okresie transformacji i kryzysu*. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Katowice, 149-158.
- Żukowska G., Myszura M., Baran S., Wesołowska S., Pawłowska M., Dobrowolski Ł., 2016. Agriculture vs. Alleviating the Climate Change, *Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development*, 11(2), 67-74.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Moje zainteresowania naukowe rozwinęły się już w trakcie studiów geograficznych na Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego (obecnie Uniwersytet Kazimierza Wielkiego), które odbywałem w latach 2000-2005. Z uwagi na wybór seminarium magisterskiego, prowadzonego pod opieką dra Romana Dysarza, moje zainteresowania badawcze i tematyka pracy magisterskiej dotyczyły wybranych problemów presji antropogenicznej na środowisko na poziomie gminy. Po zakończeniu studiów (z wyróżnieniem), pracując na co dzień w szkole ponadgimnazjalnej (Zespół Szkół Żeglugi Śródlądowej im. kmdr. B. Romanowskiego w Nakle nad Notecią), rozpocząłem współpracę naukową z dr hab. inż. Mieczysławem Wojtasikiem, prof. UKW. W ramach współpracy z Instytutem Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy (na podstawie umowy-zlecenia), w latach 2006-2010 prowadziłem zajęcia dla studentów z przyrodniczych podstaw zrównoważonego rozwoju, gleboznawstwa, hydrologii i limnologii. Mimo braku stałego zatrudnienia na uczelni, przy współpracy z prof. M. Wojtasikiem, rozpocząłem badania naukowe skierowane początkowo przede wszystkim na problematykę erozji gleb i ochrony przeciwerozyjnej na obszarach młodoglacjalnych Pomorza i Kujaw. Wcześniejsze badania na terenach morenowych dowodziły istnienia erozji

gleb nawet na stokach słabo nachylonych. Na przykład Koćmit (1998), opierając się na badaniach na terenach młodoglacjalnych Pomorza, wskazał, że procesy erozyjne zwiększają swój zasięg i intensywność, obejmując nawet tereny o słabszym urzeźbieniu, a na obszarach rolniczego użytkowania ziemi, wśród czynników wyzwalających erozję na czoło wysuwa się agrotechnika. Mimo iż erozja od wielu lat wymieniana jest jako jeden z głównych czynników degradujących gleby (Mazur i Wnuczek 2006; Józefaciuk i in. 2014), problem ochrony środowiska glebowego przed jej oddziaływaniem jest mało doceniany a w pracach planistycznych i urzędzeniowych często pomijany. Brak większego zainteresowania władz administracyjnych sprawami ochrony przeciwoerozyjnej oraz brak gotowych programów wdrożeniowych w zakresie melioracji przeciwoerozyjnych skłoniły mnie do włączenia się w dyskusję na temat zagrożenia gleb erozją oraz działań na rzecz ochrony środowiska glebowego. W swoich pracach poświęconych tej tematyce dokonałem m.in.: oceny skali zagrożenia erozją gleb oraz wyznaczenia stopni pilności ochrony przeciwoerozyjnej na przykładzie kilku wybranych gmin w województwach pomorskim, kujawsko-pomorskim i wielkopolskim (Wojtasik i in. 2007, 2008, 2009, 2010); oceny natężenia i skutków procesów erozyjnych na powierzchniach stokowych w obszarach młodoglacjalnych (Wiśniewski i Wojtasik 2014c); oceny wpływu erozji gleb na fizjonomię krajobrazu (Wiśniewski i Wojtasik 2014b), a także oceny stopnia ujęcia problematyki ochrony gleb przed erozją w powiatowych i gminnych programach ochrony środowiska oraz oceny roli tych dokumentów strategicznych w zarządzaniu przeciwoerozyjną ochroną gleb wraz z propozycjami zmian w tym zakresie (Wiśniewski 2014a, 2015b; Wiśniewski i Wojtasik 2014a). Wyniki badań zaprezentowane w ww. pracach przedstawiłem również podczas sesji referatowych lub posterowych na kilku krajowych konferencjach naukowych (pełen wykaz w załączniku nr 3), zorganizowanych m.in. przez SGGW w Warszawie, IUNG-PIB w Puławach, ITP w Falentach i UP we Wrocławiu, a także w referacie podczas sesji plenarnej na Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Nauka dla gospodarki i środowiska”, zorganizowanej przez Wydział Agrobiologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Badania nad stopniem zagrożenia gleb erozją na obszarach młodoglacjalnych Pomorza i Kujaw, a także literatura przedmiotu, skłoniły mnie do podjęcia szczegółowych badań nad rolą lasów uznanych prawnie za glebochronne w ograniczaniu erozji gleb. Po wstępnych badaniach przeprowadzonych na terenie nadleśnictwa Szubin (Wiśniewski i Wojtasik 2010, 2012), podjąłem próbę identyfikacji i oceny przeciwoerozyjnej funkcji lasów glebochronnych na obszarach zarządzanych przez RDLP w Toruniu. Do podjęcia tych badań skłonił mnie brak opracowań poświęconych szczegółowej analizie stanu i struktury lasów glebochronnych w

Polsce oraz ich skuteczności w przeciwdziałaniu erozji w krajobrazie młodoglacjalnym (w literaturze przedmiotu dominują bowiem prace z obszarów górskich lub terenów lessowych). Wyniki tych badań były głównym elementem mojej pracy doktorskiej, na podstawie której w 2012 r. Rada Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy nadała mi stopień doktora nauk rolniczych w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska.

Po zatrudnieniu na stanowisku adiunkta w Katedrze Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska UG, kontynuowałem badania nad problematyką lasów glebochronnych i ich roli w ograniczaniu procesów erozyjnych. W 2015 r., nakładem Wydawnictwa UG, ukazała się moja monografia podoktorska (Wiśniewski 2015c). Wyniki badań nad strukturą i rolą lasów glebochronnych w granicach RDLP w Toruniu, uzupełnione i wzbogacone o liczne analizy przestrzenne, zostały opublikowane w czasopiśmie *Bulletin of Geography. Physical Geography Series* (Wiśniewski i Kistowski 2015). Efektem nawiązanej w 2017 r. współpracy naukowej z prof. Michaelem Märkerem, reprezentującym Department of Earth and Environmental Sciences, Pavia University, jest publikacja w prestiżowym czasopiśmie *Geoderma* (45 pkt wg MNiSW, IF = 3.740), w której oceniliśmy rolę i skuteczność lasów glebochronnych w ograniczaniu erozji w krajobrazie młodoglacjalnym, porównując intensywność i skutki procesów erozyjnych oraz właściwości gleb na różnie użytkowanych stokach w północno-centralnej części Polski (Wiśniewski i Märker 2019).

Mój udział w pracach nad *Pilotażowym programem niskowęglowego rozwoju powiatu starogardzkiego*, stał się impulsem do podjęcia badań w drugim, bardzo aktualnym nurcie badawczym, dotyczącym problematyki obszarów wiejskich i związanej z nimi działalności rolniczej w planowaniu gospodarki niskoemisyjnej na poziomie lokalnym w Polsce. Oprócz prac stanowiących osiągnięcie naukowe będące podstawą złożenia wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego (szczegółowo opisanych w punkcie 4), opublikowałem jeszcze kilka jednoautorskich artykułów naukowych, bezpośrednio nawiązujących do tej tematyki (m.in. Wiśniewski 2014b, 2015d, 2016, 2017a, 2017b). Wraz z prof. M. Kistowskim jesteśmy także autorami monografii naukowej (Kistowski i Wiśniewski 2017), w której dokonaliśmy obszernej charakterystyki i oceny przyjętych przez lokalne samorządy planów gospodarki niskoemisyjnej, sporządzonej z wykorzystaniem naszych wcześniejszych doświadczeń w zakresie analizy dokumentów strategicznych. W książce tej dokonano również analizy ujęcia w PGN rolnictwa i obszarów wiejskich.

Oprócz ww. dwóch głównych kierunków badawczych, w moich pracach naukowych zajmowałem się także problematyką dotyczącą m.in.: potrzeb agromelioracyjnych gleb i ich

gęstości naturalnej (Wojtasik i Wiśniewski 2006, 2016), finansowania ochrony środowiska ze szczególnym uwzględnieniem środowiska glebowego (Wiśniewski i in. 2007), możliwości rozwoju żeglugi śródlądowej i jej wpływu na środowisko (Wiśniewski 2013, 2015a) oraz znaczenia dolin rzecznych jako korytarzy ekologicznych (Czochański i Wiśniewski 2018). Zagadnienia te były przeze mnie prezentowane także w pracach o charakterze popularnonaukowym, w takich czasopismach jak: Aura, Eko i My, Ekopartner, Kronika Wielkopolski.

Poniżej zaprezentowane zostały wartości wybranych mierników mojej aktywności publikacyjnej. Na ogólną liczbę 47 opublikowanych prac składa się: 35 recenzowanych artykułów naukowych (w tym 8 w czasopismach z IF, 24 w języku polskim, 11 w języku angielskim, wydanych w Polsce, Niemczech, Holandii i Danii), 2 monografie naukowe, 4 rozdziały w monografiach, 6 artykułów popularnonaukowych. W 22 pracach jestem jedynym autorem, w 20 pracach jestem jednym z dwóch autorów, w 5 jednym z trzech. We wszystkich pracach wieloautorskich jestem pierwszym autorem lub autorem korespondującym.

Tab. 1. Wybrane mierniki aktywności publikacyjnej

Okres	Łączna liczba prac	Liczba prac z IF	Liczba prac z punktacją MNiSW	Łączna wartość punktacji MNiSW*	Łączna wartość IF*
Przed uzyskaniem stopnia doktora (I 2006 - VIII 2012)	14	-	9	42	-
Po uzyskaniu stopnia doktora (IX 2012 - III 2019)	33	8	31	403	9.651
Ogółem	47	8	40	445	9.651

*wg punktacji obowiązującej w roku wydania (artykuły wydane w latach 2017-2019 wg wykazu z 2017 r.)

- liczba cytowań wg Web of Science – **18**; indeks Hirscha wg Web of Science – **3**
- liczba cytowań wg Google Scholar – **76**; indeks Hirscha wg Google Scholar – **5**

Dotychczas uczestniczyłem w 44 międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, sympozjach i seminariach (po uzyskaniu stopnia doktora w 34), podczas których

zaprezentowałem łącznie 20 referatów lub posterów. Dwukrotnie pracowałem w Komitecie organizacyjnym konferencji naukowo-samorządowych, poświęconych rewitalizacji dróg wodnych (w 2009 i 2010 r.).

Po uzyskaniu stopnia doktora byłem kierownikiem dwóch projektów badawczych służących rozwojowi młodych naukowców Wydziału Oceanografii i Geografii UG. We współpracy z Instytutem na rzecz Ekorozwoju brałem udział w realizacji *Pilotażowego Programu Niskowęglowego Rozwoju Powiatu Starogardzkiego*, realizowanego w ramach projektu "Dobry klimat dla powiatów" przez Instytut na rzecz Ekorozwoju, Związek Powiatów Polskich oraz Community Energy Plus. Obecnie jestem jednym z wykonawców projektu badawczego, realizowanego w latach 2017-2020 w ramach konkursu SONATA 12, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki. W projekcie pt. „Społeczno-ekonomiczne, środowiskowe i techniczne uwarunkowania funkcjonowania i rozwoju miejskiego transportu elektrycznego w Polsce” (kierownikiem jest dr Marcin Połom z Katedry Geografii Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Gdańskiego) jestem koordynatorem modułu odpowiadającego za aspekty środowiskowe.

W 2014 r., na bazie autorskiego projektu badań, otrzymałem stypendium naukowe dla młodych doktorów w ramach projektu „Kształcimy najlepszych – kompleksowy program rozwoju doktorantów, młodych doktorów i akademickiej kadry dydaktycznej Uniwersytetu Gdańskiego”, finansowane ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego. W latach 2016 i 2018 zostałem nagrodzony przez Rektora UG za osiągnięcia naukowe (kolejno nagrodą indywidualną stopnia II i nagrodą zespołową stopnia II).

Po uzyskaniu stopnia doktora podjąłem współpracę jako ekspert z Ministerstwem Środowiska, Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), Fundacją na rzecz Nauki Polskiej (FNP) oraz Urzędem Marszałkowskim Województwa Pomorskiego. W ramach tej współpracy brałem udział w ocenie merytorycznej 15 wniosków o dofinansowanie projektów realizowanych w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko w zakresie ocen oddziaływania na środowisko, a także recenzowałem 7 wniosków o dofinansowanie projektów w ramach Programu Badań Stosowanych NCBR w obszarze nauk biologicznych, rolniczych, leśnych i weterynaryjnych (ścieżka A), 8 wniosków w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” – BIOSTRATEG, 15 wniosków w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (dla NCBR i FNP) oraz 6 wniosków w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Pomorskiego. Byłem także recenzentem 13 artykułów naukowych w

czasopismach polskich i zagranicznych, w tym w czasopiśmie posiadającym IF (Energy Research & Social Science).

Przez kilka lat pełniłem funkcję sekretarza Bydgoskiego Towarzystwa Ekologicznego. Obecnie jestem członkiem Bydgoskiego Towarzystwa Naukowego. Jestem także członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma Geography and Tourism, wydawanego przez Instytut Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego (6 pkt MNiSW wg wykazu z 2017 r., obecnie aspiruje do bazy Scopus).

Prowadzę aktywną opiekę naukową nad studentami. Od czterech lat prowadzę seminarium dyplomowe i pracownię licencjacką na trzecim roku studiów geograficznych (w tym czasie byłem promotorem 53 prac licencjackich, a także recenzentem ok. 35 prac licencjackich i 4 prac magisterskich). Obecnie pełnię także funkcję opiekuna naukowego studentów realizujących indywidualny program studiów z opieką naukową.

W ramach współpracy naukowej i popularyzacji nauki, w ostatnich latach współpracowałem m.in. z Zespołem Parków Krajobrazowych Chełmińskiego i Nadwiślańskiego, Politechniką Gdańską, Uniwersytetem Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz IX LO w Gdyni, wygłaszając referaty i realizując sesje tematyczne podczas warsztatów i ćwiczeń terenowych oraz wykładów organizowanych dla młodzieży akademickiej i szkolnej oraz mieszkańców. W tym roku podjąłem również współpracę z Muzeum Ziemi Kościerskiej, której efektem będzie wydanie recenzowanej monografii ukazującej dzieje i walory środowiskowe Kościerzyny (pod redakcją prof. dr hab. Krzysztofa Jana Mikulskiego). Zostałem także powołany w skład Komitetu Okręgowego Olimpiady Geograficznej w Gdańsku, na kadencję 2019-2021.

Szczegółowy wykaz opublikowanych prac naukowych wraz z informacją o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki stanowi załącznik nr 3.

Literatura

- Czochański J.T., Wiśniewski P., 2018. River valleys as ecological corridors – structure, function and importance in the conservation of natural resources. Ecological Questions, 29(1), 77-87.
- Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R., 2014. Erozja gleb w Polsce – skutki środowiskowe i gospodarcze, działania zaradcze. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB, Puławy.
- Kistowski M., Wiśniewski P., 2017. Niskowęglowy rozwój obszarów wiejskich w Polsce a plany gospodarki niskoemisyjnej. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.

- Koćmit A., 1998. Erozja wodna w obszarach młodoglacjalnych Pomorza i możliwości jej ograniczenia. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica* 4B/98, 83-99.
- Mazur A., Wnuczek A., 2006. Erozja wodna gleb na przykładzie rolniczej zlewni lessowej w 2003 roku. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*, 2(409), 69-72.
- Wiśniewski P., 2013. Dolna Noteć jako element Międzynarodowej Drogi Wodnej E 70 – stan obecny i perspektywy rozwoju. *Gospodarka Wodna*, 6, 228-231.
- Wiśniewski P., 2014a. Powiatowe programy ochrony środowiska w kontekście zarządzania przeciwoerozyjną ochroną gleb na przykładzie województwa kujawsko-pomorskiego. *Woda-Środowisko- Obszary Wiejskie*, 14, 2(46), 141-153.
- Wiśniewski P., 2014. Problematyka odnawialnych źródeł energii i bezpieczeństwa energetycznego w edukacji dzieci i młodzieży. *Przegląd Naukowo-Metodyczny. Edukacja dla Bezpieczeństwa*, 3, 351-360.
- Wiśniewski P., 2015a. Dolna Noteć jako droga wodna – stan i perspektywy rozwoju. *Logistyka*, 4, 6621-6628.
- Wiśniewski P., 2015b. Problematyka ochrony gleb przed erozją w gminnych programach ochrony środowiska. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 18, 3, 311-322.
- Wiśniewski P., 2015c. Przeciwoerozyjna funkcja lasów glebochronnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Wiśniewski P., 2015d. Rolnictwo i obszary wiejskie w lokalnym planowaniu gospodarki niskoemisyjnej na przykładzie powiatu starogardzkiego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 15, 4(52), 69-81.
- Wiśniewski P., 2016. Zintegrowane planowanie gospodarki niskoemisyjnej w gminach. *Przegląd Naukowo-Metodyczny. Edukacja dla Bezpieczeństwa*, 1, 1591-1600.
- Wiśniewski P., 2017a. Ślad węglowy w planowaniu gospodarki niskoemisyjnej na obszarach wiejskich. *Inżynieria Ekologiczna*, 18(1), 58-64.
- Wiśniewski P., 2017b. Zasoby obszarów wiejskich w lokalnym rozwoju gospodarki niskowęglowej. *Studia Obszarów Wiejskich*, 45, 7-20.
- Wiśniewski P., Kistowski M., 2015. Structure and importance of soil-protecting forests in the areas administered by the RDSF Toruń. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, 8, 123-132.
- Wiśniewski P., Loranc-Wiśniewska L., Wojtasik M., 2008. Finansowanie ochrony środowiska na przykładzie Banku Ochrony Środowiska S.A. Oddział w Bydgoszczy, *Ekologia i Technika*, XVI, 5, 248-250.
- Wiśniewski P., Märker M., 2019. The role of soil-protecting forests in reducing soil erosion in young glacial landscapes of Northern-Central Poland. *Geoderma*, 337, 1227-1235.
- Wiśniewski P., Wojtasik M., 2010. Stan i znaczenie lasów glebochronnych na przykładzie Nadleśnictwa Szubin. *Ekologia i Technika*, XVIII, 3, 148-154.
- Wiśniewski P., Wojtasik M., 2012. Glebochronna funkcja lasów a zalesienia porolne na przykładzie Nadleśnictwa Szubin. *Polish Journal of Agronomy*, 11, 81-88.
- Wiśniewski P., Wojtasik M., 2014a. Rola gminnych programów ochrony środowiska w zarządzaniu przeciwoerozyjną ochroną gleb na wybranych przykładach w województwie kujawsko-pomorskim. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*, LVII, 1(440), 18-22.

- Wiśniewski P., Wojtasik M., 2014b. Wpływ erozji gleb na fizjonomię krajobrazu. *Ekologia i Technika*, 6(133), 346-351.
- Wiśniewski P., Wojtasik M., 2014c. Zróżnicowanie właściwości gleb uprawnych oraz leśnych na erodowanych stokach. *Inżynieria Ekologiczna*, 39, 198-208.
- Wojtasik M., Wiśniewski P., 2006. Potrzeby agromelioracyjne gleb na przykładzie zlewni górnej Noteci, *Ekologia i Technika*, XIV, 6, 246-250.
- Wojtasik M., Wiśniewski P., 2016. Equivalent density of soils below the level of topsoil. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(9), 3666-3672.
- Wojtasik M., Wiśniewski P., Loranc L., 2007. Erozja gleb oraz ochrona przeciwoerozyjna na przykładzie gmin Sicienko i Witkowo, *Ekologia i Technika*, XV, 3, 101-107.
- Wojtasik M., Wiśniewski P., Loranc L., 2008. Problemy erozji gleb na przykładzie kilku gmin w województwach kujawsko-pomorskim i wielkopolskim. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 3(41), 41-49.
- Wojtasik M., Wiśniewski P., Loranc L., 2009. Erozja gleb oraz ochrona przeciwoerozyjna na przykładzie gmin Trzemeszno i Nakło, [w]: Z. Babiński (red), *Środowisko przyrodnicze w badaniach geografii fizycznej. Promotio Geographica Bydgostiensia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 87-104.
- Wojtasik M., Wiśniewski P., Loranc L., 2010. Stan i potrzeby ochrony przeciwoerozyjnej w gminach Gąsawa i Łabiszyn. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*, LIII, 2, 79-81.

20.03.2018 r.
