

ROLNICTWO 4.0

Identyfikacja trendów
technologicznych

Monika Kordowska

Michał Baranowski

Jolanta Pisarek

Zbysław Ziemacki

Rafał Wawer

Tomasz Czech

NCBR

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

ROLNICTWO 4.0

Identyfikacja trendów technologicznych

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Warszawa 2023

ISBN 978-83-967832-1-9

Spis treści

Strzeszczenie	4
Kluczowe wnioski	5
Kluczowe rekomendacje	6
Spis wybranych skrótów i pojęć	7
Wprowadzenie	9
Etapy rozwoju rolnictwa na świecie, w tym w Polsce	9
Zakres definicyjny i opis technologii składających się na Rolnictwo 4.0	11
Cel badania i metody badawcze	14
I. Polski sektor rolny	16
I.1. Charakterystyka gospodarstw rolnych	17
I.2. Charakterystyka rolników	18
I.3. Wyzwania w obszarze rolnictwa i agrobiznesu w Polsce w kontekście Rolnictwa 4.0	19
I.4. Trudności w obszarze rolnictwa i agrobiznesu w Polsce w kontekście Rolnictwa 4.0	20
II. Działalność innowacyjna i badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw z obszaru rolnictwa w Polsce	21
II.1. Działalność innowacyjna a Rolnictwo 4.0 w Polsce	22
Elementy systemu wdrażania innowacyjnych technologii 4.0 w rolnictwie w Polsce	23
Bariery wdrażania technologii Rolnictwa 4.0 w gospodarstwach rolnych	24
Opis efektów i korzyści wdrażania technologii Rolnictwa 4.0	26
Przykłady technologii 4.0 w polskich przedsiębiorstwach z obszaru rolnictwa	27
II.2. Działalność badawczo-rozwojowa a Rolnictwo 4.0 w Polsce	28
III. Trendy technologiczne w obszarze Rolnictwa 4.0 w Polsce	32
III.1. Megatrendy	32
III.2. Trendy w kształceniu twórców i użytkowników końcowych technologii 4.0 w rolnictwie	33
Rozwój kompetencji Rolnictwa 4.0 – kompetencje cyfrowe rolników	39

III.3. Trendy w publikacjach	41
Polska	45
III. 4. Trendy w patentowaniu – analiza patentów	46
Polska	53
III. 5. Trendy w zakresie projektów B+R dofinansowanych w NCBR	54
IV. Polityka naukowo-techniczna i innowacyjna wobec Rolnictwa 4.0	58
IV.1. Rolnictwo 4.0 w międzynarodowych dokumentach strategicznych	58
IV.2. Rolnictwo 4.0 w krajowych dokumentach strategicznych	62
IV.3. Źródła finansowania działalności innowacyjnej i badawczo-rozwojowej	69
Programy międzynarodowe	69
Programy krajowe	74
Podsumowanie	80
Uwarunkowania rozwoju technologii Rolnictwa 4.0 w Polsce	81
Rekomendacje w zakresie ukierunkowania wsparcia rozwoju Rolnictwa 4.0	84
Skierowane do podmiotów działających w obszarze Rolnictwa 4.0	84
Skierowane bezpośrednio do NCBR	85
Bibliografia	86

Streszczenie

Efektywność dzisiejszego rolnictwa jest powiązana z wdrażaniem nowych technologii i innowacji, pozwalających na osiągnięcie przewag konkurencyjnych przez państwa, regiony i podmioty. W rozwoju i adaptacji nowych rozwiązań można upatrywać szans na choćby częściowe pokonanie wielu wyzwań i trudności w obszarze rolnictwa i agrobiznesu w Polsce.

Celem badania było przedstawienie trendów rozwojowych i perspektyw w zakresie Rolnictwa 4.0 oraz analiza polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa w tym obszarze. Badanie było prowadzone przez zespół analityczny NCBR oraz przy wsparciu ekspertów z obszaru rolnictwa, w tym Rolnictwa 4.0. Analizy przeprowadzono z wykorzystaniem zarówno metod ilościowych, jak i jakościowych.

Niniejsze badanie uzupełniło istniejącą wiedzę w obszarze Rolnictwa 4.0 i pozwoliło na zmapowanie krytycznych obszarów:

- określenie mocnych i słabych stron polskiego rolnictwa z punktu widzenia trendów rozwojowych i perspektyw w zakresie Rolnictwa 4.0;
- scharakteryzowanie działalności innowacyjnej i badawczo-rozwojowej przedsiębiorstw z sektora rolno-spożywczego;
- wskazanie trendów technologicznych w obszarze Rolnictwa 4.0;
- zidentyfikowanie kierunków rozwoju Rolnictwa 4.0 w krajowych dokumentach strategicznych;
- przedstawienie form wsparcia finansowego rozwoju technologii 4.0 w sektorze rolno-spożywczym.

Podsumowaniem prowadzonych badań była analiza PESTEL, która umożliwiła określenie czynników zewnętrznych (politycznych, ekonomicznych, społecznych, technologicznych, środowiskowych i prawnych), mających wpływ na działalność branży rolniczej oraz ocenę środowiska makroekonomicznego podmiotów zaangażowanych w rozwój Rolnictwa 4.0.

Publikacja składa się z czterech części. Pierwsza poświęcona jest charakterystyce polskiego sektora rolnego, druga roli B+R i efektom ich wdrażania, trzecia dotyczy trendów technologicznych w różnych wymiarach: od megatrendów po kierunki rozwoju zaobserwowane w aktywności publikacyjnej, patentowej oraz projektowej. Jest to spojrzenie przez pryzmat wybranych technologii. W ostatniej, czwartej części przybliżono polityki publiczne i ich narzędzia nakierowane na wsparcie Rolnictwa 4.0.

Przygotowanie publikacji nie byłoby możliwe bez udziału ekspertów: dr. hab. inż. Rafała Wawra, profesora Instytutu Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego oraz dr. inż. Tomasza Czecha, profesora Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Prezesa Zarządu Centrum Transferu Technologii Uniwersytetu Rolniczego. Ich ekspertyzy, opinie i komentarze pozwoliły m.in. na umiejscowienie wyników badań w realiach polskiej gospodarki przełomu 2022 i 2023 roku.

Wszystkich zainteresowanych zachęcamy do poszerzania wiedzy z tego obszaru – pomocne w tym mogą być publikacje, których spis można znaleźć na końcu opracowania. Natomiast tych, którzy chcą rozwijać swoje rozwiązania z zakresu Rolnictwa 4.0, zapraszamy do aplikowania w konkursach Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Kluczowe wnioski

- W obszarze polskiego rolnictwa obserwujemy przemiany strukturalne oraz proces koncentracji zasobów produkcyjnych. Pozytywne zmiany zauważamy również wśród samych rolników, którzy są coraz lepiej wykształceni oraz zainteresowani nowymi technologiami.
- W kontekście rozwoju Rolnictwa 4.0 ważne jest wspieranie i dzielenie się wiedzą, innowacjami i cyfryzacją w rolnictwie i na obszarach wiejskich. Dzięki temu zwiększą się szanse na dostosowanie profilu produkcji gospodarstw rolnych do wymagań rynku, ich specjalizację, zmniejszenie kosztów jednostkowych, zwiększenie wydajności oraz spełnienie licznych norm, głównie środowiskowych, określonych w międzynarodowych i krajowych dokumentach strategicznych.
- W Polsce działalność innowacyjna i badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw z obszaru Rolnictwa 4.0 charakteryzuje się niskimi nakładami finansowymi, ale mamy duży potencjał w tym obszarze. Jednak system koordynacji i wdrażania innowacyjnych technologii 4.0 w rolnictwie składa się ze zbyt wielu podmiotów, przez co jest mało przejrzysty dla ostatecznych odbiorców innowacyjnych rozwiązań, czyli przedsiębiorstw z obszaru rolnictwa oraz samych rolników.
- Powstają nowe technologie dla sektora rolno-spożywczego, umożliwiające rolnikom wdrożenie nowych praktyk w gospodarstwach rolnych poza zakresem, który dało się obsłużyć za pomocą dotychczasowej „analogowej” wiedzy i dobrze sprawdzonych metod. Zwiększa się nacisk na innowacje w dziedzinie sztucznej inteligencji, automatyzacji, robotyzacji oraz cyfryzacji, jako technologii o najniższym progu wejścia.
- Kierunki zmian rozwoju Rolnictwa 4.0 wyznaczają strategiczne dokumenty międzynarodowe, w szczególności Unii Europejskiej, m.in. takie jak Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 i strategię Europejskiego Zielonego Ładu oraz dokumenty krajowe, w tym Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030, Krajowy Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 oraz Strategia Produktowności 2030. Jednak w dalszym ciągu w niewielkim stopniu w dokumentach uwzględnione jest wykorzystanie automatyki, robotyki oraz sztucznej inteligencji w tym obszarze.
- Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w branży rolno-spożywczej jest wspierana w ramach programów międzynarodowych i krajowych. Niezbędne jest finansowanie zarówno technologii odtworzeniowych, jak i przetórczych.

Kluczowe rekomendacje

- Skierowane do podmiotów działających w obszarze Rolnictwa 4.0 związane są ze wsparciem innowacyjności sektora rolno-spożywczego poprzez zwiększanie dostępności edukacji, infrastruktury technologicznej oraz finansowania, w szczególności prac badawczo-rozwojowych.
- Skierowane bezpośrednio do NCBR związane są ze wsparciem finansowym prac badawczo-rozwojowych w obszarze Rolnictwa 4.0.

Słowa kluczowe: Polska; Rolnictwo 4.0; trendy technologiczne; cyfryzacja; automatyka; robotyka; sztuczna inteligencja; system wspomagania decyzji; chmura obliczeniowa; internet rzeczy; sensory; big data; działalność innowacyjna; B+R; polityka naukowo-technologiczna.



Spis wybranych skrótów i pojęć

Agrobiznes – działalność gospodarcza obejmująca produkcję rolną, przetwórstwo i handel artykułami rolnymi

AgriTech (agricultural technology) – ogół technologii stosowanych w rolnictwie; obecnie rozumiane jako technologie w rolnictwie dostarczające innowacyjne produkty zwiększające produktywność i zrównoważenie rolnictwa

AKIS – System Wiedzy i Innowacji Rolniczych

AI (artificial intelligence) – sztuczna inteligencja

ARIMR – Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa

B+R – badania i rozwój

Branding – zbiór metod i technik marketingowych, mających na celu kreowanie marki i utwierdzenie jej istnienia w życiu klientów

Bezpieczeństwo żywnościowe – działania, które podejmują państwa, aby zapewnić społeczeństwu dostęp do żywności odpowiedniej jakości i w odpowiedniej ilości

CTT – Centrum Transferu Technologii

DIH (Digital Innovation Hub) – Huby Innowacji Cyfrowych

Działalność rolnicza – oznacza produkcję, hodowlę lub uprawę produktów rolnych (w tym zbiory, dojenie, hodowlę zwierząt oraz utrzymywanie zwierząt do celów gospodarskich) lub utrzymywanie użytków rolnych w stanie, dzięki któremu nadają się one do wypasu lub uprawy, poprzez obowiązkowe wykonanie co najmniej jednego zabiegu

AGROTECH – polegającego na usunięciu lub zniszczeniu niepożądanej roślinności w terminie do dnia 31 lipca danego roku

EDIH (European Digital Innovation Hubs) – Europejskie Huby Innowacji Cyfrowych

ENRD (The European Network for Rural Development) – Europejska Sieć na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich

EPI – grupy operacyjne na rzecz innowacji

EZŁ – Europejski Zielony Ład

FTTP (fiber to the premises) – szerokopasmowy system telekomunikacyjny

Gospodarstwo ekologiczne – gospodarstwo stosujące ekologiczne metody produkcji rolniczej, które posiada certyfikat nadany przez jednostkę certyfikującą lub jest w trakcie przedstawiania na ekologiczne metody produkcji rolniczej

Gospodarstwo indywidualne – gospodarstwo rolne użytkowane przez osobę fizyczną

Gospodarstwo rolne – jednostka wyodrębniona pod względem technicznym i ekonomicznym, posiadająca odrębne kierownictwo (użytkownik lub zarządzający) i prowadząca działalność rolniczą

Gospodarstwo wielkopowierzchniowe – gospodarstwo o powierzchni użytków rolnych 100 ha i więcej

ICT (information and communication technologies) – technologie informacyjno-komunikacyjne

IFAD (The International Fund for Agricultural Development) – Międzynarodowy Fundusz Rozwoju Rolnictwa

IoT (internet of things lub intelligence of things)
– internet rzeczy

KE – Komisja Europejska

KIS – Krajowa Inteligentna Specjalizacja

KSOW – Krajowe Sieci Obszarów Wiejskich

Living Lab, Show Field – nowe podejście do tworzenia i wdrażania nowatorskich rozwiązań w organizacjach; jego podstawowym założeniem jest uczestnictwo użytkowników końcowych w całym procesie tworzenia nowości, w postaci pokazowych laboratoriów (Living Lab) lub upraw (Show Field)

Maszyny i urządzenia rolnicze w gospodarstwie rolnym – sprzęt techniczny w gospodarstwie rolnym

MŚP – sektor małych i średnich przedsiębiorstw

NCBR – Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

PARP – Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

Produkty rolne – produkty wytworzone w działalności rolniczej, tj. działalności związanej z uprawą roślin oraz chowem i hodowlą zwierząt

PROW – Program Rozwoju Obszarów Wiejskich

Rolnictwo – dział gospodarki, którego głównym zadaniem jest dostarczenie produktów rolnych; rolnictwo uzyskuje produkty roślinne i zwierzęce dzięki uprawie roli i roślin oraz chowowi i hodowli zwierząt

Rolnik – osoba fizyczna lub prawna, bądź grupa osób fizycznych lub prawnych, bez względu na status prawny takiej grupy i jej członków w świetle prawa krajowego, posiadająca gospodarstwo oraz prowadząca działalność rolniczą

SIR – Sieć na rzecz innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich

UE – Unia Europejska

Użytki rolne – grunty orne, ogrody przydomowe, uprawy trwałe, w tym sady, łąki i pastwiska oraz pozostałe użytki

Wartość dodana brutto produkcji rolniczej – różnica między globalną produkcją rolniczą a zużyciem pośrednim

WoS – Web of Science

WPR – Wspólna Polityka Rolna

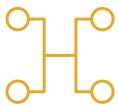
VC – venture capital

Wprowadzenie

Kluczowe wnioski:



Rozwój rolnictwa, zarówno na świecie, jak i w Polsce, jest uwarunkowany przez rozwój nowych technologii.



Rolnictwo 4.0 jest różnie definiowane – wspólny trzon definicji stanowią cztery kluczowe elementy: pomiar, transmisja danych, działanie i czas.



Rolnictwo 4.0 obejmuje szereg technologii, takich jak systemy wspomagania decyzji, aplikacje mobilne, robotyka, sztuczna inteligencja, geolokalizacja, duże zbiory danych, trójwymiarowa wizualizacja, urządzenia autonomiczne i rozszerzona rzeczywistość.

Rozwój rolnictwa¹, zarówno na świecie, jak i w Polsce, jest uwarunkowany przede wszystkim potrzebą produkcji coraz większej ilości żywności z jednoczesnym podnoszeniem jej jakości, a także wytwarzania surowców rolnych dla przemysłu przetwórczego. Znaczący wpływ na zmiany na poszczególnych etapach rozwoju miały i nadal mają nowo powstające technologie (Woźniak, 2021).

w. w wyniku rewolucji przemysłowej do rolnictwa wprowadzono maszyny napędzane silnikami parowymi, a w późniejszym okresie – także spalinowymi i elektrycznymi, zastępując w ten sposób czasochłonną i energochłonną pracę zwierząt i ludzi pracą maszyn. Wprowadzenie mechanizacji na poziomie podstawowym wyodrębniło nowy rodzaj organizacji pracy, który nazywa się Rolnictwem 1.0 (rys. 1) (Ekielski, Wesołowski, 2019).

Etapy rozwoju rolnictwa na świecie, w tym w Polsce

Rolnictwo zapoczątkowane w czasach starożytnych przeszło długą i wyczerpującą metamorfozę. Na początku do uprawy roli wykorzystywano narzędzia wykonane własnymi rękami. Z czasem pracę własną zaczęto zastępować udomowionymi zwierzętami, a także wytwarzano i wykorzystywano coraz wydajniejsze narzędzia. Na przełomie XIX i XX

1 Dział gospodarki, którego głównym zadaniem jest dostarczenie płodów rolnych. Rolnictwo uzyskuje produkty roślinne i zwierzęce dzięki uprawie roli i roślin oraz chowowi i hodowli zwierząt.



Rys. 1. Fazy rozwoju rolnictwa, opisane słowami kluczowymi dla każdego z etapów

Źródło: opracowanie własne na podstawie Ekielski A., Wesołowski K., 2019, Systemy AGROTECHniczne, Polska Izba Gospodarcza Maszyn i Urządzeń Rolniczych

Kolejny etap przemian był związany z dalszą potrzebą zwiększania wydajności i produktywności gospodarstw rolnych². Zaczęto wprowadzać do produkcji rolnej nawozy i środki ochrony roślin, co zapoczątkowało drugą rewolucję w rolnictwie, którą określa się **Rolnictwem 2.0** (rys. 1). Jednak pod koniec lat 50. XX w. zaczęto coraz częściej zwracać uwagę, że podnoszenie wydajności upraw tylko poprzez zwiększanie dostępności składników pokarmowych w glebie jest niewystarczające (Ekielski, Wesołowski, 2019).

Rolnictwo doszło do kolejnej fazy, w której dzięki wykorzystaniu biotechnologii zaczęto ulepszać gatunki roślin uprawnych. Czyniono to w taki sposób, aby rośliny dzięki posiadanym cechom same chroniły się przed chorobami i szkodnikami lub miały wyższą wartość odżywczą. Podkreślono, jak ważne jest indywidualne podejście do każdego elementu hodowli, zarówno roślinnej, jak i zwierzęcej, a także do każdego gatunku osobno (Ekielski, Wesołowski, 2019). Wiedza ta, wraz z powszechnym dostępem do sygnału nawigacji satelitarnej, umożliwiła dokonanie znacznego postępu technologicznego w tym obszarze. Zapoczątkowało to kolejny etap rolnictwa, określanego jako rolnictwo precyzyjne lub inaczej **Rolnictwo 3.0** (rys. 1) (Dominik, 2010).

Równolegle z rolnictwem precyzyjnym pojawiła się koncepcja rolnictwa zrównoważonego, czyli takiego, które obejmuje nie tylko zagadnienia przyrodnicze i AGROTECHniczne, ale też ekonomiczne i społeczno-kulturowe. Zakłada ona, że stopa użytkowania zasobów odnawialnych, takich jak woda i gleba, nie powinna być większa od stopy ich odnowy, a zanieczyszczenia nie powinny przekraczać potencjału absorpcyjnego środowiska. Zapoczątkowany w II połowie lat 90. trend wykorzystywania w rolnictwie zrównoważonym coraz nowocześniejszych technologii ułatwił zarządzanie hodowlami roślinnymi i zwierzęcymi oraz racjonalny rozwój produkcji rolnej, w tym optymalne wykorzystanie czynników produkcji (Araújo i in., 2021). Dalsze zachodzące zmiany w tym obszarze są odpowiedzią na wyzwania Unii Europejskiej dotyczące neutralności klimatycznej opisanej w strategii Europejski Zielony Ład (2021).

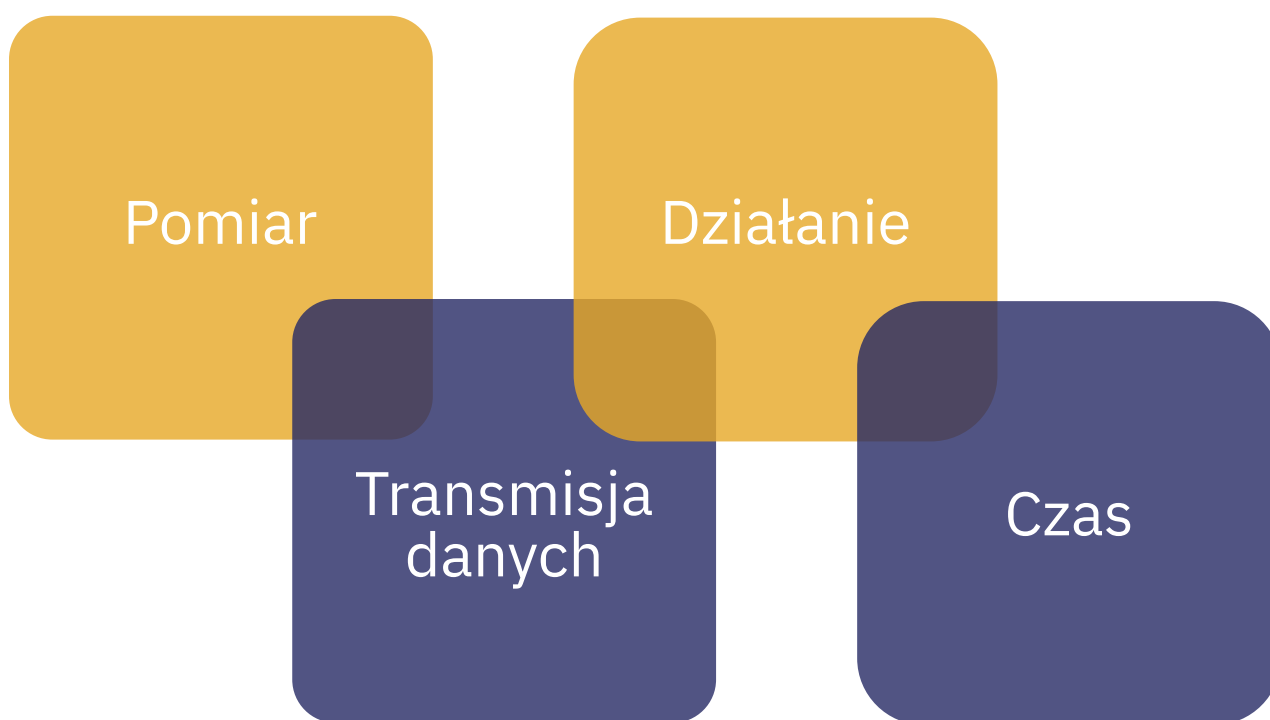
Ostatni etap rozwoju rolnictwa, który rozpoczął się z początkiem XXI w., w większym stopniu niż dotychczas jest wypadkową zmian dokonujących się w otoczeniu tego działu gospodarki, niż w nim samym. Oznacza to, że rolnictwo, dostosowując się do otoczenia, tworzy różnorodne formy i typy działalności, które w głównej mierze rozwijają się w kierunku zaawansowanych technologii, przede

2 Wszystkie jednostki wykorzystywane do działalności rolniczej i zarządzane przez rolnika.

wszystkim cyfrowych, kształtując nową koncepcję określaną mianem **Rolnictwa 4.0** (rys. 1). Wywodzi się ona z Systemu Zrównoważonego Rolnictwa lub inaczej rolnictwa dopasowanego do warunków zmieniającego się środowiska (*climate smart agriculture*) i rolnictwa inteligentnego, tzw. *smart farming*. Ten system produkcji oparty jest na prowadzeniu produkcji rolnej z poszanowaniem bioróżnorodności oraz zachowaniem dbałości o środowisko poprzez zastosowanie nowoczesnych technologii opierających się przede wszystkim na systemie geolokalizacji oraz analizie danych, m.in. meteorologicznych i rynkowych. W porównaniu do rozwiązań stosowanych w Rolnictwie 3.0, w tym przypadku wymiana informacji stanowi podstawowy element systemu organizacji produkcji rolniczej (Ekielski, Wesołowski, 2019).

Zakres definicyjny i opis technologii składających się na Rolnictwo 4.0

Rolnictwo 4.0 jest coraz częściej podejmowanym tematem w literaturze przedmiotu, jednak nadal niewiele publikacji poświęconych jest identyfikacji jego głównych cech (Escamilla-García i in., 2020; Monteleone i in., 2020). Nie istnieje jednoznaczna definicja pojęcia Rolnictwo 4.0, a nieliczne definicje prezentowane przez różnych autorów, zarówno w literaturze naukowej, jak i w raportach branżowych, opierają się na zbiorze pewnych cech. Ich wspólny trzon stanowią cztery kluczowe elementy, które prezentuje rys. 2 (Ekielski, Wesołowski, 2019).



Rys. 2. Kluczowe elementy definicji Rolnictwa 4.0

Źródło: opracowanie własne

Badacze, którzy podjęli się konceptualizacji zjawiska Rolnictwa 4.0 i jego zdefiniowania, najczęściej określali je jako integrację różnych technologii w celu automatyzacji zadań cyberfizycznych, pozwalającą na lepsze planowanie i kontrolę produkcji rolniczej (Ekielski, Wesołowski, 2019; Escamilla-García i in., 2020). Węższą definicję prezentuje Griepentrog (2017), który Rolnictwo 4.0 określa jako zbiór technologii informatycznych wykorzystywanych do optymalizacji przepływu środków i działań. Ponadto Sott i in. (2020) zwrócili uwagę, że termin Rolnictwo 4.0 obejmuje także adaptację technologii w celu stworzenia łańcucha wartości, który integruje przedsiębiorców, klientów i innych interesariuszy. Rolnictwo 4.0 jest więc przede wszystkim kojarzone ze zmianą procesów rolniczych, przejściem z tradycyjnych modeli biz-

nesowych na cyfrowe, a także z rozwojem nowych strategii związanych z technologiami cyfrowymi w celu połączenia różnych systemów i uczestników łańcucha dostaw w rolnictwie (Maffezzoli i in. 2022). Na potrzeby niniejszej analizy przyjęto jedną z tych definicji, która określa **Rolnictwo 4.0** jako „**konceptję prowadzenia rolnictwa w innowacyjny sposób z wykorzystaniem najnowszych technologii w celu zwiększenia ilości i jakości produktów rolnych**” (Goel i in., 2021). Na tak zdefiniowane Rolnictwo 4.0 składa się szereg technologii, które zostały opisane wybranymi literaturowo słowami kluczowymi (tab. 1). Następnie ich wybór zweryfikowano z ekspertami wewnętrznymi NCBR oraz ekspertami zewnętrznymi z obszaru innowacyjnych technologii w rolnictwie.

Tab. 1. Słowa kluczowe opisujące technologie Rolnictwa 4.0

Słowo kluczowe wersja polska	Słowo kluczowe wersja angielska	Definicja
Systemy wspomagania decyzji	Decision support	Są to interaktywne systemy komputerowe, pomagające decydentom wykorzystać modele i dane w rozwiązywaniu problemów niestrukturalnych. Systemy te wspierają organizacyjne i biznesowe czynności decyzyjne, które powinny ułatwiać modelowanie i rozumienie świata zewnętrznego (Ciupał, 2006).
Aplikacje mobilne	Mobile application	To ogólna nazwa dla oprogramowania działającego na urządzeniu przenośnym, takim jak telefon i tablet; pozwala ono na szybszą i prostszą realizację usług (Szewczyk, 2018).
Robotyka	Robot*(ization)	Jest to interdyscyplinarny kierunek badań zajmujący się tworzeniem robotów, a także sterowaniem nimi i ich obsługą. W wyszukiwaniu wykorzystywano rdzeń słowa „robot*”, odnoszący się do słów związanych z robotyką (robots, robotics, itp.).
Sztuczna inteligencja	Artificial intelligence	Jest to zdolność maszyn do wykazywania ludzkich umiejętności, takich jak rozumowanie, uczenie się, planowanie i kreatywność. Umożliwia ona systemom technicznym postrzeganie otoczenia, radzenie sobie z tym, co postrzegają i rozwiązywanie problemów, podczas gdy działają w kierunku osiągnięcia określonego celu (Parlament Europejski, 2020).

3 Produkty wytworzone w działalności rolniczej, tj. działalności związanej z uprawą roślin oraz chowem i hodowlą zwierząt.

Geolokalizacja	Satellite	Jest to proces identyfikacji położenia geograficznego użytkownika lub urządzenia. Można to zrobić za pomocą wielu metod, w tym śledzenia adresu IP, śledzenia GPS i triangulacji.
Duże zbiory danych	Big data	Są to duże, zarówno ustrukturyzowane, jak i nieustrukturyzowane zbiory danych pochodzące z różnych źródeł, które są przetwarzane i analizowane w celu uzyskania nowych informacji (Parlament Europejski, 2021). Informacje te mogą być wykorzystywane do tworzenia nowych produktów, jak i podnoszenia efektywności i wydajności procesów, w tym przetwarzania informacji umożliwiających lepszy wgląd, podejmowanie decyzji i automatyzację.
Trójwymiarowa wizualizacja	3d imag* or three-dimensional imag*	Jest to trójwymiarowe odwzorowanie stworzonego w wersji 2D projektu, które pozwala w bardziej kompleksowy sposób oddać wygląd produktu lub obiektu. Obecnie to jeden z najpopularniejszych sposobów przedstawiania rzeczywistych obiektów, scen i krajobrazów w wirtualnym świecie.
Urządzenia autonomiczne	Autonomous	Są to urządzenia zdolne do samodzielnego poruszania się po wyznaczonym terenie, które zbierają dane wewnętrzne i zewnętrzne, a następnie reagują na nie w dwojaki sposób: odbierają i przesyłają dane do komputera lub, wyposażone np. w sztuczną inteligencję, reagują bezpośrednio – w obszarze rolnictwa np. zwiększają dawki nawozu czy regulują oświetlenie w pomieszczeniu (Księżak, 2001).
Rozszerzona rzeczywistość	Augmented reality	Jest to technologia polegająca na integracji informacji cyfrowej i otoczenia użytkownika w czasie rzeczywistym. Przykładowo dotyczy to rozwiązań polegających na nakładaniu dodatkowych informacji, np. tekstu czy grafiki, na obiekty znajdujące się w otoczeniu użytkownika, które wyświetlane są na ekranie urządzenia, takiego jak smartfon.

Znak „*” oznacza dowolny ciąg znaków występujący po wyrażeniu.

Źródło: opracowanie własne

Cel badania i metody badawcze

Opisane w tab. 1 technologie zostały poddane analizie z wykorzystaniem zarówno metod ilościowych (analiz bibliometrycznych, patentowych, baz wewnętrznych NCBR), jak i jakościowych (indywidualne wywiady pogłębione) oraz opatrzone komentarzem eksperckim. **Celem analiz była identyfikacja trendów technologicznych w obszarze Rolnictwa 4.0. Cele szczegółowe objęły przedstawienie trendów rozwojowych i perspektyw w zakresie Rolnictwa 4.0 w Polsce oraz polityki naukowo-technologicznej i innowacyjnej w tym obszarze.**

Jednym ze wskaźników pozwalających wnioskować o zaangażowaniu w rozwój poszczególnych technologii Rolnictwa 4.0 może być aktywność badawcza mierzona liczbą publikacji. Pośrednio wskazuje ona na stan prac naukowych w danym obszarze lub kraju pokazując trendy, a także potencjał naukowy i rozwojowy. Do pomiaru trendów naukowych w zakresie Rolnictwa 4.0 wykorzystano **analizę bibliometryczną** dokonaną w bazie Web of Science (jednej z dwóch największych na świecie baz zawierających teksty naukowe⁴). Pokazuje ona, w jakim zakresie dane pojęcia pojawiają się w publikacjach, wskazując na częstotliwość ich występowania. W analizie wykorzystano wybrane technologie (tab. 1), gdzie posługiwano się ich pełnymi nazwami, w tym anglojęzycznymi odpowiednikami lub ich rdzeniami. Wyszukiwanie prowadzono w czterech kategoriach tematycznych powiązanych z rolnictwem, jakie stosowane są w Web of Science: ekonomika rolnictwa i polityka rolna (*Agricultural Economics & Policy*), inżynieria rolnicza (*Agricultural Engineering*), mleczarstwo i zootechnika (*Agriculture, Dairy & Animal Science*) oraz rolnictwo, wielodyscyplinarne (*Agriculture, Multidisciplinary*).

Z kolei **statystyki patentowe** mogą być jednym ze wskaźników rozwoju nowych technologii w danym obszarze. Tego typu zestawienia lub badania przygotowywane są choćby przez same urzędy statystyczne. Jednym z ciekawszych opracowań dotyczących zagadnień z zakresu Rolnictwa 4.0 jest

publikacja Europejskiego Urzędu Patentowego dotycząca Rewolucji Przemysłowej 4.0 (*4th Industrial Revolution*). Urząd ten w swoim podejściu skupił się głównie na zakażeniu technologii głównych (*core*), które następnie sprowadził do technologii wspomagających (*enabling*), a następnie obszarów, w których technologie te są stosowane.

W niniejszym badaniu wyszukiwanie odbywało się głównie w wybranych kategoriach Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej. Było ono oparte o wyszukiwania tekstowe (tzw. *text mining*), prowadzone w bazie patentowej *Espacenet*⁵ Europejskiego Urzędu Statystycznego w oparciu o wcześniej wybrane słowa kluczowe (tab. 1). Wyszukiwania zawężono do kategorii A01 Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (MKP), tj. Rolnictwo; leśnictwo; hodowla zwierząt; łowiectwo; zakładanie sidet; rybołówstwo. Oznacza to, że analizowano patenty bezpośrednio związane z rolnictwem, wykorzystujące technologie wspomagające. Trafność doboru terminów sprawdzano w wyszukiwaniu próbnym, porównując m.in. częstotliwość występowania odpowiednich klas MKP w wyszukiwaniu i analizie wybranych patentów otrzymanych w jego wyniku. Sam termin „Rolnictwo 4.0”, zgodnie z wynikami wstępnego wyszukiwania, okazał się niezbyt popularny. Fraza „Agriculture 4.0” praktycznie nie występuje. Inne ogólne pojęcia związane z Rolnictwem 4.0 są używane w tekstach patentowych, ale stosunkowo rzadko. Przykładowo „inteligentne rolnictwo” (*smart farming*) pojawia się zaledwie 107 razy, a „rolnictwo precyzyjne” (*precision farming*) – 450 razy. Ze względu na multidyscyplinarny charakter wyszukiwanych rozwiązań wychodzących poza klasy MKP lub Wspólnej Klasyfikacji Patentowej (CPC), zdecydowano się na wyszukiwanie tekstowe, a nie po samych klasach. Należy zastrzec, że zastosowane podejście jest podejściem uproszczonym. Przykładowo WIPO w swoim badaniu sztucznej inteligencji stosowało bardziej złożone analizy, polegające na wykorzystywaniu wielu powiązanych słów kluczowych oraz kodów klasyfikacji MKP. Przy interpretacji otrzymanych wyników należy zwrócić uwagę, że są to dane ilościowe, nieuwzględniające jakości patentów, a także tego, czy i w jaki sposób są one wykorzystywane w praktyce gospodarczej.

4 Zgodnie z dostępnymi danymi baza Web of Science zawiera 79 mln publikacji.

5 Międzynarodowa baza dokumentów patentowych prowadzona przez EPO.

Również należy mieć na uwadze różnice pomiędzy poszczególnymi krajowymi systemami ochrony własności przemysłowej⁶. Na jakość danych w dużej mierze wpływają także polityki dużych przedsiębiorstw, najczęściej korporacji międzynarodowych, które patentują rozwiązania na szeroką skalę, aby potencjalnie uzyskiwać przewagi konkurencyjne.

W przypadku **analiz bibliometrycznych, jak i patentowych okres wyszukiwania zawężono do lat 2010 – 2021**, co wynikało ze wstępnie przeprowadzonych analiz. Przed 2010 rokiem dane słowa kluczowe/technologie występowały bardzo rzadko, a 2021 był ostatnim pełnym rokiem, dla którego były dostępne dane. Zapytania odnoszono do anglojęzycznych nazw technologii w przypadku wykorzystywania źródeł zewnętrznych i odpowiedników polskich w przypadku baz projektów NCBR w obszarach dotyczących rolnictwa (w zakresie kodów MKP dla patentów i kategorii Web of Science powiązanych z rolnictwem dla publikacji). Zapytania w bazach z użyciem słów kluczowych konstruowano korzystając z operatorów Boole’a. Przykładowo, dla sztucznej inteligencji w bazie Espacenet wyglądało to następująco: „ctxt = “artificial intelligence” AND pd within “2010-01-01,2021-12-31” AND ipc all “A01”, a w Web of Science “TS=(artificial intelligence) AND (WC=(Agricultural Economics & Policy) OR WC=(Agricultural Engineering) OR WC=(Agriculture, Dairy & Animal Science) OR WC=(Agriculture, Multidisciplinary))”. Wbudowane w obydwie bazy narzędzia analityczne pozwalały na dalszą eksplorację otrzymanych wyników przy zastosowaniu odpowiednich filtrów dla poddawanych analizie atrybutów. W łącznym wyszukiwaniu w Web of Science stosowano następujące zapytanie: “(TS=(“artificial intelligence”) OR TS=(satellit*) OR TS=(robot*) OR TS=(autonomous) OR TS=(“big data”) OR TS= (“mobile application”) OR TS=(“decision support”) OR TS=(“three dimensional imag*”) OR TS= (“3D imag*”)) AND (WC=(Agricultural Economics & Policy) OR WC=(Agricultural Engineering) OR WC=(Agriculture, Dairy & Animal Science) OR WC=(Agriculture, Multidisciplinary))”, ograniczając jednocześnie wyniki do lat 2010–2021.

W dalszej kolejności, w celu uzupełnienia informacji o trendach technologicznych w Polsce z zakresu nowych technologii w obszarze Rolnictwa 4.0, wykonano **analizę projektów realizowanych w NCBR**, również w formie wyszukiwania tekstowego. Analizą zostały objęte wnioski o dofinansowanie złożone w NCBR, zarówno te, które go nie otrzymały (dalej: złożone wnioski), jak i te objęte finansowaniem (dalej: realizowane projekty, beneficjenci) w latach 2015–2022, sklasyfikowane według OECD jako nauki rolnicze, w streszczeniach których zidentyfikowano jedno lub więcej słów kluczowych charakterystycznych dla obszaru Rolnictwa 4.0. Do identyfikacji wniosków wykorzystano angielskie i polskie odpowiedniki terminów opisanych w tab. 1, w polskiej wersji uwzględniając ich deklinację. Jednak w kontekście analizy trendów technologicznych w zakresie projektów B+R dofinansowanych w NCBR należy zaznaczyć, że ich identyfikacja po słowach kluczowych jest obciążona pewnym ryzykiem. Informacje zawarte we wnioskach o dofinansowanie (tytuł, streszczenie) przedstawiają szeroką perspektywę projektu. Szczegółowe, charakterystyczne dla danego produktu lub technologii słownictwo jest używane w mniejszym stopniu. W takim przypadku wyróżnione na potrzeby badania słowa kluczowe są trudne do dopasowania. Z tych powodów wykonano dodatkową pogłębioną analizę ekspercką treści opisów projektów.

Metody jakościowe objęły indywidualne wywiady pogłębione z beneficjentami NCBR, którzy zrealizowali projekt badawczo-rozwojowy w obszarze Rolnictwa 4.0 w ostatnich latach lub nadal go realizują. Dokonano również przeglądu międzynarodowych i krajowych dokumentów strategicznych w obszarze potrzeb i rozwoju nowych technologii w rolnictwie w celu określenia polityki naukowo-technologicznej i innowacyjnej w tym obszarze.

Uzupełnieniem metod ilościowych i jakościowych był komentarz ekspercki, w postaci ekspertyz branżowych oraz warsztat ze specjalistami z obszaru innowacji, cyfryzacji i transferu wiedzy w rolnictwie w zakresie analizy PESTEL, która stanowi całościowe podsumowanie wyników badania.

6 Dotyczy to np. patentowania rozwiązań w zakresie oprogramowania i różnic w podejściu do tego zagadnienia, np. w Stanach Zjednoczonych i Europie.

I. Polski sektor rolny

Kluczowe wnioski:



W obszarze polskiego rolnictwa obserwujemy konkretne zmiany liczby gospodarstw rolnych, ich specjalizacji i modernizacji.



W kontekście rozwoju Rolnictwa 4.0 istnieją wyzwania związane m.in. ze zmianą klimatu, zapewnieniem bezpieczeństwa żywnościowego mieszkańcom Polski oraz dostosowywaniem profilu produkcji gospodarstw rolnych do wymagań rynku.



W kontekście rozwoju Rolnictwa 4.0 również identyfikujemy liczne trudności świadomościowe, strukturalne oraz strategiczne.

W ciągu ostatnich trzydziestu lat polskie rolnictwo przeszło głęboką transformację. Po 1989 r. zasady gospodarki rynkowej rozszerzono na sektor rolno-spożywczy, co skutkowało m.in. pojawieniem się na rynku produktów zagranicznych, likwidacją państwowych gospodarstw rolnych zajmujących dotychczas ok. 18% użytków rolnych i trzykrotnym zmniejszeniem zatrudnienia w rolnictwie. Kolejnym punktem zwrotnym było przystąpienie do Unii Europejskiej i przyjęcie zasad Wspólnej Polityki Rolnej. Od 2004 r. znacząco wzrosło wsparcie finansowe dla polskiego rolnictwa, a także eksport produktów rolnych. Dzięki tym licznym zmianom wydajność w sektorze rolniczym wzrosła 2,3 raza

w latach 2004–2020 (Miniszewski, 2021). Obecnie w Polsce 60% powierzchni kraju jest użytkowanych rolniczo, z czego 73% pod zasiewy, 19% to użytki zielone, 2,8% – pastwiska, a 2,2% – sady. Przeważają gleby lekkie, średniej jakości, często kwaśne, w znikomym stopniu zanieczyszczone metalami ciężkimi i WWA⁷. Należy również zaznaczyć, że na tle Unii Europejskiej udział polskiego rolnictwa w tworzeniu PKB jest wciąż relatywnie wysoki i wynosi około 3% (2020 r.), a zatrudnienie w sektorze rolno-spożywczym stanowi około 10%. Natomiast udział rolnictwa w tworzeniu PKB i zatrudnieniu w krajach ekonomicznie wysoko rozwiniętych spadł do 1,4% (DG AGRI, 2020).

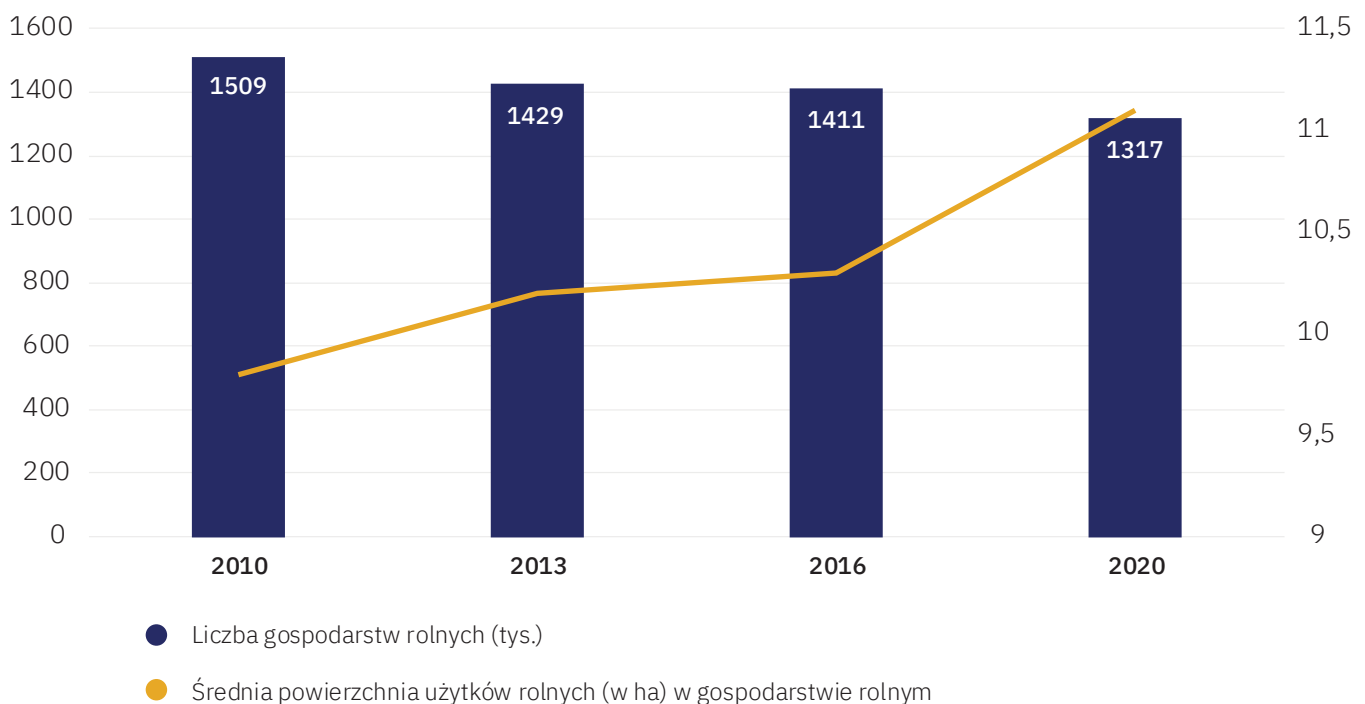
⁷ Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, np. antracen, piren, chryzen i fluoren.

I.1. Charakterystyka gospodarstw rolnych

Na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się tendencję zmniejszania się liczby gospodarstw rolnych⁸, przy jednoczesnym wzroście ich średniej powierzchni. W ciągu ostatniej dekady liczba gospodarstw rolnych zmniejszyła się o 13%. W 2020 r. było ich o ok. 190 tys. mniej niż w 2010 r., tj. 1317 tys. Nieznacznej poprawie uległa struktura gospodarstw rolnych. Zmalał udział gospodarstw najmniejszych o powierzchni do 5 ha użytków rolnych⁹ z 54,0% w 2010 r. do 52,5% w 2020 r., a jednocześnie wzrósł udział gospodarstw o powierzchni 15 ha i więcej użytków rolnych z 13,0% w 2010 r. do 15,8% w 2020 r. Z kolei gospodarstwa wielkopowierzchniowe¹⁰ to w Polsce zaledwie ok.

1% (GUS, 2021). **Należy zaznaczyć, że ponad połowa gospodarstw ma powierzchnię poniżej 5 ha, ale to gospodarstwa o powierzchni powyżej 15 ha kontrolują ponad 60% użytków rolnych.**

Powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwach rolnych w 2020 r. wynosiła 14,6 mln ha, z czego 91% użytkowały gospodarstwa indywidualne¹¹. Pozostałe 9% to spółki osobowe, kapitałowe, spółdzielnie oraz przedsiębiorstwa państwowe. Oznacza to, że w ciągu ostatnich 10 lat powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwach rolnych zmniejszyła się o ok. 200 tys. ha (o 1,5%). Jednak od 2010 roku średnia powierzchnia użytków rolnych¹² przypadająca na jedno gospodarstwo rolne wzrosła o ok. 13%, tj. z 9,8 ha w 2010 r. do 11,1 ha w 2020 r. (rys. 3). Wartość ta wykazuje tendencję wzrostową, choć nie jest już ona tak dynamiczna jak w latach 2000–2010 (GUS, 2021).



Rys. 3. Liczba gospodarstw rolnych ogółem i średnia powierzchnia użytków rolnych w latach 2010–2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zebranych w Powszechnym Spisie Rolnym 2020 r. (GUS, 2021)

⁸ Jednostka wyodrębniona pod względem technicznym i ekonomicznym, posiadająca odrębne kierownictwo (użytkownik lub zarządzający) i prowadząca działalność rolniczą.

⁹ Grunty orne, ogrody przydomowe, uprawy trwałe, w tym sady, łąki i pastwiska oraz pozostałe użytki.

¹⁰ Gospodarstwa o powierzchni użytków rolnych 100 ha i więcej.

¹¹ Gospodarstwo rolne użytkowane przez osobę fizyczną.

¹² Tj. grunty orne, sady, łąki i pastwiska.

Należy również zaznaczyć, że wielkość gospodarstw różni się znacznie w zależności od regionu: największe dominują na północy i zachodzie kraju, a najmniejsze – na południu. Z kolei liczba krajowych gospodarstw ekologicznych¹³ w ciągu ostatnich 10 lat niewiele się zmieniła (jest ich ok. 20 tys.), natomiast również rośnie ich powierzchnia.

Wyniki ostatniego spisu rolnego pokazują, że ogólna powierzchnia zasiewów w gospodarstwach rolnych w 2020 r. była większa o ok. 340 tys. ha w porównaniu z 2010 r. Na uwagę zasługują również dane wskazujące na zmiany w specjalizacji zachodzące w polskim rolnictwie. Nadal, niezmiennie od wielu lat, w strukturze siewu dominują zboża. Jednak w ciągu ostatnich 10 lat nastąpiło znaczne zmniejszenie powierzchni upraw ziemniaków (spadek o 40%), natomiast odnotowano wzrost powierzchni upraw buraków cukrowych (wzrost o 19%) oraz roślin strączkowych (wzrost o 91%). Od 2010 r. pogłowie drobiu zwiększyło się o prawie 30%, pogłowie bydła mięsnego o prawie 10%, przy dużym spadku pogłowia trzody chlewnej (spadek o 26,85%) (GUS, 2021).

Korzystne, jednak w dalszym ciągu niewielkie zmiany, dotyczą liczby ciągników i maszyn rolniczych. W 2020 r. w gospodarstwach rolnych znajdowało się ok. 1,4 mln ciągników, tj. o blisko 2% więcej niż w 2010 r. Oznacza to, że w 2020 r. na jedno gospodarstwo rolne przypadało średnio ok. 1,1 ciągnika, wobec 0,9 w 2010 r. Wśród ciągników i maszyn rolniczych dominują ciągniki rolnicze, opryskiwacze polowe oraz kombajny zbożowe (GUS, 2022). W 2019 r. zarejestrowano w Europie 190 tys. ciągników, z czego zaledwie 11 tys., czyli 5,7%, w Polsce. W tym czasie w Niemczech zarejestrowano 28 tys. ciągników, a we Francji – 31 tys. (Eurostat, 2020).

Zużycie nawozów mineralnych od 2019 r. do czerwca 2020 r. było o 10 p.p. większe niż w 2010 r. i wyniosło 1951 tys. ton. W 2020 r. na 1 ha użytków rolnych zużyto przeciętnie 135,3 kg nawozów mineralnych lub chemicznych (średnia

dla świata wynosi 36,6 kg na 1 ha użytków rolnych). Z danych GUS wynika, że większe gospodarstwa zużywają więcej nawozów zarówno mineralnych, jak i wapniowych. W 2020 r. średnie krajowe zużycie nawozów wapniowych w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych ogółem wyniosło 91,3 kg i było ponad dwukrotnie większe niż w 2010 r. Jednak biorąc pod uwagę wysoki stan zakwaszenia gleb w Polsce, wzrost nawożenia wapniowego jest nadal niewystarczający (GUS, 2021; GUS, 2022). Za opisanymi zmianami, jakie zachodzą w polskich gospodarstwach rolnych, idą korzyści ekonomiczne dla tego obszaru gospodarki. **Wzrost eksportu towarów rolno-spożywczych w latach 2005–2019 był wyższy niż importu – zwiększył się z 7,1 mld euro do 31,4 mld euro.** W 2021 r. wartość eksportu rolno-spożywczego osiągnęła rekordowy poziom 37,4 mld euro, przy dodatnim saldzie handlowym 12,7 mld euro. Polska jest między innymi ważnym eksporterem żyta (2. miejsce na świecie) i jabłek (3. miejsce na świecie), a także jaj i drobiu, wołowiny, owsa, ziemniaków, cukru i wyrobów cukierniczych, tytoniu i wyrobów tytoniowych (GUS, 2020).

I.2. Charakterystyka rolników¹⁴

Zmiany dotyczą również struktury właścicieli i pracowników gospodarstw rolnych. Liczba osób pracujących w rolnictwie nieznacznie zmalała w 2020 r. (2 318 300 osób) względem 2010 r. (2 326 200 osób) i stanowiła w 2020 r. 9% w ogólnym zatrudnieniu (średnia dla UE to 4,2%). Dominującym statusem zatrudnienia była i nadal jest praca na własny rachunek w gospodarstwach indywidualnych. W 2020 r. w ten sposób pracowało ok. 95% rolników. Zaledwie ok. 4% osób jest zatrudnionych w gospodarstwach rolnych na umowie o pracę. Nieliczną grupę stanowią członkowie spółdzielni produkcji rolniczej (mniej niż 1%). Najwyższy odsetek osób zatrudnionych w tym sektorze pracuje w województwie lubelskim, mazowieckim, małopolskim i podkarpackim (GUS, 2021).

¹³ Gospodarstwo stosujące ekologiczne metody produkcji rolniczej, które posiada certyfikat nadany przez jednostkę certyfikującą lub jest w trakcie przedstawiania się na ekologiczne metody produkcji rolniczej.

¹⁴ Osoba fizyczna lub prawna, bądź grupa osób fizycznych lub prawnych, bez względu na status prawny takiej grupy i jej członków w świetle prawa krajowego, która posiada gospodarstwo oraz prowadzi działalność rolniczą.

Polscy rolnicy, obok Austriaków, są najmłodsi w Europie – co piąty rolnik ma mniej niż 40 lat. Młodzi rolnicy zazwyczaj uprawiają 20–50 ha ziemi. Aż 44,7% kierowników gospodarstw rolnych ma wykształcenie rolnicze, choć z drugiej strony połowa kierowników gospodarstw nie ma żadnych kwalifikacji edukacyjnych (zarówno na szczeblu średnim, jak i wyższym) w obszarze rolnictwa. Najwyższy odsetek osób z wyższym wykształceniem rolniczym występuje w grupie wiekowej poniżej 35 lat oraz wśród właścicieli gospodarstw o powierzchni pow. 50 ha (patrz: rozdział III, Trendy w kształceniu twórców i użytkowników końcowych technologii 4.0 w rolnictwie). Działalność rolnicza¹⁵ jest głównym źródłem utrzymania tylko dla co trzeciego rolnika. Inne źródła dochodów w gospodarstwach to praca najemna, emerytury, działalność pozarolnicza, inne niezarobkowe źródła dochodów (GUS, 2022).

I.3. Wyzwania w obszarze rolnictwa i agrobiznesu¹⁶ w Polsce w kontekście Rolnictwa 4.0

Wyzwania we współczesnym rolnictwie – zarówno na świecie, jak i w Polsce – wynikają z jednej strony z ograniczonych zasobów Ziemi, które muszą zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe jej mieszkańcom, jak również zachodzących zmian klimatycznych na naszej planecie, które bezpośrednio wpływają na źródła żywności. Obserwuje się także ogólnosiłkowy popyt na różnego rodzaju zmiany, dotyczące modelu żywienia i dystrybucji żywności oraz popyt na nowoczesne technologie w sektorze rolno-spożywczym, głównie w zakresie technik cyfrowych i satelitarnych (Sadowski, 2017; Szymczak i Sadowski, 2019). Celem tych zmian jest poprawa efektywności i wydajności rolnictwa.

Skutki zmiany klimatu również dla polskiej produkcji rolnej będą bardzo dotkliwe, gdyż w dużym stopniu powodzenie upraw i hodowli jest uzależ-

nione od czynników klimatycznych. Nawet niewielka ich zmiana może spowodować, że określony rodzaj produkcji nie będzie mógł być prowadzony na danym terenie. W tym kontekście sektor rolniczy stoi przed dwoma ważnymi wyzwaniami: potrzebą redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz prowadzenia działań adaptujących rolnictwo do zachodzących zmian (Kuryluk, 2020). Ponadto rolnictwo, poprzez dostarczanie roślin energetycznych z biomasy, odgrywa również ważną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego kraju. Spalanie biopaliw stałych i biogazu stanowi 8% mocy zielonej energii w Polsce. Biorąc pod uwagę konieczność zwiększenia udziału OZE z 13 do 23% w końcowym zużyciu energii do 2030 r., inwestycje w tej branży będą wzrastać.

Również ważnym wyzwaniem, przed którym stoi Polska, jest zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego¹⁷, wyeliminowanie głodu oraz zwiększenie nacisku na prawidłowe odżywianie się społeczeństwa. W tym obszarze obserwuje się od jakiegoś czasu zachodzące zmiany, zwłaszcza w modelach żywieniowych, a także wzrost świadomości ludzi w zakresie prawidłowego odżywiania. Jednak w dalszym ciągu wyzwaniem pozostaje poprawa jakości spożywanych produktów, przy utrzymaniu ich ceny odpowiedniej do dochodów, która pozwoli zapewnić większej liczbie osób niż obecnie odpowiedni poziom bezpieczeństwa żywnościowego (Kapusta, 2015; Kraciuk, 2018).

Modernizacja sektora rolnego poprzez wspieranie i dzielenie się wiedzą, innowacjami i cyfryzacją w rolnictwie i na obszarach wiejskich oraz zachęcanie rolników do korzystania z tych zasobów jest największym wyzwaniem obecnych czasów. Jego realizacja przede wszystkim zwiększy szanse na dostosowanie profilu produkcji gospodarstw rolnych do wymagań rynku, specjalizację, zmniejszenie kosztów jednostkowych, zwiększenie wydajności, podniesienie jakości produktów rolnych, a także ograniczenie wpływu rolnictwa na środowisko naturalne (Nosecka, 2018).

15 Oznacza produkcję, hodowlę lub uprawę produktów rolnych (w tym zbiory, dojenie, hodowlę zwierząt oraz utrzymywanie zwierząt do celów gospodarskich) lub utrzymywanie użytków rolnych w stanie, dzięki któremu nadają się one do wypasu lub uprawy, poprzez obowiązkowe wykonanie co najmniej jednego zabiegu AGROTECHNICZNEGO polegającego na usunięciu lub zniszczeniu niepożądanego rośliności w terminie do dnia 31 lipca danego roku.

16 Działalność gospodarcza obejmująca produkcję rolną, przetwórstwo i handel artykułami rolnymi.

17 Działania, które podejmują państwa, aby zapewnić społeczeństwu dostęp do żywności odpowiedniej jakości i w odpowiedniej ilości.

Wszystkie te wyzwania sprawiają, że potrzeba wdrażania nowoczesnych technologii w rolnictwie, prowadzących do Rolnictwa 4.0, staje się coraz wyraźniejsza. Szczegółowe wyzwania wraz z propozycjami zmian w tym obszarze zostały zebrane i opisane w licznych międzynarodowych, europejskich i krajowych strategiach rozwojowych sektora rolno-spożywczego (patrz rozdział IV, Rolnictwo 4.0 w międzynarodowych dokumentach strategicznych oraz Rolnictwo 4.0 w krajowych dokumentach strategicznych).

I.4. Trudności w obszarze rolnictwa i agrobiznesu w Polsce w kontekście Rolnictwa 4.0

W obszarze polskiego rolnictwa i agrobiznesu możemy wyróżnić trudności świadomościowe, strukturalne oraz strategiczne.

Trudności świadomościowe są najistotniejszą i jednocześnie największą grupą, która rzutuje na pozostałe. Często szybkość i skuteczność zmian w prowadzeniu gospodarstwa zależą od świadomości przedsiębiorcy rolnego, która to w dużej mierze jest uzależniona od wieku i wykształcenia. W Polsce nadal spory odsetek rolników to osoby powyżej 60. roku życia oraz osoby bez wykształcenia kierunkowego. Ponadto, wielu pracowników gospodarstw rolnych to pracujący członkowie rodzin rolników, którzy również często nie mają świadomości i wiedzy teoretycznej w pewnych obszarach zarządzania gospodarstwem (Ziętara, 2018). Powoduje to, że nie każdy polski właściciel gospodarstwa rolnego oraz jego pracownicy rozumieją, że np.

maksymalizacja produkcji nie zapewnia optymalnej jej opłacalności w długiej perspektywie czasowej, a błędy w zarządzaniu glebą, wodą, środowiskiem, energią itd. zawsze skutkują zwiększonymi nakładami na produkcję w przyszłości. Rolnicy również charakteryzują się nieufnością w podejściu do nowych technologii (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2022). Nie zawsze dostrzegają korzyści wynikające z wpływu nowoczesnych technologii na środowisko i jakość żywności. W powszechnej opinii tych rolników tradycyjne rolnictwo jest z natury rzeczy „przyjazne” środowisku, co nie zawsze jest prawdą.

W porównaniu do innych krajów europejskich, polskie rolnictwo charakteryzuje się rozdrobnioną strukturą agrarną, wysokim udziałem indywidualnych gospodarstw rolnych, zmniejszającym się wskaźnikiem zatrudnienia w tym sektorze oraz niskim poziomem mechanizacji (GUS 2021; GUS 2022). Wszystko to prowadzi do jego niskiej efektywności, o czym świadczy niewielki udział rolnictwa w tworzeniu PKB (2,6% w 2019 wg danych Eurostatu) przy dużym udziale w strukturze zatrudnienia (9,2%).

W Polsce wymienionych niekorzystnych cech rolnictwa upatruje się w niewystarczająco określonych strategicznych kierunkach rozwoju, opisanych w dokumentach krajowych, włączając w to potrzebę wykorzystania nowoczesnych technologii w gospodarstwach rolnych. Brak też jest aktywnej polityki rolnej idącej w kierunku koncentracji produkcji (Poczta i Rowiński, 2019; Sadowski i in., 2013). Ponadto niewystarczające środki finansowe przeznaczane są na modernizację gospodarstw rolnych czy podnoszenie kompetencji rolników, a także na badania i rozwój.

II. Działalność innowacyjna i badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw z obszaru rolnictwa w Polsce

Kluczowe wnioski:



Wzrasta zainteresowanie technologiami 4.0 wśród ostatecznych odbiorców, tj. rolników i przedsiębiorstw sektora rolno-spożywczego.



Innowacje wprowadzają przede wszystkim duże przedsiębiorstwa.



W Polsce działalność badawczo-rozwojowa w obszarze rolnictwa dopiero się rozwija, jednak mamy duży potencjał w tym obszarze.



Tworzenie i wdrażanie innowacji przynoszą korzyści zarówno przedsiębiorcom, jak i jednostkom naukowym.



Wciąż jednak istnieją bariery, zarówno na poziomie twórców technologii 4.0, jak i ostatecznych odbiorców wypracowanych rozwiązań, które hamują dynamiczną transformację w kierunku Rolnictwa 4.0.

II.1. Działalność innowacyjna a Rolnictwo 4.0 w Polsce

W Polsce działalność innowacyjna w obszarze rolnictwa i agrobiznesu rozwija się pomimo licznych trudności, a zainteresowanie innowacjami wśród ostatecznych odbiorców jest dość duże. Sytuacja w naszym kraju – według badania przeprowadzonego przez Uniwersytet Rolniczy w Krakowie we współpracy z firmą Microsoft (Startup Poland, 2020) – wskazuje na to, że polscy rolnicy są zainteresowani technologiami Rolnictwa 4.0, a w szczególności: rozwiązaniami poprawiającymi efektywność nawożenia (72%), nowoczesnymi urządzeniami do mechanicznego zwalczania chwastów (54%), systemami wspomagającymi uprawę gleby (48%), automatycznym naprowadzaniem maszyn (54%) i telemetrią (48%). Ponadto badanie zdolności adaptacji rolników w Polsce do nowych wyzwań i wdrażania nowych technologii związanych z Rolnictwem 4.0, przeprowadzone przez Polską Fundację Przemysłu Kosmicznego (2021) wskazuje, że 34,3% polskich rolników wie, czym jest rolnictwo precyzyjne. Co trzeci rolnik z tej grupy używa tego typu technologii w swoim gospodarstwie.

W Polsce aż 90% rolników stosujących technologie z obszaru Rolnictwa 4.0 uważa, że ich wdrożenie było dla nich opłacalne. Rolnicy, którzy nie stosują technologii Rolnictwa 4.0, ale mają wiedzę na ten temat, jako przeszkody w ich wdrażaniu wskazują: brak opłacalności tych technologii dla ich gospodarstw oraz brak wiedzy, jak zacząć ich używać. Co ważne, blisko 3/4 rolników z grupy deklarującej obecny brak wiedzy na temat technologii Rolnictwa 4.0 (65,7% wszystkich respondentów) chce uzyskać takie informacje. Najczęściej z technologii Rolnictwa 4.0 korzystają właściciele gospodarstw powyżej 20 ha – odpowiednio 38,4% ogółu badanych, natomiast w gospodarstwach od 2 do 20 ha technologie te stosuje 7,6% respondentów. W gospodarstwach poniżej 2 ha jest to zaledwie 3,6% (Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021).

Według danych prezentowanych przez system wiedzy i innowacji AKIS, **100 największych polskich firm z branży rolno-spożywczej jest odpowiedzialnych za 95% ogółu innowacji w rolnictwie**. Z tego tytułu w 2018 roku wygenerowały one przychody na poziomie ok. 25 mld euro. Większość z tych firm posiada własne laboratoria lub centra badawczo-rozwojowe, co przekłada się na fakt, iż jedynie 30% spośród tych firm współpracuje z podmiotami sektora nauki. Są to głównie przedsiębiorstwa rolno-spożywcze funkcjonujące w formie spółek prawa handlowego i spółdzielni (Mroczkowski, Bazylia, 2021).

Innowacje technologiczne i cyfrowe adaptowane są w polskich warunkach w głównej mierze przez duże gospodarstwa i przedsiębiorstwa rolno-spożywcze. Jak wynika z dostępnych danych rynkowych, mamy w Polsce jedynie około 300–400 tys. gospodarstw (z 1,3 mln), które utrzymują się wyłącznie z rolnictwa i są zdolne do jakichkolwiek inwestycji. To właśnie ta grupa jest zdolna do wdrażania nowych technologii. Jednocześnie stanowi ona grupę docelową dla firm wdrażających produkty Rolnictwa 4.0. Należy zauważyć, że wielkość areалу oraz region kraju mają również duże znaczenie, jeśli chodzi o odbiorców i producentów nowych technologii. W ekspertyzie przygotowanej dla Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) wskazano, że najwięcej innowacji jest absorbowanych w gospodarstwach o powierzchni co najmniej 30 ha, zlokalizowanych głównie w centralnej i zachodniej części Polski (Wołowicz i in., 2021). Pozostała część gospodarstw w Polsce to mali i średni rolnicy, z bardzo dużym rozdrobnieniem struktury upraw i niewielkimi arealami, posiadający przez to ograniczone możliwości rozwoju. Brak zasobów finansowych nie pozwala małym gospodarstwom inwestować samodzielnie w innowacyjne rozwiązania Rolnictwa 4.0, które nie dają szybkiego zwrotu z inwestycji, a poniesione przez nich ryzyko nie przynosi efektów w krótkim terminie od wdrożenia, co stanowi poważną barierę dla wejścia w nowe technologie.

W polskich warunkach konieczne jest dopasowanie usług Rolnictwa 4.0 również do charakterystyki małych i średnich gospodarstw, które stanowią około 2/3 spośród wszystkich gospodarstw w naszym kraju.

Podejście to będzie wymagało elastyczności od dostawców sprzętu i oprogramowania Rolnictwa 4.0, ale też zmiany podejścia rolników, chociażby w zakresie inwestowania w efektywny sprzęt mniejszej mocy oraz wykorzystania gospodarki współdzielenia (*sharing economy*).

Elementy systemu wdrażania innowacyjnych technologii 4.0 w rolnictwie w Polsce

System wdrażania innowacyjnych technologii 4.0 w rolnictwie składa się z wielu partnerów i tworzą go: administracja publiczna, szkoły rolnicze, placówki kształcenia ustawicznego i centra kształcenia zawodowego, jednostki naukowe, doradztwo rolnicze, klienci i konsumenci oraz dostawcy środków produkcji. Jednak najważniejszym elementem systemu są ostateczni odbiorcy innowacyjnych rozwiązań, czyli rolnicy. W Polsce najszerzą strukturą odpowiedzialną za ten obszar oraz łączącą poszczególne elementy systemu jest **System Wiedzy i Innowacji Rolniczych** (ang. *Agricultural Knowledge and Innovation System, AKIS*), czyli sieć jednostek organizacyjnych i ludzi uczestniczących w procesie tworzenia wiedzy oraz innowacji rolniczych, ich upowszechnianiu oraz wdrażaniu w rolnictwie i dziedzinach powiązanych.

Spośród wymienionych elementów największy ciężar transferu wiedzy i innowacji spoczywa na sieci publicznych **doradców rolniczych**. Tworzą ją 16 wojewódzkich Ośrodków Doradztwa Rolniczego oraz Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. System uzupełniają przedstawiciele izb rolniczych oraz prywatni doradcy rolniczy, a także

doradcy klienta sprzedający produkty i usługi rolnikom. System doradztwa rolniczego to również e-usługi. Jedną z nich jest **platforma doradcza eDWIN**, czyli cztery elektroniczne usługi: wirtualne gospodarstwo, udostępnianie danych meteorologicznych, śledzenie pochodzenia produktów oraz raportowanie zagrożeń.

W system AKIS wpisywana jest także **Europejska Sieć na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich** (ENRD), która stanowi europejski ośrodek wymiany wiedzy oraz sposobów usprawniania polityki rozwoju obszarów wiejskich (szczególnie PROW), a także programów, projektów i innych inicjatyw związanych z rozwojem obszarów wiejskich. W Polsce jej zadania realizują **Krajowe Sieci Obszarów Wiejskich** (KSOW). Z KSOW wyodrębniono z kolei **Sieć na rzecz innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich** (SIR). Powstała ona w celu wzmocnienia przepływu wiedzy pomiędzy nauką a praktyką rolniczą. Jej celem jest również wymiana wiedzy na temat innowacji oraz wsparcie tworzenia Grup Operacyjnych EIP-AGRI, a także opracowywanie projektów przez nie realizowanych. Grupy operacyjne to nowatorski system, którego ważnym elementem jest wdrażanie innowacji, szczególnie o charakterze przełomowym. W 2020 r. funkcjonowało ok. tysiąc tego typu grup.

Niezbędnym elementem systemu wdrażania jest także **zaplecze naukowo-badawcze** dla sektora AgriTech (ang. *agricultural technology*)¹⁸, które tworzą szkoły rolnicze, szkoły wyższe i instytuty badawcze, szczegółowo opisane w rozdziale III Trendy w kształceniu twórców i użytkowników końcowych technologii 4.0 w rolnictwie.

18 Ogół technologii stosowanych w rolnictwie. Obecnie rozumiane jako technologie w rolnictwie, dostarczające innowacyjnych produktów zwiększających produktywność i zrównoważenie tego sektora.

Natomiast aby w jak największym stopniu zwiększyć skuteczność wdrażania innowacyjnych technologii 4.0 w rolnictwie, konieczne jest sieciowanie wiedzy i praktyki z użytkownikami końcowymi. Rolę tę mają pełnić **Huby Innowacji Cyfrowych**, w tym Europejskie Huby Innowacji Cyfrowych (EDIH). Niestety, w branży rolnej krajowy kandydat Agri-SmartHUB¹⁹ nie uzyskał finansowania na poziomie Komisji Europejskiej. Ważną rolę pełnią również **Centra Transferu Technologii** (CTT) przy jednostkach naukowych, które wspierają rozwój sieci kontaktów pomiędzy światem nauki i biznesu oraz oferują liczne usługi wspierające. W obszarze rolnictwa są to m.in. Centrum Transferu Technologii Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Centrum Innowacji i Transferu Technologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz Centrum Innowacji i Transferu Technologii SGGW.

Istotnym elementem wdrażania innowacji w rolnictwie są także **startupy**, których działania skupione są na upowszechnianiu i wdrażaniu przełomowych rozwiązań oraz komercjalizacji wyników realizowanych przez zespoły naukowe prac badawczo-rozwojowych. Istotną rolę startupów zauważa Christensen (2010), który wskazuje, że duże firmy są niechętne do wprowadzania innowacji przełomowych. Może to bowiem stanowić dla nich duże ryzyko i w skrajnych przypadkach doprowadzić nawet do upadku przedsiębiorstwa. Według Christensena wynika to m.in. z faktu, że specyfiką branży rolniczej jest zależność od wielomiesięcznych procesów produkcyjnych i wpływ różnych czynników zewnętrznych, głównie pogodowych, stąd proces wdrażania nowych rozwiązań i ich ulepszania na podstawie prowadzonych weryfikacji produkcyjnych jest bardzo trudny i wymaga testowania w ciągu kilku okresów wegetacyjnych. Głównym celem tego typu podejścia jest jednak uzyskanie zweryfikowanej technologii. W trakcie tworzenia technologii dla tej branży może okazać się, iż zmienia się ona szybciej od popytu rynkowego, co przekłada się na to, że klienci często nie są już zainteresowani dłużej danym rozwiązaniem. Dlatego globalnie rola startupów w tworzeniu innowacji dla

rolnictwa jest kluczowa. Zebrane dane dotyczące startupów rolniczych w Polsce wskazują, że branża ta jest w naszym kraju słabo rozwinięta. Wynika to między innymi z faktu, iż sektor rolno-spożywczy był dotychczas kojarzony ze stosowaniem niskich technologii. W programie Bridge Alfa (1.3 POIR) w 2020 roku tylko 6,3% spółek – startupów, w które inwestowały fundusze venture capital – zaliczało się do branży Agritech (NCBR 2020).

Bariery wdrażania technologii Rolnictwa 4.0. w gospodarstwach rolnych

Należy zauważyć, że barierą rozwojową dla skutecznego wsparcia transferu wiedzy w zakresie Rolnictwa 4.0 do gospodarstw rolnych są pokrywające się kompetencje wspomnianych powyżej instytucji odpowiedzialnych za popularyzację informacji i wdrażanie innowacji w Polsce. Sieci AKIS, KSOW, grupy operacyjne na rzecz innowacji (EPI), a także SIR zajmują się podobnymi obszarami. Choć mają one przypisane określone role, to dla przeciętnego użytkownika podział ten jest niejasny. Czasami ich zadania realizowane są też przez Ośrodki Doradztwa Rolniczego, co pogłębia niepewność rolników w zakresie wyboru właściwych źródeł pozyskiwania wiedzy o innowacjach. Często pojawiają się również pytania o sposoby wdrażania innowacji, jednak instytucje otoczenia rolnictwa, m.in. doradcy rolni, nie mają odpowiednich kompetencji do wsparcia rolnika w tym obszarze. Z tych powodów istotne jest uproszczenie systemu transferu wiedzy i przyporządkowanie ściśle określonych zadań poszczególnym jego elementom.

W Polsce znaczącą barierą rynkową są również wysokie koszty najnowszych technologii i sposób postrzegania ich przez użytkowników końcowych. Rolnicy oczekują realnych korzyści finansowych w krótkim czasie od zastosowania technologii, a na efekty trzeba niekiedy poczekać. To powoduje, że nowoczesne rozwiązania nie są szczególnie atrakcyjne i pozytywnie odbierane. W tym właśnie kontekście – pomimo potencjalnie dużego tempa

19 <https://www.smartagrihubs.eu/>

zwrotu inwestycji wynikającego z oszczędności paliwa, środków produkcji i pracy ludzkiej – w przypadku producentów technologii należy się także liczyć z trudnością w popularyzacji nowych polskich produktów wobec powszechnego brandingu²⁰ znanych marek dużych koncernów. Z tych powodów należy poświęcić więcej uwagi kwestiom praktyki. Obecnie przeważają badania podstawowe, które są istotnym elementem transferu wiedzy, jednak to działania pilotażowe powinny być finałem działań promocyjno-transferowych. Konieczna jest radykalna poprawa sytuacji w tym obszarze, przede wszystkim zacieśnienie współpracy i zwiększenie wymiany wiedzy – począwszy od szkół średnich, poprzez uczelnie, po instytucje otoczenia rolnictwa. Poprawie powinna ulec także sprawozdawczość instytucji powołanych do wsparcia innowacji, w szczególności w ramach Systemu Wiedzy i Innowacji Rolniczych. Aby było to możliwe, konieczne jest wypracowanie mierników, które pomogą w określaniu udziału technologii cyfrowych i innowacji w transferze wiedzy, jak i ich wdrażaniu do praktyki rolniczej. Kolejne elementy to efektywne monitorowanie i ewaluacja tych procesów. Niezmiernie ważną częścią procesu postępu technologicznego jest podnoszenie kompetencji wszystkich interesariuszy sektora rolnego i usprawnianie systemu transferu wiedzy rolniczej. Aby rolnicy mogli zaufać technologiom cyfrowym, najpierw sami doradcy, naukowcy i urzędnicy muszą poznać ich możliwości i przewagi. Dlatego konieczny jest szeroki transfer wiedzy od technologicznych praktyków i naukowców, dotyczący potencjału innowacji i digitalizacji. Co istotne, transfer ten powinien być połączony z działaniami pilotażowymi w postaci **Living Lab** lub **Show Field**²¹.

Ze względu na powolne tempo absorpcji przez rolników innowacyjnych rozwiązań, włączanie ich w proces tworzenia innowacji umożliwiłby przełamanie nieufności wobec nowych technologii. Potrzebę tego typu działań sygnalizuje również Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi na podstawie wyników badań ilościowych przeprowadzonych wśród rolników. 35% (150 osób) spośród

uczestników badania zadeklarowało chęć udziału w pokazach maszyn rolniczych oraz pracy na polach doświadczalnych. Rolnicy również są zainteresowani projektami pilotażowymi realizowanymi w ich gospodarstwach – za takim rozwiązaniem opowiedziało się ok. 25% ankietowanych (105 rolników) – oraz udziałem w wizytach studyjnych (18%, 76 rolników) (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2022).

Oprócz tego upowszechnienie nowych technologii w rolnictwie wiąże się z wykładniczym wzrostem danych generowanych w trakcie sezonu wegetacyjnego. Dalsza optymalizacja produkcji rolnej, spodziewane zmiany w legislacji dotyczące oszczędnego używania środków produkcji (pestycydów, nawozów, wody i paliwa) oraz postęp biotechnologiczny, wymuszają upowszechnienie systemów całościowo zarządzających procesami produkcji rolnej w gospodarstwach. Z czasem wszystkie gospodarstwa towarowe będą zmuszone do zakupu systemów zarządzania, a malejąca podaż pracowników rolnych, zwłaszcza sezonowych, sprzyjać będzie automatyzacji procesów poprzez zastosowanie robotów i autonomicznych maszyn.

W efekcie stajemy przed wyzwaniami związanymi z własnością i zarządzaniem danymi cyfrowymi, infrastrukturą oraz kompetencjami rolników i instytucji otoczenia rolnictwa. W Polsce ciągle są to obszary wymagające znacznych usprawnień. Konieczne jest przede wszystkim wdrożenie jasnych przepisów regulujących kwestie własności danych, dostępu i zarządzania nimi, jak również możliwości ich komercjalizacji. Zapewni to większe zaufanie producentów do nowych technologii i stworzy ramy prawne działalności. Równie istotna jest budowa infrastruktury do zbierania, gromadzenia i przetwarzania danych. Użytkownicy w Polsce – nawet jeśli chcieliby inwestować w najnowocześniejsze technologie cyfrowe – napotykają na takie trudności, jak: niewystarczające pokrycie kraju internetem szerokopasmowym, niepełne i rozproszone publiczne bazy danych, brak systemów do ich obsługi, czy niewystarczająca liczba czujników. Powoduje to, że tzw. próg wejścia w rolnictwo

20 Branding oznacza zbiór metod i technik marketingowych, mających na celu kreowanie marki i utwierdzenie jej istnienia w życiu klientów.

21 Nowe podejście do tworzenia i wdrażania nowatorskich rozwiązań w organizacjach. Jego podstawowym założeniem jest uczestnictwo użytkowników końcowych w całym procesie tworzenia nowości, w postaci pokazowych laboratoriów (Living Lab) lub upraw (Show Field).

cyfrowe jest bardzo wysoki, a tym samym polskie rolnictwo nie jest w pełni efektywne. Obecnie mamy na rynku rozwiązania pozwalające na przełamanie istniejących w Polsce barier, które stosunkowo łatwo dostosować do krajowej specyfiki. To ważny element, który z pewnością skróciłby czas implementacji Rolnictwa 4.0. Firmy takie, jak np. Microsoft mają dostęp do pełnego spektrum cyfrowych usług dla sektora rolno-spożywczego, przetestowanych na rynkach europejskich i światowych. Należałoby zatem skorzystać z wiedzy i doświadczenia dużego partnera sektorowego, który zagwarantuje, że przekroczenie istniejących na polskim rynku barier będzie szybkie i skuteczne.

Istotą wdrażania innowacji w branży jest kreowanie rolniczych **liderów zmiany**. To szczególnie ważne wobec małej reprezentacji innowatorów w rolnictwie. To oni, jako wcześnie adaptatorzy, będą wdrażać nowe technologie, napędzać zmiany i w konsekwencji powodować efekt „kuli śnieżnej”.

Opis efektów i korzyści wdrażania technologii Rolnictwa 4.0

Wdrażanie innowacyjnych technologii 4.0 do rolnictwa niesie ze sobą korzyści dla poszczególnych podmiotów wprowadzających innowacje, które można pogrupować w większe zestawy. Ich zestawienie w podziale na: strategiczne, operacyjne, ekonomiczne, rynkowe, środowiskowe oraz społeczne prezentuje tab. 2.

Tab. 2. Zestawienie korzyści płynących z wdrażania technologii Rolnictwa 4.0

Rodzaj korzyści Opis

Strategiczne	Większy udział w rynku, zdolność do realizacji strategii, zdolność wchodzenia na nowe rynki, lepsza wiedza o gospodarstwie, doradztwo
Operacyjne	Wyższy stopień indywidualizacji produktów lub większa precyzja, uproszczenie procesów, większa wartość dodana, niższe koszty bezpośrednie, oszczędność czasu dzięki automatyzacji
Ekonomiczne	Optymalizacja zasobów (zużywanie mniejszej ilości wody i nawozów poprzez prognozowanie za pomocą sztucznej inteligencji), oszczędność środków produkcji, niższy próg kompetencji wejścia do rolnictwa dzięki bazom wiedzy i doradztwu
Rynkowe	Niższe ceny (wyższa marża), większe zadowolenie klientów, zróżnicowana oferta, silniejsze związki z klientami, większa elastyczność
Środowiskowe	Podejście zgodne ze zrównoważonym rozwojem (np. zmniejszenie zużycia paliwa i środków chemicznych, zapobieganie zanieczyszczeniu zasobów wodnych, poprawa wpływu łańcucha żywnościowego na środowisko, mniejszy ślad węglowy), zmniejszenie obciążenia środowiska produkcją rolną (pestycydy, biogeny w wodach), większa bioróżnorodność obszarów wiejskich
Społeczne	Wyższa jakość produktów, dostęp do szczegółowych informacji o spożywanym produkcie, polepszenie warunków pracy poprzez zastosowanie wsparcia za pomocą cyfrowych i innowacyjnych narzędzi, szybsze tempo absorpcji intuicyjnych cyfrowych rozwiązań

Źródło: opracowanie własne

W przypadku polskiego rolnictwa wdrożenie technologii 4.0 daje realne szanse na podnoszenie jego konkurencyjności i efektywności, które są ściśle uzależnione od produktywności i mają z nią mocne powiązania (korzyści strategiczne). Ważnym elementem jest poprawa wydajności produkcji, którą można osiągnąć na przykład poprzez zwiększanie skali działalności, co przyczynia się do spadku kosztów jednostkowych i wykorzystania efektu skali. Jednak według ekspertów Banku Światowego, poprawa produktywności w gospodarstwach nie oznacza wyłącznie zwiększenia plonów lub zmniejszenia wykorzystania nakładów, ale umożliwia także podnoszenie jakości żywności i przechodzenie na produkty o wyższej wartości (korzyści społeczne). Z kolei ten element może stanowić szansę w krajach o większym rozdrobieniu gospodarstw, w których tego typu podejście może stwarzać szansę na znalezienie swojej niszy i nastawienie gospodarstw na produkty „z wyższej półki”. Na wzrost przychodów bez zwiększania skali działalności mają wpływ nowe technologie, m.in. Rolnictwa 4.0 (korzyści operacyjne). W tym obszarze ważne są innowacje, które popularyzują technologie sprawdzone na innych rynkach (innowacje kontynuacyjne). Jednak głównymi graczami stają się pretendenci, którzy wykorzystują przetomowe technologie do wykreowania rynków prosumenckich łańcuchów wartości. Przykładem tego typu innowacji przetomowej są mikrobiogazownie (Popczyk, 2014). Element ten w połączeniu z wykorzystaniem technologii Rolnictwa 4.0, przy założeniu nowej strategii Europejskiego Zielonego Ładu, daje bardzo duże możliwości wzrostu konkurencyjności europejskiego i polskiego rolnictwa na świecie. Wdrożenie technologii 4.0 umożliwia również zrównywanie przychodów z działalności rolniczej z przychodami z reszty gospodarki, co sprzyjać będzie także ograniczaniu wykluczenia ludności wiejskiej.

Przykłady technologii 4.0 w polskich przedsiębiorstwach z obszaru rolnictwa

Wśród najbardziej rozpoznawalnych innowacji wprowadzanych przez polskie firmy na rynek należy wymienić **pierwszy komercyjny samolot pionowego startu ekoSKY²²** opracowany przez firmę BZB UAS z Wrocławia oraz serię **nanosatelitów Światowid i KRAKsat²³**, wyprodukowanych przez firmę SatRev. Światowid może być w pewnym zakresie zastosowany do teledetekcji wykorzystywanej w rolnictwie precyzyjnym. Malejące koszty umieszczenia satelity na orbicie oraz postęp w dziedzinie budowy nanosatelitów obniżają próg wejścia na ten rynek dla mniejszych firm.

W Polsce wiele firm prowadzi także usługi z zakresu rolnictwa inteligentnego, oferując strefowanie pól, ocenę zasobności gleby i doradztwo nawozowe czy nawodnieniowe. Typowym przykładem takiego przedsiębiorstwa jest firma Rolnictwo Precyzyjne Andrzej Przeperski, prowadząca badania w kierunku mapowania pól dla zastosowań **VRA (variable rate application – zmiennego dawkowania nawozów)**. Powstają również specjalistyczne systemy wspomagania decyzji przeznaczone dla sektorów produkcji rolnej, jak tworzony przez InHort **system eSad²⁴**, czyli internetowa platforma wspomagania decyzji nawodnieniowych. W obszarze pozyskiwania danych pomiarowych ułatwiających podejmowanie decyzji AGROTECHnicznych, a także sterowanie nimi, znany jest również **AGREUS²⁵**, czyli bezprzewodowy system klasy *smart village*. Z jego pomocą możliwe jest monitorowanie parametrów upraw (temperatury, wilgotności) oraz automatyczne sterowanie urządzeniami. Z kolei spośród obecnych **systemów zarządzania gospodarstwem** większość rozwiązań pochodzi z zagranicy: 365FarmNet²⁶ oraz Agrivi²⁷. Wśród rodzimych rozwiązań rynek zdobywa system **RolnikON²⁸** z kilkoma tysiącami aktywnych użytkowników. Na rynku polskim pojawiają

22 <https://bzbuas.com/produkty-uas-uav/ekosky/>

23 <https://www.kraksat.pl/space/>

24 <http://www.nawadnianie.inhort.pl/>

25 <https://www.agreus.pl/>

26 <https://www.365farmnet.com/pl/>

27 <https://www.agrivi.com/pl/>

28 <http://rolnikon.pl/>

się także innowacje będące efektem projektów realizowanych w ramach programów NCBR, m.in. w ramach II konkursu BIOSTRATEG „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo”. W jednym z projektów opracowano kompleksowe teledetekcyjne metody określania potrzeb zabiegów nawadniania, nawożenia oraz chemicznego zwalczania w kontekście wymagań i celów rolnictwa precyzyjnego. Teledetekcyjne badania lotnicze wykonywane są za pomocą **kamery hiperspektralnej #HySpex**, umieszczonej na pokładzie ultralekkiego statku powietrznego – wiatrakowca. Projekt był realizowany przez konsorcjum naukowo-przemysłowe, w skład którego wchodziły następujące jednostki: Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Instytut Geodezji i Kartografii, Instytut Ochrony Roślin oraz firmy Aviation Artur Trendak i Lesaffre Polska SA. Powstała innowacja umożliwi ograniczenie kosztów pozyskiwania danych o stanie pola/łąki, ponadto dane te będą znacznie bardziej reprezentatywne, a skalibrowany i zwalidowany system pozwoli na skorzystanie ze wszystkich zalet precyzyjnego rolnictwa (np. na dostosowanie dawek środków chemicznych do realnych potrzeb konkretnych lokalizacji na polu).

Z kolei w ramach programu AGROTECH (POIR 2014–2020 poddziałanie 1.1.1) zrealizowano projekt, którego efektem jest innowacyjny system monitoringu bydła mięsnego, oparty o lokalizację GPS, montowany na uchu zwierzęcia. Wyniki projektu udoskonaliły produkt **e-stado²⁹**, czyli **system monitorowania stada krów mlecznych**. System opiera się na wykorzystaniu nowoczesnych technologii: biosensorów, sensorów oborowych i transponderów radiowych, algorytmów sztucznej inteligencji, przetwarzania danych i bazy danych na serwerach w chmurze oraz internetu rzeczy. Dostarcza hodowcy niezbędnych informacji o zdrowiu krów oraz ich cyklu rozrodu. Ponadto aplikacja służy do wysyłania powiadomień w przypadku zdarzeń krytycznych. Dostęp do systemu jest możliwy z dowolnego urządzenia z przeglądarką internetową.

II.2. Działalność badawczo-rozwojowa a Rolnictwo 4.0 w Polsce

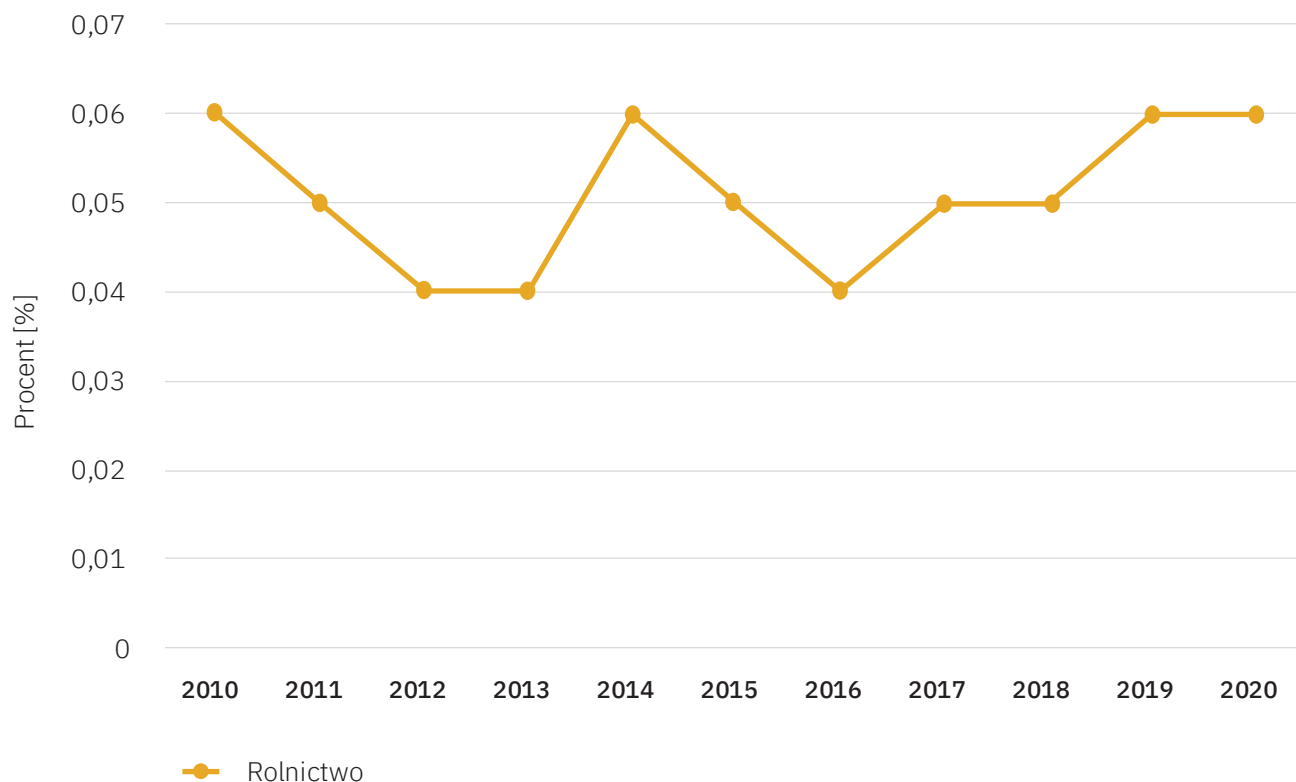
Siłą napędową innowacji oraz nowoczesnej konkurencji w obszarze rolnictwa, podobnie jak w innych sektorach gospodarki, jest działalność badawczo-rozwojowa (B+R). Priorytetem wielu krajów jest promocja i wsparcie dla podmiotów angażujących się w prace B+R, a współpraca nauki z przemysłem oraz komercjalizacja wyników badań naukowych są w tym procesie niezbędne. Wyzwania te dotyczą również polskich instytucji z sektora B+R. Potrzeba rozwoju prac B+R w Polsce w obszarze Rolnictwa 4.0 wynika również z chęci rozpoznawania i rozwiązywania problemów rolnictwa oraz produkcji rolnej. Z tego powodu **wiele pomysłów na projekty badawczo-rozwojowe pojawia się oddolnie, przede wszystkim w wyniku praktyki i doświadczenia**.

W 2021 r. państwa członkowskie UE wydały łącznie 328 mld euro na badania i rozwój ogółem, co stanowi wzrost o 6% w stosunku do 310 mld euro w 2020 r. Pomimo to intensywność nakładów na badania i rozwój, definiowana jako średnia kwota wydana przez każdy kraj wyrażona w procencie PKB, spadła z 2,31% w 2020 r. do 2,27% w 2021 r. W Polsce w tym okresie nakłady na badania i rozwój w relacji do PKB wzrosły z 1,39% do 1,44% PKB.

Intensywność nakładów na B+R ogółem w rolnictwie w latach 2010–2020 utrzymywała się na podobnym, bardzo niskim poziomie, osiągając w 2020 r. wartość 0,06% PKB³⁰ (rys. 4).

²⁹ <https://e-stado.pl/>

³⁰ Relacja nakładów na działalność badawczą i rozwojową w dziedzinie nauk rolniczych i weterynaryjnych do produktu krajowego brutto.



Rys. 4. Nakłady na B+R w dziedzinie rolnictwa w relacji do PKB

Źródło: Główny Urząd Statystyczny, 2022 r.

W Polsce bardziej szczegółowe dane dotyczące działalności B+R odnoszą się do sekcji PKD – Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo. W 2021 r. zaledwie 27 podmiotów z tej sekcji poniosło nakłady na B+R, o łącznej wartości 16 mln euro. Część z nich stanowiła środki wewnętrzne – 13 mln euro, pozostałe 3 mln to środki zewnętrzne, w tym środki pozyskane od instytucji rządowych i samorządowych. Jeszcze mniej podmiotów, bo zaledwie

siedem, w 2021 r. sfinansowało prace B+R ze środków zagranicznych lub środków budżetowych współfinansowanych ze środków UE. W Polsce w 2021 r. w obszarze Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo personel B+R objął 910 osób, w tym 237 badaczy.

Zarówno **przedsiębiorcy, jak i jednostki naukowe identyfikują liczne korzyści związane z realizacją prac badawczo-rozwojowych** (tab. 3).

Tab. 3. Korzyści wynikające z realizacji prac badawczo-rozwojowych dla jednostek naukowych i przedsiębiorców, mających zastosowanie również w obszarze Rolnictwa 4.0

	Jednostki naukowe	Przedsiębiorcy
Korzyści	- Pozyskanie dodatkowych środków na ciekawe badania - Możliwość realizacji badań, których wyniki będą zastosowane bezpośrednio w praktyce - Pozyskanie wiedzy o funkcjonowaniu rynku i kolejnych potrzebach badawczych - Pozyskanie dodatkowych środków finansowych na wynagrodzenia pracowników naukowych - Stworzenie sieci kontaktów, która umożliwi w przyszłości zdecydowanie szybsze uzupełnienie braków wiedzy, pracowników czy sprzętu przy kolejnych pracach B+R - Możliwość nawiązania stałej współpracy z sektorem przedsiębiorstw, np. w postaci konsorcjów naukowo-przemysłowych, podwykonawców – jest to konieczne, aby uzupełnić jednostki naukowe o doświadczenie praktyczne	- Możliwość nawiązania stałej współpracy z nauką, np. w postaci konsorcjów naukowo-przemysłowych, podwykonawców – jest to konieczne, aby uzupełnić przedsiębiorstwa o wiedzę - Znalezienie niszy na rynku w obszarze swojej działalności - Możliwość skorzystania z wiedzy pracowników naukowych i wyników najnowszych badań - Możliwość wykorzystania infrastruktury uczelni w postaci laboratoriów i zaplecza rolniczego - Stworzenie sieci kontaktów, która umożliwi w przyszłości zdecydowanie szybsze uzupełnienie braków wiedzy, pracowników i sprzętu przy kolejnych pracach B+R

Źródło: opracowanie własne

Oprócz licznych korzyści istnieje też szereg trudności w realizacji prac B+R w obszarze rolnictwa.

W opinii beneficjentów programów NCBR, przede wszystkim w polskich jednostkach naukowych brak jest pól doświadczalnych o realnych rozmiarach (jak najbliższych warunkom naturalnym), czyli min. 100 ha. Tego typu pola doświadczalne funkcjonują za granicą, np. w Niemczech, gdzie osiągają powierzchnię nawet 1000 ha. Testowane w taki sposób rozwiązania można przenieść w warunki normalnej uprawy – nie potrzeba działań pośrednich, tak jak ma to miejsce w Polsce.

Drugą kwestią jest prawo konkurencji i prawo antymonopolowe, których celem jest zagwarantowanie istnienia konkurencji na rynku, bez wykluczania walki konkurencyjnej między przedsiębiorcami, ale z określeniem jej granic, których przekroczenie staje się niebezpieczne dla funkcjonowania rynku. Tego typu przepisów w niektórych krajach nie ma lub pewne gałęzie gospodarki są z niego wyłączone. Takim przykładem jest niemiecka *Ustawa o zwalczaniu ograniczeń w konkurencji*³¹, która wyłącza rolnictwo z obowiązującego aktu prawnego. Dzięki temu zwiększa się zakres współpracy między

31 Niem. Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen, w skrócie „GWB”.



ośrodkami badawczymi prowadzącymi badania oraz przedsiębiorcami realnie zainteresowanymi danym rozwiązaniem. W polskich realiach byłoby to niemożliwe.

Beneficjenci zwracają również uwagę, że wyzwaniem w komercjalizacji wyników prac B+R jest wyróżnienie się na rynku z nowo powstałą technologią lub produktem. Trendy w rolnictwie kreują najwięksi producenci i największe korporacje – pozostali muszą się postarać i wyróżnić, by zauważyli ich ostateczni odbiorcy wypracowanych rozwiązań. Dodatkowo **efekty prac B+R w obszarach rolniczych są bardzo specyficzne i bardzo wąskie dziedzinowo, tak że ten sam problem w różnych krajach może wymagać innych rozwiązań.** Trudno jest o rozwiązania uniwersalne, zarówno z obszaru hodowli, jak i uprawy roślin, ponieważ w różnych krajach duże znaczenie mają warunki środowiska naturalnego lub kulturowego.

W świetle zidentyfikowanych korzyści i barier należy liczyć się z koniecznością zwiększenia nakładów finansowych ze środków krajowych i europejskich na badania i rozwój w obszarze rolnictwa, a także wzmocnienia efektywności wykorzystania tych środków. W tym kontekście kluczowe jest podkreślenie, że Rolnictwo 4.0 stanowi składową Przemysłu 4.0 i część technologii może mieć charakter uniwersalny, znajdując zastosowania w wielu innych dziedzinach lub też część technologii opracowanych pierwotnie dla innych zastosowań może zostać zaadaptowana i przystosowana do rozwiązań służących Rolnictwu 4.0. Z kolei w tych sektorach gospodarki często nakłady na B+R są znacznie większe, co uzupełnia lukę w obszarze finansowania innowacyjnych technologii przydatnych dla rolnictwa (patrz rozdział IV: Źródła finansowania działalności innowacyjnej i badawczo-rozwojowej).

III. Trendy technologiczne w obszarze Rolnictwa 4.0 w Polsce

III.1. Megatrendy

Megatrendy w obszarze Rolnictwa 4.0 można podzielić na trzy większe grupy. Są to megatrendy ekologiczne, technologiczne oraz społeczno-gospodarcze. Pod ich wpływem w sektorze rolno-spożywczym będą kształtowały się nowe technologie, umożliwiające rolnikom adaptację nowych praktyk w gospodarstwach rolnych poza zakresem, który dało się obsłużyć dotychczasową „analogową” wiedzą i dobrze sprawdzonymi praktykami.

Pierwsza grupa obejmuje **megatrendy ekologiczne, tj.:**

- wyczerpywanie się zasobów naturalnych (ang. *resource scarcity*),
- zrównoważony rozwój (ang. *sustainability*).

Ze względu na zmniejszające się zasoby naturalne, przy jednoczesnym wzroście liczby ludności, niezbędne jest kierowanie gospodarki w stronę bardziej zrównoważonej, a także efektywnego wykorzystania zasobów naturalnych oraz zarządzania nimi. W tym obszarze pomocne są właśnie nowoczesne technologie, obejmujące **drugą grupę megatrendów:**

- duże dane (ang. *big data*),
- sztuczna inteligencja, automatyzacja i robotyka (ang. *artificial intelligence, automation, robotics*).

Mapa drogowa technologii przewiduje, że wszystkie zmiany technologiczne będą napędzane przez zwiększoną łączność i przepustowość transmisji danych z wykorzystaniem szybkiego internetu – sieci 5G. Przyczyni się to do zwiększenia wykorzystania czujników bezprzewodowych, a dane z czujników będą zbierane przy użyciu systemów *big data*, przez co digitalizacja procesów stanie się bardziej istotna (Berger, 2019). To z kolei umożliwi rozwój zintegrowanych systemów zarządzania gospodarstwem/ogniwem łańcucha dostaw. W najbliższej przyszłości podstawowymi urządzeniami w rolnictwie będą również roboty, drony i urządzenia autonomiczne, które umożliwią zautomatyzowanie większości procesów. W tym zakresie kluczowymi technologiami są sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe. Tego typu technologie są już rozwijane w polskich firmach i ośrodkach badawczych, jednak nie obserwuje się szeroko skomercjalizowanych wdrożeń w obszarze rolnictwa. Również wiele prognoz wskazuje na technologię internetu rzeczy jako wiodącą w postępie branży *smart farming*. Według Gartnera (2018) na świecie do roku 2025 50% gospodarstw rolnych będzie używało internetu rzeczy w codziennej praktyce rolniczej. Wielkość rynku usług i produktów IoT wzrośnie globalnie z 12,8 mld euro w 2018 roku do 25,7 mld euro w 2023 roku.

Ostatnia grupa to **megatrendy społeczno-gospodarcze**:

- łączność i konwergencja (ang. *connectivity & convergence, connected living*),
- rosnąca liczba ludności na świecie (ang. *global population growth*),
- ekonomia dzielenia się (ang. *sharing economy*) (Pieriegud i in., 2015).

Należyte wykorzystanie potencjału innowacji, nowych technologii i urządzeń jest możliwe, jeżeli stworzymy pewnego rodzaju system, w którym umieścimy różne elementy niezbędne w tym procesie, tj. jednostki naukowe, przedsiębiorców,

ośrodki gromadzące wiedzę i kompetencje, ośrodki doradztwa rolniczego oraz ostatecznych odbiorców innowacyjnych rozwiązań, czyli rolników. Ważną kwestią jest również połączenie ich ze sobą we wspólną całość, a także dzielenie się wiedzą i doświadczeniami, aby uzupełniać brakujące elementy lub ulepszać system. W obszarze Rolnictwa 4.0 tego typu działania powinny być realizowane przez m.in. huby innowacji (DIH – Digital Innovation Hubs) działające we współpracy z ekosystemem EDIH, a także podmioty na niższych szczeblach (patrz rozdział II: Działalność innowacyjna a Rolnictwo 4.0 w Polsce).

III.2. Trendy w kształceniu twórców i użytkowników końcowych technologii 4.0 w rolnictwie

Kluczowe wnioski:



Oferta kształcenia, zarówno na poziomie szkoły ponadpodstawowej, jak i szkół wyższych, jest dość szeroka i zróżnicowana. Kształcenie ma charakter interdyscyplinarny. Brakuje jednak przedmiotów związanych z informatyką, automatyką i robotyką, stanowiących podstawę wiedzy o Rolnictwie 4.0.



Znaczącą rolę twórców innowacji produktowych i procesowych w Rolnictwie 4.0 odegrają absolwenci kierunków studiów inżynierskich i technicznych, ze względu na zdobytą wiedzę kierunkową.



Kierunki studiów w ramach nauk rolniczych przede wszystkim kształcą odbiorców rozwiązań 4.0. Jednak i w tym przypadku brakuje przedmiotów z zakresu informatyki i automatyki, które dostarczyłyby rolnikom niezbędnej wiedzy z obszaru szeroko pojętej cyfryzacji.

Oddziaływanie trendów technologicznych na rolnictwo oznacza również zmiany jakościowe i ilościowe w zakresie zapotrzebowania na pracowników oraz na kompetencje lub kwalifikacje niezbędne do realizacji głównych zadań zawodowych i procesów biznesowych. Opracowanie technologii z obszaru Rolnictwa 4.0 oraz wdrożenie tych rozwiązań wymaga zarówno odpowiedniego przygotowania

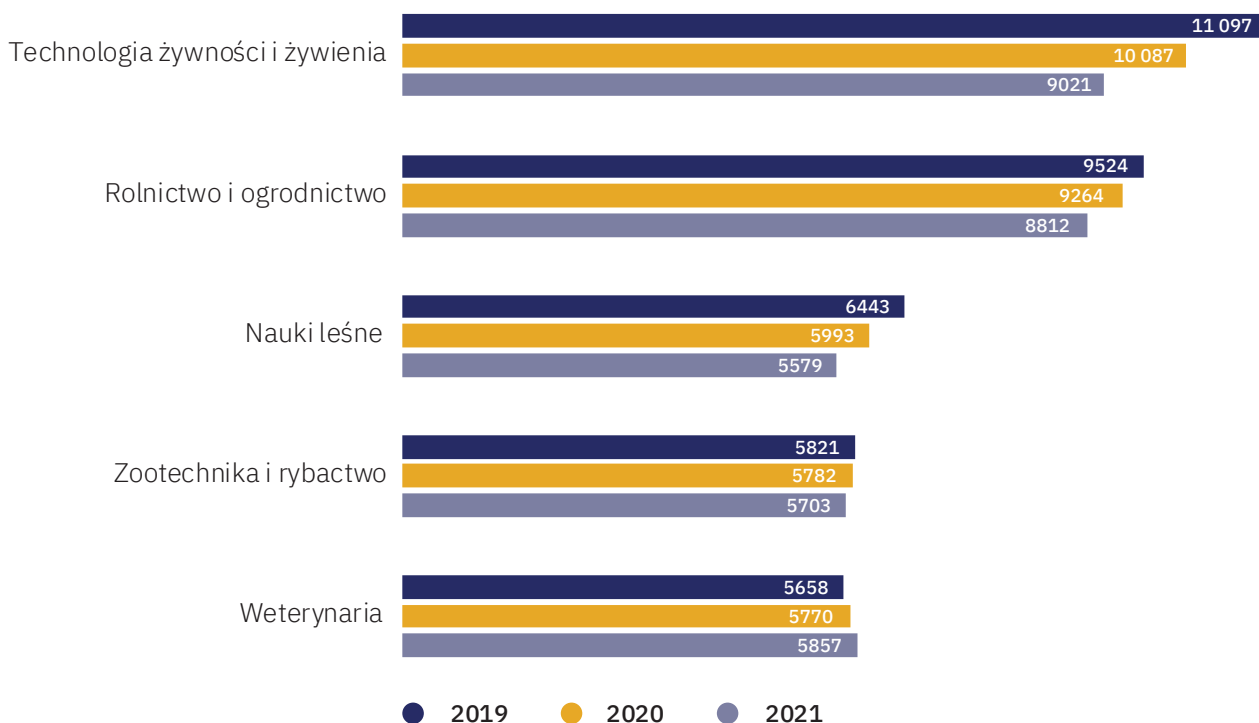
kadr w przedsiębiorstwach wytwórczych pod kątem technologicznym, jak i przygotowania tzw. użytkowników końcowych.

W Polsce edukacja rolnicza obejmuje 61 szkół średnich prowadzonych i nadzorowanych przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, kształcących w 27 zawodach. Absolwenci średnich szkół rolniczych to ok. 2 tys. osób rocznie (Ministerstwo Rol-

nictwa i Rozwoju Wsi, 2022a). Z punktu widzenia rozwoju rolnictwa w kontekście rozwiązań 4.0 najbardziej pożądanymi zawodami są technik inżynierii środowiska i melioracji oraz technik mechanizacji rolnictwa i agrotechniki. W dalszej kolejności są to: mechanik-operator pojazdów i maszyn rolniczych, operator maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego, technik przetwórstwa mleczarskiego, a także technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej. Na poziomie szkoły średniej ważnym aspektem jest pokazywanie atrakcyjności produkcji żywności i obalenie mitu rolnictwa jako sektora niskich technologii. Już teraz praca rolnika jest coraz mniej obciążająca fizycznie i odbywa się przy wykorzystaniu elektroniki, a proces ten będzie postępował. Dlatego w tym przypadku ważna jest różnorodność przedmiotów oraz praktyka rolnicza.

Oprócz tego w Polsce działa sześć publicznych uczelni rolniczych³² i kilka innych uczelni publicznych z wydziałami rolniczymi, które oferują zróżnicowane kierunki studiów w obszarze rolnictwa.

W latach 2019–2021 studenci nauk rolniczych zarówno I, jak i II stopnia stanowili ok. 3% studentów ogółem. W 2021 r. ich ogólna liczba wynosiła 38 543 osób i nieco się zwiększyła się względem 2019 r. (34 972 osób). Wśród studentów dominują kobiety, których jest dwa razy więcej niż mężczyzn. W obszarze nauk rolniczych na studiach I stopnia kształcą się ok. 70% studentów, na studiach II stopnia ok. 14%. Studenci jednolitych studiów magisterskich stanowią ok. 16% (Zintegrowany System Informacji o Szkolnictwie Wyższym i Nauce POL-on, 2022). Widoczne są pewne zmiany w obrębie zainteresowania poszczególnymi dyscyplinami kształcenia: technologią żywności i żywienia, rolnictwem i ogrodnictwem, weterynarią, zootechniką i rybactwem oraz naukami leśnymi (rys. 5). W 2020 r. na studiach III stopnia (doktoranckich) z obszaru nauk rolniczych studioowało 765 studentów ogółem, w tym 514 kobiet, z kolei w szkołach doktorskich było 352 studentów ogółem, w tym 244 kobiety (GUS, 2021a).



Rys. 5. Studenci z poszczególnych dziedzin kształcenia w ramach nauk rolniczych

Źródło: opracowanie własne na podstawie na podstawie bazy wiedzy RAD-on

32 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.

Kierunki studiów w ramach nauk rolniczych przede wszystkim kształcą odbiorców rozwiązań 4.0, w mniejszym stopniu twórców tych technologii (rys. 6). Pozostałe kierunki studiów z tego obszaru nauki stanowią jedynie uzupełnienie wiedzy w obszarze rozwoju Rolnictwa 4.0. Kierunki studiów obejmują specjalności związane z produkcją roślinną i zwierzęcą, ochroną środowiska, biologią, inżynierią rolniczą, ekonomiką rolnictwa, a także działy „współpracujące”, takie jak ogrodnictwo oraz przemysł spożywczy. Kształcenie ma charak-

ter zdecydowanie interdyscyplinarny – student zdobywa szeroką wiedzę biologiczną, chemiczną, biotechnologiczną, z obszaru ochrony środowiska, a także w zakresie technologii produkcji rolniczej oraz przedsiębiorczości, organizacji, zarządzania oraz marketingu, niezbędną w podejmowaniu i prowadzeniu działalności rolniczej i pozarolniczej (Ministerstwo Edukacji i Nauki, 2021). Brakuje jednak przedmiotów z zakresu informatyki i automatyki, chociażby w formie zajęć fakultatywnych.

Kierunek kształci innowatorów (wiedza + technologia)

Agroinżynieria, Analityka żywności, Animal production management, Bezpieczeństwo i certyfikacja żywności, Bezpieczeństwo żywności, Bioinżynieria, Bioinżynieria produkcji żywności, Bioinżynieria zwierząt, Biotechnologia stosowana, Biotechnology, Environmental and plant biotechnology, Gospodarowanie zasobami wodnymi, Industrial biotechnology, Inżynieria biotworzyw, Jakość i bezpieczeństwo żywności, Logistyka w sektorze rolno-spożywczym, Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami, Produkcja i przetwórstwo surowców rolniczych

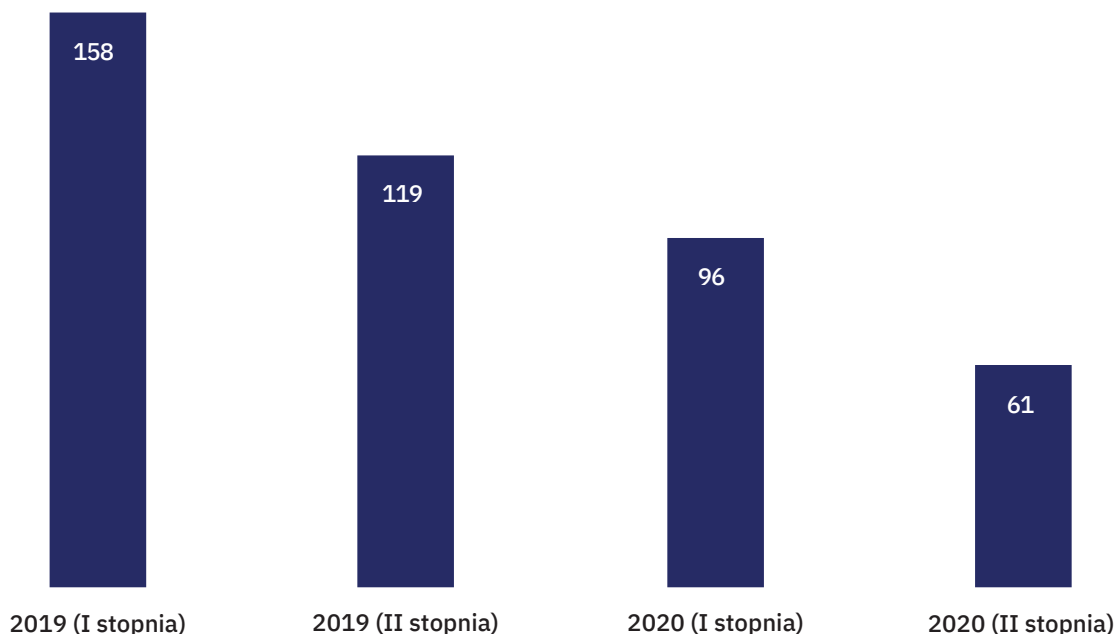
Dziedziny wiedzy konieczne do rozwijania innowacji, ale kierunek nie kształci innowatorów

Agronomy, Analityka weterynaryjna, Bezpieczeństwo i zarządzanie kryzysowe, Biogospodarka, Biogospodarka zrównoważona, Biologia stosowana, Browarnictwo i słodownictwo, Dietetyka, Dietetyka i żywienie zbiorowe, Doradztwo ogrodnicze, Doradztwo w obszarach wiejskich, Ekologiczne rolnictwo i produkcja żywności, Enologia i cydrownictwo, Etologia i psychologia zwierząt, Gospodarka przestrzenna, Gospodarka w ekosystemach rolnych i leśnych, Horticulture – seed science and technology, Ichtiologia i akwakultura, Inżynieria ekologiczna, Inżynieria przetwórstwa żywności, Jakość i bezpieczeństwo środowiska, Medycyna roślin, Mikrobiologia stosowana, Ochrona roślin i kontrola fitosanitarna, Ochrona zdrowia roślin, Odnawialne źródła energii, Ogródnictwo, Produkcja i bezpieczeństwo żywności, Projektowanie żywności, Rolnictwo, Rolnictwo i agrobiznes, Rybactwo, Technika rolnicza i leśna, Technologia roślin leczniczych i prozdrowotnych, Technologia żywności i żywienie człowieka, Towaroznawstwo, Towaroznawstwo w biogospodarce, Uprawa winorośli i winiarstwo, Weterynaria, Winogrodnictwo i enologia, Zarządzanie bezpieczeństwem i jakością żywności, Zarządzanie jakością i analiza żywności, Zarządzanie i adaptacja do zmian klimatu, Zarządzanie i inżynieria produkcji, Zielaństwo, Zielaństwo i fitoprodukty, Zootechnika, Żywnienie zwierząt, Żywnienie człowieka, Żywnienie człowieka i dietetyka, Żywnienie człowieka i dietoterapia, Żywnienie człowieka i ocena żywności

Rys. 6. Najbardziej użyteczne kierunki studiów z punktu widzenia rozwoju Rolnictwa 4.0 w obszarze nauk rolniczych
Źródło: opracowanie własne na podstawie Bazy Wiedzy RAD-on i wiedzy eksperckiej

Należy zaznaczyć, że wymienione w pierwszej grupie kierunki studiów w ostatnim czasie (2019–2022) nie cieszyły się wśród potencjalnych studentów zbyt dużym zainteresowaniem (rys. 7).

Prawdopodobnie jest to przyczyną braku ciągłości w ofercie kształcenia. Część z nich jest także zamykana. Również większą popularnością cieszą się kierunki studiów I stopnia.



Rys. 7. Liczba absolwentów najbardziej użytecznych kierunki studiów z punktu widzenia rozwoju Rolnictwa 4.0, którzy uzyskali dyplom w latach 2019–2020³³

Źródło: opracowanie własne w oparciu o Ogólnopolski system monitorowania Ekonomicznych Losów Absolwentów szkół wyższych

Należy zaznaczyć, że od kilku lat pojawia się wiele nowych kierunków związanych m.in. z gospodarowaniem zasobami Ziemi i ich ochroną oraz bezpieczeństwem żywności. Stają się one dopiero przyszłościowymi kierunkami kształcenia, a zainteresowanie nimi będzie wzrastać.

Z kolei twórcami innowacyjnych rozwiązań, ze względu na rozwój automatyzacji i cyfryzacji procesów rolniczych w obszarze Rolnictwa 4.0, są w głównej mierze absolwenci kierunków studiów

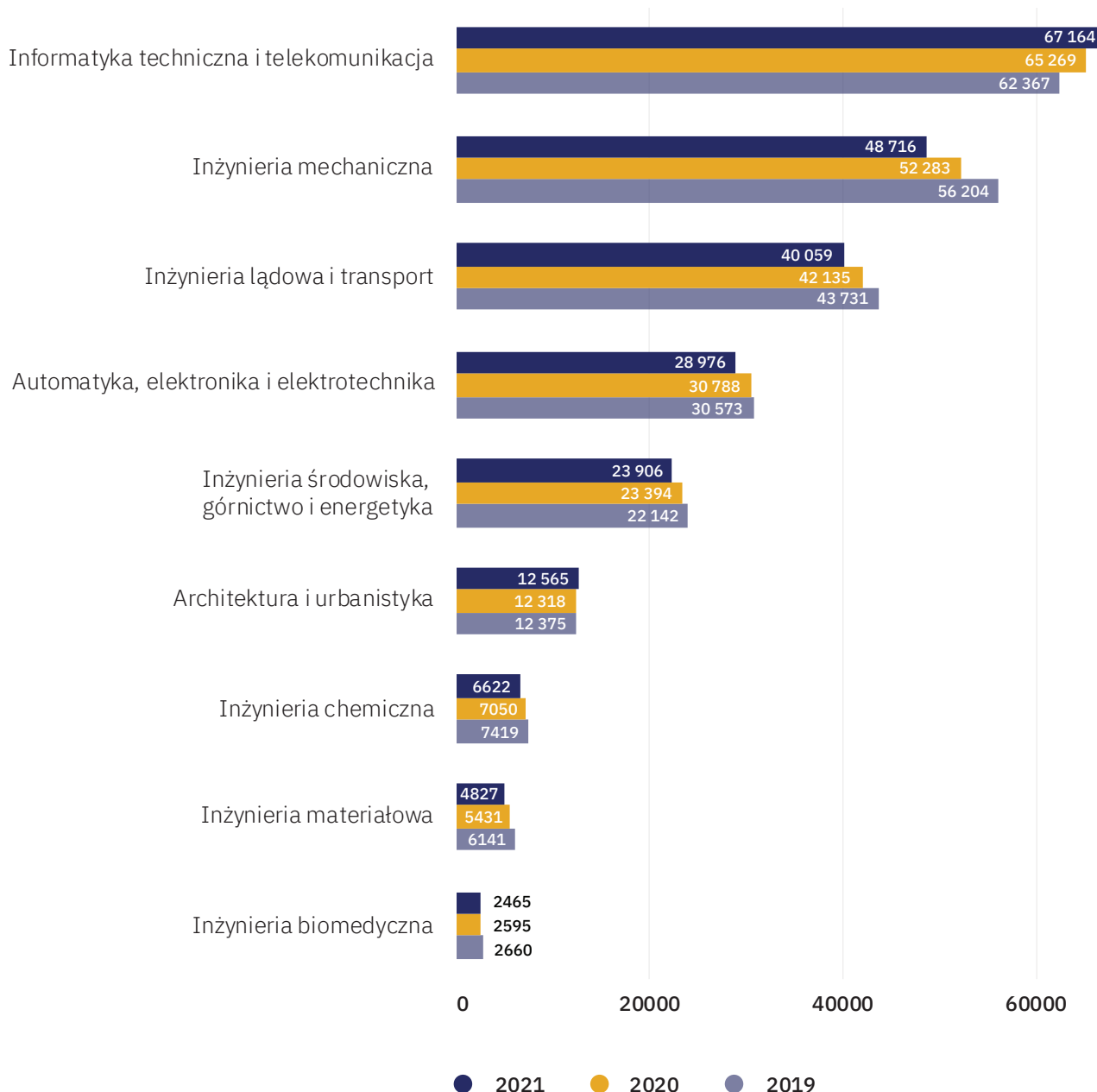
na uczelniach technicznych. W Polsce jest 18³⁴ publicznych uczelni tego typu, nadzorowanych przez ministra właściwego ds. szkolnictwa wyższego. W latach 2019–2021 studenci nauk inżynierskich i technicznych zarówno I, jak i II stopnia stanowili ok. 20% wszystkich studentów. W 2021 r. ich ogólna liczba wynosiła 233 536 i nieco się zmniejszyła względem 2019 r. (245 591 studentów). Wśród studentów dominują mężczyźni, których jest trzy razy więcej niż kobiet. Na studiach pierwszego

³³ Kierunki studiów wybrane do analizy ze względu na dostępność danych w Ogólnopolskim systemie monitorowania Ekonomicznych Losów Absolwentów szkół wyższych (Analityka żywności, Bezpieczeństwo i certyfikacja żywności, Bezpieczeństwo żywności, Bioinżynieria, Bioinżynieria produkcji żywności, Bioinżynieria zwierząt, Biotechnologia stosowana, Inżynieria biotworzyw, Jakość i bezpieczeństwo żywności), które kształcą innowatorów (wiedza + technologia).

³⁴ Politechnika Wrocławska, Politechnika Warszawska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Politechnika Śląska (Gliwice), Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Politechnika Poznańska, Politechnika Gdańska, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Politechnika Łódzka, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Politechnika Lubelska, Politechnika Białostocka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Politechnika Częstochowska, Politechnika Opolska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Politechnika Koszalińska.

stopnia kształci się ok. 85% studentów, na studiach drugiego stopnia ok. 16% (Zintegrowany System Informacji o Szkolnictwie Wyższym i Nauce POL-on, 2022). W 2020 r. na studiach III stopnia (doktoranckich) z obszaru nauk inżynierskich i technicznych studiowało ogółem 3809 osób, w tym 1348 kobiet, z kolei w Szkołach Doktorskich było ogółem

2255 studentów, w tym 711 kobiet (GUS, 2021a). Na przestrzeni lat widoczne są pewne zmiany w obrębie zainteresowania poszczególnymi kierunkami kształcenia, zwłaszcza w obszarze informatyki technicznej i telekomunikacji (rys. 8), co koresponduje z ogólnosiwiatowym trendem (Głomb, 2020).



Ryc. 8. Studenci z poszczególnych dziedzin studiów w ramach nauk inżynierskich i technicznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie na podstawie systemu POL-on (sprawozdanie S-10 dla GUS)

W ramach nauk inżynierskich i technicznych ok. 70 kierunków studiów, w zróżnicowanym stopniu, kształci potencjalnych twórców technologii w obszarze Rolnictwa 4.0 (rys. 9). W trakcie nauki student zdobywa wiedzę w zakresie matematyki, fizyki, chemii oraz innych obszarów nauki, przydatną do formułowania i rozwiązywania zadań związanych z reprezentowaną dyscypliną inżynierską. Potrafi także zaproponować ulepszenia i usprawnienia istniejących rozwiązań technicznych,

a niekiedy nawet nowe rozwiązania koncepcyjne (Politechnika Warszawska, 2017). Jednak w tym obszarze dydaktyki wyróżniamy różnego rodzaju bariery, przede wszystkim związane z brakiem spójności programów nauczania, ograniczoną liczbą nauczycieli akademickich specjalizujących się często w dość wąskich dziedzinach wiedzy np. w sztucznej inteligencji; ograniczenia związane z infrastrukturą niezbędną do prowadzenia zajęć praktycznych oraz niewystarczającą ich liczbą.



Rys. 9. Kierunki studiów w obszarze nauk inżynierskich i technicznych najbardziej użyteczne z punktu widzenia rozwoju Rolnictwa 4.0

Źródło: opracowanie własne na podstawie na podstawie Bazy Wiedzy RAD-on i wiedzy eksperckiej

Rozwój kompetencji Rolnictwa 4.0 – kompetencje cyfrowe rolników

Kluczowe wnioski:



W Polsce rolnicy mają bardzo niskie kompetencje cyfrowe – znacznie poniżej średniej unijnej, krajowej, jak również poniżej umiejętności osób bezrobotnych w kraju.



Na poziomie krajowym podejmowane są działania rozwijające kompetencje cyfrowe pracowników z obszaru rolnictwa.



Barierą, zarówno dla rozwoju kompetencji cyfrowych, a także wykorzystania zdobytej wiedzy w praktyce, jest niska dostępność sieci o bardzo dużej przepustowości na obszarach wiejskich.

W kontekście rozwoju rolnictwa w kierunku 4.0 ważne jest nie tylko wykształcenie kierunkowe. Rozwój rolnictwa z wykorzystaniem technologii cyfrowych (w tym obsługa robotów, wykorzystywanie sztucznej inteligencji lub technologii *blockchain*) wymaga zdobycia nowych kompetencji w tym obszarze – nie wystarczy tylko doskonała znajomość zagadnień AGROTECHnicznych. Dlatego tak ważna jest kwestia cyfrowej transformacji rolnictwa, czyli zdobywanie wiedzy i umiejętności przez producentów, instytucje otoczenia rolnictwa oraz odbiorców – właścicieli gospodarstw rolnych. Obejmuje to umiejętności posługiwania się komputerem i innymi urządzeniami elektronicznymi, korzystania z internetu, aplikacji i oprogramowania. Znaczenie tych kompetencji podkreślał Międzynarodowy Fundusz na rzecz Rozwoju Rolnictwa (IFAD) w wydanym w 2019 roku raporcie³⁵.

W 2021 r. Polska znalazła się na trzecim miejscu od końca wśród 27 krajów UE pod względem stopnia rozwoju kompetencji cyfrowych. Umiejętności, wiedza i postawy cyfrowe polskich rolników prezentują się bardzo niekorzystnie na tle rolników z innych krajów europejskich. W 2018 r.

podstawowe lub ponadpodstawowe umiejętności cyfrowe miało 21% osób pracujących w rolnictwie lub rybołówstwie, a naukę w obszarze korzystania z nowego oprogramowania lub sprzętu komputerowego podjęło zaledwie 2% osób pracujących w tym obszarze gospodarki. Polscy rolnicy prezentują się również niekorzystnie na tle Europy pod względem wykorzystania ICT w pracy. W 2018 r. zaledwie 14% z nich wykorzystywało komputery, laptopy, smartfony, tablety, inne urządzenia przenośne oraz skomputeryzowane urządzenia lub maszyny w swojej pracy. W tym samym roku rolnicy wykorzystujący specjalistyczne oprogramowanie komputerowe wykorzystywane w gospodarstwie rolnym stanowili 3% (Eurostat, 2022).

Również korzystanie z internetu nie jest mocną stroną polskich rolników. Biorąc pod uwagę rodzaj aktywności zawodowej, w 2010 r. 45% rolników regularnie korzystało z internetu, a w 2019 roku 60%, co stanowi drugą od końca wartość w rankingu wszystkich grup zawodowych. Ponadto rolnicy stanowili najmniej liczną grupę osób korzystających z urządzeń przenośnych do łączenia się z internetem poza domem lub miejscem pracy w 2019 r.

35 <https://www.ifad.org/en/web/knowledge/-/publication/ifad-annual-report-2019>

(40,3 %) oraz osób korzystających ze stron internetowych lub aplikacji w ramach ekonomii współdzielenia – zaledwie 3,7% ogółu grupy. Rolnicy również w niewielkim stopniu, na tle innych użytkowników, łączą się z internetem poprzez urządzenia przenośne typu laptop (11,4% ogółu grupy) i tablet (3,3 % ogółu grupy). Dla rozwoju w ICT w obszarze Rolnictwa 4.0 ważna jest wiedza i umiejętność korzystania z różnego rodzaju technologii chmurowych. W 2019 r. z przestrzeni dyskowej w internecie do zapisywania plików korzystało jedynie 5,8% rolników (GUS, 2019).

W świetle aktualnego stanu wykorzystania technologii cyfrowych w rolnictwie, ważne jest wzmacnianie kompetencji cyfrowych na różnych szczeblach edukacji. Dla rozwoju Rolnictwa 4.0 jest to szczególnie istotne na poziomie szkół ponadpodstawowych i uczelni, zarówno wśród uczniów i studentów, jak i nauczycieli oraz wykładowców. Pewne działania w tym obszarze podejmuje m.in. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, realizując projekty-inicjatywy, które mają na celu wzmocnienie kompetencji cyfrowych w szkołach rolniczych. Firma Intel na mocy porozumienia o współpracy z Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi będzie organizować programy szkoleniowe poświęcone zastosowaniu sztucznej inteligencji w rolnictwie. Działania te są kontynuacją realizacji rozpoczętego w roku 2021 programu szkoleniowego skierowanego do szkół rolniczych, prowadzonego przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, opartego na programie stworzonym przez firmę Intel – AI for Future Workforce (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2022).

Oprócz tego, w trakcie opracowywania jest Program Rozwoju Kompetencji Cyfrowych. Stanowi on odpowiedź na liczne postulaty na szczeblu krajowym i europejskim, wyrażające potrzebę opracowania dokumentu programowego i intensywniejszej realizacji działań w zakresie rozwoju kompetencji cyfrowych wśród pracowników różnych działów gospodarki. Dokument ten zwraca uwagę, że tego typu kompetencje są również niezbędne w obszarze rolnictwa, m.in. do zastosowania stosunkowo prostych algorytmów do efektywnego przetwarzania danych, które pozwolą na wdrażanie „inteligentnej automatyzacji” w gospodarstwach rolnych (Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, 2022).

Oprócz niskich kompetencji cyfrowych rolników, barierą utrudniającą w Polsce nabycie tych kompetencji jest stosunkowo niska dostępność stałych sieci internetowych o bardzo dużej przepustowości na obszarach wiejskich. Wykorzystanie danych satelitarnych, analiza dużych zbiorów danych (*big data*) oraz automatyzacja procesów prac prowadzonych w gospodarstwach rolnych wymaga stałego i stabilnego połączenia internetowego. Tymczasem na obszarach wiejskich zasięg łączy FTTP (*fiber-to-the-premises*)³⁶ jest na dość niskim poziomie na tle większości krajów europejskich, jednak obserwuje się tendencję wzrostową. W 2020 r. dostęp do tej technologii miało jedynie 24,1% wiejskich gospodarstw domowych, a w 2021 r. – już 32,6% gospodarstw (tylko nieznacznie poniżej średniej dla UE, wynoszącej 33,3%) (DESI – *Digital Economy and Society Index*³⁷, 2022). W tym kontekście należy zwrócić uwagę, że średnia gęstość zaludnienia na obszarach wiejskich, a także liczba zarejestrowanych przedsiębiorstw rolnych jest niska, co przyczynia się do wysokich kosztów budowy infrastruktury telekomunikacyjnej i ogólnej małej atrakcyjności inwestycyjnej obszarów wiejskich (DESI, 2022).

³⁶ Technologia „światłowód do lokalu”.

³⁷ Indeks Cyfrowej Gospodarki i Społeczeństwa Cyfrowego, wprowadzony przez Komisję Europejską w celu mierzenia i porównywania poziomu rozwoju cyfrowego w państwach Unii Europejskiej (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>).

III.3. Trendy w publikacjach

Kluczowe wnioski:



Liczba publikacji z zakresu Rolnictwa 4.0 wzrasta. Ich roczny przyrost w 2020 roku potroił się względem początku poprzedniej dekady.



Stany Zjednoczone i Chiny przodują na świecie pod względem liczby publikacji na temat Rolnictwa 4.0.

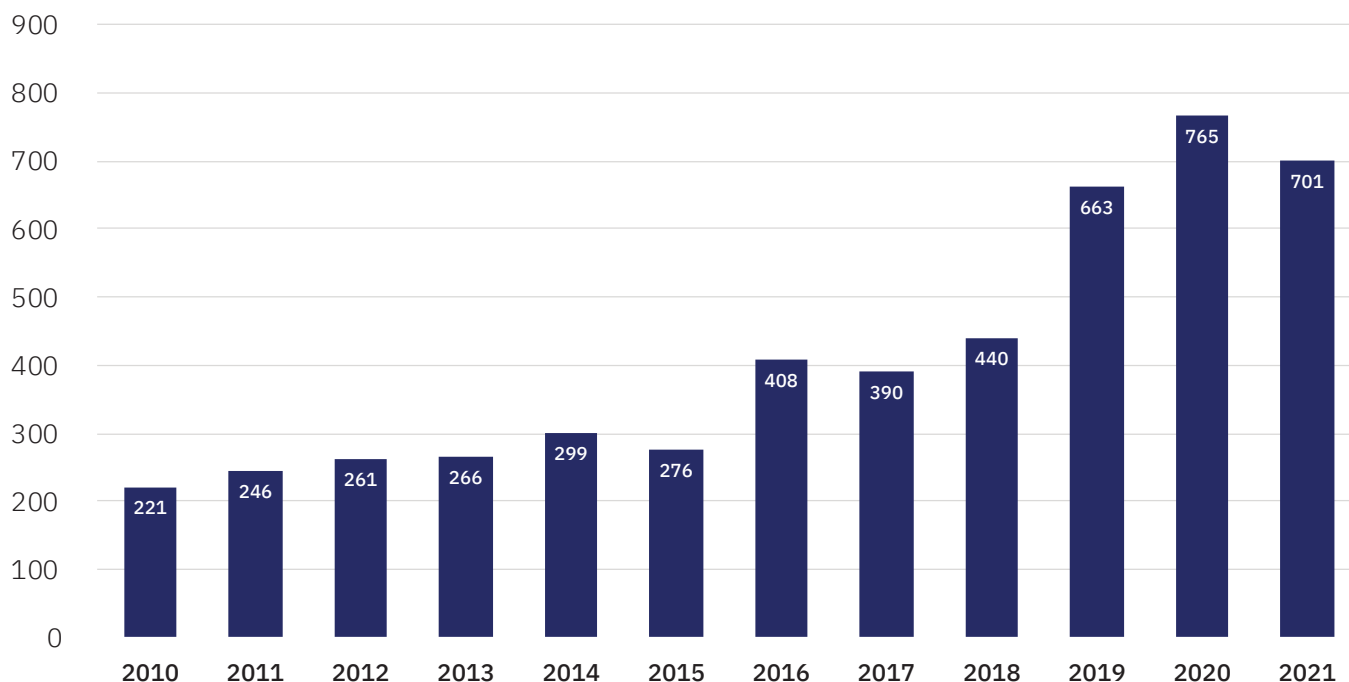


W Polsce udział publikacji zawierających określenia dotyczące technologii Rolnictwa 4.0 jest dwukrotnie niższy niż średnia światowa.

W latach 2010–2021 ukazało się około 5 tys. publikacji z zakresu Rolnictwa 4.0 zdefiniowanego słowami kluczowymi wskazanymi w tab. 1. W tym okresie udział publikacji z obszaru Rolnictwa 4.0 stanowił 1,5% publikacji z zakresu rolnictwa w czterech badanych kategoriach (ekonomika rolnictwa i polityka rolna – Agricultural Economics & Policy, inżynieria rolnicza – Agricultural Engineering, mleczarstwo i zootechnika – Agriculture,

Dairy & Animal Science, rolnictwo, wielodyscyplinarne – Agriculture, Multidisciplinary). 72% z nich było artykułami naukowymi, a 21% materiałami konferencyjnymi. Jednocześnie w liczbie tej zawarte są 144 rozdziały w książkach i 5 książek dotyczących omawianej tematyki. W całej grupie liczącej 5 tys. publikacji, 45 z nich zaliczało się do kategorii wysoko cytowanych (*hot papers*)³⁸ (rys. 10).

38 Kategoria Web of Science – dotyczy publikacji, które stają się popularne (cytowane) wkrótce po ich napisaniu.



Rys. 10. Liczba publikacji naukowych z zakresu technologii Rolnictwa 4.0 w latach 2010–2021

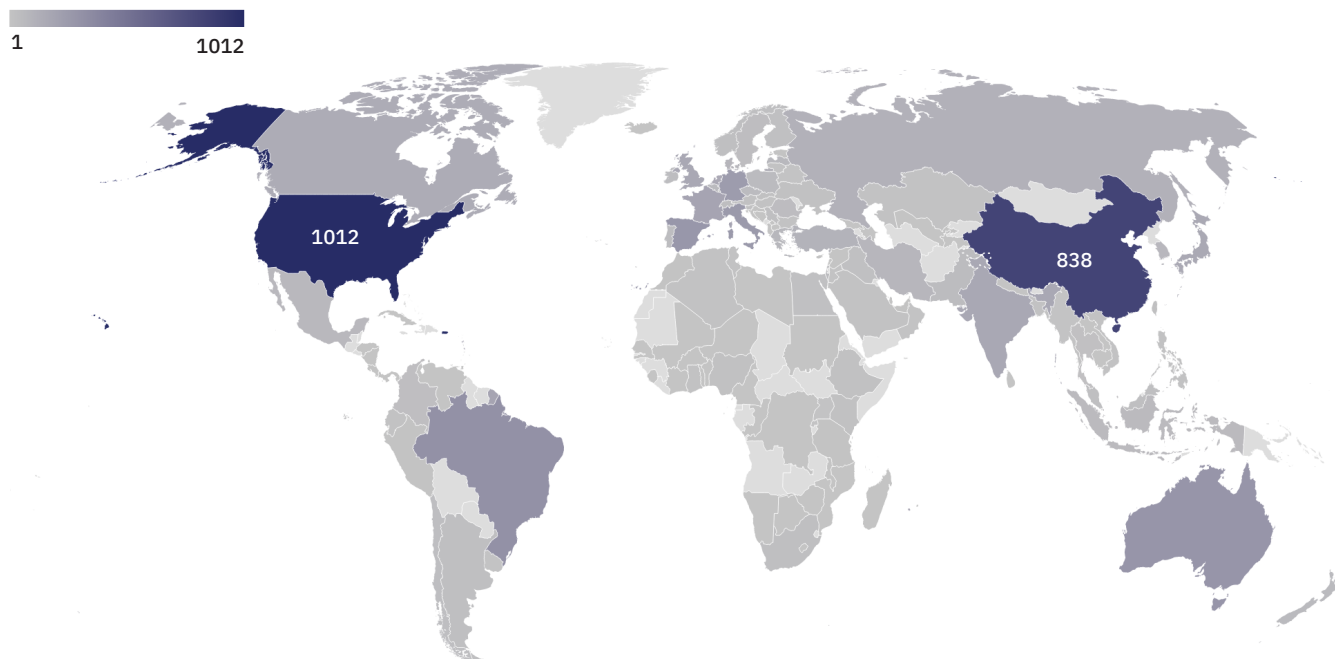
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Web of Science

Liczba tak zdefiniowanych publikacji w latach 2010–2021 rosła, choć w latach 2015, 2017 i 2021 następowały spadki ich liczby rok do roku. Najwyższa dynamika wzrostu miała miejsce w 2019 roku, kiedy to liczba publikacji zwiększyła się o blisko 50% (rok do roku). W latach 2010–2015 ukazywało się ich ok. 200–300 rocznie, podczas gdy w 2020 roku ponad 700. Roczna liczba publikacji w porównaniu do 2010 roku zwiększyła się o 217%, podczas gdy w czterech kategoriach Web of Science, do których zawężono analizę (Agricultural Economics & Policy; Agricultural Engineering; Agriculture, Dairy & Animal Science; Agriculture, Multidisciplinary) zwiększyła się o 41%. W tym kontekście należy zaznaczyć, że wzrost publikacji z zakresu technologii Przemysłu 4.0 jest jeszcze bardziej wyraźny (siedmiokrotny). Na mapie (rys.

11) przedstawiającej kraj pochodzenia autorów publikacji wyróżniają się zwłaszcza dwa państwa: Stany Zjednoczone (1012 afiliacji) i Chiny (838 afiliacji). Wśród pozostałych krajów stosunkowo duża liczba autorów pochodzi z Brazylii (316), Australii (288), państw Europy Zachodniej (Hiszpania – 279, Włochy – 261, Niemcy – 247) oraz z Indii (171). Liczba autorów pochodzących z Polski to zaledwie 55 osób. Taki rozkład geograficzny ma swoje przełożenie także na najczęściej występujące afiliacje instytucjonalne. Najczęściej występującymi są odpowiednio: Departament Rolnictwa USA, francuski instytut zajmujący się naukami rolniczymi – INRAE, holenderski uniwersytet specjalizujący się w naukach przyrodniczych i rolnictwie – Wageningen University & Research Centre oraz Chiński Uniwersytet Rolniczy i Chińska Akademia Nauk.

Rolnictwo 4.0. Publikacje

W latach 2010–2021 (szt.)



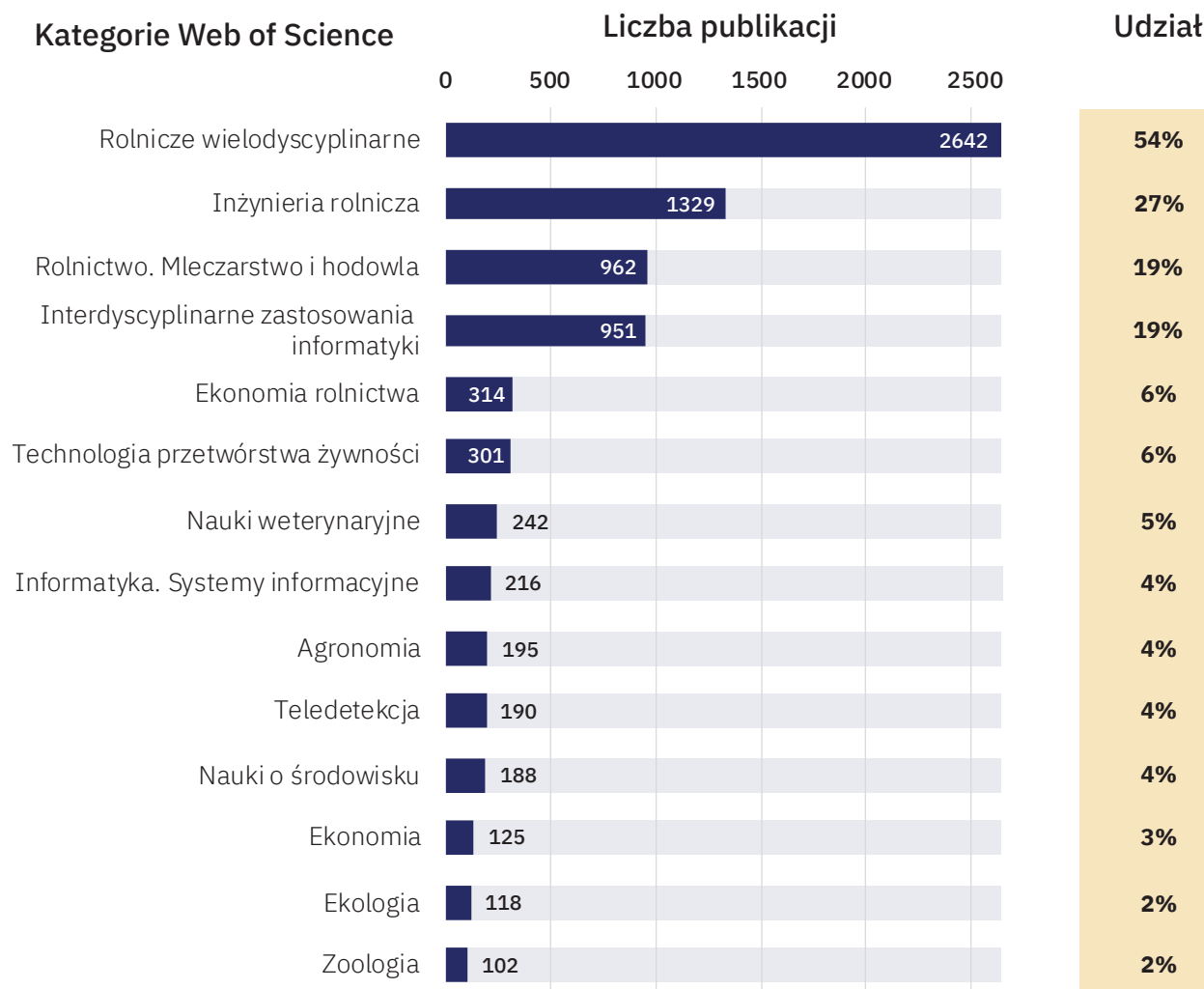
Rys. 11. Rozkład przestrzenny afiliacji autorów publikacji naukowych z zakresu technologii Rolnictwa 4.0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Web of Science

Podział na kategorie Web of Science jest w dużym stopniu determinowany przez samo zawężenie wyszukiwania, tak że część kategorii odnosi się do specyfiki słów kluczowych/technologii. Ponad połowa publikacji ma przypisaną bardzo ogólną kategorię WoS „rolniczą wielodyscyplinarną”, a ponad 1/4 to inżynieria rolnicza (rys. 12). Zaskoczeniem nie jest fakt, że poza kategoriami, w których przeprowadzono wyszukiwanie, wśród najpopularniejszych znajdują się te związane z informatyką: interdyscyplinarne zastosowania informatyki

(Computer Science Interdisciplinary Applications) oraz informatyka: systemy informacyjne (Computer Science Information Systems). Istotna grupa publikacji poświęcona jest ekonomicznym aspektom związanym z nowymi technologiami Rolnictwa 4.0 (Agricultural Economics Policy, Economy) (rys. 12). Również spora grupa artykułów odnosi się do hodowli zwierząt, o czym świadczy popularność kategorii: zoologia, mleczarstwo i hodowla oraz weterynaria.

Kategorie publikacji z Rolnictwa 4.0

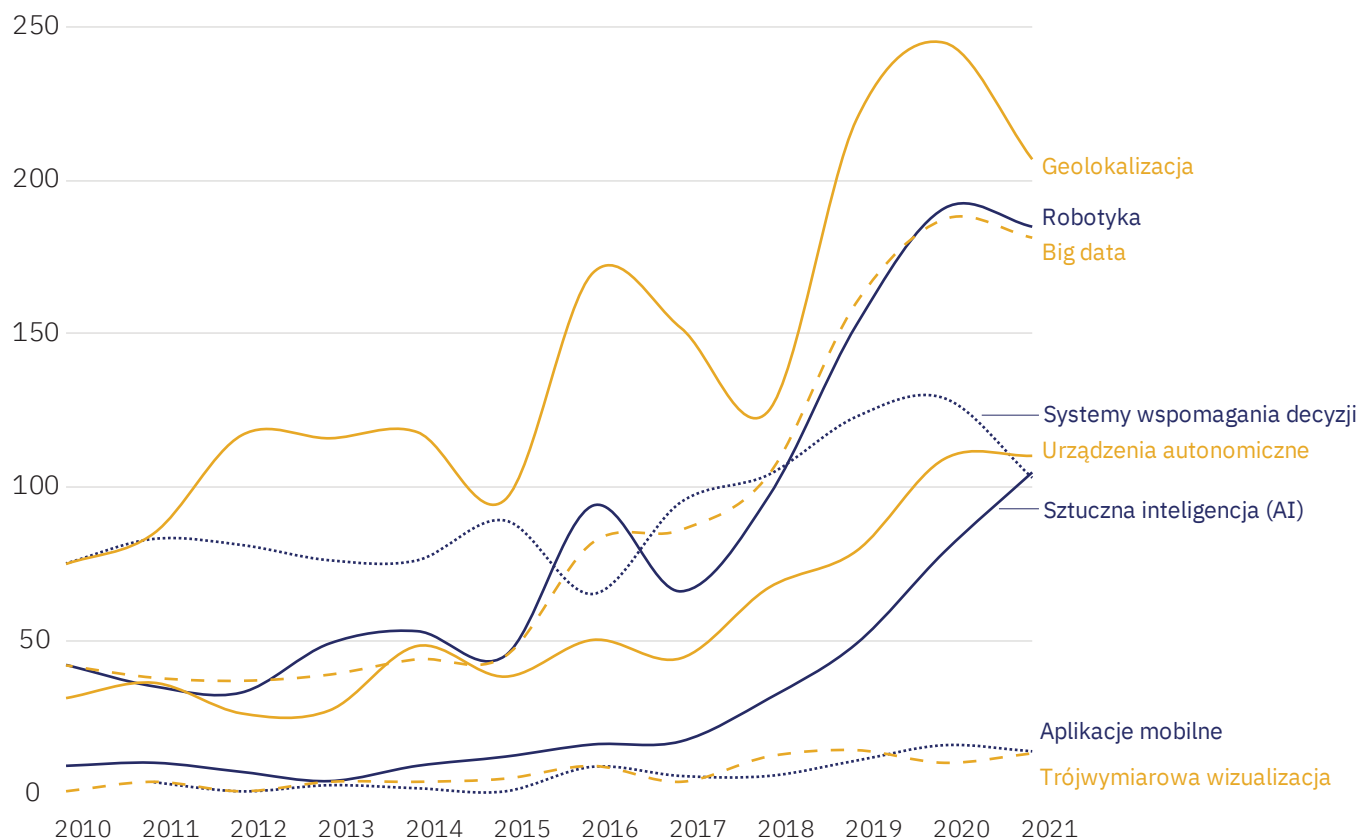


Rys. 12. Najczęstsze obszary tematyczne publikacji z zakresu technologii Rolnictwa 4.0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Web of Science

Pod kątem poszczególnych słów kluczowych/technologii najbardziej popularne w publikacjach z obszaru Rolnictwa 4.0 są „technologie satelitarne”, „robotyka” oraz „big data”, przy czym nie są one znacząco popularniejsze niż inne uwzględnione w zestawieniu (rys. 13). Najwyższą dynamiką wzrostu w ostatnich latach charakteryzuje się

„sztuczna inteligencja”. Z kolei określenie „systemy wspomagania decyzji” było względnie bardziej popularne w poprzedniej dekadzie, ale wzrost popularności tego słowa kluczowego był niższy niż pozostałych. Technologie takie jak: „trójwymiarowa wizualizacja” oraz „obliczenia brzegowe” w publikacjach pojawiają się bardzo rzadko (rys. 13).



Ryc. 13. Liczba publikacji z zakresu poszczególnych technologii Rolnictwa 4.0 w latach 2000–2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Web of Science

Polska

Polscy autorzy w latach 2010–2021 występują w 7257 publikacjach z obszaru rolnictwa (w poprzednio wskazanych czterech kategoriach Web of Science). W wyszukiwaniu obejmującym słowa kluczowe polscy autorzy pojawiają się 55 razy, czyli w 0,8% polskich publikacji z zakresu rolnictwa. Oznacza to, że ten udział jest dwa razy mniejszy niż dla wszystkich krajów. Aktywność publikacyjna polskich naukowców nieco wzrasta po 2018 roku. Największa liczba afiliowanych autorów pochodzi z Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, a następnie z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie i Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. 60% publikacji powstało we współpracy z autorami z zagranicy. Była ona prowadzona z naukowcami z 23 krajów, z czego największa ich

liczba pochodziła z Niemiec. Najpopularniejsza była kategoria „rolnictwo wielodyscyplinarne” na równi z „mleczarstwem i hodowlą”. Na trzecim miejscu znajdowała się „inżynieria rolnicza”, a na dalszych „interdyscyplinarne zastosowania informatyki” i „weterynaria”.

Przy interpretacji wyników analizy bibliometrycznej należy uwzględnić to, że naukowcy często próbują dostosować zakres i wyniki prowadzonych badań do nowo pojawiających się nurtów w rozwoju poszczególnych obszarów nauki i techniki. Oznacza to, że część artykułów zawierających słowa kluczowe może mieć charakter przeglądowy. Z drugiej strony publikacje niezawierające określonych słów kluczowych, a dotyczące technologii szeroko rozumianego Rolnictwa 4.0, mogą nie być uwzględnione w zestawieniu tematycznym publikacji.

III. 4. Trendy w patentowaniu – analiza patentów

Kluczowe wnioski:



Liczba patentów związanych z technologiami Rolnictwa 4.0 jest niska na tle pozostałych obszarów zastosowania.



Patenty z zakresu badanych technologii z obszaru Rolnictwa 4.0 stanowią niewielką część patentów w rolnictwie ogółem.



Na świecie Stany Zjednoczone przodują pod względem liczby patentów z obrębu Rolnictwa 4.0. Silną pozycję ma także Europa Zachodnia.



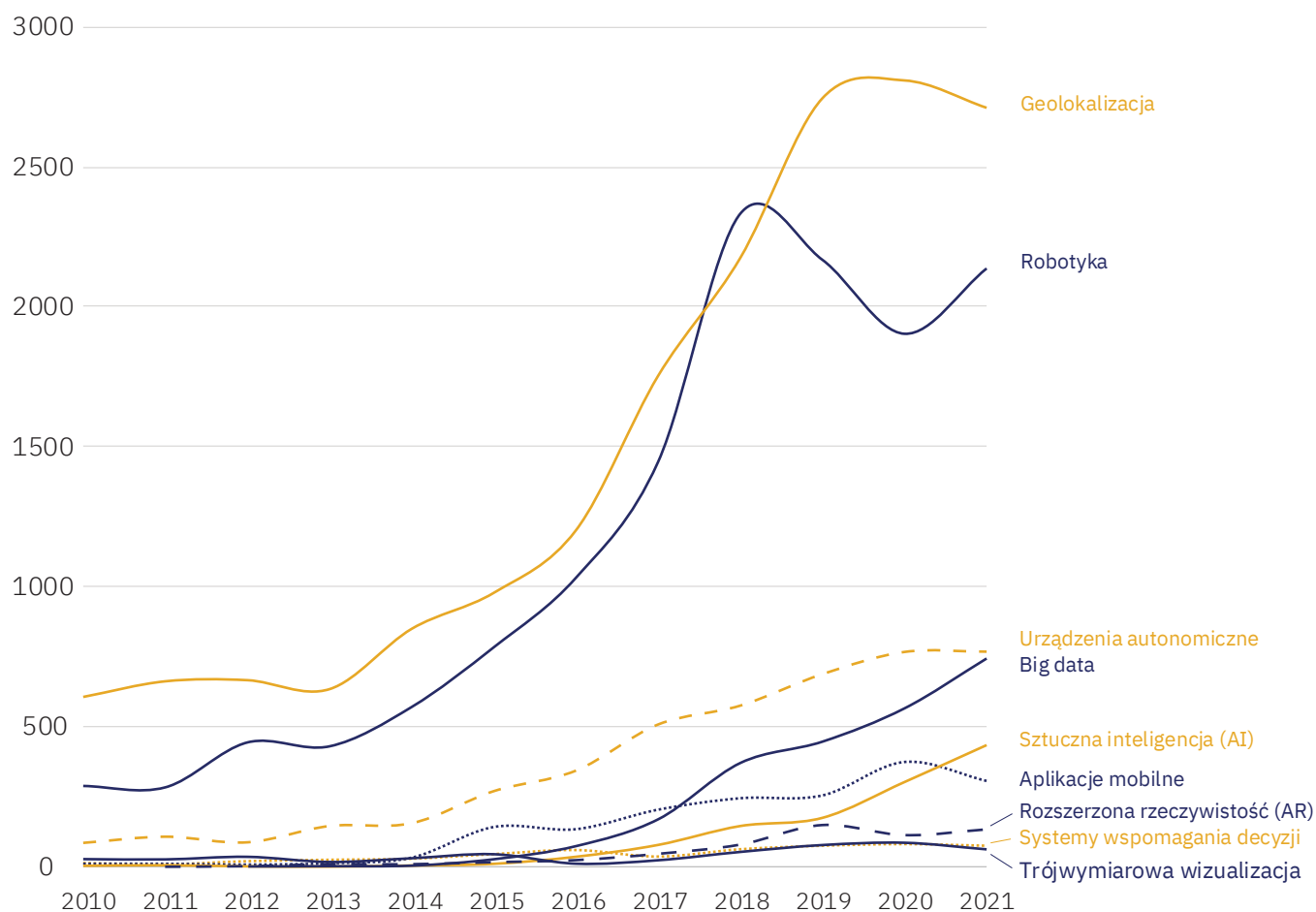
Najbardziej popularnymi technologiami są te związane z technikami satelitarnymi/geolokalizacją oraz robotyką/automatyzacją.



W Polsce patentów zawierających określenia dotyczące technologii Rolnictwa 4.0 jest bardzo mało.

Łączne wyszukiwanie technologii wskazanych w tab. 1 w ramach Rolnictwa 4.0 wskazuje na ok. 14 400 patentów udzielonych w latach 2010–2021 na świecie. Stanowi to ok. 1,2% patentów w klasie A01 MKP (Rolnictwo; Leśnictwo; Hodowla Zwierząt; Łowiectwo; Zakładanie Sidel; Rybołówstwo) w tym okresie. Jednocześnie trend wzrostowy i dynamika przyrostu nowych patentów spowolniła w 2018 roku. Przy uwzględnieniu analizy poszczególnych

technologii/słów kluczowych przyczyny tego zjawiska można upatrywać w różnej dynamice wzrostu liczby patentów dla poszczególnych technologii. Widoczna jest szybsza dynamika rozwoju nowych technologii cyfrowych, przy jednoczesnej stagnacji w ostatnich latach w obszarze najbardziej popularnych technologii związanych z geolokalizacją i robotyką (rys. 14).



Rys. 14. Liczba patentów dla technologii Rolnictwa 4.0 w latach 2000–2021 w podziale na technologie

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Espacenet

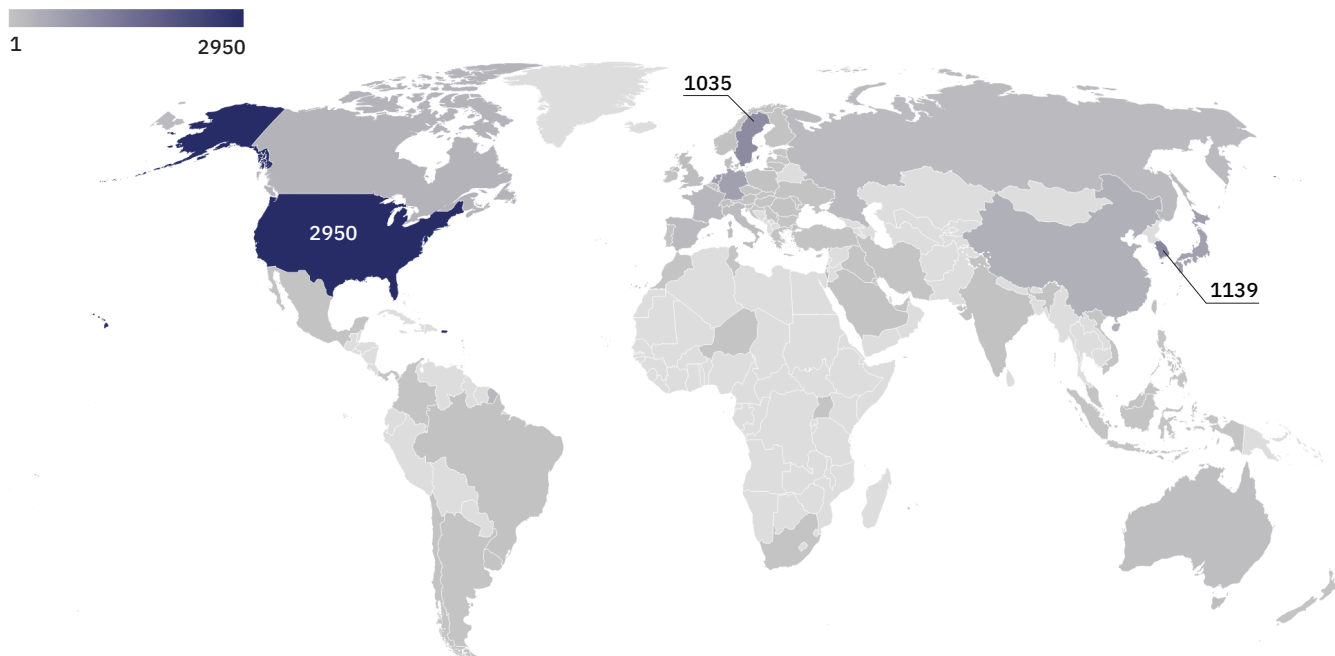
Wyszukiwanie po słowach kluczowych wskazuje, że stosunkowo dużo patentów z obszaru Rolnictwa 4.0 wykorzystuje technologie związane z geolokalizacją, przede wszystkim z technikami satelitarnymi/ geolokalizacją (satellit*) i robotyką (robot*). Mniejsza liczba patentów związana jest z technologiami cyfrowymi. Tutaj istotniejszy wzrost ich liczby (ale z dużo wyższą dynamiką) można zaobserwować dopiero od 2017 r. Stosunkowo najwięcej z nich dotyczy technologii wykorzystujących duże zbiory danych (*big data*) oraz rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji. Z kolei liczba patentów, w których występuje pojęcie „aplikacji mobilnych” była mniejsza w 2021 r. niż rok wcześniej. Mało popularne (a co za tym idzie, najprawdopodobniej

mało istotne) są związane z rolnictwem rozwiązania wykorzystujące rozszerzoną rzeczywistość (AR) i wirtualną rzeczywistość (VR), a także obliczenia brzegowe i trójwymiarową wizualizację.

Jeśli mówimy o dystrybucji geograficznej patentów z zakresu Rolnictwa 4.0, ich rozkład pokazuje nam, że najwięcej patentów posiadają lub współposiadają podmioty (osoby fizyczne lub prawne) ze Stanów Zjednoczonych (2950). Kolejnym obszarem koncentracji jest Europa Zachodnia, przede wszystkim Szwecja (1035), Holandia (786) oraz Niemcy (643). Dużo patentów jest także w krajach Azji Południowo-Wschodniej: Korei (1139), Japonii (640) oraz w Chinach (363) (rys. 15).

Rolnictwo 4.0. Publikacje

Liczba patentów zgłoszonych przez podmioty z danego kraju w latach 2010–2021



Rys. 15. Rozkład przestrzenny podmiotów zgłaszających patenty z zakresu technologii Rolnictwa 4.0

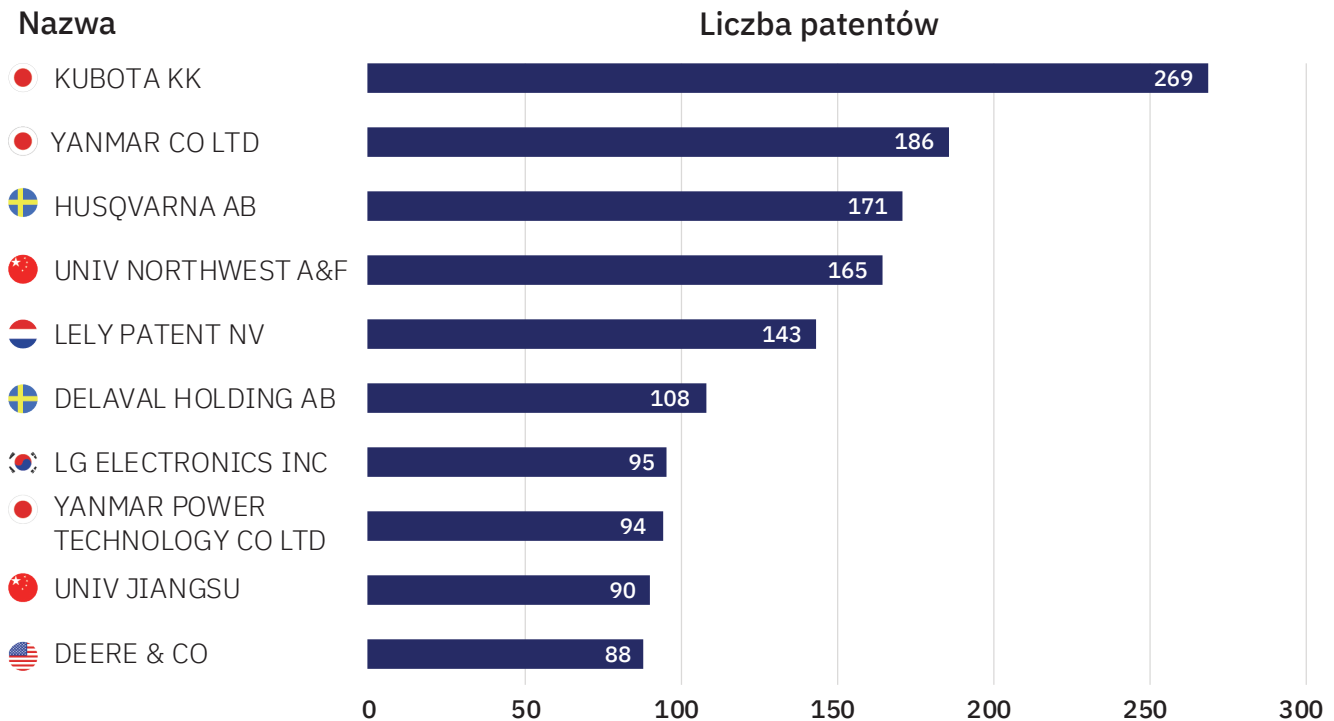
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Espacenet

Na liście podmiotów, do których należy najwięcej patentów, znajdują się zarówno korporacje japońskie, w tym Kubota KK (producent m.in. sprzętu rolniczego) i Yanmar (producent silników i maszyn rolniczych); europejskie – Husqvarna (producent kosiarek i innych urządzeń do użytku zewnętrznego), Lely (producent sprzętu mleczarskiego), DeLaval (także sprzęt mleczarski) oraz południowokoreańskie – LG (wielobranżowy czebol) i amerykańskie – Deere & Company (sprzęt i maszyny rolnicze) (rys. 16).

negu), Lely (producent sprzętu mleczarskiego), DeLaval (także sprzęt mleczarski) oraz południowokoreańskie – LG (wielobranżowy czebol) i amerykańskie – Deere & Company (sprzęt i maszyny rolnicze) (rys. 16).

Rolnictwo 4.0

Podmioty posiadające najwięcej patentów w swoim portfolio (lata 2000-2021)



Rys. 16. Podmioty posiadające najwięcej patentów z zakresu technologii Rolnictwa 4.0 w swoim portfolio

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Espacenet

Z kolei spojrzenie na najczęściej występujące kody klas Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej pozwala ustalić, w jakich obszarach koncentruje się najwięcej chronionych rozwiązań. Trzy najczęściej występujące klasy (w sekcji A) to: Zbiór owoców, warzyw, chmielu lub podobnych; Urządzenia do potrząsania drzewami lub krzewami (A01D46 – 1911 patentów); Kosiarki, urządzenia koszące do żniwiarek (A01D34 – 1256 patentów); Specjalne przystosowanie lub układy rozpryskiwaczy cieczowych do zwalczania szkodników zwierzęcych lub roślinnych (A01M7 – 1013 patentów). Duża liczba patentów dotyczy także takich zagadnień jak: Prowadzenie maszyn lub sprzętu rolniczego; Prowadzenie maszyn lub sprzętu rolniczego wzdłuż ustalonego toru (A01B69), Uprawa w pojemnikach, inspektach lub szklarniach (A01G9);

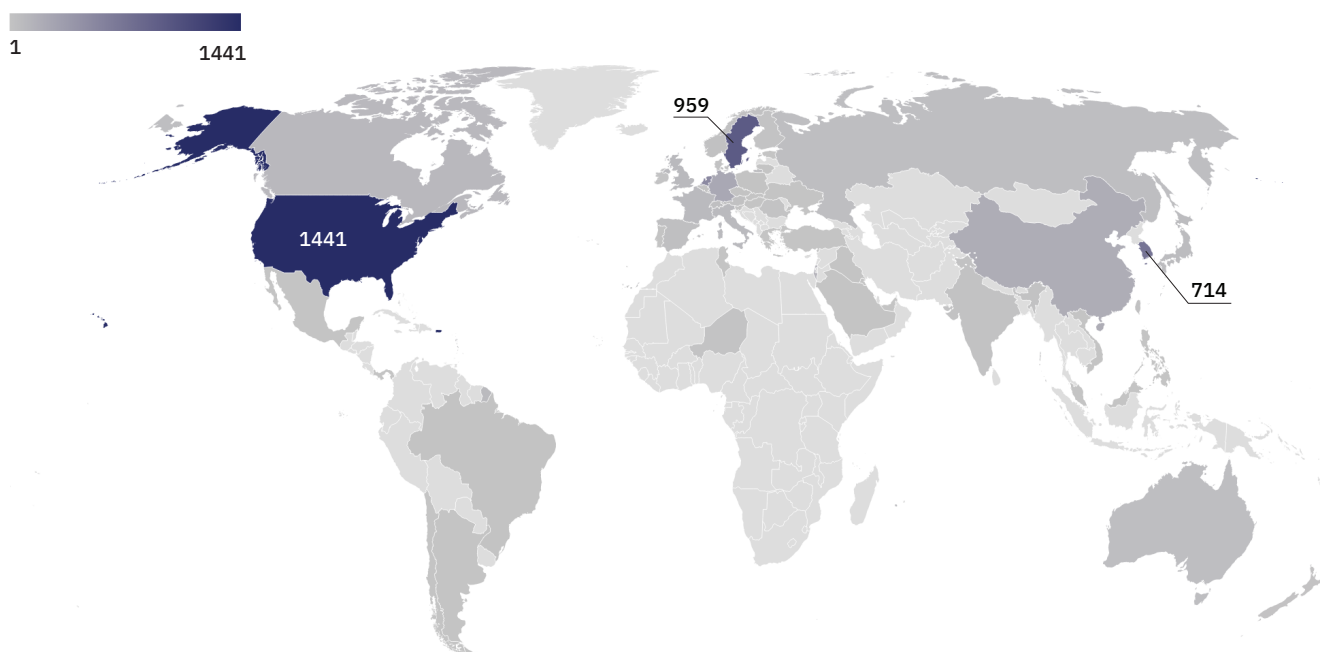
Nawadnianie ogrodów, pól, boisk lub podobnych gruntów (A01G25); Narzędzia tnące specjalnie przystosowane do prac ogrodniczych (A01G3); Pomieszczenia dla inwentarza; Wyposażenie pomieszczeń inwentarskich (A01K1). Spoza sekcji A najpopularniejsze kategorie dotyczyły sterowania pozycją, kursem, wysokością lub położeniem pojazdów (G05D1) oraz manipulatorów (B25J11), w tym sterowanych programowo (B25J9). Generalnie klasy te w dużej mierze wpisują się w obszary wskazane przez ekspertów jako najważniejsze obszary zastosowań, czyli odpowiednio maszyny rolnicze – sterowanie i prowadzenie (1), nawadnianie (3), uprawa gleby, nawożenie i sianie (4), automatyzacja szklarni (5), ogrodnictwo, zbieranie owoców i warzyw (6), oznaczanie lub monitoring zwierząt hodowlanych (7).

Przedstawiony układ częściowo odwzorowuje rozkład patentów dotyczących robotyki w Rolnictwie 4.0, czyli najczęściej występującej kategorii (rys. 17). Podobnie jak w generalnym zestawieniu, spośród podmiotów zgłaszających patenty z zakresu robotyki w rolnictwie najwięcej patentów posiadają te ze Stanów Zjednoczonych. Stosunkowo dużo patentów pochodzi także z krajów

UE: przede wszystkim ze Szwecji, Holandii oraz Niemiec. Wśród pozostałych krajów wyróżnia się Korea Południowa. Największy udział patentów w portfolio należy do firm takich jak korporacje ze Szwecji (Husqvarna, DeLaval), chińskie uniwersytety (np. Uniwersytet z Shaanxi), południowokoreański LG, a także holenderska firma Lely.

Robotyka – Rolnictwo 4.0

Rozkład podmiotów zgłaszających patenty dotyczące robotyki w latach 2010–2021
(liczba patentów)



Rys. 17. Rozkład przestrzenny podmiotów zgłaszających patenty z zakresu robotyki w rolnictwie

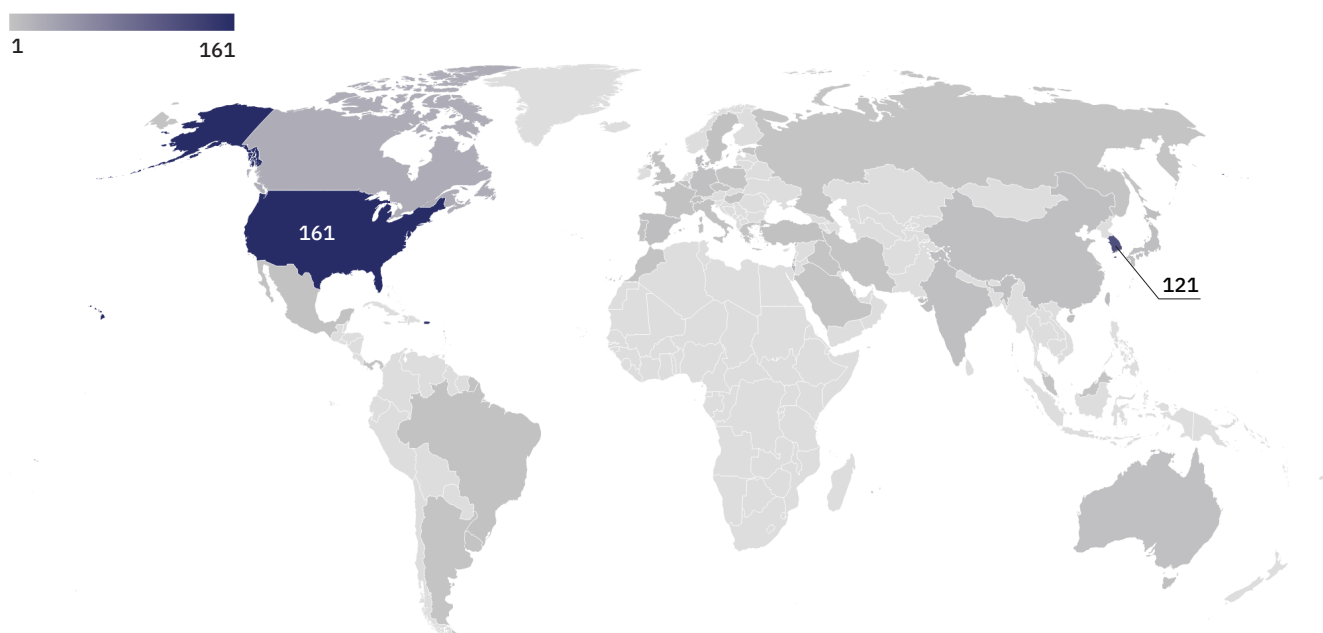
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Espacenet

W zakresie zastosowań sztucznej inteligencji w rolnictwie wyróżniają się tylko dwa kraje – Stany Zjednoczone oraz Korea Południowa (rys. 18). W przypadku zastosowań *big data* obydwa państwa zamieniają się miejscami (pozostałe – tak jak w przypadku AI – mają mało patentów). Aplikacje mobilne są najczęściej patentowane przez podmioty z USA, podobnie jak technologie

satelitarne (tutaj na drugim miejscu jest Japonia, większą liczbę patentów mają także Niemcy, Koreańczycy i Kanadyjczycy). Z kolei rozszerzona rzeczywistość (AR) to głównie Stany Zjednoczone, Niemcy, Szwecja i Japonia. Uwagę zwraca stosunkowo niska pozycja Chin, które w ostatnich latach na wielu polach są bardzo aktywne w obszarze ochrony praw własności przemysłowej.

AI – Rolnictwo 4.0

Liczba patentów zgłoszonych przez podmioty z danego kraju w latach 2010–2021



Rys. 18. Rozkład przestrzenny podmiotów zgłaszających patenty z zakresu sztucznej inteligencji w rolnictwie

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Espacenet

W przypadku technik satelitarnych najwięcej patentów jest przypisanych do klasy *prowadzenie maszyn lub sprzętu rolniczego; prowadzenie maszyn lub sprzętu rolniczego wzdłuż ustalonego toru* (A01B69) i *sterowanie pozycją, kursem, wysokością lub położeniem pojazdów lądowych, wodnych, powietrznych lub kosmicznych, np. automatyczny pilot*. Sztuczna inteligencja (AI), sądząc po najczęściej występujących kategoriach, ma zastosowanie w klasach *uprawa w pojemnikach, inspektach lub szklarniach* (A01G9) i *specjalne przystosowanie lub układy rozpryskiwaczy cieczowych do celów objętych tą podklasą (urządzenia do zwalczania szkodników zwierzęcych lub roślinnych)*, (A01M7), ale także *systemy lub metody specjalnie przystosowane do określonych sektorów* (G06Q50). Ta ostatnia kategoria jest również najbardziej popularną w przypadku *big data*. Na koniec warto zaznaczyć, że bardziej ogólne wyszukiwania z użyciem szerokich kategorii (np. zastosowanych przez EPO w swojej analizie) przynoszą inne, zdecydowanie bardziej obszerne wyniki. Np. wyszukiwanie z uwzględnieniem słów „sensor, sensory” daje ponad 92 tys. wyników. Kategoria ta pokazuje lekki spadek rocznej liczby patentów po 2018 roku. W tym obszarze również widoczna jest duża przewaga USA.

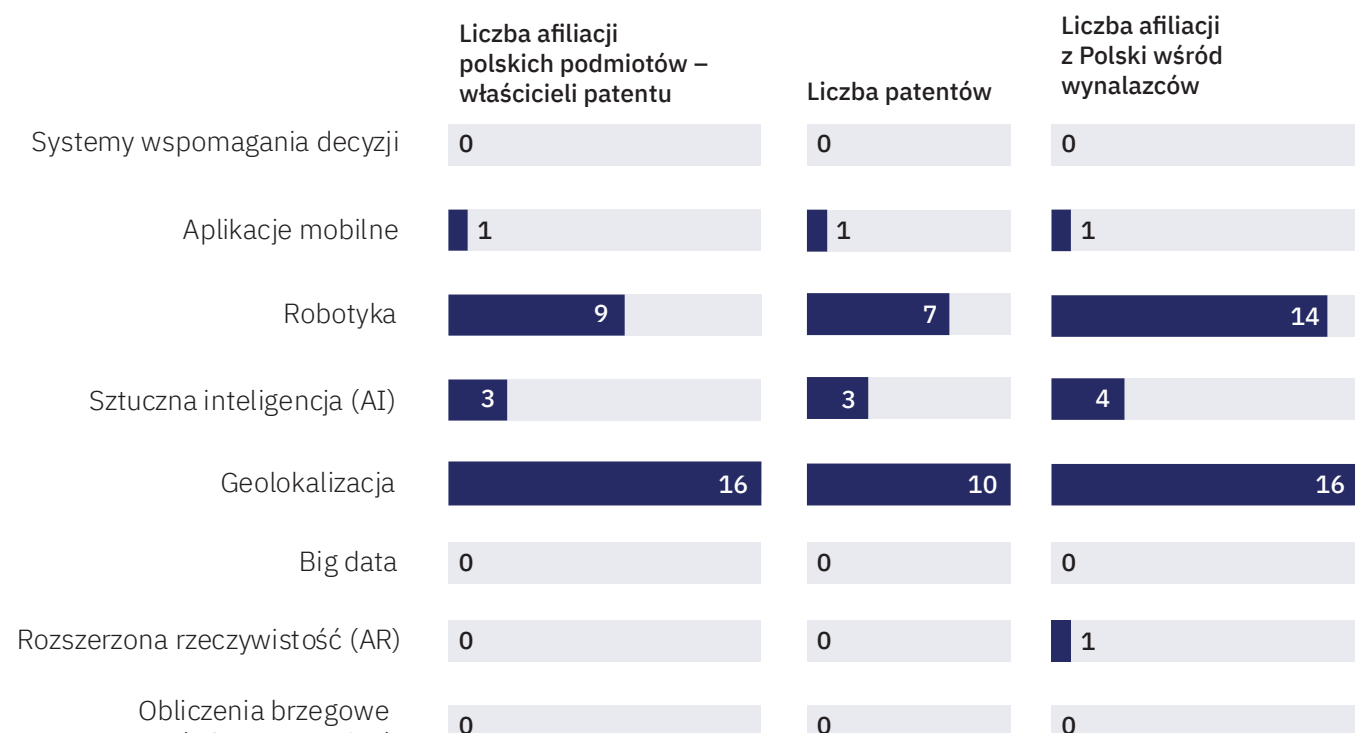
Posiadanie patentu nie oznacza, że dane rozwiązanie jest wdrażane. Polityka patentowa może być uwarunkowana szeregiem różnych czynników, takich jak: kultura patentowania, polityki korporacyjne, a także rozwiązania prawno-systemowe w obszarze nauki premiujące ochronę własności przemysłowej. Jeśli natomiast weźmiemy pod uwagę liczbę skutecznie wdrożonych innowacyjnych technologii w branży rolniczej, to liderem w tym zakresie jest Japonia. Kraj ten charakteryzuje się m.in. gruntami o niskiej klasie glebowej, a słynie z wysokiej jakości produktów żywnościowych. Jest to przede wszystkim zasługa rozwiniętych technologii stosowanych w rolnictwie. Liczba patentów w tym kraju przekłada się na implementację technologii w sektorze. Wśród wyróżniających się rozwiązań w Japonii możemy wymienić m.in. inżynierię genetyczną upraw ryżowych, zastosowanie specjalnych maszyn do sadzenia ryżu, technologię nawożenia, czy użycie innowacyjnych kombajnów do zbioru ryżu. Dodatkowo, wiele agencji rolniczych w Japonii stosuje zaawansowaną komputeryzację, w tym m.in. *cloud computing* (Rgazou i in., 2022).



Polska

W Polsce w latach 2010–2021 w obszarze Rolnictwa 4.0 udzielono zaledwie 35 patentów (rys. 19).

Technologie Rolnictwa 4.0. Statystyki patentowe dla Polski



Rys. 19. Statystyki patentowe dla Polski w zakresie technologii Rolnictwa 4.0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Espacenet

Rozwiązania pochodzące z Polski zawierające wspomniane frazy kluczowe pojawiają się rzadko i w zasadzie tylko w trzech obszarach: robotyka, geolokalizacja, a także sztuczna inteligencja (rys. 19). Niewątpliwie wynika to z faktu, że ogólnie dla tych trzech słów kluczowych można znaleźć najwięcej wyników. Duża liczba zgłaszających patenty z afiliacją polską to osoby fizyczne. Oprócz tego

patenty te częściowo były zgłaszane łącznie ze zgłaszającymi z USA. W przypadku robotyki, znajdują się tam także patenty dla szwedzkiej firmy DeLaval (producenta sprzętu mleczarskiego) we współpracy z wynalazcami ze Szwecji (firma ma oddział we Wrocławiu), ale także i patenty polskich jednostek naukowych (Politechnika Warszawska, PIAP).

III. 5. Trendy w zakresie projektów B+R dofinansowanych w NCBR

Kluczowe wnioski:



Najwięcej złożonych wniosków oraz realizowanych projektów koncentruje się wokół obszarów robotyki oraz sztucznej inteligencji.

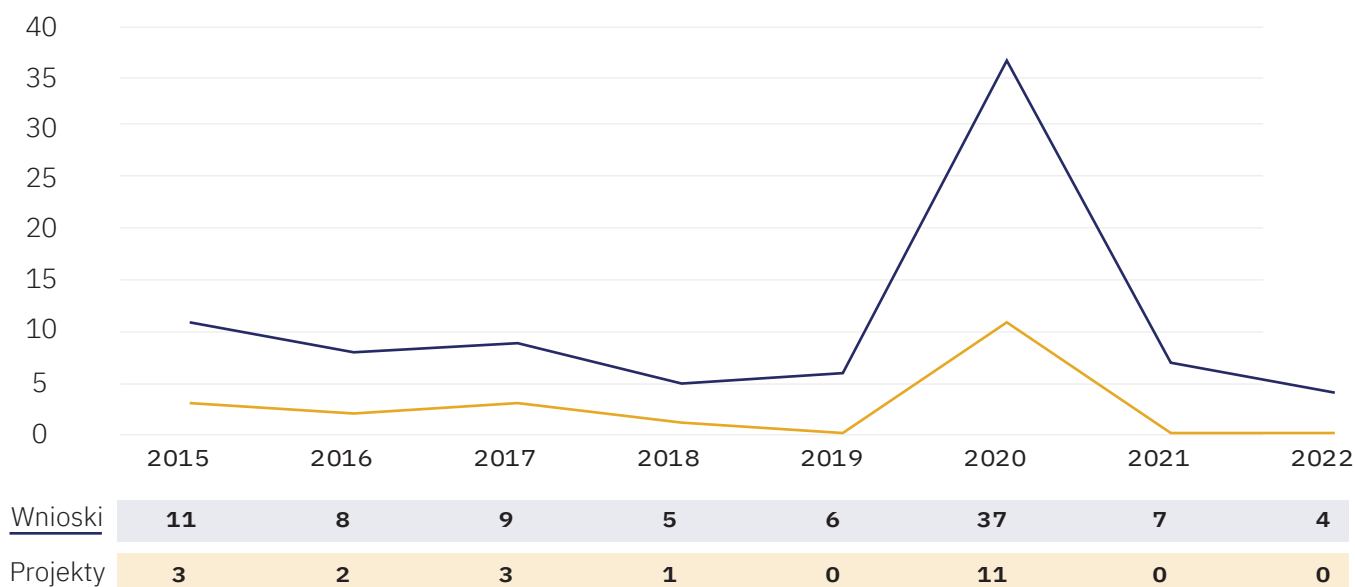


Najwięcej wniosków zostało złożonych, a następnie realizowanych w ramach konkursu Szybkiej Ścieżki – AGROTECH, skierowanego do podmiotów realizujących projekty badawczo-rozwojowe z zakresu rozwoju nowych technologii w sektorze rolnym.



Zarówno wnioskodawcy, jak i beneficjenci realizujący projekty z obszaru Rolnictwa 4.0 to w dużej mierze małe i mikroprzedsiębiorstwa.

W latach 2015–2022 wnioskodawcy złożyli w sumie 87 wniosków o dofinansowanie, wpisujących się w tematykę z obszaru Rolnictwa 4.0, z czego dofinansowanie otrzymał średnio co czwarty projekt (20 (rys. 20)).

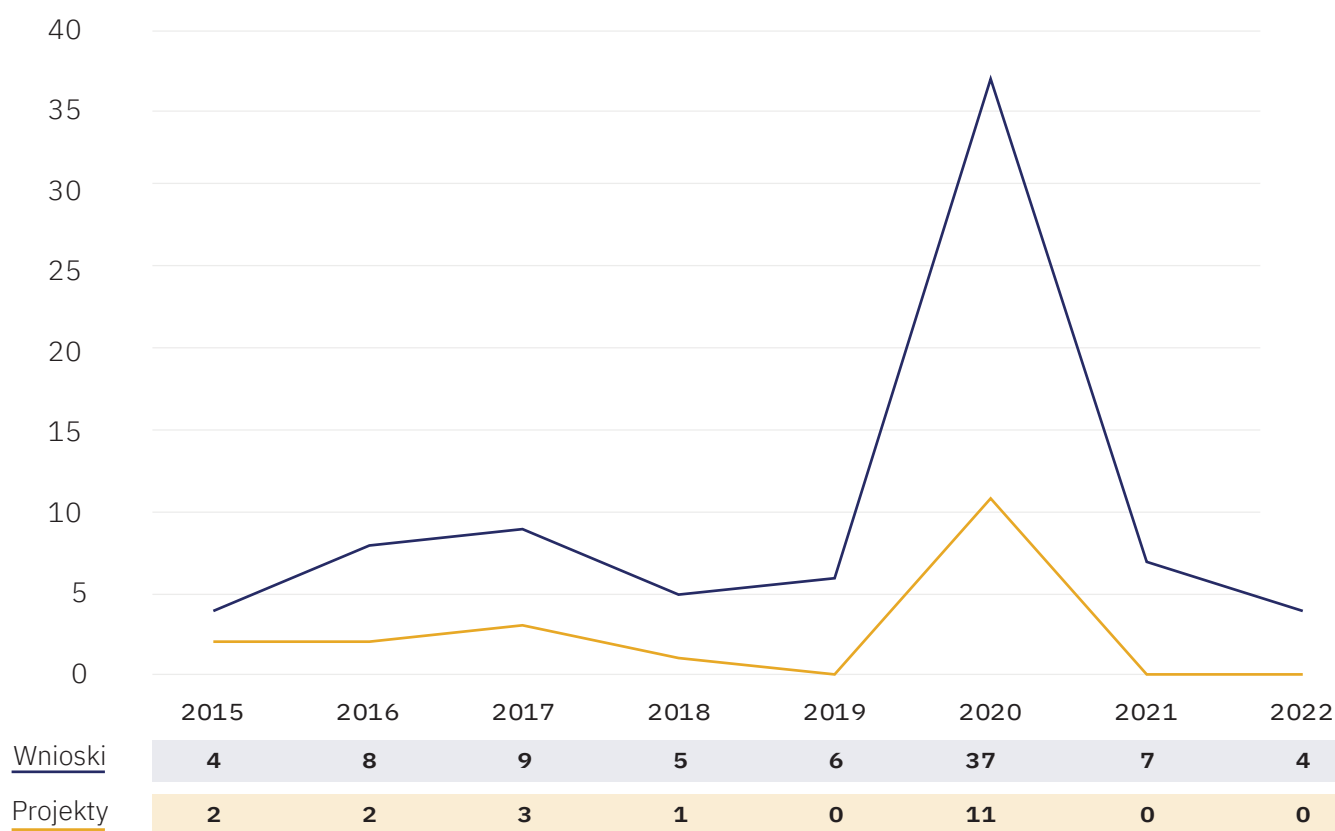


Rys. 20. Wnioski o dofinansowanie i realizowane projekty z obszaru Rolnictwa 4.0 – złożone i dofinansowane przez NCBR w latach 2015–2022

Źródło: opracowanie własne

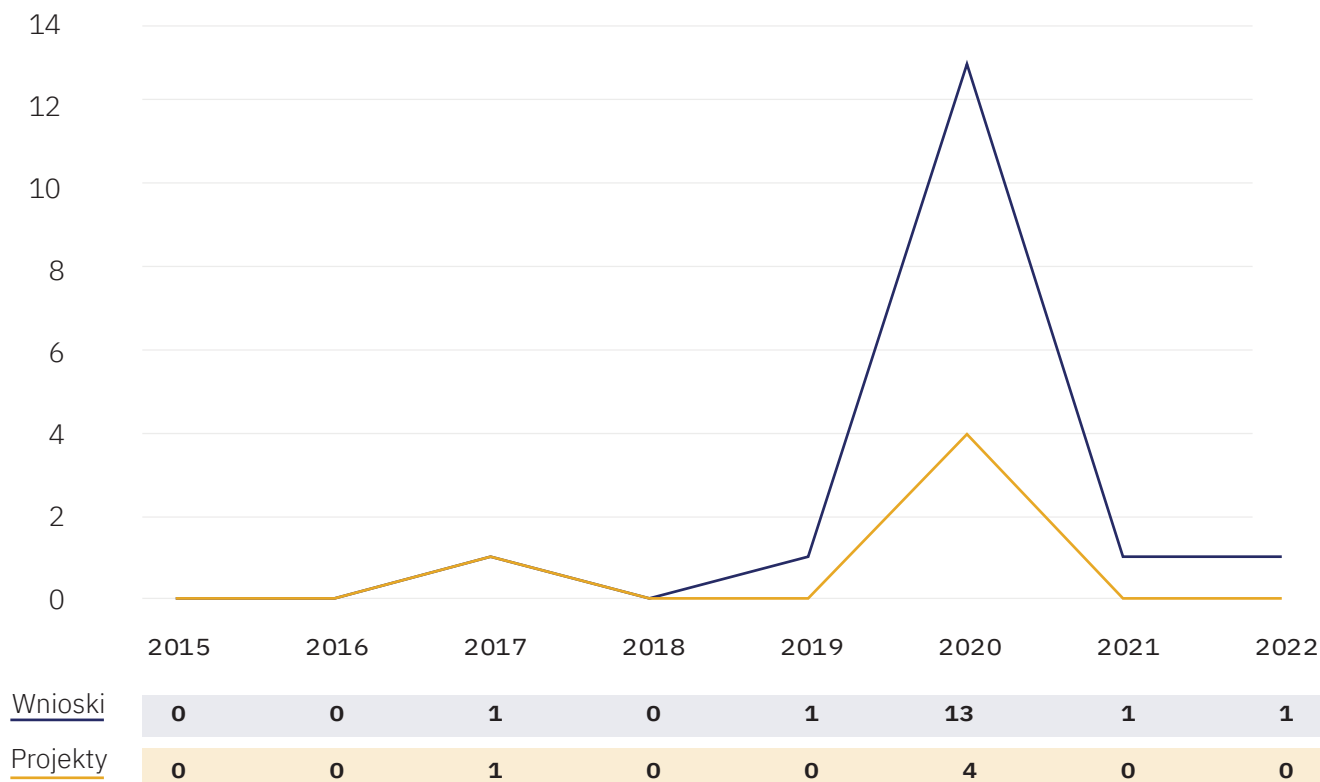
Najwięcej wniosków o dofinansowanie złożono w 2020 roku i adekwatnie w tym samym roku najwięcej z nich otrzymało dofinansowanie. Najwyższy wskaźnik sukcesu, czyli odsetek wniosków, które uzyskały dofinansowanie, przypadł na rok 2017. Wówczas co trzeci wnioskodawca z obszaru Rolnictwa 4.0 pozyskał środki na realizację projektu badawczego.

W analizowanym okresie (2015–2022) najwięcej złożonych wniosków koncentrowało się na tematyce robotyki (34) oraz sztucznej inteligencji (17). Analogicznie w tych dwóch obszarach realizowanych było najwięcej projektów – robotyka (7) (rys. 21) oraz sztuczna inteligencja (5) (rys. 22). Pomimo największej liczby złożonych wniosków w obszarze robotyki, ledwie co piąty projekt uzyskał dofinansowanie. Najwyższym wskaźnikiem sukcesu (57%) mogli pochwalić się wnioskodawcy składający projekty z zakresu aplikacji mobilnych.



Rys. 21. Wnioski o dofinansowanie i złożone projekty o tematyce robotyki, złożone i dofinansowane przez NCBR

Źródło: opracowanie własne



Rys. 22. Wnioski o dofinansowanie i złożone projekty o tematyce sztucznej inteligencji, złożone i dofinansowane przez NCBR
Źródło: opracowanie własne

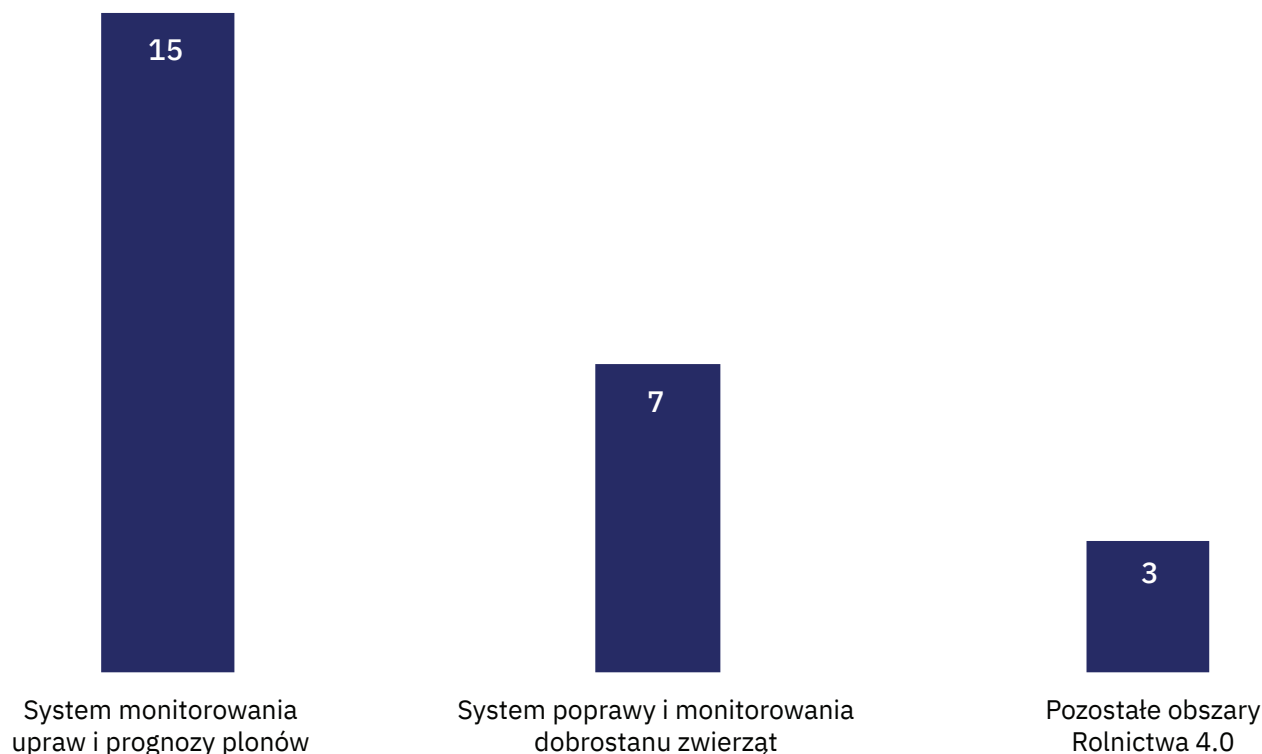
Większość (75%) wniosków z obszaru Rolnictwa 4.0 zostało złożonych w ramach kolejnych konkursów Szybkiej Ścieżki. Również na podium – choć daleko za liderem – znalazły się projekty składane w ramach kolejnych edycji programu LIDER (10%) i programów aplikacyjnych (7%). Konkursy Szybkiej Ścieżki dźwigają palmę pierwszeństwa również pod względem liczby realizowanych projektów. 80% wszystkich projektów z obszaru Rolnictwa 4.0 uzyskało dofinansowanie w ramach tego instrumentu finansowego, tylko jeden w ramach programów aplikacyjnych i żaden z programu LIDER. I choć w ramach dwóch edycji programu BIOSTRATEG zostały złożone tylko trzy wnioski, to program może pochwalić się 100% skutecznością w finansowaniu projektów z obszaru Rolnictwa 4.0.

W ramach konkursów Szybkiej Ścieżki dofinansowanie otrzymał co czwarty projekt. Z uwagi na grupę docelową nie dziwi fakt, że najwięcej wniosków zostało złożonych, a następnie realizowanych w ramach konkursu Szybka Ścieżka 7/1.1.1/2020 (AGROTECH), skierowanego do podmiotów planujących realizację projektów badawczo-rozwojowych z zakresu rozwoju nowych technologii w sektorze rolnym.

Wśród wszystkich wnioskodawców za większością (80%) projektów stoją przedsiębiorstwa o różnym statusie. Jeśli chodzi o projekty, to dysproporcja jest jeszcze większa – 85% z nich jest realizowanych przez przedsiębiorstwa, najwięcej (8) przez mikroprzedsiębiorstwa. Co czwarty (24%) wniosek złożony przez przedsiębiorstwa otrzymał dofinansowanie, natomiast w przypadku jednostek naukowych niemal co piąty (17%).

W wyniku analizy eksperckiej streszczeń wniosków o dofinansowanie zidentyfikowano dodatkowo 25 realizowanych projektów w obszarze Rolnictwa 4.0. Ich tematyka związana jest przede wszystkim z systemami poprawy i monitorowania dobrostanu zwierząt (duże zbiory danych, geolokalizacja,

sztuczna inteligencja) oraz systemami monitorowania upraw i prognozy plonów (duże zbiory danych, urządzenia autonomiczne, aplikacje mobilne, robotyka) (rys. 23). W tym przypadku projekty były również realizowane przede wszystkim w ramach konkursu Szybka Ścieżka 7/1.1.1/2020 (AGROTECH).



Rys. 23. Projekty z obszaru Rolnictwa 4.0 dofinansowane przez NCBR

Źródło: opracowanie własne

Biorąc pod uwagę zarówno wyniki analizy ilościowej, jak i pogłębionej analizy jakościowej, należy przyjąć, że NCBR wsparł w latach 2015–2022 około 50 projektów z obszaru Rolnictwa 4.0. Dotyczyły one przede wszystkim tematyki związanej z robotyką oraz sztuczną inteligencją. Większość

z nich była realizowana w programie tematycznym skierowanym do tego sektora, nieliczne natomiast w programach horyzontalnych. Może to wskazywać na potrzebę aktywizacji działalności B+R w obszarze rolnictwa właśnie przez specjalnie ukierunkowane wsparcie i ofertę dla tego sektora.

IV. Polityka naukowo-techniczna i innowacyjna wobec Rolnictwa 4.0

Kluczowe wnioski:



Strategiczne dokumenty międzynarodowe zwracają uwagę na potrzebę wzmocnienia odporności systemu żywnościowego oraz zwiększania neutralnego lub pozytywnego wpływu rolnictwa na środowisko.



W dokumentach krajowych główne kierunki zmian związane są z transformacją cyfrową, innowacyjnymi technologiami, procesami i produktami, a także wzmocnieniem procesu generowania wiedzy i współpracy w obszarze Rolnictwa 4.0.



Kierunki zmian w rolnictwie uwzględnione w dokumentach strategicznych w niewielkim stopniu są związane z wykorzystaniem automatyki, robotyki oraz sztucznej inteligencji.

IV.1. Rolnictwo 4.0 w międzynarodowych dokumentach strategicznych

W Polsce kierunki rozwoju rolnictwa oraz obszarów wiejskich wynikają w dużym stopniu z członkostwa w Unii Europejskiej. Najważniejsze strategiczne

dokumenty międzynarodowe w tym obszarze prezentuje tab. 4. Warunkiem koniecznym do osiągnięcia ambitnych celów określonych w niniejszych dokumentach jest transformacja sektora oparta na nowych technologiach.

Tab. 4. Najważniejsze strategiczne dokumenty międzynarodowe, wyznaczające kierunki zmian dla Rolnictwa 4.0

Nazwa dokumentu	Kierunki zmian w obszarze Rolnictwa 4.0						
	Neutralny lub pozytywny wpływ na środowisko	Wzmocnienie odporności systemu żywnościowego	Zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego	Wzmocnienie procesu generowania wiedzy i współpracy w obszarze rolnictwa	Dostęp rolników do szybkiego internetu szerokopasmowego	Gospodarka o obiegu zamkniętym, wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych	Wykorzystanie sztucznej inteligencji w rolnictwie
Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030							
Europejski Zielony Ład							
Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027							
Strategia „od pola do stołu”							
Strategia na rzecz bioróżnorodności 2030							

Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030

Przyjęta we wrześniu 2015 r. Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 jest ustalonym przez ONZ kompleksowym planem rozwoju dla świata z perspektywą do 2030 r. Kraje członkowskie zobowiązały się do podejmowania działań na rzecz realizacji Celów Zrównoważonego Rozwoju (Sustainable Development Goals – SDGs). Cele te skupiają się na zapewnieniu godnego życia dla wszystkich mieszkańców świata, pokoju i postępu gospodarczego, przy równoczesnej ochronie śro-

dowiska naturalnego i przeciwdziałaniu zmianie klimatu. W odniesieniu do rolnictwa jest to koncepcja, która rewolucjonizuje podejście do uprawy roślin i hodowli zwierząt, a innowacyjne technologie, w tym technologie 4.0, są w tym procesie niezbędne. Koncepcja ta zakłada do 2030 r.:

- wyeliminowanie głodu, osiągnięcie bezpieczeństwa żywnościowego i lepsze odżywianie oraz promocję zrównoważonego rolnictwa;
- budowanie stabilnej infrastruktury, promocję zrównoważonego uprzemysłowienia oraz wspieranie innowacyjności;

- zapewnienie wzorców zrównoważonej konsumpcji i produkcji;
- ochronę, przywracanie oraz promocję zrównoważonego użytkowania ekosystemów lądowych, zrównoważonego gospodarowania lasami; zwalczanie pustynnienia; powstrzymywanie i odwracanie procesów degradacji;
- wzmocnienie efektywności wdrażania założeń Agendy oraz wspieranie globalnego partnerstwa na rzecz zrównoważonego rozwoju (tab. 4).

Europejski Zielony Ład

Cele Zrównoważonego Rozwoju ustalone przez ONZ pomaga realizować także nowa strategia rozwoju Unii Europejskiej – Europejski Zielony Ład (EZŁ). Według założeń strategicznych europejskie rolnictwo musi stać się światowym standardem zrównoważonego gospodarowania. Przejście na zrównoważony system żywnościowy może przynieść korzyści środowiskowe, zdrowotne i społeczne, a także bardziej sprawiedliwe zyski gospodarcze. Głównym celem EZŁ jest osiągnięcie przez Unię Europejską neutralności klimatycznej do 2050 roku. Cel ten wspierany jest przez cele w obszarze zrównoważonego rolnictwa, tj.:

- zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego w obliczu zmiany klimatu i utraty różnorodności biologicznej;
- zmniejszenie śladu środowiskowego i klimatycznego związanego z systemem żywnościowym;
- wzmocnienie odporności systemu żywnościowego UE;
- przeprowadzenie globalnej transformacji w kierunku konkurencyjnego zrównoważenia „od pola do stołu” (tab. 4).

Ważnym elementem w realizacji strategii Zielonego Ładu jest wskazanie technologii, które umożliwią realizację jej założeń, w perspektywie niepewnej sytuacji geopolitycznej w Europie i na świecie, związanej m.in. z wojną w Ukrainie oraz pandemią COVID-19. Biorąc pod uwagę pierwotne założenia Zielonego Ładu, Komisja Europejska wskazuje na kilka kierunków technologicznych, które mają umożliwić zmianę. Przede wszystkim podkreśla znaczenie dostępu do szerokopasmowego inter-

netu na 100% obszarów wiejskich w UE do 2025 roku. Element ten może być kluczowy w zakresie wdrażania technologii Rolnictwa 4.0 w Europie. KE podkreśla także konieczność podniesienia nakładów na badania i innowacje (B+I). Przeznaczy dodatkowe środki w ramach programów Horyzont 2020 (ok. 1 mld euro) oraz Horyzont Europa (ok. 10 mld euro) na badania naukowe i innowacje w zakresie żywności, biogospodarki, zasobów naturalnych, rolnictwa, rybołówstwa, akwakultury i środowiska oraz wykorzystania technologii cyfrowych. Kluczowy obszar wyznaczony przez KE dotyczy mikrobiologii, żywności pochodzącej z oceanów, systemów *urban farming*, a także zwiększania dostępności alternatyw białkowych dla mięsa (białko roślinne, owady). KE wskazuje także na konieczność poprawy kondycji gleb. Planuje powołać nowe laboratoria, które mają wypracowywać rozwiązania i technologie umożliwiające ograniczanie stosowania nawozów sztucznych oraz środków ochrony roślin.

Plan strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027

Główne założenia Zielonego Ładu stawiają przed sektorem rolno-spożywczym bardzo duże wyzwania finansowe i technologiczne. W dokumentach Komisji Europejskiej wskazuje się, że zielona transformacja sektora będzie finansowana w ramach Wspólnej Polityki Rolnej 2023–2027. Ma ona na celu pomóc rolnikom w lepszej realizacji celów środowiskowych i klimatycznych poprzez model działalności, który jest bardziej ukierunkowany na wyniki, lepsze wykorzystanie danych i analiz, ulepszone obowiązkowe normy środowiskowe, nowe środki dobrowolne oraz większy nacisk na inwestycje w zielone i cyfrowe technologie i praktyki. Ma ona również na celu zagwarantowanie rolnikom godziwych dochodów umożliwiających utrzymanie ich rodzin i przetrwanie wszelkiego rodzaju kryzysów. Kluczową rolę w tym obszarze odegra promowanie transferu wiedzy i innowacji (tab. 4). Jednak poziom transferu środków wspierających Zielony Ład nie został ostatecznie określony, a właściwe dopasowanie instrumentów wsparcia

jest kluczowym elementem powodzenia tej strategii. Według dokumentów Rady Europejskiej i Parlamentu Europejskiego w ciągu pięciu lat do nowej WPR trafić ma 387 mld euro.

Strategia „od pola do stołu”

Kolejnym elementem Zielonego Ładu w obszarze rolnictwa jest strategia „od pola do stołu”. Pomimo wielu dotychczasowych działań w kierunku zrównoważonego rolnictwa, systemy żywnościowe pozostają nadal jednym z głównych czynników napędzających zmianę klimatu i degradację środowiskową. Dlatego strategia „od pola do stołu” uwzględnia w kompleksowy sposób wyzwania związane ze zrównoważonymi systemami żywnościowymi, przyjmując za główny punkt odniesienia zdrowie ludzi, społeczeństw i całej planety.

Dzięki realizacji tej strategii europejska żywność powinna stać się światowym standardem zrównoważenia. Celem strategii ma być nagrodzenie – w postaci nagród finansowych i certyfikatów – tych rolników, rybaków i innych podmiotów w łańcuchu żywnościowym, które przeszły już transformację w kierunku zrównoważonych praktyk, a także umożliwienie takiej transformacji innym oraz stworzenie dla nich dodatkowych możliwości biznesowych. Wśród najpilniejszych działań w ramach strategii wskazano:

- zapewnienie, by łańcuch żywnościowy, obejmujący produkcję, transport, dystrybucję, marketing i konsumpcję żywności, miał **neutralny lub pozytywny wpływ na środowisko**, poprzez ochronę i odbudowę zasobów lądowych, słodkowodnych i morskich, od których zależy system żywnościowy; pomoc w łagodzeniu zmiany klimatu i przystosowaniu się do jej skutków; ochronę gruntów, gleby, wody, powietrza, zdrowia roślin oraz zdrowia i dobrostanu zwierząt; a także powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej;
- zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego, żywienia i zdrowia publicznego – zapewnienie wszystkim **dostępu do wystarczającej ilości pełnowartościowej i zrównoważonej żywności**, spełniającej wysokie standardy bezpie-

czeństwa i jakości, zdrowia roślin oraz zdrowia i dobrostanu zwierząt, przy jednoczesnym zaspokajaniu potrzeb i preferencji żywieniowych;

- zachowanie przystępności cenowej żywności przy jednoczesnym generowaniu sprawiedliwszych zysków ekonomicznych w łańcuchu dostaw, aby docelowo **najbardziej zrównoważona żywność stała się także najbardziej przystępna cenowo**; wspieranie konkurencyjności unijnego sektora dostaw; wspieranie sprawiedliwego handlu; tworzenie nowych możliwości biznesowych przy jednoczesnym zapewnieniu integralności jednolitego rynku oraz bezpieczeństwa i higieny pracy (tab. 4).

Strategia zakłada także implementację w rolnictwie założeń **gospodarki o obiegu zamkniętym**, w szczególności na obszarach zaawansowanych biorafinerii produkujących nawozy biologiczne, pasze białkowe, bioenergię i biochemikalia. Strategia wskazuje na możliwości zmniejszenia emisji metanu z chowu zwierząt gospodarskich poprzez rozwój produkcji **energii ze źródeł odnawialnych** i inwestowanie w komory fermentacyjne do produkcji biogazu z odpadów rolnych oraz pozostałości, takich jak obornik, a także możliwości produkcji biogazu z innych źródeł odpadów i pozostałości, np. z sektora spożywczego i produkcji napojów, kanalizacji, ścieków i odpadów komunalnych. Ważnym elementem realizacji założeń strategii ma być również zwiększenie wykorzystania paneli fotowoltaicznych.

Warunkiem efektywnego rozwoju nowoczesnego i zrównoważonego rolnictwa ma być dostęp rolników do szybkiego szerokopasmowego internetu. Według autorów strategii jest to kluczowy czynnik umożliwiający tworzenie miejsc pracy, prowadzenie działalności gospodarczej i podejmowanie inwestycji na obszarach wiejskich, jak również poprawę jakości życia w takich dziedzinach, jak opieka zdrowotna, rozrywka i e-administracja. Dostęp do szybkiego internetu szerokopasmowego umożliwi również upowszechnienie rolnictwa precyzyjnego i wykorzystanie sztucznej inteligencji (tab. 4). Komisja zamierza przyspieszyć rozwój szybkiego szerokopasmowego internetu na obszarach wiejskich, aby osiągnąć cel 100% dostępu do 2025 r. Na realizację strategii przewidziano

pomoc techniczną i finansową z istniejących instrumentów UE, takich jak Fundusze Spójności i Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich. Istotne finansowe wsparcie dla realizacji założeń strategii przewidziano również w programie Horyzont Europa.

Strategia na rzecz bioróżnorodności 2030

Strategię „od pola do stołu” i nową Wspólną Politykę Rolną w obszarze realizacji Celów Zrównoważonego Rozwoju zarówno przyrody, jak i rolnictwa, wspiera także unijna Strategia na rzecz bioróżnorodności 2030. Ograniczenie stosowania pestycydów ma zatrzymać drastyczny spadek populacji ptaków i owadów – w szczególności owadów zapylających, które są niezbędne dla prawidłowo funkcjonującej produkcji rolnej i bezpieczeństwa żywnościowego. Cel, jakim jest przywrócenie co najmniej 10% użytków rolnych zawierających elementy krajobrazu o wysokiej różnorodności, ma się przełożyć na zwiększone pochłanianie dwutlenku węgla, zapobieganie erozji i ubożeniu gleby, filtrację powietrza i wody oraz ma wspierać proces przystosowania się do zmiany klimatu.

Strategia wskazuje na rolnictwo ekologiczne, jak i potencjał dla rozwoju produkcji zdrowej żywności przy jednoczesnym utrzymaniu wydajności, zwiększeniu żyzności gleby i różnorodności biologicznej oraz ograniczeniu śladu węglowego produkcji żywności. Przyjęto cel, który zakłada, że rolnictwo ekologiczne musi objąć co najmniej 25% gruntów rolnych w UE do 2030 r. Strategia wskazuje również na problem spadku różnorodności genetycznej, jednocześnie prezentując rozwiązania w tym obszarze, w tym w szczególności rozwiązania z wykorzystaniem technologii 4.0.

IV.2. Rolnictwo 4.0 w krajowych dokumentach strategicznych

Wyżej opisane strategie międzynarodowe, zwłaszcza strategię Unii Europejskiej, są sukcesywnie implementowane do prawodawstwa krajowego. Najważniejsze strategiczne dokumenty krajowe w obszarze rozwoju rolnictwa w kierunku technologii 4.0 prezentuje tab. 5.

Kierunki zmian w obszarze Rolnictwa 4.0

Nazwa dokumentu	Transformacja cyfrowa w rolnictwie	Innowacyjne technologie, procesy i produkty w rolnictwie	Urządzenia i systemy monitoringu, wsparcia, oceny, poprawy procesu produkcyjnego	Wzmocnienie procesu generowania wiedzy i współpracy w obszarze Rolnictwa 4.0	Wykorzystanie sztucznej inteligencji w rolnictwie	Automatyka i robotyka w rolnictwie
Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)						
Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030						
Strategia Produktowności 2030						
Krajowy Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027						
Polityka Naukowa Państwa						

Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)

Aktualne plany rozwoju polskiej gospodarki skoncentrowane są na nowoczesnych technologiach projektowania i innowacjach w różnych dziedzinach, także w rolnictwie. Podstawowe działania dotyczące podnoszenia skuteczności gospodarki zostały określone w trzech celach szczegółowych:

- I (zrównoważony wzrost gospodarczy oparty w coraz większym stopniu na wiedzy, danych i doskonałości organizacyjnej) – innowacje, eksport i wzrost wartości kapitału uruchomionego na inwestycje w sektorze przedsiębiorstw;
- II (rozwój społecznie wrażliwy i zrównoważony terytorialnie) – lepsze wykorzystanie zasobów, zarówno społecznych, jak i terytorialnych;
- III (efektywne państwo i instytucje na rzecz wzrostu, integracji społecznej i gospodarczej) – projekty mające na celu zwiększenie efektywności inkluzywnych instytucji państwowych, służących przedsiębiorstwom i obywatelom.

Jednym z obszarów opisanych w dokumencie, wpływającym bezpośrednio na osiągnięcie celów tej strategii, jest **cyfryzacja**. Wymienione działania to najczęściej usługi opierające się na internecie rzeczy, polegające na komunikacji wielu urządzeń i maszyn między sobą, a także przekazywaniu informacji zbieranych za pomocą specjalnych czujników. Rozwój technologii ICT stymuluje dynamiczny rozwój i wnosi nową wartość dla Rolnictwa 4.0.

Technologie mobilne mogą wspierać ten obszar w zakresie: poprawy dostępności do usług finansowych, dostarczania istotnych informacji dla rolnictwa, poprawy efektywności łańcucha dostaw oraz zwiększenia dostępności do rynku.

Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030 (SZRWRiR)

W oparciu o cele Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.) opracowano Strategię zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030, która stanowi obecnie podstawowy dokument określający cele, kierunki interwencji i działania dla polskiej polityki rolnej i rozwoju obszarów wiejskich w perspektywie do roku 2030.

Rolnictwo 4.0 przede wszystkim wpisuje się w kierunki interwencji: **I.3. Rozwój innowacji, cyfryzacji i Przemysłu 4.0 w sektorze rolno-spożywczym**. Działania na rzecz utrzymania i wzmocnienia konkurencyjności sektora rolno-spożywczego, ukierunkowane na zaspokojenie potrzeb wynikających z procesów demograficznych zachodzących w społeczeństwie i konieczność zapobiegania chorobom cywilizacyjnym (kierunek I.3.), obejmują upowszechnianie i wdrażanie innowacji, cyfryzację, technologie satelitarne, IoT oraz Przemysł 4.0 (tab. 5). W dokumencie zidentyfikowano wyzwania horyzontalne – szanse, a także zagrożenia, bariery i słabe strony związane z cyfryzacją rolnictwa i rybactwa.

Kolejnym ważnym kierunkiem działań jest realizacja projektów badawczych (krajowych i międzynarodowych) ukierunkowanych na innowacyjne rozwiązania w sektorze rolno-spożywczym. W tym obszarze strategia zwraca również uwagę na potrzebę integracji działalności sektora nauki, edukacji i rozwoju (w tym m.in. instytutów badawczych, uczelni rolniczych i jednostek naukowych), ułatwienie dostępu do zasobów informacyjnych, w szczególności przepływu zasobów informacyjnych między jednostkami administracji publicznej i instytucjami badawczymi, a także podnoszenie kompetencji i umiejętności związanych z prowadzeniem produkcji rolnej oraz promocję i upowszechnianie wiedzy w zakresie innowacyjnych rozwiązań w sektorze rolno-spożywczym (tab. 5).

Z kolei realizacja celów strategii w obszarze zrównoważonego gospodarowania i ochrony zasobów środowiska (**kierunek II. 4. Zrównoważone zarządzanie i ochrona zasobów środowiska**) w rolnictwie ma się odbywać poprzez zwiększenie produktywności przy mniejszym zużyciu środków plonotwórczych, pestycydów i nawozów mineralnych (tab. 5).

Krajowy Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 (PS WPR 2023–2027)

Reforma Wspólnej Polityki Rolnej po 2023 r. zakłada, że każde państwo członkowskie UE przygotowuje Plan Strategiczny dla WPR. Nowy Plan Strategiczny będzie dążyć do realizacji dziewięciu celów szczegółowych, z czego dwa związane są bezpośrednio z Rolnictwem 4.0. Zidentyfikowano dla nich kluczowe (priorytetowe) potrzeby w ramach Planu (tab. 6).

Tab. 6. Zidentyfikowane kluczowe (priorytetowe) potrzeby w ramach Planu związane bezpośrednio z Rolnictwem 4.0

Cel interwencji	Zidentyfikowane kluczowe (priorytetowe) potrzeby w ramach Planu
Cel 2. Zwiększenie zorientowania na rynek i konkurencyjności, w tym większe ukierunkowanie na badania naukowe, technologię i cyfryzację	1. Wzrost efektywności czynników wytwórczych w rolnictwie w sposób zrównoważony 2. Wzmocnienie innowacyjności i zaawansowania technologicznego produkcji rolnej 3. Ułatwienie dostępu do kapitału, szczególnie na rzecz inwestycji w odtworzenie majątku wytwórczego w rolnictwie 4. Zwiększanie dochodowości poprzez bezpieczne dla konsumenta i efektywne przedłużanie trwałości produktów, przechowywalnictwo oraz lepsze przygotowanie do sprzedaży (w tym bezpośredniej) 5. Rozwój produkcji żywności wysokiej jakości, w tym produkcji ekologicznej 6. Zapewnienie promocji produktów żywnościowych i nieżywnościowych (pochodzących z rolnictwa) na rynkach światowych 7. Pokonanie ograniczeń rozwoju związanych z niewielką skalą produkcji gospodarstw rolnych i firm przetwórczych, utrudniającą przejmowanie najnowszych technologii i stosowanie nowych modeli organizacyjnych i biznesowych, w tym poprzez promocję współdziałania 8. Podnoszenie kwalifikacji, w szczególności cyfrowych, rynkowych i technologicznych przez rolników oraz łatwo dostępne i profesjonalne wsparcie doradcze 9. Zrównoważenie zatrudnienia w rolnictwie, m.in. poprzez rozwiązanie problemu dotyczącego zatrudnienia sezonowego w rolnictwie
Cel 10 (przekrojowy, horyzontalny). Modernizacja sektora poprzez wspieranie i dzielenie się wiedzą, innowacjami i cyfryzacją w rolnictwie i na obszarach wiejskich oraz zachęcanie do ich wykorzystywania	1. Podnoszenie kwalifikacji i umiejętności kadr zaangażowanych w wymianę wiedzy i innowacji oraz zapewnienie dostępności profesjonalnych usług doradczych i szkoleniowych 2. Rozwój platform oraz wykorzystania narzędzi ICT w wymianie wiedzy i innowacji oraz nawiązywaniu współpracy 3. Zacieśnienie współpracy pomiędzy partnerami AKIS 4. Zapewnienie dostępu do wysokiej jakości infrastruktury szybkiego internetu na obszarach wiejskich 5. Utworzenie wystandaryzowanych dużych zbiorów otwartych danych publicznych oraz ich szerokie wykorzystanie 6. Podniesienie innowacyjności w sektorze rolno-spożywczym i na obszarach wiejskich poprzez tworzenie i powszechne wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań

Źródło: opracowanie własne

Z punktu widzenia rozwoju Rolnictwa 4.0 najważniejszym celem Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 jest cel horyzontalny związany z zapewnieniem dobrze funkcjonującego systemu wymiany wiedzy i innowacji, który ułatwi sprawny przepływ wiedzy pomiędzy jego partnerami. Dokument zwraca również uwagę

na szeroki katalog potrzeb szkoleniowo-doradczych dla rolników i mieszkańców obszarów wiejskich oraz potrzebę podnoszenia kwalifikacji zawodowych kadry doradczej.

Również w tym dokumencie zwrócono uwagę na potrzebę wspierania różnego rodzaju działań na rzecz wymiany wiedzy i współpracy pomiędzy

partnerami systemu AKIS, a w szczególności pomiędzy nauką a praktyką, w tym tworzenie grup operacyjnych EPI³⁹ w ramach Sieci WPR. Ponadto, uwzględniając dotychczasowe doświadczenia, planowane jest rozszerzenie działalności Sieci na rzecz innowacji w rolnictwie poprzez szersze zaangażowanie doradztwa publicznego w przekazywanie wiedzy i innowacji oraz inicjowanie współpracy wielopodmiotowej.

Udzielane będą dotacje na przygotowanie i wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w podmiotach z sektora rolno-spożywczego, obejmujące elementy B+R (w ramach Planu będą udzielane granty dla podmiotów B+R, w tym m.in. instytutów, szkół, uczelni w zakresie realizacji badań nad zmniejszeniem emisji w rolnictwie, racjonalnym gospodarowaniem zasobami oraz Rolnictwem 4.0.) W ramach PS WPR 2023–2027 zaplanowane są również inwestycje administracji rolnej z zakresu cyfryzacji

procesów zarządzania, monitorowania i ewaluacji. Komplementarnie do realizowanych w zakresie Planu interwencji z zakresu cyfryzacji realizowane będą inwestycje infrastrukturalne dotyczące internetu szerokopasmowego w ramach Polityki Spójności i Krajowego Planu Odbudowy.

Strategia Produktyności 2030 (SP2030)

Najnowszym dokumentem, wyznaczającym kierunek rozwoju rolnictwa w stronę technologii 4.0, jest Strategia Produktyności 2030. Cel główny tej strategii został określony jako progresywny, zrównoważony i inkluzywny wzrost produktywności, oparty na wykorzystaniu wiedzy oraz nowych technologii, zwłaszcza cyfrowych. Cele szczegółowe zostały podzielone na siedem obszarów, z których pięć (wyróżnionych kolorem zielonym) dotyczy zagadnień Rolnictwa 4.0 (tab. 7).

Tab. 7. Najważniejsze obszary Strategii w kierunku rozwoju Rolnictwa 4.0

Najważniejsze obszary Strategii w kierunku rozwoju Rolnictwa 4.0

Zasoby naturalne	- Wzrost wydajności surowcowej gospodarki - Wzrost wykorzystania surowców odnawialnych i biomasy w gospodarce
Praca i kapitał ludzki	- Rozwój nowoczesnego uczenia się przez całe życie - Przygotowanie kompetentnych kadr na potrzeby gospodarki cyfrowej
Inwestycje w kapitał trwały i finansowy	- Trwałe zwiększenie stopy inwestycji prywatnych - Automatyzacja, robotyzacja i cyfryzacja przedsiębiorstw
Organizacja i instytucje	- Podniesienie jakości zarządzania w przedsiębiorstwach i instytucjach publicznych - Stymulowanie mechanizmów współpracy pomiędzy podmiotami gospodarczymi
Wiedza	Wzrost intensywności wykorzystania wiedzy i technologii w gospodarce
Dane	Rozwój algorytmicznej gospodarki opartej na danych, czyli np. rozwój sztucznej inteligencji
Umiędzynarodowienie	- Zwiększenie liczby eksporterów oraz wartości eksportu, w szczególności na rynkach pozaeuropejskich - Zwiększenie eksportu towarów w obszarze wysokich technologii i kanałami e-commerce

Źródło: opracowanie własne

39 Składa się z co najmniej dwóch różnych podmiotów należących do następujących różnych kategorii; ma nadany numer identyfikacyjny; posiada zdolność prawną, bądź działa na podstawie zawartej w formie pisemnej umowy spółki cywilnej albo umowy innej niż umowa spółki cywilnej.

Poniżej przedstawiono najważniejsze obszary i działania Strategii Produktyności, wspierające cyfrową i zrównoważoną transformację rolnictwa.

Zasoby naturalne

Główne cele w ramach obszaru I to wzrost wydajności gospodarki surowcowej oraz wzrost wykorzystania surowców odnawialnych i biomasy w gospodarce.

W obszarze zasobów naturalnych działania w ramach Strategii skupią się na dwóch kierunkach interwencji:

1. optymalizacji gospodarowania surowcami – bardziej produktywnie i efektywnie wykorzystanie zasobów będzie skutkowało ograniczeniem zasobochłonności w wielu obszarach polskiej gospodarki, również w rolnictwie;
2. ekoinnowacjach – działaniach mających na celu zwiększenie innowacyjności polskich przedsiębiorstw w zakresie produktów i procesów o mniejszym negatywnym lub pozytywnym wpływie na środowisko.

Dla rolnictwa szczególnie istotny jest planowany w Strategii kierunek interwencji pn. „optymalizacja gospodarowania surowcami”, w szczególności nieodnawialnymi, z uwzględnieniem ich jakości, wartości i możliwości wielokrotnego użycia.

Inwestycje

Obszar III, czyli „inwestycje” również będzie miał duży wpływ na transformację w rolnictwie. Najważniejsze cele inwestycyjne to trwałe zwiększenie stopy inwestycji prywatnych oraz automatyzacja, robotyzacja i cyfryzacja przedsiębiorstw. Istotnym proponowanym rozwiązaniem, mogącym przynieść wymierne korzyści dla rolnictwa, jest rozwijanie Hubów Innowacji Cyfrowych, świadczących usługi doradcze w zakresie technologicznym i biznesowym oraz oferujących dostęp do odpowiedniej infrastruktury demonstracyjnej.

Organizacja i instytucje

Dla rolnictwa szczególnie istotny jest plan stworzenia polskich inteligentnych systemów AGROTECHNICZNYCH. W ramach tego projektu ma być powołany **klaster rolnictwa inteligentnego**. W obrębie działalności klastra będą realizowane również projekty badawcze i szkoleniowe lub instruktażowe dla uczniów i nauczycieli szkół rolniczych, doradców rolniczych, rolników i pracowników administracji rolnej. Ponadto Strategia przewiduje utworzenie **Centrum Zaawansowanych Technologii w Rolnictwie**, które skupi przedsiębiorstwa z klastra rolnictwa inteligentnego oraz uczelnie i instytucje B+R; a także utworzenie laboratorium i linii produkcyjnych do wykorzystania przez ww. Centrum i startupy. Kolejnym rozwiązaniem ma być **stworzenie portalu dla rolnika** (okienko dla rolnika), pełniącego funkcję informacyjną oraz usługową, integrującego rozproszone źródła informacji oraz usługi świadczone w formie elektronicznej, dostarczane przez różne instytucje wspierające obszar rolnictwa. Zgodnie z założeniami Strategii portal ma być główną platformą komunikacji administracji rolnej z interesariuszami obszaru rolnictwa oraz bramą do e-usług administracji i instytucji wspierających rolnictwo.

Wiedza

Z punktu widzenia rolnictwa poprawa procesu dyfuzji wiedzy (V.2), a w nim Działanie V.2.1 to najważniejszy kierunek interwencji w tym obszarze. Wzmocnienie współpracy pomiędzy sektorami nauki i przedsiębiorstw przewiduje stworzenie zintegrowanej platformy doradczej oferującej wsparcie systemu transferu wiedzy i innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich. Doprowadzi to do usprawnienia transferu wiedzy i innowacji pomiędzy nauką a praktyką rolniczą (AKIS) poprzez informatyzację systemu i przygotowanie nowoczesnych narzędzi dla doradztwa rolniczego, naukowców i rolników wspierających realizację polityki państwa w zakresie stworzenia sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego środowisku systemu żywnościowego oraz wzmacniania potencjału wzrostu gospodarczego.



Dane

Celem VI obszaru Strategii – „dane” – jest rozwój algorytmicznej gospodarki opartej na danych. W obszarze tym Strategia wyznacza kierunek interwencji VI.1 „zwiększenie otwartości i wykorzystania danych”, a w nim zawiera się Działanie VI.1.5 „wykorzystanie danych z obserwacji Ziemi dla rozwoju gospodarki”, co jest to istotne dla działalności rolniczej.

Transformacja w kierunku inteligentnego, efektywnego i zasobooszczędnego rolnictwa ma być realizowana m.in. dzięki takim projektom, jak:

- Centrum Geomatyki Rolniczej, które będzie odpowiedzialne m.in. za wdrożenie satelitarnego monitoringu rolniczej przestrzeni produkcyjnej; zaprojektowanie, budowę i rozwój platformy informatycznej wykorzystującej synergię danych satelitarnych, meteorologicznych, glebowych i statystycznych do monitorowania upraw rolnych na terenie całego kraju; za operacyjne wdrożenie systemu oceny strat w rolnictwie spowodowanych klęskami żywiołowymi i postępującą zmianą klimatu; konsolidację przestrzennych i statystycznych baz danych dotyczących rolniczej przestrzeni produkcyjnej; opracowanie i udostępnienie narzędzi geoprzetwarzania *big data* oraz modeli scenariuszy skutków wdrażania programów rolno-środowiskowo-klimatycznych;

oraz

- System monitoringu zdarzeń i terenów rolnych AgroID. Projekt ten ma przyczynić się do zwiększenia efektywności procesu identyfikacji zmian pokrycia terenu w ramach zadań ARiMR związanych z utrzymywaniem i aktualizacją Systemu Identyfikacji Działek Rolnych. Będzie to możliwe dzięki wykorzystaniu narzędzi sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego do analizy obrazu (zdjęcia satelitarne, ortofotomapy, zdjęcia z nalogu niskopłatałkowego) oraz wyodrębniania i kategoryzowania zadanych klas pokrycia terenu.

Polityka Naukowa Państwa

Potrzeby zmian w rolnictwie dostrzeżono i opisano w dokumencie strategicznym Polityka Naukowa Państwa. Również w tym przypadku wskazano, że rozwiązań przyjaznych dla środowiska należy szukać w nowoczesnych technologiach stosowanych w rolnictwie, wdrażających wyniki badań naukowych, wykorzystujących transformację cyfrową, automatyzację produkcji i monitorowanie zmian środowiska, które pomagają zwiększyć produktywność, ograniczając jednocześnie wpływ rolnictwa na środowisko.

W tym kontekście badania naukowe powinny koncentrować się na: wyzwaniach związanych z przejściem na zrównoważoną produkcję żywności, redukcji o 50% stosowania środków ochrony roślin (pestycydów) oraz rozwoju rolnictwa ekologicznego przy jednoczesnym utrzymaniu odpowiedniej ilości i jakości plonów, zgodnie z obowiązującymi standardami handlowymi.

IV.3. Źródła finansowania działalności innowacyjnej i badawczo-rozwojowej

Kluczowe wnioski:



Polskie podmioty z branży rolno-spożywczej mają do dyspozycji wsparcie finansowe w postaci programów międzynarodowych i krajowych.



Oferta programowa powinna wynikać z potrzeb sektora oraz kierunków rozwoju rolnictwa uwzględnionych w dokumentach strategicznych kraju.



Wsparcie przeznaczone jest w szczególności dla przedsiębiorców, jednostek naukowych, startupów, akceleratorów i funduszy typu *venture capital*.



Niezbędne jest finansowanie zarówno na poziomie technologii odtworzeniowych, jak i technologii przełomowych.

Branża rolno-spożywcza długo pozostawała poza obszarem zainteresowań kapitału publicznego i prywatnego, ukierunkowanego na poszukiwanie innowacji. W ostatnim czasie jednak sytuacja zmienia się bardzo dynamicznie ze względu na opisane w poprzednich częściach czynniki.

Programy międzynarodowe

Horyzont 2020 (2014–2020)

Największym w historii Unii Europejskiej programem w zakresie badań naukowych i innowacji na lata 2014–2020 był Horyzont 2020. Jego łączny, siedmioletni budżet wyniósł blisko 80 mld euro. Program stanowił narzędzie wdrażania Unii Innowacji – flagowej inicjatywy strategii wzrostu

Europa 2020, mającej na celu zwiększenie konkurencyjności Europy na świecie. Na program składały się trzy filary, w ramach których określono tematy szczegółowe. W skład filaru „Wyzwania społeczne” wchodziło osiem obszarów (celów szczegółowych). Jednym z nich był obszar Bezpieczeństwo żywnościowe, zrównoważone rolnictwo i leśnictwo, badania mórz i wód śródlądowych oraz biogospodarka (FOOD). W ramach tego obszaru przeznaczono środki finansowe na projekty, które przyczyniają się do ochrony ekosystemu, pielęgnowania gleb, dostosowania się rolnictwa do zmian klimatycznych, a także promocji produkcji żywności ekologicznej, bezpieczeństwa żywności i tworzenia dodatkowych możliwości w obszarze technologii informacyjnych i komunikacyjnych.

Horyzont Europa (2021–2027)

Kontynuacją programu Horyzont 2020 w zakresie badań naukowych i innowacji jest Horyzont Europa (2021–2027). Jego struktura została oparta na trzech zasadniczych, wzajemnie wspierających się filarach:

- doskonała baza naukowa,
- globalne wyzwania i europejska konkurencyjność przemysłowa,
- innowacyjna Europa.

Zostały one uzupełnione o dodatkowy komponent: szersze uczestnictwo i wzmacnianie Europejskiej Przestrzeni Badawczej oraz działania Wspólnego Centrum Badawczego. Jego budżet wynosi ok. 95,5 mld euro. Nadchodząca perspektywa ma na celu wzmocnienie bazy naukowej i technologicznej UE oraz europejskiej przestrzeni badawczej, zwiększenie europejskich możliwości w zakresie innowacji, konkurencyjności i liczby miejsc pracy oraz realizację priorytetów obywateli, a także utrzymanie naszego modelu społeczno-gospodarczego i związanych z nim wartości. W programie wyróżniono obszary tematyczne, tzw. klastry, w ramach których ogłaszane są konkursy na badania i innowacje, mające w głównej mierze przyczynić się do realizacji misji.

Z punktu widzenia rozwoju Rolnictwa 4.0 szczególnie ważny jest temat klastra 6 – żywność, biogospodarka, zasoby naturalne, rolnictwo i środowi-

sko. Zadaniem programu Horyzont Europa w tym klastrze jest zapewnienie możliwości wzmocnienia i zrównoważenia celów środowiskowych, społecznych i ekonomicznych oraz przekierowanie działalności gospodarczej człowieka na ścieżkę prowadzącą do zrównoważonego rozwoju. Podstawowym celem klastra 6 jest transformacja gospodarki i społeczeństwa UE, idąca w kierunku znacznego ograniczenia degradacji środowiska, zatrzymania i odwrócenia utraty różnorodności biologicznej oraz lepszego zarządzania zasobami naturalnymi przy jednoczesnym wsparciu realizacji celów klimatycznych UE i zapewnieniu bezpieczeństwa żywnościowego oraz dostępu do czystej wody dla wszystkich obywateli. Celem badań i innowacji w klastrze 6 jest poprawa wiedzy na temat przyczyn zmniejszania się różnorodności biologicznej, roli ekosystemów i usług ekosystemowych oraz wzmocnienie ich odbudowy.

W klastrze 6 projekty są realizowane we współpracy międzynarodowej, złożonej z co najmniej trzech partnerów z trzech różnych państw członkowskich UE i/lub państw stowarzyszonych. Podstawowe kryteria oceny (konkretny sposób opisanie pomysłu) to: Excellence – doskonałość, Impact – wpływ/oddziaływanie, Implementation – realizacja. Planowany budżet na dofinansowanie projektów w ramach klastra 6 wynosi 9 mld euro. Zgodnie z Planem Strategicznym Horyzontu Europa na lata 2021–2024 interwencje w zakresie badań i innowacji w ramach klastra 6 będą ukierunkowane na następujących sześć wyzwań (Destinations) (tab. 8).

Wyzwania w ramach klastra 6

Opis działań w ramach proponowanych wyzwań

Różnorodność biologiczna i usługi ekosystemowe	Zachowanie i odbudowa różnorodności biologicznej oraz przywrócenie i zrównoważone świadczenie usług ekosystemowych na lądzie, wodach śródlądowych i morzu dzięki lepszej wiedzy i innowacjom
Sprawiedliwe, zdrowe i przyjazne dla środowiska systemy żywnościowe od produkcji do konsumpcji	Tworzenie i przyspieszenie przejścia na zrównoważone, bezpieczne, zdrowe i sprzyjające włączeniu społecznemu systemy żywnościowe, od produkcji podstawowej do konsumpcji, zapewniające bezpieczeństwo żywnościowe i żywieniowe dla wszystkich na naszej planecie
Gospodarka o obiegu zamkniętym i biogospodarka	Neutralne dla klimatu cykle produkcyjne, obejmujące bezpieczne zintegrowane rozwiązania o obiegu zamkniętym na poziomie terytorialnym i sektorowym, dotyczące przepływów materiałowych i łańcuchów wartości produktów. Działania dotyczą przede wszystkim sektora tekstylnego, elektronicznego, tworzyw sztucznych i budownictwa. Obejmują także kluczowe sektory biogospodarki, takie jak zrównoważone systemy wytwarzania bioproduktów, zrównoważone leśnictwo, rozwiązania oparte na surowcach pochodzenia biologicznego na małą skalę i wodne łańcuchy wartości.
Czyste środowisko i zero zanieczyszczeń	Poszerzenie wiedzy o źródłach i ścieżkach zanieczyszczenia w celu ich całkowitej eliminacji – tak, aby zagwarantować wszystkim ludziom czyste i zdrowe gleby, powietrze oraz wody słodkie i morskie
Ląd, oceany i woda na rzecz klimatu	Ocena wpływu zmiany klimatu na środowiska lądowe i morskie, zasoby naturalne, rolnictwo i systemy żywnościowe oraz identyfikacja możliwości łagodzenia jego skutków; wypracowanie rozwiązań adaptacyjnych poprzez interdyscyplinarne i multidyscyplinarne badania i inwestycje obejmujące szeroki zakres działań
Odporne, integracyjne, zdrowe i zielone społeczności wiejskie, przybrzeżne i miejskie	Interdyscyplinarne badania i innowacje z silnym wymiarem nauk społecznych i behawioralnych oraz zwróceniem uwagi na aspekty <i>gender</i> ; wspierające trwałe, zrównoważony i sprzyjający włączeniu społecznemu rozwój obszarów wiejskich, przybrzeżnych i miejskich
Innowacyjne zarządzanie, obserwacje środowiskowe i rozwiązania cyfrowe wspierające Zielony Ład	Eksperymentowanie z nowymi sposobami zarządzania procesem transformacji i modernizacją zarządzania, w szczególności poprzez dostępność i transfer informacji i wiedzy

Źródło: NCBR, Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych UE, Horyzont Europa

Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT⁴⁰)

Europejski Instytut Innowacji i Technologii wzmacnia zdolności krajów członkowskich UE do innowacyjności poprzez wsparcie współpracy przedsiębiorców i innowatorów z nauką i biznesem.

Jednym z obszarów tematycznych, odpowiadających na najważniejsze globalne wyzwania opisane w klastrze 6, jest kształtowanie zrównoważonych łańcuchów dostaw „od pola do stołu”. Wyzwania te objęte są wsparciem sektorowym – **EIT Food**⁴¹. Opisane cele są realizowane dzięki licznym programom wsparcia innowacji (tab. 9).

Tab. 9. Szczegółowe informacje o rodzaju wsparcia udzielanego przez sektorową wspólnotę EIT Food

Programy wsparcia innowacji	
Seedbed Incubator	Program ma na celu przekształcenie innowacyjnych pomysłów i przetomowych badań w zatwierdzone przez rynek propozycje biznesowe.
The EIT Food Accelerator Network (EIT FAN)	Program łączy młode, innowacyjne firmy rolno-spożywcze z wiodącymi w branży partnerami korporacyjnymi i badawczymi w celu pilotowania ich technologii i pomysłu wprowadzenia innowacji na rynek.
RisingFoodStars	To organizacja sieciowa dla odnoszących sukcesy innowacyjnych, młodych przedsiębiorstw rolno-spożywczych, umożliwiająca swoim członkom uczestnictwo w charakterze partnera we wszystkich działaniach EIT Food. Sieć pozwala przedsiębiorstwom rolno-spożywczym wejść na wyższy poziom i stać się międzynarodowymi innowatorami przyszłości.
TeamUp	Jest to program, który łączy czołowych technologów z najlepszymi specjalistami w dziedzinie biznesu i wspiera ich w tworzeniu wpływowych przedsięwzięć rolno-spożywczych w formie startupów.
Test Farms	Program łączy startupy rolnicze z farmerami i terenami testowymi. Istnieje możliwość testowania i walidacji produktów początkujących firm z branży AGROTECHnicznej oraz prezentowania ich działalności klientom i inwestorom.

Źródło: NCBR, Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych UE, Horyzont Europa

40 European Institute of Innovation & Technology.

41 <https://www.eitfood.eu/in-your-area/clc-north-east>

Europejska Rada ds. Innowacji (EIC⁴²)

Realizację założeń Europejskiego Zielonego Ładu oraz opisanych wyzwań ma wspierać również Europejska Rada ds. Innowacji. Głównym jej celem jest wsparcie tworzenia się nowych rynków w Europie, poprzez łączenie produktów fizycznych i cyfrowych oraz usług oparte na modelach biznesowych nowych technologii. Głównym zadaniem EIC jest wypełnienie luki w finansowaniu innowacyjnych przedsiębiorstw typu startup i z sektora małych i średnich przedsiębiorstw.

Z punktu widzenia możliwości rozwoju Rolnictwa 4.0 w ramach Europejskiej Rady ds. Innowacji ważnym instrumentem finansowania innowatorów jest EIC Accelerator. Jest to program skierowany do małych i średnich przedsiębiorstw ze wszystkich branż, w tym startupów działających for-profit, pochodzących z państw członkowskich UE lub krajów stowarzyszonych z programem Horyzont Europa. Zaletą tego typu wsparcia jest fakt, że Komisja Europejska preferuje projekty charakteryzujące się wysokim poziomem ryzyka oraz wysokim potencjałem rozwojowym. Wyróżnia się dwa rodzaje aplikacji: Accelerator Open, który nie ma narzuconych obszarów tematycznych oraz Accelerator Challenge. Ten drugi wspiera są startupy i MŚP, które opracowują rozwiązania w ramach wskazanych strategicznych technologii. Jeden z obszarów jest związany z rolnictwem – *resilient agriculture*.

Misja Soil, health and food

Z poziomu Unii Europejskiej istotne wsparcie dla rolnictwa przewidują również działania dotyczące stanu gleby i żywności, które są wspierane w ramach misji Soil, health and food. Głównym celem misji w obszarze zdrowia gleby i żywności jest finansowanie programu badań i innowacji z silnym komponentem nauk społecznych. Misja zakłada stworzenie skutecznej sieci 100 żywych laboratoriów, aby współtworzyć wiedzę, testować rozwiązania i demonstrować ich wartość w rzeczywistych warunkach. Efektem działań ma być opar-

cowanie zharmonizowanych ram monitorowania gleby w Europie oraz podnoszenie świadomości ludzi na temat znaczenia gleb.

Podstawą powodzenia misji jest współpraca między naukowcami, właścicielami gruntów, przedsiębiorstwami, biznesem i obywatelami oraz zaangażowanie ich w:

- *Living laboratories* – **aby tworzyć wiedzę**, projektować, testować i rozpowszechniać innowacyjne rozwiązania,
- *Lighthouses* – **aby testować i demonstrować** rozwiązania (dobre praktyki). Na realizację działań w latach 2021–2022 Komisja Europejska przeznaczyła blisko 200 mln euro. Priorytety w zakresie badań i innowacji obejmują: poprawę wykorzystania istniejącej wiedzy, opracowanie potrzebnych innowacji w zakresie technologii i praktyk, dostosowanie globalnych łańcuchów dostaw żywności, przejście w kierunku wyedukowanego i nowoczesnego społeczeństwa oraz stworzenie skutecznego systemu monitorowania gleb.

Partnerstwa europejskie dla rolnictwa

Ważnym narzędziem wdrażania programu Horyzont Europa, znacząco przyczyniającym się do realizacji politycznych priorytetów UE, a tym samym do rozwoju Europejskiej Przestrzeni Badawczej, są partnerstwa europejskie. Są to inicjatywy, w ramach których Komisja Europejska wraz z partnerami prywatnymi lub publicznymi (zrzeszonymi najczęściej w ramach stowarzyszeń) zobowiązuje się do wspólnego wspierania rozwoju i wdrażania strategicznych agend badawczo-innowacyjnych. Łącząc partnerów prywatnych i publicznych, partnerstwa europejskie pomagają uniknąć powielania inwestycji i przyczyniają się do zmniejszenia rozdrobnienia krajobrazu badań i innowacji w UE. W praktyce oznacza to, że odgrywają znaczącą rolę przy definiowaniu tematów konkursów wpisywanych do Programów Pracy w ramach poszczególnych klastrów.

42 European Innovation Council.

Partnerzy mogą reprezentować przemysł, uniwersytety, organizacje badawcze, organy świadczące usługi publiczne na szczeblu lokalnym, regionalnym, krajowym lub międzynarodowym lub organizacje społeczeństwa obywatelskiego, w tym fundacje i organizacje pozarządowe. W ramach klastra 6 Horyzont Europa planowanych jest osiem partnerstw europejskich. Dla Rolnictwa 4.0 szczególnie istotne są cztery partnerstwa w następujących obszarach:

- *European Partnership for Safe and Sustainable Food Systems* – całościowa transformacja systemu żywnościowego UE, zrównoważone systemy żywnościowe, bezpieczeństwo, odżywianie, cyrkularność;
- *European Partnership for Agriculture of Data* – obserwacja Ziemi, wsparcie zrównoważonego rolnictwa, zbiory danych geoprzestrzennych, technologie cyfrowe, monitoring;
- *European Partnership for Animal Health (PAH)* - choroby zakaźne, dobrostan, ochrona zdrowia, utrzymanie produkcji, zwalczanie AMR;
- *European Partnership accelerating farming systems transition: agroecology living labs and research infrastructures* – transformacja w kierunku agroekologii, wsparcie rolników, sieciowanie, żywe laboratoria, infrastruktury badawcze.

Programy krajowe

W Polsce wsparcie finansowe dla sektora rolno-spożywczego oferują różnego rodzaju podmioty, a samo wsparcie przyjmuje różną formę. Wsparcia działalności naukowej w zakresie badań podstawowych – TRL 1 – udziela **Narodowe Centrum Nauki (NCN)**. **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR)** finansuje rozwój prac badawczo-rozwojo-

wych na poziomach TRL 2–9, z kolei **Państwowa Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP)** – etap wdrożeń i skalowania biznesu. Ważną rolę we wsparciu rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich odgrywa również **Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR)**. Zajmuje się ona wdrażaniem instrumentów współfinansowanych z budżetu Unii Europejskiej oraz udziela pomocy ze środków krajowych. W Polsce istnieją również programy wsparcia branżowego, które pozwalają młodym firmom testować innowacyjne rozwiązania. Poniżej opisano najważniejsze z punktu widzenia rozwoju Rolnictwa 4.0 programy oferujące wsparcie.

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

NCBR w ciągu 15 lat działalności uruchomiło kilka konkursów wspierających rolnictwo. Część z nich była przeznaczona bezpośrednio dla sektora rolno-spożywczego, inne wspierały zagadnienia badawcze nakierowane na innowacje w obszarze rolnictwa. W ramach uruchomionych konkursów były realizowane projekty związane z całym łańcuchem żywnościowym, a także projekty z obszaru Rolnictwa 4.0 (patrz Rozdział III: Trendy w zakresie projektów B+R dofinansowanych w NCBR).

Konkursy NCBR bezpośrednio wspierające rozwój innowacji w obszarze Rolnictwa 4.0

Pierwszym programem NCBR przeznaczonym m.in. dla sektora rolno-spożywczego był uruchomiony w 2013 r. program strategiczny **BIOSTRATEG** (tab. 10). Jego zagadnienia badawcze nakierowane były również na rozwój Rolnictwa 4.0.

Tab. 10. Strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych BIOSTRATEG

Konkurs

Strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych BIOSTRATEG

Tematyka	Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo
Obszar badawczy	• Bezpieczeństwo żywnościowe i bezpieczeństwo żywności • Racjonalne gospodarowanie zasobami naturalnymi ze szczególnym uwzględnieniem gospodarki wodnej • Przeciwdziałanie i adaptacja do zmian klimatu, ze szczególnym uwzględnieniem rolnictwa • Ochrona bioróżnorodności oraz zrównoważony rozwój rolniczej przestrzeni produkcyjnej • Leśnictwo i przemysł drzewny
Zagadnienia badawcze nakierowane na rozwój Rolnictwa 4.0	• Rozwój inteligentnych technik rolnictwa precyzyjnego w zrównoważonej produkcji roślinnej • Doskonalenie systemu monitorowania i prognozowania zagrożeń środowiskowych dla różnych ekosystemów leśnych, z wykorzystaniem nowoczesnych metod i narzędzi (geomatyka, bioinformatyka) • Doskonalenie systemów monitoringu prognozowania i zagrożeń ze strony zaburzonej bioróżnorodności, z wykorzystaniem nowoczesnych metod i narzędzi (w tym teledetekcja, geomatyka i bioinformatyka), w celu kontroli populacji zwierząt o potencjalnie negatywnym wpływie na ekosystemy leśne • Opracowanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie edukacji łączącej wiedzę techniczną i ekonomiczną, przeznaczonych dla obszaru ochrony środowiska, rolnictwa i leśnictwa
Na co	Badania podstawowe, przemysłowe, prace rozwojowe, przygotowanie wyników badań i prac rozwojowych do zastosowania w praktyce
Dla kogo	Konsorcja
Minimalna wartość kosztów kwalifikowalnych	10 mln zł

Źródło: opracowanie własne

W roku 2020 w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (PO IR) NCBR uruchomił konkurs przeznaczony dla sektora rolniczego – AGROTECH (tab. 11). Ocenie według kryteriów zostały poddane 164 wnioski. Do dofinansowania zostały wybrane 54 projekty, na łączną kwotę ok. 362 mln zł. W tym

przypadku jedno z zagadnień badawczych było nakierowane bezpośrednio na rozwój nowych technologii w obszarze Rolnictwa 4.0, tj. przygotowanie prototypów usług informatycznych dla konkretnych scenariuszy w obszarze Rolnictwa 4.0.

Tab. 11. POIR 2014 – 2020 poddziałanie 1.1.1 (AGROTECH)

Konkurs	POIR 2014–2020 poddziałanie 1.1.1
Tematyka	Innowacyjne nawozy przyjazne dla środowiska
Obszar badawczy	• Rozwój innowacyjnych technologii nawozów wzbogacanych mikrobiologicznie • Rozwój technologii nawozów wzbogacanych o funkcjonalne dodatki • Narzędzia analityczne wspomagające proces nawożenia upraw • Rozwój technologii nawozów organicznych i organiczno-mineralnych do poprawy jakości gleb oraz wzrostu i rozwoju roślin
Zagadnienia badawcze nakierowane na rozwój Rolnictwa 4.0	Narzędzia analityczne wspomagające proces nawożenia upraw
Na co	Badania przemysłowe i eksperymentalne prace rozwojowe albo eksperymentalne prace rozwojowe, prace przedwdrożeniowe
Dla kogo	Przedsiębiorstwa, konsorcja przedsiębiorstw (składające się wyłącznie z przedsiębiorstw), konsorcja przedsiębiorstw i jednostek naukowych (składające się z maks. trzech podmiotów, w tym co najmniej jednego przedsiębiorstwa i jednej jednostki naukowej)
Minimalna wartość kosztów kwalifikowalnych	1 mln zł – w przypadku projektu realizowanego samodzielnie przez MŚP 2 mln zł – w przypadku pozostałych projektów

Źródło: opracowanie własne

Oprócz oferty przeznaczonej bezpośrednio dla sektora rolno-spożywczego, NCBR wspiera Rolnictwo 4.0 w ramach innych programów, w których pojedyncze zagadnienia badawcze związane są z technologiami 4.0. Są to: krajowy program LIDER, skierowany do młodych naukowców oraz programy

międzynarodowe (tab. 13). W opinii beneficjentów NCBR program LIDER, wspierający młodych naukowców w obszarze szeroko pojętego rolnictwa, znacząco uzupełnia lukę w ich doświadczeniu związaną z pracą w projektach badawczych oraz realizacją prac badawczo-rozwojowych.

Tab. 13. Programy międzynarodowe w ofercie NCBR wspierające zagadnienia badawcze w obszarze Rolnictwa 4.0

Programy międzynarodowe	Tematyka	Cele programu nakierowane na rozwój Rolnictwa 4.0
FACCE SURPLUS	Zrównoważone i odporne rolnictwo dla systemów żywnościowych i nieżywnościowych	- Nawiązanie współpracy międzynarodowej w zakresie badań dotyczących systemów produkcji biomasy oraz zrównoważonego rolnictwa - Stworzenie sieci platform badawczych, przedsiębiorstw, klastrów przedsiębiorstw oraz poprawa infrastruktury badawczej - Wspieranie innowacyjności w obszarze zrównoważonego rolnictwa
ERA-NET SUSFOOD2	Zrównoważona produkcja i konsumpcja żywności	Finansowanie badań dotyczących zrównoważonych i ekologicznych systemów żywnościowych w zakresie czterech zdefiniowanych obszarów
ERA-NET Co-fund SusCrop	Zrównoważona produkcja roślinna	Nawiązanie/wzmocnienie międzynarodowej współpracy pomiędzy partnerami konsorcjum w obszarze prac B+R. Współpraca ta polega na podejmowaniu wspólnych działań w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej.
ERA-NET Co-fund ICT-AGRI-FOOD	Technologie informacyjno-komunikacyjne w sektorze rolno-spożywczym	- Utworzenie platformy i rozwiązania ICT opartego na danych w celu poprawy zrównoważenia systemów rolno-spożywczych - Identyfikacja i usunięcie barier dla przyjęcia technologii ICT w systemach rolno-spożywczych
JOINT FACCE-JPI SusCrop Call on Agrobiodiversity	Ochrona bioróżnorodności w rolnictwie	Zintegrowana przestrzeń badawcza skupiająca się na powiązanych ze sobą wyzwaniach dotyczących zrównoważonego rolnictwa, bezpieczeństwa żywnościowego i skutków zmian klimatycznych

Źródło: opracowanie własne

Również w ramach programu strategicznego „Zaawansowane technologie informacyjne, telekomunikacyjne i mechatroniczne” (INFOSTRATEG) pojawiły się zagadnienia tematyczne związane z Rolnictwem 4.0. Projekty realizowane w temacie „Inteligentna maszyna do zbierania jabłek” miały na celu opracowanie maszyn umożliwiających zbieranie tych owoców w sposób zautomatyzowany z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Z kolei celem projektu realizowanego w temacie „Scenariusze selektywnej ochrony roślin” miało być opracowanie – przy pomocy uczenia maszynowego – algorytmów rozpoznających wystąpienie niepożądanych zjawisk na polach uprawnych na podstawie obrazu z kamer i czujników zainstalowanych na ciągnikach.

Pewnego rodzaju wsparcie finansowe dla przedsiębiorców z branży rolniczej oferują również takie programy jak **Bridge Alfa**. Ten program NCBR polega na finansowaniu funduszy *venture capital*, które wykorzystując prywatne i publiczne środki, inwestują w innowacyjne projekty w tzw. fazie załączkowej. Projekty te muszą zawierać w sobie element prac B+R. Tego typu wsparcie jest dość sformalizowane, a czas trwania projektu zbyt krótki ze względu na specyfikę znacznej części projektów z obszaru rolnictwa, tj. uzależnienie badań od okresów wegetacyjnych roślin. Nakłady finansowe (1 mln zł) są za małe jak na specyfikę branży. Pomimo tego fundusze VC finansują projekty z zakresu AgriTech, choć – jak wspomniano – nie mają one istotnego udziału w portfelu funduszy (6,3% w 2020 roku).

Nowoczesnych rozwiązań w obszarze nowych technologii dla sektora rolno-spożywczego poszukuje również **AgriTech Hub**. To fundusz *venture capital*, którego celem jest komercjalizacja najbardziej perspektywicznych projektów B+R (badania i rozwój) w fazie *proof of concept* (PoC). Fundusz inwestuje w rozwiązania i technologię w obszarze całego łańcucha wartości dodanej w rolnictwie i szeroko pojętej branży AGROTECH. Jego celem jest wspie-

ranie innowacji mających zastosowanie na etapie uprawy, produkcji i dystrybucji, aż po klienta końcowego. W szczególności AgriTech Hub jest zainteresowany technologiami 4.0, w tym wysoce autonomicznymi maszynami rolniczymi i urządzeniami (włączając w to drony), umożliwiającymi przygotowanie pól pod zasiew, prowadzenie oprysków, dawkowanie nawozów, aplikowanie środków ochrony roślin, deszczowanie oraz zbiór plonów, które w efektywny sposób pozwolą na prowadzenie nieprzerwanych, całodniowych prac polowych w czasie, gdy te są najbardziej potrzebne. Hub sfinansował w ostatnim czasie kilka projektów z tych obszarów, m.in.:

- *Thermoeye* – system monitorujący stan zdrowia trzody chlewnej,
- *Strigiformes* – naturalnie skuteczne rozwiązania w rolnictwie i ogrodnictwie,
- *Plantalux* – *grow fast*.

Programy Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa

Instrumenty wsparcia dla rolnictwa, przetwórstwa żywności i obszarów wiejskich oferuje Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR). Instytucja zajmuje się wdrażaniem instrumentów współfinansowanych z budżetu Unii Europejskiej oraz udziela pomocy ze środków krajowych. **Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020** realizował sześć priorytetów wyznaczonych dla unijnej polityki rozwoju obszarów wiejskich. Trzy z nich związane były z rozwojem Rolnictwa 4.0, a mianowicie:

1. ułatwianie transferu wiedzy i innowacji w rolnictwie, leśnictwie i na obszarach wiejskich, w szczególności „Działanie 1 – Transfer wiedzy i działalność informacyjna”;
2. poprawa konkurencyjności wszystkich rodzajów gospodarki rolnej i zwiększenie rentowności gospodarstw rolnych;
3. poprawa organizacji łańcucha żywnościowego i promowanie zarządzania ryzykiem w rolnictwie.

W ramach Programu instytucja wdraża i realizuje również Działanie 16 – „**Współpraca**”, z którego mogą być finansowane **Europejskie Partnerstwa Innowacji (EPI) na rzecz wydajnego i zrównoważonego rolnictwa**. Na wsparcie mogą liczyć inicjatywy, które prowadzą do opracowania innowacyjnych rozwiązań w zakresie nowych produktów, praktyk, procesów, technologii, metod organizacji i marketingu przemysłu rolno-spożywczego. Rezultaty projektów są prezentowane w formie „Katalogu polskich Grup Operacyjnych EPI”. Rozwiązania będące wynikami projektów związane są ze zmniejszaniem negatywnego wpływu na środowisko naturalne, redukcją wykorzystania nawozów i pestycydów czy też skracaniem łańcucha żywnościowego. Jednak w opinii odbiorców wsparcia, ARiMR w mniejszym stopniu niż np. NCBR kładzie nacisk na możliwość zastosowania wypracowanego rozwiązania w praktyce. Z punktu widzenia rozwoju innowacyjnych technologii nie jest to korzystne.

Państwowa Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

Na etapie wdrożeń i skalowania biznesu pośrednie, jednak bardzo ważne z punktu widzenia twórców technologii 4.0 z obszaru rolnictwa wsparcie finansowe oferuje PARP. Instytucja ta realizuje programy rozwoju gospodarki, które wspierają działalność innowacyjną i badawczą małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), rozwój regionalny, wzrost eksportu, rozwój zasobów ludzkich oraz wykorzystywanie nowych technologii w działalności gospodarczej.

Programy wsparcia branżowego

W Polsce istnieją również prywatne programy wsparcia branżowego. W 2022 r. Grupa Azoty uruchomiła **program akceleracyjny Idea4Azoty 2030**⁴⁴, adresowany do środowisk akademickich, badawczych i innowatorów, działających samodzielnie lub w konsorcjum, którego głównym zamierzeniem jest umożliwienie tym podmiotom prezentacji, przygotowania oraz przeprowadzenia wdrożenia rozwiązania biznesowego, odpowiadającego na potrzeby Grupy Azoty. Kluczowym wyzwaniem są rozwiązania strategiczne z perspektywy branży nawozowo-chemicznej, w tym technologie Przemysłu 4.0.

Należy zwrócić uwagę, że wsparcie finansowe dla sektora rolno-spożywczego w Polsce jest przede wszystkim adresowane do większych przedsiębiorstw, które mają wystarczające wewnętrzne nakłady na pokrycie wkładu własnego w wysokości 20% oraz 40%, w zależności od rodzaju programu i fazy projektu. Ponadto instytucje zarządzające środkami finansowymi często zapominają o sezonowości badań w sektorze rolniczym, związanych m.in. z okresem wegetacyjnym roślin oraz czasem potrzebnym do rozrodu zwierząt gospodarskich. Tego typu projekty są często uzależnione od naturalnych cykli życia roślin i zwierząt. Badania z obszaru rolnictwa mogą być również realizowane wyłącznie w warunkach laboratoryjnych, jednak stanowią one mniejszość. Powoduje to, że przedłużające się oceny oraz formalności związane z podpisaniem dokumentacji umożliwiającej otrzymanie finansowania mogą doprowadzić do zakończenia projektu, zanim ten w ogóle się zacznie. Kolejną kwestią jest także to, czy po czterech latach realizacji projektu i kolejnych latach potrzebnych na komercjalizację, wyniki projektu wciąż będą innowacyjne i będą miały rynkową przyszłość.

44 <https://idea4azoty.grupaazoty.com/>

Podsumowanie

Wdrożenie technologii Rolnictwa 4.0 daje realną szansę na podnoszenie produktywności i efektywności w rolnictwie oraz zrównywanie przychodów z działalności rolniczej z przychodami z reszty gospodarki. Skokowy postęp technologiczny w rolnictwie staje się jeszcze istotniejszy w związku z wprowadzaniem założeń Europejskiego Zielonego Ładu oraz licznych strategii międzynarodowych i krajowych. W Polsce ważne jest również (z perspektywy krajowej) poprawienie efektywności współpracy nauki, biznesu i rolników oraz transferu wiedzy, wraz ze zwiększonymi zasobami finansowymi niezbędnymi do zapewnienia rozwoju branży rolniczej. Zdaniem ekspertów, bez dodatkowych inwestycji w B+R producenci stoją w obliczu spadku wydajności w przyszłości. Warto też zwrócić uwagę na fakt, że według badań czas potrzebny na uzyskanie przełożenia inwestycji w badania i rozwój w rolnictwie na wzrost produktywności wynosi ponad 20 lat.

Wprowadzanie do praktyki rolniczej osiągnięć naukowo-technicznych i innowacyjnych oraz funkcjonowanie w ramach tzw. „społeczeństwa informacyjnego” niesie ze sobą ogromne możliwości w zakresie zwiększenia efektywności wykorzystania zasobów w rolnictwie, ograniczenia czasochłonnej pracy, stabilizacji plonów i zwiększenia adaptacji do zmiany klimatu. W dużym stopniu jest to możliwe dzięki systematycznej poprawie jakości kapitału ludzkiego w tym sektorze (wzrost poziomu wykształcenia kierujących gospodarstwami rolnymi). Utrudnieniem zaś w rozwoju rolnictwa opartego na wiedzy jest wciąż rozdrobniona struktura agrarna oraz trudności związane z zachęceniem samych rolników do wdrożenia technologii Rolnictwa 4.0. Rozwojowi innowacyjności nie sprzyja również stały, niewzrastający pomimo potrzeb, udział nakładów na badania i rozwój kierowanych do branży rolniczej w ogólnych nakładach na sferę B+R.

Podmioty sektora rolno-spożywczego poprzez udział w kolejnej rewolucji przemysłowej, którą wyznaczają innowacje (produktowe, procesowe, organizacyjne, marketingowe), cyfryzacja, technologie satelitarne i internet rzeczy, przyczynią się do utrzymania i wzmacniania konkurencyjności międzynarodowej tego sektora.

Rozwój innowacyjnych technologii przetwarzania danych musi uwzględniać odporność na cyberzagrożenia oraz zwiększoną ochronę informacji, w szczególności w kontekście przetwarzania ogromnych zbiorów danych (*big data*) oraz gromadzenia danych z dużej liczby rozproszonych geograficznie sensorów (internet rzeczy), przy jednocześnie rosnących potrzebach wysokiej mobilności systemów zbierania, analizy i wizualizacji danych. Technologie ICT mają potencjał do przekształcania rolnictwa w wielu aspektach. Możliwe jest m.in. wykorzystanie danych z inteligentnych czujników na temat warunków pogodowych, jakości gleby, postępu w uprawie czy zdrowiu bydła; śledzenie ogólnego stanu gospodarstwa rolnego, wydajności zatrudnionych czy też sprzętu (maszyn rolniczych). Dzięki zastosowanym rozwiązaniom możliwa byłaby lepsza kontrola procesów wewnętrznych dzięki możliwości przewidywania wyników produkcji, zarządzaniu kosztami i redukcji odpadów. Efektem jest zwiększenie kontroli nad produkcją oraz efektywności biznesowej – dzięki automatyzacji procesów, kontroli nad procesem produkcyjnym i utrzymaniu wyższych standardów jakości upraw.

W świetle zachodzących zmian Rolnictwo 4.0 jest na drodze do kolejnego etapu ewolucji, polegającego na wprowadzeniu maszyn bezzatłogowych i autonomicznych systemów decyzyjnych. Pierwsza połowa XXI w. to prawdopodobnie rozwój w kierunku **Rolnictwa 5.0**, którego podstawą będą roboty i pewne formy sztucznej inteligencji

(Saiz-Rubio, Rovira-Más, 2020). Do tej pory przeprowadzono niewiele badań dotyczących zastosowania AI w tym zakresie automatyzacji w procesie sortowania owoców, rozpoznawania odmian upraw oraz wizualnej reprezentacji analizy danych w aplikacjach mobilnych. Jednak zmiany w tym kierunku są nieuniknione. W tej chwili gospodarstwa potrzebują wielu pracowników, głównie sezonowych, aby zbierać plony i utrzymywać produktywność. Zachodzące zmiany w społeczeństwach powodują, że o tego typu pracowników jest coraz trudniej. Młodzi przenoszą się do miast i obszary rolnicze znacząco się wyludniają, a w rezultacie właściciele gospodarstw rolnych borykają się z problemem niedoboru siły roboczej. Jednym z rozwiązań, które pomogą uporać się z tym problemem, są roboty rolnicze integrujące funkcje sztucznej inteligencji (Martos i in., 2021).

Uwarunkowania rozwoju technologii Rolnictwa 4.0 w Polsce

Uwarunkowania rozwoju technologii Rolnictwa 4.0 w Polsce przedstawiono w postaci analizy PESTEL⁴⁵, obejmującej zewnętrzne czynniki mające potencjalny wpływ na działalność branży rolniczej, umożliwiające ocenę środowiska mikroekonomicznego jej działalności. Czynniki pogrupowano w ramach sześciu obszarów: politycznego, ekonomicznego, społecznego, technologicznego, środowiskowego i prawnego, a poszczególne czynniki przedstawiono hasłowo. Uszeregowano je od bardziej ogólnych, oddziałujących na sektor, po te bardziej szczegółowe, odnoszące się bezpośrednio do podmiotów zaangażowanych w rozwój Rolnictwa 4.0. Ich podział ma charakter umowny.

Czynniki polityczne

- Wpływ Europejskiego Zielonego Ładu w postaci zaostrzenia przepisów prawnych, na poziomie Unii Europejskiej, a w konsekwencji i na poziomie krajowym, dotyczących:
 - jakości żywności,
 - ochrony środowiska i adaptacji lub przeciwdziałania skutkom zmiany klimatu,
 - obowiązku wprowadzenia do sektora rolno-spożywczego innowacyjnych technologii, procesów i produktów w celu zwiększenia opłacalności produkcji rolnej przy jednoczesnym spełnieniu przepisów dot. np. ochrony środowiska;
- Pojawienie się tematyki zrównoważonego rozwoju w dokumentach strategicznych na poziomie Unii Europejskiej i Polski oraz wzrost znaczenia tego zjawiska;
- Częste zmiany prawne, zwłaszcza w obrębie przepisów krajowych, które stanowią niekiedy znaczące bariery dla zaistnienia firm z obszaru rolnictwa na rynkach międzynarodowych.

45 Skróty z ang. political, economic, social, technological, environmental, legal.

Czynniki ekonomiczne

- Wzrost rynku rolno-spożywczego/poszczególnych segmentów rynku rolnego pod względem liczby przedsiębiorstw oraz widoczna dominacja dużych firm, zwłaszcza prywatnych na niektórych rynkach np. nawozów i maszyn rolniczych; zwiększenie wydajności produkcji rolnej w celu zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego z uwzględnieniem obowiązujących przepisów prawnych;
- Niewystarczające środki finansowe przeznaczone na modernizację gospodarstw rolnych oraz podnoszenie kompetencji rolników;
- Niewystarczające finansowanie prac badawczo-rozwojowych (B+R) w obszarze Rolnictwa 4.0 ze środków krajowych i międzynarodowych oraz publicznych i prywatnych;
- Potrzeba zaistnienia przedsiębiorstw na wspólnym rynku europejskim i w ramach wspólnej polityki rolnej, w tym kształtowanie konkurencyjności, znalezienie nowych rynków oraz ostatecznych odbiorców na wytworzone innowacyjne produkty i technologie.

Czynniki społeczne

- Wzrost liczby ludności (rosnące zapotrzebowanie na żywność) oraz zmiany w modelach żywienia dzieci, dorosłych i osób starszych;
- Wzrost świadomości i mentalności konsumentów produktów spożywczych, a także wśród młodego pokolenia wytwórców – rolników;
- Przewaga gospodarstw rodzinnych – wymiana pokoleniowa (dziadek, ojciec, syn);
- Niewystarczająca wiedza i kompetencje rolników, a także instytucji ich wspierających w obszarze nowych produktów i technologii w uprawach i hodowli;
- Trudności w obszarze dostosowania sposobów zarządzania gospodarstwami rolnymi do nowych modeli biznesowych w kierunku bardziej zrównoważonym;
- Niska świadomość rolników w zakresie korzyści ekonomicznych z wykorzystania nowych technologii lub ryzyk, jakie są z nimi związane;
- Zmiana sposobu podejścia rolników do zastosowania nowych produktów i technologii w uprawach i hodowli, oparta na wiedzy i potencjalnych korzyściach (efekt „kuli śnieżnej”).

Czynniki technologiczne

- Otwarty dostęp do danych, w tym danych badawczych; otwarty dostęp do publikacji naukowych;
- Brak dostępu do danych przedsiębiorców oraz brak wymiany danych pomiędzy przedsiębiorcami, związane z brakiem standardów prawnych i ochroną *know-how*;
- Zbyt powolne tempo transferu technologii do podmiotów działających w obszarze rolnictwa;
- Trudności z wykorzystaniem innowacyjnych rozwiązań wśród użytkowników końcowych, tj. właścicieli, zarządców, kierowników i pracowników gospodarstw rolnych ze względu na ich niedopasowanie m.in. do wielkości polskich gospodarstw rolnych oraz ich potrzeb;
- Brak regionalnych Hubów Innowacji Rolniczych, w których można zobaczyć, a także przetestować produkt czy technologię przed zakupem, np. w postaci Show Field i Living Lab;
- Napływ niewystarczająco dopasowanych do polskich warunków innowacji technologicznych z zagranicy.

Czynniki środowiskowe (w skali makro)

- Zmiany klimatyczne i ich skutki, takie jak powódzie, susze i huragany;
- Pogarszający się stan zasobów przyrodniczych (wód, gleby), skutkujący większymi nakładami finansowymi przede wszystkim w obszarze upraw rolnych (wzmoczone nawadnianie, nawożenie);
- Niewystarczająca świadomość rolników dotycząca zagrożeń związanych ze zmiennością i zmianą klimatu oraz pogarszającym się stanem zasobów Ziemi;
- Urzeczywistnienie idei zrównoważonego rozwoju, gospodarki o obiegu zamkniętym w obszarze rolnictwa poprzez regulacje prawne.

Czynniki prawne

- Zbyt powolne zmiany prawne m.in. w takich obszarach jak: ochrona własności intelektualnej, prawo konkurencji, prawo podatkowe, prawo zatrudnienia i prawa konsumentów w stosunku do postępu technologicznego;
- Niewystarczająco określone strategiczne kierunki rozwoju rolnictwa, w tym potrzeby wykorzystania nowoczesnych technologii w gospodarstwach rolnych;
- Zbyt restrykcyjne na tle innych krajów europejskich przepisy prawa konkurencji i prawa antymonopolowego;
- Brak aktu prawnego całościowo (horyzontalnie) regulującego internet rzeczy;
- Kompleksowe podejście do sztucznej inteligencji (unijny Akt w sprawie sztucznej inteligencji);
- Ryzyko związane z brakiem standardów prawnych w obszarze bezpieczeństwa danych oraz niedostateczną ochroną danych.

Rekomendacje w zakresie ukierunkowania wsparcia rozwoju Rolnictwa 4.0

Skierowane do podmiotów działających w obszarze Rolnictwa 4.0

Dostęp do wiedzy i edukacji

- Podnoszenie kwalifikacji i kompetencji cyfrowych poprzez włączanie tematyki technologii 4.0 do programów kształcenia dla pracowników sektora rolno-spożywczego, począwszy od najniższych poziomów edukacji, tj. szkół rolniczych, studentów, po nauczycieli, wykładowców akademickich i doradców rolniczych;
- Zapewnienie eksperckiej wiedzy z zakresu Rolnictwa 4.0 dla ostatecznych odbiorców, czyli rolników, poprzez wykorzystanie systemu doradztwa rolniczego w regionach jako podstawowego źródła informacji o korzyściach wynikających z zastosowania technologii 4.0;
- Prezentowanie innowacyjnych rozwiązań w postaci Living Lab lub Show Field, co sprzyja powstawaniu innowacji przy pomocy procesów testowania i eksperymentowania jako efekt wspólnej pracy obu stron, tj. podmiotów (producentów) z użytkownikami;
- Uproszczenie systemu i uporządkowanie zadań instytucji otoczenia doradztwa rolniczego tak, aby ich rola i zakres wsparcia były zrozumiałe dla przeciętnego użytkownika nowych technologii, czyli rolnika.

Infrastruktura technologiczna

- Dopasowanie pod względem technicznym i ekonomicznym usług Rolnictwa 4.0 z uwzględnieniem struktury gospodarstw rolnych w Polsce, w której dominują małe i średnie gospodarstwa;
- Poprawa łączności mobilnej, przyspieszenie wprowadzania technologii mobilnej piątej generacji (5G) i zapewnienie jej dostępności na terenach wiejskich.

Finansowanie działalności innowacyjnej

- Zwiększenie promocji oferty programowej podmiotów finansujących innowacje i prace badawczo-rozwojowe w rolnictwie przez uczestnictwo w różnego rodzaju wydarzeniach branżowych, obecność w czasopismach z obszaru rolnictwa oraz promocję efektów zrealizowanych projektów;
- Wdrażanie jasnych przepisów regulujących kwestie własności danych, dostępu i zarządzania nimi, jak również możliwości ich komercjalizacji; opracowanie i wspieranie otwartego standardu wymiany danych w rolnictwie, ADI (*agricultural data infrastructure*) na wzór SDI – infrastruktury informacji przestrzennej (*spatial data infrastructure*);
- Zwiększenie nacisku na współpracę przedsiębiorców z jednostkami naukowymi nie poprzez konsorcja, a tworzenie tzw. grup operacyjnych, jak ma to miejsce w programach „Horyzont Europa”.

Skierowane bezpośrednio do NCBR

- Uruchomienie programu przeznaczonego dla Rolnictwa 4.0 lub wsparcie realizacji projektów z tego obszaru poprzez uwzględnienie tematyki technologii 4.0 w rolnictwie w zakresach tematycznych innych programów NCBR;
- Dobór recenzentów oceniających projekty, zarówno w programach nakierowanych na Rolnictwo 4.0, jak i w programach nieprzeznaczonych dla sektora rolnego, z uwzględnieniem ekspertów mających doświadczenie międzynarodowe, np. w ocenie lub realizacji projektów z określonej tematyki;
- Zwiększenie nacisku na użyteczność wypracowanych w projektach rozwiązań dla odbiorców końcowych, czyli rolników, poprzez dodatkowe punktowanie w ocenie wniosków o dofinansowanie, rozpoznania rynku i opisów korzyści/przewag w stosunku do oferty, która już jest na rynku pod kątem struktury gospodarstw rolnych;
- Uwzględnienie w kosztorysach projektów konieczności przeprowadzenia fazy *proof of concept* w szerszym gronie naukowym, również wśród specjalistów z zagranicy, w gronie praktyków, a także potencjalnych użytkowników;
- Zwiększenie promocji oferty programowej NCBR poprzez uczestnictwo w różnego rodzaju wydarzeniach branżowych z obszaru rolnictwa; obowiązek promocji wyników projektów prac B+R w branży rolniczej, np. poprzez prezentację efektów już zrealizowanych projektów (np. na targach rolniczych, konferencjach);
- Dopasowanie oferty programowej pod kątem wysokości minimalnej i maksymalnej wartości kosztów kwalifikowalnych w projekcie skierowanym do mikro-, małych i średnich przedsiębiorstw z obszaru rolnictwa, które stanowią znaczną część przedsiębiorców branży rolnospożywczej;
- Dopasowanie oferty programowej do przedsiębiorców z obszaru rolnictwa, którzy funkcjonują na rynku nie dłużej niż 5 lat, pod kątem: długości trwania projektu (preferowany jest krótszy czas realizacji projektu, np. dwa sezony wegetacyjne) oraz obowiązku współpracy z partnerem branżowym (preferowany jest obowiązek realizacji projektu z partnerem branżowym, który mógłby pokryć część kosztów i nie wymagałby dzielenia się udziałami, jak ma to miejsce np. w przypadku programu NCBR Bridge-Alfa).

Niniejsza publikacja została przygotowana przez:

dr Monikę Kordowską – starszego specjalistę w Sekcji Analiz i Ewaluacji NCBR, redaktora publikacji,

Michała Baranowskiego – eksperta w Sekcji Analiz i Ewaluacji NCBR,

Jolantę Pisarek – eksperta w Sekcji Analiz i Ewaluacji NCBR,

Zbysława Ziemackiego – eksperta w Sekcji Strategii NCBR,

oraz

dr. hab. inż. Rafała Wawra – profesora Instytutu Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego z Zakładu Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów,

dr. inż. Tomasza Czecha – profesora Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, a także Prezesa Zarządu Centrum Transferu Technologii Uniwersytetu Rolniczego.

Autorzy dziękują dr Barbarze Kowalczyk i Katarzynie Krok z Sekcji Analiz i Ewaluacji za udzielone wsparcie merytoryczne i edytorskie podczas przygotowywania niniejszego opracowania.

Bibliografia

Publikacja naukowe

Araújo, S.O., Peres, R.S., Barata, J., Lidon, F., Ramalho, J.C., 2021, *Characterising the Agriculture 4.0 Landscape – Emerging Trends, Challenges and Opportunities*. *Agronomy*: 11, 667. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>

Berger R., 2015, *Business opportunities in precision agriculture will big data feed the world in the future*. Roland Berger strategy consultancy GMBH Automotive Competence Center, (wywiad). <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Agriculture-4.0-Digitalization-as-an-opportunity.html>

Christensen C.M., 2010, *Przełomowe innowacje*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Cupiał M., 2006, *Systemy wspomagania decyzji dla gospodarstw rolnych*, Inżynieria Rolnicza, tom 9 (84).

Dominik A., 2010, *System rolnictwa precyzyjnego*, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu, Radom, s. 1–20.

Ekielski A., Wesołowski K., 2019, *Systemy AGRO-TECHniczne*, Polska Izba Gospodarcza Maszyn i Urządzeń Rolniczych, s. 11–34.

Escamilla-García A., Soto-Zarazúa G. M., Toledano-Ayala M., Rivas-Araiza E., & Gastélum-Barrios A., 2020, *Applications of artificial neural networks in greenhouse technology and overview for smart agriculture development*, *Applied Sciences*, 10(11), 3835. <https://doi.org/10.3390/a>

Głomb K., 2020, *Kompetencje 4.0, część II: Edukacja dla Przemysłu 4.0 – wyzwania dla Polski*, Warszawa. Raport powstał na zlecenie Agencji Rozwoju Przemysłu SA.

Goel R., Yadav Ch., Vishnoi S., Rastogi R., 2021, *Smart agriculture – Urgent need of the day in developing countries*, *Sustain Comput-Infor.*, 30, 100512. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2021.100512>

Griepentrog Hans W., 2017, *Green Future – Smart Technology: Chances and challenges of digitalization in agriculture*, DLG Pressemitteilung, DLG Pressenmitteilung, 3 (typescript).

Kapusta F., 2015, *Bezpieczeństwo żywnościowe jako indyktor zrównoważonego spożycia*, *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 4(38), s. 695–703.

Księżak P., 2021, *Prawo cyborgów (1). Wprowadzenie w problematykę*, *Głos Prawa, Przegląd prawniczy Allenharda*, t. 4, nr 2 (8), poz. 29, s. 8–29.

Kraciuk J., 2018, *Bezpieczeństwo żywnościowe Polski na tle wybranych krajów Europy Wschodniej*, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej* nr 121 (2018), 41–53. DOI 10.22630/EIOGZ.2018.121.3

Kuryluk R., 2020, *O problemie z wodą w rolnictwie – okiem rolnika*, *Woda w rolnictwie – ekspertyza*.

Maffezzoli F., Ardolino M., Bacchetti A., Perona M., Renga F., 2022, *Agriculture 4.0: A systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits*, *Futures* 142(5):102998. DOI: 10.1016/j.futures.2022.102998

Martos V., Ahmad A., Cartujo P., Ordoñez J., *Ensuring Agricultural Sustainability through Remote Sensing in the Era of Agriculture 5.0*, *Appl. Sci.* 2021, 11, 5911. <https://doi.org/10.3390/app11135911>

- Miniszewski M., 2021, *Dwie dekady rozwoju polskiego rolnictwa. Innowacyjność sektora rolnego w XXI wieku*, Kutwa K. (współpr.) [Two decades of development Polish agriculture. Innovation of the agricultural sector in the 21st century, Kutwa K. (cooperation)], Polish Economic Institute, Warsaw.
- Monteleone S., de Moraes E. A., Tondato de Faria B., Aquino Junior P. T., Maia R. F., Neto A. T., & Toscano A., 2020, *Exploring the adoption of precision agriculture for irrigation in the context of Agriculture 4.0: The key role of internet of things*, *Sensors*, 20(24), 7091. <https://doi.org/10.3390/s20247091>
- Mroczkowski J., Bazylia Ś., 2021, *Technologie w rolnictwie*, Startup Poland, Warszawa.
- Nosecka B., 2018, *Gospodarka oparta na wiedzy w polskim rolnictwie*, [w:] Grzelak M., Gawryś J., Zastosowanie metod ilościowych do oceny zjawisk ekonomicznych i społecznych, Przedsiębiorczość i zarządzanie, Wydawnictwo SAN, tom XIX, zeszyt 3, część II, s. 179–192.
- Pieriegud J., Paprocki W., Gajewski J., 2015, *Megatrendy i ich wpływ na rozwój sektorów infrastrukturalnych*, Gdańsk.
- Poczta W., Rowiński J. (red.) (2019): *Struktura polskiego rolnictwa na tle Unii Europejskiej*, Wyd. CeDeWu Warszawa, ISBN: 978-83-8102-311-5, s. 83–140, s. 391.
- Popczyk J., 2014, *Mikrobiogazownia jako innowacja przełomowa*, *Czysta Energia*, nr 2, s. 1–11.
- Ragazou K., Garefalakis A., Zafeiriou E., Passas, I. *Agriculture 5.0: A New Strategic Management Mode for a Cut Cost and an Energy Efficient Agriculture Sector*, *Energies* 2022, 15, 3113. <https://doi.org/10.3390/en15093113>
- Sadowski A., Baer-Nawrocka A., Poczta W., 2013, *Gospodarstwa rolne w Polsce na tle gospodarstw Unii Europejskiej – wpływ WPR*. Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr hab. Walentego Poczty, Główny Urząd Statystyczny.
- Sadowski A., 2017, *Wyżywieniowe i środowiskowe funkcje światowego rolnictwa – analiza ostatniego półwiecza*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Saiz-Rubio V., Rovira-Más F., 2020, *From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management*, *Agronomy* 10, 207. doi:10.3390/agronomy10020207
- Sott M. K., Furstenau L. B., Kipper L. M., Giraldo F. D., Lopez-Robles J. R., Cobo M. J., Imran M. A., 2020, *Precision techniques and Agriculture 4.0 technologies to promote sustainability in the coffee sector: State of the art, challenges, and future trends*. *IEEE Access*, 8, 149854–149867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.f2020.3016325>
- Szewczyk A., 2018, Wykorzystanie aplikacji mobilnych mediów społecznościowych, *Studia i Prace WZEIZ US*, nr 54/2, s. 127–145.
- Szymczak J., Sadowski A., 2019, *Technologia blockchain jako stymulanta zachowania bezpieczeństwa żywności w łańcuchu dostaw*, *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego* 2 (96), s. 49–63.
- Wołowicz T., Gwoździewicz S., Dahl M., 2021, *Źródła pozyskiwania innowacji w rolnictwie, przetwórstwie rolno-spożywczym i pozostałej działalności gospodarczej prowadzonej przez podmioty gospodarcze na obszarach wiejskich*, s. 204.
- Woźniak, M., 2021, *Polska jako kraj o potencjale do intensywnego rozwoju inteligentnego rolnictwa*, *Intercathedra* 2 (47), 97–102. <http://dx.doi.org/10.17306/J.INTERCATHEDRA.2021.00124>
- Ziętara W., 2018, *Gospodarstwa rodzinne w Polsce, stan i kierunki rozwoju*, *Problemy Drobnych Gospodarstw Rolnych*, Nr 4, s. 89–103. DOI: <http://dx.doi.org/10.15576/PDGR/2018.4.89>
- (NCBR 2020) *Ewaluacja pomocy publicznej udzielanej za pośrednictwem NCBR w zakresie pomocy udzielonej w ramach działania 1.3 POIR Raport końcowy*, Taylor Economics (na zlecenie NCBR, Gdańsk, czerwiec 2020).

Bazy danych

DESI, 2022, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>

DG AGRI, 2020, <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DataPortal/home.html>

Espacenet, <https://worldwide.espacenet.com/>

Eurostat, 2020, Agriculture, forestry and fishery statistics, Statistical books. DOI: 10.2785/143455

Eurostat, 2022, <https://digital-agenda-data.eu/@@search-indicators?q=digital+skills>

GUS, 2019, Społeczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2015–2019, Główny Urząd Statystyczny i Urząd Statystyczny w Szczecinie, Warszawa, Szczecin.

GUS, 2020, Produkcja i handel zagraniczny produktami rolnymi w 2019 r., Urząd Statystyczny, Warszawa.

GUS, 2021, Powszechny Spis Rolny 2020, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

GUS, 2021a, Szkolnictwo wyższe i jego finanse w 2020 roku, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Ogólnopolski system monitorowania Ekonomicznych Losów Absolwentów szkół wyższych, <https://ela.nauka.gov.pl/pl>

Zintegrowany System Informacji o Szkolnictwie Wyższym i Nauce POL-on, 2022.

GUS, 2022, Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2021, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Web of Science

Dokumenty strategiczne

Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030

Krajowe Inteligentne Specjalizacje

Krajowy Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027

Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027

Strategia „od pola do stołu”

Strategia Produktowności 2030

Strategia na rzecz bioróżnorodności 2030

Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)

Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030

Pozostałe

Gartner, 2018, <https://www.gartner.com/en/newsroom>

Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, 2022, Program rozwoju kompetencji cyfrowych, projekt,

<https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/zaproszenie-do-konsultacji-programu-rozwoju-kompetencji-cyfrowych>

Ministerstwo Edukacji i Nauki, 2021, <https://studia.gov.pl/>, data dostępu: 15.12.2022 r.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2022, Wybrane wyniki badania opinii publicznej Polska wieś i rolnictwo, seminarium nt. zmian zachodzących na obszarach wiejskich i w sektorze rolno-spożywczym na podstawie badań prowadzonych na zlecenie MRiRW w kontekście aktualizacji Strategii zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030, 31 stycznia 2023 r.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2022a, <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wzmocnienie-kompetencji-cyfrowych-w-szkolach-rolniczych>

Parlament Europejski, 2020, Sztuczna inteligencja: co to jest i jakie ma zastosowania? <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20200827STO85804/sztuczna-inteligencja-co-to-jest-i-jakie-ma-zastosowania>, Dot.: 20200827STO85804

Parlament Europejski, 2021, Big data: definicja, korzyści, wyzwania (infografika), <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20210211STO97614/big-data-definicja-korzysci-wyzwania-infografika>, Dot.: 20210211STO97614

Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021, Rolnictwo precyzyjne w Polsce, raport, http://niedzwiada.nazwa.pl/pliki_view/22.10.2021/Rolnictwo_precyzyjne_w_Polsce.pdf

Politechnika Warszawska, 2017, Efekty kształcenia/uczenia się dla studiów technicznych, 1odlew-nictwo.agh.edu.pl/krk/efekty_I_II_III.pdf



Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

ul. Chmielna 69

00-801 Warszawa

Telefon: +48 22 39 07 401

gov.pl/NCBR

gov.pl/innowacje

NCBR

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach
Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego