

Konrad Prandecki
Wioletta Wrzaszcz
Marek Zieliński

ROLNICTWO A KLIMAT

1. Wprowadzenie

Rolnictwo od zawsze było powiązane z klimatem. Od klimatu zależy produktywność rolnictwa. Nieodpowiednie temperatury, opady lub siła wiatru mogą spowodować złe plonowanie lub zniszczyć dojrzewające plody rolne.

Te informacje są oczywiste nawet dla osób niezwiązanych z rolnictwem. Jednocześnie znacznie mniej osób wie, że klimat najprawdopodobniej był jednym z podstawowych czynników wynalezienia rolnictwa (Hetherington, 2012). Zgodnie z teorią oazy, sformułowaną przez antropologa V.G. Childe'a, globalne ochłodzenie zmuszało ludzi do przenoszenia się na tereny bardziej przyjazne do życia, co skutkowało zwiększeniem zagęszczenia ludności i rosnącymi trudnościami w pozyskaniu pożywienia za pomocą łowiectwa i zbieractwa. Rosnąca populacja umożliwiła również wykorzystanie nadwyżek siły roboczej do pracy na roli. Wbrew pozorom, początkowo rolnictwo wymagało dużo więcej wysiłku niż łowiectwo, a jednocześnie było obarczone dużym ryzykiem nieurodzaju, co wynikało z braku wiedzy i konieczności eksperymentowania. W ten sposób klimat, obok rosnącej populacji, najprawdopodobniej stał się przyczyną powstania i rozwoju rolnictwa. Zmieniające się warunki klimatyczne stale wpływają na uwarunkowania rozwoju rolnictwa. Niezależnie czy mamy do czynienia z ociepleniem czy ochłodzeniem, zbyt gwałtowna lub duża zmiana powoduje pogorszenie lokalnych uwarunkowań i negatywnie wpływa na produktywność rolnictwa oraz warunki życia ludzi.

Z drugiej strony rolnictwo istotnie wpływa na zmiany klimatyczne, będąc jednym z podstawowych sektorów emitujących gazy cieplarniane (GHG). W ten sposób zmiany klimatyczne ulegają przyspieszeniu, powodując negatywne skutki w przyrodzie. Istnienie obu tych procesów można określić jako swoiste sprzężenie zwrotne, które istotnie wpływa na warunki życia ludzi.

Celem niniejszego rozdziału jest pokazanie zmian zachodzących w rolnictwie w Polsce, możliwości redukcji emisji w tym sektorze oraz perspektyw w kontekście przewidywanych celów redukcyjnych. Tekst został napisany na podstawie literatury oraz badań własnych autorów. W tym celu wykorzystano m.in. dane statystyki publicznej, tj. Eurostat, GUS oraz KOBiZE.

2. Zmiany klimatyczne a rolnictwo

Nie ulega wątpliwości, że zmiany klimatyczne są skutkiem ubocznym działalności człowieka. Oczywiście mają one swoje źródło również w procesach naturalnych (por. rozdział 1.), jednakże wyniki badań naukowych oraz dane statystyczne jednoznacznie wskazują, że procesy klimatyczne mają coraz bardziej gwałtowny, nienaturalny charakter, a skala oddziaływania człowieka na klimat jest wystarczająco duża, aby stanowić tzw. *tipping point* powodujący zaburzenie równowagi w przyrodzie (por. IPCC, 2013). Z tych powodów dyskusję na temat przyczyn zmian klimatycznych można uznać za zamkniętą.

Za bezpośredni czynnik powodujący współczesne zmiany klimatyczne uznaje się przede wszystkim zwiększoną emisję gazów cieplarnianych do atmosfery, będącą wynikiem działalności człowieka. Zwiększone stężenie GHG powoduje wiele zjawisk wpływających na przyspieszone ogrzewanie się atmosfery ziemskiej, co z kolei przyczynia się do zaburzenia warunków klimatycznych panujących na Ziemi. W efekcie zmiany klimatyczne to nie tylko wzrost temperatury, ale również zmiany w zakresie m.in. opadów, wilgotności powietrza, siły wiatru, występowania okrywy śnieżnej, które wpływają na występowanie gatunków flory i fauny w danym ekosystemie.

Rolnictwo odpowiada za ok. 24% globalnej emisji gazów cieplarnianych (IPCC, 2014). Emisja ta pochodzi głównie z trzech źródeł, tj. dwutlenku węgla (CO_2), podtlenku azotu (N_2O) i metanu (CH_4). W przypadku CO_2 uważa się, że wartość emisji jest porównywalna ze zdolnością roślin uprawnych do jego absorpcji (IPCC, 2006). Z tego powodu uwaga jest skupiona głównie na pozostałych dwóch gazach, które charakteryzują się większą szkodliwością niż CO_2 . Szacuje się, że rolnictwo jest odpowiedzialne za globalną emisję około 60% N_2O i 50% CH_4 . Rolnictwo jest więc jednym z ważniejszych sektorów gospodarczych pod względem odpowiedzialności za zmiany klimatyczne. Jednakże, w przeciwieństwie do sektora energetycznego czy też przemysłu ciężkiego, rozproszony charakter rolnictwa oraz duża ilość zmiennych wpływających na emisję (i tym samym na jej monitoring) powodują, że ciężko jest podjąć skuteczne działania redukcyjne w tym sektorze. Dodatkowym utrudnieniem jest znaczenie produkcji rolnej dla bezpieczeństwa żywnościowego i tym samym przetrwania człowieka. Ponadto należy wziąć pod uwagę, że kraje typowo rolnicze w większości przypadków charakteryzują się niewielkimi dochodami, a nawet ubóstwem. To powoduje, że wdrożenie zmian, niejednokrotnie bardzo kosztownych, jest jeszcze bardziej utrudnione.

Jednocześnie zmiany klimatyczne mają duży wpływ na rolnictwo. Już sam wzrost temperatury jest wystarczająco uciążliwy, aby uznać problem klimatu za istotny dla produkcji rolnej. Zmiany temperatury powodują przesunięcie stref klimatycznych. Efekt takiego procesu nie jest jednoznaczny, ponieważ z jednej strony utrudni prowadzenie działalności rolnej na wielu obszarach (zwłaszcza w strefie równikowej i podzwrotnikowej globu), a z drugiej poprawi warunki na

terenach położonych bliżej biegunów. Głównie dotyczy to Europy Północnej, Kanady i Rosji. Globalnie spadek produkcji żywności z tego powodu może być niewielki, jednakże istotne mogą być społeczno-gospodarcze skutki takiej sytuacji, tj. spadek podaży żywności w krajach rozwijających się, w których rolnictwo obecnie stanowi podstawowy filar gospodarki oraz gdzie mieszka najwięcej konsumentów.

Wzrost temperatury wiąże się również ze zmianą plonowania. Skalę tego zjawiska trudno jest oszacować, ponieważ każdy gatunek i odmiana zachowują się inaczej. Zazwyczaj jednak wystąpienie wyższych temperatur powoduje spadek plonów (Hatfield i Prueger, 2015; Abrol i Ingram, 1996, Wang et al., 2011). W przypadku ryżu, czyli jednego z podstawowych produktów żywnościowych, jednostopniowy wzrost temperatury powoduje ok. 10% spadek plonów (IPCC, 2007).

Wzrost temperatury wiąże się również z wcześniejszym występowaniem wiosny. W przypadku północnej półkuli szacunki pokazują, że przyspieszenie wynosi od 2,3 dnia (Parmesan i Yohe, 2003) do 5,5 dnia (Root i in., 2003) na dekadę. Konsekwencją tego zjawiska jest powstająca luka czasowa pomiędzy aktywnością różnych organizmów na poszczególnych etapach łańcucha pokarmowego. Na przykład wcześniejsze kwitnienie roślin może wystąpić w okresie braku aktywności zapylaczy, a wcześniejsza aktywność szkodników upraw może wystąpić w okresie, kiedy drapieżniki żywiące się tymi szkodnikami nie zdążą jeszcze powrócić z rejonów zimowania. Takie zmiany wpływają na kolejne ogniwa łańcucha pokarmowego, co przyczynia się do spadku różnorodności biologicznej ekosystemów i tym samym pogorszenia warunków do produkcji żywności (Thackeray i in., 2010).

Jednym z efektów wzrostu temperatury jest również wydłużenie cyklu wegetacyjnego roślin. W przypadku Polski zakłada się, że dla roku 2030, w porównaniu z rokiem 2000, okres ten wydłuży się o 16 dni, tj. do 203 (Ministerstwo Środowiska, 2013). Zmiana ta jest dość znacząca i może wpłynąć na plonowanie roślin.

Wzrost temperatury to również narastające ryzyko migracji gatunków obcych, które mogą wpłynąć na równowagę lokalnych ekosystemów. W Polsce około 10% gatunków obcych ma destrukcyjny wpływ na rodzimą przyrodę. Za przykład może posłużyć ćma bukszpanowa (*Cydalima perspectalis*), która jest obserwowana w kraju od roku 2012. Jednocześnie w Polsce nie występują żadne drapieżniki żywiące się tą ćmą i jej larwami, co powoduje, że rozprzestrzenia się bardzo szybko niszcząc krzewy bukszpanu. Inne przykłady szkodliwych, inwazyjnych gatunków to barszcz Sosnowskiego, nawłóć kanadyjska, norka amerykańska i komar tygrysi. Ryzyko naruszenia równowagi przez gatunki inwazyjne występuje również w rolnictwie.

Wzrost stężenia CO₂ prowadzi do większego wzrostu roślin i przyspieszenia procesów wegetacyjnych. Proces ten jest powiązany ze wzrostem całej rośliny, a nie tylko jej plonu. Szacuje się, że przy wzroście temperatury o 1 stopień

następuje 4–5-krotny wzrost liści i kwiatów (Wolkovich i in., 2012). Wzrost ten wymaga wzmożonej aktywności owadów oraz zwiększonego zapotrzebowania na wodę.

Ten drugi czynnik jest szczególnie istotny w kontekście zmian klimatycznych, ponieważ zmiany klimatu istotnie wpływają na warunki wodne. W znacznej części świata deficyt wody jest silnie odczuwalny (Chartres i Varma, 2010). W roku 2009 na jej niedostatek cierpiało ok. 2,8 mld ludzi, a w roku 2030 problem ten może dotyczyć nawet 3,9 mld osób (Lean, 2009)¹. To będzie skutkować zarówno zmniejszonymi możliwościami produkcji roślinnej i zwierzęcej, jak i konfliktami zbrojnymi o zasoby wody (por. Prandecki i Sadowski, 2010). W wielu regionach świata dostęp do wody staje się największym wyzwaniem, z jakim musi mierzyć się rolnictwo (Stern, 2006).

Problemy z dostępem do wody wywołane przez zmieniający się klimat to nie tylko ograniczona jej dostępność, ale zaburzenie dotychczasowych cykli jej obiegu. W wielu regionach świata roczna suma opadów może być taka sama, ale jej rozłożenie może znacząco się zmienić, tzn. zamiast równomiernych opadów mogą wystąpić okresy susz i nadmiernych opadów. Obie sytuacje są równie kłopotliwe dla rolnictwa, ponieważ prowadzą do strat w plonowaniu. Zaburzenie lokalnych cykli hydrologicznych może być również spowodowane zmianą szaty roślinnej, np. poprzez wylesianie.

W przypadku Polski zmiany klimatyczne są już zauważalne, a w kolejnych latach będą się pogłębiać. Przewidywany wzrost temperatury na terenie kraju ma być wyższy od średniej europejskiej (IPCC, 2013), co potwierdzają krajowe obserwacje. Średnie temperatury w Polsce w ostatnich latach są wyższe o około 1,5 stopnia w porównaniu ze średnią z lat 1981–2010 (IMGW, 2019). W Polsce zmiany temperatury są i będą widoczne przede wszystkim w okresie chłodnym, tj. zimą i wiosną, kiedy to wzrost temperatury jest najwyższy (Ministerstwo Środowiska, 2013). Analiza fal upałów wskazuje na wzrost ich częstotliwości i zasięgu oddziaływania. Oznacza to, że coraz częściej mają one charakter regionalny, a nie lokalny (Wibig, 2018).

Zmiany klimatyczne wpływają również na krajowe warunki wodne. Polska jest krajem ubogim w wodę (Kaczmarek, 2003). Prognozy wskazują, że warunki wodne pod wpływem zmian klimatu jeszcze bardziej się pogorszą. Trend ten jest już widoczny, a w przyszłości najprawdopodobniej jeszcze się pogłębi. Przewiduje się wzrost opadów zimą i spadek latem oraz wiosną, przy utrzymaniu obecnych trendów jesienią. Oznacza to, że dostęp do wody będzie nieadekwatny do potrzeb rolnictwa. Przewiduje się konieczność nawadniania upraw (Academia, 2020). Ponadto bardzo prawdopodobny jest wzrost ryzyka występowania ulewnych opadów (Konca-Kędzierska, 2019), który wiąże się z szybszym wpływem

¹ Warto zauważyć, że znaczna część tego niedostatku jest spowodowana ubóstwem wodnym, czyli brakiem zdolności ekonomicznych do zaspokojenia swoich potrzeb wodnych. Jednakże to ubóstwo jest również spowodowane występującym deficytem zasobów.

powierzchniowym wód i mniejszym nawodnieniem gleby. Procesom tym towarzyszy zwiększone ryzyko erozji wodnej².

Zmiany klimatyczne wiążą się również z problemami dla produkcji zwierzęcej. Można wyróżnić dwa rodzaje oddziaływania na zwierzęta: bezpośrednie i pośrednie. Czynniki bezpośrednie są związane z oddziaływaniem temperatury bezpośrednio na zwierzęta, np. zmiany temperatury otoczenia mają wpływ na metabolizm zwierząt (Babinszky et al., 2011). Skutkiem wzrostu temperatury może być też spowolniony wzrost, spadek produktywności mleka, obniżony wskaźnik poczęć u zwierząt, zmniejszony apetyt, a nawet zwiększona ich śmiertelność (Cho et al., 2011). Wzrost temperatury generuje również pośrednie efekty, np. problemy z dostępem do wody oznaczają spadek jakości pastwisk i wzrost kosztów oraz dostępności paszy. Utrzymanie odpowiedniej temperatury w budynkach i wydatki z tym związane również należy zaliczyć do pośrednich efektów zmian klimatycznych, które wpływają na produkcję zwierzęcą.

Efekty te nie będą jednakowe, gdyż w zależności od warunków klimatycznych ich siła oddziaływania będzie różna. Niejednokrotnie będzie to uzależnione od cech osobniczych poszczególnych organizmów. Z tego powodu trudno jest jednoznacznie oszacować skalę wpływu zmian klimatycznych na produkcję zwierzęcą. Szacuje się jednak, że wpływ ten będzie miał miejsce i najprawdopodobniej przybierze negatywny charakter (Nardone et al., 2010).

Powyższa, krótka charakterystyka pokazuje, że problemu zmian klimatu w rolnictwie nie można bagatelizować. Dotyczy to zarówno uprawy roślin, jak i chowu i hodowli zwierząt. Do najważniejszych grup problemów, które wpływają na rolnictwo, należy zaliczyć:

- występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych,
- zmiany opadów i dostępności wody,
- zmiany cykli wegetacyjnych,
- występowanie nowych organizmów i chorób.

Z powyższych powodów rolnictwo dla swojego dobra powinno również podjąć działania zmierzające do redukcji emisji gazów cieplarnianych.

3. Działania międzynarodowe na rzecz klimatu

Zmiany klimatyczne to problem globalny. Ich osłabienie lub powstrzymanie jest możliwe jedynie przy zaangażowaniu większości państw świata. Jest to spowodowane dwoma czynnikami. Po pierwsze skuteczne jest tylko ograniczenie światowej emisji gazów cieplarnianych, a po drugie ograniczenie to wymaga zmian gospodarczych, które muszą być wprowadzone w większości państw świata. W innym przypadku może dojść do ucieczki przemysłów wysokoemisyjnych w rejonu świata nie dbające o klimat.

² Na temat wpływu erozji na produktywność rolnictwa por. (Sharratt et al., 2015).

Dobrym momentem do podjęcia kroków na rzecz globalnej polityki klimatycznej był początek lat dziewięćdziesiątych XX w., kiedy to po zakończeniu Zimnej wojny kraje świata były skłonne do rozwiązywania problemów globalnych. Skutkiem tego był Szczyt Ziemi w Rio de Janeiro oraz podpisanie konwencji klimatycznej (UNFCCC) (1992). Wymiernym efektem tych działań były Protokół z Kioto do konwencji UNFCCC (1997), obowiązujący w latach 2008–2012 oraz Porozumienie paryskie (2015), którego zobowiązania sięgają roku 2030. Oba były pisane w duchu koncepcji zrównoważonego rozwoju, tj. nałożenia obowiązków redukcyjnych przede wszystkim na kraje rozwinięte, aby kraje rozwijające się miały mniej restrykcji. Wartość obu dokumentów polega na zapisaniu w nich konkretnych zobowiązań do redukcji emisji. W przypadku Protokołu z Kioto te zobowiązania udało się wypełnić, jednakże w kontekście Porozumienia paryskiego takie rozwiązanie może być znacznie trudniejsze do zrealizowania. Wynika to z zapisów tego dokumentu, które budzą wiele wątpliwości i niejednoznacznie opisują zobowiązania. W obu przypadkach można też zauważyć specyficzną postawę Stanów Zjednoczonych, które jako państwo nie są zainteresowane polityką klimatyczną.

Oprócz wspomnianych wyżej działań, powiązanych z Konwencją klimatyczną, należy podkreślić, że problematyka zmian klimatu jest jednym z głównych celów Agendy 2030 (*2030 Agenda for Sustainable Development*) uzgodnionej w ramach ONZ. W tym dokumencie zapisano 17 celów głównych i 169 powiązanych z nimi zadań. W kontekście zmian klimatu wskazano pięć zadań (ONZ, 2015):

- 13.1 Wzmocnić zdolności adaptacyjne i odporność na zagrożenia klimatyczne i katastrofy naturalne we wszystkich krajach.
- 13.2 Włączyć działania na rzecz przeciwdziałania zmianom klimatycznym do krajowych polityk, strategii i planów.
- 13.3 Zwiększyć poziom edukacji oraz potencjał ludzki i instytucjonalny, podnieść poziom świadomości na temat łagodzenia zmian klimatycznych, adaptacji i skutków zmian klimatycznych oraz systemów wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami.
- 13.A Wywiązać się ze zobowiązania państw rozwiniętych, będących stronami Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu (United Nations Framework Convention on Climate Change), do zmobilizowania 100 miliardów USD rocznie do 2020 roku, pochodzących z różnych źródeł, na potrzeby krajów rozwijających się, na znaczące działania, mające łagodzić skutki zmian klimatycznych, przejrzysty proces implementacji działań oraz w pełni uruchomić Zielony Fundusz Klimatyczny (Green Climate Fund) poprzez jak najszybszą jego kapitalizację.
- 13.B Promować mechanizmy zwiększające zdolność efektywnego planowania i zarządzania w zakresie zmian klimatycznych w krajach najuboższych i małych państwach wyspiarskich, w tym poprzez skupienie uwagi na potrzebach kobiet i młodzieży oraz lokalnych i marginalizowanych grupach społecznych.

W efekcie pomimo podejmowanych wysiłków globalna emisja GHG cały czas rośnie, a działania w skali globalnej są uznawane za nieadekwatne. Co więcej, szacuje się, że około roku 2035 zrówna się skumulowana emisja krajów rozwiniętych i rozwijających się. Oznacza to, że obie grupy państw będą w jednakowym stopniu odpowiedzialne za zmiany klimatyczne. W efekcie globalne wysiłki na rzecz zmian klimatycznych należy uznać za nieadekwatne, a wręcz można mówić o ich fiasku.

Niezależnie od tego w różnych regionach świata są podejmowane regionalne lub lokalne inicjatywy na rzecz redukcji emisji GHG. Głównie są one podejmowane w krajach wysokorozwiniętych, np. w krajach europejskich, Nowej Zelandii, Japonii, a także w wybranych stanach USA. Warto jednak podkreślić, że kraje rozwijające się również podejmują się takich zobowiązań. Za najważniejsze z nich należy uznać zobowiązanie Chin do osiągnięcia neutralności klimatycznej w roku 2060³. Jest to bardzo ważne zobowiązanie z kilku powodów. Po pierwsze Chiny to największy emitent gazów cieplarnianych na świecie. Po drugie jest to kraj, którego rozwój jest realizowany w oparciu o strategiczne plany wieloletnie. Uwzględnienie takiego celu w tych planach oznacza, że będzie on konsekwentnie realizowany. Po trzecie gospodarka Chin charakteryzuje się silnym wpływem państwa na podejmowaną działalność, co oznacza, że plany strategiczne będzie łatwiej zrealizować niż w przypadku liberalnych gospodarek rynkowych. Po czwarte środowisko przyrodnicze Chin zostało bardzo mocno zdegradowane i państwo oraz społeczeństwo ma już świadomość, jak duże znaczenie mają czynniki środowiskowe (w tym klimat) w kontekście jakości życia.

Podobne działania są prowadzone w Unii Europejskiej. Wspólnota, świadoma niskiej efektywności globalnych porozumień klimatycznych, podjęła w połowie pierwszej dekady XXI w. decyzję o budowie własnego systemu redukcji emisji. Jego efektem jest powstanie systemu handlu pozwoleniami na emisję gazów cieplarnianych (ang. *European Union Emissions Trading System* – EU ETS), zintegrowanie polityki klimatyczno-energetycznej (Pakiet klimatyczno-energetyczny z roku 2008) oraz sukcesywne wdrażanie kolejnych zobowiązań. Obecna redukcja emisji jest prowadzona nie tylko poprzez mechanizmy rynkowe (EU ETS), ale również poprzez uzgodnienia międzypaństwowe (redukcja w tzw. sektorach non-ETS).

Najnowsze uzgodnienia w tym zakresie zostały zapisane w strategii Europejski Zielony Ład (Komisja Europejska, 2019a), która została opublikowana w grudniu roku 2019⁴. Jej celem jest zbudowanie nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarki, która w połowie stulecia osiągnie neutralność

³ Neutralność klimatyczna oznacza, że kraj zrównoważy swoją emisję gazów cieplarnianych przez odpowiednią zdolność do pochłaniania tych gazów. Informacje na temat chińskiej deklaracji można znaleźć m.in. w (M. McGrath, 2020).

⁴ Więcej na temat Europejskiego Zielonego Ładu w kontekście rolnictwa por. (Wrzaszcz, Prandecki, 2020).

klimatyczną. Tak szeroko zakrojony cel jest możliwy do osiągnięcia poprzez holistyczne podejście, tj. jednoczesne rozwiązywanie wielu zauważonych problemów, jednocześnie w różnych sektorach gospodarki. Cel główny jest bardzo ambitny, co pozwala na traktowanie całej strategii jako kolejnego kroku na drodze do budowy nowej cywilizacji postprzemysłowej, opartej na szerokim wykorzystaniu wiedzy⁵. Europejski Zielony Ład zakłada konieczność wdrożenia idei zrównoważonego rozwoju, tj. traktowania rozwoju gospodarczego na równi z potrzebami społecznymi i środowiskowymi. Zapisy omawianego dokumentu wskazują, że ten cel w dużej mierze udało się osiągnąć, a przedstawione rozwiązania są znacznie bardziej rozbudowane i dalekosiężne niż w strategii Europa 2020 (Komisja Europejska, 2010). Postawione cele mają być realizowane przez szereg dostępnych narzędzi, tj.: regulacje i standaryzację, inwestycje i innowacje, reformy krajowe, dialog z partnerami społecznymi oraz współpracę międzynarodową. Jednym z nowych rozwiązań jest propozycja zastosowania, w wybranych sektorach, mechanizmu dostosowywania cen na towary importowane, który uwzględniałby koszty emisji CO₂. Jego celem miałyby być zmniejszenie ryzyka ucieczki emisji poza terytorium UE.

W kontekście zmian klimatu, w Europejskim Zielonym Ładzie potwierdzono konieczność osiągnięcia neutralności klimatycznej do roku 2050 poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych, połączoną ze zwiększaniem zdolności do ich pochłaniania. W opinii autorów, tj. Komisji Europejskiej, dotychczasowe działania w tym zakresie wydają się niewystarczające, dlatego też zaplanowano przegląd działań klimatycznych oraz konieczność aktualizacji długookresowej strategii klimatycznej, a także stworzenie nowego dokumentu – Europejskiego prawa o klimacie, który uwzględniałby szerokie spektrum działań zmierzających do osiągnięcia głównego celu.

Zapowiedziany przegląd jest obecnie w fazie realizacji, ale już wiadomo, że zmiany będą dotyczyć zarówno systemu EU ETS, jak i non-ETS (Komisja Europejska, 2019b). Potwierdzeniem kompleksowego podejścia do problemów w ramach Europejskiego Zielonego Ładu jest uwzględnienie w przeglądzie nie

⁵ Pojęcie „cywilizacja poprzemysłowa” jest jednym z wielu określeń, jakimi nazywa się nowy, dopiero powstający rodzaj cywilizacji. Współcześnie trudno jest jednoznacznie definiować jej kształt, ale z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że podstawową cechą będzie zwiększenie roli wiedzy w gospodarce. W opinii wielu badaczy świat znajduje się w okresie przesilenia cywilizacyjnego, podobnego do tego, które towarzyszyło rewolucji przemysłowej. Jest to proces liczony w dziesięcioleciach, jednakże jego cechą charakterystyczną jest poszukiwanie nowych rozwiązań instytucjonalnych i relacji społecznych. To poszukiwanie wiąże się z niepewnością i chaosem. Zmiany które obserwujemy, czyli internalizowanie środowiskowych efektów zewnętrznych kosztem maksymalizacji zysku, postulaty ograniczenia konsumpcji czy bardziej racjonalnego korzystania z zasobów, również w kontekście międzypokoleniowym, są przejawami budowy takiej cywilizacji. Więcej na ten temat można przeczytać w publikacjach Komitetu Prognoz, m.in. w: (Bezpieczeństwo Europy w globalnym świecie, 2018; Dokąd zmierza Europa, 2016; Rewolucja informacyjna a kryzys intelektualny, 2015).

tylko czysto klimatycznych działań, ale również pośrednio powiązanych, np. związanych ze zmianą użytkowania gruntów⁶.

W oparciu o dostępne informacje można przyjąć, że zamiast uzgodnionej wcześniej redukcji emisji w całej Unii Europejskiej na poziomie 40% w 2030 r. w porównaniu z rokiem 1990, najprawdopodobniej będziemy mieli do czynienia z redukcją na poziomie 55%⁷. W przypadku 55% redukcji emisji w całej UE szacuje się, że redukcja w sektorze EU ETS wyniosłaby 57% w porównaniu z rokiem 2005⁸, a w sektorach non-ETS – 48% (CAKE, 2020). Wiążące decyzje w tym zakresie zapadną najprawdopodobniej w pierwszym półroczu 2021 r., jednakże już obecnie można stwierdzić, że cele te będą bardzo ambitne.

Zakłada się również, że zwiększenie zainteresowania klimatem będzie wiązało się z koniecznością wdrażania redukcji emisji w kolejnych sektorach, jednakże takie działania będą coraz trudniejsze do zrealizowania ze względu na rozproszony charakter emisji, co powoduje duże trudności z monitoringiem wydawanych zaleceń i obostrzeń.

Polska, jako członek Unii Europejskiej, jest zobowiązana do przestrzegania polityk wspólnotowych, co oznacza, że musi ograniczyć swoją emisję zgodnie z ustalonymi celami. Ponadto Polska jest również sygnatariuszem porozumień międzynarodowych w tym zakresie, w tym najważniejszych z nich, tj. Konwencji klimatycznej (i dokumentów z niej wynikających) oraz Agendy 2030.

4. Wyzwania klimatyczne dla polskiego rolnictwa

Rolnictwo w Unii Europejskiej jest zaliczane do sektorów non-ETS. Oznacza to, że cele redukcyjne w tym sektorze są wyznaczone w oparciu o uzgodnienia międzypaństwowe, tj. ustalane na forum Rady Europejskiej, a nie kształtowane na wolnym rynku, czyli w ramach systemu handlu pozwoleniami na emisję gazów cieplarnianych (EU ETS).

Cele redukcyjne są ustalane dla dziesięcioletnich okresów. Obecne cele obowiązują do końca roku 2020, a kolejny okres kończy się w roku 2030. Kraje

⁶ Dla przykładu zamiana pastwisk lub terenów leśnych na grunty orne spowoduje zmniejszenie ich zdolności do pochłaniania GHG, a tym samym pogorszy bilans emisji.

⁷ Dyskusje w tym zakresie trwają. W ramach Komisji Europejskiej brano pod uwagę zmianę celu redukcyjnego na poziomie 50–55%, natomiast w Parlamencie Europejskim optowano za 60% redukcją. Pojawił się nawet postulat 65% redukcji (por. Słojewska, 2020). Spekulacje te zostały nieco ograniczone w dniu 16 września 2020 r., kiedy to Przewodnicząca Komisji Europejskiej stwierdziła, że Komisja przygotowuje propozycję 55% redukcji emisji do roku 2030. Od jej kształtu, w tym obciążeń dla poszczególnych krajów członkowskich i akceptacji przez Radę Europejską, zależy ostateczny kształt Europejskiego prawa o klimacie, ale należy przyjąć, że ustanowienie 55% redukcji jest bardzo prawdopodobne.

⁸ Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że cel dla całej UE jest liczony w odniesieniu do roku 1990, a w przypadku celów dla EU ETS i non-ETS w odniesieniu do roku 2005. Różnica wynika z decyzji podejmowanych na forum UE, która wdrożyła EU ETS w odniesieniu do bieżącej redukcji, czyli ostatniego roku, dla którego były dostępne dane, tj. 2005.

członkowskie mają zrealizować cele redukcyjne na koniec okresu, ale w czasie jego trwania są rozliczane z dokonywanych postępów oraz z tego, czy działania podejmowane przez nie dają nadzieję na osiągnięcie założonego celu.

Cel ogólny na rok 2020, na poziomie Unii Europejskiej, został już zrealizowany. Nie jest pewne, czy udało się zrealizować cele dla poszczególnych krajów. W przypadku sektorów non-ETS celem na rok 2020 jest 10% redukcja emisji w porównaniu z rokiem 2005, a do roku 2030 zakładano 30% redukcję. Jednakże, jak już wspomniano, w oparciu o założenia Europejskiego Zielonego Ładu można spodziewać się, że ten cel zostanie wzmocniony, tj. redukcja w całej UE w 2030 wyniesie 55% w porównaniu z rokiem 1990, co oznaczać będzie 48% redukcji w sektorach non-ETS w porównaniu z rokiem 2005.

Redukcja w sektorach non-ETS jest dzielona pomiędzy poszczególne kraje w zależności od ich możliwości redukcyjnych. W przypadku Polski, w okresie do roku 2020 przysługuje 14% wzrost emisji, a w okresie do roku 2030 przewidywano 7% redukcji. Zmiana celu dla UE może skutkować zmianą krajowego celu. Przewiduje się, że redukcja w Polsce może wynieść nawet 16% (CAKE, 2020).

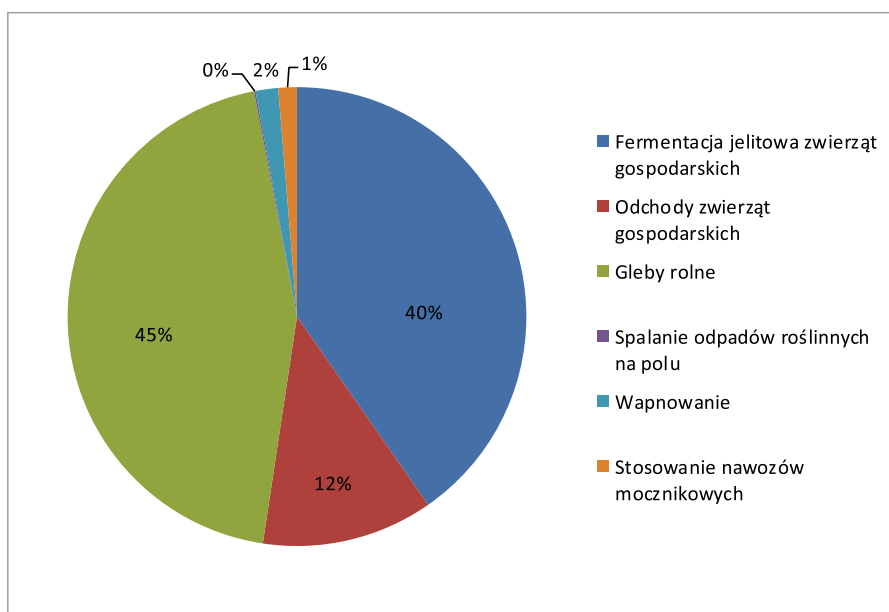
Krajowa redukcja emisji w sektorach non-ETS jest dzielona proporcjonalnie, co oznacza, że cele na kraj są jednoznaczne z celami dla sektora rolnictwa. W efekcie do roku 2020 możliwe było zwiększanie emisji, natomiast w kolejnej dziesięciolecie przewidziano spadek emisji. Zakładano, że osiągnięcie 7% spadku będzie dużym wyzwaniem, natomiast zwiększenie restrykcji może skutkować poważnymi wyzwaniami dla rolnictwa w Polsce.

Rolnictwo w Polsce jest istotnym emitentem gazów cieplarnianych (por. rysunek 6.1). Zgodnie z danymi KOBiZE sektor ten w roku 2018 był odpowiedzialny za 8% krajowej emisji gazów cieplarnianych (Ministerstwo Klimatu, 2020). Emisja ta w większości ma pochodzenie zwierzęce (por. rysunek 9.1), ale warto zwrócić uwagę, że produkcja roślinna jest równie mocno emisyjna. Z tego powodu należy spodziewać się, że obciążenia związane z wypełnieniem zobowiązań będą równo rozłożone pomiędzy działy.

Główne gazy produkowane przez rolnictwo to podtlenek azotu oraz metan (rysunek 9.2). Rolnictwo emituje niewiele dwutlenku węgla – najbardziej rozpowszechnionego gazu cieplarnianego. Użytki rolne, obejmujące ponad połowę powierzchni UE, magazynują znaczne zasoby węgla, co przyczynia się do ograniczenia CO₂ w atmosferze. Podtlenek azotu i metan są gazami o ogromnym znaczeniu, ponieważ mają dużo większy potencjał wywoływania efektu cieplarnianego niż dwutlenek węgla. Największe znaczenie w sektorze rolnym mają emisje z gleb (podtlenek azotu N₂O, pochodzący głównie z nawozów mineralnych i organicznych) oraz emisje z fermentacji jelitowej (metan CH₄, który niemal w całości pochodzi od bydła) i z odchodów zwierzęcych (emisje metanu i podtlenku azotu). Pozostałe źródła emisji mają niewielkie znaczenie, podobnie jak i emisje dwutlenku węgla, uwalnianego podczas wapnowania i aplikacji mocznika, których wielkość nie przekracza łącznie 3% całości emisji z sektora rolnego⁹.

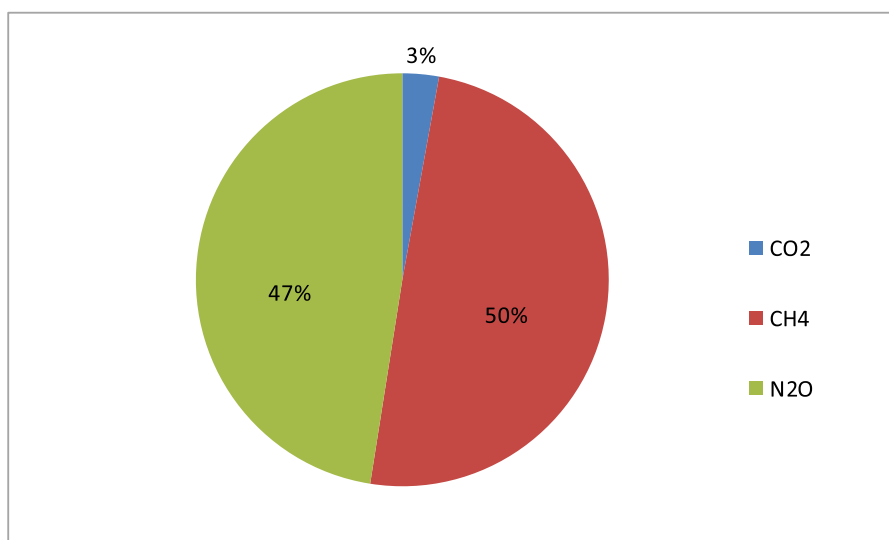
⁹ Dane dla 2015 r., za: (IOŚ-PIB, 2019).

Rysunek 9.1. Udział emisji GHG pochodzenia pochodzenia rolniczego według źródeł i rodzaju w roku 2018



Źródło: (KOBiZE, 2020b).

Rysunek 9.2. Udział poszczególnych gazów cieplarnianych w emisji pochodzenia rolniczego w roku 2018



Źródło: (KOBiZE, 2020b).

Wyzwania klimatyczne dla polskiego rolnictwa są determinowane głównie przez działania Unii Europejskiej, która, będąc globalnym liderem w tym zakresie, wprowadza najbardziej restrykcyjne rozwiązania. Cele na najbliższe lata zostały zapisane we wspomnianej powyżej strategii Europejskiego Zielonego Ładu oraz w bardziej szczegółowych dokumentach będących efektem tej strategii, m.in. w strategii „Od pola do stołu” (Komisja Europejska, 2020).

Założenia zapisane w tych dokumentach wskazują na silną potrzebę szeroko pojętej ekologizacji rolnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem kwestii klimatycznych. Instrumenty WPR z założenia powinny ułatwiać i skłaniać rolników do transformacji ekologicznej. Zdaniem Komisarza UE ds. Rolnictwa, J. Wojciechowskiego, kierunek zmiany rolnictwa na bardziej zrównoważony, ze zrównoważoną produkcją żywności i produkcją zdrowej żywności, to najlepsza droga, jaką może iść rolnictwo europejskie, a szczególnie rolnictwo polskie (Onet, 2020).

Biorąc pod uwagę procesy zachodzące w rolnictwie w Polsce, jak i źródła emisji gazów cieplarnianych, rozwiązań zmierzających do realizacji celów klimatycznych należy poszukiwać w zakresie stosowania środków do produkcji rolniczej. Środki te powinny być stosowane zgodnie z dobrymi praktykami rolniczymi, uwzględniając ich jakość, ilość i zasadność aplikacji. Rozwiązania te powinny opierać się na podejściu zasobooszczędnym, co wskazuje na potrzebę racjonalnego nawożenia¹⁰, stosowania środków chemicznych w uzasadnionych sytuacjach, podejścia energooszczędnego, a także bazowanie na własnych nawozach naturalnych i organicznych oraz źródłach energii.

W przypadku emisji gazów z fermentacji jelitowej i odchodów zwierzęcych istotną rolę odgrywa właściwa dieta zwierząt oraz gospodarka nawozami naturalnymi. Hodowla zwierząt powinna uwzględniać zabiegi redukujące emisje. Zasady poprawnego gospodarowania nawozami naturalnymi, które powinny mieć powszechne zastosowanie w ograniczeniu zanieczyszczeń środowiska i emisji pochodzących z produkcji zwierzęcej, zostały ujęte m.in. w tzw. programie azotanowym (MGMiŻŚ, 2019).

Do najważniejszych praktyk w rolnictwie, mających na celu ochronę klimatu, należy zaliczyć (Dla klimatu, 2020):

a) praktyki dotyczące produkcji roślinnej:

- praktyki na rzecz zwiększenia efektywności wykorzystania nawozów azotowych, w tym przygotowanie planów nawozowych, dostosowanie ilości azotu do potrzeb pokarmowych roślin, pozostawianie resztek roślinnych zawierających azot na polu;
- stosowanie płodozmianu i wprowadzanie wsiewek i międzyplonów, które powodują zwiększenie wiązania węgla i ilości azotu w glebie;
- stosowanie uprawy bezorkowej, co pozwala na zmniejszenie strat węgla z gleby i ogranicza emisję N_2O ;
- zwiększanie wiązania węgla poprzez zwiększanie ilości próchnicy w glebach użytków – szczególną rolę odgrywa uprawa roślin strukturotwórczych, nawozów

¹⁰ Praktyki związane z poprawnym nawożeniem zostały przedstawione m.in. (MGMiŻŚ, 2019).

organicznych i naturalnych, utrzymanie zadrzewień, trwałych użytków zielonych, użytków ekologicznych, trwałych użytków zielonych;

- poprawa efektywności nawadniania i irygacji, by uniknąć strat energii i wzrostu emisji podtlenku azotu;
- promowanie i wdrażanie ekologicznego i integrowanego systemu produkcji rolnej.

b) praktyki dotyczące produkcji zwierzęcej:

- poprawa technik karmienia zwierząt poprzez zbilansowanie dawek pokarmowych, zapewniających efektywne wykorzystywanie pasz oraz eliminowanie zbędnych ilości aminokwasów, a także dodawanie do paszy preparatów wiążących związki azotowe, będące źródłem emisji N_2O ;
- dodawanie do odchodów zwierzęcych i ściółek dla zwierząt preparatów biotechnologicznych, ograniczających emisję N_2O oraz zmniejszanie powierzchni parowania odchodów z legowisk i ściółek;
- obniżanie emisji z przechowywanych obornika i gnojowicy, m.in. poprzez stosowanie zaleceń programu azotanowego, a także wskutek obniżania temperatury składowanych odchodów poprzez odzysk i kumulację energii cieplnej czy też budowę instalacji do odzysku biogazu z fermentacji gnojowicy.

c) dotyczące wykorzystania energii w gospodarstwie:

- promocja wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE), m.in. poprzez uprawę roślin energetycznych;
- stosowanie zachęt do wdrażania inwestycji energooszczędnych w rolnictwie, co pozwala nie tylko na ograniczanie wielkości emisji, m.in. w hodowli zwierząt, w uprawie pod osłonami, czy przy pracach uprawowych;
- racjonalne zużywanie energii.

Efektywność działań na rzecz klimatu wymaga jednak popularyzacji wiedzy wśród rolników i doradców świadczących usługi w tym sektorze, uwzględniającej zalecenia, normy, wymogi prawne oraz dodatkowe praktyki na rzecz środowiska i klimatu, a także możliwości wdrażania tradycyjnych oraz nowych, innowacyjnych rozwiązań proekologicznych w uprawie roślin i hodowli zwierząt. Takie działania wymagają zaangażowania instytucji państwa w zakresie szerzenia wiedzy prośrodowiskowo-klimatycznej oraz wsparcia finansowego rolników podejmujących się reorganizacji swoich gospodarstw na rzecz dobra wspólnego. Nowa, wspólna polityka rolna w kolejnej perspektywie finansowej będzie skłaniała do takich działań zarówno poprzez obligatoryjne spełnienie wymogów, będących obwarowaniem pozyskania wsparcia, jak i wynagradzanie rolników za podjęte pożądane praktyki rolnicze. Istotną kwestią staje się budowanie świadomości ekologicznej społeczeństwa, w tym rolników, oraz popularyzacja pożądanych działań na rzecz środowiska i klimatu, by osiągnąć oczekiwany efekt skali. Biorąc pod uwagę znaczące rozdrobnienie rolnictwa w Polsce, szczególnie ważne jest wdrożenie tych praktyk w jak największej liczbie gospodarstw rolnych.

5. Dotychczasowy kierunek zmian w rolnictwie w Polsce a wyzwania klimatyczne

Rolnictwo stanowi niezmiernie ważny sektor gospodarki, zarówno w Polsce, Unii Europejskiej, jak i w innych krajach świata. Wolumen produkcji rolniczej przesądza o możliwości zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego. Jednocześnie zakres świadczonych praktyk rolniczych decyduje o wpływie rolnictwa na stan środowiska przyrodniczego, absorpcji komponentów środowiska, a także wpływie na klimat, w tym poprzez skalę emisji gazów, głównie cieplarnianych.

Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, obejmujących okres po akcesji Polski do UE, rolnictwo w Polsce znacząco się zmieniło. Zmiany te dotyczyły liczebności gospodarstw rolnych, potencjału i profilu produkcyjnego, a także potencjału ekonomicznego (tab. 9.1). W 2016 r. w rolnictwie funkcjonowało 1,4 miliona gospodarstw indywidualnych o powierzchni od 1 ha gruntów rolnych utrzymanych w dobrej kulturze rolnej. W porównaniu z 2005 r. liczebność tych gospodarstw zmniejszyła się prawie o 1/5, co wskazuje na wycofywanie się wielu rolników z tej działalności gospodarczej. Powierzchnia użytkowanych gruntów rolnych utrzymanych w dobrej kulturze rolnej wyniosła ponad 13 milionów ha i zwiększyła się o 121 tys. ha, co było wynikiem wprowadzonych zobowiązań, związanych z pozyskaniem dopłat bezpośrednich poprzez utrzymanie gruntów w dobrej kulturze rolnej. Przed akcesją Polski do UE grunty te nie były użytkowane, a część z nich była odłogowana. Obowiązek prawny przywrócenia użytkowania gruntów bądź ich utrzymania w postaci ugorów (czyli gruntów utrzymanych w dobrej kulturze rolnej), przełożył się na prośrodowiskowe praktyki rolne ich użytkowników¹¹. Mierzalnym wyznacznikiem potencjału ekonomicznego gospodarstw rolnych jest standardowa produkcja, która świadczy o potencjalnym wolumenie produkcji rolniczej, istotnej w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego. W latach 2005–2016 w przypadku standardowej produkcji odnotowano nieznaczny, blisko 5% wzrost, co świadczy o stabilizacji rolnictwa w zakresie wolumenu produkcji.

Zmiany w rolnictwie indywidualnym przekładają się na obraz przeciętnego gospodarstwa rolnego (tab. 9.2). Dane wskazują na postępujący proces powiększania się gospodarstw rolnych, zarówno pod względem powierzchni, jak i w zakresie ekonomicznym, przy malejącej nakładochłonności pracy żywej. Pomimo tych zmian przeciętne gospodarstwo indywidualne jest nadal uznawane za małe pod względem potencjału produkcyjnego. Innym ważnym czynnikiem sprzyjającym efektywnemu wykorzystaniu pracy była zmieniająca się technologia produkcji rolnej, będąca efektem modernizacji gospodarstw rolnych (Kusz, 2012; Kutkowska i in., 2015). Zaobserwowana substytucja pracy żywej pracą uprzedmiotowioną w znacznym stopniu była pochodną realizacji programów

¹¹ Rolnicy zainteresowani pozyskaniem dopłat bezpośrednich byli zobowiązani do wdrażania określonych praktyk rolniczych na użytkowanych gruntach rolnych.

Tabela 9.1. Potencjał produkcyjny rolnictwa indywidualnego

Lp.	Wyszczególnienie	2005	2016	Zmiana 2016/2005 w:	
				jednostkach	procentach*
1	Liczba gospodarstw o pow. ≥ 1 ha UR w DKR (tys.)	1 723,9	1 398,1	-325,8	-18,9
2	Użytki rolne w dobrej kulturze rolnej (tys. ha)	13 060,6	13 181,4	120,8	0,9
3	Nakłady pracy (tys. AWU)	2 035,2	1 617,0	-418,2	-20,5
4	Pogłowie zwierząt (tys. SD)	6 430,3	5 923,5	-506,8	-7,9
5	Liczba gospodarstw ze zwierzętami (tys.)	1 247,6	712,6	-535,0	-42,9
7	Standardowa produkcja (mln EUR)	20 824,1	21 824,3	1 000,2	4,8

* wartości ujemne oznaczają spadek o wskazany procent.

Źródło: (Wrzaszcz, Prandecki 2019).

Tabela 9.2. Potencjał produkcyjny przeciętnego gospodarstwa indywidualnego

Lp.	Wyszczególnienie	2005	2016	Zmiana 2016/2005 w:	
				jednostkach	procentach*
1	Użytki rolne (ha)	7,58	9,43	1,85	24,44
2	Nakłady pracy (AWU)	1,18	1,16	-0,02	-2,04
3	Obsada zwierząt przeciętnie (SD/ha)	0,49	0,45	-0,04	-8,16
4	Obsada zwierząt w gospodarstwach ze zwierzętami (SD/ha)	0,61	0,77	0,16	26,23
5	Pogłowie zwierząt w gospodarstwach ze zwierzętami (SD)	5,15	8,31	3,16	61,28
6	Standardowa produkcja (tys. EUR)	12,08	15,61	3,53	29,22

* wartości ujemne oznaczają spadek o wskazany procent.

Źródło: (Wrzaszcz, Prandecki 2019).

wsparcia rolnictwa i obszarów wiejskich, które obejmowały współfinansowanie kosztownych inwestycji, mających na celu poprawę wyposażenia budynków, jak i zakup sprzętu rolniczego (Czubak, 2012; Kuś, Matyka, 2014).

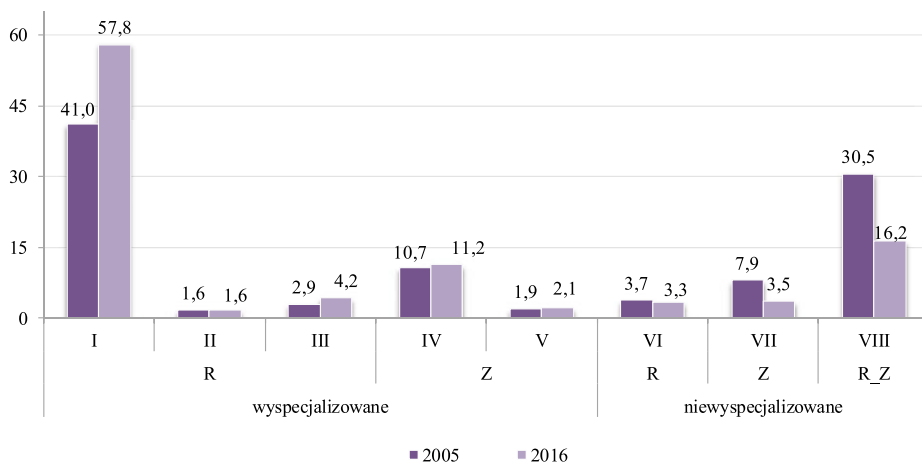
Przedstawione dane wskazują (tab. 9.1 i 9.2), że z jednej strony w badanym okresie nastąpił spadek pogłowia zwierząt oraz liczby gospodarstw utrzymujących zwierzęta¹², w których we wcześniejszych latach produkcja zwierzęca nie była

¹² Istotny wzrost liczebności gospodarstw bezinwentarzowych, które obecnie stanowią połowę populacji gospodarstw indywidualnych, wskazuje na upraszczanie i zawężanie produkcji rolnej, a tym samym na zachodzący proces specjalizacji gospodarstw rolnych w kierunku produkcji roślinnej.

dominującą¹³, z drugiej zaś nasiliła się koncentracja produkcji zwierzęcej oraz specjalizacja gospodarstw nastawionych na ten kierunek produkcji (rysunek 9.3). Wyniki te potwierdzają zjawisko polaryzacji gospodarstw w zakresie prowadzenia produkcji zwierzęcej. Obydwa procesy – zarówno likwidacja produkcji zwierzęcej, jak i wysoka jej koncentracja oraz specjalizacja – niosą ze sobą różne skutki ekonomiczne i środowiskowe, w tym dla środowiska glebowego. W przypadku skutków ekonomicznych wycofywanie się gospodarstw z produkcji zwierzęcej wiąże się z zawężeniem źródeł dochodów z działalności rolnej, zaś zwiększenie rozmiarów produkcji zwierzęcej umacnia pozycję rynkową producenta oraz przekłada się na jego przychody ze sprzedaży produktów zwierzęcych oraz wyniki produkcyjno-ekonomiczne (Ziętara, 2014).

Biorąc pod uwagę kwestie środowiskowe, zarówno likwidacja kierunku produkcji zwierzęcej, jak i wysoka skala produkcji zwierzęcej skutkuje ujemnymi efektami środowiskowymi. Likwidacja inwentarza żywego wiąże się z większym wyzwaniem organizacyjnym i kosztowym, by pokryć zapotrzebowanie uprawianych roślin na niezbędne składniki pokarmowe (konieczny zakup nawozów, w tym głównie nawozów mineralnych). Mierzalnym skutkiem ograniczenia ilości nawozów naturalnych w gospodarstwach bezinwentarzowych jest również zmiana zawartości glebowej materii organicznej. Ubytek substancji organicznej może być niwelowany poprzez uprawę roślin strukturotwórczych, zastosowanie nawozów

Rysunek 9.3. Struktura gospodarstw indywidualnych według typu rolniczego



* Dominujący kierunek: R – produkcja roślinna, Z – produkcja zwierzęca. Typy rolnicze, gospodarstwa wyspecjalizowane w produkcji roślinnej I – polowej, II – ogrodniczej, III – trwałej, wyspecjalizowane w chowie IV – przeżuwaczy, V – ziarnożernych; niewyspecjalizowane z mieszaną produkcją VI – roślinną, VII – zwierzęcą, VIII – roślinną i zwierzęcą.

Źródło: (Wrzaszcz, Prandecki 2019).

¹³ Z produkcji zwierzęcej głównie wycofują się gospodarstwa niewyspecjalizowane, zawężając swój profil produkcji (rysunek 9.3).

organicznych pochodzenia roślinnego bądź zakup nawozów naturalnych od producentów zajmujących się wysokotowarową produkcją zwierzęcą. Natomiast wysoka specjalizacja gospodarstw w produkcji zwierzęcej skutkuje wysokimi emisjami gazów oraz odoru, niedogodnościami dla środowiska sąsiedzkiego, jak również potrzebą zagospodarowania nadwyżek nawozów naturalnych (w zakresie ich przechowywania, transportu, sprzedaży), co wymaga podjęcia dodatkowej aktywności rynkowej (Krasowicz i in., 2011). Utrzymanie się obserwowanych, niekorzystnych dla środowiska przyrodniczego tendencji będzie kreować kolejne wyzwania dla zapewnienia prośrodowiskowej gospodarki rolnej.

Podstawą idei zrównoważonego rozwoju jest ochrona zasobów środowiska przyrodniczego, w tym ochrona gleby. Wśród praktyk rolniczych korzystnie oddziałujących na jej stan wymieniane są: zmianowanie roślin, uwzględnienie uprawy roślin o właściwościach chroniących glebę przed niekorzystnymi warunkami zewnętrznymi, a także zbilansowanie produkcji roślinnej i zwierzęcej na poziomie gospodarstwa rolnego, bilansowanie materii organicznej oraz składników odżywczych.

Obecnie ponad połowa gospodarstw indywidualnych w Polsce to jednostki specjalistyczne, nastawione na tradycyjną uprawę polową (rysunek 9.3). W przypadku tych gospodarstw szczególnie ważna jest struktura zasiewów, która determinuje kierunek i skalę oddziaływania produkcji roślinnej na środowisko przyrodnicze. Udział roślin strukturotwórczych w strukturze zasiewów jest ważnym wyznacznikiem oceny produkcji roślinnej w zakresie środowiskowym. W kontekście poprawy jakości gleby szczególne znaczenie przypisane jest uprawie takich roślin, jak: motylkowe, strączkowe, trawy na gruntach ornych, jak również ich mieszanki. Rośliny strukturotwórcze mogą być uprawiane zarówno w formie plonu głównego, jak i poplonu, w tym także z przeznaczeniem na nawozy zielone. Właściwości degradacyjne mają zaś uprawy okopowe, warzywa, kukurydza, inne zboża, a także rośliny przemysłowe. O ich wpływie na stan gleby informują wskaźniki reprodukcji i degradacji glebowej materii organicznej (Harasim, 2006). W kontekście ochrony gleby szczególnie ważna jest zimowa okrywa roślinna na gruntach ornych, którą tworzą zarówno gatunki ozime roślin uprawianych w plonie głównym, jak i poplonu.

W 2016 r. powierzchnia pod zasiewami na gruntach ornych wyniosła 9,6 mln ha, podobnie jak w 2005 r., co świadczy o stabilizacji w zakresie przeznaczania użytków rolnych pod tradycyjną produkcję polową (tab. 9.3). W zasiewach na gruntach ornych dominowały i nadal dominują uprawy zbożowe, aczkolwiek ich powierzchnia zmniejszyła się na korzyść innych upraw. Zmiany te dotyczyły uprawy roślin mniej popularnych, stanowiących niewielką część powierzchni zasiewów. Struktura zasiewów zmienia się w kierunku prośrodowiskowym, co uwidoczniło się zarówno w uprawie roślin w plonie głównym, takich jak motylkowate oraz ich mieszanki, a także poplonów – mających szczególne znaczenie przeciwerozyjne i strukturotwórcze dla gleby. Podobnie zwiększa się okrywa zimowa na gruntach ornych, głównie za sprawą uprawy

ZMIANA KLIMATU

Tabela 9.3. Powierzchnia i struktura zasiewów na gruntach ornych

Lp.	Wyszczególnienie	Powierzchnia w tys. ha		Udział		
		2005	2016	zmiana %*	2005	2016
1	Powierzchnia zasiewów ogółem	9 670,9	9 614,9	-0,6	100,0	100,0
2	Okopowe	815,8	460,1	-43,6	8,4	4,8
3	Kukurydza na zielonkę i warzywa	455,9	775,3	70,1	4,7	8,1
4	Zboża i przemysłowe	7 841,3	7 548,3	-3,7	81,1	78,5
5	Strukturotwórcze	548,1	826,7	50,8	5,7	8,6
6	Poplony ogółem	297,8	1 139,6	282,7	3,1	11,9
7	Rośliny ozime w plonie głównym	4 292,4	4 198,5	-2,2	44,4	43,7
8	Nawozy zielone w plonie głównym	28,3	15,6	-44,8	0,3	0,2

* wartości ujemne oznaczają spadek o wskazany procent.

Źródło: (Wrzaszcz, Prandekci 2019).

Tabela 9.4. Zrównoważenie środowiskowe rolnictwa (wartości przeciętne)

Lp.	Wyszczególnienie	2005	2016	Zmiana 2016/2005 w:	
				jednostkach	procentach**
1	Udział zbóż w zasiewach (%)	76,95	70,44	-6,51	x
2	Udział okrywy zimowej na gruntach ornych (%)	49,00	53,00	4,00	x
3	Intensywność obsady zwierząt (SD/ha UR)	0,49	0,45	-0,04	-8,16
4	Bilans substancji organicznej (t/ha GO)	0,09	0,23	0,14	155,56
5	Bilans azotu (kg N/ha UR) 2007*	43,78	32,97	-10,81	-24,69
6	Bilans fosforu (kg P/ha UR) 2007*	5,73	-0,38	-6,11	x
7	Bilans potasu (kg K/ha UR) 2007*	8,24	-0,45	-8,69	x

* Ze względu na zakres badania SGR wskaźniki dotyczące gospodarki nawozowej obejmowały 2007 r. i 2016 r.

** wartości ujemne oznaczają spadek o wskazany procent.

Źródło: (Wrzaszcz, Prandekci 2019).

poplonów, która przyczynia się do ochrony gleby, m.in. przed zjawiskiem erozji. Spadła powierzchnia uprawy roślin silnie degradujących glebę, jakimi są rośliny okopowe. Likwidacja znaczącej części powierzchni ich uprawy była podyktowana zarówno zmieniającymi się uwarunkowaniami rynkowymi, jak też zmianami organizacyjnymi w produkcji zwierzęcej w gospodarstwach rolnych. Zmieniła się

skala produkcji zwierzęcej, determinująca zapotrzebowanie na pasze oraz system żywienia zwierząt.

Istotną rolę we wprowadzaniu zmian w produkcji roślinnej należy przypisać różnym mechanizmom administracyjnym. W okresie 2005–2016 wdrażano instrumenty, które obligowały lub zachęcały rolników do dywersyfikacji uprawianych roślin, w tym programy rolnośrodowiskowe, wsparcie bezpośrednie do uprawy roślin strukturotwórczych, a także nowy mechanizm zazielenienia (tzw. *Greening*). Od 2015 r. zazielenienie obowiązuje wszystkich ubiegających się o pełne wsparcie bezpośrednie. Mechanizm ten zobowiązał rolników do dywersyfikacji roślin polowych, jak i zachowania obszarów proekologicznych (ang. *Ecological Focus Areas*), które także uwzględniały powierzchnię roślin korzystnie oddziałujących na stan gleby (tzw. uprawy wiążące azot), (EP reg. 1307/2013; EP reg. 639/2014). Podstawowym celem zazielenienia jest ochrona różnorodności biologicznej, jednakże ma ono również wpływ na utrzymanie zdolności do pochłaniania gazów cieplarnianych. Jak wskazały wyniki badań przeprowadzone na danych Polskiego FADN za lata 2014–2015, w gospodarstwach rolnych zobligowanych do mechanizmu zazieleniania nastąpiły istotne – środowiskowe – zmiany w produkcji roślinnej w pierwszym roku obowiązywania tego instrumentu (Wrzaszcz, 2017).

Jako kompleksowy wskaźnik oceny relacji między produkcją roślinną a zwierzęcą służy bilans glebowej materii organicznej. Materia organiczna ma podstawowe znaczenie w utrzymaniu chemicznych, fizycznych i biologicznych właściwości gleb na odpowiednim poziomie. Pełni ona również istotną rolę w obiegu wody, stabilizacji struktury gleby, sekwestracji węgla, kształtowaniu bioróżnorodności, a także produktywności roślin (Krasowicz i in., 2011). Wszelkie ubytki materii na skutek prowadzenia czy zaprzestania jednej działalności produkcyjnej powinny być niwelowane poprzez odpowiednią organizację pozostałych działalności rolniczych. Taka sytuacja miała miejsce też w rolnictwie indywidualnym. Ubytek materii organicznej na skutek ograniczania produkcji nawozów naturalnych jest rekompensowany (w skali całego sektora) poprzez pozytywne zmiany w produkcji roślinnej – uprawę roślin motylkowatych¹⁴.

Ważnym elementem organizacji produkcji roślinnej jest właściwe odżywienie uprawianych roślin. Główne składniki pokarmowe to azot (N), fosfor (P) i potas (K). Stosowane składniki nawozowe powinny pokrywać zapotrzebowanie pokarmowe uprawianych roślin, jednocześnie nie tworząc niebezpiecznych dla środowiska nadwyżek. Azot uznawany jest za składnik biogeny, który stosowany w nadmiarze będzie skutkował zanieczyszczeniem środowiska przyrodniczego. Jak wskazują przedstawione dane, przeciętne saldo bilansu azotu nie budzi zastrzeżeń w kontekście potencjalnej presji środowiskowej, a obserwowany

¹⁴ Istnieją także inne źródła egzogenne materii organicznej, do których należą osady ściekowe, osady denne oraz pofermenty (Siebielec S., Siebielec G., 2019).

spadek można uznać za znaczący¹⁵. Także w przypadku fosforu i potasu odnotowano tendencję spadkową. W przypadku tych dwóch makroskładników wyniki sald bilansów są zbyt niskie, co wskazuje na konieczność korzystania przez uprawiane rośliny z zasobów skumulowanych w glebie. Otrzymane wyniki wskazują, że gospodarka nawozowa w rolnictwie indywidualnym jest oparta głównie na nawozach azotowych, natomiast zdecydowanie mniejsza waga przykładana jest do potrzeb pokarmowych roślin w zakresie nawozów fosforowych i potasowych.

Ważną rolę w ochronie środowiska, w tym klimatu, na poziomie gospodarstwa rolnego odgrywa ekologiczny system gospodarowania, który od 2004 r. wspierany jest w ramach kolejnych Programów Rozwoju Obszarów Wiejskich, podobnie jak inne działania na rzecz zrównoważonego rozwoju rolnictwa. Ekologiczne gospodarstwo z założenia powinno wyróżniać się odmienną organizacją produkcji rolnej wobec tej, którą cechują się gospodarstwa konwencjonalne. Gospodarstwa ekologiczne z racji znacznego ograniczenia przemysłowych środków do produkcji rolnej powinny bazować na naturalnych procesach środowiskowych i wykorzystywać je w produkcji rolnej. Stąd produkcja rolna w gospodarstwach ekologicznych, zgodnie z zasadami prawa, powinna bazować na praktykach rolniczych korzystnie oddziałujących na jakość gleby. W latach 2005–2016 dynamicznie wzrosła liczba gospodarstw ekologicznych, certyfikowanych¹⁶. W 2016 r. liczebność tej grupy wyniosła ponad 16 tys. gospodarstw, zajmując powierzchnię 608 tys. ha UR. Odpowiednio ich udział w liczebności gospodarstw indywidualnych stanowił 1,2% oraz 4,5% powierzchni użytków rolnych w dobrej kulturze rolnej¹⁷. Istotną determinantą tego procesu było wsparcie tych gospodarstw ze środków przeznaczonych na rozwój obszarów wiejskich w ramach PROW 2004–2006. Systematyczny wzrost potencjału gospodarstw ekologicznych w Polsce należy uznać za pożądany kierunek w rozwoju rolnictwa, ze względu na dostarczane korzyści, głównie środowiskowe i społeczne, jakie one przynoszą (Runowski, 2012). Biorąc pod uwagę obiecujące prognozy popytu na ekologiczną żywność oraz planowane subsydiowanie produkcji ekologicznej w kolejnej perspektywie budżetowej UE, można spodziewać się dalszego rozwoju gospodarstw ekologicznych.

W latach 2005–2016 w gospodarstwach ekologicznych także zachodził proces upraszczania i specjalizacji produkcji, co świadczy o zbieżności obserwowanych procesów z tymi, które mają miejsce w gospodarstwach konwen-

¹⁵ Bilans azotu dla całego sektora jest relatywnie niski w porównaniu z wartościami referencyjnymi (Kopiński, 2017), a obserwowane zmniejszenie wartości salda było w znacznym stopniu wynikiem ograniczenia nawożenia naturalnego (Wrzaszcz, Kopiński, 2019).

¹⁶ Jak wskazują dane GIJHARS, w ostatnich kilku latach odnotowywany jest spadek liczebności gospodarstw ekologicznych (GIJHARS, 2019), co było zbieżne ze zmianą warunków subsydiowania tych gospodarstw.

¹⁷ Szczegółowe wyniki dotyczące rolnictwa ekologicznego w latach 2005–2016 przedstawiono w: (Wrzaszcz, 2018).

cyjonalnych. Gospodarstwa ekologiczne coraz rzadziej specjalizują się w produkcji zwierzęcej, jak również coraz rzadziej prowadzą niewyspecjalizowaną produkcję zwierzęcą. Postęp w specjalizacji w uprawach polowych gospodarstw ekologicznych był nawet szybszy w porównaniu z konwencjonalnymi (Dudek i in., 2019). Takie wyniki badań nasilają potrzebę dyskusji w zakresie kryteriów, jakie powinny spełniać gospodarstwa ekologiczne. Procesy rynkowe wymuszają upraszczanie produkcji rolnej w gospodarstwie, w tym także w gospodarstwie ekologicznym. Umacnianie się procesów upraszczania i specjalizacji produkcji w gospodarstwach ekologicznych może stać w sprzeczności z potrzebą wdrażania praktyk zgodnych z ideą zrównoważonego rozwoju. Innowacje ekologiczne w tym zakresie powinny uwzględniać rozwój produkcji zwierzęcej, co wymaga weryfikacji obecnych wymogów prawnych oraz wsparcia kolejnych ogniw łańcucha żywności ekologicznej, w tym sektora przetwórstwa. Jak wskazują analizy prowadzone przez Główny Inspektorat Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych, możliwość zbytu mleka czy mięsa z produkcji ekologicznej jako produktu ekologicznego nadal jest wyzwaniem (GIJHARS 2017).

Wyzwania dla rolnictwa, w tym dostrzegane problemy środowiskowo-klimatyczne, powodują konieczność wdrożenia szeregu działań/praktyk naprawczych, wpisujących się w strategię „Od pola do stołu”. Wymagają one interdyscyplinarnych badań naukowych, zaangażowania polityki (odpowiedniego instrumentarium) oraz aplikacji rozwiązań na poszczególnych etapach łańcucha żywnościowego. Stworzenie przyjaznego środowisku systemu żywnościowego wymaga stosowania zrównoważonych praktyk rolniczych. Jak wskazały przytoczone dane, choć rolnictwo w Polsce zmienia się w kierunku zrównoważonym (następuje m.in. poprawa organizacji produkcji roślinnej, popularyzacja ekologicznego systemu gospodarowania), to nadal pozostaje wiele do zrobienia (m.in. w zakresie postępującej specjalizacji gospodarstw i upraszczania produkcji, w tym także rezygnacji z produkcji zwierzęcej i problemu braku nawożenia naturalnego).

Warto podkreślić, że w krajowym rolnictwie możliwości zwiększenia skuteczności redukcji emisji GHG należy szukać we wzmocnieniu pozycji rolników i w rezultacie w zwiększeniu ich udziału w tworzeniu wartości dodanej w łańcuchach dostaw żywności, w tym przede wszystkim poprzez ich skracanie, co jest niezmiernie ważne w sytuacji szybkiej koncentracji w pozostałych ich ogniwach. Potrzebne są zatem działania na rzecz wsparcia wspólnych inicjatyw gospodarstw (w formie np. grup producenckich) oraz wzmocnienie ich powiązań z zakładami przetwórczymi i sieciami sklepów, a także rozwój lokalnych rynków rolno-spożywczych. Tego typu działania stworzą gospodarstwom możliwość uzyskiwania wyższych dochodów dzięki większym możliwościom negocjowania i ustalania korzystniejszych warunków umów oraz zdobycia większej wiedzy i umiejętności (w tym w zakresie wykorzystania nowoczesnych kanałów dystrybucji swoich produktów), a także sprawniejszej wymiany informacji z pozostałymi uczestnikami łańcucha. Skracanie łańcuchów dostaw żywności jest

jedną z ważnych możliwości poprawy sytuacji ekonomicznej gospodarstw o mniejszej sile ekonomicznej (Wrzaszcz, Zieliński, 2020). Taka poprawa przyczyni się do zwiększenia zdolności tych gospodarstw do realizacji działań związanych z polityką klimatyczną.

Uwzględnianie kwestii zrównoważonego rozwoju we wszystkich obszarach polityki UE poprzez wspieranie „zielonego” finansowania i „zielonych” inwestycji to wyjście naprzeciw stawianym celom i wyzwaniom sformułowanym w strategii. Osiągnięcie zamierzeń przedstawionych w Europejskim Zielonym Ładzie wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych. By polityka była efektywna niezbędne jest jej ugruntowanie na podstawach merytorycznych, będących efektem badań naukowych. Ważną kwestią są także szkolenia związane z potrzebą podnoszenia kwalifikacji różnych uczestników łańcucha żywnościowego, w tym także rolników. Na te potrzeby zwrócono uwagę w strategii „Od pola do stołu”, co powinno sprzyjać realizacji przyjętych celów.

Mimo przyszłych potencjalnych trudności w osiągnięciu przyjętych celów, niezbędne jest kreowanie rozwiązań poprawiających obecny stan w kierunku zamierzonego – zrównoważonego rozwoju. Trzeba zwrócić uwagę, że w przypadku polskiego rolnictwa jedną z możliwości wdrożenia koncepcji Zielonego Ładu jest wzmocnienie ochrony środowiska naturalnego i klimatu poprzez wzrost poziomu innowacyjności gospodarstw rolnych w zakresie automatyzacji, cyfryzacji oraz technik rolnictwa precyzyjnego, które coraz silniej decydują o przewagach konkurencyjnych gospodarstw rolnych w UE. Warto jednak dodać, że przejmo- wanie i wdrażanie najnowszych technologii nie dotyczy całego sektora rolnictwa w Polsce. Gospodarstwa o większej sile ekonomicznej wprowadzają już wiele innowacji w produkcji rolniczej, poprawiających ich efektywność produkcji i jednocześnie ograniczających ich negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze i klimat. W przypadku gospodarstw mniejszych niedostateczny rozwój rynku specjalistycznych usług rolniczych oraz wysokie koszty ich zakupu nadal mocno ograniczają ich dostępność (Wrzaszcz, Zieliński, 2020). Innowacyjność, a dokładniej innowacyjność ekologiczna, powinna być rozumiana szeroko. Zastosowanie rozwiązań technologicznych ma tu znacznie, ale to nie jest jedyny jego wyznacznik.

W rozumieniu ogólnym za innowację uznaje się „wdrożenie nowego lub znacząco usprawnionego produktu (dobra lub usługi) lub procesu, nowej metody marketingowej lub nowej metody organizacji działalności gospodarczej lub relacji zewnętrznych. Działania innowacyjne mają charakter naukowy, technologiczny, organizacyjny, finansowy lub handlowy i mają prowadzić bądź prowadzą do wdrożenia innowacji” (OECD, 2005). KE pod pojęciem innowacji ekologicznych uznaje wszelkie formy działań zmierzające do znacznego i widocznego postępu w kierunku realizacji celów zrównoważonego rozwoju, poprzez ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko lub osiąganie większej skuteczności i odpowiedzialności w zakresie wykorzystania zasobów (European Commission, 2007). Opierając się na powyższych zasadniczych definicjach, pod pojęciem

innowacji ekologicznych w rolnictwie należy rozumieć także takie zmiany organizacyjne, które na poziomie gospodarstwa rolnego uznawane są jako nowe i polegają na prośrodowiskowej organizacji i metodach produkcji rolnej, w tym popularyzacji ekologicznego systemu produkcji. Z założenia zmiany te prowadzą do poprawy relacji zachodzących między produkcją rolną a środowiskiem przyrodniczym (Dudek i in., 2019). Znaczenie ekoinnowacji w rolnictwie jest szczególnie istotne z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju, ponieważ rolnictwo jest jednym z sektorów ściśle zależnych od warunków przyrodniczych. W ujęciu całego sektora rolnego szczególnie ważne jest rozpowszechnianie prośrodowiskowych rozwiązań organizacyjnych, które zmniejszają presję środowiskową działalności rolnej oraz generowane koszty zewnętrzne. W tym rozumieniu, im większa jest skala wdrażania rolnośrodowiskowych praktyk rolniczych, tym większy zasięg innowacji ekologicznych w rolnictwie w Polsce.

6. Perspektywy zmian w zakresie emisji gazów cieplarnianych pochodzenia rolniczego

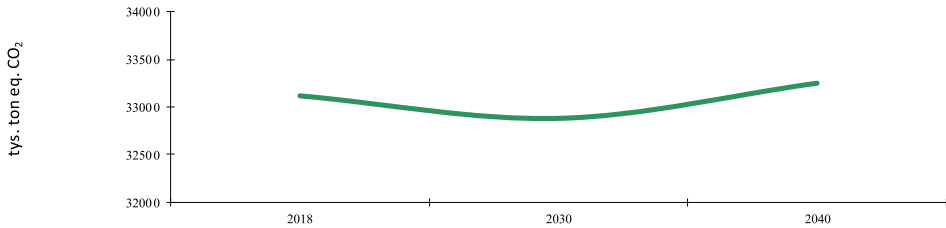
W Polsce coroczna inwentaryzacja gazów cieplarnianych prowadzona jest przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), nad którym swój nadzór sprawuje Ministerstwo Klimatu. KOBiZE inwentaryzację gazów cieplarnianych przygotowuje na potrzeby realizacji zobowiązań związanych z ratyfikacją przez Polskę Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonej w Nowym Jorku w 1992 r., Protokołu z Kioto, oraz poprawki do tego protokołu sporządzonej na osiemnastej Konferencji Stron w Ad-Dausze (Katar) w 2012 r., zwanej poprawką dauhańską¹⁸.

Biorąc pod uwagę, że Polska zobowiązała się realizować międzynarodowe cele redukcji emisji gazów cieplarnianych, jednym z jej obowiązków jest przygotowywanie przez KOBiZE aktualnych raportów inwentaryzujących wielkość tych emisji, wraz ze stosowną ich projekcją odnoszącą się do wszystkich sektorów, w tym do rolnictwa. W przypadku rolnictwa projekcja ta wykonywana jest przez KOBiZE na podstawie danych dotyczących prognozowanych w nim zmian aktywności, przygotowywanych corocznie wspólnie z instytucjami nadzorowanymi przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) (Jugowar et al., 2019).

Warto dodać, że KOBiZE najnowszą projekcją emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa wykonał w perspektywie 2040 r. i zawarł ją w Czwartym Raporcie Dwuletnim dla UNFCCC. Według niej (rysunek 9.4) krajowe rolnictwo w 2040 r. wyemituje 33 249,44 tys. ton eq. CO₂, tj. o 4,0% więcej niż w 2018 r. (KOBiZE, 2020a).

¹⁸ Poprawka dauhańska jest kontynuacją międzynarodowych zobowiązań krajów/stron dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych, przyjętych w ramach Protokołu z Kioto z 1997 r. Trzeba dodać, że Polska, ratyfikując poprawkę w 2018 r., **potwierdziła swój zamiar przyczynienia się do redukcji w ramach UE emisji gazów cieplarnianych o 20% do 2020 r.**

Wykres 9.4. Projekcja emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa w latach 2018–2040



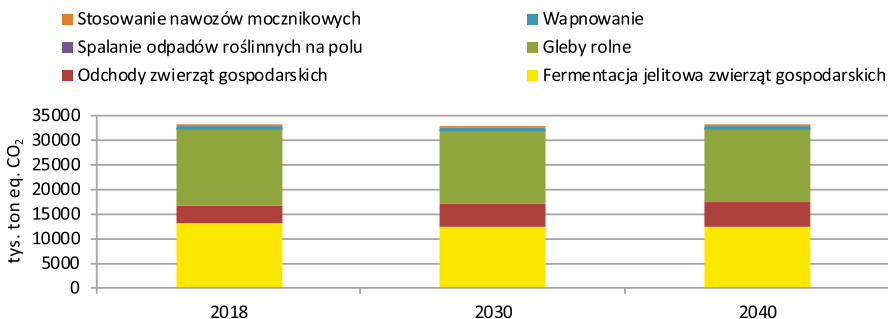
Źródło: (Ministry of Climate, 2020; KOBiZE, 2020a).

W Polsce źródła emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie obejmują gleby rolne (emisja N₂O), fermentację jelitową zwierząt gospodarskich (CH₄) oraz ich odchody (CH₄ i N₂O), a także wapnowanie oraz stosowanie nawozów mocznikowych na glebach rolnych (CO₂) oraz spalanie odpadów roślinnych na polu (CH₄ i N₂O).

Dwoma głównymi źródłami emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie są gleby rolne oraz fermentacja jelitowa zwierząt gospodarskich, które obecnie odpowiadają za 80,9% emisji gazów cieplarnianych ogółem z tego sektora. Trzeba zwrócić uwagę, że udział tych źródeł w strukturze emisji tylko nieznacznie zmieni się między 2018 a 2040 r. (rysunek 9.5).

W 2018 r. w krajowym rolnictwie największa emisja gazów cieplarnianych pochodziła z gleb rolnych (N₂O) i wyniosła 15 366,9 tys. ton eq. CO₂. Stanowiła ona 43,7% emisji ogółem z rolnictwa. Największy w niej udział miała emisja bezpośrednia ze stosowanych mineralnych nawozów zawierających azot (35,9%) i uprawy gleb organicznych (22,5%), natomiast w następnej kolejności ze stosowania nawozów organicznych (10,2%) oraz rozkładających się resztek roślinnych w glebie (10,1%). Do 2040 r. w odniesieniu do 2018 r. prognozowany jest jednak spadek emisji z gleb rolnych, a ważnej przyczyny tej sytuacji upatruje się

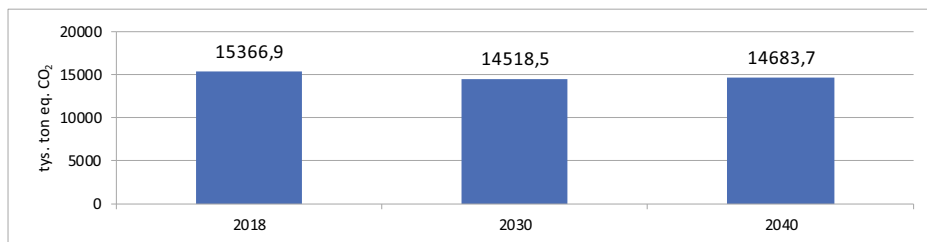
Rysunek 9.5. Projekcja emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa w latach 2018–2040, z uwzględnieniem źródeł emisji



Źródło: (Ministry of Climate, 2020; KOBiZE, 2020a).

w spadku powierzchni użytków rolnych, wynikającym ze wzrostu powierzchni przeznaczonej na cele komunikacyjne, komunalne i gospodarcze pozarolnicze oraz we wzroście powierzchni terenów leśnych, a także w dalszym postępie technologicznym polskiego rolnictwa w zakresie sposobów aplikacji i optymalizacji dawek stosowanych nawozów mineralnych zawierających azot oraz nawozów organicznych dopasowanych do potrzeb roślin uprawnych (rysunek 9.6).

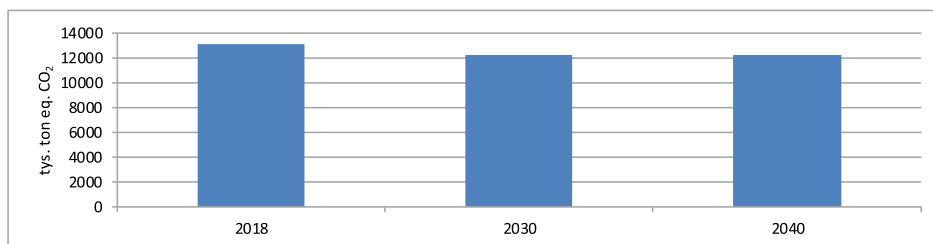
Rysunek 9.6. Projekcja emisji gazów cieplarnianych z gleb rolnych w latach 2018–2040



Źródło: (Ministry of Climate, 2020; KOBiZE, 2020a).

Fermentacja jelitowa zwierząt gospodarskich jest drugim co do wielkości źródłem emisji gazów cieplarnianych (CH₄) w rolnictwie. W 2018 r. wyniosła ona 13 058,54 tys. ton eq. CO₂ i stanowiła 37,2% emisji gazów cieplarnianych ogółem z rolnictwa. Trzeba dodać, że największe znaczenie ma w niej emisja z fermentacji jelitowej krów mlecznych, która stanowi 58,9% emisji ogółem z tego źródła. W perspektywie 2040 r. należy spodziewać się spadku tej emisji. Szacuje się, że w latach 2018–2040 pogłowie bydła ogółem pozostanie na obecnym poziomie, nieco powyżej 6,2 mln szt. fizycznych, spadnie jednak pogłowie owiec, kóz i koni. W chowie krów mlecznych widocznym procesem będzie dalszy wzrost ich wydajności, któremu będzie również towarzyszył niewielki spadek ich pogłowia. W dalszym ciągu odbywał się będzie postęp w doskonaleniu genetycznym zwierząt gospodarskich oraz stosowaniu nowoczesnych technik przygotowywania i zadawania im pasz. W rezultacie te wszystkie czynniki przyczynią się do ograniczenia emisji ogółem z tego źródła w latach 2018–2040 r. (rysunek 9.7).

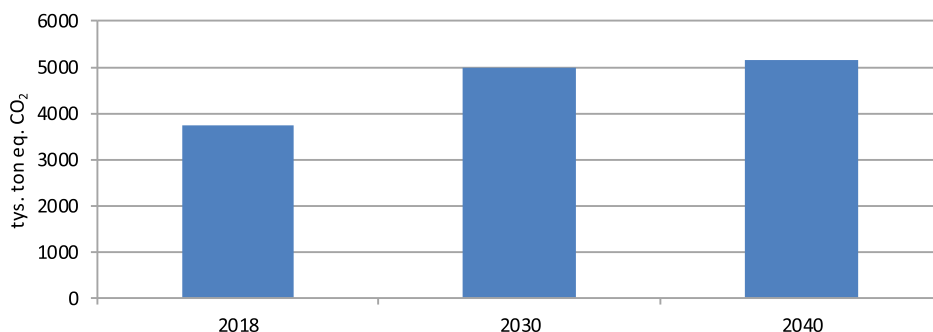
Rysunek 9.7. Projekcja emisji gazów cieplarnianych z fermentacji jelitowej zwierząt gospodarskich w latach 2018–2040



Źródło: (Ministry of Climate, 2020; KOBiZE, 2020a).

Kolejnym źródłem emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie są odchody zwierząt gospodarskich (CH_4 i N_2O), których wielkość uzależniona jest przede wszystkim od pogłównia zwierząt gospodarskich oraz w pewnym stopniu również od systemów ich utrzymania. W 2018 r. emisja gazów cieplarnianych z tego źródła wyniosła 3 715,2 tys. ton eq. CO_2 . Projekcja emisji z tego źródła wskazuje na jej wzrost do 2040 r. (rysunek 9.8). Będzie on spowodowany prawdopodobnym dalszym wzrostem pogłównia drobiu oraz rosnącym udziałem systemów bezściołowego utrzymania bydła, w tym szczególnie krów mlecznych oraz trzody chlewnej. Pewnych szans zmniejszenia wzrostu emisji z tego źródła do 2040 r. upatrywać należy przede wszystkim w postępie technologicznym w sposobach zagospodarowania odchodów zwierząt gospodarskich.

Rysunek 9.8. Projekcja emisji gazów cieplarnianych z odchodów zwierząt gospodarskich w latach 2018–2040



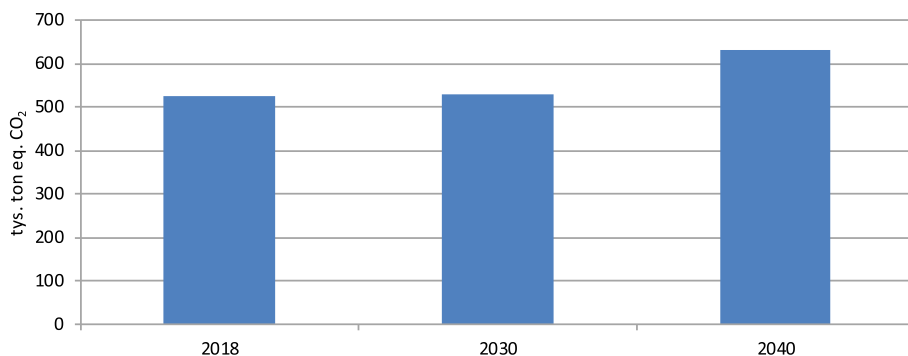
Źródło: (Ministry of Climate, 2020; KOBiZE, 2020a).

W rolnictwie zdecydowanie mniejsza emisja gazów cieplarnianych pochodzi z wapnowania gleb (wapnem nawozowym w formie wapniowo-węglanowej – CaCO_3 lub wapniowo-magnezowo-węglanowej $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, która w 2018 r. wyniosła 526,93 tys. ton CO_2 . Biorąc pod uwagę duże potrzeby krajowych gleb w zakresie ich wapnowania oraz dodatkowo wdrażany od 2019 r. przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej Ogólnopolski program regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie¹⁹ można domniemywać, że emisja CO_2 z tego źródła będzie miała nadal tendencję wzrostową. Szacuje się, że w 2040 r. emisja z tego źródła wyniesie 631,60 tys. ton eq. CO_2 , tj. 119,8% tej z 2018 r. (rysunek 9.9).

W rolnictwie emisja gazów cieplarnianych (CO_2) inwentaryzowana jest również ze stosowanych nawozów mączkowych (w związku ze stratą CO_2 atmosferycznego związanego wcześniej w przemysłowym procesie produkcji

¹⁹ Beneficjentem programu mogą być gospodarstwa rolne o powierzchni nieprzekraczającej 75 ha UR. Dofinansowaniu podlega regeneracja gleb o odczynie pH mniejszym lub równym 5,5.

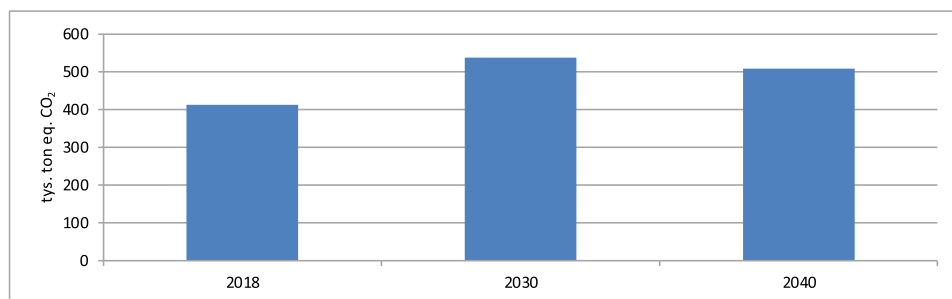
Rysunek 9.9. Projekcja emisji gazów cieplarnianych z wapnowania gleb rolnych w latach 2018–2040



Źródło: (Ministry of Climate, 2020; KOBiZE, 2020a).

tych nawozów) oraz ze spalania odpadów roślinnych na polach²⁰. W 2018 r. emisje te wyniosły odpowiednio 412,90 i 36,56 tys. ton eq. CO₂. W latach 2018–2040 prognozowany jest wzrost emisji ze stosowanych nawozów mocznikowych o 23,3%, co należy tłumaczyć – pomimo zakładanego dalszego wzrostu optymalizacji stosowania nawozów zawierających azot – wzrostem w nich udziału mocznika. Natomiast w tym samym okresie prognozuje się, że emisja ze spalania odpadów roślinnych pozostanie na zbliżonym niewielkim poziomie (rysunek 9.10).

Rysunek 9.10. Projekcja emisji gazów cieplarnianych ze stosowania nawozów mocznikowych w latach 2018–2040



Źródło: (Ministry of Climate, 2020; KOBiZE, 2020a).

²⁰ Według KOBiZE pomimo zakazu spalania resztek roślinnych na polu, w pomiarach stacji monitoringowych w powietrzu w dalszym ciągu widoczne są skutki spalania odpadów rolniczych czy wypalania ściernisk, łąk i nieużytków. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że obecnie możliwość uzyskania przez gospodarstwa rolne płatności bezpośrednich powiązana jest ze spełnieniem przez rolnika określonych wymagań w ramach *zasady wzajemnej zgodności (cross compliance)* we Wspólnej Polityce Rolnej (WPR) 2014–2020, w tym utrzymania gruntów w dobrej kulturze rolnej poprzez zakaz wypalania gruntów rolnych.

Powyższe dane nie napawają optymizmem. Dążenie do osiągnięcia neutralności klimatycznej w roku 2050 będzie wymagało ciągłej redukcji emisji aż do jej zmniejszenia o 80–95% w porównaniu z rokiem 1990 (Komisja Europejska, 2018). Przedstawione dane wskazują zaś, po okresowej redukcji około roku 2030, możliwość zwiększenia emisji w sektorze rolnictwa, nawet powyżej wskazań z roku 2018. W kontekście polityki europejskiej takie działania wydaje się niemożliwym, zwłaszcza że opisywany raport klimatyczny był realizowany w oparciu o łagodniejsze, jeszcze obowiązujące cele klimatyczne UE na rok 2030. W przypadku wprowadzenia przewidywanych, bardziej restrykcyjnych rozwiązań, należy założyć, że działania już w perspektywie roku 2030 będą musiały być zintensyfikowane, a w dalszej perspektywie co najmniej kontynuowane.

Zaniechanie lub zbyt powolne wypełnianie zobowiązań członkowskich może być bardzo kosztowne. Zmiany wywołane polityką klimatyczną będą w coraz większym stopniu wpływały na koszty w gospodarce. Należy spodziewać się rozwoju narzędzi umożliwiających internalizację klimatycznych efektów zewnętrznych do gospodarki.

Za przykład może posłużyć prognozowanie zmian w systemie EU ETS. Zmiana celów klimatycznych spowoduje większą niż wcześniej zakładano redukcję liczby uprawnień do emisji gazów cieplarnianych. To z kolei będzie skutkowało wzrostem ceny uprawnień do emisji GHG. Pierwsze symulacje w tym zakresie już miały miejsce. W przypadku obowiązujących celów redukcyjnych przewidywano, że wzrost ceny uprawnień będzie miał łagodny charakter, tj. w roku 2030 osiągnie ona 28 eur/tonę, co w porównaniu ze średnią z roku 2018 w wysokości 15,44 eur/tonę stanowi znaczący, ale nie gwałtowny wzrost. Jednakże w przypadku zastosowania scenariusza GHG55 przewiduje się prawie siedmiokrotny wzrost ceny w porównaniu z rokiem 2018, tj. koszt uprawnień może osiągnąć cenę 76 eur/tonę. Taka zmiana oznacza gwałtowny wzrost wartości emisji, którą można uznać za koszt zewnętrzny emisji gazów cieplarnianych. Ten koszt opiera się na wycenie tylko jednego czynnika, tj. emisji gazów cieplarnianych, a pomija inne efekty zewnętrzne powiązane ze zmianami klimatycznymi. Jednakże tylko tak wyceniony koszt zmian klimatycznych pozwala już oszacować jak duże zmiany w warunkach prowadzenia działalności gospodarczej (w tym rolnej) mogą zajść w najbliższym dziesięcioleciu. W przypadku ogólnokrajowej emisji powoduje to przeskok z niecałych 6 miliardów euro do prawie 30 miliardów. W kontekście krajowego rolnictwa²¹ jest to zmiana z setek milionów na rzecz prawie 4 miliardów euro. W perspektywie roku 2040 należy spodziewać się jeszcze większego wzrostu tych kosztów.

Nawet w przypadku, gdyby te obciążenia nie dotknęły bezpośrednio sektora rolnictwa, to należy spodziewać się, że dotkną gospodarstw rolnych i przetwórstwa żywności w sposób pośredni, chociażby w kontekście cen energii elektrycznej,

²¹ W tym miejscu podano dane dla sektora Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybołówstwo. Spośród nich to rolnictwo jest głównym emitentem GHG, zwłaszcza metanu i podtlenku azotu.

Tabela 9.5. Wartość emisji w zależności od ceny uprawnień

Wyszczególnienie	2018		2025 Scenariusz bazowy	2025 Scenariusz GHG55	2030 Scenariusz bazowy	2030 Scenariusz GHG55
	Cena uprawnień (EUR)	-	15	23	41	28
	Wielkość emisji (mln ton)	Wartość emisji (mln EUR)				
Polska						
CO ₂	303,5	4552,5	6980,6	12443,6	8498,0	23066,2
CH ₄ eq.	52,1	781,5	1199,3	2137,8	1458,8	3962,7
N ₂ O eq.	18,6	279	428,6	764,1	520,8	1416,4
Suma emisji	374,3	5614,5	8608,5	15345,5	10480,4	28445,3
Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo						
CO ₂	18,2	273,0	417,1	743,4	509,6	1378,1
CH ₄ eq.	16,9	253,5	387,8	691,3	473,2	1281,5
N ₂ O eq.	15,6	234,0	358,2	638,6	436,8	1183,7
Suma emisji	50,6	759,0	1163,1	2073,3	1416,8	3843,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie Eurostat i KOBiZE.

w której koszty zakupu uprawnień do emisji są uwzględnione. Ponadto zmiana ceny uprawnień będzie miała wpływ na koszt dóbr i usług niezbędnych w procesach inwestycyjnych oraz w codziennej działalności gospodarstwa, np. na cenę nawozów.

Jednocześnie należy podkreślić, że powyższe wyliczenia mają jedynie hipotetyczny charakter. Rolnictwo nie jest objęte systemem ETS, a takie próby internalizacji kosztów mają na celu tylko uświadomienie, jak wielkie koszty są związane ze zmianami klimatycznymi. Takie koszty powinniśmy porównywać z nakładami i w ten sposób oceniać, czy w długim okresie wysiłek na rzecz ograniczenia zmian klimatycznych jest zasadny czy też nie. W tym kontekście warto przytoczyć słowa Ursuli von der Leyen, przewodniczącej Komisji Europejskiej, która stwierdziła, że „koszty transformacji będą duże, lecz koszty niepodjęcia działań będą jeszcze większe” (Publications Office of the EU, 2019). Słowa te zostały wypowiedziane odnośnie do przewidywanych problemów klimatycznych.

Powyższa wycena jest próbą wskazania kosztów zaniechania, aby móc je porównywać z kosztami transformacji. Jednocześnie należy podkreślić, że są to

niepełne koszty, ponieważ nie uwzględniają strat w innych obszarach działalności ludzkiej, np. strat w rolnictwie (m.in. wynikających z suszy, upałów, huraganów itp. zjawisk), rosnących kosztów opieki zdrowotnej, rosnących kosztów ubezpieczeń, rosnących kosztów infrastruktury, która musi być dostosowana do nowych, bardziej rygorystycznych standardów.

Powyższe hipotetyczne obliczenia są też obarczone licznymi ograniczeniami, np. nie uwzględniono redukcji emisji, która w danym okresie wystąpi. System ETS polega na działaniach rynkowych, tj. przedsiębiorstwa mogą podjąć się ponadnormatywnej redukcji emisji i sprzedaży uprawnień na rynku lub też powstrzymać się od działań i kupować uprawnienia na rynku. Z tego powodu trudno jest wskazać jak zmiany te wpłyną na krajowy poziom emisji.

Powyższy przykład może być też wskazówką w zakresie skali zmian gospodarczych, jakie będą wynikać z wprowadzenia bardziej rygorystycznych celów. Dotychczasowe szacunki wskazywały, że obecnie obowiązujący cel redukcyjny, tj. 7% zmniejszenie emisji w rolnictwie, jest już dużym wyzwaniem. Jego zwiększenie do 16% oznacza, że rolnictwo w Polsce stoi w obliczu znaczącej zmiany, uwzględniającej nie tylko niskoemisyjne praktyki, ale również zmianę podejścia do produkcji rolnej.

Podsumowanie

Rolnictwo jest ściśle powiązane z klimatem. Relacja ta ma charakter sprzężenia zwrotnego. Klimat istotnie wpływa na produkcję rolną, a z kolei rolnictwo jest istotnym emitentem gazów cieplarnianych, będących przyczyną współczesnej, globalnej, antropogenicznej zmiany klimatu. W obu przypadkach gwałtownie przeprowadzane zmiany powodują pojawienie się licznych trudności. W przypadku rolnictwa zagrożeniem są zarówno bezpośrednie skutki zmian klimatycznych, tj. zmiana uwarunkowań produkcji, jak i pośrednie, np. wzrost ryzyka zniszczenia infrastruktury, czy też wzrost kosztów energii. Z tego powodu ograniczenie zmian klimatycznych leży w żywotnym interesie sektora rolnictwa.

Globalny charakter zmian klimatycznych powoduje, że konieczna jest współpraca międzynarodowa w celu przeciwdziałania im. Jednakże ogólnoświatowe wysiłki pod auspicjami ONZ nie przynoszą pożądanych efektów, tj. skala redukcji emisji jest niezadowolająca. Z tego powodu Unia Europejska wdrożyła własny system redukcji, aby pokazać światu, że możliwe jest połączenie rozwoju gospodarczego z ograniczaniem emisji gazów cieplarnianych. Najnowsze dokumenty, a w szczególności strategia Europejskiego Zielonego Ładu, dobitnie o tym świadczą. W szczególności podkreślić należy dążenie do osiągnięcia neutralności klimatycznej w roku 2050.

W oparciu o założenia przyjęte na forum Unii Europejskiej przewiduje się, że w perspektywie roku 2030 konieczne będzie zwiększenie wysiłku redukcji emisji gazów cieplarnianych o 55% w stosunku do roku 1990. W takim przypadku

rolnictwo w Polsce najprawdopodobniej będzie zobowiązane do 16% redukcji emisji. Oznacza to ogromny wysiłek, zwłaszcza w obliczu trendów, jakie zachodzą w krajowym rolnictwie.

Rolnictwo jest jednym z sektorów gospodarki polskiej, w którym znaczące przemiany rozpoczęły się w okresie transformacji. Rolnictwo stało się w dużej mierze towarową gałęzią gospodarki, produkującą zarówno na rynek wewnętrzny, jak i międzynarodowy. Zachodzące przemiany w rolnictwie uwidoczniły się w zmniejszonej liczbie gospodarstw rolnych i osób zatrudnionych w rolnictwie, wzrostem intensyfikacji produkcji, specjalizacji, koncentracji, towarowości i mechanizacji, a także przeprowadzonej modernizacji. Przemiany te wiązały się ze stosowaniem nowych rozwiązań agrotechnicznych i technologicznych, a także coraz większym zapotrzebowaniem na przemysłowe środki do produkcji rolniczej (w tym nawozy mineralne, pasze, energię). Choć rolnictwo w Polsce nadal odstaje od zachodnioeuropejskiego pod względem wskaźników ekonomicznych i zaawansowania industrializacji, to obserwowane procesy w Polsce są zbieżne z tymi, które mają miejsce w innych krajach UE. Procesy te mają także kluczowe znaczenie dla emisyjności sektora rolnego.

Statystyki dotyczące sektora rolnego w Polsce wskazują na znaczące zmiany, jakie dokonały się w rolnictwie po 2004 r. w zakresie praktyk prośrodowiskowych. W ostatnich latach miała miejsce poprawa głównie w zakresie bilansowania glebowej materii organicznej na skutek zwiększonej dywersyfikacji roślin oraz zwiększonej powierzchni uprawy roślin strukturotwórczych. W długim okresie nastąpił rozwój sektora rolnictwa ekologicznego. Rozwój rolnictwa ekologicznego stanowił m.in. przejaw rosnącego zainteresowania producentów rolnych działalnością prośrodowiskową, opartą z założenia na wykorzystaniu naturalnych procesów w działalności rolnej. Istotnym czynnikiem skłaniającym do zmian prośrodowiskowych były warunki subsydiowania rolnictwa w ramach WPR, związane z mechanizmem zazielenienia, programami rolnośrodowiskowymi, a w tym działaniami wspierającymi rolnictwo ekologiczne. Zmiana tych warunków skutkuje powolnym spadkiem zainteresowania rolnictwem ekologicznym w ostatnich latach.

Poza obserwowanymi pozytywnymi tendencjami, równolegle uwidocznił się proces wycofywania się wielu rolników z tej działalności gospodarczej (zmałała liczba gospodarstw indywidualnych oraz ogółem nakładów pracy w rolnictwie), upraszczania produkcji na poziomie gospodarstwa rolnego (powszechne likwidowanie produkcji zwierzęcej) i wzrostu poziomu specjalizacji. Obecnie w rolnictwie dominują gospodarstwa wyspecjalizowane w uprawach polowych, których populacja prawdopodobnie będzie zwiększać się w kolejnych latach. Za problematyczne należy uznać zmiany zachodzące w produkcji zwierzęcej. Z jednej strony ma miejsce wycofywanie się coraz większej liczby producentów z tej działalności rolniczej, co skutkuje ograniczeniem możliwości stosowania naturalnych form składników odżywczych w produkcji roślinnej, z drugiej zaś postępuje koncentracja i specjalizacja w kierunku produkcji zwierzęcej.

Poziomu i zakresu obserwowanych zmian i procesów w rolnictwie w Polsce nie można uznać za satysfakcjonujące w kontekście coraz częściej dostrzeganych problemów środowiskowo-klimatycznych. Rozbieżności między faktycznym stanem rolnictwa a zamierzonym skłaniają do intensyfikacji działań na rzecz umocnienia z jednej strony pozytywnych trendów, z drugiej zaś łagodzenia skutków ujemnych – kosztów zewnętrznych tych procesów gospodarczych, które będą postępowały na skutek uwarunkowań rynkowych oraz globalnych.

Długoterminowe prognozy przemian w rolnictwie w Polsce potwierdzają te spostrzeżenia i jednocześnie budzą obawy w kontekście polityki klimatycznej. Przewiduje się dalszy rozwój rolnictwa, co przy zastosowaniu obecnych praktyk rolniczych będzie wiązać się ze wzrostem emisji i ryzykiem niespełnienia zobowiązań członkowskich w ramach Unii Europejskiej. Z kolei wypełnienie tych zobowiązań może istotnie wpłynąć na kondycję sektora, ze względu na ograniczone możliwości inwestycyjne oraz ryzyko utraty przewag konkurencyjnych.

Ponadto należy mieć na uwadze, że redukcja emisji w rolnictwie może zajść jedynie w ograniczonym zakresie. Prowadzenie gospodarki rolnej, zwłaszcza zwierzęcej, musi być powiązane z emisją. Z tego powodu w rolnictwie oprócz ograniczania emisji, ważną rolę będzie odgrywało budowanie zdolności do pochłaniania gazów cieplarnianych, m.in. poprzez przekształcanie gruntów ornych w użytki bardziej przyjazne dla środowiska i bardziej absorbujące te gazy. Uogólniając wydaje się, że spełnienie wymagań klimatycznych będzie możliwe jedynie w przypadku aktywnej polityki rolnej, mocno ukierunkowanej na rozwiązywanie wyzwań klimatycznych. Biorąc pod uwagę, że połowa środków powiązanych ze Wspólną Polityką Rolną ma być przeznaczana na cele środowiskowe, można spodziewać się zwiększenia zaangażowania państwa w obszarze klimatu, ale te działania mogą okazać się niewystarczające.

Z powyższego powodu istotną kwestią staje się budowanie świadomości ekologicznej społeczeństwa, w tym rolników, oraz popularyzacja pożądanych działań na rzecz środowiska i klimatu, by osiągnąć oczekiwany efekt skali. Biorąc pod uwagę znaczące rozdrobnienie rolnictwa w Polsce, szczególnie ważne jest wdrożenie właściwych praktyk rolniczych w jak największej liczbie gospodarstw rolnych.

Bibliografia

- Abrol Y.P., Ingram K.T., (1996). Effects of higher day and night temperatures on growth and yields of some crop plants. w: Global climate change and agricultural production. Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant psychological processes. Eds. F. Bazzaz, W. Sombroek. FAO <http://www.fao.org/3/w5183e08.htm>.
- Babinszky L., Halas V., Versteegen M.V.A. (2011) Impacts of Climate Change on Animal Production and Quality of Animal Food Products. w: *Climate Change. Socioeconomic Effects*. Eds. Houshang Kheradmand, Juan Blanco, IntechOpen.
- Bezpieczeństwo Europy w globalnym świecie. Szanse i zagrożenia przyszłości w warunkach przesilenia cywilizacyjnych*, (2018), red. J. Kleer, K. Prandecki, Polska Akademia Nauk, Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, Warszawa.
- CAKE (2020). *Zmiana celów redukcyjnych oraz cen uprawnień do emisji wynikająca z komunikatu „Europejski Zielony Ład”*. Centre for Climate and Energy Analyses, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy.
- Chartres C.J., Varma S., 2010. *Out of water: From abundance to scarcity and how to solve the world's water problems*. Financial Times/Prentice Hall, Pearson Education [distributor].
- Cho S.J., Ding J., McCarl B.A., Yu C.-H. (2011). Economic Impacts of Climate Change on Agriculture: Adaptation and Vulnerability w: *Climate Change. Socioeconomic Effects*. Eds. Houshang Kheradmand, Juan Blanco, IntechOpen.
- Czubak, W. (2012). Use of European agricultural funds supporting investments in agricultural holdings in Poland. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 3(25), s. 57-67.
- Dla klimatu* (2020). <http://dlaklimatu.pl/wplyw-rolnictwa-na-zmiany-klimatu/>.
- Dokąd zmierza Europa. Państwo–gospodarka–społeczeństwo–finanse*, (2016), red. J. Kleer, P. Szukalski, K. Prandecki, Polska Akademia Nauk, Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, Warszawa.
- Dudek M., Prandecki K., Wrzaszcz W., Żekało M. (2019). *Jak powstają innowacje w gospodarstwach rolnych. Analiza i przykłady*. Warszawa: IERiGŻ-PIB.
- European Commission (2007). *Competitiveness and Innovation Framework Programme (2007–2013)*, <https://ec.europa.eu/cip/>.
- Eurostat (2020). *Air emissions accounts by NACE Rev. 2 activity (env_ac_ainah_r2)*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_ainah_r2/default/table?lang=en.
- GIJHARS (2017). *Raport o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2015–2016*, Główny Inspektorat Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych, Warszawa.
- GIJHARS (2019). *Raport o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2017–2018*, Główny Inspektorat Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych Warszawa.
- Harasim, A. (2006). *Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie*. IUNG-PIB, Puławy.
- Hetherington R. (2012). *Living in a dangerous climate*. Cambridge University Press.
- IMGW. 2019. *Klimat*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, <https://www.imgw.pl/badania-nauka/klimat>.

- IOŚ-PIB (2019). *Wyzwania dla Polski w sektorach non-ETS 2030–2050*. Warszawa.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, National Greenhouse Gas Inventories Programme. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis Working Group I contribution to the IPCC 5th Assessment Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jerry L. Hatfield, John H. Prueger (2015) Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*. Vol. 10, Part A, December 2015, s. 4–10.
- Jugowar L., Kopiński J., Matyka M., Mielcarek P., Walczak J., Zieliński M., Żurek G. 2019. *Prognozy aktywności sektora rolnego w Polsce do 2040 r. na potrzeby szacowania przez KOBiZE emisji gazów cieplarnianych w ramach prac nad Czwartym Raportem Dwuletnim dla UE i UNFCCC*, IERiGŻ-PIB, Warszawa, ekspertyza wykonana dla MRiRW, 30.08.2019 r.
- Kaczmarek Z. 2003. Wpływ zmian klimatu na gospodarkę wodną. [w:] *Czy Polsce grożą katastrofy klimatyczne?* Polska Akademia Nauk Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, Warszawa, 32–52.
- KOBiZE (2020a) *Czwarty raport dwuletni dla konwencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie zmian klimatu*, KOBiZE, IOŚ-PIB, Warszawa 2020.
- KOBiZE (2020b). *Pakiet tabel z danymi o emisjach gazów cieplarnianych w układzie Common Reporting Format (CFR)*. <https://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji>
- Komisja Europejska (2010). *Komunikat Komisji Europa 2020 Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu*, Bruksela, 3.3.2010 KOM(2010) 2020 wersja ostateczna.
- Komisja Europejska (2018). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego. Czysta planeta dla wszystkich Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki*. Komisja Europejska, Bruksela, dnia 28.11.2018 r. COM(2018) 773 final.
- Komisja Europejska (2019a). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europejski Zielony Ład*, COM(2019) 640 final, 11.12.2019.
- Komisja Europejska (2019b). *Załącznik do Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów: Europejski Zielony Ład*, COM(2019) 640.

- Komisja Europejska (2020). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu regionów. Strategia „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego*, COM(2020) 381 final, 20.5.2020 r.
- Konca-Kędzierska K. 2019. Ocena odtworzenia pól opadu w modelach klimatycznych z projektu EURO-CORDEX dla obszaru Polski. [w:] *Współczesne problemy klimatu Polski*. red. L. Chojnacka-Ożga, H. Lorenc. IMiGW, Warszawa, 173–186.
- Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczynski T., Jadczyzyn J. (2011). Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski, *Polish Journal of Agronomy*, nr 7, s. 44–58.
- Kuś J., Matyka M. (2014). Organisational changes in polish agriculture in the last 10 years on the background of the EU agriculture. *Problems of Agricultural Economics*, nr 4(341)217, s. 50–67.
- Kusz D., (2012). Znaczenie funduszy strukturalnych UE w finansowaniu inwestycji w gospodarstwach rolnych w Polsce w latach 2007-2011. *Nierówności Społeczne a wzrost gospodarczy*, nr 29, s. 77–85.
- Kutkowska B., Berbeka T., Pilawka T. (2015). CAP instruments impact on the economic situation of individual farms in the opinion of farmers. *Roczniki Naukowe SERIA*, t. XVII, z. 3, s. 243–248.
- Lean G. 2009. Water scarcity now bigger threat than financial crisis. *The Independent*. 15.03.2009.
- McGrath M. (2020). Climate change: China aims for ‘carbon neutrality by 2060’. *BBC NEWS*, 22.09.2020, <https://www.bbc.com/news/science-environment-54256826>
- MGMiŻŚ (2019). *Program azotanowy przyjęty w 2018 r. Co robi rolnik, aby nie zanieczyszczać wód*, Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej Warszawa.
- Ministerstwo Klimatu (2020). *Krajowy raport inwentaryzacyjny 2020. Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988–2018. Raport syntetyczny*. Ministerstwo Klimatu, Warszawa.
- Ministerstwo Środowiska. 2013. *Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030*. Ministerstwo Środowiska. Warszawa.
- Ministry of Climate, (2020) *Poland’s National Inventory Report 2020*, Warszawa.
- Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Ranieri M.S., Bernabucci U. (2010). Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*. vol. 130, issues 1–3, May 2010, s. 57–69.
- OECD (2005). *Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. Third Edition*. Paryż: OECD.
- Onet (2020). *Nowa perspektywa UE 2021-2027. Polska może dostać 3 mld euro więcej*. <https://wiadomosci.onet.pl/swiat/rolnictwo-unia-europejska-3-mld-euro-wiecej-dla-polskiego-rolnictwa-w-nowej/cj2nwly>
- ONZ (2015). *Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030*. Rezolucja przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne w dniu 25 września 2015 r. A/RES/70/1.
- Parmesan C., Yohe G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421, 37–42.
- Prandecki K., Sadowski M. (2010). *Międzynarodowa ewolucja ochrony środowiska*. LAM – Wydawnictwo Akademii Finansów.

- Publications Office of the EU. (2019). *A jeśli nie podejmiemy działań*. doi:10.2775/539458.
- Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzona w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r. (1992) Dz.U. 1996 nr 53 poz. 238.
- Rewolucja informacyjna a kryzys intelektualny (2015). red. J. Auleytner, J. Kleer, Polska Akademia Nauk, Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, Warszawa.
- Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C., Pounds J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421, 57–60.
- Runowski H. (2012). Rolnictwo ekologiczne w Polsce, w: *Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym [15]*, Raport Programu Wieloletniego 2011–2014, nr 50, Warszawa: IERiGŻ-PIB.
- Sharratt B.S., Tatarko J., Abatzoglou J.T., Fox F.A., Huggins D. (2015). Implications of climate change on wind erosion of agricultural lands in the Columbia plateau. *Weather and Climate Extremes*, Vol. 10, Part A, December 2015, s. 20–31.
- Siebielec S., Siebielec G. (2019). Egzogenne źródła materii organicznej w rolnictwie, w: *Usługi ekosystemowe gleb – wskaźniki i metody oceny*, IUNG-PIB, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, SGGW, s. 51.
- Słojewska A. (2020). Parlament Europejski ambitniej z klimatem. *Rzeczpospolita*. z dnia 11.09.2020.
- Stern N. 2006. *The Economics of Climate Change (The Stern Review)*. Cambridge University Press.
- Thackeray S.J., Sparks T.H., Burthe S., Bacon P.J., Bell J.R., Botham M.S., Breerton T.M., Bright P.W., Carvahlo L., Clutton-Brock T., Dawson A., Edwards M., Elliot J.M., Harrington R., Johns D., Jones I.D., Jones J.T., Leech D.I., Roy D.B., ... Wanless S. 2010. Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. *Global Change Biology*, 16(12), 3304–3313. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02165.x>
- Wang X., Piao S., Ciais P., Li J., Friedlingstein P., Koven Ch., Chen A., (2011), Spring temperature change and its implication in the change of vegetation growth in North America from 1982 to 2006. *PNAS*108(4): 1240–1245.
- Wibig J. 2018. Heat waves in Poland in the period 1951–2015: trends, patterns and driving factors, *Meteorology Hydrology and Water Management*, vol. 6, 1/2018.
- Wolkovich E.M., Cook B.I., Allen J.M., Crimmins T.M., Betancourt J.L., Travers S.E., Pau S., Regetz J., Davies T.J., Kraft N.J.B., Ault T.R., Bolmgren K., Mazer S.J., McCabe G.J., McGill B.J., Parmesan C., Salamin N., Schwartz M.D., Cleland E.E. 2012. Warming experiments underpredict plant phenological responses to climate change. *Nature*, 485. 494–497. <https://doi.org/doi:10.1038/nature11014>
- Wrzaszcz W., Prandecki K. (2019). Rozwój rolnictwa indywidualnego w kontekście zachowania usług ekosystemowych gleby, *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, nr 3, 2019.
- Wrzaszcz W., Prandecki K. (2020). Rolnictwo a Europejski Zielony Ład, *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 4/2020 w przygotowaniu.
- Wrzaszcz W., Zieliński M. (2020). *Opinia do Komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów: Europejski Zielony Ład (EGD) (COM(2019) 640)*, opinia z dnia 23.01.2020, przygotowana na zlecenie MRiRW.
- Wrzaszcz W. (2017). The CAP greening effects – the Polish experience. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017*, Edited by prof. Asta Raupelienė, s. 1412–1419.

- Wrzaszcz W. (2018). *Changes in farms` environmental sustainability in Poland – progress or regress?*, Paper prepared for presentation for the 167nd EAAE Seminar European Agriculture and the Transition to Bioeconomy, IUNG-PIB, Puławy.
- Wrzaszcz W., Kopiński J. (2019). *Gospodarka nawozowa gospodarstw indywidualnych w Polsce w kontekście ochrony środowiska*, IERiGŻ-PIB, Studia i monografie nr 178.
- Ziętara W. (2014). Koncentracja i specjalizacja gospodarstw rolniczych w procesie integracji z Unią Europejską. *Problemy Rolnictwa Światowego*, Vol 14 (29), Nr 1, s. 157–169.
- Academia (2020). Komunikat 01/2020 interdyscyplinarnego Zespołu doradczego do spraw kryzysu klimatycznego przy Prezesie PAN na temat zmiany klimatu i gospodarki wodnej w Polsce. *Academia* 2/62/2020, s. 100–105.