



**UNIwersytet Rolniczy**  
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

# **MOŻLIWOŚCI I BARIERY WYKORZYSTANIA WAPNOWANIA GLEB DO POPRAWY EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ PRODUKCJI ROLNEJ ORAZ OGRANICZANIA EUTROFIZACJI WÓD POWIERZCHNIOWYCH**

Autorzy opracowania:

dr inż. Paweł Nicia, prof. URK  
dr inż. Mariusz Dacko, prof. URK  
dr hab. inż. Jarosław Janus, prof. URK  
dr hab. inż. Tomasz Kowalik, prof. URK  
dr inż. Łukasz Paluch  
dr hab. inż. Jacek Pijanowski, prof. URK  
dr inż. Aleksandra Płonka, prof. URK  
dr hab. inż. Tomasz Wojewodzic, prof. URK  
dr inż. Paweł Zadrożny, prof. URK

Opracowanie wykonane w ramach operacji:  
„Możliwości i bariery wykorzystania wapnowania gleb do poprawy efektywności ekonomicznej produkcji rolnej oraz ograniczenia eutrofizacji wód powierzchniowych”  
Umowa nr: KSOW/6/2022/079



„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”  
Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej  
„Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020  
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi  
Za treść niniejszego opracowania odpowiada Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

# SPIS TREŚCI

<b>WPROWADZENIE .....</b>	<b>4</b>
<b>1. UWAGI METODYCZNE .....</b>	<b>7</b>
1.1. Cele i główne założenia procesu badawczego .....	7
1.2. Zakres badań i organizacja procesu badawczego .....	8
1.3. Metody gromadzenia materiałów źródłowych na potrzeby analiz społeczno-ekonomicznych .....	9
1.4. Metody pozyskania i weryfikacji materiałów źródłowych niezbędnych w procesie modelowania wpływu zmian poziomu wapnowania gleb na eutrofizację wód powierzchniowych.....	15
<b>2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU I OBIEKTÓW BADAŃ .....</b>	<b>17</b>
2.1. Uzasadnienie doboru powiatów do badań terenowych.....	17
2.2. Wybrane wskaźniki społeczno-ekonomiczne charakteryzujące mieszkańców badanych powiatów .....	19
2.3. Wybrane charakterystyki produkcji rolniczej w badanych powiatach .....	26
2.4. Rozdrobnienie gruntów i warunki wodne w gminie Polanka Wielka .....	36
<b>3. WYNIKI ANALIZY EKONOMICZNEJ PROWADZONEJ NA BAZIE DANYCH RACHUNKOWOŚCI ROLNEJ FADN DLA WYSELEKCJONOWANYCH GRUP GOSPODARSTW ROLNYCH W POLSCE .....</b>	<b>41</b>
3.1. Założenia metodyczne do oceny efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych stosujących różne strategie wapnowania gleb .....	41
3.2. Strategie wapnowania stosowane przez towarowe gospodarstwa rolne.....	42
3.3. Wysokość dochodu rolniczego w gospodarstwach o różnym poziomie wapnowania gleb.....	46
3.4. Modelowanie czynników wpływających na wyniki ekonomiczne gospodarstw .....	48
<b>4. ANALIZA MOŻLIWOŚCI PODNIESIENIA RENTOWNOŚCI PRODUKCJI ROLNEJ POPREZ OGRANICZENIE WYMYWANIA SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH W WYNIKU WAPNOWANIA .....</b>	<b>53</b>
4.1. Pomiar rentowności i efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych .....	53
4.2. Wyniki ekonomiczne gospodarstw towarowych, specjalizujących się w uprawach polowych w zależności od zastosowanych strategii wapnowania .....	54
4.3. Znaczenie kompleksowości nawożenia dla osiągniętych wyników ekonomicznych .....	58
4.4. Znaczenie wapnowania dla efektów produkcji roślinnej w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji polowej – próba ujęcia modelowego .....	62

<b>5. WPŁYW WAPNOWANIA NA PODNIESIENIE JAKOŚCI ROLNICZEJ PRZESTRZENI PRODUKCYJNEJ ORAZ OGRANICZENIE WYMYWANIA SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH ..</b>	<b>67</b>
5.1. Wpływ podłoża geologicznego na właściwości gleb.....	67
5.2. Rola odczynu gleby oraz możliwości jego zoptymalizowania w produkcji roślinnej.....	68
5.3. Wymywanie składników nawozowych jako czynnik wpływający na eutrofizację wód powierzchniowych.....	75
5.4. Struktura przestrzenna, użytkowanie terenu i geomorfologia rolniczej przestrzeni produkcyjnej jako główne determinanty procesów erozyjnych ...	77
<b>6. PREZENTACJA WYNIKU MODELOWANIA WPŁYWU ZMIAN POZIOMU WAPNOWANIA GLEB NA EUTROFIZACJĘ WÓD POWIERZCHNIOWYCH NA OBSZARACH ROLNICZYCH Z UWZGLĘDNIENIEM WPŁYWU OPCJONALNYCH ZABIEGÓW URZĄDZENIOWO-ROLNYCH ORAZ ROZDROBNIENIA GRUNTÓW .....</b>	<b>87</b>
6.1. Założenia metodyczne modelu wpływu wapnowania gleb na eutrofizację wód powierzchniowych.....	87
6.2. Wstępne etapy modelowania oraz założenia procesu obliczeniowego .....	89
6.3. Zasadniczy etap modelowania i parametryzacji procesu obliczeniowego ...	95
<b>7. ANALIZA WPŁYWU WAPNOWANIA NA JAKOŚĆ I ILOŚĆ PRODUKTÓW ROLNYCH PRZY JEDNOCZESNYM UTRZYMANIU DOTYCHCZASOWEGO POZIOMU NAWOŻENIA NPK W ASPEKTCIE TZW. EUROPEJSKIEGO ZIEŁONEGO ŁADU.....</b>	<b>105</b>
7.1. Europejski Zielony Ład – założenia strategii Unii Europejskiej .....	105
7.2. Strategie Europejskiego Zielonego Ładu dotyczące sektora rolnego.....	108
7.3. Wspólna Polityka Rolna jako narzędzie Europejskiego Zielonego Ładu .....	110
7.4. Wpływ wapnowania na jakość i ilość produktów rolnych w oparciu o Europejski Zielony Ład.....	114
<b>8. WYNIKI BADAŃ ANKIETOWYCH WŚRÓD ROLNIKÓW ORAZ PRACOWNIKÓW INSTYTUCJI OKOŁOROLNICZYCH NA TEMAT MOŻLIWOŚCI I BARIER STOSOWANIA NAWOZÓW WAPNIOWYCH .....</b>	<b>120</b>
8.1. Strategie w zakresie wapnowania gleb stosowane przez respondentów ....	120
8.2. Bariery stosowania nawozów wapniowych w opiniach rolników i pracowników instytucji okołorolniczych.....	126
8.3. Ogólnopolski program regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie w opiniach respondentów.....	131
8.4. Identyfikacja determinant i barier wapnowania – próba ujęcia modelowego .....	142
<b>PODSUMOWANIE I REKOMENDACJE .....</b>	<b>148</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>160</b>
<b>SPIS TABEL, WYKRESÓW, RYSUNKÓW, MAP .....</b>	<b>169</b>

## WPROWADZENIE

Działania związane z podniesieniem efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych oraz ograniczeniem eutrofizacji wód powierzchniowych wpisują się w Strategiczny Plan dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027, który został zatwierdzony przez Komisję Europejską 31 sierpnia 2022 r. [*Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027* 2022]. Plan ten opiera się na realizacji 9 celów szczegółowych:

- wspieranie godziwych dochodów gospodarstw i odporności sektora rolnictwa w całej Unii Europejskiej (UE) w celu zwiększenia długoterminowego bezpieczeństwa żywnościowego oraz różnorodności w rolnictwie, a także zapewnienia stabilności ekonomicznej produkcji rolnej w UE,
- zwiększenie zorientowania na rynek i konkurencyjność gospodarstw, zarówno w perspektywie krótkoterminowej, jak i długoterminowej, w tym większe ukierunkowanie na badania naukowe, technologię i cyfryzację,
- poprawę pozycji rolników w łańcuchu wartości,
- przyczynianie się do łagodzenia zmiany klimatu i przystosowywania się do niej, w tym poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych i zwiększenie sekwestracji węgla, a także promowanie zrównoważonej energii,
- wspieranie zrównoważonego rozwoju i efektywnego zarządzania zasobami naturalnymi, takimi, jak woda, gleba i powietrze, w tym poprzez ograniczenie uzależnienia od produktów chemicznych,
- przyczynianie się do zatrzymania i odwrócenia procesu utraty różnorodności biologicznej, wzmacnianie usług ekosystemowych oraz ochrona siedlisk i krajobrazów,
- przyciąganie i wspieranie młodych rolników i innych nowych rolników oraz ułatwienie zrównoważonego rozwoju przedsiębiorczości na obszarach wiejskich,
- promowanie zatrudnienia, równości płci, w tym udziału kobiet w rolnictwie, włączenia społecznego i rozwoju lokalnego na obszarach wiejskich, w tym biogospodarki o obiegu zamkniętym i zrównoważonego leśnictwa,
- poprawa reagowania rolnictwa w krajach Unii Europejskiej na potrzeby społeczne dotyczące żywności i zdrowia, w tym na wysokiej jakości, bezpiecznej i pożywej żywności produkowanej w sposób zrównoważony, ograniczenie marnowania żywności, jak również poprawa dobrostanu zwierząt i zwalczanie oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe.

Poprawa efektywności ekonomicznej gospodarstw może być realizowana na wielu płaszczyznach. Warunkiem wyjściowym jest jednak poprawa jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej w zakresie parametrów gleb, które stanowią podstawę produkcji rolnej. To od jakości gleb wykorzystywanych przez rolników zależy m.in. jakość i ilość wytwarzanych płodów rolnych, opłacalność produkcji rolnej oraz jej wpływ na środowisko. Jakość gleby określa klasyfikacja bonitacyjna gleb, której zasady zostały określone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie *gleboznawczej klasyfikacji gruntów* [Dz.U. 2012 poz. 1246]. Najważniejsze właściwości, które bezpośrednio wpływają na jakość gleby to między innymi skład granulometryczny gleb, odczyn gleby oraz zawartość próchnicy [Smreczak i inni 2017]. Skład granulometryczny gleby i odczyn to właściwości bezpośrednio związane z genezą gleb. W Polsce decydujące znaczenie dla ukształtowania się gleb miał okres czwartorzędu, a ściślej plejstocen, w którym dominująca część powierzchni naszego kraju została pokryta bezwęglanowymi osadami polodowcowymi. Osady te w większości stanowiły materiał przemity i przesortowany przez wodę o znacznym stopniu zakwaszenia, taki jak piaski i gliny. Wytworzone z tych osadów gleby z powodu braku węglanów w skałach macierzystych charakteryzują się odczynem kwaśnym. Na zakwaszenie gleb, w warunkach naszego klimatu wpływają również

naturalne procesy pedogeniczne zachodzące w środowisku glebowym, które są związane zarówno z przewagą opadów atmosferycznych nad parowaniem, jak również z rozkładem resztek poźniwnych. Wszystkie te czynniki wpływają na dekalcytację i tak już ubogich w węglany gleb [Hillel 2012, Rice i Herman 2012, Mocek 2015].

Rolnik w trakcie zabiegów agrotechnicznych może do pewnego stopnia wpływać na niektóre właściwości gleby. O ile nie jest łatwo zmienić skład granulometryczny gleb (jest to nieoptymalne z ekonomicznego punktu widzenia), to w trakcie uprawy gleby, dzięki zastosowaniu odpowiedniego płodozmianu i nawożenia organicznego można utrzymać lub zwiększyć ilość próchnicy w glebie. Możliwe jest również zoptymalizowanie odczynu gleby np. poprzez zastosowanie zabiegu jej wapnowania. Odczyn gleb wpływa na osiągnięcie przez rolnika odpowiednio wysokiej efektywności ekonomicznej gospodarstwa. W warunkach kwaśnego odczynu gleby, znacząco obniża się zarówno ilość, jak i jakość plodów rolnych, zwłaszcza roślin wrażliwych na zakwaszenie gleb, w tym zbóż, których uprawa jest związana z zapewnieniem bezpieczeństwa żywnościowego kraju. Przy założeniu, że rolnicy nie mają możliwości zmiany składu granulometrycznego gleb oraz podniesienia w nich zawartości próchnicy, to odczyn gleby będzie stanowił element bezpośrednio wpływający na ilość plonów i opłacalność produkcji rolnej. Zakwaszenie gleb nie tylko wpływa na efektywność ekonomiczną gospodarstw rolnych, ale w istotny sposób oddziałuje na środowisko. Kwaśny odczyn gleb użytkowanych rolniczo może powodować ograniczenie zdolności kompleksu sorpcyjnego do zatrzymywania mikro- i makroelementów wnoszonych do gleby wraz z nawozami mineralnymi, wymywanie składników nawozowych do wód, zwiększenie fitoprzyswajalności metali ciężkich, a także zmniejszenie aktywności różnych grup mikroorganizmów glebowych odpowiedzialnych za rozkład materii organicznej i jej odkładanie w postaci próchnicy.

Skala problemu zakwaszenia gleb uprawianych jest bardzo duża. W Polsce zaledwie 0,5% powierzchni użytków rolnych to gleby orne najlepsze, zaliczane do I klasy bonitacyjnej, które gwarantują uzyskanie pewnych plonów przy minimalnych nakładach na zabiegi agrotechniczne i nawożenie, w tym na wapnowanie. Niestety znaczna większość gleb użytkowanych przez rolników to gleby kwaśne, klasyfikowane w gorszych klasach bonitacyjnych, które wymagają większej ilości zabiegów agrotechnicznych w tym wapnowania. Znaczenie utrzymania optymalnego odczynu gleby w uprawach poszczególnych grup roślin było wielokrotnie poruszane zarówno w literaturze naukowej, popularnonaukowej zarówno w Polsce, jak i na świecie [Pierre i Scarseth 1931, Mehlich 1942, Pondel i inni 1991, Siuta 1974, Fotyma i Zięba 1988, Curyło 1996, Bednarek i Lipiński 1996, Dobrzański i Zawadzki 1995, Lipiński 2005, Filipek i inni 2015]. Szeroko zakrojone badania wpływu nawożenia odkwaszającego na gleby przeprowadzono w dużej skali w Polsce w latach 70-ych i 80-ych XX-ego wieku [Boguszewski 1980, Fotyma i Zięba 1988]. Badania te zaowocowały opublikowaniem opartych na naukowych podstawowych zaleceń nawozowych, w tym dotyczących wapnowania gleb. Pomimo, że zakwaszenie gleb jest istotnym problemem ekonomicznym i środowiskowym związanym z produkcją roślinną w Polsce, to zabiegi wapnowania nie są stosowane przez wszystkich rolników, a poziom wapnowania jest ciągle zbyt niski. Potwierdzają to wyniki *Powszechnego Spisu Rolnego 2020* oraz relatywnie niski poziom wykorzystania środków finansowych w ramach „*Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie*” w latach 2019-2020. Zoptymalizowanie odczynu gleb, na których prowadzona jest produkcja roślinna, pozwoliłoby rolnikom łatwiej wpisać się w cele Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 poprzez:

- zwiększenie efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych,
- zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego w kraju,
- poprawę konkurencyjności gospodarstw na rynku,
- wspieranie zrównoważonego rozwoju w aspekcie ochrony wód powierzchniowych,

- przyczynienie się do zahamowania procesu utraty bioróżnorodności biologicznej wywołanej zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych.

Zwiększenie poziomu nawożenia odkwaszającego ma również niebagatelne znaczenie w związku z regulacjami, jakie planowane są do wprowadzenia w ramach koncepcji tzw. Europejskiego Zielonego Ładu zakładającego m.in. obniżenie poziomu nawożenia mineralnego o 20,0% oraz zużycia pestycydów o 50,0%. Przedmiotowa ekspertyza ma na celu identyfikację czynników wpływających na niski poziom nawożenia odkwaszającego. Dzięki identyfikacji barier możliwe będzie zaproponowanie rozwiązań wspierających stosowanie przez rolników nawozów wapniowych w uprawach rolnych.

# 1. UWAGI METODYCZNE

## 1.1. Cele i główne założenia procesu badawczego

Głównym celem podjętych badań była identyfikacja czynników, które wpływają na niedostateczny poziom stosowania przez rolników nawozów wapniowych w uprawach rolnych. Jak wykazano w Ekspertyzie 1, pt.: „Kwasowość gleb i stan nawożenia wapniowego w Polsce w świetle wyników powszechnego spisu rolnego 2020 – konsekwencje środowiskowe i ekonomiczne”, większość gleb w Polsce wymaga systematycznego nawożenia nawozami wapniowymi. Pomimo tego obserwowane jest relatywnie niskie zainteresowanie części właścicieli gruntów ornych nawożeniem wapniowym. Sytuację taką tylko w niewielkim zakresie poprawił wprowadzony od 2019 r. „Ogólnopolski program regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie”.

W podjętym przez pracowników Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie projekcie badawczym wyróżnić można trzy cele szczegółowe:

- poznanie opinii rolników oraz pracowników instytucji okołorolniczych na temat możliwości i barier stosowania nawozów wapniowych,
- próba oceny efektywności ekonomicznej gospodarstw towarowych w zależności od stosowanego poziomu nawożenia gleb wapniem oraz identyfikacja czynników w największym stopniu oddziałujących na wyniki ekonomiczne tych gospodarstw,
- opracowanie metodyki modelu informatycznego umożliwiającego badanie wpływu wapnowania gleb na eutrofizację wód powierzchniowych (dla zadanego obszaru w skali wsi lub fragmentu wsi stanowiącego zlewnię określonego cieku wodnego lub wód stojących).

Realizacji celu głównego oraz celów szczegółowych towarzyszyła próba znalezienia odpowiedzi na następujące pytania badawcze:

- Jakie czynniki powodują, iż obecny poziom wapnowania gleb nie jest wystarczający?
- Jaki jest obecnie poziom wiedzy wśród rolników i pracowników instytucji okołorolniczych na temat efektów wapnowania gleb?
- Czy znane są rolnikom i pracownikom instytucji okołorolniczych programy wspierające wapnowanie gleb?
- Jakie są czynniki, wskutek których rolnicy nie wykorzystują w satysfakcjonującym stopniu programu wsparcia wapnowania gleb?
- W jaki sposób na przyszłość gospodarstw rolnych wpłynie realizacja założeń koncepcji Europejskiego Zielonego Ładu?

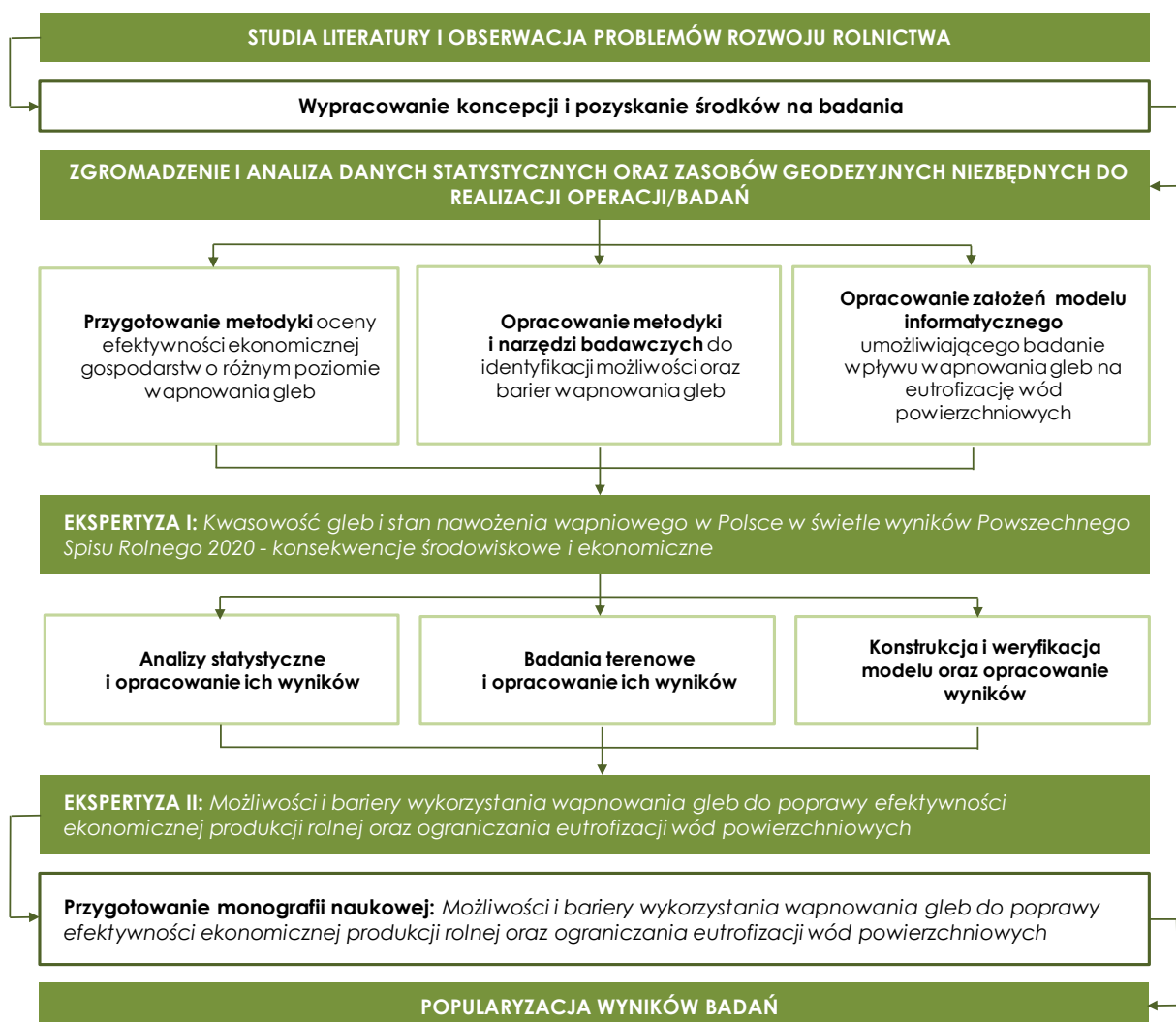
Założono, że dzięki identyfikacji czynników, które wpływają na niski poziom stosowania przez rolników nawozów wapniowych, możliwe będzie wyeliminowanie lub ograniczenie tego zjawiska. W wyniku realizacji projektu i promocji wyników badań powinno nastąpić zwiększenie wykorzystania nawozów wapniowych (również wapniowo-magnezowych) do odkwaszania gleb użytkowanych rolniczo. Kluczowe efekty realizacji badań będą miały charakter długofalowy i wielopłaszczyznowy, a uzyskane wyniki badań powinny przyczynić się do:

- zwiększenia świadomości oraz wiedzy rolników oraz wiedzy rolników, pracowników instytucji okołorolniczych oraz decydentów na temat znaczenia zabiegu wapnowania gleb i jego wpływu na poprawę efektywności ekonomicznej prowadzenia działalności rolniczej, wpływu wapnowania gleb na poprawę jakości środowiska, zróżnicowania Polski w zakresie poziomu wapnowania gleb użytkowanych rolniczo oraz stosowanych dotychczas narzędzi służących poprawie tej sytuacji,

- identyfikacji barier oraz możliwości zwiększenia poziomu wapnowania gleb, a tym samym poprawy efektywności ekonomicznej funkcjonowania gospodarstw rolnych oraz jakości wód gruntowych,
- dostarczenia wytycznych do konstrukcji nowych, skuteczniejszych programów regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie.

## 1.2. Zakres badań i organizacja procesu badawczego

Prowadzone na przełomie lat 2022 i 2023 badania terenowe, analizy modelowe oraz analizy ekonomiczne zostały poprzedzone gruntownymi studiami literatury z zakresu rolnictwa, gleboznawstwa, fizjologii roślin, gospodarki przestrzennej, gospodarki wodnej, geodezji, ekonomiki rolnictwa oraz polityki rolnej. Dużą uwagę w trakcie przygotowywania projektu badawczego oraz we wstępnej fazie jego realizacji położono także na przegląd wtórnych źródeł informacji, w tym danych statystyki masowej dla okresu 2010-2020 (rysunek 1).



Rysunek 1. Etapy procesu badawczego

Źródło: Nicia i inni 2022.

Wyniki analizy danych statystycznych zostały zaprezentowane w Ekspertyzie 1 oraz wykorzystano je również w dyskusji nad wynikami badań prezentowanymi w Ekspertyzie 2<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ekspertyza 1 pt.: Kwasowość gleb i stan nawożenia wapniowego w Polsce w świetle wyników powszechnego spisu rolnego 2020 - konsekwencje środowiskowe i ekonomiczne; Ekspertyza 2 pt.: Możliwości i bariery wykorzystania



Zakres przestrzenny prowadzonych badań został zdeterminowany założeniami projektu, a charakterystyka obiektów (powiatów) wytypowanych do badań została przedstawiona w rozdziale 2. Na bazie przygotowanej metodyki badań przeprowadzono analizę:

- stosowanego przez rolników poziomu nawożenia i wapnowania (prowadzących produkcję towarową i rachunkowość rolną w ramach systemu FADN),
- uzyskiwanych wyników ekonomicznych przez gospodarstwa (prowadzące produkcję towarową i rachunkowość rolną w ramach systemu FADN) o różnych strategiach nawożenia i wapnowania.

Podjęto także próbę określenia znaczenia wapnowania gleb dla wyników produkcyjnych i ekonomicznych osiąganych przez gospodarstwa rolne. Wyniki tych analiz zaprezentowano w rozdziałach 3 i 4. Drugi bardzo ważny element procesu badawczego stanowiły badania ankietowe prowadzone na przełomie roku 2022 i 2023 równoległe wśród rolników oraz pracowników instytucji okołorolniczych. Wyniki badań ankietowych zaprezentowano w rozdziale 8. Trzecim komponentem procesu badawczego były rozważania modelowe nad znaczeniem wapnowania i scaleń gruntów dla procesów eutrofizacji wód. Wyniki tych rozważań zostały przedstawione w rozdziale 6. Szczegółową metodykę prowadzenia analiz w każdym z trzech komponentów zaprezentowano w kolejnych rozdziałach bezpośrednio przed omówieniem wyników badań, co powinno ułatwić czytelnikom ich śledzenie i percepcję.

### **1.3. Metody gromadzenia materiałów źródłowych na potrzeby analiz społeczno-ekonomicznych**

Złożony charakter prowadzonych badań wymusił na zespole realizującym projekt wykorzystanie zróżnicowanej i szerokiej bazy informacji. Prace badawcze prowadzono w układzie trójstopniowym, opartym o studia literaturowe, badania empiryczne oraz analizy modelowe. Pierwsza i zarazem wyjściowa płaszczyzna warunkująca zakres przedmiotowy, podmiotowy i przestrzenny prowadzonych badań koncentrowała się na analizie polskiej i zagranicznej literatury przedmiotu, a w tym wykorzystaniu danych wtórnych. Z kolei druga płaszczyzna badawcza, obejmująca kwestie poznania opinii rolników oraz pracowników instytucji okołorolniczych na temat możliwości i barier stosowania nawozów wapniowych, wymagała pozyskania danych pierwotnych. Zebranie, weryfikacja i analiza danych pierwotnych była bardzo pracochłonnym etapem w całym procesie badawczym. Etap ten generował jednocześnie najwyższe koszty. Trzecia płaszczyzna, którą stanowiły rozważania modelowe, wymagała szerokiej wiedzy eksperckiej oraz zastosowania zaawansowanych narzędzi statystycznych i informatycznych.

Punktem wyjścia zarówno dla powstania projektu, jak również dla realizacji jego pierwszego etapu były wyniki przeprowadzonego w 2020 r. Powszechnego Spisu Rolnego. Ponadto w szerokim zakresie wykorzystano materiały publikowane przez instytuty badawcze, instytucje otoczenia rolnictwa, w tym Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, Stacje Chemiczno-Rolnicze, statystykę publiczną (Główny Urząd Statystyczny oraz Wojewódzkie Urzędy Statystyczne). Podstawowym źródłem informacji wykorzystanym w rozdziałach 3 i 4 były dane pozyskane z Polskiego FADN, gromadzone i administrowane przez Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie. Dla potrzeb prowadzonych badań wyselekcjonowano podmioty o powierzchni minimum 1 ha UR, dla

---

*wapnowania gleb do poprawy efektywności ekonomicznej produkcji rolnej oraz ograniczania eutrofizacji wód powierzchniowych.*

których dostępne były standardowe dane produkcyjno-ekonomiczne nieprzerwanie w okresie 2010-2020. Szczegółowe informacje o liczebności i strukturze poszczególnych grup gospodarstw zostały zamieszczone w tekście opisującym procedurę badań i ich wyniki.

Drugim komponentem badań ekonomiczno-społecznych było poznanie opinii rolników i pracowników instytucji okołorolniczych na temat możliwości i barier stosowania nawozów wapniowych. Wybór sposobu przeprowadzenia badań ankietowych został dostosowany do warunków lokalnych w przyjętych do badań powiatach. Doświadczenia autorów niniejszej ekspertyzy wskazują, iż potencjalni respondenci niechętnie biorą udział w badaniach, gdy są do nich zapraszani przez osoby obce. Trudno również oczekiwać udziału w badaniach prowadzonych przez Internet osób w starszym wieku oraz osób aktywnych zawodowo. Dlatego też, zdecydowano się na wykorzystanie w prowadzonych badaniach autorytetu liderów lokalnych, takich jak sołtysi, samorządowcy, delegaci izb rolniczych czy nauczyciele szkół rolniczych. Osoby takie są zazwyczaj obdarzone zaufaniem społeczności lokalnych, więc ich zaangażowanie w przeprowadzenie badań przy wykorzystaniu papierowego formularza ankiety stanowiło istotny czynnik sukcesu prowadzonych wywiadów (w szczególności dużego odsetka wypełnionych formularzy ankiet). Na potrzeby realizacji operacji i przyjętych w niej celów badawczych zaprojektowane zostały dwa kwestionariusze ankiet<sup>2</sup>, tj.:

- kwestionariusz ankiety „*Możliwości i bariery stosowania nawozów wapniowych według rolników*” (zwany dalej: Ankieta 1),
- kwestionariusz ankiety „*Możliwości i bariery stosowania nawozów wapniowych według ekspertów*” (zwany dalej: Ankieta 2).

Badania ankietowe przeprowadzono wśród:

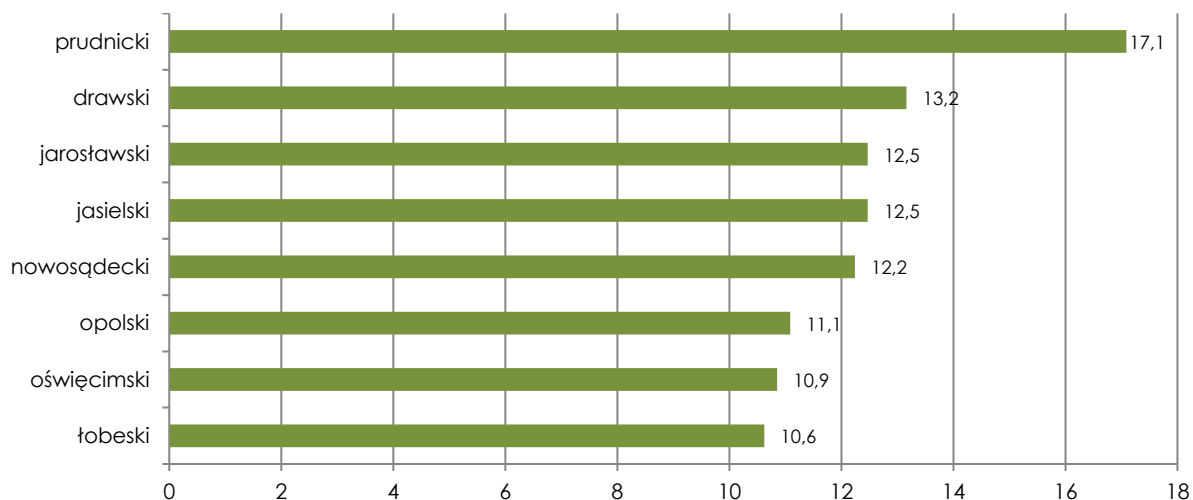
- właścicieli gospodarstw rolnych (rolników); łącznie rozdysponowano około 1 000 formularzy ankiety, z czego wypełnionych i zwróconych organizatorom badań zostało 486. Do dalszych analiz po weryfikacji poprawności wypełnienia zakwalifikowano 443 (należy podkreślić, że w pierwotnych założeniach projektu przyjęto, iż minimalna liczba respondentów wyniesie 240 (8 powiatów x 30 rolników),
- pracowników instytucji okołorolniczych (tzw. ekspertów), w tym pracowników ośrodków doradztwa rolniczego (ODR), terenowych jednostek Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR), samorządów terytorialnych, terenowych jednostek Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa, jednostek Wód Polskich, nauczycieli szkół rolniczych. Łącznie rozdysponowano około 500 ankiet, odesłanych i pozytywnie zweryfikowanych zostało 325 (należy nadmienić, że w założeniach projektu minimalna liczba ankiet wynosiła 80, tj. 8 powiatów x 10 ekspertów).

Zgodnie z założeniami projektu, do badań zaproszono właścicieli gospodarstw rolnych zlokalizowanych w wytypowanych dobranych w sposób celowy powiatach. Struktura respondentów analizowana z punktu widzenia niniejszego kryterium kształtowała się dosyć podobnie i obejmowała kilkanaście procent rolników reprezentujących dany obszar terytorialny. Najwięcej, bo aż 74 respondentów pochodziło z powiatu prudnickiego, stanowiąc tym samym 17,1% całej próby badawczej (wykres 1). Najmniejszy udział w badaniach, wynoszący 11,0% ogółu ankietowanych stanowili rolnicy reprezentujący powiaty: łobeski, opolski i oświęcimski. Analizując liczbę właścicieli gospodarstw rolnych biorących udział w badaniach w stosunku do liczby wszystkich gospodarstw w poszczególnych powiatach należy podkreślić, iż najwięcej rolników z regionu reprezentowali respondenci z powiatu łobeskiego (4,7% ogółu gospodarstw),

---

<sup>2</sup> Zasady i metodyka konstrukcji ankiety zostały szczegółowo opisane w Ekspertyzie 1 pt.: *Kwasowość gleb i stan nawożenia wapniowego w Polsce w świetle wyników powszechnego spisu rolnego 2020 - konsekwencje środowiskowe i ekonomiczne*.

następnie z powiatu prudnickiego (3,5% ogółu gospodarstw) oraz z powiatu drawskiego (3,3% ogółu gospodarstw). W pozostałych powiatach udział ten wynosił od 2,0% do 0,4%.

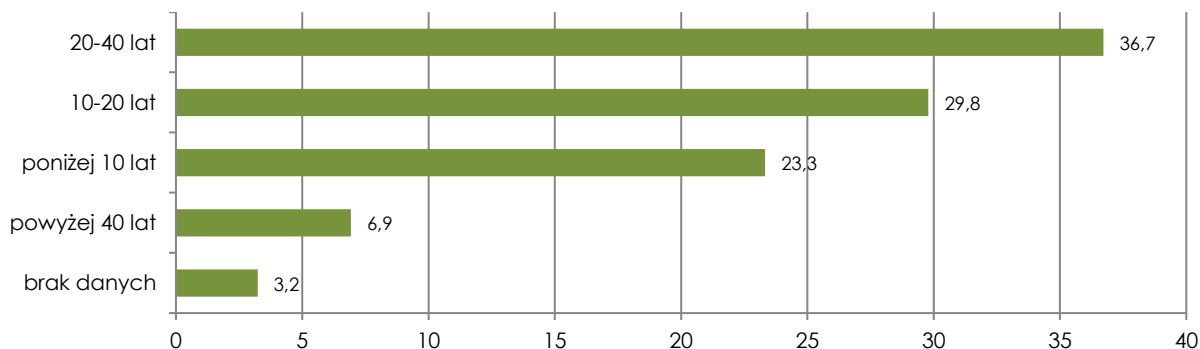


Objaśnienia do wykresu: n = 433.

### Wykres 1. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium lokalizacji gospodarstwa (powiatu) [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

Analizując respondentów pod względem stażu pracy, a tym samym doświadczenia można zauważyć, iż dominujący udział w próbie stanowili rolnicy prowadzący swoje gospodarstwa od 21 lat do 40 lat. Duży odsetek stanowili rolnicy deklarujący staż pracy w gospodarstwie nie przekraczający 20 lat (łącznie 53,0%), z czego aż blisko 1/5 wskazała, iż pracuje w rolnictwie nie dłużej niż 10 lat (wykres 2). Najmłodszy stażem rolnicy dominowali w powiecie prudnickim i drawskim. Z kolei ci najdłużej pracujący w rolnictwie, bo ponad 50 lat, pochodzili głównie z powiatu oświęcimskiego.

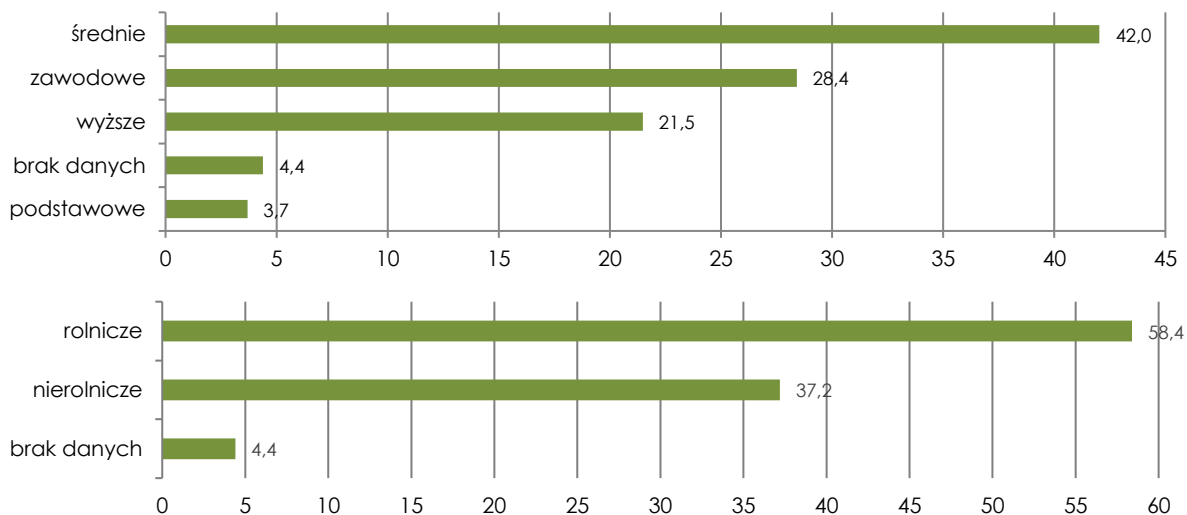


Objaśnienia do wykresu: n = 433.

### Wykres 2. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium liczby lat pracy w gospodarstwie [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

Charakteryzując właścicieli gospodarstw rolnych ze względu na kryterium poziomu wykształcenia odnotowano, iż w badanej próbie dominowały osoby z wykształceniem co najmniej średnim (łącznie 64,0%). Najlepiej wykształceni respondenci pochodzili z powiatu drawskiego i oświęcimskiego. Żaden z ankietowanych rolników z powiatu opolskiego i oświęcimskiego nie deklarował wykształcenia podstawowego. Warto podkreślić również fakt, iż 253 respondentów (tj. 58,4%) posiadało kierunkowe wykształcenie rolnicze (wykres 3).

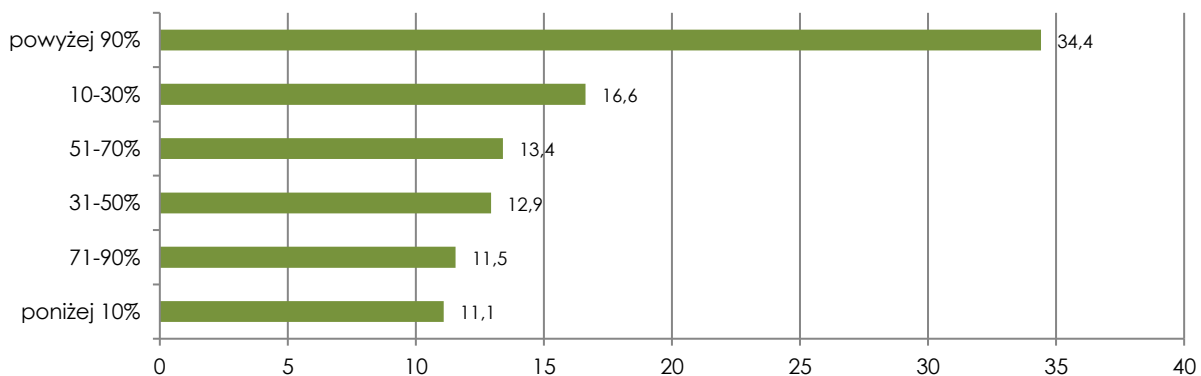


Objaśnienia do wykresu: n = 433.

### Wykres 3. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium poziomu i rodzaju wykształcenia [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

Jednym z kluczowych elementów analizy próby badawczej rolników było kryterium dochodowości, określane jako odsetek dochodu uzyskiwanego z gospodarstwa rolnego w dochodach ogółem gospodarstwa domowego respondenta. Ponad 1/3 respondentów deklarowała, iż dochody pochodzące z produkcji rolnej stanowią ponad 90,0% ogólnej sumy dochodów rolnika i jego rodziny (wykres 4). Na drugim miejscu uplasowały się wskazania mówiące o odsetku dochodów z gospodarstwa rolnego mieszczącym się w przedziale 71-90,0% dochodów z gospodarstwa domowego. Udział dochodów z rolnictwa w dochodach ogółem rodziny rolnika mniejszy niż 10,0% wskazało zaledwie 48 osób (tj. 11,0%).



Objaśnienia do wykresu: n = 433.

### Wykres 4. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium dochodowości [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

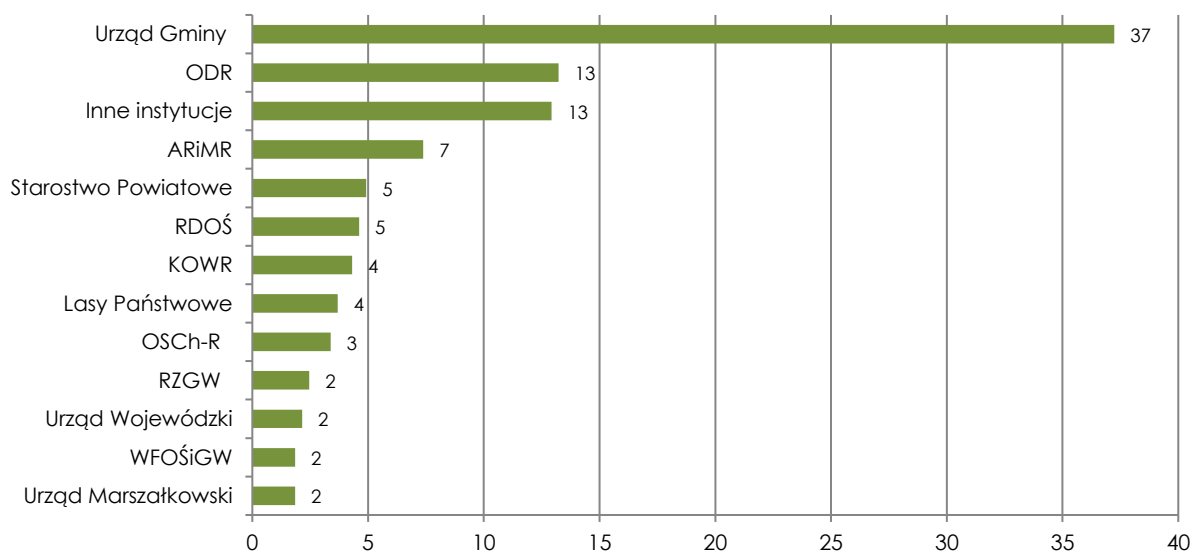
Dochody uzyskiwane z działalności rolniczej odgrywały większą rolę w przypadku gospodarstw usytuowanych w zachodniej i północno-zachodniej części Polski. Wśród respondentów z powiatów: łobeskiego, opolskiego i prudnickiego stanowiły one główne źródło dla odpowiednio: 54,3%, 54,2% i 50,0% badanych osób. W powiatach tych równolegle odnotowano najniższy odsetek gospodarstw deklarujących, że dochody rolnicze stanowią mniej niż 10,0% ogółu dochodów rodziny rolnika (tabela 1).

**Tabela 1. Liczebność respondentów (właściciele gospodarstw rolnych) w zależności od udziału dochodów z gospodarstwa rolnego w dochodach z gospodarstwa domowego**

Powiat	Udział dochodów z gospodarstwa rolnego w dochodach gospodarstwa domowego (liczba osób)						Ogółem
	poniżej 10%	10-30%	31-50%	51-70%	71-90%	powyżej 90%	
drawski	2	7	11	9	6	22	57
jarosławski	6	12	9	6	8	13	54
jasielski	16	10	9	2	5	12	54
łobeski	0	1	5	8	7	25	46
nowosądecki	13	14	6	9	7	4	53
opolski	2	9	2	4	5	26	48
oświęcimski	7	13	8	6	3	10	47
prudnicki	2	6	6	14	9	37	74
<b>Razem</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>50</b>	<b>149</b>	<b>433</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

Drugą próbę badawczą stanowili pracownicy instytucji otoczenia rolnictwa (tzw. eksperci), uczestniczący w tworzeniu i realizacji polityki rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich. Zgodnie z założeniami projektu do badań zaproszono pracowników z szerokiego wachlarza instytucji związanych z rolnictwem. Najliczniejszą grupę respondentów w próbie badawczej ekspertów stanowili pracownicy urzędów gmin (37,0%) zajmujący się bezpośrednio kwestiami rolnictwa i obszarów wiejskich. Relatywnie wysoki odsetek badanych stanowili także eksperci z ośrodków doradztwa rolniczego (ODR) oraz pracownicy tzw. innych instytucji branżowych, w tym głównie nauczyciele/praktycy ze szkół rolniczych. Warto w tym miejscu podkreślić, iż w badaniach wzięli udział przedstawiciele wszystkich założonych w projekcie instytucji okołorolniczych (wykres 5).



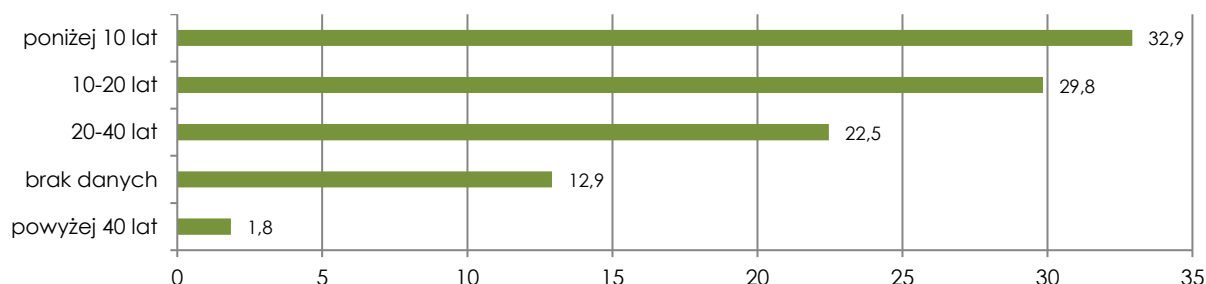
Objaśnienia do wykresu: n = 325.

**Wykres 5. Charakterystyka respondentów (ekspertów) według kryterium reprezentowanej instytucji otoczenia rolnictwa [%]**

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

Ważnym elementem charakteryzującym badaną populację ekspertów było kryterium stażu pracy w danej instytucji. Długoletnie doświadczenie zawodowe pozwala bowiem na szersze spektrum postrzegania analizowanej problematyki przez respondenta, a dla badacza, jest źródłem cennych informacji i spostrzeżeń. Z tego punktu widzenia struktura próby badawczej ukształtowała się zadowalająco. Blisko 1/4 respondentów deklarowała długi staż pracy przekraczający 20 lat (wykres 6). Równie wysoki odsetek respondentów charakteryzował się

bogatym doświadczeniem zawodowym obejmującym od 11 do 20 lat pracy. Warto zaznaczyć, że aż 13,0% respondentów-ekspertów nie udzieliło odpowiedzi na pytanie dotyczące stażu pracy (kategoria „brak danych”). Autorzy badań uznali jednak, iż brak odpowiedzi w tej kwestii nie był powodem wykluczenia respondentów z dalszych analiz dotyczących pozostałych zagadnień.



Objaśnienia do wykresu: n = 325.

### Wykres 6. Charakterystyka respondentów (ekspertów) według kryterium stażu pracy [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

W ramach projektu przeprowadzono również pogłębione wywiady z wybranymi rolnikami oraz pracownikami instytucji związanych z rolnictwem. Celem prowadzonych wywiadów było uszczegółowienie wyników uzyskanych podczas realizacji badań ankietowych. Na potrzeby wywiadów pogłębionych opracowano dwa oddzielne zestawy pytań. Główną oś rozmowy z ekspertami obejmowały następujące kwestie:

- Jaki Pani/Pana zdaniem jest obecnie poziom wiedzy wśród rolników na temat efektów wapnowania gleb?
- Jaki Pani/Pana zdaniem jest obecnie poziom wiedzy wśród pracowników instytucji okołorolniczych na temat efektów wapnowania gleb?
- Czy Pani/Pana zdaniem znane są rolnikom i pracownikom instytucji okołorolniczych programy wspierające wapnowanie gleb?
- Jakiego są Pani/Pana zdaniem czynniki, wskutek których rolnicy nie wykorzystują w satysfakcjonującym stopniu programów wsparcia wapnowania gleb?
- W jaki sposób Pani/Pana zdaniem na przyszłość gospodarstw rolnych wpłynie realizacja założeń koncepcji Europejskiego Zielonego Ładu?
- Czy wedle Pani/Pana dotychczasowych doświadczeń i obserwacji w rozmowach z rolnikami w ramach konsultacji/doradztwa poruszany jest temat wapnowania?
- Czy wedle Pani/Pana dotychczasowych doświadczeń i obserwacji rolnicy często pytają o wysokość dawek nawozów odkwaszających i częstotliwość tego zabiegu?
- Czy w ostatnich 5 latach Instytucja, którą Pani/Pan reprezentuje organizowała szkolenia na których omawiano tematykę wapnowania gleb?
- Czy szkolenia związane z tematyką wapnowania są potrzebne i czy rolnicy Pani/Pana zdaniem będą nimi zainteresowani?

Zestaw zagadnień stanowiących główny schemat wywiadów z rolnikami obejmował pytania:

- Co sądzi Pani/Pan o potrzebach wapnowania gleby?
- Jak często badała/ł Pani/Pan gleby pod kątem potrzeb ich wapnowania (pomiar pH gleby wraz z określeniem potrzeb wapnowania w stacji chemiczno-rolniczej)?
- Czy według Pani/Pana procedura ubiegania się o dofinansowanie do wapnowania gleb jest łatwa i prosta dla rolnika?
- Jakiego czynniki Pani/Pana zdaniem wpływają na to, że nie stosuje się nawożenia odkwaszającego.



#### **1.4. Metody pozyskania i weryfikacji materiałów źródłowych niezbędnych w procesie modelowania wpływu zmian poziomu wapnowania gleb na eutrofizację wód powierzchniowych**

Jednym z niezbędnych etapów przy modelowaniu zjawisk przestrzennych jest decyzja o wyborze odpowiednich zbiorów danych. Wybór ten powinien być podyktowany uzyskaniem zbiorów informacji o odpowiedniej jakości, dokładności i aktualności. Istotne jest również, aby zaplanowane do wykorzystania źródła gwarantowały kompletność danych oraz ich dostępność w założonym okresie czasu. W przypadku realizowanego modelowania wpływu zmian poziomu wapnowania gleb na poziom zagrożenia eutrofizacją wód powierzchniowych niezbędne było zgromadzenie informacji z następujących zakresów:

- rozmieszczenia powierzchniowej sieci wodnej na badanym obszarze,
- ukształtowania terenu,
- rodzajów i typów gleb,
- zróżnicowania sposobu pokrycia (użytkowania) terenu,
- podziału własnościowego na działki (danych katastralnych),
- zbiorów informacji przedstawiających zmienność kluczowych dla zaplanowanej analizy czynników meteorologicznych.

W przypadku realizowanego badania informacje obejmowały zapis obrazujący zmienność temperatury oraz opadów dla wybranych lat. Zdecydowano się wykorzystać jedynie ogólnodostępne, publiczne zbiory danych przestrzennych oraz informacji o przebiegu zjawisk meteorologicznych. Podejście takie pozwala na łatwe powtórzenie zrealizowanych badań dla dowolnego obszaru Polski z wykorzystaniem zaprezentowanej metodyki. Informacje o ukształtowaniu terenu zostały uzyskane w wyniku przetworzenia zbiorów skaningu laserowego (LiDAR) dla obszaru opracowania. Zbiory te są jednym z rezultatów projektu ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju), realizowanego od 2010 r. przez konsorcjum instytucji rządowych i naukowych, mającego na celu utworzenie systemu poprawiającego osłonę gospodarki, środowiska i społeczeństwa przed nadzwyczajnymi zagrożeniami, w szczególności przed powodzią. Chmury punktów utworzone w ramach wspomnianego projektu od roku 2022 są udostępniane w ramach systemu udostępniania danych geoprzestrzennych o nazwie Geoportal [[www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl) 2023]. Dostępne do pobrania są również produkty pochodne tych zbiorów danych (w tym numeryczny model terenu (NMT)). Model ukształtowania terenu o parametrach dostosowanych do potrzeb danego projektu może być z powodzeniem wykonany w oparciu o wyjściowe dane skaningu laserowego. Kolejnym źródłem danych, o którym należy wspomnieć, jest wysokorozdzielcza ortofotomapa analizowanego obszaru, która została wykorzystana w postaci usługi WMS w środowisku programu QGIS.

Informacje o użytkowaniu terenu (rodzajach użytków gruntowych) zostały pozyskane z Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, jako część bazy danych ewidencji gruntów i budynków (EGiB). Umożliwiły one dokonanie podziału opracowanego obszaru ze względu na sposób użytkowania, co pozwoliło na realizację trzech celów. Pierwszym z nich była identyfikacja sieci wód powierzchniowych na badanym obszarze. Drugim z celów była identyfikacja, a następnie wyłączenie z analizy tych terenów, które nie są użytkowane rolniczo (dotyczyło to głównie obszarów zabudowanych, komunikacyjnych oraz innych, które nie miały charakteru użytków rolnych). Ostatnim z celów było dokonanie podziału obszaru użytkowanego rolniczo ze względu na typ użytku gruntowego (grunty orne oraz trwałe użytki zielone w postaci łąk i pastwisk).

Informacje o podziale własnościowym (podział opracowywanego obszaru na działki ewidencyjne), podobnie jak dane na temat użytkowania gruntów zostały pozyskane

z Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w formacie GML (*Geography Markup Language*), który jest obowiązującym w Polsce formatem wymiany danych z zakresu EGİB. Pliki GML zostały następnie przetworzone w środowisku programu QGIS do postaci warstwy wektorowej, przechowywanej następnie w formacie *shapefile* (\*.shp). Wykorzystana wektorowa, cyfrowa mapa glebowo-rolnicza (pozyskana również w postaci zbioru w formacie *shapefile*) odpowiada zawartości baz danych przestrzennych o zróżnicowaniu jakości gleb Województwa Małopolskiego. Natomiast informacje meteorologiczne, obejmujące lata 2017, 2019 i 2021 (opady atmosferyczne) oraz lata 2019-2021 (przeciętne temperatury dobowe) zostały pozyskane na podstawie danych publikowanych i udostępnionych do pobrania przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej z siedzibą w Warszawie [<https://danepubliczne.imgw.pl> 2023], przy czym zbiory te udostępniane są postaci plików tekstowych (format CSV). Wybrano wskazania z najbliższego punktu pomiarowego w stosunku do badanego obszaru, którym okazała się stacja pomiarowa Pszczyzna w powiecie pszczyńskim.

Należy podkreślić, że wszystkie pozyskane informacje przestrzenne wykorzystane w procesie modelowania zmian zagrożenia eutrofizacją pochodzą z publicznych zbiorów danych, które stanowią zawartość baz danych ewidencji gruntów i budynków, są wynikiem dużych projektów finansowanych ze środków publicznych (dane LiDAR, cyfrowa mapa glebowo-rolnicza) lub stanowią zbiory danych o charakterze pomiarowym udostępnione przez wyspecjalizowane instytucje badawcze (dane meteorologiczne). Z tego powodu odstąpiono od procesu dodatkowej weryfikacji pozyskanych danych w zakresie ich poprawności merytorycznej.



## 2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU I OBIEKTÓW BADAŃ

### 2.1. Uzasadnienie doboru powiatów do badań terenowych

Realizacja założonych w przedmiotowym projekcie celów badawczych wymagała zastosowania kilkuetapowego schematu doboru obiektów badań. Zgodnie z przyjętymi założeniami punkt wyjścia dla przeprowadzenia badań terenowych (ankietowych) oraz analiz statystyczno-ekonomicznych w ujęciu przestrzennym, stanowiły cztery regiony, których odpowiednikiem, zgodnie z obowiązującą w Polsce europejską klasyfikacją Jednostek Terytorialnych do Celów Statystycznych (NUTS 2) są województwa:

- małopolskie,
- opolskie,
- podkarpackie,
- zachodniopomorskie.

Regiony te charakteryzują się zdecydowanie odmiennymi uwarunkowaniami środowiskowymi, strukturalnymi i historycznymi, co istotnie wzbogaciło spektrum przeprowadzonych badań oraz poszerzyło możliwość analiz i wnioskowania. Jak wskazały wyniki analiz zaprezentowane w Ekspertyzie 1, są to również województwa znacznie zróżnicowane pod względem poziomu nawożenia wapniowego. W 2020 r. województwa małopolskie i podkarpackie należały do regionów o najniższych dawkach stosowanych nawozów wapniowych (odpowiednio 51,7 kg oraz 71,9 kg CaO na ha UR). Na drugim biegunie uplasowało się województwo opolskie, w którym średni poziom tego typu nawożenia był najwyższy i wynosił 144,4 kg CaO na ha UR. W województwie zachodniopomorskim średnia dawka CaO na ha UR wynosiła natomiast 97,3 kg [Nicia i inni 2022].

Dla uzyskania większego stopnia szczegółowości przyjęto, że do badań terenowych (ankietowych) wytypowane zostaną po dwa powiaty zlokalizowane na obszarze wyżej wymienionych województw. W każdym z regionów wybrano zatem po jednym z powiatów charakteryzujących się relatywnie wysokim, średnim oraz niskim poziomem nawożenia wapniowego (CaO). W procedurze wyboru powiatów uwzględniono również inne czynniki, tj.: sposób użytkowania gruntów, strukturę użytków rolnych, czy możliwości logistyczne przeprowadzenia badań ankietowych. Zakres przestrzenny analiz warunkowany był także dostępnością informacji publikowanych w ramach ogólnodostępnych baz statystyki masowej (GUS), jak również wynikał z przepisów określających możliwości publikowania wyników badań opracowanych na podstawie informacji gromadzonych w ramach europejskiego systemu zbierania danych rachunkowych z gospodarstw rolnych (FADN). Uwzględniając wyżej wymienione kryteria do jednostek samorządu terytorialnego, w których przeprowadzono badania terenowe (ankietowe) zaliczono powiaty:

- oświęcimski oraz nowosądecki (województwo małopolskie),
- prudnicki oraz opolski (województwo opolskie),
- jarosławski oraz jasielski (województwo podkarpackie),
- łobeski oraz drawski (województwo zachodniopomorskie).

Dodatkowo, w celu zapewnienia większego poziomu reprezentatywności uzyskanych wyników, tak aby mogły być one transponowane na obszar całego kraju, wszystkie powiaty ziemskie w Polsce (314 jednostek) podzielono na cztery grupy (A, B, C, D) o zróżnicowanym poziomie zużycia nawozów wapniowych (w kg/ha UR). Podział ten posłużył do sprawdzenia, w jakim stopniu wytypowane obszary reprezentują badane zjawisko na tle całej zbiorowości powiatów ziemskich w Polsce. Podstawę klasyfikacji obiektów stanowiły dwie charakterystyki liczbowe, tj. wartości średniej arytmetycznej ( $X_{\bar{s}}$ ) oraz odchylenia standardowego  $S(X_i)$  (tabela 2).

**Tabela 2. Kryteria podziału powiatów ziemskich w Polsce na grupy o zróżnicowanym poziomie zużycia nawozów wapniowych [CaO kg/ha UR]**

Grupa	Kryterium podziału	Poziom nawożenia CaO
A - powiaty o najwyższym poziomie nawożenia CaO	$X_i \geq X_{\bar{x}} + S(X_i)$	powyżej 126
B - powiaty o średnim poziomie nawożenia CaO	$X_i \in [X_i, X_{\bar{x}} + S(X_i)]$	126 - 84
C - powiaty o niskim poziomie nawożenia CaO	$X_i \in [X_{\bar{x}} - S(X_i), X_i]$	84 - 42
D - powiaty o najniższym poziomie nawożenia CaO	$X_i < X_{\bar{x}} + S(X_i)$	poniżej 42

Źródło: Nicia i inni 2022.

Przeprowadzona delimitacja przestrzenna wykazała znaczne zróżnicowanie poziomu nawożenia wapniowego pomiędzy poszczególnymi powiatami ziemskimi Polski. Najniższy poziom wapnowania stwierdzono w powiatach: leskim (1,1 kg CaO/ha UR), tatrzańskim (1,8 kg/ha UR) oraz skarżyskim (2,3 kg/ha UR). Były to katastrofalnie niskie wartości zarówno w odniesieniu do potrzeb, jak i poziomu wapnowania stosowanego w powiatach oświęcimskim (221,3 kg/ha UR), dzierzoniowskim (220,7 kg/ha UR), głubczyckim (205,1 kg/ha UR) oraz lubańskim (204,9 kg/ha UR) (tabela 3).

**Tabela 3. Powiaty charakteryzujące się wysokim i niskim poziomem nawożenia wapniowego [kg CaO/ ha UR]**

Województwo	Wysoki poziom nawożenia CaO		Niski poziom nawożenia CaO	
	powiat	dawka	powiat	dawka
dolnośląskie	dzierżoniowski	220,7	wałbrzyski	20,2
	lubański	204,9	kamiennogórski	22,9
kujawsko-pomorskie	sępoleński	166,7	toruński	77,5
	mogileński	155,8	inowrocławski	82,1
lubelskie	lubelski	149,8	chełmski	33,5
	świdnicki	147,9	włodawski	33,6
lubuskie	świebodziński	106,6	gorzowski	26,3
	wschowski	98,4	krośnieński	38,5
łódzkie	kuźniewski	133,0	pabianicki	52,6
	wieluński	123,3	zgierski	68,8
małopolskie	oświęcimski	221,3	tatrzański	1,8
	wadowicki	98,8	suski	4,0
mazowieckie	ptocki	139,7	sztybołowski	15,0
	płoński	111,7	pruszkowski	19,3
opolskie	głubczycki	205,1	opolski	108,3
	prudnicki	176,3	strzelecki	110,3
podkarpackie	jarosławski	194,7	leski	1,1
	przeworski	100,0	sanocki	13,7
podlaskie	wysokomazowiecki	137,0	sejmeński	15,5
	siemiatycki	94,0	grajewski	35,2
pomorskie	malborski	141,4	wejherowski	65,3
	pucki	124,5	bytomski	71,3
śląskie	gliwicki	154,8	żywiecki	5,7
	tarnogórski	116,5	będziński	16,6
świętokrzyskie	opatowski	94,1	skarżyski	2,3
	sandomierski	87,1	pińczowski	17,8
warmińsko-mazurskie	braniewski	159,8	gołdapski	14,7
	iławski	145,6	mrągowski	23,3
wielkopolskie	wągrowiecki	162,3	wolsztyński	36,0
	kepkiński	149,8	grodziski	40,8
zachodniopomorskie	stargardzki	153,2	policki	20,4
	łobeski	145,8	drawski	57,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2022.

Uzyskane wyniki analizy pozwoliły także na stwierdzenie wysokiego poziomu reprezentatywności wyselekcjonowanych do badań ankietowych jednostek samorządu terytorialnego. Fakt ten wynika z ich przynależności do poszczególnych grup reprezentujących zróżnicowany poziom nawożenia (grupy: A, B, C, D). Powiat oświęcimski (221,3 kg CaO/ha UR), prudnicki (176,3 kg CaO/ha UR), jarosławski (197,4 kg CaO/ha UR) oraz łobeski (145,8 kg CaO/ha

UR) zakwalifikowano bowiem do grupy jednostek o najwyższym poziomie nawożenia wapniowego (grupa A) (mapa 1).



Objaśnienia do mapy: A – powiaty ziemskie o najwyższym poziomie nawożenia wapniowego (CaO), B – powiaty ziemskie o średnim poziomie nawożenia wapniowego (CaO), C – powiaty ziemskie o niskim poziomie nawożenia wapniowego (CaO), D – powiaty ziemskie o najniższym poziomie nawożenia wapniowego (CaO).

### Mapa 1. Lokalizacja powiatów wytypowanych do przeprowadzenia badań ankietowych

Źródło: Nicia i inni 2022.

Powiat nowosądecki (19,4 kg CaO/ha UR) oraz jasielski (20,5 kg CaO/ha UR) sklasyfikowano natomiast w grupie o najniższym poziomie nawożenia wapniowego (grupa D). Jedynie w przypadku powiatu opolskiego oraz drawskiego, wielkość nawożenia wapniowego kształtowała się na poziomie wyższym niż 42 kg CaO/ha UR, niepozwalającą tym samym na zakwalifikowanie ich do grupy D. Niemniej jednak stosowane na ich obszarze dawki tego typu nawozów, które wynoszą odpowiednio 108,3 kg CaO/ha UR oraz 57,8 kg CaO/ha UR, plasują je wśród jednostek o relatywnie najniższym poziomie nawożenia wapniowego w obrębie województwa, do których należą, tj. opolskiego i zachodniopomorskiego.

## 2.2. Wybrane wskaźniki społeczno-ekonomiczne charakteryzujące mieszkańców badanych powiatów

Jednym z podstawowych czynników decydujących o potencjale i możliwościach rozwoju społeczno-ekonomicznego regionu, w tym rozwoju rolnictwa oraz obszarów wiejskich jest jego sytuacja demograficzna [Sroka 2009]. Pod pojęciem tym należy rozumieć całokształt procesów związanych z gospodarowaniem zasobami ludzkimi, tj.: przyrostem naturalnym, migracją, strukturą społeczną (wiek, płeć, przynależność zawodowa, narodowość, wyznanie), ich rozmieszczeniem przestrzennym i oddziaływaniami społecznymi oraz socjologicznymi. Obecnie wielu ekonomistów zajmujących się problematyką rozwoju regionalnego podkreśla, że czynnikiem warunkującym sukces gospodarczy są ludzie wraz z ich wiedzą, umiejętnością osiągania celów i przetwarzania informacji, pomysłowością, przedsiębiorczością oraz poszukiwaniem nowych, twórczych rozwiązań. Twierdzą oni, że tylko część efektów działalności gospodarczej, może być

przypisana nakładom kapitału rzeczowego oraz uwarunkowaniom zewnętrznym, a sukces zależy w dużej mierze od struktury wiekowej, kwalifikacji zawodowych, współpracy ludzi, a także umiejętności ciągłego dostosowania do zmieniających się warunków zewnętrznych [Górecki 2004, Klepacki 2005, Wilkin 2006].

Przy analizie potencjału demograficznego jednostki terytorialnej, znaczącą rolę odgrywa rozkład przestrzenny ludności, który nawiązuje do wewnętrznego zróżnicowania jej poziomu rozwoju społeczno-ekonomicznego. Wytypowane do badań terenowych jednostki samorządu terytorialnego charakteryzują się wyraźnym zróżnicowaniem w zakresie wartości poszczególnych charakterystyk demograficznych. Pod względem liczby mieszkańców najbardziej zaludnionym regionem jest województwo małopolskie, którego liczba ludności kształtuje się na poziomie bliskim 3,4 mln. Na drugim miejscu plasuje się województwo podkarpackie (około 2,1 mln). W przypadku obu regionów większość z mieszkańców stanowią osoby prowadzące gospodarstwa domowe na obszarach wiejskich (odpowiednio 51,9% i 58,9%). Są to wartości znacznie przekraczające średni udział ludności zamieszkującej wieś w Polsce (40,0%). Najmniejsza liczba ludności zamieszkuje województwo opolskie, tj. 0,95 mln mieszkańców, gdzie około 47,0% stanowią mieszkańcy wsi. Populacja województwa zachodniopomorskiego kształtuje się natomiast na poziomie bliskim 1,7 mln, z czego udział mieszkańców wsi wynosi około 32,0%. Wśród wytypowanych regionów najwyższa wartość gęstości zaludnienia przypada na województwo małopolskie (226 osób/km<sup>2</sup>) i jest ona prawie dwukrotnie wyższa niż w przypadku średniej dla kraju (122 osoby/km<sup>2</sup>), w przeciwieństwie do pozostałych województw (opolskiego, podkarpackiego i zachodniopomorskiego), gdzie wartości wskaźnika gęstości zaludnienia wynosi odpowiednio: 102, 117 i 73 osoby/km<sup>2</sup>) (tabela 4).

**Tabela 4. Wybrane charakterystyki demograficzne wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Ludność [osób]		Gęstość zaludnienia (os./km <sup>2</sup> )	Współczynnik feminizacji
	ogółem	w tym zamieszkujących wieś (%)		
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>3 432 692</b>	<b>51,9</b>	<b>226</b>	<b>106</b>
- powiat nowosądecki	214 502	83,7	138	101
- powiat oświęcimski	151 300	48,0	373	106
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>955 844</b>	<b>46,8</b>	<b>102</b>	<b>107</b>
- powiat opolski	121 082	82,9	79	105
- powiat prudnicki	53 171	47,6	93	107
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>2 096 166</b>	<b>58,9</b>	<b>117</b>	<b>104</b>
- powiat jarosławski	117 823	61,6	115	105
- powiat jasielski	111 035	68,2	134	103
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>1 661 073</b>	<b>31,6</b>	<b>73</b>	<b>106</b>
- powiat drawski	54 915	36,3	31	104
- powiat łobeski	34 575	46,0	32	101
<b>Polska</b>	<b>38 088 564</b>	<b>40,2</b>	<b>122</b>	<b>107</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Analizując wielkości charakterystyk demograficznych dla wybranych do badań ankietowych powiatów zauważyć można, że najbardziej zaludnionymi są jednostki zlokalizowane na obszarze województwa małopolskiego, tj. powiat nowosądecki (ponad 214,5 tys. mieszkańców) oraz oświęcimski (ponad 151 tys. mieszkańców). Spośród wszystkich przyjętych do analizy jednostek samorządu terytorialnego, powiat oświęcimski wykazuje także najwyższy poziom gęstości zaludnienia, która wynosi 373 osoby/km<sup>2</sup>. Do powiatów o najniższej gęstości zaludnienia można zaliczyć natomiast te położone na obszarze województwa zachodniopomorskiego, tj. drawski i łobeski, dla których wskaźnik ten wynosi odpowiednio: 31 osób/km<sup>2</sup> oraz 32 osoby/km<sup>2</sup> i jest ponad 7-krotnie niższy niż w przypadku powiatu oświęcimskiego. W pozostałych jednostkach (powiat opolski, prudnicki, jarosławski i jasielski) gęstość zaludnienia oscyluje w granicach od 138 osób/km<sup>2</sup> do 79 osób/km<sup>2</sup>. Do regionów

wykazujących znacznie wyższy udział osób zamieszkujących obszar wiejski niż miejski zaliczyć należy powiat nowosądecki i opolski, na terenie których ponad 80,0% ogółu ludności stanowi społeczność wsi. Blisko o połowę niższy udział ludności wiejskiej charakteryzuje natomiast powiat drawski (36,2%), łobeski (46,0%) oraz prudnicki (47,2%) i oświęcimski (48,0%). Prezentowana analiza bazując na formalnym podziale miasto-wieś, nie oddaje w pełni różnic pomiędzy badanymi jednostkami, gdyż charakter i sposób zabudowy wsi małopolskiej i podkarpackiej znacznie odbiega od tej występującej w innych regionach Polski. W przypadku współczynnika feminizacji, określającego wzajemne relacje między liczbą kobiet i mężczyzn, tj. liczbę kobiet przypadającą na 100 mężczyzn zamieszkujących dany obszar, można stwierdzić, iż jego wartości zarówno dla badanych województw, jak i powiatów oscylują w granicach od 101 do 107.

Duże znaczenie w kształtowaniu procesów rozwojowych regionów odgrywa także przyrost naturalny oraz migracja ludności, determinowane przez zmieniające się w sposób ciągły czynniki o charakterze wewnętrznym i zewnętrznym. W przypadku analizowanych jednostek administracyjnych zauważyć można, że większość z nich cechuje się ujemnym przyrostem naturalnym. W badanych województwach najniższe wartości tego wskaźnika wykazują opolskie i zachodniopomorskie (odpowiednio: -4,9 i -4,4), najwyższą natomiast małopolskie (-1,0) i podkarpackie (-2,2). Wśród wytypowanych do badań powiatów najniekorzystniejsza relacja liczby urodzeń do liczby zgonów charakteryzuje powiat łobeski (-7,3) oraz prudnicki (-7,1). Najkorzystniej na tym tle wypada natomiast powiat nowosądecki, dla którego jako jedyne spośród wszystkich badanych, wartość wskaźnika przyrostu naturalnego jest dodatnia i wynosi 1,7. W pozostałych jednostkach przyrost naturalny na 1 000 mieszkańców kształtuje się w przedziale od -4,7 w powiecie drawskim do -2,7 w powiecie jarosławskim. Warto podkreślić, że tendencja ujemnego przyrostu naturalnego dla większości badanych jednostek wpisuje się w trend krajowy. Wskaźnik przyrostu naturalnego na 1 000 mieszkańców dla Polski wynosi bowiem -3,2 (tabela 5).

**Tabela 5. Wybrane wskaźniki charakteryzujące sytuację demograficzną wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Przyrost naturalny na 1000 mieszkańców	Saldo migracji wewnętrznych i zagranicznych na pobyt stały na 1000 mieszkańców
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>-1,0</b>	<b>1,2</b>
- powiat nowosądecki	1,7	-1,0
- powiat oświęcimski	-4,4	-1,1
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>-4,9</b>	<b>-1,2</b>
- powiat opolski	-3,4	2,3
- powiat prudnicki	-7,1	-2,7
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>-2,2</b>	<b>-0,9</b>
- powiat jarosławski	-2,7	-2,0
- powiat jasielski	-3,5	-2,3
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>-4,4</b>	<b>-0,4</b>
- powiat drawski	-4,7	-3,7
- powiat łobeski	-7,3	-1,5
<b>Polska</b>	<b>-3,2</b>	<b>0,1</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Ujemna wartość salda migracji wewnętrznych i zagranicznych na pobyt stały dla większości przyjętych do badań ankietowych jednostek samorządu terytorialnego wskazuje na występowanie zjawiska świadczącego o odpływie ludności zamieszkującej ich obszar. Wyjątek w tym zakresie stanowi województwo małopolskie (1,2) oraz powiat opolski (2,3), dla których saldo migracji jest dodatnie. Dla pozostałych województw wartości te kształtują się następująco: -1,2 (opolskie), -0,9 (podkarpackie) i -0,4 (zachodniopomorskie). Do powiatów, które charakteryzują się największą skalą zjawiska odpływu ludności na 1 000 mieszkańców zaliczyć można: drawski (-3,7), prudnicki (-2,7) oraz te zlokalizowane na obszarze województwa podkarpackiego, tj. jasielski (-2,3) i jarosławski (-2,0). W pozostałych jednostkach saldo migracji mieści się w przedziale od -1,5



w powiecie łobeskim do około -1,0 w nowosądeckim i oświęcimskim. Wielkość salda migracji dla Polski jest z kolei dodatnia i kształtuje się na poziomie 0,1.

Kolejnym czynnikiem, który wpływa na sytuację społeczno-ekonomiczną danego regionu w kontekście zachodzących na jego obszarze zjawisk demograficznych jest podział ludności według poszczególnych grup ekonomicznych. Struktura wiekowa mieszkańców badanych jednostek samorządowych wskazuje na ich niewielkie zróżnicowanie, zarówno w ujęciu wojewódzkim, jak i powiatowym. Udział ludności zamieszkującej analizowane województwa w poszczególnych grupach ekonomicznych jest podobny: w przypadku osób w wieku przedprodukcyjnym kształtuje się on w granicach od 17,2% w województwie zachodniopomorskim do 19,2% w małopolskim. Udział osób w wieku produkcyjnym dla wszystkich województw oscyluje na poziomie bliskim 60,0%, natomiast udział mieszkańców w wieku poprodukcyjnym waha się od ponad 20,0% w podkarpackim i małopolskim do około 23,0% w województwach zachodniopomorskim i opolskim. Podobnie wartości te kształtują się dla kraju, gdzie wiek przedprodukcyjny dotyczy 18,4% populacji, wiek produkcyjny - 59,4%, a wiek poprodukcyjny - 22,2%. Analizując strukturę wiekową ludności w obrębie zakwalifikowanych do badań terenowych powiatów zauważyć można, że w porównaniu do województw, udział ludności skategoryzowanej do poszczególnych grup ekonomicznych, wskazuje na znacznie większe zróżnicowanie. Wielkość ta dla mieszkańców w wieku przedprodukcyjnym waha się od 23,5% w powiecie nowosądeckim do 16,9% w prudnickim. W przypadku wieku produkcyjnego kształtuje się ona w granicach od 62,1% w powiecie opolskim do 58,6% w łobeskim. Rozpiętość udziału ludności w wieku poprodukcyjnym oscyluje natomiast w przedziale od 23,5% w powiecie łobeskim do 16,3% w nowosądeckim (tabela 6).

**Tabela 6. Struktura wiekowa ludności w wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Udział ludności w wieku (%)			Wskaźnik obciążenia
	przedprodukcyjnym	produkcyjnym	poprodukcyjnym	
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>19,2</b>	<b>60,3</b>	<b>20,5</b>	<b>65,9</b>
- powiat nowosądecki	23,5	60,2	16,3	66,1
- powiat oświęcimski	18,1	58,8	23,0	70,0
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>16,5</b>	<b>60,4</b>	<b>23,0</b>	<b>65,5</b>
- powiat opolski	17,1	62,1	20,9	61,1
- powiat prudnicki	16,9	59,9	23,2	66,9
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>18,9</b>	<b>60,2</b>	<b>20,9</b>	<b>66,1</b>
- powiat jarosławski	18,5	60,5	21,0	65,4
- powiat jasielski	18,0	60,6	21,5	65,1
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>17,4</b>	<b>59,3</b>	<b>23,3</b>	<b>68,7</b>
- powiat drawski	18,3	59,0	22,7	69,6
- powiat łobeski	17,9	58,6	23,5	70,7
<b>Polska</b>	<b>18,4</b>	<b>59,4</b>	<b>22,2</b>	<b>68,3</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Zaprezentowany podział ludności według kategorii ekonomicznych ma swoje przełożenie na wartość wskaźnika obciążenia demograficznego, liczonego jako liczba ludności w wieku nieprodukcyjnym (stanowiąca sumę ludności w wieku przedprodukcyjnym i poprodukcyjnym) przypadająca na 100 osób w wieku produkcyjnym. W badanych województwach najwyższa, a zarazem najniekorzystniejsza z perspektywy potencjału demograficznego i ekonomicznego regionu, wartość wskaźnika obciążenia demograficznego charakteryzuje województwo zachodniopomorskie (68,7) i jest ona zbliżona do średniej dla kraju (68,3). Najniższa wartość przedmiotowego wskaźnika dotyczy natomiast województwa opolskiego (65,5) oraz małopolskiego (65,9). W przypadku województwa podkarpackiego liczba ludności w wieku nieprodukcyjnym przypadająca na 100 osób w wieku produkcyjnym kształtuje się na poziomie 66,1. Warto zauważyć także, że podobnie, jak w przypadku struktury wiekowej ludności, w obrębie zakwalifikowanych do badań terenowych powiatów, w porównaniu do województw występują znacznie większe różnice w wielkości wskaźnika

obciążenia demograficznego. Najwyższa jego wartość dotyczy powiatów: łobeskiego (70,7), oświęcimskiego (70,0) oraz drawskiego (69,6), najniższa charakteryzuje natomiast powiat nowosądecki i opolski (po 61,1). W pozostałych jednostkach zjawisko obciążenia demograficznego oscyluje w granicach od 66,9 w prudnickim oraz 66,1 w nowosądeckim, do 65,4 w jarosławskim i 65,1 w jasielskim.

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) z 2020 r., od ponad dekady przekroje wiekowe ludności w ujęciu ekonomicznym, charakteryzujące zarówno badane regiony, jak i obszar całego kraju, wskazują na rosnący odsetek osób w wieku poprodukcyjnym. Następuje także przesunięcie wieku ludności w kierunku granicy wieku produkcyjnego niemobilnego. Prowadzi to do wzrostu wartości wskaźnika obciążenia demograficznego, a tendencja ta będzie się utrzymywać. Przedstawione zjawisko wynika bowiem z wchodzenia w wiek produkcyjny pokolenia niżu demograficznego lat dziewięćdziesiątych, przy równoczesnym osiaganiu granicy wieku niemobilnego przez pokolenie wyżu lat siedemdziesiątych. Efektem zmian demograficznych w poszczególnych regionach Polski są przekształcenia w strukturze wiekowej oraz zwiększający się w sposób ciągły odsetek ludności w wieku emerytalnym. Proces ten może mieć duże znaczenie w wymiarze społecznym i gospodarczym, ze względu na negatywny jego wpływ na funkcjonowanie rynku pracy po stronie popytowej oraz podaźowej [Paluch i Piecuch 2016].

Wskazane zmiany demograficzne niosą za sobą także duże konsekwencje (przeważnie negatywne) dla lokalnej gospodarki i finansów jednostek samorządowych. Odpowiedzią na prognozowaną tendencję wydaje się być różnorodny zestaw działań kompensujących, obejmujących w szczególności obszar lokalnego rynku pracy. Ponieważ kompensujące oddziaływanie procesów migracyjnych na ruch migracyjny jest mocno ograniczone, dlatego też podstawowe znaczenie należy nadać zjawisku pobudzania aktywności zawodowej ludności, czyli zwiększeniu populacji aktywnych zawodowo, przy wykorzystaniu instrumentów pośredniego oddziaływania. Chodzi zwłaszcza o wyeliminowanie traktowania biernych zawodowo, tj. zbiorowości najstarszych i najmłodszych, jako „zderzaka koniunkturalnego” podaźowej strony rynku pracy [Kryńska 2011]. Aktywność zawodowa ludności, która determinuje skalę i rodzaj zjawiska bezrobocia jest także jednym z ważniejszych, obok poziomu wykształcenia, struktury płci, czy miejsca zamieszkania, czynników determinujących potencjał rozwoju regionu. Bezrobocie w Polsce podobnie, jak w badanych jednostkach samorządu terytorialnego ma złożony charakter, a jego podstawę stanowi głównie podłoże strukturalne lub inaczej popytowo-podaźowe na rynku pracy. Wynika ono bowiem ze zbyt małej podaży miejsc pracy, ale także z niedopasowania podaży pracy do jej popytu w ujęciu przestrzennym oraz zawodowym [Musiał 2011].

Analizując zjawisko bezrobocia w badanych województwach Polski i zlokalizowanych na ich obszarze powiatów można zauważyć, że charakteryzuje się ono zróżnicowaną skalą. Najwyższa liczba bezrobotnych dotyczy województwa podkarpackiego (ponad 87 tys.) oraz małopolskiego (ponad 83 tys.). Na przeciwległym biegunie znajduje się województwo opolskie, gdzie liczba bezrobotnych jest ponad 3-krotnie niższa w porównaniu do wyżej wymienionych jednostek i wynosi około 25 tys. W przypadku województwa zachodniopomorskiego liczba osób posiadających status bezrobotnego wynosi nieco ponad 52 tys. Poziom zróżnicowania skali bezrobocia, w ujęciu bezwzględny wyraźnie zwiększa się w obrębie zakwalifikowanych do badań terenowych powiatów. Najliczniejsza grupa bezrobotnych dotyczy powiatu nowosądeckiego (7 147 osób), jarosławskiego (6 072 osoby) i jasielskiego (5 615 osób), najniższa z kolei powiatów: prudnickiego (1 676 osób) oraz łobeskiego (1 886 osób). W pozostałych powiatach, tj.: oświęcimskim, opolskim i drawskim wartości te kształtują się odpowiednio: 3 504, 2 598 oraz 2 715 (tabela 7).

**Tabela 7. Wybrane wskaźniki bezrobocia wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Liczba bezrobotnych		Stopa bezrobocia rejestrowanego (%)
	ogółem	w tym mężczyźni (%)	
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>83 050</b>	<b>45,6</b>	<b>5,3</b>
- powiat nowosądecki	7 147	33,9	9,0
- powiat oświęcimski	3 504	42,0	6,7
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>24 976</b>	<b>44,7</b>	<b>6,9</b>
- powiat opolski	2 598	47,0	7,4
- powiat prudnicki	1 676	47,9	9,7
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>87 326</b>	<b>47,3</b>	<b>9,1</b>
- powiat jarosławski	6 072	47,6	11,4
- powiat jasielski	5 615	42,0	10,6
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>52 018</b>	<b>45,2</b>	<b>8,4</b>
- powiat drawski	2 715	46,6	13,5
- powiat łobeski	1 886	45,4	18,3
<b>Polska</b>	<b>1 046 432</b>	<b>46,3</b>	<b>6,3</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Wśród badanych województw tylko w podkarpackim udział mężczyzn wśród osób bezrobotnych był wyższy niż średnio w kraju i wynosił 47,3%. W pozostałych województwach jego wartość oscylowała w granicach od 44,7% do 45,6%. Nieco inaczej sytuacja przedstawia się w poszczególnych powiatach, gdzie wyraźna przewaga kobiet w stosunku do mężczyzn wśród bezrobotnych charakteryzuje powiaty: nowosądecki (33,9% osób bezrobotnych stanowią mężczyźni), oświęcimski oraz jasielski (42,0% bezrobotnych to mężczyźni). W pozostałych jednostkach udział mężczyzn w ogólnej liczbie bezrobotnych jest zbliżony do wartości średniej dla kraju co oznacza, że oscyluje w okolicach 45-46%. Charakteryzując podstawową miarę zjawiska bezrobocia, jaką jest stopa bezrobocia rejestrowanego warto zauważyć, iż jej wartość jest niższa od przeciętnej dla kraju (6,3%) tylko dla województwa małopolskiego (5,3%). Najwyższe jej wartości zanotowano w województwie podkarpackim (9,1%) oraz zachodniopomorskim (8,4%). W regionie opolskim wielkość bezrobocia mierzona udziałem liczby bezrobotnych w ogólnej liczbie zasobów siły roboczej (aktywnych zawodowo) była natomiast zbliżona do wartości wyznaczonej dla Polski i wynosiła 6,9%. Analizując wielkość stopy bezrobocia rejestrowanego w ujęciu powiatowym warto wskazać, że różnice w jej wartościach są znacznie większe niż w przypadku województw. Wielkość tego wskaźnika oscyluje bowiem w przedziale od 6,7% w powiecie oświęcimskim do 13,5% w drawskim, a nawet 18,3% w powiecie łobeskim. Wysokie wartości stopy bezrobocia charakteryzują także powiaty położone w granicach województwa podkarpackiego, tj. jarosławski (11,4%) i jasielski (10,6%). W powiatach województwa opolskiego, tj. w prudnickim i opolskim wielkość stopy bezrobocia wynosi natomiast 9,7% oraz 7,4%.

Przy charakteryzowaniu wielkości obrazujących procesy zachodzące na rynku pracy zwłaszcza na obszarach wiejskich ważną rolę odgrywa „bezrobocie ukryte”. Zjawisko to trudno jednak do końca zbadać i wyrazić w kwantyfikowany sposób [Moskal 2003]. Analizując powszechnie dostępne statystyki można zauważyć, iż rynek pracy na terenach wiejskich podlega w większości tym samym prawidłowościom, które kształtują go w mieście. Wyróżnia się on jednak pewnymi cechami specyficznymi: wysokim bezrobociem ukrytym, nieco niższą stopą bezrobocia rejestrowanego, wyższymi wskaźnikami aktywności zawodowej i zatrudnienia. Niektóre z tych cech są pozorne i wynikają z uwarunkowań instytucjonalnych [Żmija 1999]. Należy bowiem pamiętać, że w myśl ustawy z dnia 20 kwietnia 2004 r. o zatrudnieniu i instytucjach rynku pracy właściciele gospodarstw rolnych (rolnicy) w większości nie mogą rejestrować się jako bezrobotni [Dz.U. z 2004. Nr 99, poz. 1001 z późn. zm.]. Rozmiary bezrobocia na polskiej wsi po uwzględnieniu nadwyżki pracy w rolnictwie, byłyby zatem znacznie wyższe. Dlatego też stopa bezrobocia na obszarach wiejskich w krajowych rejestrach danych statystycznych jest oficjalnie



niższa niż w mieście, choć w rzeczywistości mamy do czynienia ze zjawiskiem odwrotnym, gdyż sytuacja ludności bezrolnej na wsi bywa znacznie trudniejsza. Wynika to m.in. z małej liczebności zakładów pracy funkcjonujących na tych obszarach, niskiej jakości infrastruktury technicznej oraz niekiedy biernej i zachowawczej postawy ludności wiejskiej na lokalnym rynku pracy [Mossakowska 2007].

Istotnym elementem analizy potencjału zasobowego badanych jednostek samorządu terytorialnego w ujęciu społecznym jest przedsiębiorczość. Jej rodzaj i zakres warunkują bowiem poziom rozwoju społeczno-ekonomicznego, determinując przy tym rodzaj i tempo zachodzących zmian. Do zmian tych należy zaliczyć m.in.: wzrost wielkości produkcji, zatrudnienia, inwestycji, rozmiarów zaangażowanego kapitału, dochodów i konsumpcji. Przedstawione wielkości ekonomiczne, charakteryzują gospodarkę, zarówno od strony ilościowej, jak i jakościowej [Krakowiak-Bal 2006]. Efektywne wykorzystanie uwarunkowań gospodarczych na obszarach wiejskich wiąże się z uaktywnieniem zasobów i potencjału przedsiębiorczego ludności, w kontekście wielofunkcyjnego rozwoju wsi i rolnictwa. Działalność gospodarcza na tych terenach powinna zmierzać jednak nie tylko do poprawy jakości życia ich mieszkańców, ale także zawierać ważne, z punktu widzenia zasad i celów Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) i Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ), elementy kulturowo-środowiskowe. Specyficzne uwarunkowania rynku pracy na obszarach wiejskich oraz dążenie do ich wielofunkcyjności warunkują zatem potrzebę większego stymulowania i przyśpieszania rozwoju przedsiębiorczości. Małe i średnie firmy coraz częściej odgrywają bowiem rolę katalizatora rozwoju wsi i rolnictwa [Paluch 2014b]. Poszukiwanie alternatywnych źródeł dochodu w rolnictwie i poza nim staje się zatem czynnikiem stabilizującym sytuację materialną mieszkańców wsi. Powszechnie uważa się także, że liczba podmiotów gospodarczych funkcjonujących na terenie danej gminy, powiatu, czy województwa, stanowi często o ich sile ekonomicznej [Grzybek 2008].

Dokonując oceny skali rozwoju przedsiębiorczości na obszarze wytypowanych jednostek samorządu terytorialnego zauważyć można, że największa liczba podmiotów gospodarczych zarejestrowanych w rejestrze REGON charakteryzuje województwo małopolskie (ponad 425 tys.). Najmniejsza liczba dotyczy natomiast województwa opolskiego, gdzie funkcjonuje ponad 105 tys. przedsiębiorstw. W pozostałych województwach, tj. zachodniopomorskim i podkarpackim, zarejestrowanych jest ponad 234 i 188 tys. tego typu podmiotów gospodarczych. Analiza liczebności przedsiębiorstw w ujęciu powiatowym wykazała, że najwięcej z nich prowadzi działalność na obszarze powiatu nowosądeckiego (19 026), oświęcimskiego (15 344) oraz opolskiego (12 140). Najmniej przedsiębiorstw funkcjonuje natomiast w powiecie łobeskim (3 475) i prudnickim (4 754). Podobnie, jak w kraju na obszarze badanych jednostek administracyjnych, przeważają podmioty należące do sektora małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), prowadzące działalność o charakterze handlowo-usługowym (ponad 75,0%), znacznie mniej w przemyśle (około 23,0%) i tradycyjnie najmniej w rolnictwie (niespełna 2,0%). Zjawisko to potwierdza także udział osób prowadzących działalność gospodarczą w liczbie podmiotów gospodarczych ogółem. Najwyższą wartość tego wskaźnika charakteryzuje województwo opolskie (80,8%) i zachodniopomorskie (78,7%). W województwach: małopolskim i podkarpackim kształtuje się ona na poziomie bliskim 73,0%. Najmniejszy udział osób fizycznych, prowadzących własne przedsiębiorstwa dotyczy powiatu opolskiego (70,9%) i łobeskiego (71,2%), najwyższy natomiast nowosądeckiego (83,6%) oraz jarosławskiego (78,7%). W pozostałych jednostkach wielkość ta kształtuje się w przedziale od 73,5% w powiecie jasielskim do 74,9% w powiecie oświęcimskim (tabela 8).

**Tabela 8. Wybrane charakterystyki przedsiębiorczości wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Liczba podmiotów gospodarczych		Liczba podmiotów gospodarczych przypadająca na 1 000 osób w wieku produkcyjnym	Udział osób fizycznych prowadzących działalność gospodarczą w liczbie podmiotów gospodarczych ogółem (%)
	ogółem	w tym sektor prywatny (%)		
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>426 306</b>	<b>97,1</b>	<b>206</b>	<b>73,4</b>
- powiat nowosądecki	19 026	97,4	147	83,6
- powiat oświęcimski	15 344	96,9	172	74,9
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>105 694</b>	<b>95,3</b>	<b>183</b>	<b>80,8</b>
- powiat opolski	12 140	97,0	162	70,9
- powiat prudnicki	4 754	93,8	149	74,7
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>188 360</b>	<b>96,0</b>	<b>149</b>	<b>73,5</b>
- powiat jarosławski	9 598	96,2	135	78,7
- powiat jasielski	8 930	96,2	133	73,5
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>234 131</b>	<b>96,0</b>	<b>238</b>	<b>78,7</b>
- powiat drawski	6 283	94,1	194	74,8
- powiat łobeski	3 475	94,5	172	71,2
<b>Polska</b>	<b>4 663 378</b>	<b>95,8</b>	<b>206</b>	<b>71,3</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Na podstawie analizy liczebności podmiotów gospodarczych przypadających na 1 000 osób w wieku produkcyjnym można stwierdzić, że wskaźnik ten jest wyraźnie zróżnicowany zarówno na poziomie województw, jak i powiatów. Najwyższa jego wartość charakteryzuje województwo zachodniopomorskie (238) i małopolskie (206), najniższa natomiast województwo podkarpackie (149). Rozkład wartości wskaźnika przedsiębiorczości na poziomie powiatów wskazuje, że największa liczba przedsiębiorstw przypadająca na 1 000 mieszkańców w wieku produkcyjnym dotyczy powiatów: drawskiego (194) oraz łobeskiego i oświęcimskiego (172), najniższa jasielskiego (133) oraz jarosławskiego (135). W pozostałych jednostkach wartość ta oscyluje w granicach od 162 podmiotów w województwie opolskim do 147 podmiotów w województwie nowosądeckim.

Wzbogacanie struktury działalności gospodarczej na obszarach wiejskich badanych jednostek samorządu terytorialnego należy postrzegać jako ważną drogę prowadzącą do poprawy statusu ekonomicznego rodzin wiejskich oraz rozwoju funkcji pozarolniczych, związanych z intensywnym rozwojem drobnej przedsiębiorczości. Kreowanie postaw przedsiębiorczych wśród mieszkańców wsi, odgrywa bowiem istotną rolę zwłaszcza na terenach o charakterze typowo rolniczym i wysokim poziomie długotrwałego bezrobocia. Wyznaczanie coraz to nowych kierunków przemian w dziedzinach ważnych dla lokalnych społeczności (rekreacja i turystyka, atrakcyjne miejsca zamieszkania i pracy, ochrona zasobów naturalnych oraz cennych krajobrazów) wiąże się także z potrzebą realizacji celów i założeń Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) i Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ).

### 2.3. Wybrane charakterystyki produkcji rolniczej w badanych powiatach

Jakość i stan środowiska przyrodniczego są jednym z głównych elementów warunkujących rozwój określonych kierunków działalności gospodarczej obszarów wiejskich. Inwentaryzacja i znajomość rodzaju oraz wielkości posiadanych zasobów naturalnych pozwala na racjonalne zagospodarowanie ich przestrzeni, a także realizację celów rozwojowych jednostek samorządu terytorialnego w wymiarze ekonomicznym, społecznym i przyrodniczym [Runowski 2002]. Ochrona środowiska wraz z ochroną przyrody i wykorzystaniem uwarunkowań przyrodniczych są integralną częścią koncepcji wielofunkcyjnego rozwoju wsi i rolnictwa, zgodnie z zasadami oraz celami Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) i Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ).

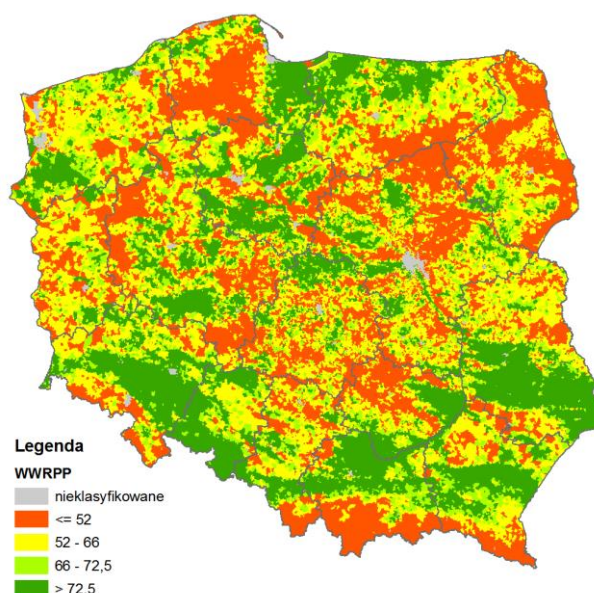
Jednym z czynników, który w największym stopniu determinuje charakter produkcji rolniczej danego regionu są jego warunki przyrodnicze (jakość gleby, klimat, stosunki wodne, warunki fizjograficzne itp.) [Paluch 2014a]. Mając na względzie rozwój cennych przyrodniczo i kulturowo obszarów wiejskich w Polsce, ważne jest zatem zachowanie ich funkcji gospodarczych, w tym głównie rolniczych i turystycznych. Rolnictwo i leśnictwo, a także wzajemne proporcje tych działów, decydują bowiem o strukturze krajobrazu, podtrzymując lub modyfikując jego stan wyjściowy (ukształtowany historycznie) oraz czyniąc go tym samym akceptowalnym, oczekiwanym, czy też dzikim lub nieprzyjaznym [Musiał 2008]. Obszar przyjętych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego jest zróżnicowany zarówno pod względem ukształtowania powierzchni, budowy geologicznej, jak i klimatu. Zróżnicowanie to przekłada się na odmienne (w poszczególnych częściach analizowanych regionów) warunki dla prowadzenia produkcji rolniczej. Na efektywność produkcji rolniczej istotny wpływ ma klasa bonitacyjna gleby. Inwentaryzacja gleb wykorzystywanych na cele produkcyjne w przekroju wojewódzkim wskazuje, że największy udział w ich powierzchni ogółem przypada na gleby orne dobre i średnio dobre (klasa III i IV), a jego wielkość kształtuje się w granicach od ponad 63,0% w województwach zachodniopomorskim i małopolskim, do około 72,0% w podkarpackim. Największy udział gleb ornych najlepszych i bardzo dobrych (klasa I i II) charakteryzuje natomiast województwa opolskie (7,9%) i małopolskie (6,5%). Najniższą jego wartość, która wynosi niespełna 0,2%, wykazuje z kolei województwo zachodniopomorskie. W przypadku gleb ornych słabych i najłabszych (klasa V i VI) najwyższy ich udział w powierzchni występuje na obszarze województwa zachodniopomorskiego i małopolskiego (około 30,0% i 35,0%). W pozostałych województwach (opolskim i podkarpackim) gleby klasy V i VI stanowią blisko 22,0% ogółu. Warto zauważyć, że udział gleb reprezentujących poszczególne klasy bonitacyjne nie odbiega szczególnie od średnich dla Polski (tabela 9).

**Tabela 9. Udział gleb według klas bonitacyjnych w powierzchni gruntów ornych wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego [%]**

Wyszczególnienie	Klasy bonitacyjne					
	I	II	III	IV	V	VI
Województwo małopolskie	6,5		63,8		29,7	
Województwo opolskie	7,9		70,2		21,9	
Województwo podkarpackie	5,4		72,0		22,6	
Województwo zachodniopomorskie	0,2		65,2		34,6	
<b>Polska</b>	<b>0,5</b>	<b>2,8</b>	<b>23,3</b>	<b>39,8</b>	<b>22,7</b>	<b>11,9</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: danych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego 2023.

Ważnym czynnikiem określającym potencjał produkcji rolniczej, wynikającym z uwarunkowań przyrodniczych danego obszaru jest poziom waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, której miarą wartości jest opracowany przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy (IUNG) - wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRPP). Wielkość ta pozwala przeprowadzić ilościową i przestrzenną ocenę czynników naturalnych, decydujących o potencjalnej wydajności plonów na poziomie regionalnym i lokalnym. Postępując się wartością ogólną wskaźnika waloryzacji można dokonać kompleksowej oceny czterech podstawowych czynników środowiska przyrodniczego (gleby, agroklimatu, rzeźby terenu oraz warunków wodnych). Istota metody polega na przypisaniu każdemu z nich odpowiedniej liczby punktów (gleba: 18-95 pkt., agroklimat: 1-15, rzeźba terenu: 0-5, warunki wodne: 0,5-5). Suma uzyskanych wartości oceny jakości i przydatności rolniczej wyżej wymienionych składowych, stanowi wynik waloryzacji badanego obszaru (razem WWRPP: 19,5-120) [www.onw.iung.pulawy.pl 2023] (mapa 2).



**Mapa 2. Wartość wskaźnika waloryzacji przestrzeni produkcyjnej dla Polski**

Źródło: [www.onw.iung.pulawy.pl](http://www.onw.iung.pulawy.pl) 2023

Analizując wartości wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRPP) zauważyć można, że pomiędzy przyjętymi do badań terenowych jednostkami samorządu terytorialnego, zarówno w ujęciu wojewódzkim, jak i powiatowym, występują wyraźne różnice. Najkorzystniejsze warunki do prowadzenia produkcji rolniczej charakteryzują obszar województwa opolskiego, gdzie wartość WWRPP kształtuje się na poziomie 81,6 pkt. Relatywnie mało korzystne uwarunkowania środowiskowe występują natomiast w województwie zachodniopomorskim, dla którego WWRPP wynosi 67,5 pkt. W przypadku województwa małopolskiego i podkarpackiego jakość warunków przyrodniczych jest podobna, a wartość WWRPP oscyluje w okolicach 70,0 pkt. (tabela 10).

**Tabela 10. Wartości wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRPP) dla wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego**

Wyszczególnienie	Wskaźnik bonitacji				WRPP
	gleba	agroklimat	rzeźba terenu	warunki wodne	
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>53,6</b>	<b>9,3</b>	<b>2,4</b>	<b>4,0</b>	<b>69,3</b>
- powiat nowosądecki	40,3	7,2	1,0	4,1	52,6
- powiat oświęcimski	60,8	9,6	3,9	4,2	78,5
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>60,5</b>	<b>13,4</b>	<b>4,1</b>	<b>3,6</b>	<b>81,6</b>
- powiat opolski	44,1	13,7	4,3	3,1	65,1
- powiat prudnicki	70,3	13,1	3,9	4,4	95,3
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>52,7</b>	<b>10,7</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>70,4</b>
- powiat jarosławski	63,3	12,6	3,7	4,1	83,6
- powiat jasielski	55,6	8,5	2,1	4,6	70,8
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>50,0</b>	<b>9,8</b>	<b>4,0</b>	<b>3,6</b>	<b>67,5</b>
- powiat drawski	45,5	9,5	3,3	3,4	61,8
- powiat łobeski*	47,1	10,2	4,3	3,7	65,4
<b>Polska</b>	<b>49,5</b>	<b>9,9</b>	<b>3,9</b>	<b>31,0</b>	<b>66,6</b>

Objaśnienia do tabeli: \* powiat łobeski został utworzony w 2002 r. z pięciu gmin wchodzących w skład powiatów: goleniowskiego, gryfickiego i stargardzkiego, dlatego też wskaźnik jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej obliczono jako średnią z wartości charakteryzujących w/w powiaty.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: danych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego 2023.

W ujęciu przyjętych do badań powiatów najwyższe wartości WWRPP wykazują: prudnicki (95,3 pkt.), jarosławski (83,6 pkt.) oraz oświęcimski (78,5 pkt.). Najmniej korzystne warunki do prowadzenia produkcji rolniczej charakteryzują natomiast powiat nowosądecki, dla którego

jakość oceniono na poziomie 52,6 pkt. W pozostałych jednostkach samorządu terytorialnego wartość WWRPP kształtuje się w granicach od 61,8 pkt., w powiecie drawskim do 70,8 pkt., w powiecie jasielskim. Scharakteryzowane powyżej determinanty natury przyrodniczej wywierają istotny wpływ na sposób użytkowania jednego z podstawowych zasobów produkcyjnych na obszarach wiejskich, jakim jest ziemia. Odgrywa ona bowiem wiodącą rolę w organizacji produkcji gospodarstwa rolnego, gdyż do jej właściwości, a szczególnie obszaru i jakości muszą być dostosowane pozostałe elementy sił wytwórczych, tj.: środki produkcji i siła robocza, a także wielkość nakładów produkcyjnych.

Charakteryzując strukturę użytkowania gruntów badanych jednostek administracyjnych zauważyć można, że największy udział użytków rolnych w powierzchni ogółem (blisko 95,0%) charakteryzuje województwo opolskie i zachodniopomorskie. W pozostałych dwóch regionach (małopolskim i podkarpackim) kształtuje się on w granicach 85,0%. Województwa te wykazują natomiast najwyższy udział powierzchni przeznaczonych pod lasy i grunty leśne (10,9% i 8,4%). W przypadku badanych powiatów, struktura użytkowania gruntów jest znacznie bardziej zróżnicowana niż w województwach. Najwyższy udział użytków rolnych wykazują powiaty zlokalizowane na obszarze województwa opolskiego, tj. prudnicki (97,2%), opolski (95,2%) oraz zachodniopomorskiego (Łobeski - 94,0%, drawski - 91,9%), a także powiat jarosławski (92,8%) położony w województwie podkarpackim. Najniższy udział gruntów wykorzystywanych pod uprawy rolne charakteryzuje natomiast powiat nowosądecki (75,5%). W pozostałych jednostkach użytki rolne stanowią 83,2% w powiecie jasielskim do 89,6% w powiecie oświęcimskim. Warto zaznaczyć także, że najwyższy udział lasów w powierzchni ogółem wykazują powiaty nowosądecki (18,8%) i jasielski (10,3%), najniższy natomiast powiat prudnicki (niespełna 0,3%) (tabela 11).

**Tabela 11. Struktura użytkowania gruntów w gospodarstwach rolnych w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Powierzchnia gruntów ogółem (ha)	Udział w powierzchni gruntów (%)		
		użytki rolne	lasy i grunty leśne	pozostałe
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>634 294,6</b>	<b>83,5</b>	<b>10,9</b>	<b>5,5</b>
- powiat nowosądecki	56 557,5	75,5	18,8	5,7
- powiat oświęcimski	14 365,5	89,6	2,3	8,0
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>415 448,9</b>	<b>95,8</b>	<b>1,7</b>	<b>2,6</b>
- powiat opolski	49 690,4	95,2	2,2	2,6
- powiat prudnicki	37 946,6	97,2	0,3	2,5
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>650 347,3</b>	<b>85,0</b>	<b>8,4</b>	<b>6,6</b>
- powiat jarosławski	55 741,9	92,8	3,1	4,0
- powiat jasielski	30 514,1	83,2	10,3	6,5
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>779 470,0</b>	<b>94,1</b>	<b>2,0</b>	<b>3,9</b>
- powiat drawski	49 904,4	91,9	3,4	4,8
- powiat łobeski	43 997,9	94,0	2,7	3,3
<b>Polska</b>	<b>15 237 472,5</b>	<b>89,6</b>	<b>6,0</b>	<b>4,4</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Wielkość udziału użytków rolnych w powierzchni ogółem ma swoje odzwierciedlenie w strukturze ich użytkowania. W województwach wykazujących największy udział tego rodzaju gruntów przeważa bowiem forma ich przeznaczenia pod zasiewy (opolskie: - 88,8%, zachodniopomorskie - 73,3%). Najmniejszy obszar przeznaczony pod uprawy rolne charakteryzuje z kolei województwa położone w południowo-wschodniej części kraju, tj. województwo małopolskie (52,0%) i podkarpackie (54,2%), które wyróżniają się z kolei na tle pozostałych, wysokim udziałem łąk i pastwisk (odpowiednio: 40,9% i 36,5%) oraz powierzchnią przeznaczoną pod uprawy sadownicze (odpowiednio: 2,5% i 2,1%). Najniższy udział łąk i pastwisk (9,7%) oraz sadów (niespełna 0,3%) wykazuje natomiast województwo opolskie. W przypadku gruntów ugorowanych największy udział w powierzchni ogółem zanotowano w województwie podkarpackim (3,0%), najniższy w województwie opolskim (niespełna 0,4%). Analizując strukturę użytków rolnych w wytypowanych



do badań terenowych powiatach można zauważyć, że do jednostek wykazujących względnie wysoki udział użytków przeznaczonych pod zasiewy należą: powiat prudnicki (94,8%), jarosławski (83,6%) oraz oświęcimski (82,4%) i łobeski (80,7%). Do grupy regionów, gdzie obszar wykorzystywany jest w najmniejszym stopniu pod zasiewy zaliczyć można powiat nowosądecki (niespełna 21,8%) i jasielski (32,7%). Subregiony te przodują natomiast w wielkości powierzchni łąk i pastwisk, których udziały wynoszą odpowiednio 40,9% oraz 57,2%. Na podstawie zaprezentowanych danych można zauważyć także, że na tle pozostałych, powiat nowosądecki wykazuje znacznie wyższy udział sadów, który kształtuje się na poziomie 8,2%, a w ujęciu krajowym obszar ten postrzegany jest jako jedno z zagłębi produkcji sadowniczej. Przeprowadzona analiza wykazała również, że największa powierzchnia przeznaczona pod ugory charakteryzuje powiaty jasielski (3,0%) oraz drawski (2,0%), najmniej tego typu powierzchni występuje natomiast w powiecie prudnickim (niespełna 0,1%) (tabela 12).

**Tabela 12. Struktura użytków rolnych gospodarstw w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Powierzchnia użytków rolnych ogółem (ha)	Udział w powierzchni użytków rolnych (%)				
		zasiewy	łąki i pastwiska	sady	ugory	pozostałe
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>529 842,3</b>	<b>52,0</b>	<b>40,9</b>	<b>2,5</b>	<b>1,4</b>	<b>3,3</b>
- powiat nowosądecki	42 700,4	21,8	65,3	8,2	0,8	3,9
- powiat oświęcimski	12 877,1	82,4	14,0	0,6	1,2	1,9
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>397 799,2</b>	<b>88,8</b>	<b>9,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>
- powiat opolski	47 303,5	78,7	18,6	0,4	0,9	1,3
- powiat prudnicki	36 878,3	94,8	4,6	0,1	0,1	0,5
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>552 763,7</b>	<b>54,2</b>	<b>36,5</b>	<b>2,1</b>	<b>3,0</b>	<b>4,2</b>
- powiat jarosławski	51 743,3	83,6	11,2	2,0	1,5	1,7
- powiat jasielski	25 395,1	32,7	57,2	3,0	3,0	4,1
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>733 492,7</b>	<b>73,3</b>	<b>22,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,8</b>
- powiat drawski	45 852,8	62,6	32,7	2,0	2,0	1,7
- powiat łobeski	41 366,0	80,7	14,2	1,2	1,3	2,6
<b>Polska</b>	<b>13 652 107,7</b>	<b>72,5</b>	<b>22,2</b>	<b>2,6</b>	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Analizując badane jednostki samorządowe pod kątem struktury wielkości gospodarstw rolnych można stwierdzić, iż podobnie jak w kraju, w większości z nich przeważają gospodarstwa zaliczane do grupy obszarowej od 1 do 5 ha użytków rolnych. Wyjątek w tym zakresie stanowi województwo zachodniopomorskie, gdzie udział tego typu podmiotów jest najmniejszy i wynosi około 35,0%. Region ten, na tle pozostałych wyróżnia z kolei liczba gospodarstw powyżej 15 ha, gdzie ponad połowa wszystkich podmiotów prowadzących działalność rolniczą to gospodarstwa zakwalifikowane do tej grupy obszarowej. Wysoki (26,0%) udział gospodarstw dysponujących powierzchnią powyżej 15 ha charakteryzuje także województwo opolskie. W przypadku regionów małopolskiego i podkarpackiego gospodarstwa tego typu stanowią znikomy udział, tj. 3,1% i 4,1%, co jest charakterystyczne dla obszaru Polski południowo-wschodniej. Przyglądając się z kolei strukturze wielkości gospodarstw w ujęciu badanych powiatów można wywnioskować, że do jednostek wykazujących duże rozdrobnienie należą te zlokalizowane na terenie województwa podkarpackiego i małopolskiego, gdzie udział gospodarstw z grupy obszarowej od 1 do 5 ha znacznie przewyższa pozostałe analizowane subregiony (jasielski - 84,7%, nowosądecki - 82,3%, oświęcimski - 76,5% i jarosławski - 69,7%). Na przeciwnym biegunie znalazły się natomiast powiaty województwa zachodniopomorskiego i opolskiego, które wykazują znacznie większy udział podmiotów dysponujących powierzchnią, powyżej 15 ha użytków rolnych (łobeski - ponad 50,0%, drawski - blisko 40,0%, prudnicki - około 37,0% oraz opolski - 23,0%) (tabela 13).

**Tabela 13. Struktura wielkości gospodarstw według grup obszarowych użytków rolnych w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Liczba gospodarstw rolnych ogółem	Udział gospodarstw rolnych w grupie obszarowej (%)				
		< 1 ha	1-5 ha	5-10 ha	10-15 ha	> 15 ha
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>126 200</b>	<b>2,6</b>	<b>78,3</b>	<b>13,2</b>	<b>2,8</b>	<b>3,1</b>
- powiat nowosądecki	12 366	2,4	82,3	12,7	1,4	1,2
- powiat oświęcimski	2 353	3,7	76,5	9,5	2,9	7,5
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>25 441</b>	<b>1,9</b>	<b>43,7</b>	<b>18,8</b>	<b>9,7</b>	<b>26,0</b>
- powiat opolski	3 178	2,5	48,1	17,9	8,6	22,9
- powiat prudnicki	2 112	2,1	32,9	16,9	11,3	36,6
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>114 192</b>	<b>2,3</b>	<b>76,8</b>	<b>13,7</b>	<b>3,0</b>	<b>4,1</b>
- powiat jarosławski	7 195	2,4	69,7	15,9	4,1	7,9
- powiat jasielski	6 981	2,4	84,7	8,7	1,7	2,5
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>28 849</b>	<b>1,7</b>	<b>34,9</b>	<b>17,1</b>	<b>10,6</b>	<b>35,8</b>
- powiat drawski	1 709	1,2	30,7	18,7	10,4	39,1
- powiat łobeski	983	2,0	26,2	12,1	9,5	50,2
<b>Polska</b>	<b>1 317 400</b>	<b>1,9</b>	<b>50,1</b>	<b>21,9</b>	<b>9,9</b>	<b>16,1</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Konsekwencją tak ukształtowanej struktury wielkości gospodarstw rolnych zlokalizowanych na obszarze badanych jednostek administracyjnych jest udział poszczególnych grup obszarowych gospodarstw rolnych w należącej do nich powierzchni użytków rolnych. W województwach małopolskim i podkarpackim na blisko 60,0% użytków rolnych swoją działalność prowadzą bowiem podmioty skategoryzowane do grup obszarowych od 1 do 5 ha i od 5 do 10 ha. W przypadku pozostałych jednostek (zachodniopomorskiego i opolskiego) ponad 75,0% ziemi uprawnej należy do gospodarstw powyżej 15 ha. Zjawisko to występuje także na poziomie powiatów, gdzie gospodarstwa tego typu prowadzą działalność na największym obszarze użytków rolnych, a w niektórych przypadkach udział ten kształtuje się na poziomie bliskim i ponad 90,0% (łobeski - 93,6%, drawski - 87,5%). W przypadku powiatów położonych w południowo-wschodniej części Polski na większości powierzchni użytków rolnych uprawy polowe prowadzą natomiast małe lub średnie gospodarstwa rolne. Wyjątek w tym zakresie stanowią powiaty jarosławski i oświęcimski, w których na gospodarstwa powyżej 15 ha przypada odpowiednio 53,1% i 51,3% powierzchni użytków rolnych (tabela 14).

**Tabela 14. Struktura użytków rolnych według grup obszarowych gospodarstw w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Powierzchnia użytków rolnych ogółem (ha)	Udział gospodarstw rolnych w grupie obszarowej (%)				
		< 1 ha	1-5 ha	5-10 ha	10-15 ha	> 15 ha
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>529 842,3</b>	<b>0,5</b>	<b>45,6</b>	<b>20,9</b>	<b>7,8</b>	<b>25,1</b>
- powiat nowosądecki	42 700,4	0,6	59,9	23,9	4,5	11,2
- powiat oświęcimski	12 877,1	0,5	30,6	11,4	6,3	51,3
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>397 799,2</b>	<b>0,1</b>	<b>7,0</b>	<b>8,6</b>	<b>7,5</b>	<b>76,8</b>
- powiat opolski	47 303,5	0,1	8,2	8,5	6,7	76,5
- powiat prudnicki	36 878,3	0,1	4,6	7,1	8,2	80,0
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>552 763,7</b>	<b>0,4</b>	<b>38,8</b>	<b>18,8</b>	<b>7,2</b>	<b>34,8</b>
- powiat jarosławski	51 743,3	0,3	24,9	14,9	6,8	53,1
- powiat jasielski	25 395,1	0,6	52,5	15,8	5,4	25,7
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>733 492,7</b>	<b>0,1</b>	<b>3,5</b>	<b>4,8</b>	<b>5,0</b>	<b>86,6</b>
- powiat drawski	45 852,8	0,1	3,0	5,0	4,5	87,5
- powiat łobeski	41 366,0	0,1	1,6	2,2	2,7	93,6
<b>Polska</b>	<b>13 652 107,7</b>	<b>0,1</b>	<b>12,7</b>	<b>15,0</b>	<b>11,5</b>	<b>60,7</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

W obrębie podmiotów zlokalizowanych na obszarze badanych jednostek samorządu terytorialnego zarówno na poziomie wojewódzkim, jak i powiatowym dominują uprawy polowe, a tendencja ta jest podobna dla całego kraju. Udział produkcji polowej w poszczególnych

województwach waha się do 62,4% w województwie małopolskim do 82,8% w województwie opolskim. Województwo małopolskie wyróżnia się natomiast na tle pozostałych względnie wysokim udziałem produkcji zwierzęcej, gdzie ponad 17,0% podmiotów prowadzi tego typu działalność. Analizując rodzaj prowadzonej działalności przez gospodarstwa rolne na poziomie powiatów zauważyć można, że produkcja roślinna dominuje w powiatach: jarosławskim (85,9%), łobeskim (83,5%), opolskim (79,5%) i oświęcimskim (77,1%). Największy udział produkcji zwierzęcej charakteryzuje natomiast podmioty zlokalizowane na obszarze powiatów: nowosądeckiego (25,0%), prudnickiego (17,1%) i opolskiego (11,6%). Dodatkowo spośród całej populacji gospodarstw rolnych zlokalizowanych na terenie badanych jednostek, tylko w powiecie nowosądeckim udział upraw ogrodnich jest względnie wysoki na tle pozostałych, oscylując w okolicach 11,4%. (tabela 15).

**Tabela 15. Struktura gospodarstw rolnych według rodzajów działalności w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Liczba gospodarstw rolnych ogółem	Udział gospodarstw rolnych według różnych typów działalności (%)					
		uprawy polowe	uprawy ogrodnicze*	chów zwierząt	mieszana (różne uprawy)	mieszana (różne zwierzęta)	inne
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>126 200</b>	<b>62,4</b>	<b>6,2</b>	<b>17,2</b>	<b>4,1</b>	<b>3,3</b>	<b>6,8</b>
- powiat nowosądecki	12 366	45,8	11,4	25,1	4,7	6,3	6,7
- powiat oświęcimski	2 353	77,1	3,8	7,3	2,6	2,0	7,2
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>25 441</b>	<b>82,8</b>	<b>2,1</b>	<b>9,2</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>	<b>1,2</b>
- powiat opolski	3 178	79,5	3,0	11,6	1,3	2,2	2,5
- powiat prudnicki	2 112	73,1	1,3	17,1	1,3	6,8	0,3
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>114 192</b>	<b>69,7</b>	<b>5,1</b>	<b>8,1</b>	<b>5,4</b>	<b>2,1</b>	<b>9,6</b>
- powiat jarosławski	7 195	85,9	3,0	2,8	5,5	0,9	0,3
- powiat jasielski	6 981	68,7	3,3	9,7	4,1	2,0	12,7
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>28 849</b>	<b>78,2</b>	<b>4,6</b>	<b>8,1</b>	<b>2,2</b>	<b>0,7</b>	<b>6,3</b>
- powiat drawski	1 709	69,3	4,8	9,8	2,2	0,8	13,1
- powiat łobeski	983	83,5	3,9	5,1	2,0	0,8	4,8
<b>Polska</b>	<b>1 317 400</b>	<b>68,0</b>	<b>7,4</b>	<b>15,1</b>	<b>3,7</b>	<b>2,2</b>	<b>3,4</b>

Objaśnienia do tabeli: \*łącznie z uprawą drzew i krzewów owocowych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Rodzaj działalności produkcyjnej prowadzonej przez gospodarstwa położone na obszarze badanych regionów, zdominowany jest zatem przez uprawy polowe, a analiza struktury zasiewów wskazuje, że największy udział w powierzchni upraw ogółem (kształtujący się w przedziale od 62,0% w zachodniopomorskim do blisko 75,0% w województwach podkarpackim, opolskim i małopolskim) mają rośliny zbożowe. Na drugim miejscu wymienić należy uprawę rzepaku i rzepiku, których udział w strukturze zasiewów odbiega znacząco in minus od pozostałych regionów. Tylko w województwie małopolskim gdzie kształtuje się na poziomie niespełna 3,8%. Region ten na tle badanej populacji przoduje z kolei w uprawie ziemniaka (6,1%) i warzyw gruntowych (5,2%). Przedstawione powyżej tendencje rodzajowe upraw prowadzonych przez gospodarstwa rolne na poziomie województw, potwierdza struktura zasiewów charakteryzująca należące do nich powiaty, w których podobnie jak w skali województwa dominuje uprawa roślin zbożowych. Udział tego rodzaju roślin kształtuje się na poziomie od 58,5% w powiecie drawskim do 82,6% w powiecie oświęcimskim. Największy udział w powierzchni użytków rolnych w uprawie rzepaku i rzepiku odnosi się natomiast do powiatów prudnickiego (16,7%) oraz jarosławskiego (12,2%). Na najmniejszą skalę tego rodzaju roślin uprawia się w powiecie nowosądeckim (niespełna 0,3%) i drawskim (1,4%). Liderami w uprawie ziemniaka są z kolei powiaty nowosądecki (11,8%) oraz jasielski (9,3%). Największy udział upraw warzywnych w ujęciu powiatowym, przypada z kolei subregionowi łobeskiemu (11,8%). W przypadku upraw buraków



cukrowych można stwierdzić, że ich udział w strukturze zasiewów jest znikomy, zarówno na poziomie województw, jak i powiatów (tabela 16).

**Tabela 16. Struktura powierzchni zasiewów w gospodarstwach rolnych w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Powierzchnia zasiewów ogółem (ha)	Udział poszczególnych grup roślin w powierzchni zasiewów ogółem (%)					
		zboża	ziemniaki	buraki cukrowe	rzepak i rzepik	warzywa gruntowe	inne
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>275 454,3</b>	<b>74,1</b>	<b>6,1</b>	<b>0,3</b>	<b>3,8</b>	<b>5,2</b>	<b>10,6</b>
- powiat nowosądecki	9 327,2	73,1	11,8	0,1	0,3	0,9	13,4
- powiat oświęcimski	10 607,0	82,5	1,9	0,1	10,1	0,6	4,8
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>353 423,8</b>	<b>74,3</b>	<b>0,9</b>	<b>2,6</b>	<b>15,2</b>	<b>0,3</b>	<b>6,7</b>
- powiat opolski	37 234,6	83,7	0,9	0,8	7,3	0,3	7,0
- powiat prudnicki	34 964,2	71,3	0,4	5,4	16,7	0,1	6,2
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>299 753,9</b>	<b>75,8</b>	<b>4,6</b>	<b>1,1</b>	<b>8,3</b>	<b>1,2</b>	<b>9,1</b>
- powiat jarosławski	43 257,2	76,7	3,5	1,1	12,2	0,8	5,7
- powiat jasielski	8 300,7	74,1	9,3	0,7	3,6	0,8	11,5
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>537 939,8</b>	<b>62,1</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>10,9</b>	<b>1,1</b>	<b>22,3</b>
- powiat drawski	28 713,0	58,7	0,5	0,1	1,4	1,3	38,1
- powiat łobeski	33 379,8	67,4	2,4	0,9	11,8	11,8	16,9
<b>Polska</b>	<b>9 895 486,6</b>	<b>68,8</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>8,1</b>	<b>1,6</b>	<b>17,4</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Obrazując wielkość pogłównia zwierząt w gospodarstwach rolnych prowadzących działalność na obszarze badanych jednostek samorządu terytorialnego należy wskazać, że w układzie województw największa skala chowu bydła charakteryzuje województwo małopolskie (około 170 tys., z czego blisko połowę stanowią krowy). Najmniej tego rodzaju zwierząt utrzymywanych jest w województwie podkarpackim (ponad 80 tys., z czego ponad 50,0% stanowi chów krów). W pozostałych regionach skala chowu bydła oscyluje w okolicach 120-130 tys. sztuk, a udział krów waha się od 35,0% do 40,0%). Największa skala chowu świń dotyczy województwa opolskiego (ponad 365 tys. szt.) oraz zachodniopomorskiego (około 120 tys.). W województwie małopolskim i podkarpackim wielkość pogłównia jest o połowę mniejsze i wynosi około 150 tys. sztuk (tabela 17).

**Tabela 17. Pogłównie zwierząt w gospodarstwach rolnych wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Bydło (szt.)		Świnie (szt.)		Drób (szt.)	
	ogółem	w tym krowy (%)	ogółem	w tym lochy na chów (%)	ogółem	w tym drób kurzy (%)
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>165 639</b>	<b>47,5</b>	<b>150 932</b>	<b>10,9</b>	<b>4 976 750</b>	<b>87,4</b>
- powiat nowosądecki	21 171	51,6	1 301	17,3	412 454	86,2
- powiat oświęcimski	3 065	38,6	5 066	14,2	336 472	95,5
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>131 136</b>	<b>34,7</b>	<b>365 706</b>	<b>8,8</b>	<b>5 670 258</b>	<b>95,4</b>
- powiat opolski	12 292	31,8	38 461	9,6	1 792 130	99,1
- powiat prudnicki	16 156	32,2	77 756	9,4	1 146 764	99,4
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>80 320</b>	<b>54,0</b>	<b>149 156</b>	<b>11,3</b>	<b>5 933 398</b>	<b>91,6</b>
- powiat jarosławski	2 996	53,9	6 634	11,9	568 158	93,9
- powiat jasielski	5 692	52,6	971	15,6	1 16 771	85,0
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>120 228</b>	<b>39,2</b>	<b>311 558</b>	<b>10,6</b>	<b>14 077 876</b>	<b>95,9</b>
- powiat drawski	5 416	46,1	410	6,5	15 945	84,8
- powiat łobeski	2 081	42,9	88	1,4	1 044 955	99,8
<b>Polska</b>	<b>6 309 011</b>	<b>39,3</b>	<b>11 151 150</b>	<b>7,3</b>	<b>225 902 594</b>	<b>86,7</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Liderem w chowie drobiu na tle wszystkich analizowanych regionów jest województwo zachodniopomorskie (ponad 14 mln sztuk). W pozostałych jednostkach chów drobiu kształtuje się na poziomie 0,5-0,6 mln sztuk. We wszystkich jednostkach, zarówno na poziomie województw, jak i powiatów dominuje chów drobiu kurzego, który stanowi od 85,0% do 95,0% ogółu. Podobny rozkład różnic w wielkości pogłowia zwierząt gospodarskich charakteryzuje powiaty wchodzące w skład badanych województw. Liderami w chowie bydła są powiaty nowosądecki (ponad 21 tys.), prudnicki (ponad 16 tys.) i opolski (ponad 12 tys.). Do regionów prowadzących intensywny chów świń należą powiaty województwa opolskiego, tj. prudnicki (około 80 tys. sztuk) oraz opolski (blisko 40 tys. sztuk). Największa skala chowu drobiu, poza powiatem łobeskim (ponad 1 mln sztuk), dotyczy także powiatów: opolskiego (około 1,8 mln sztuk) i prudnickiego (ponad 1,1 mln sztuk), których udział w produkcji drobiu stanowi łącznie ponad połowę wielkości dla województwa opolskiego.

Przedstawione powyżej charakterystyki ilościowe produkcji rolniczej prowadzonej na obszarze wytypowanych do badań ankietowych regionów, determinują w istotnym zakresie źródła dochodu rolników i ich rodzin. Struktura przeznaczenia produkcji końcowej gospodarstw rolnych wskazuje, że w przypadku województw: zachodniopomorskiego i opolskiego, (gdzie dominują gospodarstwa towarowe), ponad 87,0% produkcji końcowej przeznaczana jest na sprzedaż. W południowo-wschodniej części Polski, dominują z kolei drobne gospodarstwa rolne. Rolnicy prowadzący działalność na terenie województw: małopolskiego i podkarpackiego deklarują bowiem, że wielkość uzyskiwanej przez nich produkcji końcowej przeznaczana jest zarówno na sprzedaż, jak i stanowi formę samozaopatrzenia. Ma to swoje przełożenie na strukturę ich głównych źródeł dochodu, tj. tych, których udział w dochodach ogółem przekracza 50,0% (tabela 18).

**Tabela 18. Struktura gospodarstw rolnych według przeznaczenia produkcji końcowej oraz głównych źródeł dochodu w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Struktura gospodarstw rolnych według przeznaczenia produkcji końcowej (%)		Struktura głównych źródeł dochodu (> 50% dochodu ogółem) gospodarstw rolnych (%)				
	na sprzedaż	na potrzeby własne	działalność rolnicza	działalność pozarolnicza	z pracy najemnej	emerytura i renta	inne formy niezarobkowe
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>56,9</b>	<b>43,1</b>	<b>17,7</b>	<b>10,7</b>	<b>43,9</b>	<b>24,4</b>	<b>3,3</b>
- powiat nowosądecki	48,8	51,2	17,3	10,3	43,3	23,2	6,0
- powiat oświęcimski	68,8	31,2	12,1	8,4	41,4	35,8	2,2
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>87,0</b>	<b>13,0</b>	<b>39,4</b>	<b>9,8</b>	<b>37,1</b>	<b>11,9</b>	<b>1,8</b>
- powiat opolski	81,8	18,2	32,3	11,7	38,6	15,1	2,3
- powiat prudnicki	92,3	7,7	59,4	6,8	25,3	7,7	0,9
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>50,5</b>	<b>49,5</b>	<b>13,0</b>	<b>8,1</b>	<b>45,6</b>	<b>29,5</b>	<b>3,9</b>
- powiat jarosławski	78,1	21,9	22,4	9,8	42,7	22,9	2,1
- powiat jasielski	33,6	66,4	11,0	7,0	45,2	32,8	4,0
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>88,1</b>	<b>11,9</b>	<b>39,5</b>	<b>12,2</b>	<b>30,9</b>	<b>14,9</b>	<b>2,6</b>
- powiat drawski	87,6	12,4	35,3	10,5	32,3	19,0	2,8
- powiat łobeski	89,2	10,8	54,4	12,3	20,5	10,8	1,9
<b>Polska</b>	<b>81,7</b>	<b>18,3</b>	<b>34,1</b>	<b>9,1</b>	<b>37,1</b>	<b>17,4</b>	<b>2,3</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

Analizując zaprezentowane dane liczbowe można zauważyć, iż największy (blisko 40,0%) udział rolników i ich rodzin, którzy wskazują jako główne źródło dochodu działalność rolniczą,

charakteryzuje województwo zachodniopomorskie i opolskie. Najniższy dotyczy natomiast województwa małopolskiego i podkarpackiego, gdzie działalność tego typu, jako główna działalność zarobkowa, dotyczy niespełna 13,0% gospodarstw. W regionach tych podstawowe źródło dochodu stanowi zazwyczaj praca najemna (małopolskie - 43,9%, podkarpackie - 45,6%) oraz dochody w postaci emerytur i rent (24,4% i 29,5%). W przypadku badanych powiatów struktura źródeł dochodów użytkowników gospodarstw rolnych i ich rodzin jest zbliżona do tej dla województw. Do powiatów, w których udział dochodów otrzymywanych z działalności produkcyjnej gospodarstwa jest znaczący, zaliczyć można: prudnicki (59,4%), łobeski (54,4%), drawski (35,3%) oraz opolski (32,3%). W przypadku powiatów położonych w Polsce południowo-zachodniej duży udział w dochodach przypisywany jest natomiast pracy najemnej oraz świadczeniom emerytalno-rentowym. W powiatach oświęcimskim i jasielskim tego typu źródła wskazuje około 75,0% domowników. Podobnie jest w przypadku podmiotów zlokalizowanych w powiatach: jarosławskim i nowosądeckim (ponad 65,0%).

Scharakteryzowane poprzednio kwestie związane z przeznaczeniem produkcji końcowej oraz głównych źródeł dochodów członków gospodarstw rolnych, znajdują potwierdzenie we wnioskach płynących z analizy struktury podmiotów, według osiągniętej przez nie wielkości ekonomicznej (SO). Kategoria ta wyraża wielkość standardowej produkcji, jaką osiąga gospodarstwo w ciągu roku. Analizując średnią wielkość ekonomiczną produkcji gospodarstw rolnych w ujęciu poszczególnych grup zauważyć można, że na obszarze województwa małopolskiego i podkarpackiego występuje wyraźna przewaga gospodarstw rolnych, uzyskujących roczną wartość produkcji w przedziałach: od 0 do 2 tys. EURO (małopolskie - 43,8%, podkarpackie - 46,5%), od 2 do 4 tys. EURO (małopolskie - 22,4%, podkarpackie - 25,3%) oraz od 4 do 8 tys. EURO (małopolskie - 16,2%, podkarpackie - 25,3%). Łączny udział tego typu gospodarstw w ich ogólnej liczbie dla województwa małopolskiego wynosi ponad 84,0%, a dla województwa podkarpackiego ponad 87,0%. (tabela 19).

**Tabela 19. Struktura gospodarstw rolnych według wielkości ekonomicznej w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.**

Wyszczególnienie	Liczba gospodarstw rolnych ogółem	Udział gospodarstw według wielkości ekonomicznej (%)							
		0-2 tys. EURO	2-4 tys. EURO	4-8 tys. EURO	8-15 tys. EURO	15-25 tys. EURO	25-50 tys. EURO	50-100 tys. EURO	> 100 tys. EURO
<b>Województwo małopolskie:</b>	<b>126 200</b>	<b>43,8</b>	<b>22,4</b>	<b>16,2</b>	<b>8,6</b>	<b>4,3</b>	<b>2,9</b>	<b>1,2</b>	<b>0,6</b>
- powiat nowosądecki	12 366	41,6	23,0	18,8	8,6	4,1	2,2	1,1	0,5
- powiat oświęcimski	2 353	40,8	26,7	14,9	7,6	3,6	3,4	1,9	1,1
<b>Województwo opolskie:</b>	<b>25 441</b>	<b>23,1</b>	<b>18,3</b>	<b>16,1</b>	<b>12,3</b>	<b>8,5</b>	<b>9,6</b>	<b>6,7</b>	<b>5,3</b>
- powiat opolski	3 178	31,2	18,9	14,8	10,0	6,6	8,0	5,1	5,3
- powiat prudnicki	2 112	13,5	15,0	12,1	13,1	11,0	15,2	12,2	7,8
<b>Województwo podkarpackie:</b>	<b>114 192</b>	<b>46,5</b>	<b>25,3</b>	<b>15,2</b>	<b>6,6</b>	<b>2,8</b>	<b>2,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>
- powiat jarosławski	7 195	28,0	29,5	20,9	10,2	4,6	3,7	1,9	1,3
- powiat jasielski	6 981	55,8	24,7	12,1	4,0	1,5	1,1	0,5	0,3
<b>Województwo zachodniopomorskie:</b>	<b>28 849</b>	<b>26,6</b>	<b>14,0</b>	<b>14,5</b>	<b>12,6</b>	<b>8,3</b>	<b>9,4</b>	<b>7,2</b>	<b>7,3</b>
- powiat drawski	1 709	31,2	12,8	13,1	12,5	8,7	9,7	6,8	5,3
- powiat łobeski	983	20,3	10,1	13,8	12,6	9,3	11,6	10,9	11,4
<b>Polska</b>	<b>1 317 400</b>	<b>28,5</b>	<b>19,0</b>	<b>17,2</b>	<b>12,1</b>	<b>7,7</b>	<b>7,8</b>	<b>4,7</b>	<b>3,2</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) 2023.

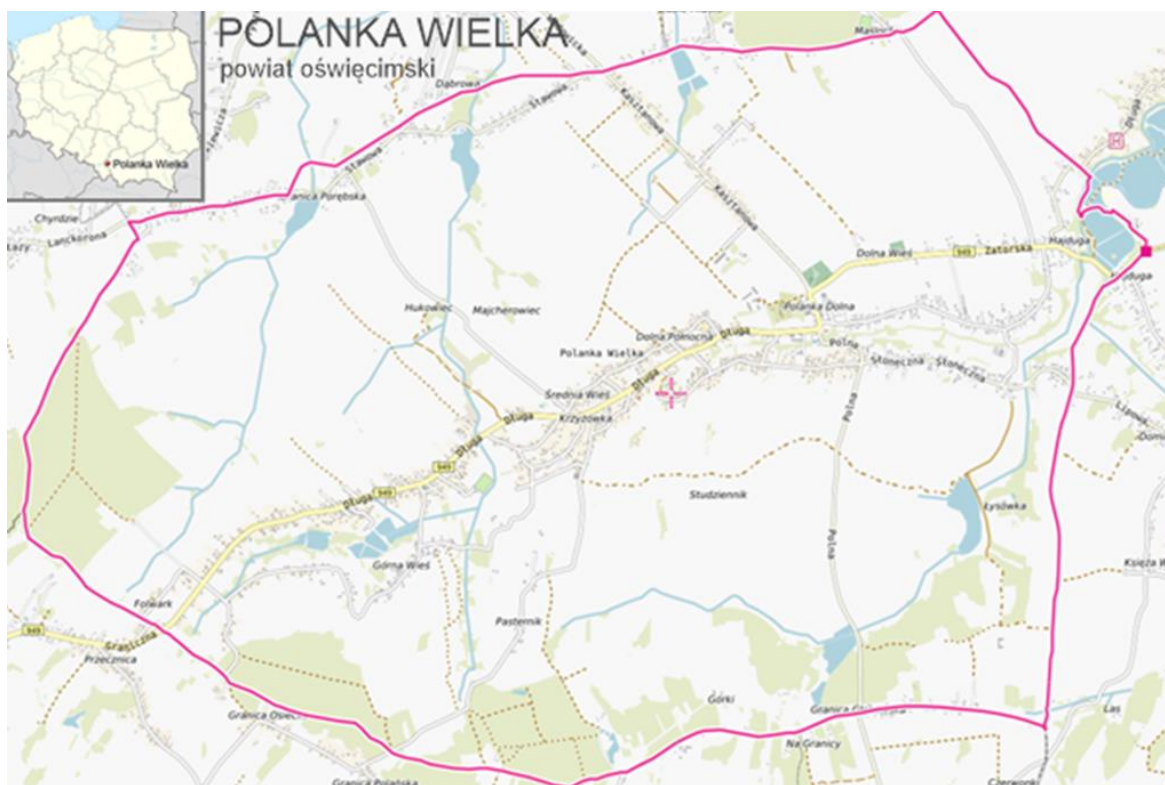
W przypadku województw opolskiego i zachodniopomorskiego, pomimo iż także znaczna liczba gospodarstw sklasyfikowana jest w grupie od 0 do 2 tys. EURO (zachodniopomorskie - 26,6%, opolskie - 23,1%), od 2 do 4 tys. EURO (zachodniopomorskie - 14,0%, opolskie - 18,3%) oraz od 4 do 8 tys. (zachodniopomorskie - 14,5%, opolskie - 16,1%), co daje łącznie udział na poziomie ponad 55,0% dla zachodniopomorskiego i ponad 57,0% dla opolskiego, zauważalny jest trend odwrotny.

Oznacza to, że w województwach tych występuje tendencja wzrostowa udziału podmiotów, które zaliczane są do grup gospodarstw osiągających powyżej: 8, 15, 20, 50, czy 100 tys. EURO. Podobnie struktura ta przedstawia się na poziomie analizowanych powiatów. Największy udział gospodarstw, które uzyskują niskie wielkości ekonomiczne (SO) w ujęciu rocznym dotyczy powiatów: nowosądeckiego, gdzie łączny udział podmiotów sklasyfikowanych do trzech pierwszych grup (od 0 do 2 tys. EURO, od 2 do 4 tys. EURO i od 4 do 8 tys. EURO) wynosi ponad 83,0%, jasielskiego (ponad 92,0%), oświęcimskiego (ponad 82,0%) oraz jarosławskiego (ponad 78,0%). Najmniejszy udział gospodarstw, które sklasyfikowano do pierwszych trzech grup dotyczy natomiast powiatów: opolskiego (ponad 64,0%), drawskiego (ponad 57,0%), łobeskiego (ponad 44,2%) i prudnickiego (ponad 40,0%).

Z przeprowadzonej charakterystyki uwarunkowań rozwoju rolnictwa przyjętych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego wynika, że do głównych zagrożeń determinujących zmianę przydatności rolniczej przestrzeni produkcyjnej można zaliczyć czynniki degradujące glebę, w tym szczególnie procesy erozji wodnej, które prowadzą między innymi do zwiększenia poziomu zakwaszenia gleby oraz spadku zawartości w niej materii organicznej oraz makro i mikroelementów. Kolejnym zagrożeniem może być narastające zjawisko zaprzestania działalności rolniczej na części użytków rolnych. Zaniechanie uprawy wynikać może ze zmiany uwarunkowań naturalnych (np.: słabej jakości gleb, jej wysokiego poziomu zakwaszenia, niekorzystnej rzeźby terenu, niedoboru lub nadmiaru opadów lub zmiany sposobu użytkowania ziemi), ale może być także efektem oddziaływania czynników zewnętrznych na proces produkcji rolniczej, głównie natury społeczno-ekonomicznej, organizacyjnej lub rynkowej. Pomimo wyżej wymienionych czynników warto zauważyć, że w Polsce produkcja rolnicza stanowi nadal główną bazę ekonomiczną dla mieszkańców wsi. Analizując stan i przemiany w strukturze rolnictwa oraz potencjał ekonomiczny obszarów wiejskich badanych regionów, należy brać pod uwagę zarówno wartość jaką można osiągnąć z produkcji rolniczej, jak również: zachowanie, często bezalternatywnych miejsc pracy, dochody miejscowej ludności oraz podtrzymanie mozaikowej struktury krajobrazu w wymiarze lokalnym. W rozważaniach nad rozwojem współczesnego rolnictwa coraz częściej eksponuje się bowiem fakt, że pełni ono niezwykle istotne usługi o charakterze społecznym i przyrodniczym. Istniejące na obszarze analizowanych regionów uwarunkowania demograficzne oraz przyrodniczo-środowiskowe sprawiły, że w strukturze agrarnej rolnictwa występują zarówno podmioty nietowarowe, jak i te konkurujące ze sobą na rynkach. Dlatego też przy wypracowywaniu nowej wizji rozwoju wsi i rolnictwa zgodnych z zasadami i celami Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) oraz Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) należy koncentrować się na tworzeniu dogodnych warunków nie tylko dla rozwoju podmiotów efektywnych ekonomicznie, zdolnych do konkurencji rynkowej, ale także dla gospodarstw o funkcjach usługowych na rzecz lokalnych społeczności i środowiska przyrodniczego.

#### **2.4. Rozdrobnienie gruntów i warunki wodne w gminie Polanka Wielka**

Polanka Wielka jest gminą jednowioskową, co jest jednym z nielicznych ewenementów w skali Polski. Wieś-gmina ta jest jedną z 9 gmin powiatu oświęcimskiego i sąsiaduje z trzema gminami wiejskimi: od południa z gminą Osiek, od zachodu i północy z gminą Oświęcim oraz od wschodu z gminą Przeciszów (wszystkie wchodzą w skład powiatu oświęcimskiego). Powierzchnia gminy wynosi 24,08 km<sup>2</sup> [Plan odnowy miejscowości Polanka Wielka na lata 2009-2017 2009]. Obszar Polanki Wielkiej cechuje się falistą rzeźbą terenu, która została ukształtowana w wyniku erozyjnego działania miejscowych strumieni i potoków. Najwyższy punkt Polanki Wielkiej położony jest w rejonie zbiorników wodnych i liczy 285 m n. p. m, najniższy natomiast 245 m n. p. m. i zlokalizowany jest we wschodniej części miejscowości, przy granicy z gminą Przeciszów [Strategia Rozwoju Gminy Polanka Wielka na lata 2015-2020 2015] (mapa 3).



**Mapa 3. Lokalizacja obiektu badań na tle mapy Polski oraz mapa topograficzna z lokalizacją cieków i zbiorników wodnych**

Źródło: Nicia i inni 2022.

Bazując na Ekspertyzie 1, opracowanej w ramach przedmiotowego projektu, można wskazać na następujące cechy charakterystyczne obszaru, istotne z merytorycznego punktu widzenia [Nicia i inni 2022]:

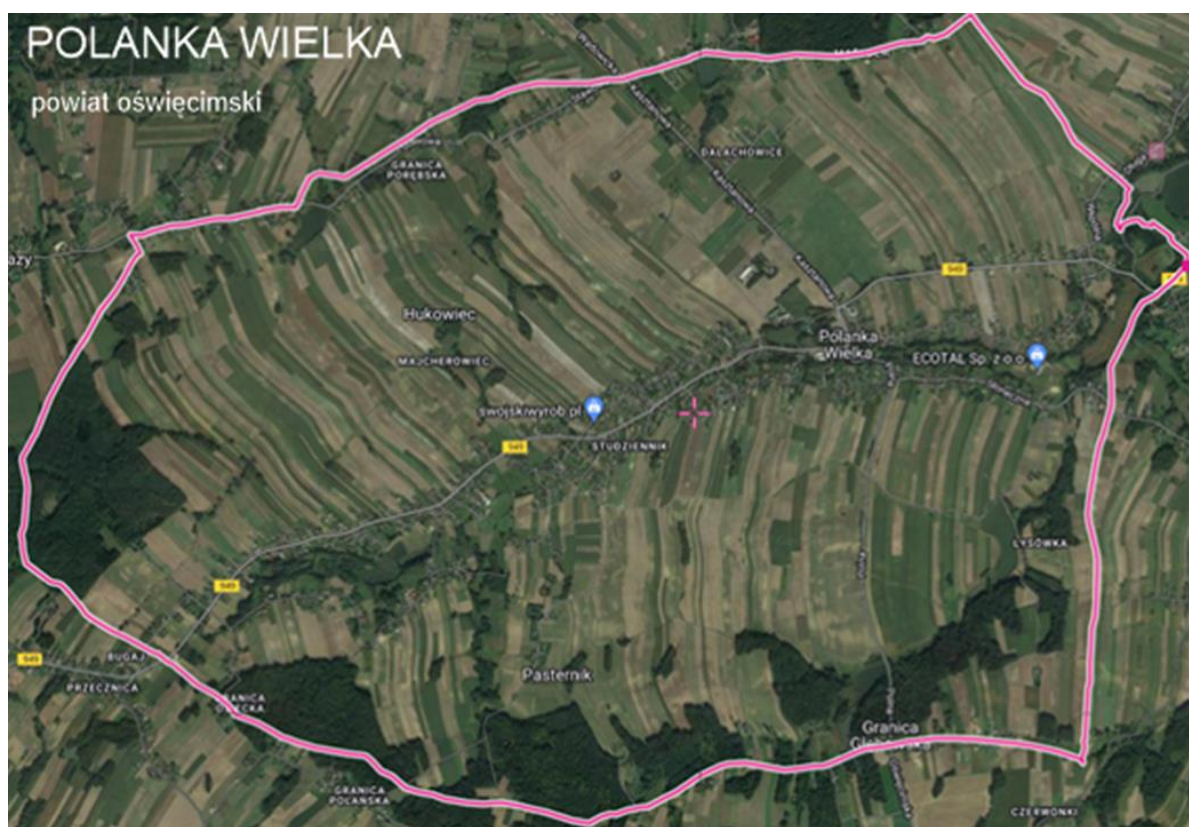
- interesujący z punktu widzenia celu badań układ cieków i zbiorników wód powierzchniowych,
- układ pól uprawnych, które kwalifikują obszar wsi do realizacji scalenia gruntów z uwagi na niekorzystne zjawisko rozdrobnienia gruntów, w tym głównie bardzo wydłużone działki,
- zróżnicowane parametry szorstkości terenu przez różne formy jego użytkowania, w tym również występowanie obszarów zwartych, które pokryte są lasami,
- duża deniwelacja obszaru badań, pomiędzy 245 a 285 m n.p.m., co odpowiada różnicy wysokości 40 m; wartość sugeruje istotny poziom erozji powierzchniowej na badanym obszarze oraz potencjalnie wysoki udział gruntów, w których dochodzi do wymywania składników z gleb na skutek spływu powierzchniowego w powierzchni użytków rolnych ogółem,
- wysoka intensywność użytkowania gruntów, przy czym na obszarze badań znajdują się również trwałe użytki zielone,
- pokrycie cyfrową mapą glebowo-rolniczą, dostępne są ponadto inne kluczowe dla realizacji celów badań w ramach projektu dane przestrzenne.

Większość gleb w gminie to gleby wytworzone z glin średnich i glin średnich pylastych, przy czym dominują tu gleby płowe, brunatne właściwe typowe i wyługowane. W grupie gleb ornych przeważają gleby średniej jakości, zakwalifikowane do III i IV klasy bonitacyjnej, 30,9% wszystkich gleb użytkowanych rolniczo zakwalifikowanych zostało natomiast do klasy IIIb, gleby klasy IIIa zajmują z kolei 15,8%. Duży udział, bo 19,8% stanowią gleby klasy IVa. Wśród gleb użytków zielonych najwięcej jest gleb klasy III (14,4% ogółu). Biorąc pod uwagę przydatność gleb do produkcji rolniczej najwięcej stanowią gleby kompleksu pszennego dobrego. Ponadto w Polance Wielkiej



występują kompleksy: pszenno-żytni, pszenno-wadliwy, zbożowy pastewny mocny. Znikomy odsetek to gleby kompleksu zbożowego górskiego [Plan odnowy miejscowości Polanka Wielka na lata 2009-2017, 2009].

Obiekt badań charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem odczynu gleb (pH od 4,6 do 6,0). Gleby, zwłaszcza na terenach narażonych na oddziaływanie emisji komunikacyjnych i komunalnych charakteryzują się zawartością WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne). Istotnym zjawiskiem jest również mokra depozycja zanieczyszczeń. Naturalny proces polegający na traceniu przez glebę wapnia w trakcie wymywania go przez wody opadowe oraz pobierania przez rośliny, powodujący zakwaszenie gleb, nasila się wraz ze wzrostem poziomu nawożenia mineralnego. Do zakwaszenia gleb przyczyniają się też tzw. kwaśne deszcze, towarzyszące występowaniu tlenków siarki i azotu w powietrzu. Ze względu na wyżej wymienione czynniki, odczyn gleby wymaga regulacji poprzez zastosowanie nawożenia odkwaszającego (przy pH 6,1-7,2 wapnowanie węglanem wapnia) [Bochenek 2014] (mapa 4).



**Mapa 4. Struktura przestrzenna obiektu badań na tle ortofotomapy**

Źródło: Nicia i inni 2022.

W strukturze użytkowania gruntów w gminie Polanka Wielka największą grupę stanowią użytki rolne, które zajmują 1915 ha, czyli 80,2% ogólnej powierzchni gminy. Natomiast mały udział, bo zaledwie 10,8% (257 ha) zajmują lasy i grunty leśne. Wśród użytków rolnych dominują grunty orne, których powierzchnia wynosi 1655 ha, tj. 69,3% terytorium gminy, łąki zalegają na 8,8% obszaru, a pastwiska obejmują 45 ha i stanowią 1,9% gruntów ogółem. Na obszarze Polanki Wielkiej zlokalizowane są również hodowlane stawy rybne. Niski stopień lesistości i wysoki udział użytków rolnych warunkują Polancę Wielką charakter miejscowości typowo rolniczej. Ogółem na terytorium obiektu w 2006 r. funkcjonowało 623 gospodarstw rolnych. Większość z nich to typowe dla Małopolski małe gospodarstwa rodzinne o powierzchni od 1 do 5 ha, cechujące się niekorzystnym rozłogiem ziemi użytkowanej rolniczo. Podmioty te całość lub większość produkcji rolnej przeznaczają na zaspokajanie potrzeb własnych.

Według danych Urzędu Gminy Polanka Wielka, w 2006 r. tego typu gospodarstwa stanowiły aż 74,3% wszystkich gospodarstw rolnych zlokalizowanych na obszarze gminy. Głównym kierunkiem upraw były wówczas zboża, które zajmowały ponad 80,0% powierzchni użytków rolnych. Na drugim miejscu plasowała się uprawa ziemniaków oraz warzyw gruntowych (18,0%). Pozostałe 2,0% powierzchni zajmowały rośliny oleiste (głównie rzepak). Jak wskazują wyniki Powszechnego Spisu Rolnego w 2020 r. nastąpiły nieznaczne zmiany w strukturze gospodarstw i upraw. Gospodarstwa o powierzchni od 1 do 5 ha stanowią obecnie 63,0% ogółu podmiotów funkcjonujących na terenie Polanki Wielkiej. Powierzchnia produkcji zbóż nieznacznie spadła, tj. do 76,0% na korzyść trwałych użytków zielonych (105 ha, co stanowi 5,0% użytków rolnych badanego obszaru) [www.bdl.stat.gov.pl 2022].

Według Bochenka (2014) wyróżnić można następujące ogniska zanieczyszczeń związane z gospodarką rolną w Polance Wielkiej, które w świetle powyższych danych można uznać za nadal aktualne, tj.:

- obszary intensywnego stosowania nawozów i środków ochrony roślin,
- miejsca niewłaściwego magazynowania nawozów mineralnych,
- miejsca usuwania przeterminowanych pestycydów,
- miejsca wykonywania kiszonek paszowych,
- tereny rolniczego wykorzystywania gnojowicy,
- obojętne gospodarstwo.

Wśród substancji stosowanych w rolnictwie największy problem stanowią pestycydy. Należy również podkreślić, iż scharakteryzowane w podrozdziale dalszej części niniejszej ekspertyzy cieką stanowią odbiornik wód drenarskich z intensywnie użytkowanych gruntów rolnych, co wiąże się z zanieczyszczeniem wód substancjami nawozowymi. Z tego względu należy się również liczyć z okresowymi zagrożeniami wynikającymi z pozostałości środków ochrony roślin<sup>3</sup>. Obiekt położony jest w zlewni Wisły, a jego teren odwadniają drobne cieką wodne, biorące początek na jego terenie lub w gminach sąsiednich. Naturalny charakter zachowało częściowo koryto strumienia Tyran, odwadniającego centralną część analizowanego obszaru. Pozostałe cieką zostały zamienione w rowy melioracyjne. Główne rowy melioracyjne to [Bochenek 2014]:

- ciek Podymacz z dopływami Farawiec i Szatanek, odwadniający południowo-wschodnią część gminy,
- rów Wilczak z dopływami Olszewik i Wawrzyniec, odwadniający środkową i częściowo północną część gminy,
- rów Majcherowiec, odwadniający zachodnią część gminy.

Cieką te posiadają niewielkie zlewnie zasilane głównie z terenów rolnych, a także częściowo osadniczych (o zalesieniu rzędu 10,0%) i niosą małe ilości wody. W latach suchych przepływy w mniejszych rowach praktycznie zanika. Właściwy terytorialnie Nadzór Wodny administruje cieką Tyran, a pozostałymi ciekami administrują spółki wodne. Cieką powierzchniowe zasilają nieliczne i niewielkie stawy rybne. Znajduje się tu 15 stawów rybnych, w większości należących do Rolniczej Spółdzielni Produkcyjnej Polanka Wielka, 6 stawów prywatnych znajduje się w dolinie potoku Wawrzyniec. Na terenie Polanki Wielkiej brak jest zbiorników wodnych służących celom rekreacyjnym. Jako, że jedynym źródłem zasilania stawów w wodę są rowy melioracyjne, prowadzące niewielkie ilości wody niskiej jakości właściciele stawów borykają się z jej niedoborem.

---

<sup>3</sup> Są one substancjami chwastobójczymi (herbicydy), grzybobójczymi (fungicydy) i owadobójczymi (insektycydy). Mogą być także skierowane przeciwko gryzoniom (rodentycydy), mięczakom (moluskicydy) i innym szkodnikom roślin uprawnych. Ogólnie pestycydy można podzielić na nieorganiczne i organiczne, a te ostatnie – na naturalne i syntetyczne.



W okresach niżówkowych deficyt wody zastrza się wskutek czego pojawia się w takiej sytuacji deficyt tlenowy, powodujący szkody w hodowli ryb [Bochenek 2014] (mapa 5).



**Mapa 5. Główne ciekі przepływające przez obiekt Polanka Wielka oraz zbiorniki wodne**

Źródło: [www.wody.isok.gov.pl](http://www.wody.isok.gov.pl) 2023.

Stan jakości wód na obiekcie Polanka Wielka określono na podstawie stanu jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), który stanowi podstawową jednostkę gospodarowania wodami. Stan jednolitych części wód rzek i jezior ocenia się jako dobry lub zły, analizując wyniki klasyfikacji ich stanu lub potencjału ekologicznego. Stan ekologiczny określa się dla naturalnych JCWP, natomiast potencjał ekologiczny dla wód sztucznie i silnie zmienionych w wyniku działalności człowieka. Ocenie podlega także stan chemiczny wód. Do oceny wód śródlądowych brane są przede wszystkim elementy: biologiczne (obfitość, liczebność, skład gatunkowy), hydromorfologiczne (reżim hydrologiczny, ciągłość cieków), chemiczne (substancje priorytetowe: metale ciężkie, WWA, pestycydy chloro organiczne) oraz fizykochemiczne (warunki natlenienia, warunki termiczne, zasolenie, zakwaszenie, substancje biogenne, specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i niesyntetyczne).

Ocenę stanu jednolitych części wód powierzchniowych określono na podstawie danych pozyskanych z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Stwierdza ona, że na obiekcie Polanka Wielka występują dwa ciekі (rowy melioracyjne), dla których określono stan wód, jako zły, a potencjał ekologiczny, jako umiarkowany. Podstawą określenia była klasyfikacja stanu i potencjału ekologicznego oraz stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych. Wśród elementów, które w największym stopniu decydowały o stanie wód i potencjale ekologicznym poniżej dobrego, należy w przypadku JCWP rzecznych wyróżnić elementy fizykochemiczne i biologiczne - zasolenie (37,7% przypadków) oraz substancje biogenne (35,6% przypadków). Klasyfikacja JCWP osiągnęła stan chemiczny poniżej dobrego. Zatem można stwierdzić, iż wody odpływające z obiektu Polanka Wielka należą do mocno zanieczyszczonych związkami, które wpływają na eutrofizację wód.



### **3. WYNIKI ANALIZY EKONOMICZNEJ PROWADZONEJ NA BAZIE DANYCH RACHUNKOWOŚCI ROLNEJ FADN DLA WYSELEKCJONOWANYCH GRUP GOSPODARSTW ROLNYCH W POLSCE**

#### **3.1. Założenia metodyczne do oceny efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych stosujących różne strategie wapnowania gleb**

Ocena wyników ekonomicznych gospodarstw rolnych jest przedsięwzięciem bardzo trudnym, co wynika przede wszystkim z braku powszechnego obowiązku prowadzenia rachunkowości przez tego typu podmioty. Sytuacja taka nie tylko stanowi ograniczenie dla badań naukowych, ale znacznie utrudnia podejmowanie decyzji, zarówno w skali makroekonomicznej (polityka rolna), jak i mikroekonomicznej (zarządzanie gospodarstwem rolnym). Obowiązek prowadzenia ewidencji zdarzeń gospodarczych posiadają jedynie niektóre grupy beneficjentów pomocy publicznej, m.in. korzystające ze wsparcia w ramach działań PROW 2014-2020, tj. „Premia dla młodych rolników” oraz „Modernizacja gospodarstw rolnych.” Na zasadzie dobrowolności ewidencję prowadzą natomiast podmioty współpracujące z FADN (ang. *Farm Accountancy Data Network*), czyli Systemem Zbierania i Wykorzystywania Danych Rachunkowych z Gospodarstw Rolnych. Dane gromadzone o gospodarstwach towarowych w systemie FADN należą obecnie do najbardziej wiarygodnych źródeł informacji o produkcji i wynikach ekonomicznych gospodarstw towarowych w Polsce i krajach członkowskich Unii Europejskiej. W polu obserwacji europejskiego systemu FADN znajdują się gospodarstwa towarowe, które wytwarzają około 90,0% wartości Standardowej Produkcji (SO) w danym regionie lub kraju. Są to więc podmioty relatywnie większe i silniejsze ekonomicznie, dlatego też do uzyskanych wyników należy podchodzić ostrożnie. Niewątpliwie nie można ich uogólniać bezkrytycznie na całą populację gospodarstw rolnych.

Mocnymi stronami danych gromadzonych w ramach FADN jest wypracowywana przez kilka dekad metodologia ich gromadzenia, weryfikacji i prezentacji. Całość procesu gromadzenia danych nadzorowana jest przez ekspertów, których praca rozpoczyna się już na etapie pozyskiwania danych od rolników. Nie ma obecnie możliwości pozyskania w inny sposób danych o zbliżonej wiarygodności [Wojewodziec 2017]. Publikowane na bazie zgromadzonych danych tzw. wyniki standardowe zawierają informacje na temat: skali i wartości produkcji, kosztów, dopłat do działalności operacyjnej i inwestycyjnej gospodarstwa, podatków, wyników ekonomicznych (w tym dochodu z gospodarstwa rolnego), bilansu finansowego oraz wybranych wskaźników finansowych. Dla potrzeb realizacji celów niniejszego opracowania wyniki standardowe dla poszczególnych gospodarstw zostały wzbogacone o informacje na temat jakości ziemi, wysokości dawek i kosztów nawożenia NPK oraz wapnowania. Każde z gospodarstw – na bazie metodologii FADN, zostało zakwalifikowane do odpowiedniego typu rolniczego oraz grupy wielkości ekonomicznej.

Pomimo tego, iż baza FADN obejmuje corocznie informacje o około 12 000 gospodarstw rolnych, to skład tej grupy podlega ciągłym zmianom. W związku z tym, na potrzeby badań o charakterze dynamicznym, konieczne było wyodrębnienie tych podmiotów, które pozostawały w bazie nieprzerwanie w latach 2010-2020. Tego typu gospodarstw rolnych zidentyfikowano łącznie 3 726, w tym:

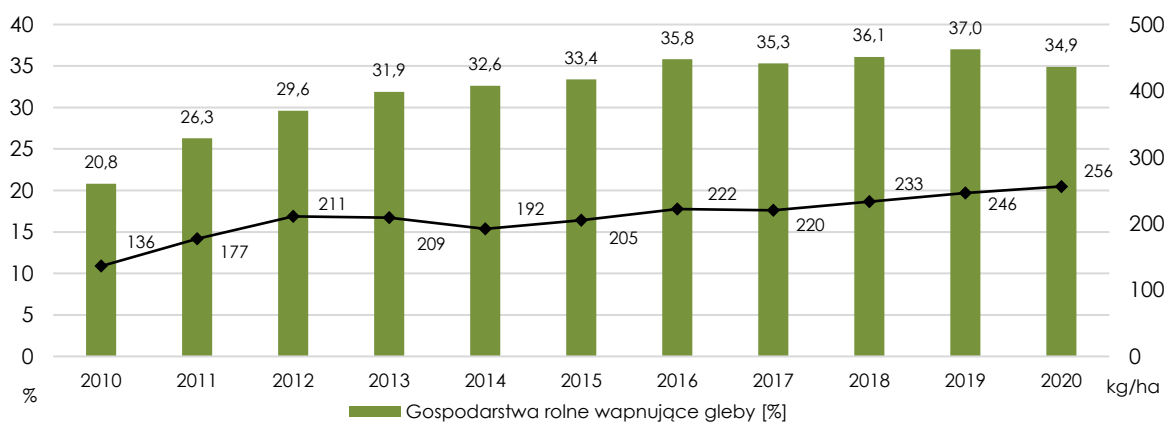
- 113 podmiotów zlokalizowanych w województwie małopolskim,
- 176 podmiotów zlokalizowanych w województwie opolskim,
- 87 podmiotów zlokalizowanych w województwie podkarpackim,
- 122 podmioty zlokalizowane w województwie zachodniopomorskim.

Podczas analiz szczegółowych populacja ta została zawężona, a z dalszych rozważań zostały wykluczone podmioty uzyskujące ujemne wartości produkcji oraz uzyskujące wielokrotnie wyższe

wartości kategorii wynikowych (np. fermy drobiu), tak aby nie zniekształcały one wyników prowadzonych rozważań ze względu na swój specyficzny charakter. Rozważania prowadzone w rozdziale 4 skoncentrowano na grupie gospodarstw specjalizujących się w produkcji polowej<sup>4</sup>, tj. grupie gospodarstw, dla których wapnowanie gleb powiązane z nawożeniem NPK powinno odgrywać szczególnie istotne znaczenie.

### 3.2. Strategie wapnowania stosowane przez towarowe gospodarstwa rolne

Na podstawie ogólnodostępnych danych zauważyć można, że zarówno odsetek gospodarstw stosujących wapnowanie, jak i średnia wysokość stosowanych dawek CaO są wyższe w grupie gospodarstw towarowych niż w całej populacji gospodarstw rolniczych w Polsce. Wynika to zarówno z charakteru prowadzonej produkcji, udziału nieużytków oraz trwałych użytków zielonych, ale jak należy przypuszczać również z wiedzy merytorycznej samych rolników, którzy prowadzą gospodarstwa ukierunkowane na rynek i generowanie dochodu. Zasadniczo w okresie od 2010 do 2020 r. wzrastała liczba gospodarstw towarowych dokonujących wapnowania z 776 (21,0% badanej grupy w 2010 r.) do 1 300 (35,0% badanej grupy w 2020 r.). Wzrastała również średnia wielkość stosowanych dawek nawozów z poziomu 136 kg CaO/ha UR w 2010 r. do 256 kg CaO/ha UR w 2020 r. (wykres 7). Dla porównania według wyników Powszechnego Spisu Rolnego z 2020 r. zróżnicowanie poziomu wapnowania gleb w poszczególnych województwach wahało się w granicach od około 51 kg/ha UR w województwach świętokrzyskim i małopolskim do blisko 144,5 kg/ha UR w województwie opolskim. Prezentowane wyniki wyraźnie wskazują, że niski poziom stosowanego nawożenia odkwaszającego w znacznej części gospodarstw rolnych nie pokrywał nawet strat związanych z wymywaniem jonów wapnia i magnezu przez wody opadowe.



**Wykres 7. Udział w badanej populacji gospodarstw towarowych dokonujących zakupu nawozów wapniowych [%] oraz średnia wysokość stosowanych dawek CaO [kg/ha]**

Objaśnienia do wykresu: Polska - ogółem N = 3 726.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Na końcu obserwowanej dekady wapnowanie stało się praktyką stosowaną, w co trzecim gospodarstwie towarowym, a średnia dawka CaO zwiększyła się o 100 kg. Obserwowane zmiany zdają się świadczyć o wzroście świadomości i zainteresowania rolników wapnowaniem gleb. Jest to niewątpliwie pozytywny trend, jednak wysokość nawożenia odkwaszającego na poziomie nieco ponad 250 kg/ha użytków rolnych jest znacznie niższa od zalecanych dawek tego typu

<sup>4</sup> Typ rolniczy gospodarstwa rolnego określany jest na podstawie udziału standardowej wielkości produkcji, jaką osiąga gospodarstwo w ciągu roku (SO) z poszczególnych działalności rolniczych. Typ rolniczy gospodarstwa odzwierciedla jego poziom i kierunek specjalizacji. W prowadzonych analizach uwzględniono 8 typów ogólnych: uprawy polowe, uprawy ogrodnicze, uprawy trwałe, krowy mleczne, zwierzęta trawożerne, zwierzęta ziarnożerne oraz gospodarstwa mieszane.

nawozów zalecanych przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy. Dawki te w zależności od wartości pH gleby oraz kategorii agronomicznej powinny wynosić od 1 tony na glebach lekkich do 10 ton CaO/ha w przypadku silnie zakwaszonych gleb ciężkich [Jadczyzyn 2021].

Analizy wykazały, że w badanej populacji gospodarstw towarowych stosowane były różne strategie częstotliwości zakupu nawozów wapniowych oraz ich stosowania. Dane gromadzone w ramach systemu FADN pozwoliły na wskazanie z jaką częstotliwością gospodarstwa dokonywały zakupu nawozów wapniowych. Pozwoliły również na określenie ilości zakupionego wapna oraz kosztów zakupu. W prowadzonych rozważaniach przyjęto za literaturę przedmiotu, że wapnowanie jest zabiegiem agrotechnicznym, który może być wykonywany corocznie w mniejszych dawkach lub większymi dawkami co 2-3 lata na glebach lekkich i co 3-4 lata na glebach ciężkich. Badany okres 2010-2020 podzielono zatem na dwa okresy: 2010-2016 oraz 2017-2020.

Następnie określono liczbę lat, w których gospodarstwa dokonywały zakupu nawozów wapniowych w każdym z tych okresów (tabela 20). Podział taki wynikał z przyjętych założeń stosowanych w dalszej części analiz, w myśl których wapnowanie powinno być wykonywane przynajmniej raz w okresie czteroletnim, gdyż jest zabiegiem służącym nie tylko uprawie przed którą jest stosowane, ale również uprawom następującym na danym stanowisku w kolejnych latach. Wzięto pod uwagę również, że ocena wyników ekonomicznych może być zakłócana wahaniami plonów wynikającymi ze zmienności warunków klimatycznych oraz cen produktów rolnych. W związku z tym wyniki gospodarowania (dochód z gospodarstwa rolnego) uśredniono dla okresu czterech lat (2017-2020).

**Tabela 20. Struktura gospodarstw rolnych według stosowanych strategii wapnowania w latach 2010-2020**

Wyszczególnienie		Częstotliwość wapnowania w okresie 2010-2016				Ogółem (%)
		0*	1-2*	3-5*	6-7*	
		Udział gospodarstw stosujących daną strategię (%)				
Częstotliwość wapnowania w okresie 2017-2020	0*	18,9	11,6	3,5	0,2	34,3
	1-2*	8,3	16,5	13,7	2,2	40,7
	3-4*	1,4	6,0	12,6	5,0	25,1
<b>Razem</b>		<b>28,6</b>	<b>34,0</b>	<b>29,9</b>	<b>7,5</b>	<b>100,0</b>

Objaśnienia do tabeli: \* liczba lat w danym okresie, w których ponoszono koszty na wapnowanie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Biorąc pod uwagę, iż badana populacja to towarowe gospodarstwa rolne (zwykle o większej powierzchni i skali produkcji), zaskakująco wysoki był odsetek gospodarstw, które nie nabywały (domyślnie nie stosowały) nawozów wapniowych w całej jedenastoletniej perspektywie czasowej prowadzonych analiz<sup>5</sup>. Podmiotów, które w latach 2010-2020 nie nabyły nawozów wapniowych było aż 18,9%. Wprawdzie sam fakt nabywania corocznie nawozów wapniowych nie musi z góry i definitywnie rozstrzygać o prawidłowości gospodarki nawozowej, niemniej częstsze nabywanie i stosowanie nawozów wapniowych wydaje się wskazywać na wyższą świadomość rolników w zakresie znaczenia zabiegu wapnowania dla kultury rolnej oraz wyników ekonomicznych gospodarstwa rolnego. Zaledwie 17,6% badanych gospodarstw rolnych stosowało praktykę częstego zakupu nawozów wapniowych dokonując takich wydatków minimum w trzech latach z okresu 2010-2016 oraz minimum w trzech latach w okresie 2017-2020.

Przeprowadzone analizy w ujęciu regionalnym wykazały, że w województwie małopolskim wyraźnie większy był udział podmiotów nieprowadzących wapnowania w okresie 2010-2020

<sup>5</sup> W praktyce zakup nawozów wapniowych jest równoznaczny z ich zastosowaniem ze względu na trudności z przechowywaniem tego typu nawozów w dłuższej perspektywie.

i wyniósł on aż 35,4% (tabela 21). Jakie mogły być główne przyczyny tak niskiej popularności wapnowania w tym regionie? Być może przesądziła o tym specyfika rolnictwa w woj. małopolskim, a w szczególności większy udział trwałych użytków zielonych w powierzchni gospodarstw. Jest prawdopodobne, że przeszkodą dla wapnowania było też charakterystyczne dla regionu rozdrobnienie agrarne: niekorzystne rozłogi gospodarstw mogły przyczynić się do zwiększenia kosztów transportu nawozu wapniowego na pola i zniechęcać do praktyki wapnowania. Te tezy wymagają jednak potwierdzenia w dalszych analizach. Ponadto znamienne dla rozdrobnionego rolnictwa Polski południowej dwuzawodowość rodzin rolniczych i istnienie alternatywnych źródeł utrzymania, mogły przyczynić się do strategii minimalizacji nakładów i mniejszej dbałości o kompleksowość podejmowanych zabiegów agrotechnicznych (w tym rezygnacji z zakupu nawozu wapniowego). Wątek ten zbadano szczegółowiej w rozdziale 8 poświęconym wynikom badań ankietowym. Pomimo wzrostu zainteresowania rolników nawożeniem wapniowym, w dalszym ciągu duża grupa badanych gospodarstw towarowych stosowała tylko sporadycznie ten zabieg agrotechniczny. W okresie 2017-2020, aż 34,3% badanych podmiotów nie prowadziło wapnowania, mimo że powinno mieć ono miejsce w tym okresie co najmniej raz. W badanych województwach wskaźnik ten wynosił odpowiednio: w małopolskim – 45,1%, opolskim – 23,3%, podkarpackim – 21,8% oraz zachodniopomorskim – 27,9%.

**Tabela 21. Struktura gospodarstw rolnych w badanych województwach według stosowanych strategii wapnowania w latach 2010-2020**

Wyszczególnienie		Częstotliwość wapnowania w okresie 2010-2016				Ogółem (%)
		0*	1-2*	3-5*	6-7*	
		Udział gospodarstw stosujących daną strategię (%)				
Częstotliwość wapnowania w okresie 2017-2020	0*	35,4	7,1	2,7	0,0	45,1
	1-2*	8,0	12,4	10,6	0,0	31,0
	3-4*	2,7	5,3	8,0	8,0	23,9
<b>Razem województwo małopolskie</b>		<b>46,0</b>	<b>24,8</b>	<b>21,2</b>	<b>8,0</b>	<b>100,0</b>
Częstotliwość wapnowania w okresie 2017-2020	0*	10,8	8,0	4,0	0,6	23,3
	1-2*	2,3	17,6	13,1	4,0	36,9
	3-4*	0,0	5,7	21,6	12,5	39,8
<b>Razem województwo opolskie</b>		<b>13,1</b>	<b>31,3</b>	<b>38,6</b>	<b>17,0</b>	<b>100,0</b>
Częstotliwość wapnowania w okresie 2017-2020	0*	9,2	11,5	1,1	0,0	21,8
	1-2*	9,2	18,4	11,5	3,4	42,5
	3-4*	1,1	6,9	19,5	8,0	35,6
<b>Razem województwo podkarpackie</b>		<b>19,5</b>	<b>36,8</b>	<b>32,2</b>	<b>11,5</b>	<b>100,0</b>
Częstotliwość wapnowania w okresie 2017-2020	0*	15,6	8,2	4,1	0,0	27,9
	1-2*	3,3	13,1	18,0	4,9	39,3
	3-4*	0,8	4,1	22,1	5,7	32,8
<b>Razem województwo zachodniopomorskie</b>		<b>19,7</b>	<b>25,4</b>	<b>44,3</b>	<b>10,7</b>	<b>100,0</b>

Objaśnienia do tabeli: \* liczba lat w danym okresie, w których ponoszono koszty na wapnowanie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Częstotliwość nabywania nawozów wapniowych przez gospodarstwa rolne nie wskazuje jednak jednoznacznie na ilość wprowadzanego do gleby CaO, dlatego też analizie poddano również strategię gospodarstw ze względu na średnie wielkości nawożenia w okresach czteroletnich. Biorąc pod uwagę, że efekty wapnowania są przesunięte w czasie, w dalszych analizach zaprezentowano wyniki produkcyjne i ekonomiczne dla lat 2017-2020, podczas gdy skala wapnowania była uwzględniana z lat 2016-2019. Jest to uzasadnione ze względu na sposób działania nawozów odkwaszających, których efekt zastosowania jest widoczny z reguły dopiero w następnych okresach wegetacyjnych. Zaledwie co 6 z badanych gospodarstw stosowało wysokość nawożenia CaO na poziomie przekraczającym 2 tony/ha UR w okresie czteroletnim (>0,5 t/ha UR rocznie). Były to na ogół podmioty doceniające znaczenie kompleksowego nawożenia, o czym świadczyło łączenie wapnowania z relatywnie wyższymi dawkami NPK. Należy

jednak zaznaczyć że dawka CaO w ilości 2 t/ha UR w okresie czteroletnim pokrywa z niewielkim zapasem ilość składników zasadowych wymywanych z gleby przez wody opadowe. Dawka ta powinna być zdecydowanie zatem większa i należy ją ustalić w oparciu o analizy gleby wykonywane w stacjach chemiczno-rolniczych (tabela 22).

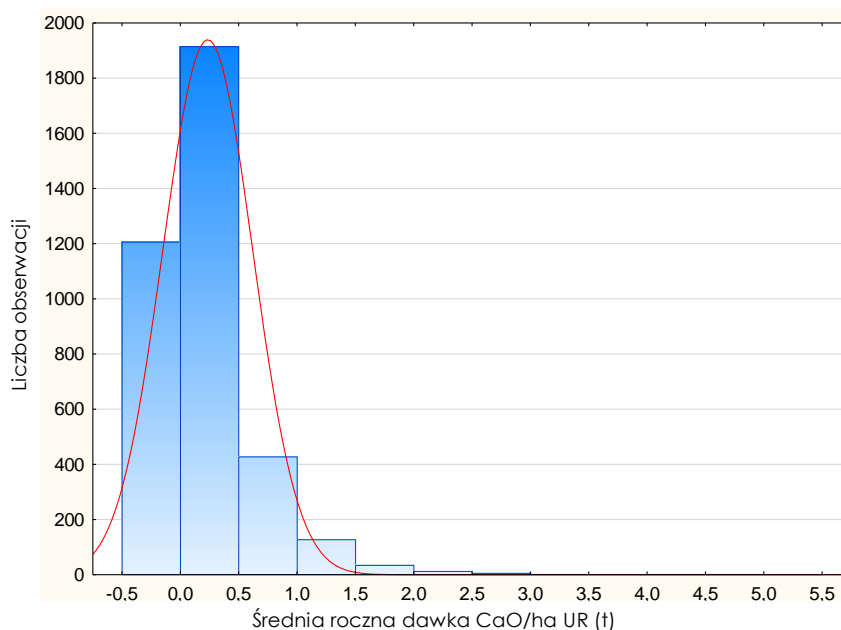
**Tabela 22. Struktura towarowych gospodarstw rolnych według stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO w latach 2016-2020**

Wyszczególnienie		Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (%)
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
		Struktura gospodarstw rolnych stosujących daną strategię (%)				
Średnia roczna dawka NPK/ha UR (dt)**	0,00	1,7	0,4	0,1	0,0	2,2
	0,01-1,00	8,4	6,6	0,5	0,2	15,7
	1,01-3,00	22,5	33,3	7,2	2,7	65,6
	> 3,00	3,4	7,4	3,7	2,0	16,5
<b>Razem</b>		<b>36,0</b>	<b>47,7</b>	<b>11,4</b>	<b>4,9</b>	<b>100,0</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Co czwarte z gospodarstw rolnych nie dokonywało nawożenia wapniowego pomimo, iż dawki NPK stosowane w badanej grupie przekraczały 100 kg czystego składnika rocznie. Około połowy badanych gospodarstw stosowało wapnowanie nie przekraczające 0,5 t CaO/ha na rok (wykres 8). Jedynie w kilku przypadkach obserwowano rozwiązania polegające na stosowaniu większych dawek wapna, przekraczających 2 t CaO/ha UR. Wielkości te zdawały się wskazywać na marginalizację znaczenia odkwaszania gleb przez właścicieli badanych gospodarstw. Najczęściej stosowaną strategią nawożenia było stosowanie NPK na poziomie 100-300 kg rocznie, uzupełniane wapnowaniem nie przekraczającym 0,5 t CaO/ha UR na rok. Taki poziom nawożenia odkwaszającego może w większości gleb wykorzystywanych rolniczo nie pokrywać strat związanych z wymywaniem składników o charakterze zasadowym, zubożeniem nawożenia mineralnego oraz pokryciem potrzeb produkcyjnych roślin [Krajowy raport o stanie gruntów rolnych w Polsce 2022].



**Wykres 8. Histogram średnich rocznych dawek nawozu wapniowego stosowanych w latach 2010-2016 w grupie 3 726 gospodarstw**

Źródło: opracowanie własne: podstawie danych FADN.

Typ gospodarstwa rolnego, a zarazem charakter prowadzonej produkcji rolnej miały wpływ na stosowane przez właścicieli strategie wapnowania. Na podstawie doświadczeń polowych i zaleceń opisywanych szeroko w literaturze przedmiotu można przyjąć, że bez względu na charakter prowadzonej produkcji rolnej zalecane jest nawożenie wapniem na poziomie co najmniej 2 ton CaO/ha UR w perspektywie 3-4 letniej. W badanej populacji najczęściej wyżej wymienione zalecenia stosowano głównie w gospodarstwach o profilu specjalizacji - uprawy polowe. Przeprowadzone analizy wykazały bowiem, że w latach 2016-2019 taką praktykę stosowało 27,0% badanych podmiotów. Świadczy to zatem, o relatywnie większej świadomości właścicieli tego typu gospodarstw rolnych w zakresie znaczenia kwasowości gleby dla wzrostu i rozwoju roślin uprawnych. Warto nadmienić także, że dobrymi praktykami w zakresie wapnowania wykazywało się, co piąte gospodarstwo ukierunkowane na chów zwierząt ziarnożernych (tabela 23).

**Tabela 23. Struktura towarowych gospodarstw rolnych według typów i stosowanych strategii wapnowania w latach 2016-2019**

Typy rolnicze gospodarstw**	Liczba gospodarstw	Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*			
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00
Struktura gospodarstw w poszczególnych typach w zależności od stosowanej dawki CaO (%)					
Uprawy polowe (1)	955	29,1	43,9	18,2	8,8
Uprawy ogrodnicze (2)	79	46,8	44,3	5,1	3,8
Uprawy trwałe (4)	115	43,5	47,0	8,7	0,9
Krowy mleczne (5)	775	36,4	54,7	6,5	2,5
Zwierzęta trawożerne (6)	83	60,2	34,9	3,6	1,2
Ziarnożerne (7)	243	33,3	46,1	14,0	6,6
Mieszane (8)	1 474	38,1	47,8	10,2	3,9
<b>Razem</b>	<b>3 724</b>	<b>36,0</b>	<b>47,7</b>	<b>11,4</b>	<b>4,9</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* 2018 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

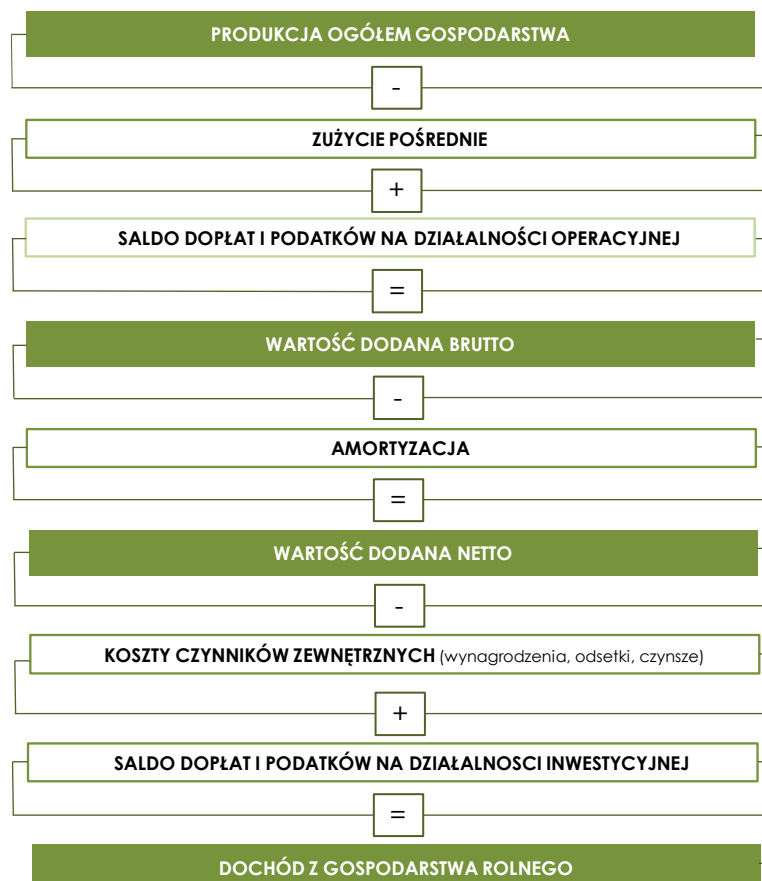
Zdecydowanie mniejszymi dawkami nawozów wapniowych w analizowanym okresie charakteryzowały się gospodarstwa ukierunkowane na chów zwierząt trawożernych oraz specjalizujące się w produkcji mleka. Przypisać to można przede wszystkim większej powierzchni trwałych użytków zielonych w tych podmiotach, które relatywnie rzadko są wapnowane w polskich warunkach. Jak podaje literatura przedmiotu jest to błąd w produkcji rolnej. Badania prowadzone przez Kopcica i Gondka (2013) wskazują, że poprzez optymalizowanie odczynu gleby istnieje możliwość kontrolowania glebowych zasobów mikroelementów. Wapnowanie poprzez poprawę funkcjonowania kompleksu sorpcyjnego gleby, ogranicza nadmierne pobieranie składników oraz ich straty. Efektem wapnowania jest możliwość zmagazynowania w kompleksie sorpcyjnym gleby mikro i makro elementów oraz ich stopniowe uwalnianie na drodze sorpcji wymiennej, w miarę potrzeb roślin. Skutkuje to ograniczeniem strat nawozów mineralnych a także zmniejszeniem możliwości eutrofizacji wód. Dlatego, jak wskazują Jadczyzyn i inni (2008), konieczne jest również wapnowanie trwałych użytków zielonych także na glebach organicznych wykazujących odczyn bardzo kwaśny (pH poniżej 4,5).

### 3.3. Wysokość dochodu rolniczego w gospodarstwach o różnym poziomie wapnowania gleb

Wśród kategorii ekonomicznych najczęściej wykorzystywanych do opisu wyników gospodarstwa rolnego należy dochód rolniczy, zdefiniowany według metodologii FADN jako dochód z gospodarstwa rolnego (rysunek 2). Dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego stanowi opłatę za zaangażowanie do działalności gospodarstwa rolnego czynników wytwórczych stanowiących własność rodziny rolniczej, tj. ziemi, pracy i kapitału, jak również opłatę za zarządzanie gospodarstwem i poniesione ryzyko. Jednym z kluczowych pytań postawionych w trakcie prowadzonych analiz ekonomicznych, było pytanie o efektywność nawożenia



wapniowego, ze wskazaniem w jaki sposób zabiegi wapnowania wpływały na wyniki ekonomiczne gospodarstw rolnych? Odpowiedź na tak sformułowane pytanie okazała się jednak bardzo trudna. Każde gospodarstwo jest inne, a na kształtowanie dochodu rolniczego wpływ wywiera bardzo dużo czynników, z których część nie jest kwantyfikowalna. Wśród czynników kwantyfikowalnych jedynie część ma odzwierciedlenie w bazie danych FADN. Próbując zbliżyć się do odpowiedzi na pytania o efektywność ekonomiczną wapnowania, dokonano obliczeń średniej wysokości dochodu rolniczego na 1 ha UR w gospodarstwach o różnym natężeniu stosowania nawozów wapniowych.



**Rysunek 2. Uproszczony schemat obliczania wyniku ekonomicznego gospodarstwa rolnego według FADN**

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.fadn.pl](http://www.fadn.pl) 2022.

Przeprowadzone obliczenia wartości dochodu rolniczego w badanych gospodarstwach rolnych nie wykazały jednoznacznie wyższych nadwyżek przychodów nad kosztami w gospodarstwach stosujących wyższe dawki nawozów wapniowych (tabela 24). Wynikało to z różnorodności badanej populacji gospodarstw, różnych systemów prowadzenia produkcji, uwarunkowań lokalnych (w tym zwłaszcza czynników hydrotermalnych) oraz cech indywidualnych poszczególnych jednostek. Co dość zaskakujące, tendencję do wzrostu dochodu rolniczego wraz ze wzrostem poziomu wapnowania stwierdzono jedynie w grupie gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka. W przypadku innych typów gospodarstw dochód rolniczy zmieniał się niemonotonicznie wraz ze wzrostem poziomu wapnowania i nie można było wskazać na takim poziomie uogólnienia żadnych prawidłowości przydatnych z punktu widzenia realizowanego projektu. Jednocześnie należy zaznaczyć że wysokości dawki nawozów odkwaszających były kilkukrotnie a nawet kilkudziesięciokrotnie niższe od zaleceń Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w zakresie wapnowania. Niskie dawki nawozów odkwaszających w większości przypadków nie pokrywały nawet strat związanych z wymywaniem wapnia i magnezu



przez wody opadowe. Nawożenie odkwaszające na poziomie 100 kg CaO/ha UR nie może bowiem wpłynąć znacząco na zoptymalizowanie odczynu gleby, a tym samym na wysokość uzyskiwanych plonów i wynik ekonomiczny.

**Tabela 24. Dochód z gospodarstwa rolnego w zależności od typu produkcji i poziomu wapnowania gleb**

Wyszczególnienie	Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha UR)
	< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
	Średnia wartość dochodu z gospodarstwa (zł/ha UR)**				
Uprawy polowe (1)	3 087	2 834	2 407	2 561	2 806
Uprawy ogrodnicze (2)	21 872	25 706	***	***	22 586
Uprawy trwałe (4)	7 049	7 154	4 827	***	7 015
Krowy mleczne (5)	4 227	4 653	4 986	7 773	4 596
Zwierzęta trawożerne (6)	1 942	3 050	***	***	2 344
Ziarnożerne (7)	12 866	4 283	5 774	5 449	7 429
Mieszane (8)	2 728	2 721	2 776	2 618	2 725
<b>Razem</b>	<b>4 392</b>	<b>3 900</b>	<b>3 286</b>	<b>3 510</b>	<b>3 987</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020, \*\*\* brak możliwości publikacji wyników ze względu na zbyt małą liczebność grupy (<15 podmiotów).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Abstrahując od innych niż nawożenie determinant dochodu z gospodarstwa, wapnowanie gleb jako jeden z elementów agrotechniki na tym poziomie stosowanych dawek nie decydowało zatem samo w sobie o wysokości dochodu uzyskiwanego przez badane gospodarstwa rolne. Analiza wysokości dochodu z gospodarstwa rolnego (zł/ha) nie tylko nie dawała podstaw do twierdzenia, iż wapnowanie pozytywnie wpływało na wyniki ekonomiczne gospodarstw rolnych, ale wręcz sugerowała prawidłowość odwrotną (tabela 25). W gospodarstwach, w których w latach 2017-2020 nie stosowano nawożenia NPK, dochód rolniczy malał wraz ze zwiększaniem dawek nawozu wapniowego. Z kolei w gospodarstwach stosujących nawożenie NPK zależności między dochodem rolniczym a poziomem wapnowania ponownie miały charakter niemonotoniczny.

**Tabela 25. Dochód z gospodarstwa rolnego w gospodarstwach w zależności od poziomu nawożenia NPK i poziomu wapnowania gleb**

Wyszczególnienie		Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha UR)
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
		Średnia wartość dochodu z gospodarstwa (zł/ha UR)**				
Średnia roczna dawka NPK/ha UR (dt)**	0,00	5 793	2 375	1 581	1 355	4 919
	0,01-1,00	4 607	3 569	2 874	3 375	4 103
	1,01-3,00	4 065	3 558	3 506	3 360	3 718
	> 3,00	5 326	5 804	2 961	3 748	4 822
<b>Razem</b>		<b>4 392</b>	<b>3 900</b>	<b>3 286</b>	<b>3 510</b>	<b>3 987</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Uznano, że zaprezentowane ogólne wyniki wymagają przeprowadzenia badań uszczegółwiających, dlatego też w dalszej części Ekspertyzy 2 zaprezentowano wyniki wpływu wapnowania na wielkość produkcji roślinnej (SE135), wysokość wartości dodanej netto (SE410) i wysokość dochodu z gospodarstwa rolnego (SE420).

### 3.4. Modelowanie czynników wpływających na wyniki ekonomiczne gospodarstw

Rozpatrując kwestie wapnowania na poziomie ogólnym nie można było wykazać jednoznacznie wpływu tego zabiegu agrotechnicznego na wyniki ekonomiczne gospodarstw mierzone

dochodem rolniczym (SE420<sup>6</sup>). Zależności były niemonotoniczne - w wygenerowanych tabelach przestawnych, w których uwzględniono takie aspekty jak typ gospodarstwa czy stosowane przez gospodarstwo dawki NPK, dochód rolniczy zdawał się być luźno związany z praktyką wapnowania: rósł on dla tylko jednego typu gospodarstw (nie tam gdzie się tego spodziewano *a priori*), a rozpatrywany w kontekście intensywności nawożenia NPK także nie dawał argumentów zachęcających do wapnowania. W związku z powyższym podjęto próbę opracowania krokowych modeli liniowej regresji wielorakiej, weryfikując istotność wapnowania jako jednej z determinant dwóch kluczowych kategorii wynikowych: dochodu rolniczego (zł/ha UR) ( $Y_1$ ) oraz wartości dodanej brutto (zł/ha UR) ( $Y_2$ ). Liniowy model matematyczny regresji wielorakiej opisuje zależność liniową między zmiennymi niezależnymi  $X_1, X_2, \dots, X_i$  a zmienną zależną  $Y$ . Model taki może być zapisany w postaci funkcji:

$$Y_t = \sum_{i=1}^k a_i \cdot X_{it} + u_t$$

gdzie:

$Y_t$  – zmienna endogeniczna wyjaśniana przez dane równanie,

$a_i$  – szukane parametry,

$X_{it}$  – zmienne objaśniające ( $i=1, \dots, k$ ),

$u_t$  – składnik losowy modelu.

Graficznym obrazem powyższej funkcji jest hiperpłaszczyzna w przestrzeni  $n$  wymiarowej (gdzie  $n$  to liczba zmiennych objaśniających). Parametry modelu regresji są zazwyczaj estymowane metodą najmniejszych kwadratów [Luszniewicz 1977, Zeliaś i inni 2002, Snarska 2005]. Polega ona na takim ich dopasowaniu, aby suma kwadratów reszt otrzymywanych po odjęciu od siebie wartości faktycznych i przewidywanych przez model była minimalna. Zaletą funkcji krokowej regresji wielorakiej, oprócz wyrażania zależności w kategoriach ilościowych, jest możliwość wyodrębnienia grupy zmiennych niezależnych o istotnym związku z badanym zjawiskiem i pominięcia zmiennych, które pozostają nieistotne. Modele takie mają jednak także swoje ograniczenia: zmiennych objaśniających powinno być relatywnie niewiele i nie powinny one być ze sobą nadmiernie skorelowane. Istotną własnością modeli regresji jest to, że mogą one stanowić narzędzie różnego rodzaju modelowania układów przestrzenno-ekonomicznych [Kucharska-Stasiak 2005, Kolanko i Zieliński 1976, Hozer i inni 2002].

O tym, czy utworzono model regresji akceptowalny z punktu widzenia statystyki świadczą wymogi formalne [Welfe 1977, Zeliaś i inni 2002, Snarska 2005, Szaleniec 2008], w szczególności wysoki współczynnik determinacji  $R^2$  (przyjmujący wartości z przedziału od 0 do 1), wysoka wartość statystyki F Fischera-Snedecora oraz poziom istotności każdej ze zmiennych niezależnych ( $p \leq 0,05$ ). Natomiast o modelu akceptowalnym merytorycznie świadczą znaki i wielkości współczynników przy zmiennych niezależnych [Kucharska-Stasiak 2005]. Powinny one być zgodne z aktualną wiedzą i logiką. Zastosowana metoda postępującej regresji krokowej umożliwiła wprowadzenie do modelu tylko tych predyktorów, które istotnie wpływały na rozpatrywane kategorie wynikowe. Opracowując model kształtowania się dochodu rolniczego ( $Y_1$ ) wzięto pod uwagę następujące zmienne objaśniające:

$X_1$  - jednostkowe nakłady pracy ogółem (godz./ha),

$X_2$  - klasa wielkości ekonomicznej gospodarstwa,

$X_3$  - średnioroczne nawożenie NPK w latach 2017-2020 (dt/ha),

$X_4$  - wskaźnik bonitacji,

$X_5$  - powierzchnia użytków rolnych (ha),

<sup>6</sup> Symbole cech stosowane w bazach FADN

- $X_6$  - jednostkowe koszty ogółem pomniejszone o koszty nawozów (zł/ha),  
 $X_7$  - jednostkowe koszty zakupu CaO w latach 2016-2019 (zł/ha),  
 $X_8$  - średnioroczne nawożenie CaO w latach 2016-2019 (t/ha).

Jak wynikało z procedury regresji krokowej, dochód rolniczy ( $Y_1$ ) w zbiorowości 3 726 gospodarstw determinowały cztery czynniki: praco- ( $X_1$ ) i kosztochłonność produkcji ( $X_6$ ) wraz z intensywnością nawożenia NPK ( $X_3$ ) oraz wielkością ekonomiczną gospodarstwa ( $X_2$ ) (tabela 26).

**Tabela 26. Podsumowanie regresji zmiennej zależnej  $Y_1$**

N = 3 726	R <sup>2</sup> = 0,84 Popr. R <sup>2</sup> = 0,84 F (4,3721) = 4 836,5 p < 0,0000 Błąd std. estymacji: 5 582,9					
	b*	Bł. std.	b	Bł. std.	t(3 721)	P
W. wolny	-	-	-3 893,23	329,70	-11,81	0,0000
$X_1$ - jednostkowe nakłady pracy ogółem (godz./ha)	0,628	0,010	11,89	0,19	63,22	0,0000
$X_2$ - klasa wielkości ekonomicznej gospodarstwa	0,060	0,007	834,78	95,61	8,73	0,0000
$X_3$ - średnioroczne nawożenie NPK w latach 2017-2020 (dt/ha)	0,123	0,007	975,07	56,75	17,18	0,0000
$X_6$ - jednostkowe koszty ogółem pomniejszone o koszty nawozów (zł/ha)	0,295	0,010	0,09	0,00	30,21	0,0000

Objaśnienia do tabeli: b\* – standaryzowany współczynnik regresji; R<sup>2</sup> – współczynnik determinacji; b – współczynnik regresji; F – statystyka Fishera-Snedecora; t – statystyka t-Studenta; p – poziom prawdopodobieństwa.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Wykorzystując wyszczególnione powyżej charakterystyki można było wyjaśnić zmienność dochodu rolniczego ze stosunkowo wysoką dokładnością (R<sup>2</sup> = 0,84). Model przechodził pozytywnie zarówno test globalny F(4, 3721) = 4 836; p < 0,0000, jak i testy t-Studenta dla każdego ze współczynników regresji (p < 0,05). Jego równanie przyjęło postać następującą:

$$Y_1 = -3\,893,23 + 11,89 \cdot X_1 + 834,78 \cdot X_2 + 975,07 \cdot X_3 + 0,09 \cdot X_6$$

W świetle interpretacji zestandaryzowanych współczynników regresji najważniejszą determinantą dochodu rolniczego była praco- i kosztochłonność produkcji przeliczona na 1 ha UR. Nawożenie mineralne było nieco mniej znaczącym czynnikiem dochodu, ale ważniejszym od wielkości ekonomicznej gospodarstwa. Nietrudno zauważyć, że w gronie kilku kluczowych predyktorów dochodu rolniczego zabrakło wapnowania. Ani nakłady ponoszone na zakup nawozu wapniowego w latach 2016-2019, ani ilość tego nawozu dawkanego na pola w analogicznym okresie, nie miały istotnego wpływu na średnie dochody gospodarstw polskiego FADN w latach 2017-2020. Warto jednak nadmienić, że jednostkowe koszty zakupu CaO w latach 2016-2019 (zł/ha) znajdowały się na granicy istotności statystycznej (p = 0,058). Jednak, gdyby zmienna ta została włączona do modelu to występujący przy niej ujemny współczynnik regresji wskazywałby, że wydatek 1,00 zł na zakup nawozu wapniowego przyczyniał się statystycznie do spadku dochodu rolniczego o 1,06 zł. Jak wskazano poprzednio, stosowane w większości gospodarstw niskie dawki nawozów wapniowych lub zbyt rzadko nie były wystarczające, aby istotnie podnieść pH gleby, ze względu na następujące równoległe straty składników zasadowych wynikające z ich wymywania, neutralizacji nawożenia mineralnego oraz odprowadzane z plonem. W takich okolicznościach nawożenie wapniowe generuje koszty, ale nie przyczynia się bezpośrednio do oczekiwanej poprawy efektów produkcyjnych.

Odwołując się do teorii akcentującej liczne i wieloaspektowe korzyści wapnowania gleb, nasuwała się wątpliwość, czy faktycznie wapnowanie można uznać za nieuzasadniony ekonomicznie zabieg, przyczyniający się do zmniejszania dochodów gospodarstw towarowych polskiego FADN? Stwierdzono, że zamodelowanie w analogiczny sposób wartości dodanej brutto (SE410) pozwoli zweryfikować przypuszczenie, że wynik został zbyt silnie zdeterminowany innymi kategoriami cech, w tym nie podlegających ewidencji przez FADN, tj. kategorią agronomiczną gleby i jej pH, zawartością próchnicy, ilością wody i rozkładem opadów, doбором roślin i stosowanym płodozmianem, technologią uprawy, a nawet zmiennością cen. Dochód rolniczy

jest bowiem najbardziej ogólnym konglomeratem i kategorią wynikową zależną od bardzo szerokiego spektrum czynników, jest wynikiem agregacji wartości produkcji roślinnej, zwierzęcej i pozostałej produkcji, jest powiększany o dopłaty, a pomniejszany o podatki, zużycie pośrednie, amortyzację i koszty czynników zewnętrznych. Model kształtowania się wartości dodanej brutto ( $Y_2$ ) w przeliczeniu na 1 ha UR uśrednionej za okres 2017-2020 przygotowano w analogiczny sposób (regresja krokowa) biorąc pod uwagę ten sam zestaw zmiennych objaśniających. Z procedury regresji krokowej wynikało, że także wartość dodaną brutto ( $Y_2$ ) determinowały w zbiorowości 3 726 gospodarstw te same czynniki, czyli: praco- ( $X_1$ ) i kosztocłonność produkcji ( $X_6$ ) wraz z intensywnością nawożenia NPK ( $X_3$ ) oraz wielkością ekonomiczną gospodarstwa ( $X_2$ ) (tabela 27).

**Tabela 27. Podsumowanie regresji zmiennej zależnej  $Y_2$**

N = 3 726	R <sup>2</sup> = 0,89 Popr. R <sup>2</sup> = 0,89 F (4,3721) = 7 865,0 p < 0,0000 Błąd std. estymacji: 7 105,2					
	b*	Bł. std.	b	Bł. std.	t(3 721)	P
W. wolny	-	-	-7 445,15	419,60	-17,74	0,0000
X <sub>1</sub> - jednostkowe nakłady pracy ogółem (godz./ha)	0,732	0,008	21,80	0,24	91,08	0,0000
X <sub>2</sub> - klasa wielkości ekonomicznej gospodarstwa	0,075	0,006	1637,33	121,68	13,46	0,0000
X <sub>3</sub> - średnioroczne nawożenie NPK w latach 2017-2020 (dt/ha)	0,072	0,006	904,71	72,22	12,53	0,0000
X <sub>6</sub> - jednostkowe koszty ogółem pomniejszone o koszty nawozów (zł/ha)	0,235	0,008	0,11	0,00	29,65	0,0000

Objaśnienia do tabeli: b\* – standaryzowany współczynnik regresji; R<sup>2</sup> – współczynnik determinacji; b – współczynnik regresji; F – statystyka Fishera-Snedecora; t – statystyka t-Studenta; p – poziom prawdopodobieństwa.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Wykorzystując powyższe charakterystyki można było wyjaśnić zmienność wartości dodanej brutto z dokładnością R<sup>2</sup> = 0,89. Model również przechodził pozytywnie test globalny F(4, 3721) = 7 865; p < 0,0000, jak i testy t-Studenta dla każdego ze współczynników regresji (p < 0,05). Równanie regresji przyjęło postać następującą:

$$Y_2 = -7445,15 + 21,80 \cdot X_1 + 1637,33 \cdot X_2 + 904,71 \cdot X_3 + 0,11 \cdot X_6$$

Z interpretacji zestandaryzowanych współczynników regresji wynikały podobne wnioski: najważniejszą determinantą tej kategorii wynikowej była praco- a następnie kosztocłonność produkcji przeliczona na 1 ha UR. Nawożenie mineralne pod względem wpływu na wartość dodaną brutto zrównywało się z wielkością ekonomiczną gospodarstwa. Co znamienne, w przypadku tego modelu zmienne odnoszące się do nawożenia wapnem zostały w podsumowaniu procedury regresji krokowej zupełnie pominięte. Reasumując, oba modele wyjaśniały znaczną część zróżnicowania rozpatrywanych kategorii wynikowych pomijając jednostkowe koszty zakupu CaO i dawki tego nawozu uśrednione w latach 2016-2019. Wyniki modeli zdawały się być przy tym spójne. A zatem wykorzystując metodę liniowej regresji wielorakiej nie można było udowodnić, że wapnowanie wywierało statystycznie istotny wpływ na dochody 3726 gospodarstw towarowych znajdujących się w polu obserwacji polskiego systemu FADN w latach 2010-2020. Wynik ten skłonił autorów do podjęcia jeszcze jednej próby opracowania modelu.

W kolejnym podejściu także rozpatrzono wartość dodaną brutto ( $Y_2$ ) w przeliczeniu na 1 ha UR. Analogicznie też została ona uśredniona dla okresu 2017-2020, ale tym razem zawężono pulę obserwacji do grupy 955 gospodarstw spełniających kryterium TF8=1 (gospodarstwa specjalizujące się w uprawach polowych). Skupiono się zatem jedynie na gospodarstwach, których wiodącą działalnością były uprawy polowe, tj. gospodarstwach specjalizujących się zasadniczo w uprawie zbóż, roślin oleistych i wysokobiałkowych, ewentualnie w uprawach mieszanych oraz w uprawach polowych różnych gatunków roślin. Przyczynkiem do takiego doboru próby stało się przypuszczenie, że dla pewnego odsetka gospodarstw wapnowanie mogło nie mieć większego znaczenia (np. gospodarstwa specjalizujące się w zwierzętach trawożernych), albo mogło ono być choćby w przypadku upraw ogrodniczych zabiegiem

zarówno pożądanym (warzywa) jak i niepożądanym (rośliny kwaśnolubne). Dla grupy gospodarstw specjalizujących się w uprawach polowych model kształtowania się wartości dodanej brutto ( $Y_2$ ) zbudowano w analogiczny sposób (regresja krokowa) biorąc pod uwagę zestaw ośmiu zmiennych objaśniających, w których nieznacznej modyfikacji uległa jedynie kosztochłonność produkcji ( $X_6$ ). W tym przypadku rozpatrywano ten aspekt jako różnicę między jednostkowym zużyciem pośrednim a jednostkowymi kosztami nawozów (SE275-SE295) (tabela 28).

**Tabela 28. Podsumowanie regresji zmiennej zależnej  $Y_2$**

N = 995	$R^2 = 0,56$ Popr. $R^2 = 0,56$ $F(6,948) = 204,5$ $p < 0,0000$ Błąd std. estymacji: 2 086,5					
	b*	Bł. std.	b	Bł. std.	t(3 721)	p
W. wolny	-	-	-1089,18	328,74	-3,31	0,0010
$X_1$ - jednostkowe nakłady pracy ogółem (godz./ha)	0,781	0,025	14,94	0,47	31,49	0,0000
$X_2$ - klasa wielkości ekonomicznej gospodarstwa	0,203	0,031	625,40	94,43	6,62	0,0000
$X_3$ - średnioroczne nawożenie NPK w latach 2017-2020 (dt/ha)	0,083	0,024	244,80	70,26	3,48	0,0005
$X_5$ - powierzchnia użytków rolnych (ha)	-0,180	0,045	-8,72	2,19	-3,98	0,0001
$X_6$ - jednostkowe koszty ogółem pomniejszone o koszty nawozów (zł/ha)**	0,229	0,044	0,01	0,00	5,27	0,0000
$X_7$ - jednostkowe koszty zakupu CaO w latach 2016-2019 (zł/ha)	-0,046	0,022	-0,90	0,44	-2,06	0,0396

Objaśnienia do tabeli: b\* – standaryzowany współczynnik regresji;  $R^2$  – współczynnik determinacji; b – współczynnik regresji; F – statystyka Fishera-Snedecora; t – statystyka t-Studenta; p – poziom prawdopodobieństwa; \*\* zmodyfikowany wskaźnik kosztochłonności.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Z procedury regresji krokowej wynikało że w zbiorowości 955 gospodarstw polowych wartość dodaną brutto ( $Y_2$ ) determinowały te same cztery czynniki, czyli: praco- ( $X_1$ ) i kosztochłonność produkcji ( $X_6$ ), wraz z intensywnością nawożenia NPK ( $X_3$ ) oraz wielkością ekonomiczną gospodarstwa ( $X_2$ ), a także powierzchnia użytków rolnych ( $X_5$ ) oraz jednostkowe koszty zakupu CaO w latach 2016-2019 ( $X_7$ ). Wykorzystując te cechy można było wyjaśnić zmienność wartości dodanej brutto, ale z zauważalnie mniejszą dokładnością ( $R^2 = 0,56$ ). Model, choć nieco gorzej dopasowany, przechodził pozytywnie test globalny  $F(6,948) = 204$ ;  $p < 0,0000$  oraz testy t-Studenta dla każdego ze współczynników regresji ( $p < 0,05$ ). Równanie przyjęło postać następującą:

$$Y_2 = -1089,18 + 14,94 * X_1 + 625,40 * X_2 + 244,80 * X_3 - 8,72 * X_5 + 0,01 * X_6 - 0,90 * X_7$$

Zestandaryzowane współczynniki regresji wskazywały na wciąż podobne wnioski: najważniejszymi determinantami tej kategorii wynikowej w przypadku gospodarstw wyspecjalizowanych w uprawach polowych były praco- a następnie kosztochłonność produkcji przeliczona na 1 ha UR. Tym razem jednak nawożenie mineralne pod względem wpływu na wartość dodaną brutto ustępowało wielkości ekonomicznej gospodarstwa oraz powierzchni użytków rolnych. Koszt zakupu wapna w najmniejszym stopniu oddziaływał na wartość dodaną brutto. Występujący przy tej zmiennej ujemny współczynnik regresji wskazywał, że wydatek 1,00 zł na zakup nawozu wapniowego przyczynił się statystycznie do spadku wartości dodanej brutto o 0,90 zł. A zatem wapnowanie nadal nie znajdowało uzasadnienia ekonomicznego. Wy tłumaczyć to można być może małymi dawkami nawozów wapniowych, które stosowali rolnicy. Nawożenie CaO na poziomie 200-500 kg/ha w ciągu roku jest bowiem w stanie pokryć nawet strat związanych z dekalcytacją gleb w warunkach klimatu w Polsce. W świetle uzyskanych wyników uznano więc, że niezbędne są bardziej szczegółowe analizy poprzedzone dogłębną weryfikacją zgromadzonych danych. Stwierdzono też, że do uzyskania bardziej wyczerpującej odpowiedzi w zakresie efektywności ekonomicznej wapnowania gleb niezbędne będzie zastosowanie modeli nieliniowych przy zawężeniu rozważań do gospodarstw wyspecjalizowanych w uprawach polowych oraz przy koncentracji na bardziej pierwotnej kategorii wynikowej, a mianowicie na wartości produkcji roślinnej (SE135).

## **4. ANALIZA MOŻLIWOŚCI PODNIESIENIA RENTOWNOŚCI PRODUKCJI ROLNEJ POPRZEC OGRANICZENIE WYMYWANIA SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH W WYNIKU WAPNOWANIA**

### **4.1. Pomiar rentowności i efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych**

Rentowność zwana również dochodowością rozumiana jest w naukach ekonomicznych, jako zdolność przedsiębiorstwa do generowania zysku. W gospodarstwach rolnych, będących specyficznymi podmiotami gospodarczymi, w zasadzie nie używa się kategorii zysku w odniesieniu do ich wyniku ekonomicznego. Podstawową kategorią ekonomiczną opisującą efekty funkcjonowania gospodarstwa rolnego jest dochód rolniczy (dochód z gospodarstwa rolnego), który stanowi łączne wynagrodzenie wszystkich zaangażowanych w działalności rolniczej czynników produkcji oraz opłatę za zarządzanie gospodarstwem i ponoszone przez rolnika ryzyko gospodarcze. W analizach rentowności (dochodowości) gospodarstw rolnych można posługiwać się kategoriami bezwzględными, opisującymi wysokość dochodu z gospodarstwa rolnego, porównując tą kategorię pomiędzy różnymi podmiotami lub ich grupami zarówno w układzie statycznym, jak i dynamicznym. Można również wykorzystywać wskaźniki względne uwzględniające wyposażenie gospodarstwa w zasoby czynników produkcji. Można wówczas mówić o dochodowości np. ziemi, pracy i kapitału.

Wykorzystanie wskaźników względnych nosi również znamiona analizy efektywności ekonomicznej. Przez efektywność ekonomiczną rozumie się takie działanie, którego celem jest osiągnięcie danego efektu przy wykorzystaniu jak najmniejszej ilości dostępnych zasobów lub też osiągnięcie najlepszego rezultatu przy wykorzystaniu określonej ilości zasobów. Ocena efektywności ekonomicznej sprowadza się więc do porównania osiąganych efektów i poniesionych nakładów. W prowadzonych analizach efektywności gospodarstw rolnych najczęściej jako efekt tej działalności przyjmuje się dochód rolniczy [Wasilewski i Mądra 2007, Wojewodzik 2017], nadwyżkę bezpośrednią [Ziętara 1998], wartość produkcji ogółem [Ziętara i Zieliński 2012], wartość dodaną brutto [Kołodziejczak 2008, Nowak 2013], wyrażając je w odniesieniu do nakładów ziemi, pracy lub kapitału. Pojęcie efektywności bardzo mocno związane jest więc z pojęciem racjonalności. Gospodarstwa rolne, podobnie jak inne przedsiębiorstwa dążą do poprawy efektywności ekonomicznej w układzie dynamicznym.

Podstawowym zasobem gospodarstwa rolnego jest ziemia. Jej niepomnażalność, jak również inne cechy szczególne powodują, że to właśnie zasoby ziemi stają się głównym punktem odniesienia w analizach rentowności i efektywności działalności rolniczej. Dlatego też przy poszukiwaniu wpływu wapnowania na efektywność działalności rolniczej wykorzystano przede wszystkim wskaźniki wyrażające efekty ekonomiczne prowadzonej działalności w przeliczeniu na ha UR (efektywność ekonomiczna, dochodowość ziemi). Podjęte rozważania, bazujące na danych rachunkowości rolnej FADN nie wyczerpują zagadnienia efektywności jako takiej. Nie uwzględniono bowiem czynników organizacyjnych, technicznych, społecznych, środowiskowych i marketingowych, które również mogą mieć wpływ nie tylko na efekty ekonomiczne działalności gospodarstw rolnych, ale również na wielowymiarową efektywność funkcjonowania rolnictwa, czy gospodarki jako całości.

Pomiar nakładów oraz rezultatów, a tym samym ocena efektywności podejmowanych działań mogą być jednak bardzo utrudnione. W przypadku oceny efektywności wapnowania na bazie danych masowych, problemy te wynikają przede wszystkim z trudnych do uchwycenia i skwantyfikowania różnic w zakresie m.in.:

- warunków przyrodniczych w jakich prowadzona jest produkcja rolnicza,
- zróżnicowania warunków organizacyjnych w jakich funkcjonują poszczególne gospodarstwa,



- zróżnicowania technologii produkcji,
- zróżnicowania cen zbywania środków produkcji oraz sprzedaży produktów rolnych,
- jakości i formy stosowanych nawozów wapniowych, ich właściwości oraz technologii i strategii stosowania (terminu, częstotliwości, wysokości dawek).

Cechy te, obok niedoskonałości systemu gromadzenia danych o kosztach i efektach produkcji, bardzo ograniczają możliwości oceny efektywności ekonomicznej zabiegu wapnowania gleb na podstawie danych masowych, w tym także danych FADN. W kontekście prowadzonych badań nad efektywnością zabiegu wapnowania gleb niezmiernie ciekawą kwestią, choć wykraczającą poza zakres prowadzonych obecnie analiz jest efektywność środowiskowa wapnowania. Termin ten można byłoby zdefiniować jako relację łącznych efektów środowiskowych zabiegu wapnowania do sumy nakładów prywatnych (działań podejmowanych przez rolników) i publicznych (programów, dotacji) poniesionych na odkwaszanie gleb. Kluczowym działaniem w takiej ocenie byłoby wypracowanie metodyki identyfikacji, pomiaru i wyceny efektów środowiskowych wapnowania, m.in. takich jak:

- ograniczenie eutrofizacji gleb,
- ograniczenie wysokości nawożenia mineralnego,
- wpływ na bioróżnorodność przyrodniczą flory i fauny,
- wpływ na jakość produktów rolnych i zdrowie osób je spożywających,
- wpływ pozyskiwania i transportu nawozów wapniowych na środowisko.

#### **4.2. Wyniki ekonomiczne gospodarstw towarowych, specjalizujących się w uprawach polowych w zależności od zastosowanych strategii wapnowania**

Ze względu na duże zróżnicowanie cech opisujących badaną zbiorowość gospodarstw rolnych, co znacznie utrudniało poszukiwanie zależności pomiędzy strategiami wapnowania stosowanymi przez gospodarstwa a ich wynikami ekonomicznymi, dokonano zawężenia prowadzonych rozważań do grupy gospodarstw typu 1 (tj. specjalizujących się w uprawach polowych)<sup>7</sup>. W gospodarstwach tej grupy dominuje produkcja roślinna, polegająca głównie na produkcji zbóż, roślin oleistych, wysokobiałkowych na nasiona oraz ziemniaków. Ze względu na fakt, iż struktura produkcji w poszczególnych gospodarstwach może się zmieniać, a tym samym mógłby się zmieniać typ rolniczy niektórych gospodarstw, do analizy wytypowano podmioty zakwalifikowane do typu 1 w 2018 r. Wstępne analizy wykazały, iż najczęściej stosowaną strategią wapnowania przez badaną grupę gospodarstw były dawki CaO na poziomie nie przekraczającym 2 t/ha w całym czteroletnim okresie analizy, tj. 0,01-0,50 t CaO/ha/rok. Za niepokojące należy uznać to, iż blisko co trzecie gospodarstwo rolne specjalizujące się w uprawach polowych nie stosowało nawozów wapniowych w latach 2016-2019 lub stosowało je tylko w śladowych ilościach (tabela 29).

---

<sup>7</sup> Typ rolniczy gospodarstw rolnych określany jest udziałem wartości Standardowej Produkcji z poszczególnych grup działalności rolniczych w całkowitej wartości Standardowej Produkcji gospodarstwa. Wśród typów gospodarstw wyróżniamy gospodarstwa wyspecjalizowane oraz mieszane. Specjalizacja występuje w kierunku upraw polowych, ogrodnictwa, upraw trwałych, zwierząt żywionych paszami treściwymi, zwierząt żywionych paszami objętościowymi. Z kolei gospodarstwa mieszane dzielą się na gospodarstwa zajmujące się mieszaną produkcją roślinną, mieszaną produkcją zwierzęcą, czy też mieszaną produkcją roślinno-zwierzęcą.

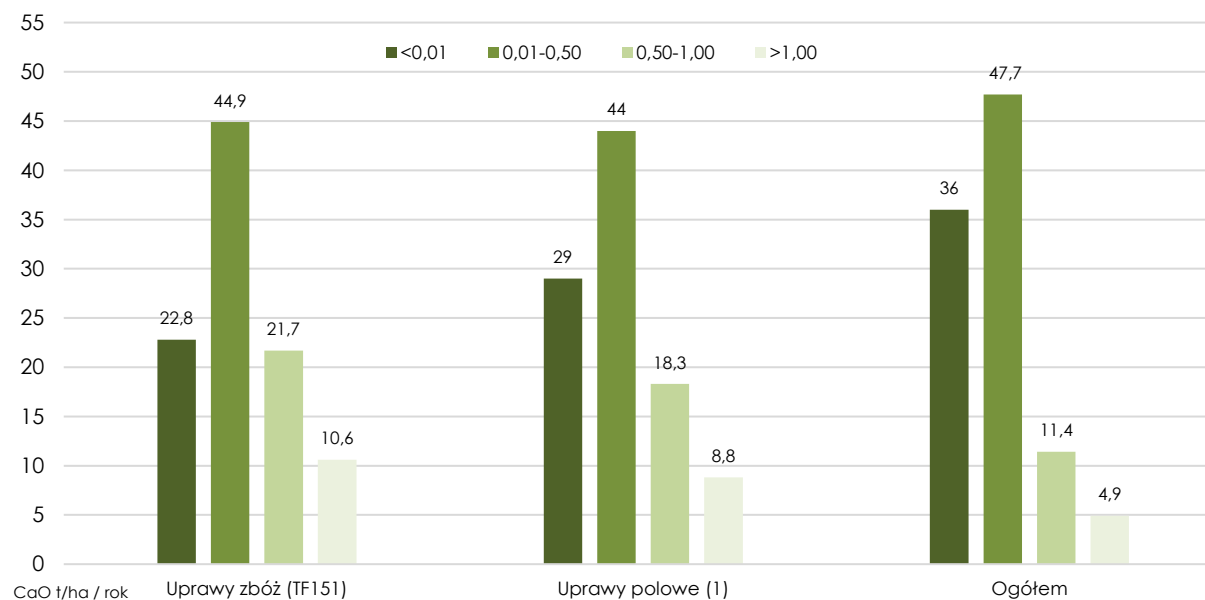
**Tabela 29. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawach polowych według powierzchni i stosowanych strategii wapnowania [%]**

Powierzchnia gospodarstw** (ha UR)	Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (%)
	< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
	Struktura gospodarstw rolnych stosujących daną strategię (%)				
< 10	3,4	2,9	0,6***	0,3***	7,2
10-30	13,3	13,3	3,6	1,5***	31,7
30-50	4,6	8,3	2,5	1,5***	16,9
50-100	4,8	10,8	7,2	2,9	25,8
> 100	2,8	8,6	4,3	2,6	18,4
<b>Razem</b>	<b>29,0</b>	<b>44,0</b>	<b>18,3</b>	<b>8,8</b>	<b>100,0</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność (< 15 gospodarstw).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Gospodarstwa specjalizujące się w uprawach polowych przykładały większe znaczenie do zabiegu wapnowania niż przeciętne gospodarstwo z całej badanej populacji. O ile wśród 3726 badanych gospodarstw tylko 16,3% stosowało wapnowanie na poziomie powyżej 0,5 t CaO/ha/ rok, to w grupie 953 gospodarstw specjalizujących się w uprawach polowych było to już 27,1%, a wśród 492 gospodarstw specjalizujących się w produkcji zbóż 32,3% (wykres 9).

**Wykres 9. Struktura gospodarstw według wysokości wapnowania (CaO w t/ha/rok) w latach 2016-2019 [%]**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Zaprezentowane poniżej dane wskazują na większą dbałość o odczyn gleb, a pośrednio również na większą świadomość odnośnie znaczenia wapnowania wśród właścicieli gospodarstw o większej powierzchni. O ile w całej grupie gospodarstw specjalizujących się w uprawach polowych udział podmiotów stosujących minimum 2 tony CaO na ha w okresie czteroletnim wynosił 27,1%, to wśród gospodarstw tego typu o powierzchni powyżej 100 ha wynosił już 37,5%. Podobnie wyglądała ta kwestia w grupie największych gospodarstw zbożowych, gdzie udział jednostek zwracających uwagę na wapnowanie gleb wynosił 38,0% (tabela 30).

**Tabela 30. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawach zbóż według powierzchni i stosowanych strategii wapnowania [%]**

Powierzchnia gospodarstw**	Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (%)
	< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
	Struktura gospodarstw rolnych stosujących daną strategię (%)				
< 10	0,6	0,2	0,2	0,0	1,0
10-30	8,3	7,9	3,3	1,2	20,7
30-50	4,5	9,1	2,6	1,6	17,9
50-100	5,3	14,4	9,1	3,7	32,5
> 100	4,1	13,2	6,5	4,1	27,8
<b>Razem</b>	<b>22,8</b>	<b>44,9</b>	<b>21,7</b>	<b>10,6</b>	<b>100,0</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Zróżnicowanie skali i struktury produkcji w gospodarstwach rolnych, jak również odmienność warunków przyrodniczych i organizacyjnych bardzo utrudniały śledzenie na bazie wyników masowych wpływu wapnowania na wyniki produkcyjno-ekonomiczne gospodarstw rolnych. Nawet gdy pod uwagę brano grupę gospodarstw specjalizujących się w produkcji polowej trudno było doszukać się jednoznacznych prawidłowości (tabela 31). Podstawowym wnioskiem płynącym z przeprowadzonych na tym etapie analiz jest zmniejszanie się średniej wartości produkcji uzyskiwanej z jednego hektara użytków rolnych wraz ze wzrostem powierzchni gospodarstwa. Prawidłowość taką można było zaobserwować we wszystkich grupach gospodarstw wydzielonych ze względu na wysokość nawożenia wapniowego.

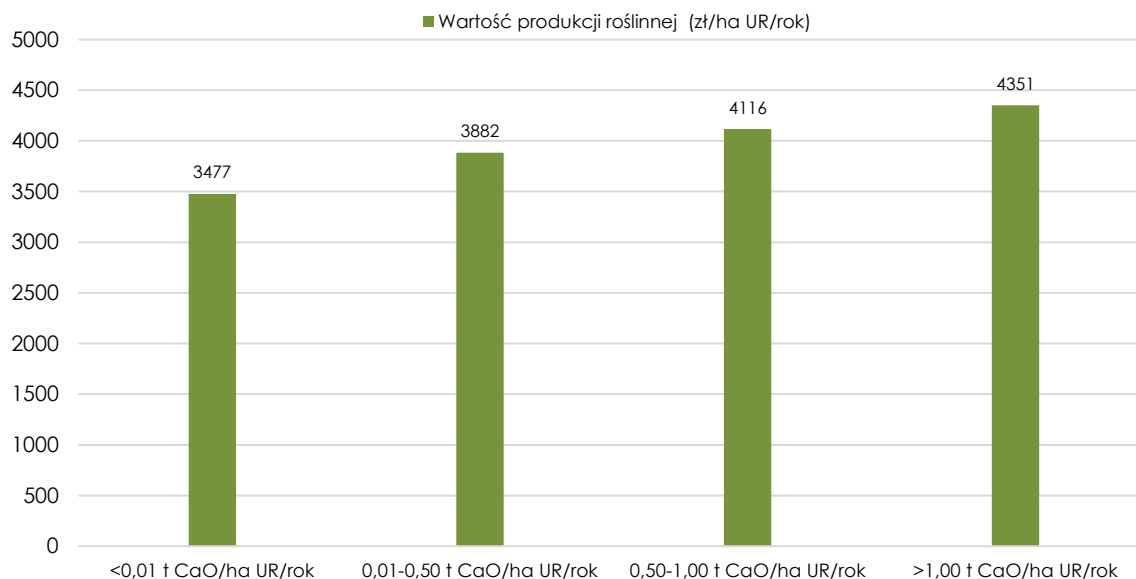
**Tabela 31. Średnia wartość produkcji roślinnej gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w latach 2016-2020 [zł/ha]**

Powierzchnia gospodarstw**	Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha UR)
	< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
	Średnia wartość produkcji roślinnej - SE135 (zł/ha)				
< 10	9 651	8 818	-***	-***	9 057
10-30	5 445	6 097	5 578	-***	5 776
30-50	5 065	4 383	5 293	-***	4 783
50-100	3 924	4 295	4 680	4 700	4 380
> 100	3 130	4 116	4 301	4 629	4 081
<b>Razem</b>	<b>5 392</b>	<b>5 125</b>	<b>4 929</b>	<b>5 208</b>	<b>5 170</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne: podstawie danych FADN.

Należy też zaznaczyć, iż o ile w gospodarstwach o powierzchni do 50 ha UR brak było podstaw do wskazania, iż poziom nawożenia wapniowego wpływał na wartość produkcji uzyskiwanej średnio z jednego ha UR, to w przypadku gospodarstw o powierzchni 50-100 ha UR oraz powyżej 100 ha UR, średnia wartość produkcji rosła wraz ze wzrostem poziomu nawożenia CaO. Przyczyn takiego stanu rzeczy można było upatrywać m.in. w fakcie większego zróżnicowania struktury produkcji w podmiotach mniejszych, gdzie asortyment uprawianych roślin, a tym samym ich wymagania są bardziej zróżnicowane. W gospodarstwach o większej powierzchni w strukturze produkcji dominują zboża oraz rzepak, czyli rośliny relatywnie bardziej wrażliwe na odczyn gleby, przez co również efekty wapnowania są łatwiej uchwytne. Potwierdzają to także częściowo dane zaprezentowane na wykresie wartości produkcji gospodarstw specjalizujących się w produkcji zbóż w zależności od zastosowanego poziomu wapnowania (wykres 10).



**Wykres 10. Wartość produkcji roślinnej w gospodarstwach prowadzących działalność na powierzchni powyżej 50 ha UR\*\* i specjalizujących się w produkcji zbóż w zależności od zastosowanego poziomu wapnowania\***

Objaśnienia do wykresu: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

W badanej grupie gospodarstw zbożowych (TF151) średnia wartość produkcji uzyskiwanej z hektara użytków rolnych przez gospodarstwa stosujące w cyklu czteroletnim ponad 4 tony CaO/ha była o 25,1% wyższa niż w gospodarstwach nie stosujących wapnowania (dawka poniżej 0,01 t CaO/ha UR). Zaobserwowane prawidłowości ulegają jednak zniekształceniu, gdy analiza prowadzona jest przy wykorzystaniu innych kategorii wynikowych, tj. wartości dodanej brutto oraz dochodu z gospodarstwa rolnego (tabela 32).

**Tabela 32. Wartość dodana brutto w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w latach 2017-2020 (zł/ha)**

Powierzchnia gospodarstw**	Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha UR)
	< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
	Wartość dodana brutto - SE410 (zł/ha)**				
< 10	6 585	6 905	***	***	6 679
10-30	4 346	4 751	3 834	***	4 457
30-50	3 795	3 123	3 782	***	3 411
50-100	2 771	3 112	3 096	3 038	3 035
> 100	2 574	2 892	2 719	3 181	2 844
<b>Razem</b>	<b>4 082</b>	<b>3 821</b>	<b>3 335</b>	<b>3 481</b>	<b>3 775</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne: podstawie danych FADN.

Przyczyn takiego stanu rzeczy należy upatrywać w złożoności rachunku ekonomicznego w gospodarstwie rolnym. Na wielkość kategorii takich jak wartość dodana brutto oraz dochód z gospodarstwa rolnego wpływ mają również działalności, gałęzie i działy gospodarstwa, których wyniki ekonomiczne nie są w żaden sposób determinowane przez odczyn gleby np. pozostała produkcja (m.in. usługi sprzętem rolniczym, usługi agroturystyczne, produkcja uzyskiwana z gruntów leśnych) lub takie, gdzie wpływ ten o ile w ogóle występuje to jest niewielki i trudny do określenia, np. produkcja zwierzęca (tabela 33).

**Tabela 33. Średnia wartość dochodu rolniczego w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w latach 2017-2020 (zł/ha)**

Powierzchnia gospodarstw**	Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha)
	< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
	Średnia wartość dochodu z gospodarstwa rolniczego – SE420 (zł/ha)**				
< 10	5 020	5 236	_***	_***	5 093
10-30	3 318	3 491	2 883	_***	3 342
30-50	2 967	2 339	2 653	_***	2 541
50-100	2 026	2 298	2 220	2 282	2 223
>100	1 913	2 146	1 918	2 235	2 069
<b>Razem</b>	<b>3 107</b>	<b>2 834</b>	<b>2 407</b>	<b>2 561</b>	<b>2 806</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Jednocześnie analiza średniej wysokości wartości dodanej brutto, jak i średniej wysokości dochodu z gospodarstwa rolnego uzyskiwanych z jednego ha UR zdecydowanie wskazywały na wyższą dochodowość ziemi w podmiotach o mniejszej powierzchni. Tym samym pozwoliły zaobserwować zmniejszanie się efektywności wykorzystania ziemi wraz ze wzrostem powierzchni gospodarstw, co można wytłumaczyć poziomem intensywności produkcji.

### 4.3. Znaczenie kompleksowości nawożenia dla osiągniętych wyników ekonomicznych

Europejski Zielony Ład (EZŁ) jest ambitną strategią instytucji Unii Europejskiej, dzięki której gospodarka krajów UE ma być bardziej konkurencyjna i nowoczesna oraz w minimalny sposób wpływać na środowisko naturalne. Do głównych założeń EZŁ należy przede wszystkim osiągnięcie w 2050 r. zerowego poziomu emisji gazów cieplarnianych netto, które powinno być uzyskane w sprawiedliwy i zrównoważony społecznie sposób. Założone cele są niewątpliwie ogromnym wyzwaniem. Ważnym elementem strategii są działania w obszarze gospodarki żywnościowej, która zgodnie z przyjętymi celami i założeniami powinna być bardziej zrównoważona. Obecnie około 30,0% światowej emisji gazów cieplarnianych pochodzi z sektora rolno-spożywczego, wiele do życzenia pozostawia również jakość żywności.

Będąca elementem EZŁ strategia „Od pola do stołu” stawia sobie za cel zmniejszenie śladu węglowego w unijnym systemie żywnościowym, a także zmianę nawyków żywieniowych obywateli UE przy podniesieniu jakości produktów żywnościowych. Zaproponowane cele ilościowe strategii są mocno krytykowane w szczególności przez środowiska producentów rolnych. I nawet jeżeli podczas ich operacjonalizacji będą modyfikowane i łagodzone, to i tak wskazują bardzo ważny kierunek, w którym będzie się rozwijała produkcja rolna. Trudno będzie je osiągnąć bez zwrócenia większej uwagi na zachowanie potencjału produkcyjnego gleby i jej jakości, w czym powinny pomóc dobre praktyki w zakresie wapnowania gleb. W strategii „Od pola do stołu” zaproponowano m.in. następujące cele:

- redukcja środków ochrony roślin (szczególnie tych niebezpiecznych) o 50,0%,
- redukcja stosowania nawozów mineralnych o 20,0%,
- przeznaczenie co najmniej 10,0% gruntów ornych na cele prośrodowiskowe (elementy krajobrazu rolniczego),
- przeznaczenie 25,0% gruntów rolnych pod uprawy ekologiczne.

Jednym ze sposobów na poprawę wykorzystania składników mineralnych zawartych w nawozach mineralnych, a w szczególności azotu i fosforu, jest stosowanie ich przy optymalnym poziomie pH gleby. Dlatego też, w tym fragmencie opracowania zaprezentowane zostaną strategię gospodarstw towarowych specjalizujących się w uprawach polowych i produkcji zbóż w zakresie nawożenia NPK i CaO. Literatura przedmiotu podkreśla znaczenie kompleksowego

podejścia do kwestii nawożenia, gdzie nie tylko ważne są ilości składników pokarmowych dostarczanych roślinom uprawnym, ale również ich wzajemne proporcje, terminy i sposób stosowania. Dane statystyki masowej nie dają możliwości pełnej oceny technologii produkcji. Dzięki zastosowanym procedurom obliczeniowym możliwe było natomiast wskazanie najczęściej stosowanych strategii w zakresie wysokości stosowanych dawek nawozowych w okresach czteroletnich. Najczęściej wybieranym rozwiązaniem było stosowanie przez rolników nawożenia NPK przekraczającego 100 kg czystego składnika rocznie oraz niewielkich, bo nie przekraczających 0,5 tony na ha dawek CaO. Rozwiązanie takie wybrało 28,3% z 953 analizowanych gospodarstw rolnych (tabela 34). Podmiotów, które w większym stopniu doceniały znaczenie wapnowania stosując w okresie czteroletnim ponad 2 t CaO/ha i jednocześnie ponad 100 kg/ha czystego składnika rocznie było 26,4%.

**Tabela 34. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji polowej według stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO**

Wyszczególnienie		Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (%)
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
		Struktura gospodarstw (%)				
Średnia roczna dawka NPK/ha UR (dt)**	0,00	0,6***	0,1***	0,3***	0,0***	1,0***
	0,01-1,00	4,1	2,9	0,2***	0,2***	7,5
	1,01-3,00	18,3	28,3	9,9	4,1	60,5
	> 3,00	6,0	12,6	7,9	4,5	31,0
<b>Razem</b>		<b>29,0</b>	<b>44,0</b>	<b>18,3</b>	<b>8,8</b>	<b>100,0</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne: podstawie danych FADN.

Przy zawężeniu analizowanej grupy gospodarstw do podmiotów specjalizujących się w produkcji zbóż stwierdzono, że udział gospodarstw stosujących dawki nawozów na poziomie 100-300 kg NPK/ha oraz powyżej 300 kg NPK/ha rocznie był zbliżony. W grupie gospodarstw specjalizujących się w uprawie zbóż nieco wyższy był natomiast odsetek gospodarstw doceniających znaczenie wapnowania. Wśród gospodarstw zbożowych, podmiotów stosujących w ciągu roku średnio powyżej 100 kg NPK/ha i równocześnie powyżej 0,5 tony CaO/ha było 31,7%, czyli o 5,3 p.p. (punktu procentowego) więcej niż w przypadku całej grupy podmiotów specjalizujących się w uprawach polowych (tabela 35).

**Tabela 35. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji zbóż według stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO**

Wyszczególnienie		Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (%)
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
		Struktura gospodarstw (%)				
Średnia roczna dawka NPK/ha UR (dt)**	0,00	0,8***	0,2***	0,2***	0,0***	1,2***
	0,01-1,00	1,6***	1,8***	0,2***	0,2***	3,9
	1,01-3,00	15,0	29,1	12,2	5,7	62,0
	> 3,00	5,3	13,8	9,1	4,7	32,9
<b>Razem</b>		<b>22,8</b>	<b>44,9</b>	<b>21,7</b>	<b>10,6</b>	<b>100,0</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Na podstawie przeprowadzonych dotychczasowych analiz można zauważyć, że kluczowymi czynnikami dla wyników produkcyjno-ekonomicznych osiąganych przez gospodarstwa rolne są wielkość gospodarstwa oraz intensywność produkcji. O intensywności produkcji w pewnym zakresie świadczy poziom nawożenia NPK. Pokazuje to również średnia wartość produkcji



uzyskiwana z jednego ha przez towarowe gospodarstwa rolne specjalizujące się w produkcji polowej (tabela 36).

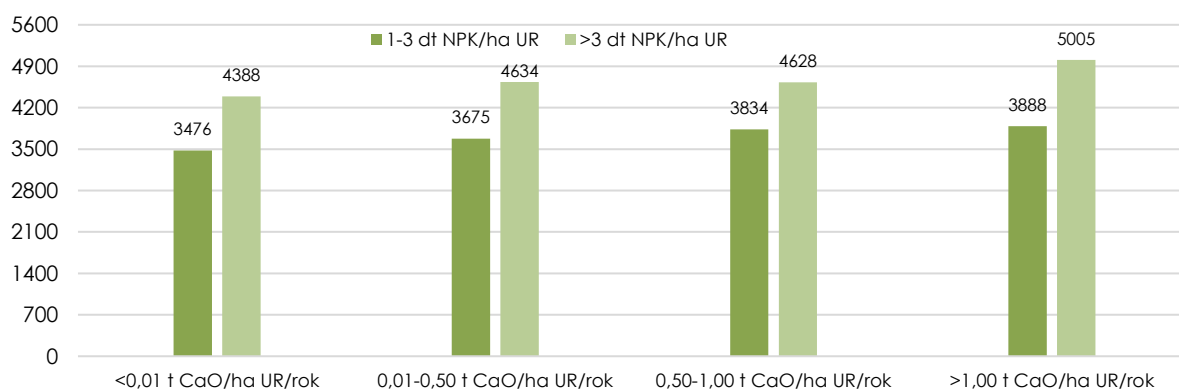
**Tabela 36. Średnia wartość produkcji roślinnej w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w zależności od stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO**

Wyszczególnienie		Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha UR)
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
		Średnia wartość produkcji roślinnej - SE135 (zł/ha UR)				
Średnia roczna dawka NPK/ha UR (dt)**	0,00	_***	_***	_***	_***	_***
	0,01-1,00	4 762	4 342	_***	_***	4 598
	1,01-3,00	4 986	4 656	4 657	5 067	4 784
	> 3,00	7 367	6 396	5 353	5 425	6 177
<b>Razem</b>		<b>5 392</b>	<b>5 392</b>	<b>5 125</b>	<b>4 929</b>	<b>5 208</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Na bazie danych masowych, które zakłócają się przez wiele różnorodnych czynników o charakterze przyrodniczym, organizacyjnym oraz zbyt mały zakres stosowanych dawek nawozów odkwaszających, dużo trudniej dostrzec wpływ wapnowania na wartość uzyskiwanej produkcji roślinnej. Jedynie w grupie gospodarstw stosujących od 100 do 300 kg czystego składnika NPK zaobserwowano wzrost średniej wartości produkcji roślinnej wraz ze wzrostem poziomu wapnowania. Tendencja taka była natomiast wyraźnie widoczna w przypadku gospodarstw specjalizujących się w produkcji zbóż i co ważne, można ją było również dostrzec w grupie gospodarstw stosujących dawki NPK na poziomie przekraczającym 300 kg czystego składnika na rok na ha (wykres 11). Jest to bardzo cenna obserwacja w kontekście prób wykazania efektywności ekonomicznej nawożenia wapniowego, gdyż z punktu widzenia środowiska i procesów zachodzących w glebie nawet małe dawki CaO mogą mieć bardzo duże znaczenie.



**Wykres 11. Wartość produkcji roślinnej w gospodarstwach\*\* specjalizujących się w produkcji zbóż w zależności od zastosowanego poziomu wapnowania\* i nawożenia NPK\*\***

Objaśnienia do wykresu: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Koszty nawozów mineralnych stanowią ważny element bezpośrednich kosztów produkcji. Z ponoszeniem kosztów wiąże się również stosowanie w gospodarstwie rolnym nawozów wapniowych. Ocena efektywności ekonomicznej nawożenia wapniem jest utrudniona, m.in. ze względu na to, że ten zabieg agrotechniczny oddziałuje nie tylko na roślinę przed uprawą której jest stosowany, ale również na rośliny następcze. Dlatego w ekonomice rolnictwa traktowany jest jako koszt pośredni. Pomimo uwzględnienia w prowadzonych analizach okresów czteroletnich, nie udało się jednoznacznie wykazać, że wapnowanie gleb jest efektywne ekonomicznie. Zarówno w przypadku analizy kształtowania się wartości dodanej brutto, jak i dochodu z gospodarstwa

rolnego, brak było wyraźnych prawidłowości w tym zakresie (tabela 37 i 38). Mogło to być spowodowane m.in. powszechnym stosowaniem zbyt niskich dawek nawozów wapniowych, które nie pokrywały strat wapnia i magnezu powstających w wyniku wymywania ich przez wody opadowe.

**Tabela 37. Wartość dodana brutto w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w zależności od stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO**

Wyszczególnienie		Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha UR)
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
		Wartość dodana brutto gospodarstwa - SE410 (zł/ha UR)				
Średnia roczna dawka NPK/ha UR (dt)**	0,00	***	***	***	***	***
	0,01-1,00	4 374	4 276	***	***	4 390
	1,01-3,00	3 689	3 607	3 253	3 621	3 575
	> 3,00	5 153	4 213	3 375	3 342	4 055
<b>Razem</b>		<b>4 082</b>	<b>3 821</b>	<b>3 335</b>	<b>3 481</b>	<b>3 775</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

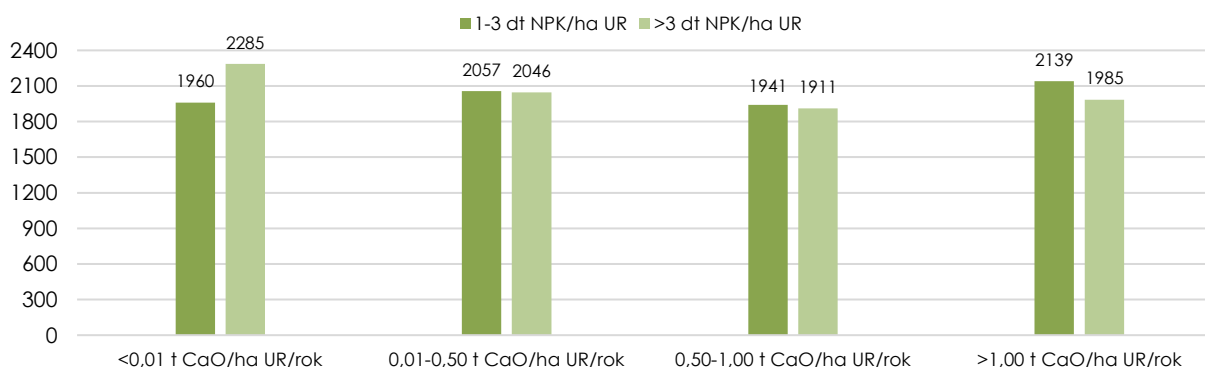
**Tabela 38. Średnia wartość dochodu rolniczego w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w produkcji polowej w zależności od stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO**

Wyszczególnienie		Średnia roczna dawka CaO/ha UR (t)*				Ogółem (zł/ha UR)
		< 0,01	0,01-0,50	0,50-1,00	> 1,00	
		Średnia wartość dochodu z gospodarstwa - SE420 (zł/ha UR)				
Średnia roczna dawka NPK/ha UR (dt)**	0,00	2 607***	1 234***	1 855***	***	2 244***
	0,01-1,00	3 523	3 232	4 107***	2 744***	3 403
	1,01-3,00	2 783	2 730	2 380	2 777	2 692
	> 3,00	3 863	2 988	2 418	2 356	2 920
<b>Razem</b>		<b>3 107</b>	<b>2 834</b>	<b>2 407</b>	<b>2 561</b>	<b>2 806</b>

Objaśnienia do tabeli: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020; \*\*\* grupy wyłączone z dalszej analizy ze względu na zbyt małą liczebność.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Również w przypadku gospodarstw specjalizujących się w produkcji zbóż nie stwierdzono wyraźnej, monotonicznej zależności pomiędzy uporządkowanymi rosnąco dawkami nawozu wapniowego a osiąganym przy danym poziomie nawożenia mineralnego dochodem rolniczym w przeliczeniu na 1 ha UR. Przeprowadzone analizy nie dają jednak podstawy do twierdzenia, że takiego wpływu nie ma. Złożoność zjawiska oraz brak możliwości kwantyfikowania w prowadzonych analizach, takich elementów, jak typ skały macierzystej, warunki przyrodnicze i hydrotermalne wraz z aspektami organizacji gospodarstwa, niewątpliwie zakłócały proces wnioskowania (wykres 12).



**Wykres 12. Wysokość dochodu rolniczego w gospodarstwach\*\* specjalizujących się w produkcji zbóż w zależności od zastosowanego poziomu wapnowania\* i nawożenia NPK\*\***

Objaśnienia do wykresu: \* średnie wielkości dla okresu 2016-2019; \*\* średnie wielkości dla okresu 2017-2020.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Reasumując można stwierdzić, że kompleksowe stosowanie nawozów mineralnych i nawozów wapniowych sprzyjało produktywności ziemi mierzonej średnią wartością produkcji z jednego hektara. Widoczne było to szczególnie w przypadku gospodarstw specjalizujących się w produkcji polowej i produkcji zbóż, o ile stosowały one powyżej 100 kg czystego składnika NPK/ha. Nie udało się natomiast jednoznacznie wykazać pozytywnego wpływu wapnowania na wyniki ekonomiczne gospodarstw rolnych. Wskazywało to na konieczność zastosowania w tym celu innych narzędzi, a być może dokonania studium przypadków z wykorzystaniem szerszej bazy danych niż ta, jaką zapewnia system FADN.

#### **4.4. Znaczenie wapnowania dla efektów produkcji roślinnej w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji polowej – próba ujęcia modelowego**

Nawiązując do podsumowania wyników rozdziału 3.4 podjęto próbę uzyskania bardziej wyczerpującej odpowiedzi nt. efektywności ekonomicznej wapnowania gleb przy wykorzystaniu modelu klasyfikacyjnego drzewa C&RT. Oczekiwano, że model nieliniowy wyjaśniający zróżnicowanie produkcji roślinnej (SE135) w przeliczeniu na 1 ha UR osiąganą przez towarowe gospodarstwa wyspecjalizowane w uprawach polowych, ujawni bardziej subtelne zależności pomiędzy tą zawężoną kategorią wynikową działalności rolniczej a wapnowaniem. Na potrzeby modelu<sup>8</sup> zmienna objaśniana mająca charakter ilościowy ciągły została przetworzona poprzez kwartylowy podział na cztery klasy zbiorowości gospodarstw uporządkowanej rosnąco ze względu na wartość produkcji roślinnej (tabela 39).

Zmienna objaśniana, tj. wartość produkcji roślinnej (Y) miała zatem charakter jakościowy i przyjmowała cztery stany:

- 1 – niska (0-2500 zł/ha),
- 2 – przeciętna (2500-5000 zł/ha),
- 3 – duża (5000-10 000 zł/ha),
- 4 - bardzo duża (>10 000 zł/ha).

Przetworzono także wszystkie zmienne objaśniające o charakterze ilościowym użyte w modelach regresji prezentowanych w rozdziale 3.4. W przypadku ilościowych zmiennych opisujących nawożenie mineralne i wapnowanie ( $X_3$ ,  $X_8$ ) zastosowano klasyfikację przyjętą w rozdziale 3.2 niniejszej ekspertyzy i konsekwentnie stosowaną w dalszych częściach pracy. W odniesieniu do zmiennej  $X_4$  zastosowano podział zgodny z opracowaniem Dacko i inni (2019).

Opracowując model drzewa klasyfikacyjnego C&RT przyjęto, że:

- koszty błędnych klasyfikacji będą równe,
- dobroć dopasowania będzie oceniana według miary Giniego,
- regułą stopu będzie przycinanie przy błędzie złej klasyfikacji,
- węzły końcowe będą składać się z co najmniej 10 obserwacji,
- kontrola jakości uzyskiwanych wyników nastąpi przy wykorzystaniu V-krotnego sprawdzianu krzyżowego dla  $V=10$ .

---

<sup>8</sup> W pakiecie Statistica zainstalowanym na komputerze IERiGŻ klasyfikacyjny model drzewa CART był dostępny jedynie w najprostszej postaci i miał swoje ograniczenia: mógł bazować jedynie na predyktorach nominalnych lub porządkowych.

Tabela 39. Charakterystyka predyktorów wykorzystanych w modelu drzewa CART

Kod i nazwa zmiennej		Wariant	Opis
X <sub>1</sub>	jednostkowe nakłady pracy ogółem (godz./ha)	niskie (1), przeciętne (2) duże (3)	< 50 50-100 > 100
X <sub>2</sub>	klasa wielkości ekonomicznej gospodarstwa	b. małe (1) małe (2) średniomałe (3) średnioduże (4) duże (5) b. duże (6)	według FADN
X <sub>3</sub>	średnioroczne nawożenie NPK w latach 2017-2020 (dt/ha)	brak (1) umiarkowane (2) duże (3) bardzo-duże (4)	0,00 0,01-1,00 1,00-3,00 > 3,00
X <sub>4</sub>	wskaźnik bonitacji	gleby słabe (1) gleby średnie (2) gleby dobre (3) gleby bardzo dobre (4)	< 0,8 0,8 do 1,2 1,2 do 1,6 > 1,6
X <sub>5</sub>	powierzchnia użytków rolnych (ha)	bardzo mała (1) mała (2) średnia (3) duża (4) b. duża (5)	< 10 10-30 30-50 50-100 > 100
X <sub>6</sub> *	jednostkowe zużycie pośrednie pomniejszone o koszty nawozów (zł/ha)	niskie (1) przeciętne (2) duże (3) b. duże (4)	< 1 000 1 000-2 000 2 000-4 000 > 4 000
X <sub>7</sub>	jednostkowe koszty zakupu CaO w latach 2016-2019 (zł/ha)	brak (1) przeciętne (2) duże (3) b. duże (4)	0 0,1-200,0 200,1-400,0 > 400
X <sub>8</sub>	średnioroczne nawożenie CaO w latach 2016-2019 (t/ha)	brak (1) niskie (2) umiarkowane (3) wysokie (4)	<0,01 0,01-0,50 0,50-1,00 >1,00
X <sub>9</sub>	udział powierzchni zbóż i pozostałych upraw polowych w powierzchni UR (%)	niski (1) umiarkowany (2) wysoki (3) b. wysoki (4)	< 50,0 50,0-70,0 70,0-90,0 >90

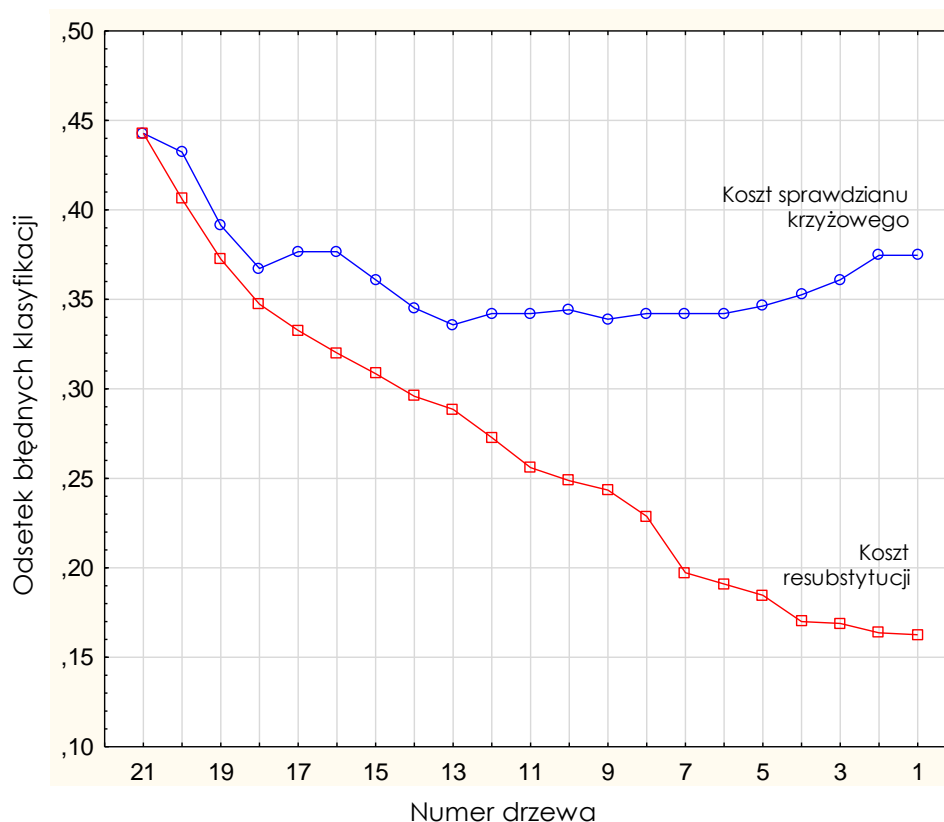
Objaśnienia do tabeli: \* zmodyfikowany wskaźnik kosztocłonności

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Przy powyższych ustawieniach algorytm C&RT wygenerował sekwencję 21 drzew klasyfikacyjnych o rosnącej złożoności (wykres 13) automatycznie typując optymalne drzewo (nr 13) jako drzewo spełniające zasadę jednego odchylenia standardowego. W myśl tej zasady wybierane jest drzewo o możliwie najmniejszej ilości węzłów końcowych, przy czym koszty sprawdzianu krzyżowego oszacowane dla tego drzewa nie powinny różnić się od minimalnych kosztów tego sprawdzianu w sekwencji drzew o więcej niż jedno odchylenie standardowe (Sroka i Dacko 2010). Odsetek błędnych klasyfikacji w finalnym drzewie ukształtował się na poziomie 29,0% i uznano go za akceptowalny, biorąc pod uwagę eksploracyjny (a nie predykcyjny) charakter modelu oraz złożoność badanego zjawiska. Autorzy mają świadomość, że niektóre istotne determinanty produkcji roślinnej (np. lokalne warunki hydrotermalne lub choćby wiedza i doświadczenie właściciela gospodarstwa) pozostawały poza polem obserwacji statystycznej.

Finalny model drzewa C&RT posiadał 13 węzłów dzielonych oraz 14 węzłów końcowych. W kolejnych podziałach diagram tego drzewa (rysunek 3) przedstawiał rolę poszczególnych zmiennych w kształtowaniu się wartości produkcji roślinnej gospodarstw towarowych pozostających w polu obserwacji polskiego systemu FADN. Nietrudno zauważyć, że aż trzykrotnie w podziałach wykorzystana została kosztocłonność produkcji (zmienna X<sub>6</sub>\*), zgodnie z logiką: im wyższa kosztocłonność, tym wyższa wartość produkcji roślinnej. Trzykrotnie podział odbył się także wg skategoryzowanego wskaźnika bonitacji (zmienna X<sub>4</sub>), co podkreślało dużą rolę jakości

gleb jako czynnika różnicującego wartość produkcji roślinnej w przeliczeniu na 1ha UR w gospodarstwach towarowych.

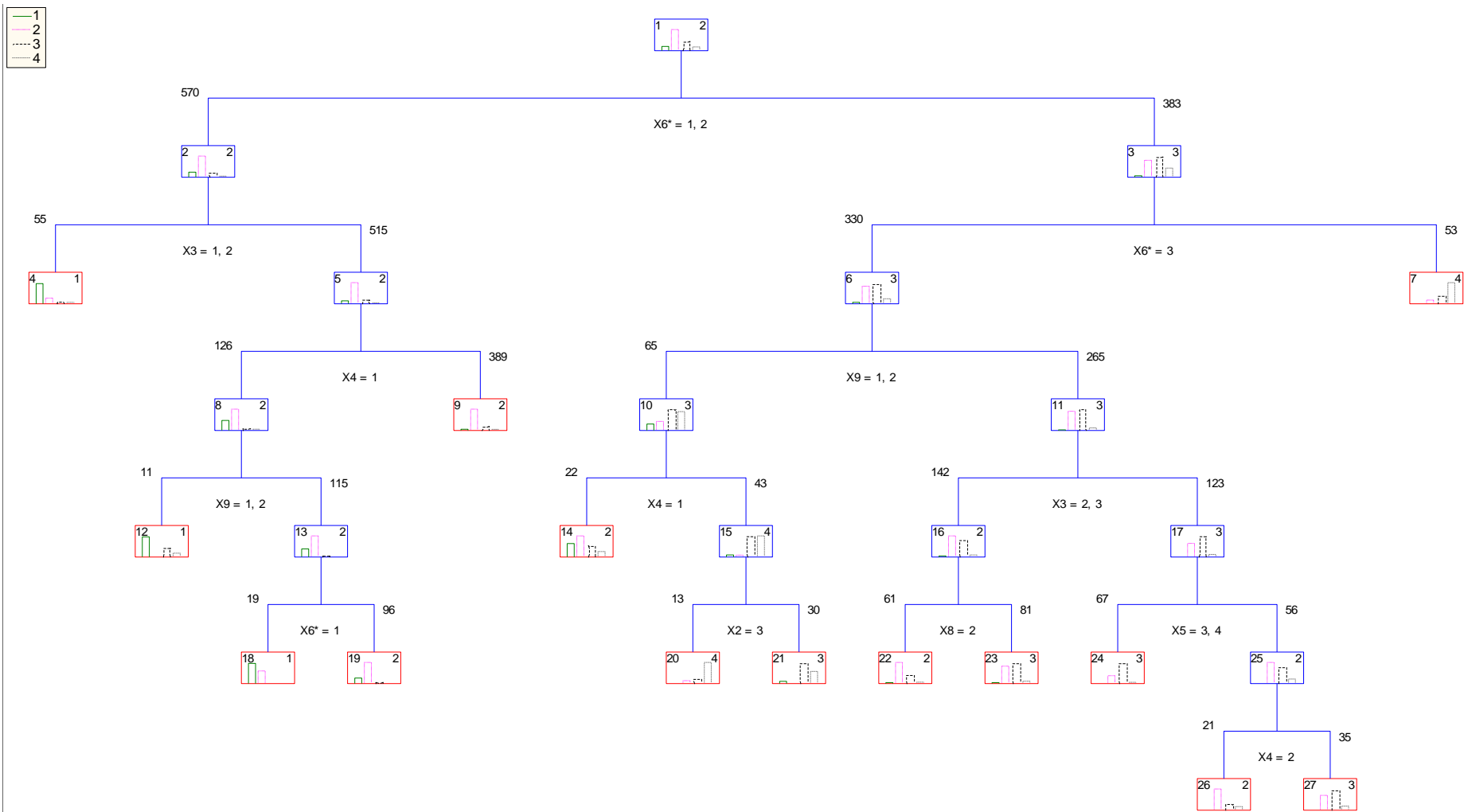


**Wykres 13. Sekwencja kosztów dla drzew klasyfikacyjnych CART**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Dwukrotnie podziały odbywały się wg zmiennych  $X_3$  oraz  $X_9$ , tj. intensywności nawożenia mineralnego oraz udziału powierzchni zbóż i pozostałych upraw polowych w powierzchni UR danego gospodarstwa. Generalnie oba czynniki przyjmując wyższe oceny sprzyjały wyższej wartości modelowanej zmiennej. W głębszych podziałach drzewa zaobserwować też można było podział wg zmiennej  $X_2$  (wielkość ekonomiczna). Wynikało z niego, że statystycznie częściej wysoką jednostkową wartość produkcji roślinnej uzyskiwały gospodarstwa średniomale ( $X_2 = 3$ ). Z kolei podział wg zmiennej  $X_5$  (powierzchnia UR) wskazywał, że gospodarstwa dysponujące dużą i bardzo dużą powierzchnią UR uzyskiwały lepszy wynik niż pozostałe gospodarstwa. Tłumacząc głębsze podziały modelu drzewa należy mieć na uwadze, że przed nimi zachodził szereg innych warunków. Jest to istotne również w odniesieniu do zabiegu wapnowania (zmienna  $X_8$ ), który pojawił się w głębokim podziale prezentowanego drzewa. Parafrazując można powiedzieć, że wapnowanie było istotne „pod warunkiem że...” oraz było ono przydatnym predyktorem dla wyjaśnienia zróżnicowania wartości produkcji w pewnej węższej grupie gospodarstw. A zatem czytając diagram od góry można stwierdzić, że w gospodarstwach o dużej kosztochłonności produkcji ( $X_6^* = 3$ ) oraz o dużym i bardzo dużym udziale powierzchni zbóż i pozostałych upraw polowych w powierzchni UR ( $X_9 = 3, 4$ ) przy średniorocznym nawożeniu NPK w latach 2017-2020 od 0,01 do 3 dt/ha ( $X_3 = 2, 3$ ), istotne okazało się średnioroczne nawożenie CaO w latach 2016-2019. Rolnicy, którzy stosowali dawkę wapna 0,01-0,50 t/ha ( $X_8 = 2$ ) osiągnęli zwykle przeciętną wartość produkcji roślinnej, podczas gdy rolnicy stosujący wyższe dawki ( $X_8 = 3, 4$ ) osiągnęli relatywnie częściej dużą wartość produkcji roślinnej/ha.





**Rysunek 3. Diagram drzewa klasyfikacyjnego CART dla wartości produkcji roślinnej**

Objaśnienia do tabeli: \* zmodyfikowany wskaźnik kosztocłonności

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN.

Model drzewa C&RT potwierdzał obserwacje dokonane przy wykorzystaniu modeli liniowej regresji wielorakiej. Także i tym razem wapnowanie nie należało do grona czynników kluczowych i nawet, gdy badania zawężono do zbiorowości gospodarstw wyspecjalizowanych w uprawach polowych oraz skoncentrowano się na kategorii wartości produkcji roślinnej, koszt zakupu nawozu wapniowego oraz stosowane dawki tego nawozu były w modelu drzewa na tle pozostałych zmiennych najmniej istotnymi czynnikami. Ranking ważności predyktorów wskazywał na bardzo duże znaczenie kosztochłonności produkcji ( $X_6^*$ ), a następnie udziału powierzchni zbóż i pozostałych upraw polowych w powierzchni UR ( $X_9$ ) oraz nawożenia mineralnego ( $X_3$ ) i jakości gleb ( $X_4$ ). Pozostałe cechy w prezentowanym modelu miały relatywnie mniejsze znaczenie.

## 5. WPŁYW WAPNOWANIA NA PODNIESIENIE JAKOŚCI ROLNICZEJ PRZESTRZENI PRODUKCYJNEJ ORAZ OGRANICZENIE WYMYWANIA SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH

### 5.1. Wpływ podłoża geologicznego na właściwości gleb

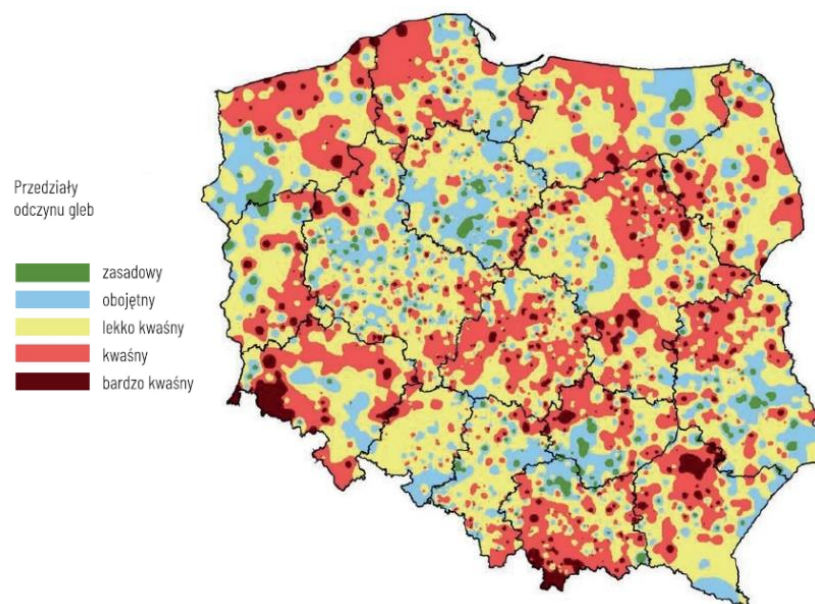
Gleba pełni w środowisku ważną rolę w funkcjonowaniu nie tylko ekosystemów lądowych, ale także ekotonów słodkowodnych. Według Bluma'a (2005) jedną z najważniejszych funkcji gleby jest ta związana z produkcją biomasy i żywności. Można założyć, że gleba stanowi podstawę rolniczej przestrzeni produkcyjnej, a od jej właściwości zależy bezpośrednio jakość i ilość płodów rolnych. Właściwości gleb, w tym żyzność i urodzajność, są związane z ich genezą. Gleba, która powstaje z określonej skały macierzystej dziedziczy po niej właściwości chemiczne i fizyczne. Wśród tych właściwości do najważniejszych zalicza się skład granulometryczny gleb określający w glebach udział poszczególnych frakcji glebowych oraz odczyn gleby. Materiałem, z którego powstają gleby są zwiertzeliny różnych utworów geologicznych nazywane w gleboznawstwie skałami macierzystymi [Dobrzański i Zawadzki 1995, Bednarek i inni 2004, Hillel 2012, Mocek 2015]. Na obszarze Polski wyróżnia się cztery strefy różniące się wiekiem i rodzajem skał glebotwórczych [Kostrowicki 1968]:

- Sudety i ich przedgórze (z przewagą granitów, granitognejsów, gnejsów, łupków krystalicznych, rzadziej z wapieni i piaskowców),
- wyżyny środkowopolskie (z dolomitami, wapieniami, kredą i marglami),
- Karpaty i Kotliny Podkarpackie (z osadami fliszowymi w tym z piaskowcami),
- Niż Polski (z osadami czwartorzędowymi).

Na obszarze Polski decydujące znaczenie dla ukształtowania się skał macierzystych większości gleb miał okres czwartorzędu, a ściślej plejstocen, w którym większość powierzchni naszego kraju (ponad 90,0%) została pokryta silnie przemytymi przez wody osadami polodowcowymi [Hołubowicz-Kliza i inni 2021]. Wytworzone z nich bezwęglanowe gleby to gleby lekkie i bardzo lekkie. Są one zaliczane do kategorii agronomicznej gleb bardzo lekkich i lekkich o niskiej zawartości części spławianych odpowiedzialnych w znacznej mierze za pojemność kompleksu sorpcyjnego gleby oraz jej właściwości fizyczne [Bartmiński i inni 2020]. Skład granulometryczny tych gleb sprzyja wymywaniu z gleb kationów o charakterze zasadowym w tym przede wszystkim jonów wapnia i magnezu, co przekłada się na ich zakwaszenie. Większość gleb w Polsce (58,2%) charakteryzują się silnie kwaśnym i kwaśnym odczynem [Krajowy raport o stanie zakwaszenia gleb 2022] (mapa 4).

Należy zaznaczyć, że poza naturalnymi przyczynami zakwaszenia gleb, które związane są z ich pedogenezą, proces ten jest również wynikiem działalności człowieka, prowadzącego produkcję rolną. Wymywaniu kationów ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), dekalcytacji gleb, wywołanej czynnikami antropogenicznymi sprzyja między innymi:

- stosowanie nawozów zawierających azotany, chlorki, siarczany,
- rozkład materii organicznej z resztek poźniwnych i nawozów organicznych do kwasów próchnicowych,
- odprowadzanie jonów wapnia i magnezu z plonem,
- spalanie paliw stanowiących źródło kwasotwórczych tlenków siarki i azotu, które dostają się do gleby.



**Mapa 6. Podział Polski ze względu na wartość odczynu gleby**

Źródło: Łysiak i Smreczak 2017.

Zakwaszenie gleb w siedliskach naturalnych, niewykorzystywanych do produkcji rolnej, na których wykształciły się już odpowiednie zbiorowiska roślinne nie wpływa negatywnie na otaczające nas środowisko i jest procesem naturalnym. Przykładem takich siedlisk są np. bory suche, bory świeże, pod którymi występują gleby wytworzone w procesie bielcowania. Innym przykładem silnie zakwaszonych gleb są gleby oligotroficznych siedlisk hydrogenicznych, np. torfowisk wysokich. Utrzymanie takich siedlisk ma niebagatelny wpływ na bioróżnorodność obszarów, w obrębie których występują. Zmiana odczynu gleb siedlisk naturalnych spowodowała by ich degradację. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku gleb wykorzystywanych rolniczo, w których konieczne jest utrzymanie odpowiedniego odczynu. Gleby wykształcone z bezwęglanowych osadów fliszowych, glin i piasków fluwioglacjalnych charakteryzują się bowiem z natury niekorzystnym odczynem dla większości uprawianych w Polsce roślin.

## 5.2. Rola odczynu gleby oraz możliwości jego zoptymalizowania w produkcji roślinnej

Z rolniczego punktu widzenia zakwaszenie gleb jest zjawiskiem niekorzystnym, powodującym obniżenie ilości i jakości plonów oraz wpływającym negatywnie na jakość rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Martinez-Saldago i inni (2010) podają, że najważniejszymi wskaźnikami jakości gleby dla rolników są: zawartość materii organicznej w glebie (zawartość próchnicy), infiltracja powiązana z uziarnieniem gleb (składem granulometrycznym określającym w glebie procentowy udział poszczególnych frakcji glebowych) oraz pH gleby. Smreczak i inni (2017) wskazują na kluczową rolę odczynu w kształtowaniu jakości gleby, obok składu granulometrycznego oraz zawartości węgla organicznego (zawartości próchnicy). Według tych autorów to wartości pH gleb wraz ze składem granulometrycznym i zawartością węgla organicznego stanowią trzy najważniejsze wskaźniki jakości gleby. Wskaźniki te wpływają na funkcje gleb w środowisku, w tym na produkcję biomasy, co przekłada się na możliwość dostarczania żywności, która jest niezbędna dla zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego człowieka (rysunek 4).

Przypisanie kluczowej roli wartości pH w określaniu jakości gleby jest uzasadnione z praktycznego punktu widzenia. Rolnicy w Polsce chcąc prowadzić produkcję żywności muszą

bazować na glebach nie najlepszej jakości, co związane jest z ich pedogenezą. Rolnik nie może w sposób łatwy poprawić składu granulometrycznego gleb lekkich i bardzo lekkich, jak również zwiększyć w nich szybko i w prosty sposób zawartości próchnicy. W ramach doświadczeń polowych mających na celu określenie możliwości poprawy właściwości gleb bardzo lekkich i lekkich, prowadzono doświadczenia z wykorzystaniem skał górniczych, węgla kamiennego, osadów dennych lub gipsów do poprawy ich właściwości fizycznych [Baran i inni 1993, Maciejewska 1995, Baran i inni 2009, Labetowicz i Szymańska 2010]. Doświadczenia te w większości wykazały pozytywny wpływ wymienionych powyżej materiałów na właściwości gleb. Jednak żadna z tych metod poprawy właściwości fizycznych i chemicznych gleb, pomimo obiecujących wyników doświadczeń, nie znalazła zastosowania na szeroką skalę. Było by to trudne do wprowadzenia w cykl zabiegów agrotechnicznych oraz nieuzasadnione ze względów ekonomicznych. Natomiast zoptymalizowanie odczynu gleby w trakcie zabiegów agrotechnicznych na gruntach rolnych jest łatwe do osiągnięcia. Wymaga jednak określenia potrzeb wapnowania, czyli konieczna jest systematyczna kontrola odczynu gleby w oparciu o proste analizy wykonywane przez okręgowe stacje chemiczno-rolnicze.



**Rysunek 4. Zależności pomiędzy właściwościami, funkcjami i usługami ekosystemowymi gleb, a korzyściami dla człowieka**

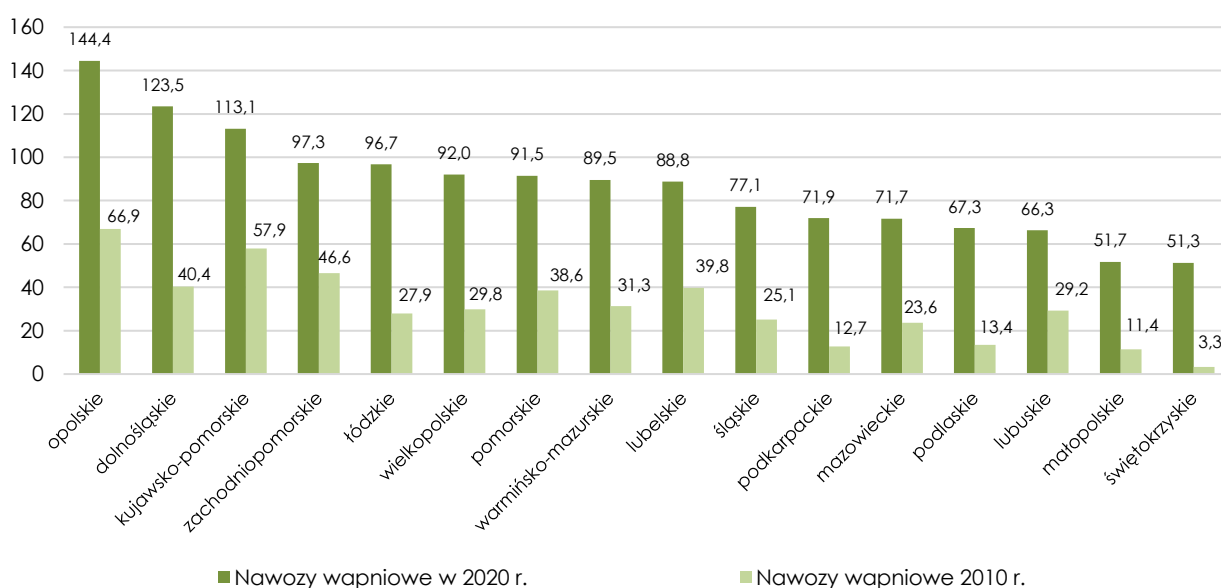
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Smreczak i inni 2017.

Potrzeby wapnowania, według *Krajowego raportu o stanie zakwaszenia gleb (2022)* powinny zrównoważyć dekalcytację związaną z:

- zakwaszającym wpływem depozycji dwutlenku siarki i tlenków azotu - w ilości 37,2 kg CaO/ha,
- wymywaniem z gleby składników o charakterze zasadowym, w ilości 120-250 kg CaO/ha,
- odprowadzaniem wapnia i magnezu w plonie roślin, w ilości 20-300 kg CaO/ha.



Szacunkowo ubytek CaO na 1 ha użytków rolnych można określić na poziomie 350-450kg/ha w skali roku. Straty te powinny zostać uzupełnione poprzez dobranie odpowiedniego poziomu nawożenia odkwaszającego, które uwzględni również doprowadzenie gleby do optymalnego poziomu pH dla uprawianych gatunków roślin [Krajowy raport o stanie zakwaszenia gleb 2022]. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (2020), w Polsce istnieje silne zróżnicowanie przestrzenne produkcji roślinnej i jej intensywności. Zróżnicowany i niestety znacząco za niski jest również poziom nawożenia odkwaszającego gleb. W roku gospodarczym 2019/2020 zróżnicowanie poziomu wapnowania gleb w poszczególnych województwach w Polsce wahało się w granicach od około 51 kg/ha UR w województwach świętokrzyskim i małopolskim do 144,5 kg/ha UR w województwie opolskim (wykres 14). Nawet w najlepiej pod tym względem wypadającym województwie opolskim, średni poziom nawożenia był 3-krotnie za niski, aby pokryć straty związane z depozycją ditlenku siarki, tlenków azotu, wymywaniem węglanów przez wody opadowe oraz z ubytkiem składników zasadowych odprowadzanych wraz z plonem.



**Wykres 14. Zużycie nawozów wapniowych w województwach Polski w 2010 r. i 2020 r. (w przeliczeniu na czysty składnik) w indywidualnych gospodarstwach rolnych [kg/ha UR]**

Źródło: Nicia i inni 2022.

Dane Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) za lata 2010-2020 wskazują, że ilość stosowanych dawek nawozów odkwaszających zwiększyła się ponad dwukrotnie. Jednak biorąc pod uwagę genezę gleb użytkowanych rolniczo w Polsce, brak węglanów w większości ich skał macierzystych, warunki klimatyczne oraz intensywność upraw należy bezspornie stwierdzić, że są to wartości zdecydowanie zbyt niskie aby pokryć opisane powyżej straty, jak również zoptymalizować odczyn gleb. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach (IUNG-PIB) szacuje, że zapotrzebowanie krajowego rolnictwa na wapno wynosi ok. 31 mln t CaO, czyli przeciętnie około 2 t CaO/ha UR. Analizując dane dotyczące nawożenia uzyskane w ramach Powszechnego Spisu Rolnego za lata 2010-2020 można stwierdzić, że ilości nawozów wapniowych stosowanych przez rolników w Polsce są od kilkunastu do ponad 38-krotnie mniejsze od optymalnych.

Oczekiwanym efektem wapnowania jest zoptymalizowanie odczynu gleby do poziomu odpowiedniego do uprawy roślin. Na glebach lekkich zaleca się stosowanie nawozów wapniowych w formie węglanowej, natomiast na glebach średnich i ciężkich w formie tlenkowej. Należy pamiętać, że efekty zabiegów wapnowania są zmienne w czasie. Bezpośrednio po zastosowaniu nawozów odkwaszających w odpowiednich dawkach

kwasowość gleby ulega obniżeniu (wartość pH się zwiększa). Jednak już w następnych latach, w zależności od kategorii agronomicznej, gleba może ulegać w różnym tempie zakwaszeniu. Zakwaszenie gleb lekkich postępuje szybciej w porównaniu do gleb średnich i ciężkich o dużej pojemności kompleksu sorpcyjnego. Jak podaje Hołubowicz-Kliza i inni (2021), przy nawożeniu minimalnymi dawkami odczyn gleby można poprawić w ciągu 2-3 lat. Natomiast małe dawki nawozów odkwaszających (do 0,5 tony  $\text{CaCO}_3$ ) na ha nie wpływają na podniesienie wartości pH gleby, zwłaszcza w przypadku silnie zakwaszonych gleb ciężkich. Tak niskie dawki nie pokrywają nawet strat związanych z dekalcytacją.

Aby ustalić odpowiednią dawkę nawozów odkwaszających konieczne jest określenie kategorii agronomicznej gleby oraz oznaczenie wartości pH gleby w roztworze 1 N KCl metodą potencjometryczną. Określenie kategorii agronomicznej gleby polega na oznaczeniu w glebie składu granulometrycznego. Najczęściej stosowanymi metodami oznaczania składu granulometrycznego gleby jest metoda areometryczna Prószyńskiego oraz metoda dyfrakcji laserowej wykorzystująca analizator wielkości cząstek. Na podstawie tych analiz możliwe jest określenie procentowego udziału w glebie frakcji piasku, pyłu oraz części sptawianych. Stanowi to podstawę do wydzielenia 4 kategorii agronomicznych: gleb bardzo lekkich, lekkich, średnich i ciężkich. Na podstawie kategorii agronomicznej gleby oraz wartości pH mierzonego w roztworze 1 N KCl zostały określone klasy wapnowania (tabela 40).

**Tabela 40. Ocena potrzeb wapnowania gleb mineralnych (gruntów ornych)**

Klasa wapnowania	Kategoria agronomiczna gleby (pH w 1 N KCl)			
	bardzo lekka	Lekka	średnia	ciężka
Konieczne	< 4,0	< 4,5	< 5,0	< 5,5
Potrzebne	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0
Wskazane	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5
Ograniczone	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0
Zbędne	> 5,6	> 6,1	> 6,6	> 7,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.dpr.iung.pl](http://www.dpr.iung.pl) 2023.

Znając potrzeby wapnowania gleb można ustalić dawkę nawozów wapniowych w przeliczeniu na CaO (tabela 41). Niestety opisany sposób ustalania dawek nawozów wapniowych jest nieprecyzyjny. Dawki nawozów ustalano skokowo, na przykład dla gleby bardzo lekkiej o  $\text{pH} < 4,0$  dawka nawozów wapniowych została określona na poziomie 3 ton, a dla tej samej gleby ale o  $\text{pH} = 4,1$  dawka nawozu wapniowego została określona na poziomie 2 ton. Jeszcze większe różnice w ustaleniu dawek nawożenia występują w przypadku gleb ciężkich. Dawka nawozów dla gleby ciężkiej o  $\text{pH} < 5,5$  została ustalona na poziomie 6 ton, a dla tej samej gleby ale o  $\text{pH} = 5,6$  została określona na poziomie tylko 3 ton. W związku z powyższym Instytut Uprawy i Nawożenia Gleb Państwowy Instytut Badawczy przygotował w oparciu o przeprowadzone doświadczenia założone na glebach bardzo lekkich, lekkich, średnich i ciężkich nowe zalecenia w zakresie wapnowania. Zalecenia te zostały opublikowane w poradniku „Zasady ustalania dawek wapna w doradztwie nawozowym. Nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb gruntów ornych i trwałych użytków zielonych” [Jadczyzyn i Lipiński 2022].

**Tabela 41. Zalecane dawki nawozów wapniowych na grunty orne**

Kategoria agronomiczna gleby	Klasa potrzeb wapnowania (CaO w t/ha)				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Bardzo lekka	3,0	2,0	1,0	-	-
Lekka	3,5	2,5	1,5	-	-
Średnia	4,5	3,0	1,7	1,0	-
Ciężka	6,0	3,0	2,0	1,0	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.dpr.iung.pl](http://www.dpr.iung.pl) 2023.

Zastosowanie nowego sposobu ustalania dawek nawozowych daje możliwość określenia dawki nawozu wapniowego w oparciu o zmierzoną wartość pH gleby z dokładnością do 0,1

jednostki pH. Przykładowo dla gleby bardzo lekkiej o pH 4,0 dawka nawozu wapniowego została ustalona na poziomie 2,8 tony CaO /ha, a dla gleby o pH 4,1 na poziomie 2,4 tony/ha. W przypadku gleby ciężkiej o pH 5,5 dawka nawozu wapniowego została ustalona na poziomie 2,5 tony/ha a dla gleby o pH 5,6 na poziomie 2,5 tony/ha. W tabeli 42 podano przykład określania dawek nawozów wapniowych według nowych zaleceń dla gleb ciężkich. Szczegółowe wytyczne dotyczące dawek nawozów wapniowych na gruntach ornych oraz użytkach zielonych, w przeliczeniu na CaO/ha zostały opublikowane w poradniku „Zasady ustalania dawek wapna w doradztwie nawozowym. Nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb gruntów ornych i trwałych użytków zielonych” [Jadczyński i Lipiński 2022].

**Tabela 42. Przykład dawki CaO na gruntach ornych dla gleb ciężkich**

Odczyn gleby	Zalecana dawka CaO [t /ha]	Podział dawki	
		Część I	Część II
<b>Gleby ciężkie</b>			
4,7	5,7	5,7	-
4,6	5,8	5,8	-
4,5	6,0	6,0	-
4,4	7,0	6,0	-
4,3	7,5	6,0	1,5
4,2	8,0	6,0	2,0
4,1	9,0	6,0	3,0
4,0	9,8	6,0	3,8
3,9	10,8	6,0	4,8

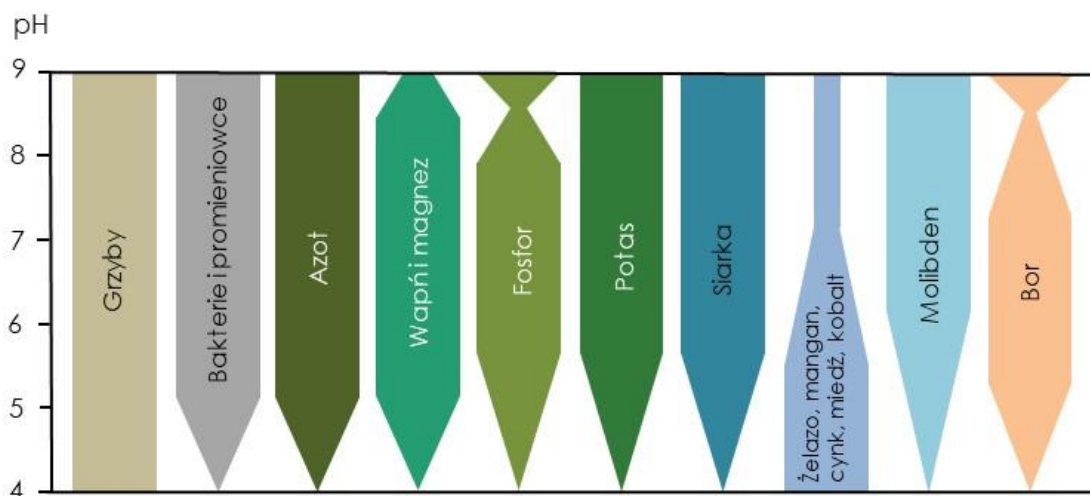
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Jadczyński i Lipiński 2022.

Należy zaznaczyć, że większe dawki nawozów wapniowych zostały ze względów fizjologicznych podzielone na dwie dawki. Zbyt szybkie podniesienie pH w glebach silnie zakwaszonych, w każdej kategorii agronomicznej, może spowodować zaburzenia w przyswajalności składników mineralnych przez rośliny oraz zaburzyć funkcjonowanie mikroorganizmów glebowych. Opisany powyżej sposób ustalania dawek nawozów odkwaszających:

- daje możliwość bardziej precyzyjnego doboru dawek wapna,
- umożliwia precyzyjne ustalenie wartości pH w glebie do poziomu optymalnego dla uprawianych roślin,
- ogranicza koszty doprowadzenia gleby do optymalnego poziomu pH.

Utrzymanie optymalnego poziomu pH gleby ma znaczenie w szczególności dla roślin silnie reagujących na zakwaszenie: pszenicy ozimej, pszenicy jarej, jęczmienia, kukurydzy, rzepaku, gorczyca, buraków cukrowych, buraka (pastewnego i ćwikłowego), bobiku lucerny, koniczyny, nostryku, wyki, soi, kapusty pastewnej, kapusty białej, konopi, maku, cebuli, szpinaku, czosnku, selera, sałaty, wiśni, czereśni i śliwy. Optymalna wartość pH gleby dla tych roślin mieści się w przedziale od 6,0 do 7,5. Przy tych wartościach, zgromadzone w glebie składniki mineralne są łatwo dostępne dla roślin (wykres 15). Roślinami mniej wrażliwymi na zakwaszenie gleb są: żyto, owies, ziemniak, brukiew, rzepa, groch, fasola, marchew, len, słonecznik, cykoria, tymotka, jabłoń, grusza, agrest, porzeczka, malina, poziomka, ogórek i pomidor. Optymalna wartość pH gleb dla tych roślin mieści się w przedziale od 5,0 do 6,5. Do grupy roślin mało wrażliwych na zakwaszenie gleb (optymalne wartości pH gleb, na których mogą być uprawiane te rośliny są niższe od pH 5,0), należą: gryka, łubin żółty, seradela, tytoń, rzodkiew, rzepa czarna i rabarbar [Hołubowicz-Kliża i inni 2021]. Zabieg wapnowania powinien być włączony w cykl zabiegów agrotechnicznych związanych ze zmianowaniem. Wymagania roślin, zasady stosowania nawozów odkwaszających oraz optymalne wartości pH gleby zostały opisane w bogatej literaturze, związanej z uprawą roślin [Klapp 1951, Buckman i Brandy

1971, Lityńskin i Jurkowska 1982, Strzemiński i Siuta 1993, Hersy 1981, Jasińska i Kotecki 2003, Kotecki 2020].



**Wykres 15. Wpływ pH na przyswajalność składników pokarmowych oraz na aktywność biologiczną gleb**

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Buckman i Bradi 1971.

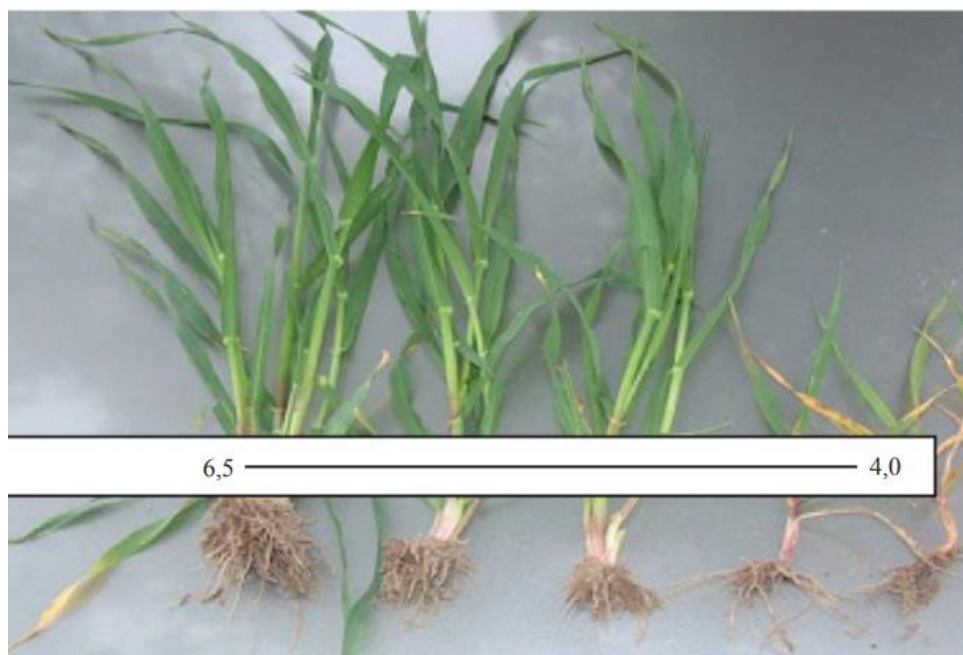
Jak podają Hołubowicz-Kliza i inni (2021) pierwszy zabieg wapnowania należy traktować, jako mający na celu podniesienie pH gleby do poziomu zbliżonego do optymalnego. Przy pierwszych zabiegach wapnowania stosuje się więc wysokie dawki nawozów wapniowych, a na silnie zakwaszonych glebach ciężkich mogą one przekraczać nawet 10 t CaO /ha, przy czym wysokie dawki powinny zostać rozłożone na mniejsze. W przypadku silnie zakwaszonych gleb, niskie dawki nawozów odkwaszających nie spowodują bowiem podniesienia wartości gleb, a mogą wygenerować zwiększenie kosztów produkcji rolnej poprzez, co zostanie obniżona efektywność ekonomiczna gospodarstwa. Trzeba podkreślić, że wapnowanie gleb silnie zakwaszonych dawkami około 350-450 kg CaO/ha pokrywa tylko straty składników zasadowych związane z ich odprowadzaniem z plonem, neutralizacją nawożenia mineralnego oraz wymywaniem. Po doprowadzeniu gleby do odpowiedniego poziomu pH można następnie zmniejszyć dawki nawozów wapniowych, stosując tzw. wapnowanie zachowawcze, którego zadaniem będzie niedopuszczenie do ponownego obniżenia wartości pH w trakcie uprawy.

Według literatury przedmiotu, [Dobrzański i Zawadzki 1995, Gębski 1998, Kabata-Pendias i Pendias 1999, Lipiński 2013, Mocek 2015, Ochal, Smreczak 2020, Niedźwiecki i Ochal 2021], przy niskich wartościach pH gleb:

- następuje obniżenie ilości plonów większości uprawianych roślin,
- kompleks sorpcyjny gleb traci zdolność do zatrzymywania składników mineralnych wnoszonych do gleb wraz z nawożeniem mineralnym,
- makro- i mikroelementy dostarczane do gleb wraz z nawozami są wymywane do wód gruntowych, powodując ich eutrofizację, co dotyczy, nie tylko takich pierwiastków, jak: wapnia, magnezu, azotu, fosforu i potasu, ale także mikroelementów,
- następuje przejście niektórych składników pokarmowych w formy trudno przyswajalne dla roślin,
- zwiększa się fitoprzyswajalność metali ciężkich, które mogą obniżać jakość plonów, w tym glinu ruchomego, który przy niskich wartościach pH może działać toksycznie,
- następuje zmniejszenie aktywności różnych grup mikroorganizmów glebowych, których działalność wpływa na rozkład resztek poźniowych i odkładanie się próchnicy w glebie,
- zmniejsza się retencja wodna gleby,

- następuje ograniczenie odkładania się próchnicy w glebie i w konsekwencji zmniejszenie jej zawartości,
- spowalnia się tempo asymilacji azotu z powietrza przez mikroorganizmy glebowe oraz roślinne.

W glebach zakwaszonych zarówno system korzeniowy rośliny, jak i jej części naziemne nie rozwijają się prawidłowo. Mniejsza bryła korzeniowa, słabo wykształcone korzenie włośnikowe nie pobierają składników mineralnych w takich ilościach, jak w glebach o optymalnym odczynie. Składniki te mogą być wypłukiwane do wód gruntowych. Przy pH niższym od 5,0 obserwowane jest toksyczne działanie jonów glinu, które hamują i uszkadzają korzenie, obniżając jakość i ilość płodów rolnych, w szczególności tych najbardziej wrażliwych roślin (rysunek 5).

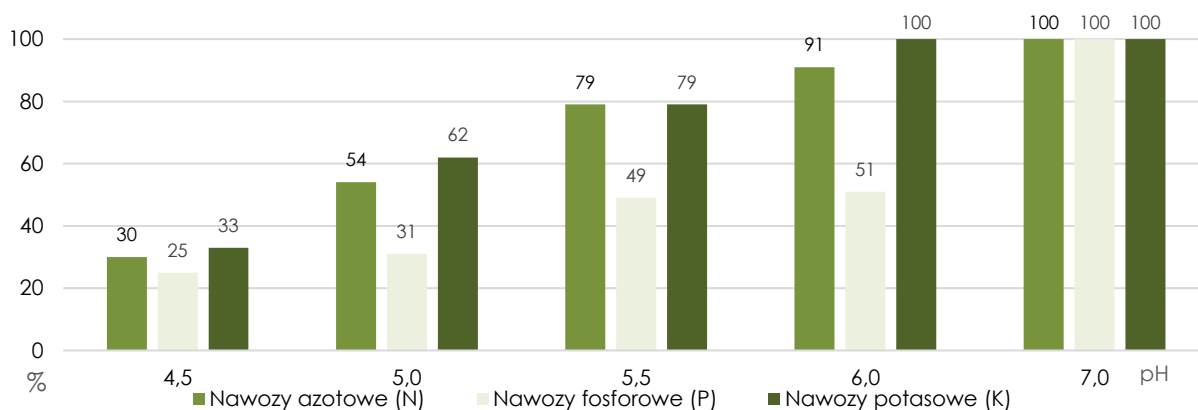


**Rysunek 5. System korzeniowy jęczmienia w warunkach narastającego zakwaszenia**

Źródło: Grzebisz i inni 2013.

Uprawa roślin na zakwaszonych glebach, których kompleks sorpcyjny nie jest w stanie sorbować składników wnoszonych z nawożeniem mineralnym do gleby, sprzyja ich wymywaniu. Jak podaje Grzebisz i inni (2013) względna efektywność plonotwórcza nawozów NPK na glebach silnie zakwaszonych o pH 4,5 spada nawet poniżej 30,0% w porównaniu do gleb charakteryzujących się odczynem obojętnym (pH 7,0) (wykres 10). Dotyczy to zarówno azotu, fosforu, jak i potasu wnoszonych do gleby z nawożeniem mineralnym. Wymywanie składników nawozowych z zakwaszonych gleb powoduje ich straty oraz stwarza zagrożenie dla środowiska naturalnego. Według Kopińskiego i innych (2013) straty w produkcji roślinnej w Polsce w latach 2006-2011 związane z zakwaszeniem gleby były dwukrotnie większe niż straty wynikające z niekorzystnych warunków pogodowych. Należy pamiętać, że niewykorzystane przez rośliny składniki mineralne wnoszone do gleby wraz z nawożeniem, które nie zostały zabsorbowane przez zdegradowany kompleks sorpcyjny gleb, zostają wymyte wraz wodami opadowymi do wód gruntowych (wykres 16).





**Wykres 16. Względna efektywność plonotwórcza NPK w zależności od odczynu gleby**

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Grzebisz i inni 2013.

Wszystkie wymienione powyżej negatywne aspekty zakwaszenia gleb zostały wielokrotnie opisane zarówno w literaturze naukowej, jak na łamach rolniczych czasopism branżowych w formie artykułów popularno-naukowych. Jednak w dalszym ciągu odsetek rolników, którzy systematycznie kontrolują odczyn gleb na których prowadzą uprawy jest bardzo niski. Wyniki badań ankietowych prowadzonych w ramach projektu wykazały, że średni odsetek rolników z czterech badanych województw (małopolskiego, opolskiego, podkarpackiego i zachodniopomorskiego) wapnujących gleby corocznie, wynosi niecałe 21,0%. Można założyć, że jest to grupa rolników, która jednocześnie bada gleby pod kątem ich zakwaszenia i na tej podstawie dobiera dawki nawozów wapniowych. Szczegółowa analiza odpowiedzi na pytania ankietowe została przedstawiona w rozdziale 8. pt.: „Wyniki badań ankietowych wśród rolników oraz pracowników instytucji okołorolniczych na temat możliwości i barier stosowania nawozów wapniowych”.

### 5.3. Wymywanie składników nawozowych jako czynnik wpływający na eutrofizację wód powierzchniowych

Zawartość składników mineralnych w wodach powierzchniowych kształtowana jest przez czynniki fizyczno-geograficzne i klimatyczne oraz uwarunkowania antropogeniczne występujące w zlewniach, w tym głównie przez sposób użytkowania terenu [Bajkiewicz-Grabowska 2011]. Małe zlewnie są najlepsze do szczegółowych badań migracji wody i materii. Określenie wpływu użytkowania na charakter obiegu i jakość wody jest w nich bowiem łatwiejsze w porównaniu do zlewni dużych. W zlewniach tych można wyodrębnić rodzaj źródeł powstawania zanieczyszczeń wód powierzchniowych. Szczególnie niebezpieczne dla środowiska wodnego są związki azotu i fosforu pochodzące ze źródeł punktowych i obszarowych [Balcerzak i Rybicki 2011, Bogdał i Ostrowski 2007, Kupiec 2010, Kowalik i inni 2014]. Zagrożenie, jakie stwarzają te związki, to wzbogacanie środowiska wodnego w substancje biogenne, które prowadzą do eutrofizacji wód [Balcerzak i Rybicki 2011]. Proces ten wywołuje masowy rozwój glonów i sinic, co w konsekwencji prowadzi do zmętnienia wody i zaniku życia biologicznego [Ostrowski i inni 2005]. Nadmiar substancji biogennej w wodach powierzchniowych to przede wszystkim skutek niewłaściwej działalności agrarnej i gospodarki wodno-ściekowej. Według danych przytoczonych przez Sarnę i Jarząbka [1998], w Stanach Zjednoczonych 90,0% azotu i 66,0% fosforu całkowitego pochodzi ze źródeł obszarowych. Podobnie wygląda sytuacja w Polsce, gdzie według obliczeń szacunkowych Smoronia (1998) z całkowitej ilości azotu i fosforu w wodach płynących, 70,0% azotu i 50,0% fosforu pochodzi z terenów wiejskich.

Podatność składników na wymywanie zależy od ilości opadów, rodzaju gleby (jest większa w glebach piaszczystych i o niskiej pojemności kompleksu sorpcyjnego) oraz jej odczynu. Istotą



efektywnej gospodarki składnikami mineralnymi jest prawidłowa ocena zasobności gleby oraz rozpoznanie nie tylko zdolności sorpcyjnych powierzchniowej warstwy gleby, ale także głębiej położonych jej poziomów genetycznych. Poziomy te (bogate w koloidy glebowe) gwarantują zatrzymanie składników w strefie zasięgu korzeni. W warunkach odczynu kwaśnego w glebach następuje znaczne ograniczenie zdolności ich kompleksu sorpcyjnego do zatrzymywania składników nawozowych dostarczanych do gleb w trakcie nawożenia NPK, składniki te nie są wiązane przez kompleks sorpcyjny i są wypłukiwane z wierzchniej warstwy gleb do wód gruntowych. W wyniku tego może następować eutrofizacja środowiska wodnego, będąca następstwem wymywania składników nawozów, zarówno mikro- jak i makroelementów [Kupiec 2010]. Najlepsza dostępność składników pokarmowych dla większości gatunków roślin uprawnych w Polsce dla roślin występuje, kiedy pH gleby kształtuje się w przedziale wartości 5,6-7,0.

Źródłem składników biogenych, które wymywane są z terenów rolniczo użytkowanych są przede wszystkim formy azotu w postaci azotanów. W rolnictwie coraz częściej stosuje się nawozy zawierające więcej formy amonowej, np. mocznik, saletra amonowa i siarczan amonowy. Nie ogranicza to jednak ilości azotanów w glebie ze względu na zachodzącą szybko hydrolizę mocznika oraz intensywną nityfikację formy amonowej. W efekcie prowadzi to do wzrostu koncentracji azotu azotanowego, który nie jest zatrzymywany przez kompleks sorpcyjny gleb [Sojka i inni 2008]. Wymywanie azotu z gleby uzależnione jest przede wszystkim od poziomu nawożenia, płodozmianu uprawy i właściwości mechanicznych gleb, szczególnie ich przepuszczalności. Zjawisko wymywania związków azotowych jest z wielokrotnione w okresie wiosennych podtopień i powodzi, kiedy to równocześnie od wysiewu nawozów mineralnych zaczynają się roboty polowe. Przyjmuje się, że odpływ azotu z gleb uprawnych w Polsce wynosi 10-20 kg na ha rocznie.

Kolejnym związkiem, który wpływa na eutrofizację wód powierzchniowych jest fosfor. W rolnictwie fosforany, dostarczane są w postaci superfosfatu, dlatego wymywanie i przemieszczanie ich jest niewielkie, ponieważ szybko wiązane są chemicznie w glebie. Podobnie sole potasowe i amonowe są wiązane w kompleksie sorpcyjnym gleb, jednak wiązanie to słabnie w miarę wzrostu zakwaszenia gleby ( $\text{pH} < 5$ ). Staje się to coraz bardziej poważnym problemem wywołanym rozszerzającym się zjawiskiem zakwaszania środowiska naturalnego [Krasowska 2016, Koc i inni 2003]. Ważnym czynnikiem wpływającym na źródła biogenów są opady atmosferyczne. W opadach występuje stosunkowo dużo związków azotowych, głównie amonowych. Przewaga formy amonowej nad azotanową związana jest ze stopniem zanieczyszczenia powietrza. Szacuje się, że ilości związków azotowych pochodzących z opadów atmosferycznych trafiających do gleby wynosi rocznie, w rejonach rolniczych około 10 kg na ha, a w przemysłowych ponad 20 kg na ha. Fosforu tą drogą dostaje się natomiast około 0,5 kg/ha.

Z przeprowadzonych dotychczas badań wynika, że podczas opadów deszczu ilość substancji biogenych wymywanych ze zlewni rolniczej jest zmienna i zależy od intensywności i czasu ich trwania [Popek i inni 2014]. W wyniku nawalnych opadów, intensywnie zwiększa się przepływ wody w cieku i następuje wezbranie deszczowe [Pociask-Karteczka 2006]. Autorzy badań wykazują, że nadmiar opadu jest wyłącznym źródłem odpływu powierzchniowego formującego wezbranie. W okresie tym dochodzi bowiem do intensywnego wymywania składników rozpuszczonych, ze zlewni do cieku, a zmienna zawartość związków biogenych w wodach powierzchniowych (zwłaszcza w miesiącach letnich), wynika z dużego udziału frakcji organicznej [Banaszuk 2007]. Ponadto związki te mogą być wymywane na skutek erozji gleb, w okresie intensywnych opadów deszczu, po których występują sploty powierzchniowe z pól uprawnych [Jaskuła i inni 2015]. Erozja gleb powoduje zwiększenie zawartości fosforanów w wodach w trakcie wezbrań wywołanych opadami.

Występowanie gwałtownych opadów deszczu może przyczynić się do pogorszenia jakości wód cieków w krajobrazie rolniczym. Stężenie substancji rozpuszczonych, rośnie bowiem w trakcie zwiększonego natężenia przepływu wody w cieku, a maleje w trakcie niskich stanów wody. Wody niewielkich cieków mogą transportować około 1 200 kg ładunku azotanów, 20 kg jonów amonowych i około 5 kg fosforanów w ciągu roku [Jaskuła i inni 2005]. W związku z tym wezbrania wywołane intensywnymi opadami deszczu są okresem gwałtownego wymywania biogenów, co zwiększa zagrożenie wystąpienia zjawiska eutrofizacji, której negatywnym skutkiem, są z kolei zmiany właściwości wody, polegające na:

- występowaniu intensywnego zapachu i zabarwienia,
- pojawieniu się mętności wody,
- dużych wahaniami stężenia tlenu i odczynu pH w warstwie górnej wód,
- powstawaniu warunków beztlenowych w głębszych warstwach (rysunek 6).



**Rysunek 6. Eutrofizacja potoku w otoczeniu gruntów ornych**

Źródło: [www.iung.pl](http://www.iung.pl) 2023.

#### **5.4. Struktura przestrzenna, użytkowanie terenu i geomorfologia rolniczej przestrzeni produkcyjnej jako główne determinanty procesów erozyjnych**

Układ przestrzenny granic własności gruntów względem spadków (rzeźby) terenu oraz jego użytkowanie to kluczowe determinanty tzw. spływów powierzchniowych wód opadowych, czy roztopowych. Jeżeli układ ten jest wadliwy, tzn. wzdłuż stokowy, sprzyja to powstawaniu erozji wodnej, która jest bardzo niekorzystnym zjawiskiem. Zabiegi przeciw erozji wodnej muszą przeciwdziałać następującym jej skutkom [Nowocień 2015]:

- spłukiwaniu, czyli oddzielaniu i transportowaniu cząstek ziemnych przez spływającą wodę powierzchniowo po stoku,
- ruchom mas ziemnych, skutkiem których są bardzo negatywne dla gospodarki osuwiska (rysunek 7 i 8).



**Rysunek 7. Grunty orne dotknięte erozją wodną**

Źródło: materiały KGRKiF UR Kraków.



**Rysunek 8. Użytki zielone z naniesionym namulem wskutek spływów powierzchniowych z erodowanych gruntów rolnych**

Źródło: materiały KGRKiF UR Kraków.

Najlepsze efekty przeciwdziałania erozji osiąga się poprzez realizację scaleń gruntów połączonych z tzw. melioracjami przeciwerozyjnymi, które powinny być realizowane na etapie wykonania zagospodarowania poscaleniowego. W ramach scalenia gruntów następuje:

- zaprojektowanie nowego układu działek umożliwiającego uprawę poprzeczno-stokową,
- wydzielenie działek pod zabiegi przeciwerozyjne,
- planowanie dróg rolniczych z uwzględnieniem rzeźby terenu i w ścisłej koordynacji z układem działek i pól (rysunek 9).





**Rysunek 9. Właściwie ukształtowany poprzecznostokowy układ pól na terenie urzeźbionym**

Źródło: [www.erozja.iung.pulawy.pl](http://www.erozja.iung.pulawy.pl) 2023.

W ramach realizacji melioracji przeciwoerozyjnych następuje:

- nasadzenie roślinności przeciwoerozyjnej, tj. głównie zadrzewień i zakrzewień,
- rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków erozyjnych (np. wąwozów, stromych zboczy) oraz likwidowanie trudnej mikrorzeźby terenu,
- stosowanie urządzeń do rozpraszania i odprowadzania powierzchniowych spływów wody,
- transformacja gruntów ornych na użytki zielone lub zalesianie.

Główne cele melioracji przeciwoerozyjnych to [Józefaciuk i Józefaciuk 1999, [www.erozja.iung.pulawy.pl](http://www.erozja.iung.pulawy.pl) 2023]:

- ograniczenie występowania i zmniejszenie nasilenia procesów erozyjnych,
- zachowanie potencjału produkcyjnego gleb i niedopuszczenie do jego niekorzystnych przemian,
- wydłużenie obiegu wody w krajobrazie i przeciwdziałanie deformacyjnym zmianom hydrografii i hydrologii cieków rzecznych,
- poprawienie eko-technicznych warunków użytkowania ziemi, włącznie z rekultywacją gruntów,
- zapobieganie obniżaniu się urodzajności gleb wskutek wymywania składników pokarmowych oraz przeciwdziałanie niekorzystnym przemianom właściwości fizykochemicznych i ubytku profilu gleby,
- przeciwdziałanie deformacji stosunków wodnych wskutek zamulania cieków i zbiorników wodnych oraz niszczeniu urządzeń melioracyjnych,
- przeciwdziałanie zabagnianiu lub nadmiernemu osuszaniu gruntów.

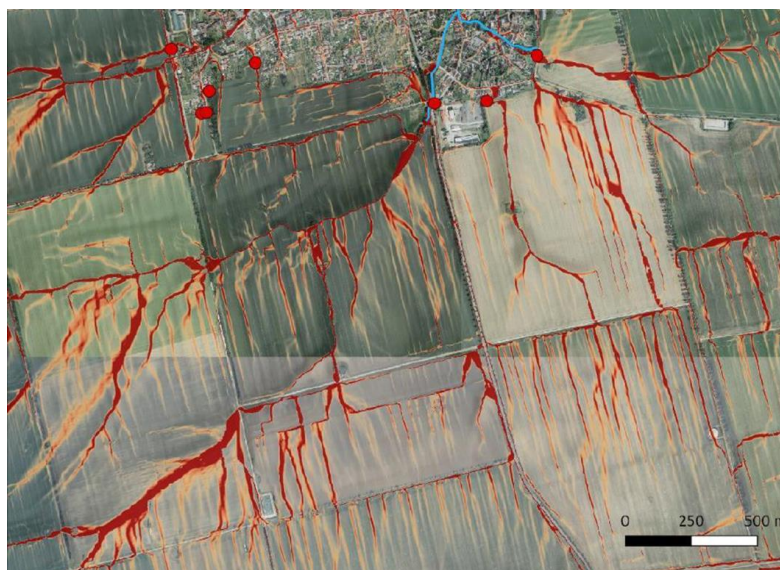
Dzięki realizacji scaleń gruntów następuje pozytywna przebudowa struktury przestrzennej terenów rolnych, umożliwiającą trwałą likwidację lub minimalizację procesów erozyjnych. Na wstępie należy zaznaczyć gorzki fakt, iż Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) w Puławach wykonał kilkanaście opracowań naukowych dotyczących melioracji przeciwoerozyjnych, zarówno w wersji pilotażowej, jak i technicznej do realizacji dla województw, zlewni, gospodarstw uspołecznionych i gmin. Niestety żaden projekt (z wyjątkiem technicznego wyrównania terenu przez zasypywanie wąwozów lessowych) nie został zrealizowany, gdyż realizacja musiałaby być dokonana w ramach scalania gruntów, na co brakowało zgody społeczności wiejskich [Pijanowski i inni 2018]. Jest to klasyczny problem na styku zagadnień środowiskowych i społecznych. Jako wstęp do dalszych rozważań przedstawiono przykład obiektu Barnstädt

zlokalizowanego w kraju związkowym Saksonia-Anhalt (Republika Federalna Niemiec), gdzie jedno, tzw. powierzchniowe zadrzewienie śródpolne, zatrzymało falę erozji, zapobiegając degradacji znacznych terenów uprawnych (rysunek 10 i 11).



**Rysunek 10. Przykład obiektu Barnstädt (Saksonia-Anhalt, Republika Federalna Niemiec) – mikroskala, ukazująca rolę zadrzewień śródpolnych w obniżaniu zagrożenia erozją wodną na terenach rolnych**

Źródło: [www.gewaesserschutz-thuringen.de](http://www.gewaesserschutz-thuringen.de) 2019.



**Rysunek 11. Przykład obiektu Barnstädt (Saksonia-Anhalt, Republika Federalna Niemiec) – makroskala problemu spływów erozyjnych na większej części obiektu**

Źródło: [www.gewaesserschutz-thuringen.de](http://www.gewaesserschutz-thuringen.de) 2019.

Powyższy przykład ilustruje generalnie istotną rolę kształtowania struktury przestrzeni rolniczej w minimalizacji zagrożenia erozją wodną. Realizacja tego celu wymaga oczywiście potrzeb terenowych, które w ramach scaleń gruntów można jak najbardziej pozyskiwać, czy to w drodze sprzedaży przez zainteresowanych sprzedawcą właścicieli gruntów, czy to w drodze ich przekazania przez instytucje publiczne. Strefy buforowe stanowią obszar przejściowy pomiędzy gruntami rolnymi oraz ciekami wodnymi naturalnymi (rzeki, potoki, strugi), sztucznymi (rowy melioracyjne czy kanały). Mogą one powstawać również wokół zbiorników wodnych: jezior i stawów. Strefy buforowe powinny się także stosować na styku gruntów ornych i lasów oraz

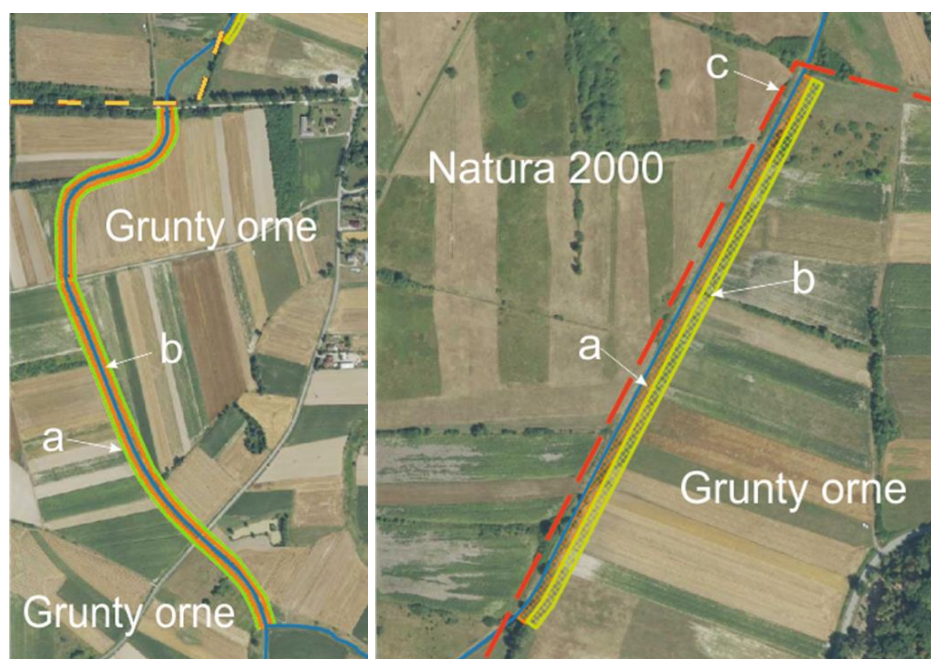


zadrzewień. Nie dotyczy to użytków zielonych. Strefy buforowe podobnie jak miedze stanowią obszar porośnięty różnego rodzaju roślinnością, której głównym zadaniem jest ograniczenie procesów erozyjnych związanych ze spływami powierzchniowymi oraz ograniczenie wymywania składników nawozowych i próchnicy [Pijanowski i inni 2021]. W przypadku braku stosowania stref buforowych wody powierzchniowe podlegają szybkiemu zanieczyszczeniu i eutrofizacji (rysunek 12 i 13).



**Rysunek 12. Przykład kanału melioracyjnego, który na skutek bezpośredniego sąsiedztwa z nawożonymi terenami uprawnymi znajduje się z stanie zaawansowanej eutrofizacji**

Źródło: [www.polskarola.pl](http://www.polskarola.pl) 2023.



Objaśnienia do rysunku: a - pas zakrzewień o szerokości 10 m, b - pas roślinności zielonej o szerokości 5 m c - granica obszaru Natura 2000.

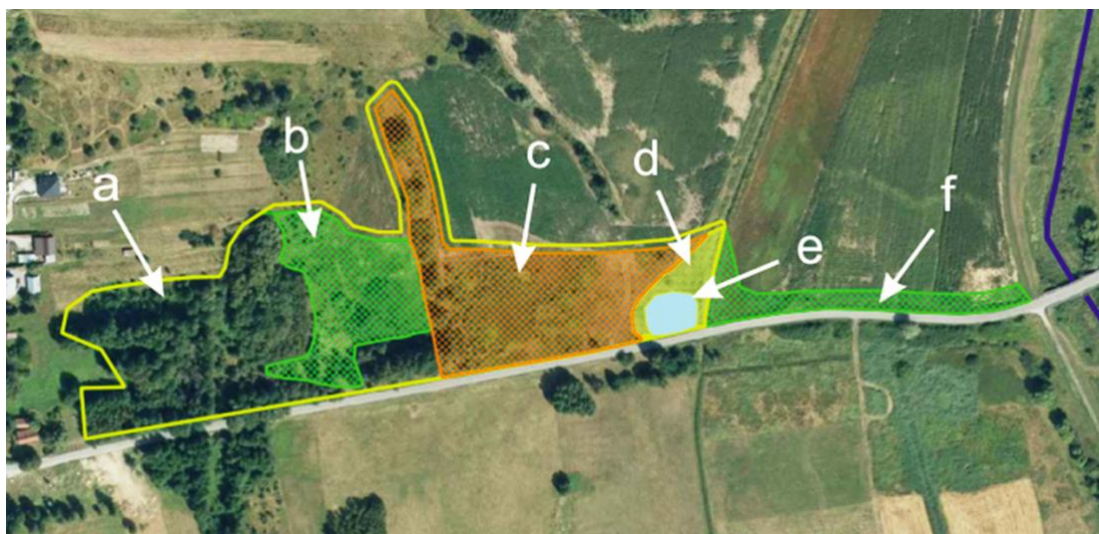
**Rysunek 13. Przykłady stref buforowych wzdłuż cieków Wrzępskim na obiekcie Strzelce Wielkie (gmina Szczurowa, województwo małopolskie) w formie zadrzewień liniowych wraz z roślinnością podokapową obiektu**

Źródło: Pijanowski i inni 2021.

Zadrzewienia i zakrzewienia śródpolne pełnią różnorodne funkcje środowiskowe na obszarach rolnych. Stanowią one specyficzne „bariery środowiskowe”, wchodząc w skład stref buforowych wzdłuż cieków i zbiorników wodnych, zatrzymują pozostałości nawozów i środków ochrony roślin spływające z pól uprawnych [Izydorczyk i inni 2015]. Efektywność środowiskowa zadrzewień i zakrzewień śródpolnych zależy od ich wielkości, położenia i ukształtowania struktury przestrzennej.



Podstawową zasadą jest wykorzystanie istniejących zadrzewień i zakrzewień i ewentualne rozbudowanie ich poprzez dosadzanie drzew i krzewów. W celu zapobiegania erozji wodnej na stokach, pasy zadrzewień należy usytuować prostopadłe do nachylenia stoku. W strukturze roślinności należy zwrócić główną uwagę na warstwę krzewów i roślin zielnych, gdyż one w największym stopniu zatrzymują spływ powierzchniowy [Kujawa i Kujawa 2019]. Dla zachowania jak najlepszego funkcjonowania ekosystemów zadrzewień i zakrzewień, należy dążyć do zróżnicowania struktury i składu gatunkowego roślinności, co przekłada się na efektywność innych świadczeń ekosystemowych. Można to uzyskać przez różnicowanie zabiegów służących właściwemu utrzymaniu pasm śródpolnych. Zabiegi te powinny obejmować też okresowe koszenie i usuwanie biomasy, przycinanie bądź karczowanie pewnych odcinków i pozostawianie innych bez ingerencji [Dajdok 2020] (rysunek 14).



Objaśnienia do rysunku: a - istniejące zalesienia i zadrzewienia (pozostawienie bez ingerencji), b - zalesienia w celu stworzenia jednolitej powierzchni leśnej, c - powierzchnie podmokłe pozostawione sukcesji, d - ukształtowanie strefy szuwarowej (usuwanie drzew i krzewów), e - niewielki zbiornik wodny (pogłębienie w celu utrzymania zwierciadła wody), f - pojedynczy szpaler drzew z ukształtowaną warstwą krzewów i pasem roślinności zielnej od strony pól.

#### **Rysunek 14. Koncepcja ukształtowania obszaru pełniącego wielorakie funkcje środowiskowe, głównie przeciwerozcyjne**

Źródło: Pijanowski i inni 2021.

Dużą rolę w ochronie przed przedostawaniem się związków biogenych do wód powierzchniowych oraz powodzią, mogą pełnić oczka wodne, naturalne zagłębienia terenowe, mikro zbiorniki, szczególnie na ciekach charakteryzujących się dużym natężeniem przepływu (w okresach intensywnych opadów), ale krótkim czasem trwania wysokich stanów. Warunki takie występują na małych ciekach położonych w obszarach o silnie zróżnicowanej rzeźbie terenu oraz na ciekach odbierających wodę z obszarów użytkowanych rolniczo. Wody te często zanieczyszczone związkami azotu mogą stanowić dobre źródło poboru wody dla celów nawodnieniowych. Do najważniejszych zalet takich tworzonych małych zbiorników można zaliczyć:

- zwiększenie zasilania warstw wodonośnych, co powoduje wzrost zasobów wód podziemnych;
- zaspokojenie niektórych celów gospodarczych, np. zbiorniki i oczka wodne mogą być wykorzystane jako ujęcia wód przeciwpożarowych, ekstensywne stawy rybne, ujęcia wód do nawodnień, wodopoje dla dzikich zwierząt,
- poprawa walorów przyrodniczych, zwiększenie biologicznej różnorodności krajobrazu rolniczego poprzez odtworzenie mokradeł, oczek wodnych, tworzenie enklaw dla naturalnej fauny i flory wodno-błotnej, tworzenie przyjaznego człowiekowi mikroklimatu,

- ochrona wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem, zatrzymywanie zawieszin, oczyszczanie wód deszczowych szczególnie ze związków biogenych (azotu i fosforu),
- możliwość zwiększenia zasobów wodnych w płytkich warstwach wodonośnych (woda ta może być wykorzystywana do nawodnień rolniczych).

Ukształtowanie terenu w gminie Polanka Wielka nie cechują zbyt duże deniwelacje terenu, jednak ze względu na wzdłużstokowy kierunek upraw oraz zdecydowaną przewagę gruntów ornych występuje zagrożenie erozyjne. Dodatkowo przestrzeń rolnicza z niewielkimi wyjątkami pozbawiona jest naturalnych barier roślinnych dla spływów wody oraz zabiegów przeciwoerozyjnych w postaci zadrzewień lub zakrzywień liniowych w poprzek stoku (rysunek 15).



**Rysunek 15. Przykład fragmentu rolniczej przestrzeni produkcyjnej w południowej części Polanki Wielkiej (wschodnia część przysiółka Pasternik) narażonego na erozję wodną w skutek wzdłużstokowego kierunku upraw oraz braku nasadzeń przeciwoerozyjnych**

Źródło: [www.googlemaps.pl](http://www.googlemaps.pl) 2023.

Skutkuje to przede wszystkim wymywaniem najcenniejszych części spławialnych (próchnicy), nawozów oraz materiału siewnego z gleby, który kumulowany jest w najniższej części danego pola (rysunek 16).



**Rysunek 16. Przykład pola we wschodniej części obiektu badań (okolice stawu Polaniec) podlegającego silnym procesom erozyjnym**

Źródło: opracowanie własne.

Istotną przyczyną tych zjawisk (poza kierunkiem upraw wzdłuż stoku) jest „wyjałowienie” krajobrazu z zadrzewień i zakrzywień liniowych, które następowało w Polsce powszechnie w latach 80-tych XX-ego wieku (rysunek 17) [Zajączkowski i Zajączkowski 2013]. Kolejny problem badanego obszaru stanowi niski udział trwałych użytków zielonych, które według danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) zajmują jedynie 5,0% powierzchni użytków rolnych Polanki Wielkiej.





**Rysunek 17. Przykład rolniczej przestrzeni produkcyjnej pozbawionej naturalnych barier dla spływów erozyjnych z różnych części obiektu badań**

Źródło: opracowanie własne.

Obszar gruntów uprawnych na obiekcie badań zdominowany jest przez zasiewy zbóż. Większość pól w okresie jesienno-zimowym jest zaorana, przez co posiada odśnieżoną powierzchnię, dzięki czemu są one szczególnie podatne na erozję wodną. Podczas badań terenowych stwierdzono również, że rowy melioracyjne niosą duży ładunek zanieczyszczeń chemicznych, co zilustrowano zdjęciami zamieszczonymi na rysunku 18. Również ta sytuacja ta przemawia za przeprowadzeniem na obiekcie badań scalenia gruntów, w ramach którego nastąpić winno odwrócenie kierunku uprawy na poprzecznostokowy. Natomiast w ramach zagospodarowania poscaleniowego należałoby zrealizować dużą ilość nasadzeń liniowych o funkcji przeciwoerozyjnej.







**Rysunek 18.** Po lewej i u dołu ciek melioracyjny z wyraźnymi śladami osadów chemicznych, po prawej u góry miejsce ujścia zanieczyszczonej wody z kilku zbieraczy do rowu melioracyjnego

Źródło: opracowanie własne.

W wielu zagłębieniach terenu na obiekcie badań zaobserwowano okresowe zalanie fragmentów pól wodą na powierzchni nawet kilku arów (rysunek 19). W ramach scalenia gruntów w miejscach tych sugeruje się utworzenie sieci małych zbiorników retencyjnych wraz z koniecznymi strefami buforowymi.



**Rysunek 19.** Przykłady zalanych fragmentów pól o różnej powierzchni na obiekcie badań

Źródło: opracowanie własne.

Uzasadnienie dla przeprowadzenia postępowania scaleniowego stanowi również zły stan dróg dojazdowych do gruntów rolnych, zwłaszcza dróg gruntowych. Należy zaznaczyć, iż władze gminy Polanka Wielka podjęły w ostatnim czasie, próbę naprawy niektórych dróg, jednak, jak przedstawiam rysunek 20, niewłaściwie wykonana nowa nawierzchnia szutrowa bez odwodnienia uległa wyraźnym zniszczeniom.





**Rysunek 20. Przykłady złego stanu dróg dojazdowych do gruntów rolnych na obiekcie badań**  
Źródło: opracowanie własne.



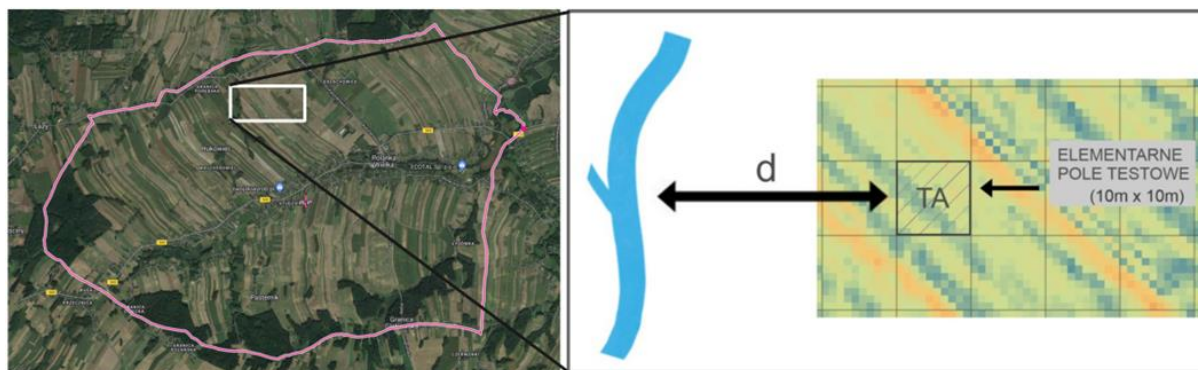


uzasadnieniem [Nicia i inni 2022]. Tytułem uzupełnienia należy jednak wskazać, że wszystkie badania nad procesami utraty i przemieszczania się składników pokarmowych w profilu glebowym wskazują jednoznacznie na niezwykłą złożoność tego zjawiska. W przypadku fosforu do głównych czynników warunkujących intensywność jego utraty z gleby należą natężenie opadów (będące również przyczyną erozji i wypłukiwania powierzchniowego), rodzaj i odczyn gleby, obecności substancji organicznych, związków wapnia, związków żelaza, glinu, jak również obecność

i aktywność określonej grupy mikroorganizmów glebowych. Natomiast w przypadku związków azotu dochodzą również dodatkowo zjawiska denitryfikacji, immobilizacji azotu, nieodpowiednie stosowanie nawozów azotowych czy wpływ temperatury. Wpływ tego ostatniego czynnika na utratę zarówno azotu jak i fosforu z gleby jest związany z procesami chemicznymi, biologicznymi i hydrologicznymi zachodzącymi w glebie, ale wynika również z wpływu zmian aktywności pokrywy roślinnej, która jest uzależniona od temperatury, fazy rozwoju roślin, odczynu lub wilgotności gleb. W szczególności wpływ temperatury na proces utraty azotu z gleby jest złożony. Wysoka temperatura może zwiększać szybkość procesów mikrobiologicznych, co prowadzi do przyspieszenia mineralizacji azotu organicznego do formy amonowej lub azotanowej. Z drugiej strony, wysoka temperatura może także zwiększać utratę azotu z gleby za pośrednictwem denitryfikacji, czyli procesu, w którym bakterie przekształcają azotany w gazowy azot.

Do wspomnianej złożoności zjawisk należy dodać trudności w oszacowaniu prędkości i dróg przemieszczania się utraconych związków do otaczających wód powierzchniowych z podziałem na spływ powierzchniowy oraz przemieszczanie się składników wymytych w głąb profilu glebowego. Wyniki badań stanowiących źródło danych na temat takich zależności mają charakter lokalny lub są przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych. Pozwalają jednak na wykorzystanie pewnych ogólnych zależności, które mogą być następnie wykorzystane w przypadkach modelowania większych obszarów, które, jak w przypadku niniejszego opracowania, bazują na ogólnodostępnych zbiorach danych przestrzennych o przestrzeni rolniczej lub czynnikach meteorologicznych. Przyjęto, że proces obliczeniowy zostanie przeprowadzony z wykorzystaniem rastrowego modelu GRID o rozmiarze do 10x10 m (rysunek 22). Dane wejściowe w formatach wektorowych oraz rastrowych zostały przekonwertowane do postaci modelu GRID. W przypadku testowej wsi o powierzchni 24 km<sup>2</sup> oznaczało to wydzielenie około 240 000 pól obliczeniowych. Wszystkie zbiory danych użyte w procesie obliczeniowym zostały przetworzone w środowisku programu QGIS oraz z wykorzystaniem procedur zaprojektowanych w środowisku *Visual Studio* z wykorzystaniem języka C#. Powodowało to konieczność zapisu wszystkich wykorzystanych zbiorów w postaci plików tekstowych reprezentujących odpowiednią, przyjętą rozdzielczość przestrzenną.

Celem podjętych działań było utworzenie modelu, który umożliwił realizację przyjętych celów w zakresie oceny zagrożenia eutrofizacją, a który jednocześnie byłby dostosowany do dostępności danych w warunkach Polski bez potrzeby realizacji wieloletnich badań środowiskowych. Projektując proces modelowania, po analizie istniejących metod i narzędzi, takich jak *Soil and Water Assessment Tool* [Abbaspour i inni 2007, Abbaspour i inni 2018], który jest zaawansowanym modelem symulującym procesy fizyczne związane z przemieszczaniem się wody w glebie, świadomie zdecydowano się na ocenę z wykorzystaniem autorskiego procesu obliczeniowego. Jest on potencjalnie lepiej dostosowany do wykorzystania go w przyszłości dla szybkich ocen wykonywanych również przez osoby nie mające dostępu do zaawansowanych komercyjnych narzędzi typu GIS, jak również jest dostosowany do specyfiki i dostępności danych przestrzennych na obszarze Polski.



**Rysunek 22. Przyjęta koncepcja analizy poprzez ocenę wpływu pól testowych o rozmiarze 10x10 m wraz z fragmentem analizowanego obszaru z widocznym podziałem na siatkę GRID**

Źródło: Nicia i inni 2022.

Wybranie takiej drogi pozwoliło jednocześnie na dostosowanie modelu do odpowiedzi na pytanie o możliwość wpływania poprzez wapnowanie na zmienność zagrożenia zjawiskami eutrofizacji, a jednocześnie na pytanie o możliwość rozpatrywania efektu potencjalnych zabiegów o charakterze urządzeniowo-rolnym (strefy buforowe, zmiana kierunku uprawy ziemi). Również z powyżej podanych powodów odstąpiono od operowania konkretnymi wartościami związków azotu i fosforu w ujęciu wagowym, przedstawiając wyniki działania modelu w ujęciu procentowym oraz przedstawiając zmiany utraty wspomnianych związków również w taki sam sposób.

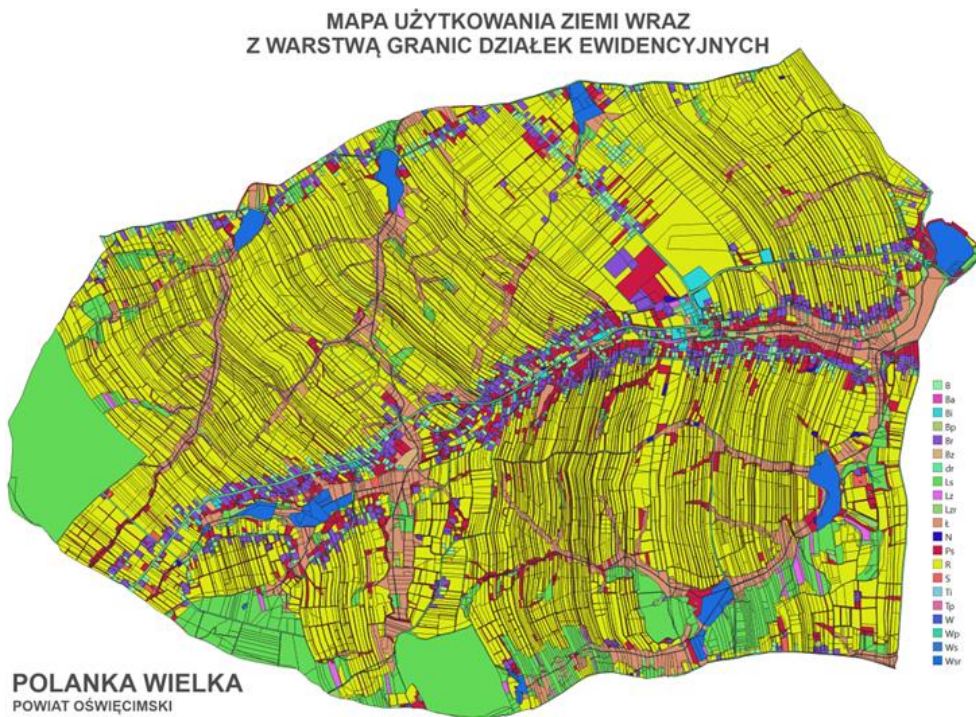
Obszerny proces charakterystyki wykorzystanych danych został zamieszczony w pierwszej części niniejszej ekspertyzy, dlatego w ramach niniejszej części będą przywołane tylko kluczowe dla analizy informacje z tego zakresu. Należy do nich wykaz wykorzystanych materiałów źródłowych, wśród których należy wyróżnić:

- aktualną ortofotomapę badanego obszaru, pochodzącą z zasobów centralnych (udostępnianych w ramach projektu *Geoportal*). Umożliwiła ona proces weryfikacji i wizualizacji wybranych zjawisk i etapów procesu obliczeniowego,
- dane o przestrzennej zmienności rodzajów gleb na analizowanym obszarze otrzymane na podstawie przetworzenia cyfrowej mapy glebowo-rolniczej,
- informacje o ukształtowaniu terenu w postaci numerycznego modelu terenu (NMT) pozyskane w drodze przetworzenia dostępnych danych lotniczego skaningu laserowego,
- informacje o sposobach użytkowania ziemi oraz dane o podziale na działki ewidencyjne (które w polskich warunkach w dużej mierze, chociaż nie zawsze, pokrywają się z zasięgami pól uprawnych), oraz wynikające z tych informacji dane o lokalizacji powierzchniowych wód płynących i stojących,
- dane dotyczące parametrów meteorologicznych, takich jak zmienność temperatur oraz opadów w ciągu roku.

## 6.2. Wstępne etapy modelowania oraz założenia procesu obliczeniowego

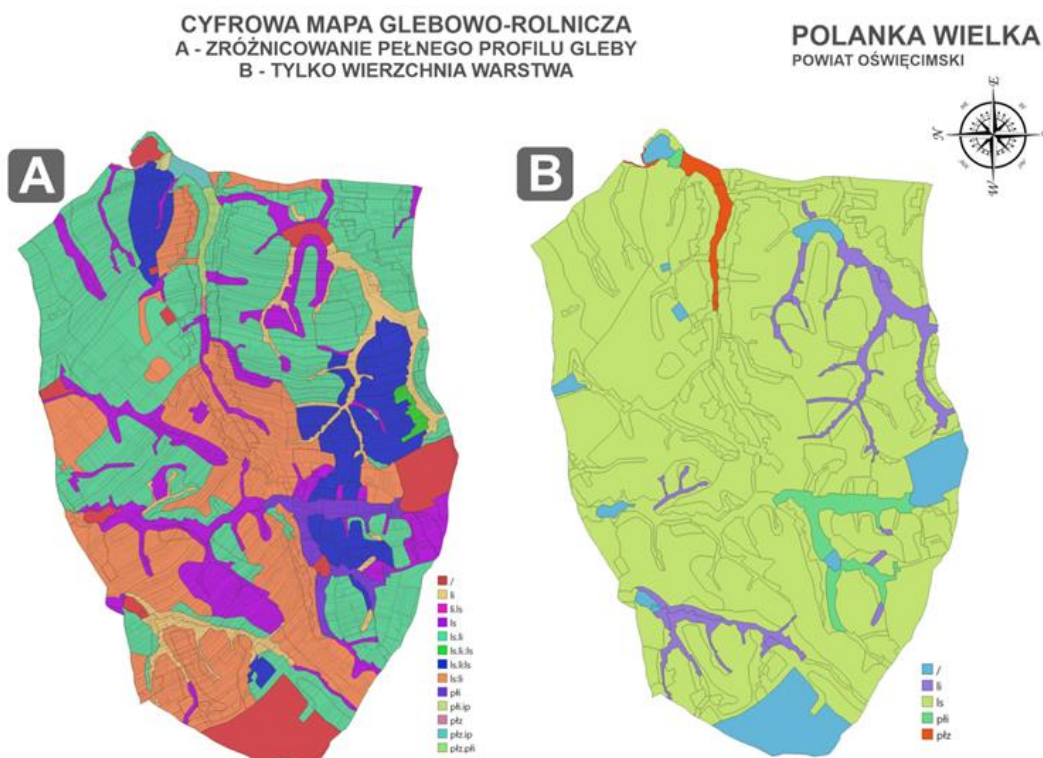
Proces obliczeniowy zaproponowany w niniejszym badaniu i zrealizowany na przykładzie wsi Polanka Wielka może być przedstawiony w kilku kolejnych krokach, które zostaną poniżej krótko scharakteryzowane. Etap wstępnego przetwarzania danych miał na celu kontrolę kompletności pozyskanych danych, a następnie ich transformację do jednolitego układu współrzędnych 1992 (EPSG 2180). Pozyskane warstwy tematyczne były wprowadzane do środowiska utworzonego w tym celu projektu z wykorzystaniem oprogramowania QGIS. Poniższe rysunki przedstawiają

wizualizację zawartości tych warstw, które można uznać za warstwy wejściowe w zaproponowanym procesie obliczeniowym (rysunek 23, 24 i 25).



**Rysunek 23. Układ granic własności na badanym obszarze wraz z mapą użytkowania terenu**

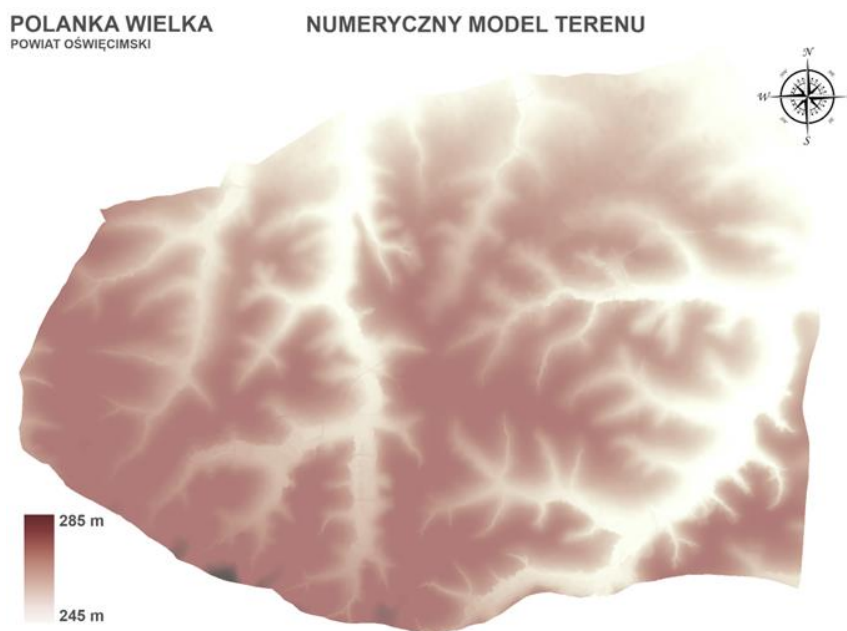
Źródło: Nicia i inni 2022.



**Rysunek 24. Zawartość jednej z warstw cyfrowej mapy glebowo-rolniczej**

Źródło: Nicia i inni 2022.

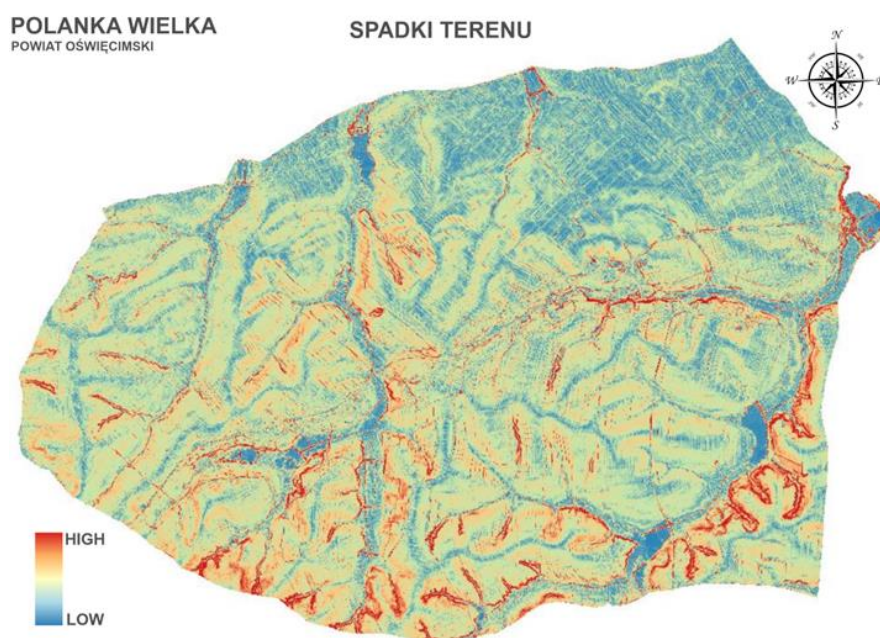




**Rysunek 25. Zawartość numerycznego modelu terenu**

Źródło: Nicia i inni 2022.

Pierwszym etapem procesu obliczeniowego było opracowanie mapy spadków na analizowanym obszarze (rysunek 26). Dane z tej warstwy tematycznej zostały następnie przetworzone do formatu tekstowego z wykorzystaniem formatu zapisu danych ASC (standardowy format tekstowy danych firmy ESRI). Format ten był metodą wymiany danych pomiędzy platformą QGIS a wszystkimi procedurami zewnętrznymi utworzonymi z wykorzystaniem języka C#, zarówno w zakresie importu, jak i eksportu danych.

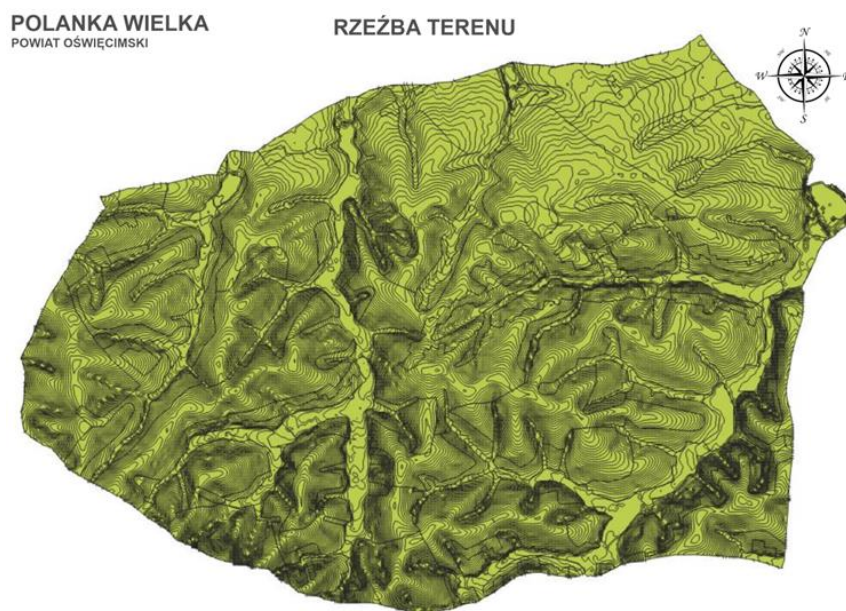


**Rysunek 26. Mapa przedstawiająca natężenie parametru określającego nachylenie terenu na analizowanym obszarze**

Źródło: Nicia i inni 2022.

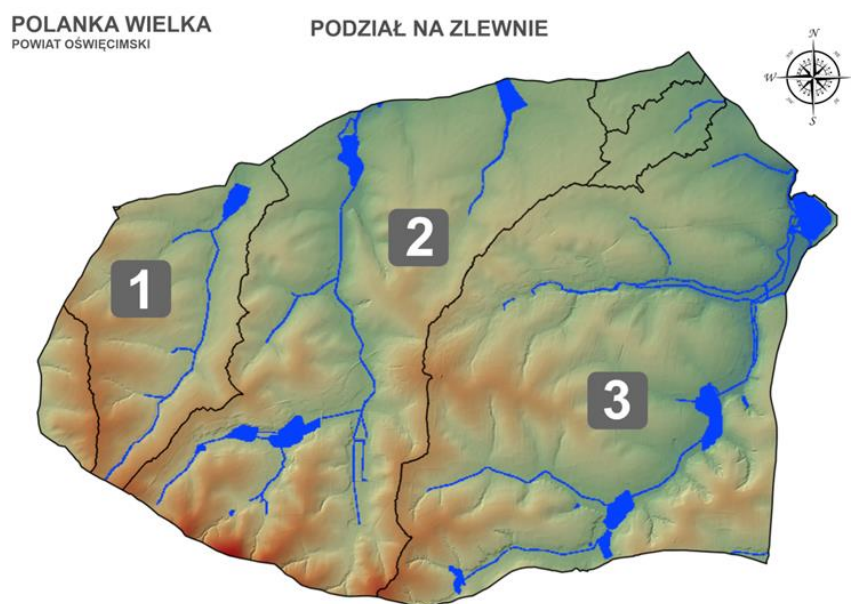
Kolejnym etapem procesu obliczeniowego, bezpośrednio związanym z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu, był podział obszaru badań na zlewnie. Podział miał charakter

orientacyjny, ponieważ przyjęte jako zakres opracowania granice administracyjne wsi Polanka Wielka (pomimo jej stosunkowo dużych rozmiarów) nie pozwoliły na wydzielenie typowych zlewni w znaczeniu hydrologicznym. Jednak przyjęty podział miał istotne znaczenie ilustracyjne, a jednocześnie pozwalał na przedstawienie zróżnicowania otrzymanych wyników z podziałem na mniejsze podobzary, które mogą się różnić od siebie z uwagi na ich odmienną charakterystykę w zakresie cech wpływających na natężenie eutrofizacji. Mapa warstwicowa terenu oraz wynikowa z podziałem na zlewnie została zaprezentowana na rysunkach 27 i 28.



**Rysunek 27. Mapa warstwicowa**

Źródło: Nicia i inni 2022.

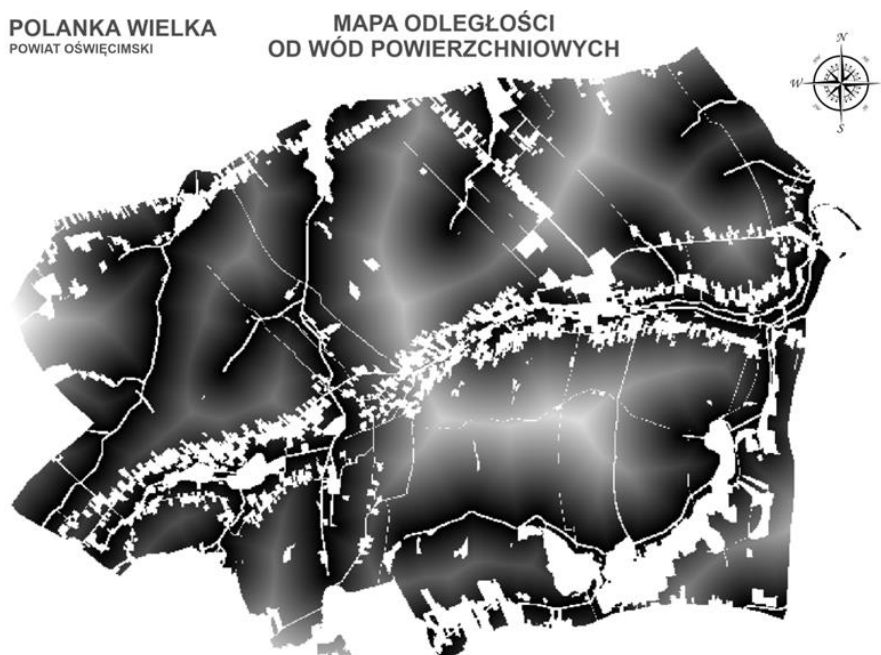


**Rysunek 28. Mapa przedstawiająca podział obszaru badań na zlewnie na tle numerycznego modelu terenu**

Źródło: opracowanie własne.

Odległość od pól uprawnych do wód powierzchniowych ma istotny wpływ na przedostawanie się związków chemicznych związanych z nawożeniem do środowiska wodnego.

Im większa odległość, tym mniejsze ryzyko przedostania się tych związków, które te mogą być transportowane przez spływ powierzchniowy, erozję gleby oraz przez działanie wód gruntowych. Uwzględniając powyższe, uzyskanie wiarygodnej mapy odległości pomiędzy rozpatrywanymi elementami modelu badanego obszaru (w analizowanym przypadku są to elementy siatki grid) do elementów otaczającej sieci wodnej jest bardzo istotnym elementem procesu obliczeniowego. Obliczenia tego typu mogą być przeprowadzone na kilka sposobów, w sposób uproszczony jako odległość prostoliniowa lub w sposób uwzględniający szczegółowe kierunki spływu wody (na podstawie analizy numerycznego modelu terenu). Otrzymana, wyjściowa mapa odległości od najbliższych elementów sieci wód powierzchniowych została zaprezentowana na rysunku 29.



**Rysunek 29. Mapa odległości pomiędzy elementami podziału powierzchniowego a siecią wód powierzchniowych**

Źródło: opracowanie własne.

Zaprezentowane odległości stanowią wystarczające dane dla potrzeb szacowania wpływu spływu podziemnego. Jednak odległość taka może stanowić jedynie punkt wyjścia do bardziej precyzyjnej oceny odległości dla potrzeb oszacowania wpływu spływu powierzchniowego. Szybkość i ostateczna wielkość spływu powierzchniowego zależą bowiem również od utrudnień lub ułatwień, jakie może napotkać na swojej drodze woda opadowa. Jednym z istotnych czynników jest kierunek uprawy ziemi, który dodatkowo może być przedmiotem zmian w związku z przeprowadzanymi zabiegami o charakterze urządzeniowo-rolnym. Zmiana kierunku orki (uprawy ziemi) może dać pozytywne efekty w wielu aspektach:

- ochrona przed erozją: orka w kierunku prostopadłym do kierunku spływu wody jest skuteczniejsza w ochronie przed erozją, ponieważ tworzy więcej przeszkód dla wody niż orka w kierunku równoległym do kierunku spływu,
- zwiększenie retencji wody: orka w kierunku prostopadłym do kierunku spływu wody tworzy więcej niewielkich rowów odwadniających, które pochłaniają wodę, co zwiększa retencję wody w glebie,
- ochrona przed wymywaniem składników pokarmowych: orka w kierunku prostopadłym do kierunku spływu wody zwiększa retencję składników pokarmowych w glebie, ponieważ składniki te są mniej skłonne do wymywania się z gleby w przypadku spływu wody,

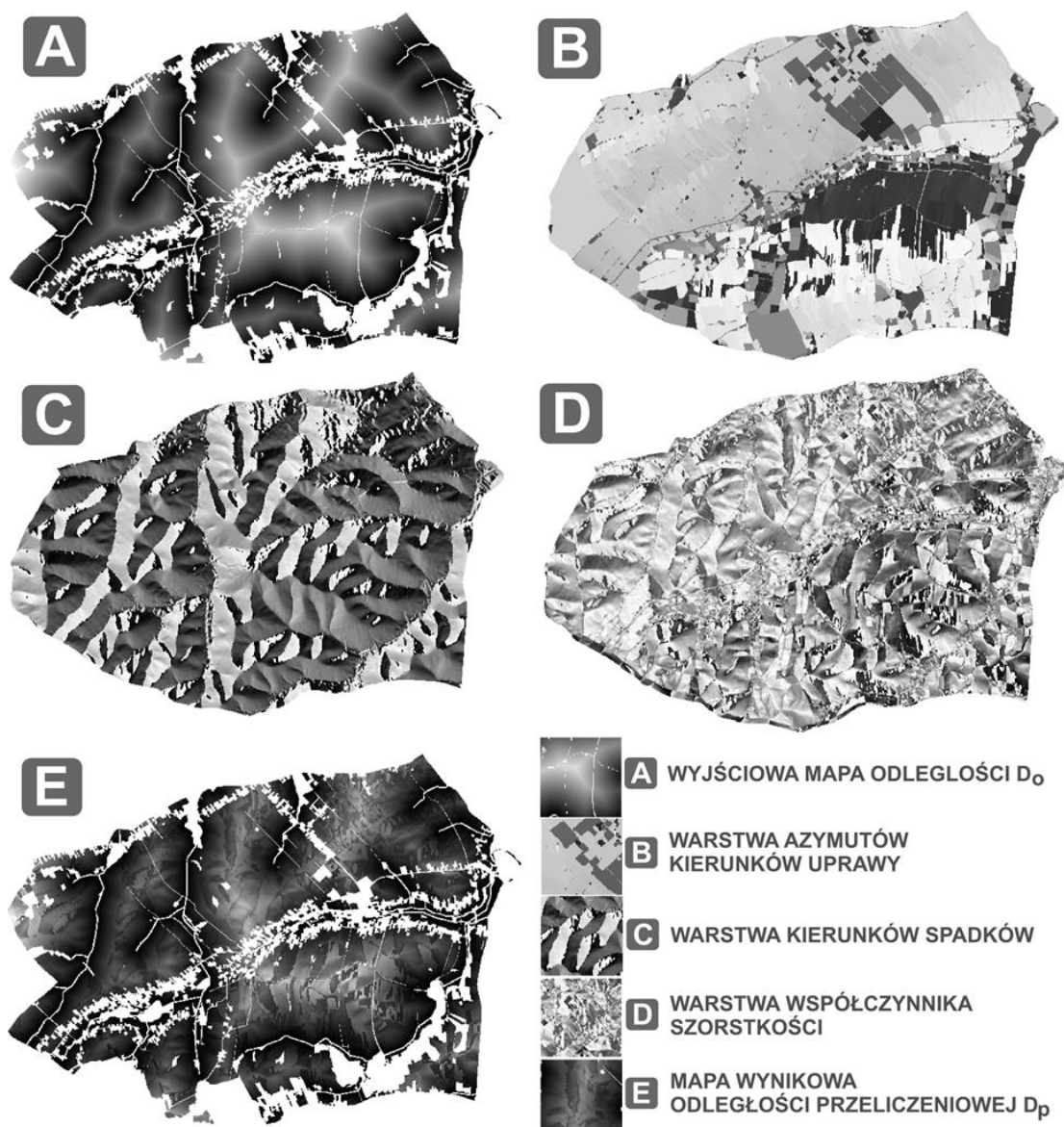


- zwiększenie pojemności wodnej gleby: orka w kierunku prostopadłym do kierunku spływu wody pomaga zwiększyć pojemność wodną gleby poprzez zwiększenie liczby rowów odwadniających i zwiększenie powierzchni przeznaczanej na infiltrację wody.

W związku z tym zdecydowano, że wpływ kierunku uprawy zostanie uwzględniony w postaci współczynnika przeliczeniowego, który wprowadzi do modelu zmienną o nazwie odległość przeliczeniowa, wykorzystaną następnie do bardziej dokładnego szacowania wpływu spływu powierzchniowego. Aby obliczyć wartość współczynnika dla każdego z elementów siatki podziału powierzchniowego (elementy 10x10m), utworzona została w pierwszej kolejności mapa prawdopodobnych kierunków uprawy ziemi na podstawie analizy azymutów działek, określonych na podstawie azymutu najmniejszego prostokąta, w który można wpisać daną działkę. Metoda ta jest często wykorzystywana w pracach związanych z analizą struktury przestrzennej gruntów, a prawdopodobieństwo poprawnego określenia kierunku orki jest bardzo wysokie zwłaszcza w przypadku działek wydłużonych. Drugim wykorzystanym źródłem informacji jest mapa kierunków wystawy (nachylenia) stoków (nachylenie to można utożsamiać z kierunkiem spływu wody) dla każdego z elementów powieziennych. Kąt pomiędzy tymi kierunkami (w praktyce zredukowany do wartości z przedziału od 0 do 90 stopni) stanowi argument funkcji zwracającej wartość docelowego parametru (mającego charakter współczynnika szorstkości) z zakresu od 1 do 1,5. Ostateczna wartość odległości przeliczeniowej  $D_p$  stanowi iloczyn odległości wyjściowej  $D_0$  i współczynnika szorstkości  $W_s$ :

$$D_p = D_0 \times W_s$$

Rysunek 30 ilustruje proces obliczenia odległości przeliczeniowej oraz ostateczną zawartość tej warstwy. Przebieg zjawisk o charakterze meteorologicznym wydaje się kluczowy dla procesów, które mogą wpływać na zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia eutrofizacji lub ograniczenie procesów z nią związanych. Dotyczy to przede wszystkim zmienności opadów w czasie, ich charakteru oraz okresów, w których występują. Drugim czynnikiem, który w sposób oczywisty wpływa na badane zjawiska, jest zmienność temperatury w ciągu całego roku. Należy zaznaczyć, że wpływ tych samych opadów w tej samej jednostce czasu będzie miał inne znaczenie w zależności od rodzaju pokrycia terenu, ale również w zależności od pory roku czy temperatury powietrza. Z punktu widzenia zagrożenia wymywaniem składników pokarmowych z gleby istotne znaczenie ma nie tylko poznanie całkowitej sumy opadów w ciągu roku, czy w poszczególnych miesiącach, ale również identyfikacja zjawisk o intensywnym lub ekstremalnym charakterze, ponieważ wpływają one na utratę składników pokarmowych z profilu glebowego w sposób o wiele bardziej istotny niż opady o niskim lub umiarkowanym natężeniu. Przeprowadzone badanie ma z założenia charakter modelowy, więc w całym procesie obliczeniowym przyjęto szereg założeń, które z jednej strony pozwoliły na uproszczenie modelu, a z drugiej na rozpatrzenie kilku wariantów przebiegu zjawisk meteorologicznych (rysunek 30).



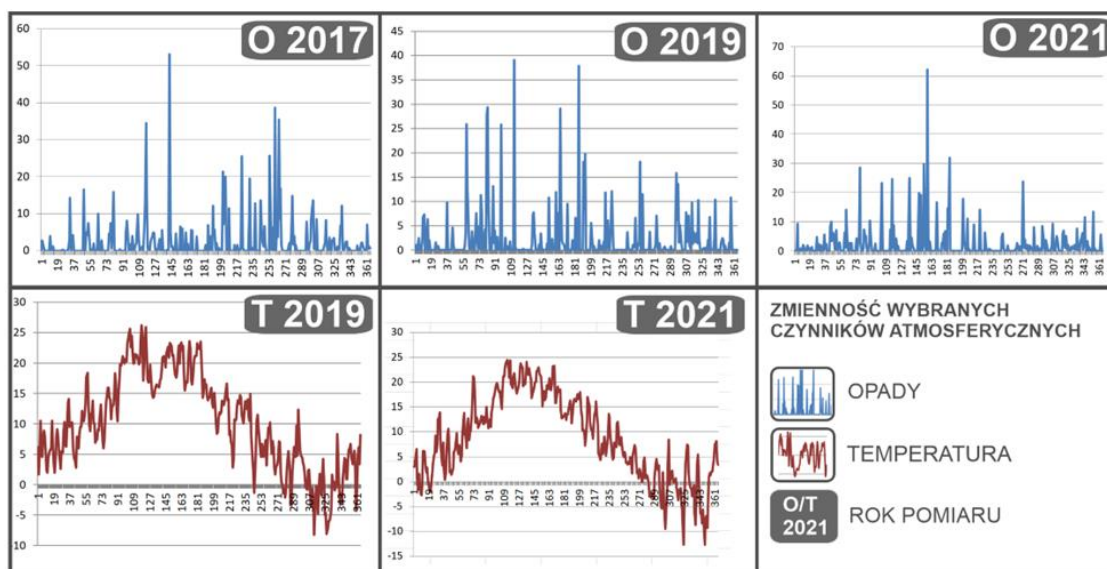
**Rysunek 30. Zasada uzyskania mapy odległości przeliczeniowych biorących udział przy obliczaniu parametrów związanych ze spływem powierzchniowym oraz zawartość ostatecznej warstwy**

Źródło: opracowanie własne.

### 6.3. Zasadniczy etap modelowania i parametryzacji procesu obliczeniowego

Wyjściowym źródłem danych o zmienności temperatury i opadów w ciągu roku były dostępne wyniki publikowane przez służby meteorologiczne. Wykorzystano dane z lat 2021, 2019 oraz 2017, ponieważ w momencie rozpoczęcia prac nie były dostępne jeszcze opracowane dane za rok 2022. W zakresie temperatur wykorzystano dwa zbiory danych, aby ocenić wpływ odmiennego przebiegu tego parametru. Jednak w porównaniu do temperatury, wielkości opadów podlegają o wiele większej zmienności w ciągu zarówno kolejnych lat, jak i w ciągu roku. Dotyczy to zarówno liczby obserwowanych opadów, ich czasu trwania, natężenia i łącznej ich sumy w poszczególnych interwałach czasu lub w ciągu całego roku. W przypadku opadów przyjęto trzy odmiennie modele zmienności. Wykorzystana tygodniowa rozdzielczość czasowa nie pozwoliła wnioskować precyzyjnie o ich charakterystyce, stąd przyjęto założenie o jednym opadzie o danej wielkości w danym tygodniu (co stanowi oczywiście pewne uproszczenie).

Dane obrazujące przyjęte zmienności temperatur i opadów zostały zaprezentowane na rysunku 31.



**Rysunek 31. Przyjęte w modelu zmienności temperatur (lata: 2019 i 2021) oraz opadów atmosferycznych (lata: 2017, 2019, 2021)**

Źródło: opracowanie własne.

W modelu przyjęto wielkości dawek nawozowych na 1 ha UR w wysokości 120 kg N w przypadku azotu oraz 50 kg ( $P_2O_5$ ) w przypadku fosforu. Przyjęto również założenie jednorazowego wprowadzenia nawozów na pola uprawne, jednak proces obliczeniowy może być łatwo zmodyfikowany i rozpatrywać również ich podawanie w dawkach podzielonych na kilka terminów. Wysiew nawozów jest realizowany w różnych terminach, w zależności od typu upraw oraz szeregu innych uwarunkowań istotnych dla danego gospodarstwa. Ograniczenia w tym zakresie dotyczą zakazu nawożenia podczas opadów deszczu, na glebach pokrytych śniegiem czy zamarzniętych. Dodatkowe ograniczenia dotyczą okresu, w którym dozwolone jest nawożenia nawozami azotowymi, który rozpoczyna się 1 marca. Przyjęto założenie (które stanowi pewne uproszczenie), że nawożenie zarówno azotem, jak i fosforem zostało wykonane w pierwszym tygodniu marca, chociaż w przypadku fosforu termin jesienny jest częściej spotykany. Założono również, że pierwszy tydzień analizy pokrywa się z pierwszym tygodniem następującym po wysiewie nawozów. Z powyższego powodu wykresy zmienności badanych zjawisk nie rozpoczynają się od 1 stycznia (czy raczej od pierwszego tygodnia roku), tylko są odpowiednio przesunięte w czasie. Uzyskane w procesie obliczeniowym wartości prawdopodobnego przedostawania się składników do wód powierzchniowych są wyrażone w procentach wartości wyjściowych i mogą być docelowo przeliczone na jednostki masy odpowiednich związków azotu i fosforu.

Istniejące badania rozpatrują wpływ wapnowania na zmianę odczynu gleby w sposób niejednoznaczny, ponieważ na ostateczny rezultat wapnowania, zwłaszcza w dłuższym okresie czasu wpływa bardzo wiele czynników takich, jak m.in. zmienność opadów atmosferycznych, parametry gleby, czy sposób jej uprawy [Ameyu 2019, Motowicka-Terelak 1985, Fotyma i Zięba 1998, Li i inni 2019, Mahmud i Chong 2022, Nasedjanow 2012]. Ich wyniki pokazują również, że nie ma możliwości precyzyjnej oceny, jaka dawka nawozów wapniowych spowoduje zoptymalizowanie poziomu kwasowości gleby o wskazaną wartość i w jakim czasie. Dawka ta powinna zatem być każdorazowo stosowana w oparciu o analizę gleby przeprowadzoną w stacji chemiczno-rolniczej. Zmiany te, jak wszystkie inne w środowisku glebowym, zależą bowiem od wielu czynników, tj.: składu chemicznego i granulometrycznego gleby, zmienności opadów

i temperatury oraz aktywności pokrywy roślinnej. Odmienne są również dawki nawozów wapniowych, które mają na celu istotne podniesienie odczynu, a inne które mają za cel jedynie utrzymanie istniejących, korzystnych parametrów gleby. Kierując się, podobnie jak w innych aspektach przeprowadzonego modelowania, uproszczeniem parametrów w celu skupienia się na celu analizy, zdecydowano się rozpatrzyć dwa poziomy wapnowania: duży, zalecany w literaturze na poziomie do 6 ton CaO/ha (gleby ciężkie, duże potrzeby w zakresie wapnowania), który powoduje utrzymanie odczynu gleby na korzystnym dla uprawy większości roślin poziomie pH=7. Drugi wariant zakłada brak wapnowania lub jego niski poziom, odpowiadający uzyskanym w badaniach ankietowych przeciętnej wartości na poziomie do kilkuset kg/ha/rok. W takim przypadku założono przeciętny poziom odczynu gleby na poziomie pH=5. Analiza uzyskanych wyników w zakresie przemieszczania się związków zawartych w nawozach do wód powierzchniowych została zatem przeprowadzona, przy założeniu tych dwóch odczynów gleby.

Zakres wykorzystania przez rośliny nawozów azotowych i fosforowych różni się w zależności od rodzaju uprawy, warunków glebowych i klimatycznych oraz stosowanej technologii uprawy [Batten 1992, Mengel 1997]. Według różnych źródeł stopień wykorzystania nawozów azotowych może wynosić od 33,0% do 55,0% [Rutkowska 2014], natomiast w przypadku fosforu jest niższy i może sięgać niecałkowicie 40,0% [Tujaka i Gosek 2009]. Również szybkość uwalniania składników pokarmowych w glebie jest zależna od wielu czynników, w tym szczególnie od pH gleby. W glebach o obniżonym pH (kwaśnych) procesy mineralizacji są ograniczone, co prowadzi do ograniczonego uwalniania składników pokarmowych z humusu. Natomiast w glebach o podwyższonym pH (zasadowych) procesy mineralizacji są przyspieszone, co prowadzi do zwiększonego uwalniania składników pokarmowych. Trudno określić zatem dokładną liczbową charakterystykę zmienności tych procesów, ponieważ szybkość uwalniania składników pokarmowych zależy od wielu czynników, takich jak: rodzaj gleby, jej skład chemiczny, obecność mikroorganizmów itp. Badania przeprowadzone przez Sadowskiego (1987) wykazały jednak, że zwiększenie pH gleby o 1 (np. z 5 do 6) może prowadzić do zwiększenia szybkości mineralizacji azotu o kilkadziesiąt procent. Bardzo rozbieżne szacunki na ten temat uzyskiwane w wielu badaniach naukowych pozwalają więc na przyjęcie uproszczonych wartości parametrów w tym zakresie.

Analiza dostępnej literatury wskazuje jednoznacznie, że w przypadku stałości innych czynników środowiskowych, to charakterystyka opadów w największym stopniu wpływa na większość zjawisk związanych z przemieszczaniem się składników pokarmowych zarówno w głąb profilu glebowego, jak i w wyniku spływu powierzchniowego [Kopeć 2007, Krasowska 2016]. Jednym z kluczowych etapów obliczeń jest zatem określenie szacunkowego udziału pomiędzy opadami pochłoniętymi przez roślinność oraz najbardziej wierzchnią warstwę gleby (bez uruchamiania procesów wymywania składników pokarmowych) a pozostałą częścią opadów. Opady te w zależności od przyjętych parametrów (między innymi wpływ typu gleby, odczynu oraz nachylenia) rozdzielane są na opady wywołujące spływ powierzchniowy oraz związane z wymywaniem składników w głąb profilu glebowego (którego część dociera również do otaczającej sieci wód powierzchniowych). Proporcje pomiędzy wodą wchłoniętą przez glebę a spływem powierzchniowym zależą od kilku czynników, w tym:

- typu gleby: różne typy gleby mają różne pojemności wodne, co wpływa na ilość wody, która jest w stanie przyjąć gleba przed spływem powierzchniowym,
- wilgotności gleby: im bardziej wilgotna jest gleba, tym mniej wody jest w stanie przyjąć, co prowadzi do większego spływu powierzchniowego,
- topografii: spływ powierzchniowy jest większy na stromych terenach niż na płaskich, ponieważ woda jest bardziej skłonna do płynięcia po powierzchni niż do wchłaniania się w glebę,

- wegetacji: roślinność ma zdolność do zwiększania retencji wody w glebie poprzez zwiększenie pojemności wodnej gleby i zwiększenie spływu infiltracyjnego,
- warunków atmosferycznych: intensywne deszcze i nagłe burze powodują większy spływ powierzchniowy, ponieważ gleba jest w stanie przyjąć tylko niewielką część wody, która pada.

Przyjmuje się że około 20,0-50,0% opadu jest pochłaniane przez glebę i roślinność, a pozostała część jest odprowadzana powierzchniowo. Jednak, proporcje te mogą się znacznie różnić w zależności od wielu warunków lokalnych oraz zmienności opadów. W celu określenia niezbędnych wartości parametrów związanych z natężeniem opadów, zaproponowano w pierwszej kolejności określenie tej części opadów, która nie bierze udziału w jakimkolwiek procesie zauważalnej utraty składników pokarmowych, czyli opadów bezpośrednio zaabsorbowanych przez roślinność i najbardziej wierzchnią warstwę gleby ( $O_z$ ). Dzieje się tak w przypadku istniejącej pokrywy roślinnej oraz odpowiedniego etapu jej wegetacji, co można w przybliżeniu utożsamiać z przebiegiem temperatury w ciągu sezonu wegetacyjnego. Jest to pewnym uproszczeniem, jednak przebieg zmienności temperatury jest jednym z parametrów modelu i można z niego w tym przypadku skorzystać. Również proces utraty wody bezpośrednio po opadzie z powierzchni roślin lub z wierzchnich warstw gleby jest silnie uzależniony od temperatury powietrza i gleby.

$$O_z = f(\text{Temp}[n], \text{UZ.GR}[a, b])$$

gdzie  $\text{Temp}[n]$  to przeciętna temperatura w jednostce czasu 'n' (w analizowanym przypadku z przedziału od 1 do 52 oznaczającego poszczególne tygodnie), natomiast parametr  $\text{UZ.GR}[a, b]$  określa sposób użytkowania ziemni w komórce siatki o współrzędnych przestrzennych 'a' i 'b'. Współczynnik  $O_z$  przyjmuje zakres wartości z przedziału od 0 do 1, przy czym wartość współczynnika wzrasta wraz z temperaturą i zależy od pokrycia terenu. Wartość powyższego współczynnika jest wykorzystana do ostatecznego podziału pozostałej części opadu na składowe związane z późniejszą analizą opadu związanego ze spływem w głąb profilu glebowego ( $S_{WG}$ ) oraz opadu związanego ze spływem powierzchniowym ( $S_{PW}$ ):

$$S_{WG(a,b)} = f(\text{Rain}[n](1-O_z), \text{SP.GR}[a, b], \text{pH}) \quad S_{PW} = \text{Rain}[n] - S_{WG}$$

gdzie parametr  $\text{Rain}[n]$  określa natężenie opadu w okresie 'n', parametr  $\text{SP.GR}[a, b]$  identyfikuje spadek terenu w danej rozpatrywanej komórce [a,b], a parametr  $\text{pH}$  określa rozpatrywany odczyn gleby, który również wpływa na intensywność wchłaniania wody po opadzie. Natomiast do opisu sposobu zachowania się rozpatrywanych składników w glebie (szybkość ich utraty i przemieszczania się) przyjęto jako pomocnicze trzy zależności liniowe, szacujące wpływ temperatury  $P_T$ , odczynu  $P_O$  oraz rodzaju gleby  $W_{GL}$ :

$$P_{T(a,b)} = f(\text{Temp}[n]), \quad P_{O(a,b)} = f(\text{pH}), \quad W_{GL(a,b)} = f(\text{GL.GR}[a, b])$$

przy czym ostatnia zależność ( $W_{GL}$ ) nie ma charakteru ciągłego i przyporządkowuje określone wartości współczynnika dla każdego rodzaju gleby. Ostatecznie, wpływ spływu powierzchniowego (dla elementu siatki [a,b]) na proces przedostawania się niepożądanych składników do otaczających wód za pośrednictwem spływu powierzchniowego został określony parametrem  $U_{pw}$ :

$$U_{pw(a,b)} = f(S_{PW}, W_{GL}, D_p, \text{UZ.GR}[a, b])$$

który uwzględnia określony udział części opadów związanych ze spływem powierzchniowym  $S_{PW}$ , odległość przeliczeniową  $D_p$  oraz użytkowanie terenu  $\text{UZ.GR}[a, b]$ . Natomiast analogiczny wpływ spływu o charakterze podziemnym został określony parametrem  $U_{pz}$ :

$$U_{pz(a,b)} = f(S_{WG}, D_0, W_{GL}, P_T, P_O);$$



i uwzględnia części opadów związanych ze spływem w głąb profilu glebowego  $S_{WG}$ , zwykłą odległość  $D_0$  oraz parametry związane z odczynem, temperaturą oraz rodzajem gleby ( $W_{GL}, Pr, P_0$ ). W rezultacie, całkowita utrata związków (odpowiednio azotu lub fosforu) która przedostaje się do wód powierzchniowych (w ujęciu procentowym), w kolejnym rozpatrywanym okresie 'T=n' wynosi:

$$U_{c(a,b)(n)} = U_{pw(a,b)(n)} + U_{pz(a,b)(n)}$$

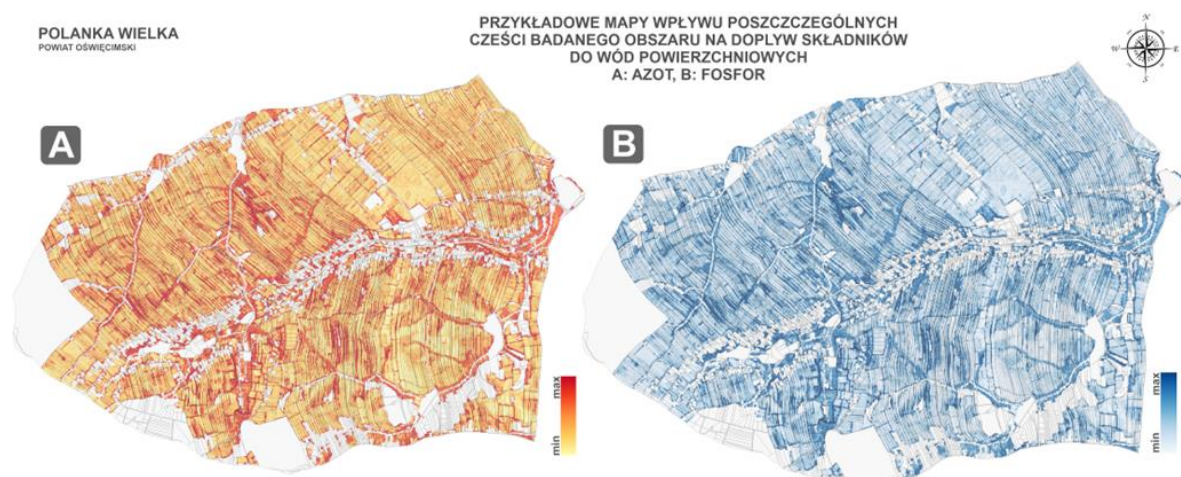
przy takim ujęciu, całkowita utrata związków w przeciągu całego roku wyniesie:

$$U_{rok}[\%] = U_1 \sum_{n=2}^n (U_n U_{n-1}), \text{ gdzie } U_1=100\%$$

Badanie przeprowadzono w ujęciu tygodniowym ( $n=52$ ), chociaż można rozpatrywać dowolne interwały czasowe, w tym jednodniowe (wówczas  $n$  będzie równie 365). Uzyskane wartości mogą być następnie (po ich obliczeniu dla każdej komórki, jej grup, całych zlewni lub całego obiektu) porównywane, przy założeniu zmian:

- poziomu wapnowania (skutkującego określonym zmianom odczynu gleby),
- przebiegu opadów,
- temperatury,
- zabiegów urzędniowo-rolnych, wśród których zaproponowano wprowadzenie stref buforowych o szerokości 10 m, wzdłuż istniejących cieków i zbiorników wodnych,
- kierunku projektowania działek, na obszarze których były pod tym względem najbardziej niekorzystne warunki.

Przeprowadzony proces obliczeniowy pozwolił na uzyskanie przestrzennych map obrazujących intensywność utraty związków chemicznych, przy czym jako rezultat uznano jedynie tę część utraconych związków azotu i fosforu, która według założonych parametrów dostała się do otaczających wód powierzchniowych z rozpatrywanego pola obliczeniowego. Przykładowa mapa (dla wyjściowych parametrów oraz obrazująca przedostawanie się związków azotu do wód) została zaprezentowana na rysunku 32. Zmienność uzyskanych wartości w zależności od przyjętych zmian parametrów wyjściowych (opady, odczyn gleby) jest mało widoczna na zobrazowaniach mapowych nawet w skali pojedynczych zlewni, stąd zmiany te mogą być przedstawione i być widoczne jedynie w skali lokalnej.



**Rysunek 32. Przykładowa mapa obrazująca zróżnicowanie wpływu poszczególnych pól obliczeniowych na zasilanie najbliższych elementów wód powierzchniowych (na przykładzie azotu)**

Źródło: opracowanie własne.

Z tego powodu wpływ zmienności wybranych parametrów został przedstawiony w postaci tabelarycznej, gdzie wyniki te są łatwiejsze do przedstawienia i interpretacji. Dane te



przedstawiono w tabelach 43 i 44. Dla potrzeb interpretacji, dane zawarte w tabelach przedstawiają obserwowane procentowe zmiany (wzrost lub zmniejszenie) w stosunku do modelu wyjściowego. Wyniki zostały otrzymane niezależnie dla potencjalnego wpływu związków azotu oraz fosforu.

**Tabela 43. Wyniki przeprowadzonych symulacji zmian w zakresie przedostawania się substancji sprzyjających eutrofizacji (związki azotu)**

Charakterystyka	Cały obszar	Zlewnia 1	Zlewnia 2	Zlewnia 3
Parametry wyjściowe ( $O_0, T_0$ , pH = 5), (2021)	100,0%	2,4	1,9	-1,5
Parametry wyjściowe, ( $O_0, T_0$ , pH = 7)	-2,4	-2,5	-2,4	-2,3
Zmiana temperatury ( $O_0, T_1$ , pH = 5)	-4,2	-4,4	-4,2	-4,1
Zmiana temperatury ( $O_0, T_1$ , pH = 7)	-6,6	-6,9	-6,6	-6,4
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_1, T_0$ , pH = 5)	3,5	3,8	3,5	3,3
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_1, T_0$ , pH = 7)	1,1	1,3	1,2	1,0
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_2, T_0$ , pH = 5)	18,1	18,7	18,0	17,6
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_2, T_0$ , pH = 7)	16,2	16,8	16,1	15,8
Zmiana kierunku projektowania działek	-3,6	-5,4	-3,8	-3,1
Utworzenie stref buforowych	-1,6	-1,9	-1,5	-1,7
Wpływ obu zabiegów urządzeniowych łącznie	-5,2	-8,0	-5,2	-4,8

Objaśnienia do tabeli: dane zawarte w tabeli przedstawiają zmiany w stosunku do parametrów wyjściowych,  $O_0$  = opady 2021 r.,  $O_1$  = opady 2019 r.  $O_2$  = opady 2017 r.  $T_0$  = temperatury 2021 r.  $T_1$  = temperatury 2019 r.

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 44. Wyniki przeprowadzonych symulacji zmian w zakresie przedostawania się substancji sprzyjających eutrofizacji (związki fosforu)**

Charakterystyka	Cały obszar	Zlewnia 1	Zlewnia 2	Zlewnia 3
Parametry wyjściowe ( $O_0, T_0$ , pH = 5), (2021)	100,0%	2,5	2,0	-1,6
Parametry wyjściowe, ( $O_0, T_0$ , pH = 7)	-1,2	-1,3	-1,2	-1,1
Zmiana temperatury ( $O_0, T_1$ , pH = 5)	-2,7	-2,8	-2,7	-2,6
Zmiana temperatury ( $O_0, T_1$ , pH = 7)	-3,9	-4,1	-3,9	-3,7
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_1, T_0$ , pH = 5)	-0,6	-0,5	-0,6	-0,6
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_1, T_0$ , pH = 7)	1,1	1,2	1,1	1,0
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_2, T_0$ , pH = 5)	9,5	9,8	9,4	9,2
Zmiana charakterystyki opadów ( $O_2, T_0$ , pH = 7)	10,9	11,4	10,9	10,7
Wpływ zmiany kierunku projektowania działek	-5,1	-6,4	-5,2	-4,7
Wpływ stref buforowych	-3,7	-4,0	-3,6	-3,7
Wpływ obu zabiegów urządzeniowych łącznie	-6,1	-7,5	-6,1	-5,8

Objaśnienia do tabeli: dane zawarte w tabeli przedstawiają zmiany w stosunku do parametrów wyjściowych,  $O_0$  = opady 2021 r.,  $O_1$  = opady 2019 r.  $O_2$  = opady 2017 r.  $T_0$  = temperatury 2021 r.  $T_1$  = temperatury 2019 r.

Źródło: opracowanie własne.

Jak wspomniano powyżej, koncepcja danych zaprezentowanych w tabelach wynikowych jest podyktowana ułatwieniem ich interpretacji. Kluczowe dla przeprowadzonych analiz było określenie prawdopodobnego kierunku i siły zmian zagrożenia eutrofizacją w zależności od wybranych parametrów. Z tego powodu przyjęto, że uzyskane wartości liczbowe określające ilość przemieszczonych do wód powierzchniowych związków azotu i fosforu dla całego obszaru przy założonych warunkach uznanych za podstawowe (pH=5, opady i temperatury z 2021 r., brak zabiegów urządzeniowych) stanowią 100,0% wyjściowego wpływu nawożenia na otaczające wody powierzchniowe. Natomiast wartości w pozostałych komórkach tabeli

wynikowej odnoszą się do tej wyjściowej sytuacji (na całym obszarze jak i poszczególnych zlewniach) i pokazują, w jakim stopniu i w jakim kierunku nastąpiła procentowa zmiana w zakresie ilości związków chemicznych które dostały się do środowiska wodnego. Wyniki przedstawiają 11 przypadków, zarówno dla całego obszaru badań, jak i dla trzech wydzielonych zlewni oznaczonych symbolem 1, 2 oraz 3 na rysunku 28. Kolejne rozpatrzone w tabeli przypadki to:

- parametry wyjściowe: ( $O_{2021}, T_{2021}$ , pH = 5), brak prac urządzeniowo-rolnych,
- zmiana pH ( $O_{2021}, T_{2021}$ , pH = 7),
- parametry wyjściowe + zmiana przebiegu temperatury ( $O_{2021}, T_{2019}$ , pH = 5),
- parametry wyjściowe + zmiana przebiegu temperatury i pH ( $O_{2021}, T_{2019}$ , pH = 7),
- parametry wyjściowe + zmiana przebiegu opadów (2019 r.) ( $O_{2019}, T_{2021}$ , pH = 5),
- parametry wyjściowe + zmiana przebiegu opadów (2019 r.) i pH ( $O_{2019}, T_{2021}$ , pH = 7),
- parametry wyjściowe + zmiana przebiegu opadów (2017 r.) ( $O_{2017}, T_{2021}$ , pH = 5),
- parametry wyjściowe + zmiana przebiegu opadów (2017 r.) i pH ( $O_{2017}, T_{2021}$ , pH = 7),
- wpływ zmiany kierunku projektowania działek,
- wpływ zaprojektowania stref buforowych,
- wpływ obu zabiegów urządzeniowych łącznie.

Otrzymane wyniki pokazują zróżnicowany wpływ poszczególnych czynników na badane zjawisko. Wyjściowe zróżnicowanie pomiędzy zlewniami nie jest duże i sięga 4,0%, jednak ich charakterystyka (ukształtowanie terenu i sposób użytkowania) jest zbliżona do siebie. Wapnowanie gleb, a co za tym idzie zwiększenie wartości pH gleby, w każdym przypadku powoduje zmniejszenie liczby związków, które dostają się do otaczających wód. Jednak nie jest to redukcja znacząca, co należy wiązać z tym, że podwyższenie pH gleby wpływa zarówno na łatwość wykorzystywania związków pokarmowych przez rośliny, ale jednocześnie ułatwia również ich wymywanie, więc te dwa efekty działające przeciwnie do siebie równoważą się w pewnym stopniu, przy czym skonstruowany model wykazał jednak pewien pozytywny wpływ wapnowania. Kluczowym czynnikiem wpływającym na zagrożenie przedostawania się niekorzystnych składników mineralnych do środowiska wodnego jest charakterystyka opadów, Zjawisko to ilustrują najlepiej, wyniki bardzo dużego wzrostu wymywania składników mineralnych, odpowiadającemu charakterystyce opadów z 2017 r.

Również wpływ zabiegów urządzeniowo-rolnych okazał się zgodny z założeniami, chociaż ich efekt mógłby być większy, zwłaszcza gdyby założono szerszy zakres stref buforowych. Jednak wydzielanie tego typu stref jest zawsze uzależnione od pozyskania terenu na ten cel podczas prac scaleniowych, co nie zawsze jest technicznie możliwe. Stosunkowo niewielki zakres efektów związanych ze zmianą kierunków projektowania jest również podyktowany tym, że problem kierunku uprawy ziemi wzdłuż kierunków istotnych spadków nie występował na badanym obszarze z dużym natężeniem (choć lokalnie był dużym problemem). Dane w tabeli prezentującej analizę związków fosforu pokazują nieco odmienną niż w przypadku azotu charakterystykę całego procesu, a w szczególności słabszy wpływ zwiększonych opadów, co było zgodne z ogólnymi wynikami badań w zakresie szybkości utraty tych dwóch grup związków chemicznych z profilu glebowego. Wpływ pozostałych czynników był na zbliżonym poziomie.

Na poziom zagrożenia eutrofizacją największy wpływ ma zmienność opadów w ciągu sezonu wegetacyjnego w połączeniu ze sposobem użytkowania ziemi oraz terminem nawożenia. W szczególności największe zagrożenia powodować mogą intensywne deszcze pojawiające się w krótkim czasie po nawożeniu. W takim przypadku do czynników zwiększających zagrożenie należy zaliczyć: nachylenie pól uprawnych, typ gleby oraz występującą w momencie opadów zdolność do szybkiej absorpcji wody, związaną z jej wilgotnością. Zmiany wynikające z poprawnie przeprowadzonych działań o charakterze urządzeniowo-rolnym pozwalają na zmniejszenie zagrożenia eutrofizacją w bardziej oczywisty

sposób niż zmiany w zakresie wapnowania gleb. Proponowane zabiegi urzędzeniowo-rolne powodują zarówno zatrzymywanie wód opadowych z powodu doprowadzenia poprzeczno-stokowego kierunku zabiegów uprawowych, jak również z uwagi na działanie stref buforowych w otoczeniu wód powierzchniowych, które są w stanie wchłoniąć dużą część spływających składników przed ich dotarciem do wody. Również w omawianym przypadku wpływ wapnowania jest korzystny, ponieważ podwyższenie odczynu gleby pozytywnie wpływa na jej strukturę, a przez to na szybkość wchłaniania wód opadowych i objętość wchłoniętych opadów.

Należy zauważyć, że w przypadku zagrożeń związanych z wyłukiwaniem składników pokarmowych w głąb profilu glebowego interpretacja wpływu wapnowania nie jest jednoznaczna. Długotrwałe, trwające kilkanaście lub kilkadziesiąt godzin bez przerwy nawet mało intensywne opady w przypadku gleb o wysokim pH (po wapnowaniu) ułatwiają dostępność składników pokarmowych dla roślin oraz usprawniają ich przemieszczanie się w głąb profilu glebowego. Jednocześnie długi (jak na opady), ale krótki z uwagi na wegetację roślin okres nie pozwala na wykorzystanie wymywanych w tym czasie składników, zwłaszcza w uprawach o niezbyt głębokim systemie korzeniowym. Największe zagrożenie niesie ze sobą okres, w którym mamy do czynienia z brakiem pokrywy roślinnej lub z pokrywą na etapach inicjalnych rozwoju roślin uprawnych. W takich przypadkach zwiększony poziom wapnowania może przyczynić się do zwiększenia zagrożenia eutrofizacją. Na przeciwnym biegunie możemy postawić sytuację, w której w dłuższym okresie czasu występują opady deszczu o natężeniu odpowiadającym bieżącym potrzebom roślinności i jej etapom rozwoju w ciągu sezonu wegetacyjnego. W takim przypadku wapnowanie, które poprawia strukturę gleby i wpływa na lepsze udostępnienie składników pokarmowych roślinom, powinno zmniejszyć prawdopodobieństwo pojawienia się niekorzystnych związków chemicznych w środowisku wodnym. Mamy bowiem do czynienia z jednej strony z ograniczeniem spływu powierzchniowego oraz ze zwiększeniem pobierania azotu i fosforu z gleby w tempie które jest wystarczające, aby uwalniane składniki pokarmowe nie przemieszczały się w głąb profilu glebowego.

Do zalet zaproponowanego podejścia należy zaliczyć łatwość pozyskania danych do tego typu analizy, która może być przeprowadzona na obszarze praktycznie każdego obiektu na obszarze Polski bez konieczności korzystania z komercyjnych źródeł danych przestrzennych oraz oprogramowania. Na podstawie zrealizowanych badań można wskazać również jednak pewne słabości związane zarówno z uproszczeniami modelu, jakością wykorzystanych danych, czy problemami z interpretacją. Patrząc na przykładowe wyniki w zakresie natężenia utraty składników pokarmowych, które przedostały się do otaczających wód, widoczne jest wyraźne zwiększenie negatywnego wpływu na granicach pomiędzy polami uprawnymi, odpowiadającym miedzom o różnej wysokości. O ile dane lotniczego skaningu laserowego pozwalają dobrze identyfikować i przedstawić nawet lokalne zmiany wysokości na poziomie kilkunastu centymetrów, to używając tych precyzyjnych danych wraz z bardziej zgeneralizowanymi danymi o użytkowaniu gruntów otrzymujemy zdecydowanie zawyżone szacunki na temat utraty składników pokarmowych, ponieważ model traktuje jako grunty orne również obszar miedz.

Z uwagi na bardzo silną zależność intensywności spływu powierzchniowego od spadku, który lokalnie potrafi przyjmować w tych miejscach bardzo duże wartości, łączny wpływ tej wady modelu może być zauważalny, a jego siła jest wprost zależna od parametrów rozdrobnienia gruntów, niskie przeciętne wielkości działek oraz ich nieregularny kształt zwiększa całkowitą powierzchnię zajęta przez miedze w całkowitej powierzchni użytków rolnych, a wartości te mogą sięgać nawet do kilku procent obszaru wsi. Rozwiązaniem tego problemu w przyszłych badaniach może być poprawa rozdzielczości przestrzennej określenia sposobu użytkowania ziemi, czyli rezygnacja z istniejących baz danych na korzyść klasyfikacji użytkowania

dedykowanej dla danego obszaru w oparciu o istniejące wysokorozdzielcze zobrazowania lub pomiary wykonane bezpośrednio dla potrzeb danego opracowania. Alternatywnym sposobem rozwiązania tego problemu może być założenie niewielkiej (np. pół metra) strefy buforowej wzdłuż granic działek ewidencyjnych, która nie będzie brana pod uwagę przy obliczeniach. Jednak to rozwiązanie może być skuteczne tylko dla obszarów po przeprowadzonej modernizacji lub scaleniu gruntów. W przeciwnym bowiem przypadku występuje bardzo duża rozbieżność pomiędzy przebiegiem granic działek wynikającym z zawartości baz danych katastralnych a ich faktycznym przebiegiem w terenie. W takich przypadkach wyznaczona strefa buforowa nie pokryłaby właściwego obszaru o deniwelacjach wskazanego w wyniku pomiarów metodą skaningu laserowego.

Celem tej części projektu było wskazanie wpływu wapnowania gleb na zmiany zagrożenia eutrofizacją w aspekcie nawożenia gleb nawozami azotowymi i fosforowymi. Jednak istnieje również inny, ważny czynnik związany z wapnowaniem, który nie był przedmiotem badań, a o którym koniecznie należy wspomnieć w aspekcie wpływu wapnowania wód powierzchniowych na eutrofizację. Efekt ten związany jest z przedostawaniem się związków wapnia do otaczających systemów wód powierzchniowych. Związki wapna są stosunkowo łatwo wymywane, a ich przemieszczanie się do wód powoduje wzrost zawartości związków wapnia i wzrost odczynu wody, co jest silnie zauważalne w przypadku wód stojących. Zwiększenie poziomu związków wapnia w wodzie może być skutkiem procesów naturalnych lub efektów nawożenia i w rezultacie zwiększania pH wody. W takim przypadku, nawożenie wapnem może pomóc w zapobieganiu eutrofizacji, poprzez zwiększenie poziomu związków wapnia w wodzie i neutralizację nadmiernego poziomu przyswajania składników odżywczych przez organizmy wodne.

Zrealizowane badania mogą i powinny być rozszerzone w przyszłości w celu odpowiedzi na kilka pytań, które pojawiły się w trakcie realizacji projektu, jak również w celu wyeliminowania kilku jego zauważonych słabości. Można wskazać kilka tego typu działań. Pierwszą z nich jest celowość rozszerzenia zakresu badań o ciągłe, przeprowadzone przynajmniej w okresie roku badania parametrów środowiska wodnego na obszarze wydzielonej zlewni, a w szczególności w miejscach, które można bezpośrednio powiązać z otaczającym obszarem rolniczym. Pozwoliłoby to na weryfikację i kalibrację wykorzystanych parametrów, które w chwili obecnej mają charakter stosunkowo prostych zależności. Drugim kierunkiem badań wydaje się próba weryfikacji uzyskanych zależności z wykorzystaniem modelu SWOT, po zgromadzeniu rozszerzonych w stosunku do wykorzystanych w niniejszym badaniu zbiorów danych wejściowych wystarczających o jego poprawnej implementacji.

Otrzymane wyniki pozwalają na sformułowanie szeregu wniosków. Po pierwsze, wykonana analiza wskazuje na korzystny wpływ wapnowania gleb na zmniejszenie zagrożenia zjawiskami eutrofizacji w otaczających wodach powierzchniowych. Wpływ ten nie jest jednak silny. Należy podkreślić również znaczenie procesu wapnowania dla skali rozwoju niekorzystnych mikroorganizmów w środowisku wodnym. Zmiany te nie są związane bezpośrednio z procesami nawożenia nawozami azotowymi i fosforowymi, natomiast wynikają ze zmiany odczynu wód powierzchniowych. Proces ten nie był przedmiotem analizy, jednak powinien być brany pod uwagę jako dodatkowy czynnik potencjalnie ograniczający zjawisko eutrofizacji. Nie oznacza to jednocześnie, że proces przedostawania się związków wapnia będących pochodną procesu wapnowania gleby do wód powierzchniowych należy uznać za zjawisko pozytywne dla środowiska naturalnego. Otrzymane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że działania o charakterze urządzeniowo-rolnym mogą wpływać na zmniejszenie zagrożenia eutrofizacją w większym stopniu niż zmiany poziomu wapnowania. Obydwa z zaproponowanych działań (wprowadzenie stref buforowych wzdłuż cieków i zbiorników wodnych oraz zmiana kierunku



uprawy ziemi na poprzeczno-stokową) zauważalnie wpłynęły na obserwowane wskazania w zakresie przedostawania się niekorzystnych związków chemicznych do wód.

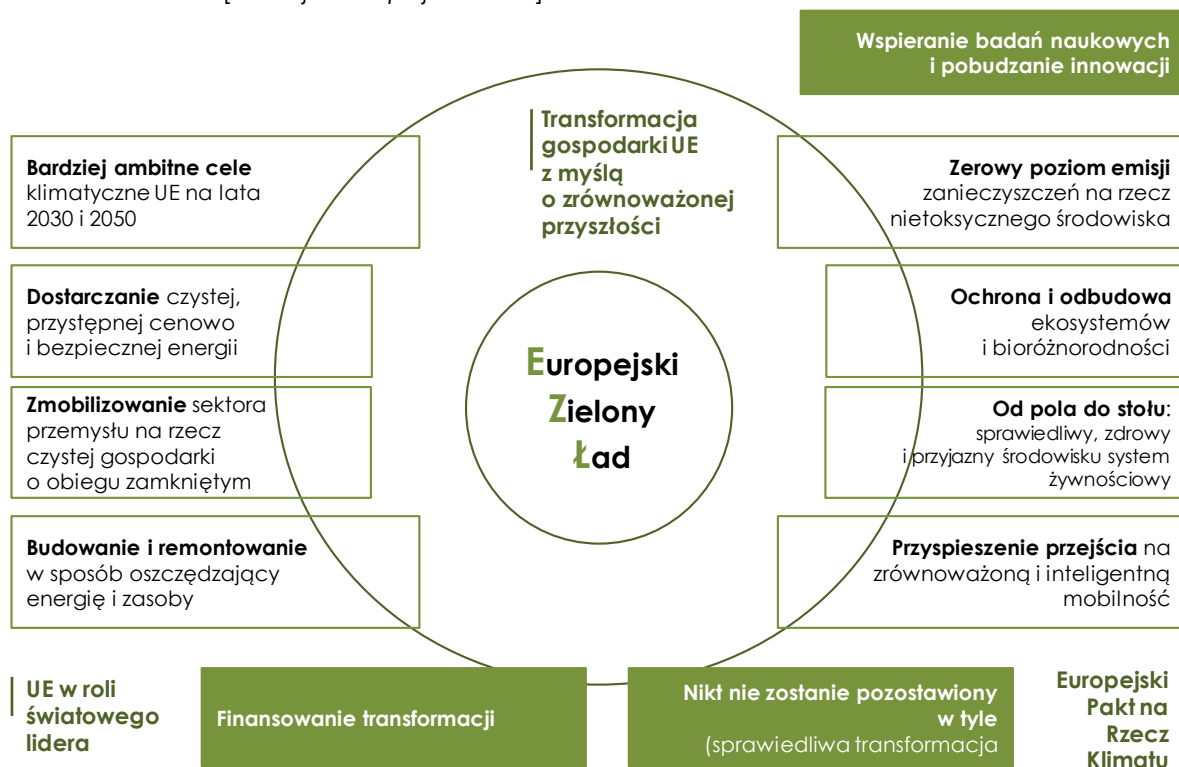
Przy obecnym poziomie wiedzy i techniki człowiek nie jest w stanie zupełnie zapobiec zjawisku przedostawania się związków azotu i fosforu związanych z nawożeniem do wód. Współczesne intensywne rolnictwo charakteryzuje się wysokim poziomem nawożenia i taki stan będzie się utrzymywał. Możemy jednak w pewnym zakresie wpływać na ograniczenie tego zjawiska. Opisane wcześniej działania urzędniowo-rolne i ich pozytywny wpływ są jednym ze sposobów. Natomiast zmiana odczynu gleb w wyniku wapnowania może być również czynnikiem ograniczającym eutrofizację, zwłaszcza w połączeniu z działaniami zmierzającymi do podziału dawek nawozu w zależności od etapu rozwoju i potrzeb roślin w danym okresie. Wapnowanie może być korzystne również w przypadku sprzyjających dla procesów utraty i asymilacji składników pokarmowych zmienności opadów i temperatury w ciągu roku, nawet przy założeniu jednorazowego procesu nawożenia. Jednak, jak wspomniano wcześniej, w określonych sytuacjach, głównie związanych z niekorzystną strukturą opadów (zarówno bardzo intensywnych w niedługim czasie po nawożeniu, jak i długotrwałych średnio-intensywnych opadów), podwyższony poziom pH gleby może przyczynić się do zwiększenia zagrożenia erozją.

## 7. ANALIZA WPŁYWU WAPNOWANIA NA JAKOŚĆ I ILOŚĆ PRODUKTÓW ROLNYCH PRZY JEDNOCZESNYM UTRZYMANIU DOTYCHCZASOWEGO POZIOMU NAWOŻENIA NPK W ASPEKTCIE TZW. EUROPEJSKIEGO ZIELONEGO ŁADU

### 7.1. Europejski Zielony Ład – założenia strategii Unii Europejskiej

Europejski Zielony Ład (EZŁ, *European Green Deal*) to strategia rozwoju stanowiąca odpowiedź na coraz to wyraźniej obserwowany globalny kryzys klimatyczny oraz postępujące i przybierające na sile procesy degradacji środowiska. Jej idea została zaprezentowana w komunikacie Komisji Europejskiej z dnia 11 grudnia 2019 r. [Komisja Europejska 2019]. Według tych zapisów, Europejski Zielony Ład to: „...nowa strategia na rzecz wzrostu, której celem jest przekształcenie UE w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce, która w 2050 r. osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto i w ramach której wzrost gospodarczy będzie oddzielony od wykorzystywania zasobów naturalnych. Jej celem jest również ochrona, zachowanie i poprawa kapitału naturalnego UE oraz ochrona zdrowia i dobrostanu obywateli przed zagrożeniami i negatywnymi skutkami związanymi ze środowiskiem”.

Według tych założeń, EZŁ ma przekształcić Unię Europejską w obszar neutralny klimatycznie, na którym żyje sprawiedliwa i dostatnia społeczność prowadząca gospodarkę nowoczesną, zasobooszczędną i przyjazną dla środowiska (rysunek 33). Neutralność klimatyczna ma odnosić się do całej gospodarki – energetyki, transportu, przemysłu, rolnictwa itd. Sama gospodarka ma się przekształcić w kierunku czystej o obiegu zamkniętym, w której poziom emitowanych zanieczyszczeń ma ulec drastycznej redukcji przy jednoczesnym co najmniej utrzymaniu stanu bioróżnorodności [Komisja Europejska 2019].



Rysunek 33. Główne cele i założenia Europejskiego Zielonego Ładu

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Komisja Europejska 2019.

Głównym celem Europejskiego Zielonego Ładu jest osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. Kraje członkowskie UE zobowiązały się w ramach realizacji tego celu do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 55,0% do 2030 r. w stosunku do poziomów z 1990 r. Zobowiązania te mają charakter prawny i zawarte zostały w pierwszym europejskim prawie o klimacie [Komisja Europejska 2019]. Jego realizacja oraz wdrażanie tych zapisów stwarza nowe możliwości w zakresie innowacji, inwestycji i tworzenia miejsc pracy. Dostosowanie wszystkich sektorów gospodarki UE do zrealizowania zakładanych celów klimatycznych do 2030 r. ma odbywać się w sposób sprawiedliwy, konkurencyjny i racjonalny pod względem ponoszonych kosztów. Wdrażana transformacja musi stwarzać równe szanse dla wszystkich, co ma być osiągnięte poprzez system wsparcia obywateli znajdujących się w trudnej sytuacji poprzez przeciwdziałanie tworzeniu się nierówności i ubóstwa energetycznego. Ponadto przedsiębiorstwa mają mieć zapewnione równe warunki działania i zdrowej konkurencji, niezależnie od kraju ich pochodzenia. Natomiast obywatele powinni w wyniku transformacji i wdrażania Europejskiego Zielonego Ładu odnieść jak najszybsze korzyści w sposób równy i sprawiedliwy dla wszystkich przy jednoczesnym tworzeniu przyszłych miejsc pracy i chronieniu osób tego wymagających. Przy tak stawianych założeniach, Europejski Zielony Ład znacznie wykracza poza obszar samej ekonomii, a staje się nową, społecznie i środowiskowo zrównoważoną wizją rozwoju krajów europejskich [Komisja Europejska 2019].

Założenia Europejskiego Zielonego Ładu sprowadzają się do:

- dostarczenia czystej i bezpiecznej energii,
- wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym,
- obniżenia zapotrzebowania energetycznego budynków,
- przyspieszenia przejścia na zrównoważoną i inteligentną mobilność,
- ochrony i odbudowy ekosystemów oraz bioróżnorodności,
- przystosowania się do zmiany klimatu,
- ochrony zdrowia.

Do przewidywanych efektów pierwszego w historii Europejskiego Prawa Klimatycznego, tworzonego w ramach Europejskiego Zielonego Ładu, zaliczyć należy:

- redukcję poziomu emisji gazów cieplarnianych do 2050 r.,
- gwarancje nieodwracalności przejścia na neutralność klimatyczną,
- stworzenie przewidywalnego otoczenia biznesowego dla przemysłu i inwestorów.

Europejski Zielony Ład to bardzo ambitne i trudne wyzwanie stojące przed krajami członkowskimi UE, które aby go wdrożyć i realizować będą musiały przemyśleć i zweryfikować dotychczasową strategię i politykę związaną z redukcją gazów cieplarnianych. Do tej pory w realizowanych politykach działania te ogniskowane były na sektorze energetycznym (powyżej 80,0% udziałów w emisji całkowitej), co doprowadziło do stworzenia wielu regulacji i obostrzeń w tym obszarze. Przykładem może tu być szandarowy instrument UE jakim jest system handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (Emission Trading Systems, ETS) [Gawlikowska-Fyk 2020]. Przez pierwsze pół wieku istnienia wspólnot europejskich (począwszy od Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali w 1952 r. do powołania 1 listopada 1993 r. na mocy traktatu z Maastricht Unii Europejskiej) ich polityka energetyczna ustępowała rangą jej odpowiednikom na poziomie poszczególnych krajów. Stan ten uległ diametralnej zmianie z pierwszej dekadzie XXI-ego wieku w wyniku pogarszającego się stanu środowiska naturalnego i potrzebie tworzenia nowych przedsięwzięć integracyjnych. W 2008 r., Parlament Europejski zatwierdził pierwszy pakiet klimatyczno-energetyczny, który wyznaczył następujące cele do 2020 r. [Polityka klimatyczno-energetyczna UE 2010]:

- redukcję emisji gazów cieplarnianych o 20,0% (m.in. dwutlenek węgla, metan, tlenek diazotu, wodorofluorowęglowodory) w porównaniu do stanu z 1990 r.,
- udział odnawialnych źródeł w całkowitym zużyciu energii w UE na poziomie 20,0% (15,0% dla Polski),
- zwiększenie efektywności energetycznej o 20,0%.

W traktacie o funkcjonowaniu Unii Europejskiej [Wersje skonsolidowane Traktatu o Unii Europejskiej i Traktatu o Funkcjonowaniu Unii Europejskiej 2010] zawarto fragment dotyczący energii, w którym przyznano UE kompetencje dzielone w tym właśnie obszarze. Od tego momentu polityka energetyczna i powiązana z nią klimatyczna, sukcesywnie zyskiwały na znaczeniu, aż stały się jedną z priorytetowych dziedzin mających na celu integrację i rozwój krajów członkowskich. Przyczynił się do tego nie tylko ogół procesów ukierunkowanych na stworzenie jednolitego rynku, ale też rozwój działań mających na celu ochronę klimatu i środowiska oraz bardzo poważne obawy, co do bezpieczeństwa energetycznego poszczególnych krajów członkowskich, a konsekwencji i całej Unii Europejskiej. O ile przez wiele lat w polityce energetycznej dominowały początkowo działania dążące do integracji rynków, które przekształciły się w kierunku zwiększenia bezpieczeństwa, to obecnie za priorytet uważa się stworzenie wspólnej polityki klimatycznej. Jeszcze w okresie kadencji Komisji Europejskiej 2014-2019 nastawiano się na tworzenie unii energetycznej mającej na celu zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego wewnątrz Wspólnoty. Co prawda projekt takiej unii zawierał pewne elementy ochrony klimatu, to jednak skłaniał się on ku zbilansowaniu celów pod kątem bezpieczeństwa, zrównoważonego rozwoju oraz konkurencji. W obecnej kadencji przeważały jednak głosy proklimatycznego Parlamentu Europejskiego, a wywarła przez to presja spowodowała, że kierunkiem strategicznym UE będzie Europejski Zielony Ład (EZŁ). Za zmianę priorytetów polityki UE odpowiada przede wszystkim:

- zmniejszenie znaczenia bezpieczeństwa energetycznego w hierarchii problemów energetycznych wielu krajów członkowskich, możliwe m.in. z uwagi na intensyfikację dywersyfikacji dostaw surowców energetycznych oraz rozwijającą się integrację rynków energetycznych,
- przyjęcie i ratyfikacja porozumienia paryskiego, które wprowadziło globalne zobowiązania redukcyjne a UE jest jego stroną,
- konieczność redukcji emisji gazów cieplarnianych do poziomu zerowego, co powoduje, że działaniami dekarbonizującymi należy objąć nie tylko samą energetykę, ale też pozostałe sektory gospodarki.

Wstępem do wdrożenia EZŁ była próba stworzenia długoterminowej strategii w 2011 r. [Gawlikowska-Fyk 2020] tzw. mapa drogowa UE 2015, która zakładała redukcję emisji gazów cieplarnianych o 40,0% do 2030 r. i o 80,0% do 2050 r. Projekt ten został jednak zablokowany wotem przez Polskę. Kolejnym projektem przedstawionym przez Komisję Europejską w listopadzie 2018 r. była długoterminowa strategia klimatyczna z perspektywą do 2050 r. [Komisja Europejska 2018]. Zawierał on po raz pierwszy, jako jeden ze scenariuszy, osiągnięcie neutralności klimatycznej stanowiącej równowagę pomiędzy ilością emisji gazów cieplarnianych a wielkością ich pochłaniania. Ten projekt wzbudził też wiele wątpliwości i początkowo był popierany tylko przez kilka krajów członkowskich. Jednak kolejne miesiące żmudnych dyskusji doprowadziły do położenia nacisku na najbardziej ambitną ścieżkę redukcji emisji. W efekcie już po 10 dniach ukonstytuowania się nowej Komisji Europejskiej (2019-2024), została przedstawiona całościowa koncepcja Europejskiego Zielonego Ładu, która 19 grudnia 2019 r. w trakcie szczytu Rady Europejskiej została poparta przez szefów państw i rządów krajów członkowskich. Wątpliwości wyraziła jedynie Polska [Gawlikowska-Fyk 2020].

Komisja Europejska 4 marca 2020 r. zaprezentowała projekt nowego prawa klimatycznego (ważnego elementu EŁZ), którego najważniejszy zapis zobowiązuje do osiągnięcia neutralności klimatycznej UE w 2050 r. We wrześniu tego roku, Komisja zmodyfikowała pierwotny projekt, uwzględniając nowy cel UE dotyczący redukcji co najmniej 55,0% emisji do 2030 r. i opublikowała komunikat w sprawie planu dotyczącego celu klimatycznego na 2030 r. wraz z całościową oceną jego skutków [Komisja Europejska 2020c]. W grudniu 2020 r. Rada Europy zatwierdziła w swoich konkluzjach ten cel jako wiążący oraz uzgodniła podejście ogólne, a w celu wypracowania ostatecznego tekstu zorganizowała z Parlamentem Europejskim szereg posiedzeń trójstronnych. W wyniku tych negocjacji, 21 kwietnia 2021 r. osiągnięto wstępne porozumienie polityczne, aby w prawie klimatycznym UE, jako cele uwzględnić osiągnięcie neutralności klimatycznej do roku 2050 oraz wspólne ograniczenie do 2030 r. emisji netto gazów cieplarnianych o co najmniej 55,0% w porównaniu z poziomem z roku 1990. Uzgodniono też, że redukcje emisji będą mieć priorytet w stosunku do ich pochłaniania i ustalono limit na udział pochłaniania w osiąganiu jego celu netto – 225 mln ton ekwiwalentu CO<sub>2</sub> do 2030 r. Ponadto zobowiązano Komisję do nawiązania kontaktów z sektorami gospodarki, które chcą przygotować orientacyjne dobrowolne plany działań w celu osiągnięcia neutralności klimatycznej UE do 2050 r. Komisja ma monitorować tworzenie takich planów, ułatwiać dialog na szczeblu UE oraz upowszechniać wśród interesariuszy sprawdzone rozwiązania paryskie [Council of the European Union 2021].

Dodatkowo w ramach negocjacji ustanowiono powołanie (wybieranego na 4-letnią kadencję) europejskiego naukowego komitetu doradczego ds. zmiany klimatu, w którym ma zasiadać 15 wysokich rangą ekspertów naukowych różnych narodowości (nie więcej niż 2 z tego samego państwa). Do zadań tego niezależnego organu ma należeć m.in. dostarczenie porad naukowych i sprawozdań na temat działań, celów klimatycznych, orientacyjnych budżetów emisyjnych oraz ich spójności z europejskim prawem klimatycznym i międzynarodowymi zobowiązaniami UE wynikającymi z porozumienia paryskiego [Council of the European Union 2021]. Parlament Europejski w dniu 24 czerwca 2021 r., a następnie Rada Europy 28 czerwca 2021 r. (w pierwszych czytaniach), przyjął stanowisko w sprawie europejskiego prawa klimatycznego, kończąc procedury przyjmowania tego prawa, którego nadrzędny cel zakłada osiągnięcie przez UE neutralności klimatycznej do 2050 r. [Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021].

## **7.2. Strategie Europejskiego Zielonego Ładu dotyczące sektora rolnego**

Europejski Zielony Ład to strategia dotycząca przebudowy dotychczasowej gospodarki Unii Europejskiej w kierunku minimalizacji skali wykorzystania i zużycia zasobów naturalnych przy jednoczesnym zachowaniu konkurencyjności międzynarodowej. W jego ramach ma zostać zmodyfikowany proces koordynacji makroekonomicznej krajów członkowskich UE uwzględniając przy tym nadrzędny cel, którym jest zrównoważony rozwój według ONZ [United Nations 2015]. Zgodnie z tym, w centrum polityki gospodarczej UE i wynikających z niej działań, mają znaleźć się cele szeroko rozumianego zrównoważonego rozwoju. Wdrażanie więc założeń Europejskiego Zielonego Ładu wymaga nowego podejścia do strategii politycznych dotyczących dostaw czystej energii dla gospodarki w jej poszczególnych sektorach oraz opodatkowania i świadczeń socjalnych. Większy nacisk ma być kładziony na ochronę i restytucję naturalnych ekosystemów, zrównoważonego korzystania z zasobów naturalnych oraz poprawy warunków życia i zdrowia ludzkiego [Pomykała i Raczyński 2020].

Do istotnych i celowych obszarów EŁZ związanych bezpośrednio z sektorem rolnym i obszarami wiejskimi należy stworzenie sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego środowiska systemu żywnościowego – strategia „od pola do stołu” [Komisja Europejska 2020b], ochrona gleb



w ramach strategii do 2030 r. [Komisja Europejska 2021] oraz ochrona i odbudowa ekosystemów i bioróżnorodności [Komisja Europejska 2020a]. Europejska strategia „od pola do stołu” ma za zadanie przyczynić się do zmian w sektorze żywnościowym w kierunku wyraźnie odczuwalnego zmniejszenia jego śladu środowiskowego i klimatycznego. Te ambitne cele postawione przez Komisję Europejską mają być zrealizowane do końca drugiej dekady XXI wieku poprzez redukcję stosowania pestycydów o 50,0% i nawozów sztucznych o 20,0% oraz zwiększenie udziału upraw ekologicznych do 25,0%. Ponadto poprawie ma ulec dobrostan zwierząt m.in. poprzez obniżenie sprzedaży o 50,0% środków drobnoustrojowych (antybiotyków) dla zwierząt hodowlanych. Efektem zakładanego ograniczenia zużycia nawozów sztucznych i środków ochrony roślin ma być wyraźne zmniejszenie się ładunku biogenów wymywanych do wód gruntowych i powierzchniowych, ograniczenie zakwaszania gleb oraz wzrost bioróżnorodności na obszarach wiejskich. Strategia ta jako jeden z głównych elementów Europejskiego Zielonego Ładu ma spowodować: „... by unijny system żywnościowy stał się światowym standardem równowagi. Transformacja w kierunku zrównoważonych systemów żywnościowych wymaga wspólnego podejścia angażującego organy publiczne na wszystkich szczeblach władzy...” [Komisja Europejska 2020b].

Europejska strategia na rzecz ochrony gleb 2030 ma przyczynić się do zatrzymania i odwrócenia obecnie dominujących tendencji w procesach degradacji gleb, co ma skutkować szeroko rozumianymi korzyściami gospodarczymi. Brak działań w przeciwstawieniu się dotychczasowym tendencjom doprowadzi nie tylko do dalszego spadku zasobności i żyzności gleb, ale stanowi realne zagrożenie bezpieczeństwa żywnościowego i wpływa na jakość produktów rolnych oraz ich wartość odżywczą. Zaproponowana przez KE strategia na rzecz ochrony arealów glebowych wyznacza ramy i określa konkretne środki na rzecz ochrony, rekultywacji i zrównoważonego użytkowania gleb oraz stanowi odpowiedni bodziec służący mobilizacji zaangażowania społeczeństwa i zasobów finansowych. Jednocześnie opowiada się za tworzeniem i wdrażaniem zrównoważonych praktyk wraz z monitorowaniem ich postępów. Strategia stawia za cel główny osiągnięcie dobrego stanu gleby: „Do 2050 r. wszystkie ekosystemy glebowe w UE będą w dobrym stanie, a tym samym będą bardziej odporne, co wymaga bardzo zdecydowanych zmian w obecnej dekadzie. Do tego czasu normą stanie się ochrona, zrównoważone użytkowanie i rekultywacja gleby. Zdrowe gleby, jako kluczowe rozwiązanie przyczyniają się do sprostania dużym wyzwaniom związanym z osiągnięciem neutralności klimatycznej i odporności na zmianę klimatu, rozwojem czystej biogospodarki o obiegu zamkniętym, odwróceniem procesu utraty różnorodności biologicznej, ochroną zdrowia ludzi, powstrzymaniem pustynnienia i odwróceniem procesu degradacji gruntów” [Komisja Europejska 2020b].

Strategia określa szczegółowo pojęcie zdrowej gleby, która powinna charakteryzować się dobrym stanem chemicznym, biologicznym i fizycznym. Warunki te są niezbędne, aby była w stanie w sposób ciągły zapewnić jak najwięcej usług ekosystemowych, do których należą [Komisja Europejska 2020b]:

- zapewnienie produkcji żywności i biomasy, w tym rolnictwie i w leśnictwie,
- wchłanianie, przechowywanie i filtrowanie wody oraz przekształcanie składników odżywczych i substancji, co pozwala chronić wody gruntowe,
- zapewnienie podstaw dla życia i różnorodności biologicznej, w tym siedlisk, gatunków i genów,
- pełnienie roli rezerwuaru węgla,
- zapewnienie fizycznej platformy i usług kulturowych dla ludzi i ich działalności,
- pełnienie roli źródła surowców,
- pełnienie roli archiwum dziedzictwa geologicznego, geomorfologicznego i archeologicznego.

W zakładanym przez Europejski Zielony Ład osiągnięciu zerowych emisji gazów cieplarnianych netto do 2050 r. mają też swój udział gleby poprzez pochłanianie dwutlenku węgla w wyniku ich rekultywacji i prowadzonej na nich gospodarki, opartej na ukierunkowanych i stosowanych nieustannie zrównoważonych praktykach rolnych. Praktyki te powinny uwzględniać konieczność wyeliminowania antropogenicznych emisji z gleb organicznych oraz zwiększenie zasobów węgla w glebach mineralnych. Sekwestracja dwutlenku węgla w glebach mineralnych (uzależniona od rodzaju gleb i warunków klimatycznych) jest racjonalną pod względem ekonomicznym metodą łagodzenia skutków emisji gazów cieplarnianych pod warunkiem stosowania na gruntach ornych odpowiednich praktyk i technik gospodarowania, do których m.in. należy utrzymanie odpowiedniego odczynu gleby poprzez ich wapnowanie. Praktyki te powinny być promowane przez kraje członkowskie UE i ujęte w krajowych strategiach powiązanych z Europejskim Zielonym Ładem. Aby ujednoczyć i usprawnić wdrażanie strategii ochrony gleb planowane jest stworzenie nowego modelu zarządzania opartego na „sieci” (koalicji na rzecz zdrowych gleb) *Coalition4HealthySoils (C4HS)* [Komisja Europejska 2020b].

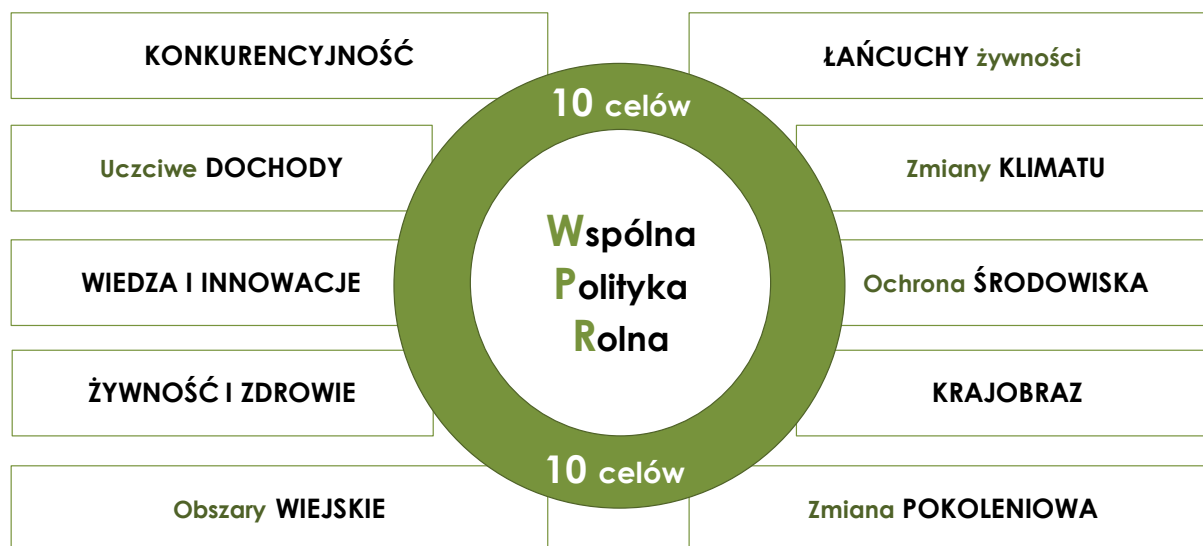
*Europejska strategia na rzecz bioróżnorodności* dotyczy szeroko rozumianego zachowania różnorodności biologicznej poprzez ochronę gatunków i ekosystemów oraz zwiększenie nakładów i działań w kierunku poprawy relacji pomiędzy przyrodą a rolnictwem [Komisja Europejska 2020a]. Przedmiotowa strategia, w celu ograniczenia postępującej degradacji środowiska przyrodniczego oraz zahamowania spadku bioróżnorodności i proponuje szereg inicjatyw i działań w obrębie różnych obszarów powiązanych z ochroną przyrody i gospodarowaniem jej zasobami. W dużej mierze strategia opiera się na działaniach służących poprawie i rozszerzeniu istniejącej sieci obszarów chronionych. Wśród propozycji jest objęcie formami ochrony prawnej co najmniej 30,0% obszarów lądowych i 30,0% obszarów morskich formami ochrony prawnej oraz zachowanie lub wytyczenie korytarzy ekologicznych w ramach istniejącej już sieci Natura 2000. Dodatkowo sugeruje się podniesienie rygoru ochrony tak, aby około 33,0% obszarów chronionych (m.in. wszystkie lasy pierwotne i starodrzewy) zostało objęte ochroną ścisłą. W strategii uwzględniono także przyjęcie nowego planu odbudowy zasobów przyrodniczych, którego realizacja ma polegać na zmniejszeniu antropopresji na siedliska i gatunki oraz stopniową poprawę ich kondycji [Komisja Europejska 2020a].

### **7.3. Wspólna Polityka Rolna jako narzędzie Europejskiego Zielonego Ładu**

Realizacja celów i polityki Europejskiego Zielonego Ładu, dotycząca w dużej mierze gospodarki rolnej i obszarów wiejskich, uwzględniona została w nowej Wspólnej Polityce Rolnej (WPR 2021-2027). Stanowi ona nie tylko kontynuację dotychczasowych polityk (WPR 2007-2013 i WPR 2014-2020), ale wprowadza istotne zmiany w priorytetach i działaniach [Musiał i Szumiec 2021]. Według analizy Peter i innych (2019) może stać się pewnym przełomem w odniesieniu do nowo sformułowanych funkcji rolnictwa i działań mających na celu wsparcie gospodarstw rolnych. Zawiera bowiem dziesięć celów, w tym trzy bezpośrednio związane z ochroną środowiska i przyrody. Wśród celów środowiskowych WPR 2021-2027 wymieniony jest cel 5 – dbanie o środowisko. Według KE gleby rolne w UE zawierają ekwiwalent 51 mld ton dwutlenku węgla, co przekracza ilość gazów cieplarnianych emitowanych co roku do atmosfery przez kraje UE. W oparciu m.in. o to został sformułowany przez KE zakres tego celu – „...wspieranie zrównoważonego rozwoju i wydajnego gospodarowania zasobami naturalnymi, takimi jak woda, gleba i powietrze, w tym poprzez ograniczanie uzależnienia od środków chemicznych” [agriculture.ec.europa.eu 2023].

W ramach reformy Wspólnej Polityki Rolnej 2021-2023 każdy z krajów członkowskich zobowiązany jest do przygotowania krajowego planu strategicznego. Polski Plan Strategiczny dla WPR 2023-2027 został zatwierdzony przez Komisję Europejską 31 sierpnia 2022 r. W planie tym

określono zakres wsparcia zrównoważonego rozwoju polskich gospodarstw, sektora przetwórstwa oraz działania nakierowane na poprawę warunków życia i pracy w małych miejscowościach wiejskich. Wprowadzana nowa WPR ma m.in. wspierać zrównoważone metody gospodarowania w polskim rolnictwie, które są przyjazne klimatowi i środowisku, chroniąc wodę, glebę i powietrze oraz dbając o zachowanie bioróżnorodności na obszarach wiejskich (rysunek 34).



**Rysunek 34. Dziesięć kluczowych celów Wspólnej Polityki Rolnej 2021-2027**

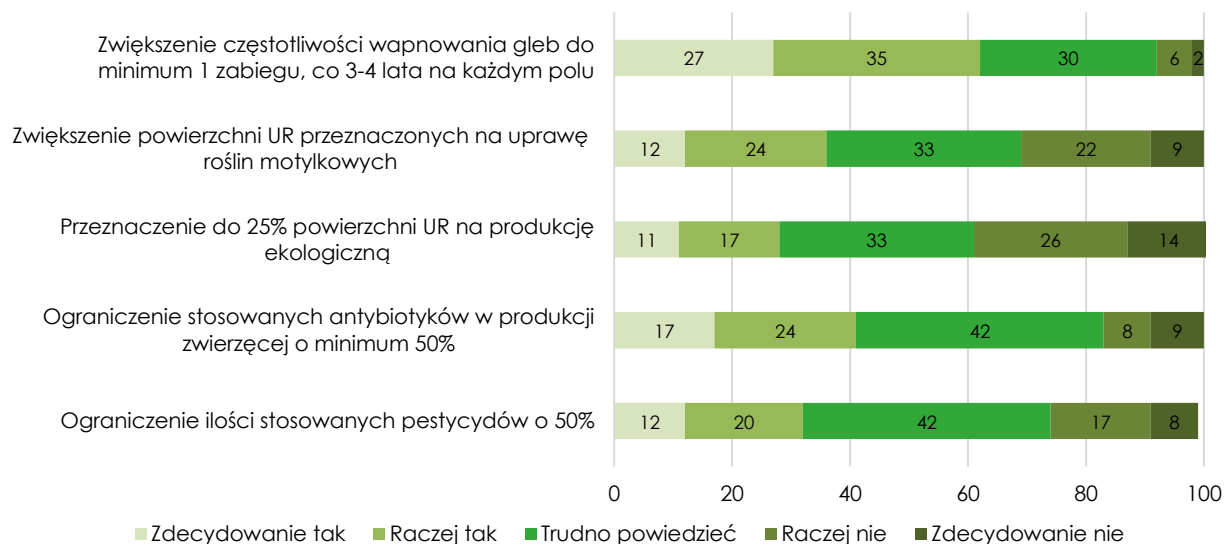
Źródło: opracowanie własne na podstawie: [www.ksow.pl](http://www.ksow.pl) 2023.

W ramach wspierania zrównoważonego rozwoju i efektywnego zarządzania zasobami naturalnymi, takimi jak woda, gleba i powietrze, w tym poprzez ograniczenie uzależnienia od produktów chemicznych (SO5) w ekoschemacie – *Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi* (I.4.2) jako działanie praktyczne wprowadzono opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia, które ma przyczynić się do promowania praktyk służących zachowaniu materii organicznej w glebie, dbaniu o właściwy odczyn gleby i zasobność w składniki pokarmowe. Celem tego działania ma być właściwe zarządzanie nawożeniem dostosowanym do zasobności gleb w azot, fosfor, potas, magnez, wapń. Dzięki temu nawożenie będzie dostosowane do potrzeb pokarmowych roślin, co powinno przyczynić się do poprawy jakości i ilości płodów rolnych. Bezpośrednim efektem będzie zmniejszenie zużycia nawozów sztucznych (realizacja celów Europejskiego Zielonego Ładu), co pozytywnie wpłynie na jakość wody i gleby. Ponadto wprowadzając wariant z wapnowaniem, praktyka ta ma przeciwdziałać zakwaszeniu gleb, stanowiącemu istotne zagrożenie dla środowiska. Zakwaszenie pogarszając właściwości chemiczne i fizyczne gleb powoduje nie tylko problemy w ich gospodarce wodnej (co ma szczególne znaczenie w okresach suszy), ale też poprzez zmniejszenie efektywności wykorzystania azotu i fosforu, wpływa ujemnie na jakość i ilość plonu roślin uprawnych. Działania praktyczne *Opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia* stanowią instrument wsparcia mający wpływ na następujące wskaźniki przewidywanych rezultatów [*Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027* 2022]:

- R.19 – poprawa jakości gleby i jej ochrona,
- R.20 – poprawa jakości powietrza: odsetek wykorzystywanej powierzchni użytków rolnych objętej otrzymującymi wsparcie zobowiązaniami do ograniczenia emisji amoniaku,
- R.21 – ochrona jakości wody,
- R.22 – zrównoważona gospodarka składnikami odżywczymi.

Realizacja koncepcji Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ), obok nadziei na poprawę jakości środowiska i życia ludzi generuje także poważne obawy społeczeństwa. Dotyczą one przede wszystkim kosztów (nie tylko ekonomicznych), jakie będą musiały ponieść kraje UE w trakcie wdrażania jej założeń oraz rozmiaru zmian w dotychczasowym życiu. Poważnie zaniepokojony jest także polski sektor gospodarki rolnej (zwłaszcza producenci rolni). Obawy te dotyczą głównie konsekwencji transformacji dotychczasowych procedur, procesów i kosztów z nich wynikających. Mając świadomość aktualnego stanu gospodarki rolno-spożywczej i sytuacji ekonomicznej kraju, głosy co do realności i wykonalności założeń nowej, europejskiej koncepcji rozwoju są zatem bardzo podzielone [Zacharuk 2022].

Potwierdzeniem powyższego są wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród właścicieli gospodarstw rolnych. Wskazują one, że znaczna część respondentów nie jest w stanie (lub nie chce) jednoznacznie opowiedzieć się jako zwolennicy lub oponenty zmian wynikających z wdrażania założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ). Świadczy o tym także fakt, iż blisko 40,0% badanych na pytania dotyczące możliwości lub niemożliwości wdrażania podstawowych założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) w gospodarstwach rolnych zaznaczyła wariant odpowiedzi: „trudno powiedzieć”. Spośród przedstawionych respondentom przykładów założeń EZŁ, które powinny być zrealizowane w ich gospodarstwach do 2030 r., największe szanse realizacji przypisano ograniczeniu ilości antybiotyków stosowanych w produkcji zwierzęcej (41,0% respondentów), zwiększeniu powierzchni UR pod uprawę roślin motylkowych (36,0% respondentów) i ograniczeniu ilości stosowanych pestycydów (32,0% respondentów). Największe wątpliwości budziła u respondentów możliwość przeznaczenia do 25,0% powierzchni UR na produkcję ekologiczną – tylko 27,0% ankietowanych wypowiedziało się pozytywnie w tej kwestii (wykres 17). Jednocześnie bardzo pozytywne było nastawienie rolników do możliwości zwiększenia częstotliwości wapnowania. W tym przypadku odpowiedź „tak” lub „zdecydowanie tak” wskazało 62,0% respondentów. Warto w związku z tym propagować wśród producentów rolnych dobre praktyki w zakresie wapnowania, aby w ten sposób umożliwić im ograniczanie zużycia nawozów mineralnych i pestycydów.



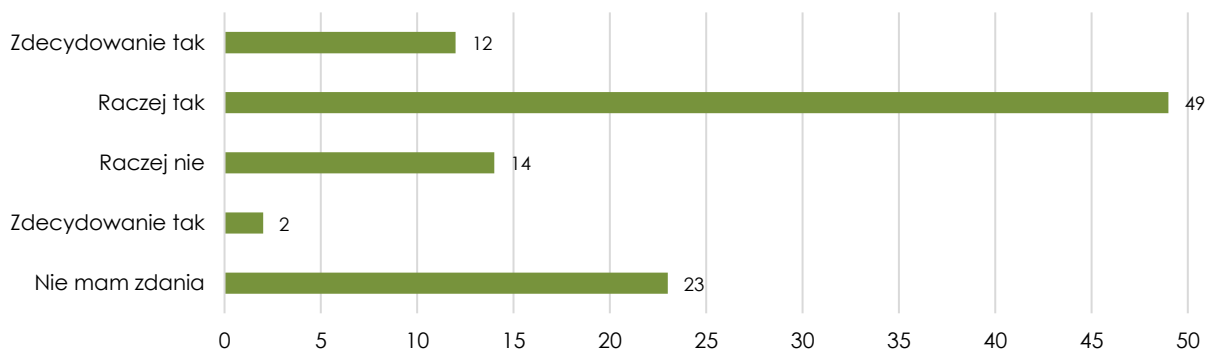
Objaśnienia do wykresu: n = 433.

### Wykres 17. Możliwości realizacji wybranych założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) przez gospodarstwo rolne [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

W sytuacji wzrastających ograniczeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) w zakresie nawożenia mineralnego (NPK) oraz ilości stosowanych pestycydów, jako szczególnie istotna jawi się kwestia utrzymania optymalnej kwasowości gleby dla poprawy warunków wzrostu i rozwoju

roślin uprawnych oraz poprawy ich zdrowotności. Przeprowadzone badania ankietowe wskazują, iż w grupie ekspertów wyraźnie dominuje przeświadczenie o dużej efektywności zabiegu wapnowania jako narzędzia umożliwiającego ograniczenie stosowania NPK, przy jednoczesnym utrzymaniu dotychczasowego poziomu plonowania. Około 61,0% respondentów uznało bowiem wapnowanie gleb, jako zabieg rekompensujący zmniejszenie plonów z tytułu ograniczenia stosowania nawożenia mineralnego (NPK). Jedynie 16,0% badanych reprezentuje natomiast przeciwne stanowisko w tym zakresie. Warto podkreślić jednak, że spośród ogółu ankietowanych, co piąty „nie ma zdania” na ten temat (wykres 18).

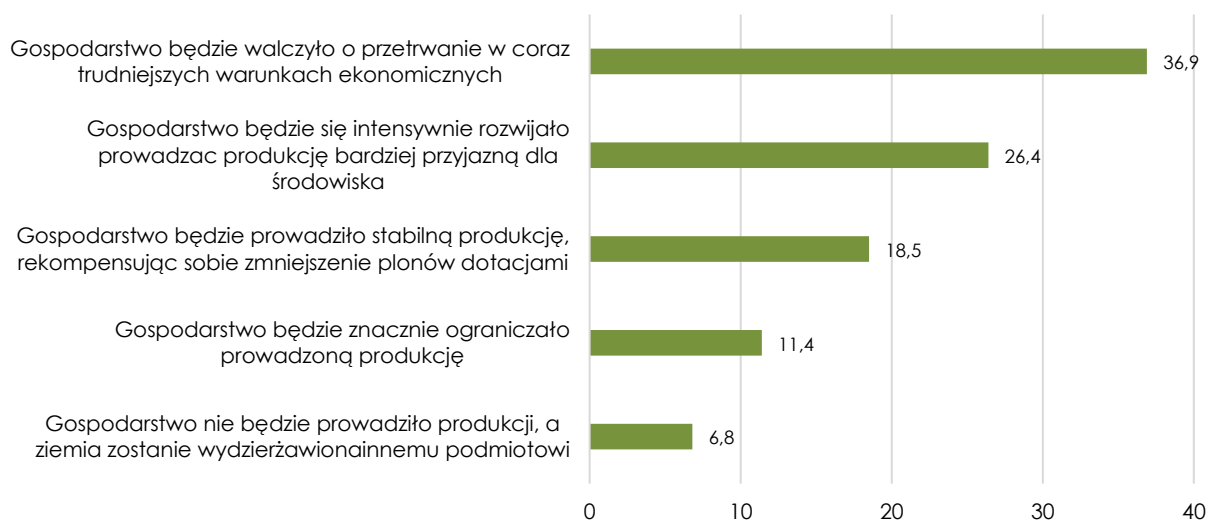


Objaśnienia do wykresu: n = 325.

#### Wykres 18. Wapnowanie jako narzędzie rekompensaty skutków ograniczenia nawożenia mineralnego (NPK) w gospodarstwie rolnym [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Realizacja założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) w zakresie rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich będzie miała istotny wpływ na przebieg procesów transformacji polskich gospodarstw rolnych. Jak wskazują wyniki badań ankietowych, z jednej strony znaczna część rolników (37,7%) obawia się, że konsekwencją wprowadzonych ograniczeń może być sytuacja, w której ich gospodarstwo będzie walczyło o przetrwanie w coraz trudniejszych warunkach ekonomicznych. Około 11,5% badanych uważa natomiast, że ich gospodarstwo będzie znacznie ograniczało prowadzoną produkcję, a blisko 7,0% stwierdziło, iż gospodarstwo nie będzie prowadziło produkcji, a ziemia zostanie wydzierżawiona innemu podmiotowi (wykres 19).



Objaśnienia do wykresu: n = 433.

#### Wykres 19. Skutki realizacji założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) dla gospodarstwa rolnego [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.



Z drugiej strony blisko połowa ankietowanych rolników podchodzi do projektowanych w ramach Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) rozwiązań z większym optymizmem. Około 26,5% przewiduje bowiem, że w przyszłości ich „gospodarstwo będzie się intensywnie rozwijało, prowadząc produkcję bardziej przyjazną dla środowiska”. Natomiast 18,5% twierdzi, że „gospodarstwo będzie prowadziło stabilną produkcję, rekompensując sobie zmniejszenie plonów dotacjami”. Obawy badanych rolników odnośnie wpływu planowanych w ramach nowej strategii rozwoju europejskiego rolnictwa do 2030 r. rozwiązań na tempo i kierunek rozwoju lub upadku ich gospodarstw rolnych są w pełni uzasadnione. Nie ulega wątpliwości, że od początku okresu transformacji gospodarczej w Polsce, rozwój silniejszych ekonomicznie gospodarstw rolnych wymaga transferu ziemi z podmiotów słabszych ekonomicznie [Tomczak 2006, Musiał 2008, Wojewodzik 2017, Wojewodzik i inni 2017]. Niezbędne są również zmiany w organizacji produkcji rolnej, komasacja gruntów, scalenia, czy poprawa rozłogów [Dacko 2006, Wojewodzik i inni 2021].

Wyżej wymienione zmiany następują w sposób ewolucyjny, jednak wiele środowisk wskazuje, że są one zbyt powolne i zbyt kosztowne w stosunku do osiągniętych dotychczas efektów. W kontekście koncepcji Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) oraz jej skutków dla polskiego rolnictwa pojawiają się zatem liczne wątpliwości, tj. czy ciężar proponowanych zmian będzie ponosiło społeczeństwo jako całość, czy zostanie on przerzucony wyłącznie na gospodarstwa rolne, przy czym szczególnie na słabsze ekonomicznie jednostki. Należy pamiętać bowiem, iż w przypadku braku adekwatnego do kosztu transformacji polskiego rolnictwa wsparcia ze strony państwa i Unii Europejskiej, byt nie tylko słabszych, ale i silniejszych ekonomicznie gospodarstw rolnych może być zagrożony.

#### **7.4. Wpływ wapnowania na jakość i ilość produktów rolnych w oparciu o Europejski Zielony Ład**

Wapnowanie gleb to bardzo ważny element prowadzonej gospodarki nawozowej [Lityński i Jurkowska 1982, Mocek 2015, Kotecki 2020]. Przeciwdziałając zakwaszeniu gleby wpływa ono na poprawę jej struktury, wzmacnia jej kompleks sorpcyjny i zdolności retencyjne wody [Dobrzański i Zawadzki 1995, Bednarek i inni 2004, Mocek 2015]. Ten pozytywny wpływ przejawia się polepszeniem zasobności i żyzności gleb, tj. niezmiernie ważnych aspektów w zrównoważonej produkcji rolnej [Lityński i Jurkowska 1982, Komisja Europejska 2020b]. Ponadto wzrost wartości pH powoduje polepszenie efektywności wykorzystania azotu i fosforu przez rośliny uprawne oraz zmniejszenie mobilność glinu, manganu i innych metali ciężkich, co powoduje ich zatrzymanie w glebie i nie wbudowywanie ich do obiegu gleba-roślina. Przy niskim pH występują bardzo poważne zagrożenia uruchomienia rozpuszczalnych form metali ciężkich [Dobrzański i Zawadzki 1995, Bednarek i inni 2004, Mocek 2015]. Ułatwione w takich warunkach pobranie ich przez rośliny uprawne powoduje, że jakość uzyskanych plonów jest wątpliwa. Zwłaszcza, gdy rośliny stanowią elementy łańcuchów troficznych człowieka lub zwierząt hodowlanych. Jest to bardzo poważne zagrożenie zdrowotne [Hersy 1981, Lityński i Jurkowska 1982, Kotecki 2022].

Rośliny uprawne mogą prawidłowo przejść proces swojego rozwoju i wydać adekwatnie duży plon o odpowiednich parametrach jakościowych jedynie w warunkach, gdy areal na którym są uprawiane ma uregulowany odczyn glebowy w zależności od ich gatunkowych wymagań. Dla zdecydowanej większości roślin uprawianych w Polsce najodpowiedniejszy dla ich wzrostu, rozwoju oraz plonowania odczyn gleb mieści się w przedziale od lekko kwaśnego do zasadowego (pH 5,6-7,0) [Lityński i Jurkowska 1982, Filipek i inni 2015, Kotecki 2022]. Z tych powodów bardzo ważną ze względów prowadzonej zrównoważonej gospodarki rolnej jest popularyzacja wśród rolników tworzenia planów nawożenia ich arealów uprawnego. Plany te powinny opierać się na aktualnych wynikach badań glebowych umożliwiającymi dokładne dostosowanie nawożenia nie

tylko do optymalnych potrzeb prowadzonych upraw polowych, ale przede wszystkim ustalenie stopnia zakwaszenia gleb (bardzo poważny problem w polskich warunkach) i opracowania realnego w efektach poziomu wapnowania [Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 2022].

Odczyn gleby jest czynnikiem, który w znaczący sposób reguluje procesy przemian węgla i azotu. Gazowe związki tych pierwiastków emitowane z gleb stanowią znaczące źródło zanieczyszczenia atmosfery, które z kolei są przyczyną intensyfikacji procesów globalnego ocieplenia, zakwaszenia opadów atmosferycznych oraz ubytków w warstwie ozonowej. Wapnowanie gleb, które reguluje wartości ich pH, przyczynia się do odwrócenia tego procesu poprzez zatrzymywanie związków tych pierwiastków pochodzenia glebowego i atmosferycznego. Dodatkowo może potencjalnie niwelować straty gazowe węgla i azotu w postaci ditlenku węgla, metanu, tlenków azotu, tlenku diazotu i amoniaku. Emisja i sekwestracja CO<sub>2</sub> w glebach po zastosowaniu zabiegu wapnowania jest efektem nie tylko rozpuszczenia zastosowanego nawozu odkwaszającego ale też jego wpływem na ilość, jakość i przemiany substancji organicznej, która stanowi potencjalne źródło lub rezerwuar tego związku [Filipek i inni 2015]. Badania Hamilton i innych (2007) potwierdziły, że w wyniku procesu rozpuszczania wapna nawozowego nastąpiło związanie w glebie 20,0%-50,0% węgla dostarczonego do niej wraz z nawozem. Ilość wyemitowanego z gleb do atmosfery metanu warunkowana jest równowagą procesów jego utleniania i produkcji, na które oddziałują jony wodorowe zawarte w kompleksie sorpcyjnym gleb [Barton i inni 2010]. Produkcja metanu zachodzi w warunkach beztlenowych, ale prowadzą ją neutrofile. Zastosowanie wapnowania ma wpływ na ten proces, z jednej strony nasila powstawanie metanu poprzez uzyskanie dla nich optymalnego pH i wzrost dostępności łatwo rozkładalnego węgla, a z drugiej ogranicza ilość powstającego metanu. Ograniczenie to jest efektem poprawy struktury gleby czyli zmniejszenia ilości i czasu występowania w niej makroprzestrzeni o warunkach beztlenowych [Barton i inni 2013].

Wapnowanie gleb jako zabieg stosowany w celu przeciwdziałania zakwaszeniu gleb [Lityński i Jurkowska 1982, Kotecki 2022] znacząco wpływa na regulację wymywania biogenów i metali ciężkich z profilu glebowego [Starmach i inni 1976, Hillel 2012]. Ładunek biogenów pochodzenia rolniczego stanowi w warunkach fizjograficznych Polski bardzo poważne źródło zanieczyszczeń wód podziemnych i powierzchniowych prowadzących do wzmożenia ich eutrofizacji (w tym Morza Bałtyckiego) [Dobrzański i Zawadzki 1995, Bednarek i inni 2004, Mocek 2015]. Wymywane z zakwaszonych gleb składniki nawozowe, które w takich niekorzystnych warunkach nie zostały efektywnie wykorzystane przez rośliny stanowią nie tylko poważne zagrożenie środowiskowe (zanieczyszczenie wód), ale powodują straty ekonomiczne samych zabiegów nawożenia NPK [Hersy 1981, Lityński i Jurkowska 1982, Kotecki 2022]. Wapnowanie gleb przyspiesza i zwiększa mineralizację azotu i uruchamia jego formę amonową z zawartej w glebie materii organicznej. Powoduje też zwiększenie tempa nityfikacji poprzez wzrost aktywności mikroorganizmów nityfikujących (przy spadku aktywności jej inhibitorów) i dostępności azotu amonowego.

W przypadku fosforu, wapnowanie gleb prowadzi początkowo do zwiększenia jego ilości w roztworze glebowym wskutek ograniczenia oddziaływania glinu, a także do ograniczenia adsorpcji specyficznej, wzrostu rozpuszczalności oraz przyspieszenia mineralizacji. Jednak w przypadku znacznego wzrostu pH może dojść do wiązania fosforanów przez wapń (powstanie nierozpuszczalnych fosforanów wapnia i apatytów). Wapnowanie przyczynia się też znacząco do zmiany stanu równowagi pomiędzy aktywnymi formami wapnia, magnezu i potasu w glebie. W efekcie zastosowania tego zabiegu następuje spadek tempa wietrzenia minerałów, zwiększenie pojemności kompleksu sorpcyjnego i wypieranie z niego jonów wodorowych i glinu. Poza tym w wyniku intensywnej sorpcji wymiennej może nastąpić spadek zawartości potasu i magnezu w roztworze glebowym, co blokuje wymywanie ich z gleby [Filipek i inni 2015].

Według Goulding i Blake (1998a, b) wapnowanie pozytywnie wpływa też na jakość i ilość plonu poprzez stymulację rozwoju nie tylko bakterii wiążących azot, ale też tych, które biorą udział w hydrolizie białek, amonifikacji, utlenianiu siarki oraz szeregu innych procesów i przemian wpływających na dostępność składników pokarmowych dla roślin. Wapnowanie użytków zielonych ma także korzystny wpływ na skład chemiczny runi łąkowej oraz poprawia jakość oraz ilość paszy uzyskanej z danej powierzchni użytku zielonego. W znaczny sposób działa pozytywnie na skład botaniczny kwaśnych łąk, co zdecydowanie polepsza smakowitość uzyskiwanych pasz i podnosi wartość odżywczą ziół [Grzywnowicz 1998, Čop 2014].

Według Golińskiego (2006) zastosowanie wapna na arenach łąk i pastwisk produkcyjnych poprawia też kondycję roślinności trawiastej na przylegających do nich użytkach zielonych ekstensywnie użytkowanych oraz wzbogaca w wapń cały sąsiadujący ekosystem. Zastosowanie wapnowania, które przyczynia się do zmniejszenia wymywania biogenów z gleb terenów rolniczych przyczynia się także do zmniejszenia eutrofizacji siedlisk naturalnych. Wpływa to na ograniczenie zmiany struktury gatunkowej na tych siedliskach i pozwala na zachowanie naturalnej bioróżnorodności. W przypadku zaistniałych już zmian siedliskowych wskutek procesów eutrofizacji, może doprowadzić do ich częściowego zahamowania i odbudowy naturalnego składu gatunkowego, w tym roślin i zwierząt gatunków rzadkich, endemicznych, zagrożonych, wpisanych na czerwone listy gatunków zagrożonych wyginięciem. Intensyfikacja lub wręcz włączenie zabiegu wapnowania gleb realizuje założenia postawione w ramach strategii ochrony bioróżnorodności UE [Komisja Europejska 2020a].

Zabieg wapnowania włączony do prowadzonej w sposób racjonalny i zrównoważony gospodarki nawozowej, wpływa również korzystnie na jej bilans ekonomiczny. Zastosowanie wapna, które umożliwia częściową redukcję ilości stosowanych nawozów NPK, obniża poniesione koszty na zakup i zastosowanie tego typu nawozów. Wapnowanie, jako dodatkowy zabieg generujący koszty (zakup i zastosowanie), bilansuje je dodatnio poprzez uzyskane efekty, do których należy poprawienie jakości gleb oraz zwiększenie ilości uzyskanych płodów rolnych. Pozytywnie wpływa on również na ograniczenie poboru przez rośliny uprawne metali ciężkich, występujących w glebach. W przypadku pojawienia się w podłożu, pierwiastków toksycznych nie tylko dla samych roślin, ale całego łańcucha pokarmowego, najważniejsze jest bowiem zmniejszenie zakresu ich dalszego rozprzestrzeniania. W tym przypadku pożądane jest stworzenie optymalnych warunków do przejścia ich form jonowych (łatwo pobieranych przez korzenie roślin z roztworu glebowego) do form trudnodostępnych, co pozwala na ich unieruchomienie. Przyczyniają się do tego procesy adsorpcji (najefektywniejszą jest niewymienna), tworzenia się trwałych kompleksów z próchnicą glebową oraz wytrącania w postaci związków trudno rozpuszczalnych [Bednarek i inni 2004]. Temu ostatniemu procesowi sprzyja na ogół odczyn bliski obojętnego, do którego można doprowadzić właśnie przeprowadzając odpowiednio przygotowany zabieg wapnowania gleby. Według Barana i Turskiego (1996) w przypadku jednorazowego zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, relatywnie tanim i skutecznym zabiegiem rekultywacyjnym jest właśnie zwapnowanie jej nieco bardziej, tj. do poziomu odczynu zasadowego.

Jak już wielokrotnie podkreślano, zarówno wysokość nawożenia NPK, jak i innych składników pokarmowych dostarczanych roślinom powinny być dostosowane zarówno do potrzeb roślin, jak również do warunków klimatyczno-glebowych, przebiegu pogody i stanowiska. Dzięki temu rośliny będą mogły swobodnie zaspakajać swoje potrzeby pokarmowe. W przeciwnym wypadku ponoszone wydatki oraz nakłady pracy nie będą w pełni efektywne, a znaczna część z nich może być marnowana. Jednym z warunków optymalizacji nawożenia mineralnego, zarówno z technologicznego jak i ekonomicznego punktu widzenia jest doprowadzenie gleby do takiego stanu, który będzie umożliwiawał optymalny wzrost i rozwój roślin. Mając na uwadze, że efekty wapnowania gleb mają charakter wieloaspektowy i synergicznie ze sobą oddziałują,

ujęto je w diagram przyczynowo-skutkowy zgodnie z filozofią podejścia systemowego. Kronenberg i Bergier (2010) zwracają uwagę na fakt, że systemy są czymś więcej niż tylko prostą sumą elementów, a kluczowe dla ich zrozumienia są kwestie powiązań i relacji pomiędzy tymi elementami. Takie możliwości dają diagramy przyczynowo-skutkowe, w których można wyróżnić:

- strzałki – elementy oznaczające relację przyczynowo-skutkową,
- strzałki z podwójnym przekreśleniem – elementy oznaczające, że skutek pojawi się z opóźnieniem,
- strzałki z plusem – elementy oznaczające, że obie zmienne zmieniają się w tym samym kierunku (wzrost przyczyny powoduje wzrost skutku),
- strzałki z minusem – elementy oznaczające, że zmienne zmieniają się w przeciwnym kierunku (wzrost przyczyny powoduje zmniejszenie się skutku).

Używając takiej formy opisu systemu opracowano diagram pozwalający zidentyfikować 14 kluczowych aspektów wapnowania gleb w ich wzajemnych interakcjach (rysunek 35). Interpretację diagramu należy rozpocząć od zasadniczego problemu jakim jest zakwaszenie gleby. Jest to zjawisko, które nasilając się, negatywnie oddziałuje na działanie kompleksu sorpcyjnego, będącego ważnym czynnikiem plonowania roślin. Zakwaszenie ogranicza także przyswajalność makro i mikroelementów, a więc istotny czynnik efektywności nawożenia mineralnego, które jest również bardzo ważne dla plonowania roślin. A trzeba zauważyć, że jeśli owa przyswajalność rośnie, to rośnie też efektywność nawożenia. Rolnicy mają wówczas możliwość osiągania podobnych plonów przy ograniczaniu dawek nawozów mineralnych. Zmniejszać się mogą zatem koszty produkcji roślinnej co będzie miało pozytywny wpływ na dochody rolnicze.

Przyswajalność makro i mikroelementów jest też determinantą jakości produktów rolnych. Może ona np. przejawiać się w ograniczaniu zjawisk szkodliwych takich jak wchłanianie przez rośliny metali ciężkich oraz w szeregu pozytywnych zjawisk jakie zachodzą, gdy roślina otrzymuje pożądane ilości azotu, potasu, fosforu, siarki i wapnia. Jak mówi teoria i praktyka rośliny stają się dzięki tym elementom bardziej odporne na choroby grzybowe (a więc nie trzeba ich zwalczać), mają silniejsze systemy korzeniowe (a więc lepiej radzą sobie z krótkotrwałymi suszami), a w ich części zielonej wykształca się chlorofil odpowiadający za procesy fotosyntezy. Bez wątplenia przekłada się to na jakość produktów rolniczych, żywność produkowana przez rolników staje się wartościowsza i zdrowsza. Konsumpcja zdrowszej żywności po pewnym czasie może przyczynić się do poprawy zdrowotności społeczeństwa, co jest bardzo istotnym aspektem społecznym.

Nie są to jedyne korzyści ograniczania kwasowości gleb. Możliwość osiągania podobnych plonów przy ograniczaniu dawek nawozów mineralnych z pewnością przełoży się też na ograniczenie skali przemieszczania się nawozów mineralnych do wód. Tym samym ograniczeniu ulegnie zjawisko wzbogacania wody składnikami odżywczymi, zwłaszcza związkami azotu lub fosforu, powodującymi przyspieszony wzrost glonów i wyższych form życia roślinnego. Zmniejszy się więc zagrożenie wód eutrofizacją, która przyczynia się do ograniczania ich jakości. Stan wód powierzchniowych poprawi się, z pozytywnymi konsekwencjami (w dalszej perspektywie), zarówno dla stanu środowiska przyrodniczego (trwałości i bioróżnorodności jego ekosystemów), jak i dla zdrowotności społeczeństwa użytkującego te ekosystemy. Trzeba też zauważyć, że większa produktywność rolnictwa (plonowanie roślin) to nie tylko korzyść w postaci większych dochodów rolników. Jest to także bardzo istotny aspekt przyczyniający się do poprawy bezpieczeństwa żywnościowego.





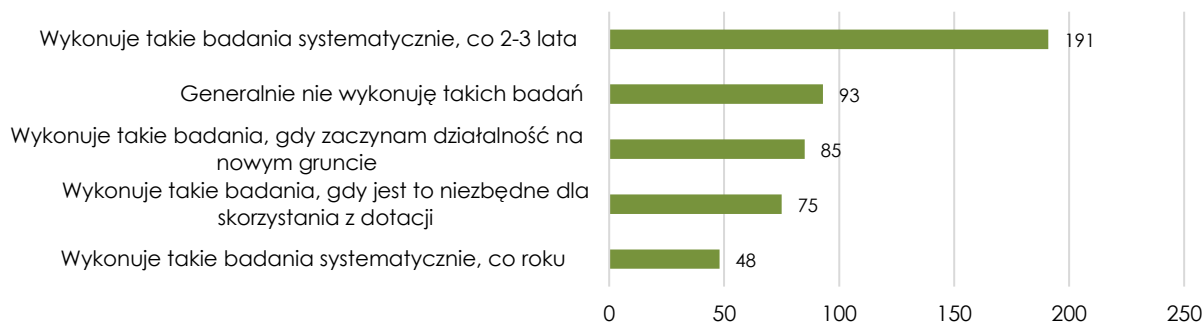
Diagram uświadamia więc liczne społeczne, gospodarcze i środowiskowe korzyści ograniczania kwasowości gleb realizowane poprzez agrotechniczne zabiegi wapnowania. Mając na uwadze, że wapnowanie bywa przez rolników marginalizowane, a nawet gdy jest stosowane, to jednostkowe dawki CaO są zazwyczaj albo zbyt małe, albo stosowane zbyt rzadko, zauważamy jak dużą rolę pełnić mogą i powinny programy wsparcia finansowego dla takich zabiegów. Programy wsparcia mogą zwiększać motywację rolników, zwłaszcza posiadaczy gospodarstw małych, realizujących ekonomiczną strategię minimalizacji nakładów. Jak wykazały wyniki badań ankietowych i wywiadów, istnieje potrzeba zwiększenia świadomości i wiedzy rolników, ponieważ także i ten czynnik stanowi istotną barierę wapnowania. Niewątpliwie ważne jest też wsparcie instytucjonalne zwłaszcza od tych instytucji, które stanowią bezpośrednie otoczenie rolnictwa – tj. służby doradztwa rolniczego i kompetentni pracownicy urzędów gmin. I choć efekty wapnowania nie pojawiają się od razu, to kontrola odczynu gleby w świetle przedstawionego diagramu staje się bardzo istotnym elementem polityki utrzymywania gleb w dobrej kulturze rolnej.

## 8. WYNIKI BADAŃ ANKIETOWYCH WŚRÓD ROLNIKÓW ORAZ PRACOWNIKÓW INSTYTUCJI OKOŁOROLNICZYCH NA TEMAT MOŻLIWOŚCI I BARIER STOSOWANIA NAWOZÓW WAPNIOWYCH

### 8.1. Strategie w zakresie wapnowania gleb stosowane przez respondentów

Wapnowanie gleby jako zabieg agrotechniczny stanowi z ekonomicznego punktu widzenia składnik kosztów pośrednich gospodarstwa rolnego. Wynika to z tego, iż wpływa na ilość i jakość produktów uzyskiwanych na danym polu przez kilka kolejnych lat. Jednocześnie efekty wapnowania są znacznie trudniejsze do zaobserwowania niż chociażby efekty stosowania nawozów azotowych. Czynniki te istotnie wpływają na decyzje producentów rolnych, nierzadko prowadząc do błędów lub niepełnego wykorzystania potencjału gleby. Wiele podmiotów opiera swoją filozofię biznesu na działaniach mających na celu jednocześnie maksymalizację produkcji i minimalizację kosztów. Rozumowanie takie jest wewnętrznie sprzeczne, sprzeczne jest również z zasadą racjonalnego działania. Osiąganie dobrych efektów produkcyjnych wymaga odpowiednich nakładów, i co jest bardzo ważne nakłady te muszą być nie tylko odpowiednio wysokie, ale również odpowiednio zbilansowane. Duże znaczenie w tym aspekcie odgrywa kwasowość gleby, która może być regulowana przez poziom i częstotliwość wapnowania. Aby ten czynnik mógł być regulowany niezbędne jest jego monitorowanie.

Badanie kwasowości gleby prowadzone jest przez Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze, które badania takie wykonują odpłatnie po dostarczeniu przez zleceniodawcę próbek gleby. Koszt takiego badania jest relatywnie niewielki i w zależności zakresu badania i liczby dostarczonych próbek kształtuje się na poziomie od kilkunastu do kilkudziesięciu zł za hektar. Biorąc powyższe pod uwagę, jak również opinie właścicieli ziemi rolniczej większym problemem niż sam koszt badania może być organizacja pobierania próbek i dostarczenia ich do OSCHR. W grupie respondentów blisko połowa deklaruowała, iż badania takie wykonuje systematycznie i nie rzadziej niż raz na trzy lata (wykres 20).



Objaśnienia do wykresu: n = 433, respondenci mogli wskazać więcej niż jedną odpowiedź.

#### Wykres 20. Częstotliwość wykonywania badań kwasowości gleby w badanych gospodarstwach [liczba wskazań]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Jednocześnie 63,0% badanych potrafiło prawidłowo wskazać, z zamieszczonej w ankiecie listy nazwę instytucji, która prowadzi analizy kwasowości gleby. Badanie gleby wśród respondentów było zatem praktyką relatywnie często spotykaną. Natomiast co piąty z nich nie prowadził i nie zlecał wykonania badań kwasowości gleby, a co czwarty robił to tylko sporadycznie, np. w sytuacjach, gdy rozpoczynał użytkowanie nowego gruntu lub gdy było to podyktowane warunkami przystąpienia do *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie*. W zakresie częstotliwości badania widoczne są znaczne różnice pomiędzy województwami, a nawet powiatami. Zdecydowanie najbardziej

świadomi znaczenia badań gleby dla efektów prowadzonej działalności byli respondenci pochodzący z województwa opolskiego.

Wśród rolników z powiatu opolskiego systematyczne badanie kwasowości gleby, co najmniej raz na trzy lata deklarowało 77,1% respondentów. Niewiele niższy był odsetek osób stosujących takie rozwiązanie wśród badanych z powiatu prudnickiego (74,3%). Na drugim biegunie znalazło się województwo małopolskie. Wśród respondentów z powiatu nowosądeckiego ponad połowa (50,9%) nie prowadziło badania kwasowości gleby (tabela 45). Wysoki odsetek respondentów bagatelizujących wiedzę na temat pH gleby był również w powiatach oświęcimskim (36,2%) oraz jasielskim (37,0%). Wynik ten jest o tyle ciekawy, że jak wykazały wyniki Powszechnego Spisu Rolnego 2020 powiat oświęcimski charakteryzował się najwyższym poziomem nawożenia wapnem. Może się zatem pojawić pytanie: Czy nakłady poniesione na ten zabieg były konieczne i efektywne? Prezentowane liczby nie przesądzają o odpowiedzi na tak postawione pytanie.

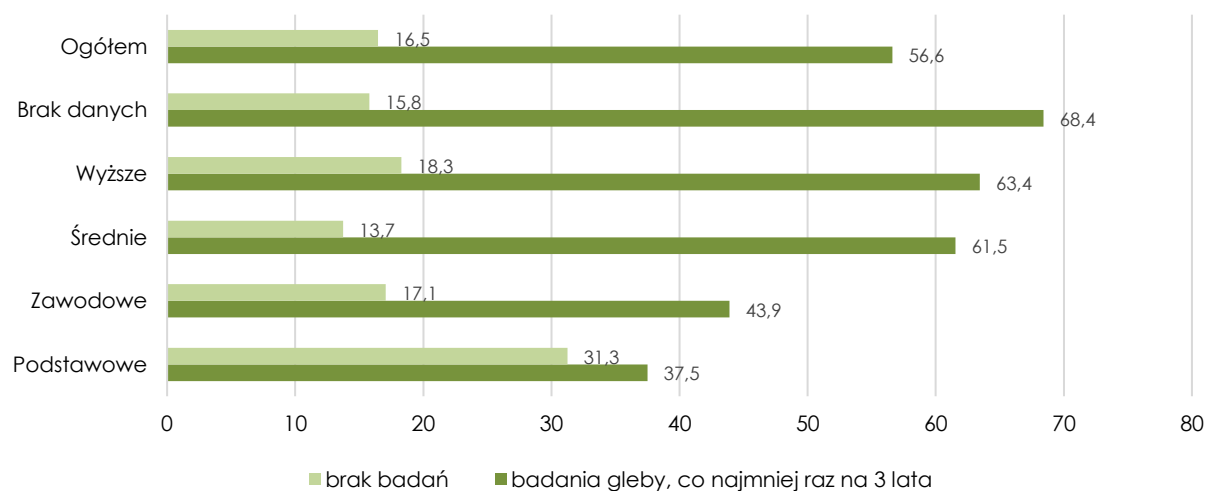
**Tabela 45. Częstotliwość wykonywania badań kwasowości gleby w gospodarstwach respondentów według powiatów [liczba wskazań]**

Powiat	Wskazania respondentów (liczba wskazań)					Liczba respondentów
	systematycznie, co roku	systematycznie, co 2-3 lata	rozpoczęcie działalności na nowym gruncie	wymóg, aby skorzystać z dotacji	brak badań	
drawski	9	24	15	11	8	57
jarosławski	6	19	15	10	9	54
jasielski	3	18	10	11	20	54
łobeski	6	32	14	15	1	46
nowosądecki	0	8	10	10	27	53
opolski	6	31	4	5	4	48
oświęcimski	1	21	8	5	17	47
prudnicki	17	38	9	8	7	74

Objaśnienia do tabeli: n = 433.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Charakterystyka struktury rolnictwa w badanych powiatach, jak również przeprowadzone wywiady pogłębione wskazują, iż badanie kwasowości gleby jest głównie domeną gospodarstw silniejszych ekonomicznie, o większej skali produkcji i zarządzanych przez osoby lepiej wykształcone (wykres 21).



Objaśnienia do wykresu: n = 433.

**Wykres 21. Odsetek respondentów wykonujących systematycznie badanie pH gleby oraz odsetek respondentów nie prowadzących takich badań [%]**

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

O ile odsetek osób prowadzących systematyczne badania pH gleby przynajmniej raz na trzy lata w grupie osób z wyższym wykształceniem wynosił 63,7% to wśród osób z wykształceniem podstawowymi i zawodowym odpowiednio 37,5% oraz 43,0%. Odwrotną prawidłowość zaobserwowano analizując odsetek osób nieprowadzących badań gleby. Polski system prawny, a w szczególności sposób definiowania w nim gospodarstwa rolnego powoduje, iż w grupie rolników spotkać można obok rolników prowadzących działalność rolniczą również podmioty markujące taką działalność oraz różne formy gospodarstw hobbystycznych, suplementarnych [Wojewodziec 2017]. Stopień uzależnienia właściciela ziemi i jego rodziny od dochodów uzyskiwanych z produkcji rolnej istotnie wpływa na profesjonalizację prowadzonej działalności, a tym samym na podejście do zagadnień badania gleby i wapnowania. Wraz ze wzrostem znaczenia dochodu rolniczego dla sytuacji dochodowej rodziny rolniczej wzrastał również odsetek gospodarstw wykonujących systematyczne badania kwasowości gleby. Wśród gospodarstw, dla których dochody rolnicze stanowiły mniej niż 1/10 dochodów ogółem, systematyczne badania gleby prowadziło około 12,5% podmiotów, to wśród tych, dla których rolnictwo było głównym źródłem utrzymania odsetek ten wzrastał do ponad 60,0% (tabela 46).

**Tabela 46. Częstotliwość wykonywania badań kwasowości gleby w zależności od udziału dochodu rolniczego w dochodach gospodarstwa domowego [liczba wskazań]**

Udział dochodu rolniczego w dochodach gospodarstwa domowego	Częstotliwość wykonywania badań kwasowości gleby (liczba wskazań)					Liczba respondentów
	systematycznie, co roku	systematycznie, co 2-3 lata	rozpoczęcie działalności na nowym gruncie	wymóg, aby skorzystać z dotacji	brak badań	
poniżej 10%	0	6	3	6	35	48
10-30%	4	24	13	8	26	72
31-50%	6	28	15	13	10	56
51-70%	7	30	13	10	4	58
71-90%	10	24	10	12	3	50
powyżej 90%	27	78	35	22	15	149
<b>Ogółem</b>	<b>54</b>	<b>190</b>	<b>89</b>	<b>71</b>	<b>93</b>	<b>433</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Analizy wykazały również pewne zróżnicowanie przestrzenne w zainteresowaniu rolników badaniami gleby. Powiaty, w których zainteresowanie badaniem gleby jest mniejsze to przede wszystkim jednostki terytorialne zlokalizowane w południowo-wschodniej Polsce, gdzie dominują gospodarstwa drobne. Struktura agrarna, jakość gleb, jak również świadomość rolników w zakresie potrzeby ich systematycznego badania mają istotny wpływ na stosowane w gospodarstwach strategię w zakresie wapnowania. Jak wykazały wcześniejsze rozważania i przegląd literatury, w warunkach Polski wapnowanie jest zabiegiem agrotechnicznym wymaganym, a nie rzadko koniecznym w większości gospodarstw rolnych, m.in. w związku z odprowadzaniem masy organicznej z pola wraz z plonem. Praktykę systematycznego wapnowania minimum raz na 5 lat stosowało 2/3 respondentów (wykres 22).



Objaśnienia do wykresu: n = 433, respondenci mogli wskazać więcej niż jedną odpowiedź.

### Wykres 22. Częstotliwość wapnowania gleby w gospodarstwach respondentów [liczba wskazań]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Jako ważną obserwację należy uznać, że większa liczba rolników wapnuje gleby, niż bada ich jakość. Z jednej strony świadczy to o tym, że rolnicy dostrzegają potrzebę wapnowania, z drugiej jednak wskazuje, że w swoich decyzjach bardzo często kierują się doświadczeniem i intuicją. Przy czym wraz ze wzrostem wielkości gospodarstwa oraz wzrostem jego znaczenia dla poziomu życia rodziny podlega ono profesjonalizacji, wzrasta również dbałość o jakość warsztatu jakim jest ziemia. Tym samym obserwuje się większy odsetek gospodarstw systematycznie stosujących wapnowanie wśród podmiotów o większej powierzchni oraz wśród uzyskujących dochody głównie z rolnictwa (tabela 47).

### Tabela 47. Częstotliwość wykonywania wapnowania gleby w zależności od powierzchni gospodarstwa i znaczenia dochodu rolniczego w dochodach rodziny rolniczej [liczba wskazań]

Wyszczególnienie	Częstotliwość wapnowania gleby (liczba wskazań)							Liczba respondentów
	co rok	raz na 3-5 lat	niski odczyn gleby	pod wybrane rośliny	korzystne ceny wapna	bardzo rzadko	brak nawożenia	
<b>w zależności od powierzchni gospodarstwa</b>								
< 5 ha	4	15	8	0	8	15	20	66
5-20 ha	19	43	24	3	10	11	18	118
20-50 ha	20	50	30	2	7	3	6	96
> 50 ha	47	83	30	10	4	3	1	153
<b>Ogółem</b>	<b>90</b>	<b>191</b>	<b>92</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>45</b>	<b>433</b>
<b>w zależności od udziału dochodu rolniczego w dochodach gospodarstwa domowego</b>								
poniżej 10%	1	9	4	0	4	11	22	48
10-30%	12	25	11	2	6	9	10	72
31-50%	11	25	16	2	5	3	4	56
51-70%	14	29	12	0	3	3	1	58
71-90%	14	21	14	3	3	2	2	50
powyżej 90%	38	82	35	8	8	4	6	149
<b>Ogółem</b>	<b>90</b>	<b>191</b>	<b>92</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>45</b>	<b>433</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

O ile wśród gospodarstw rolnych o powierzchni do 5 ha odsetek gospodarstw prowadzących systematyczne wapnowanie gleb wynosił niespełna 30,0%, to wśród podmiotów przekraczających 50 ha już 85,0%. Analogicznie w grupie gospodarstw uzyskujących z działalności rolniczej zaledwie kilka procent swoich dochodów, systematycznie wapnowało zaledwie co piąte gospodarstwo. W grupie rolników, dla których rolnictwo było głównym



źródłem dochodów systematycznie odkwaszało glebę 3/4 respondentów. Podobnie, jak w przypadku częstotliwości badania gleby, również w przypadku częstotliwości wapnowania stwierdzono znaczne zróżnicowanie przestrzenne. Częściej zabieg systematycznego wapnowania stosowali respondenci z powiatów łobeskiego, prudnickiego i opolskiego. Jak można było się spodziewać po analizie danych statystycznych, brak wapnowania lub ewentualnie rzadkie wapnowanie deklarowane były przez rolników z powiatów jasielskiego i nowosądeckiego (tabela 48). Wyniki te utwierdzają Autorów pracy w przekonaniu o znaczeniu struktury agrarnej oraz charakteru prowadzonej produkcji dla decyzji podejmowanych przez rolników w zakresie wapnowania.

**Tabela 48. Częstotliwość wykonywania wapnowania gleby w gospodarstwach respondentów według powiatów [liczba wskazań]**

Powiat	Częstotliwość wapnowania gleby (liczba wskazań):							Liczba respondentów
	co rok	raz na 3-5 lat	niski odczyn gleby	pod wybrane rośliny	korzystne ceny wapna	bardzo rzadko	brak nawożenia	
drawski	10	23	13	1	6	4	4	57
jarosławski	15	22	9	1	4	3	5	54
jasielski	4	15	8	0	8	8	14	54
łobeski	21	24	18	6	0	0	1	46
nowosądecki	5	10	11	0	5	11	15	53
opolski	11	29	9	0	0	0	2	48
oświęcimski	8	23	8	3	2	3	1	47
prudnicki	16	39	15	2	4	2	3	74

Objaśnienia do tabeli: n = 433.

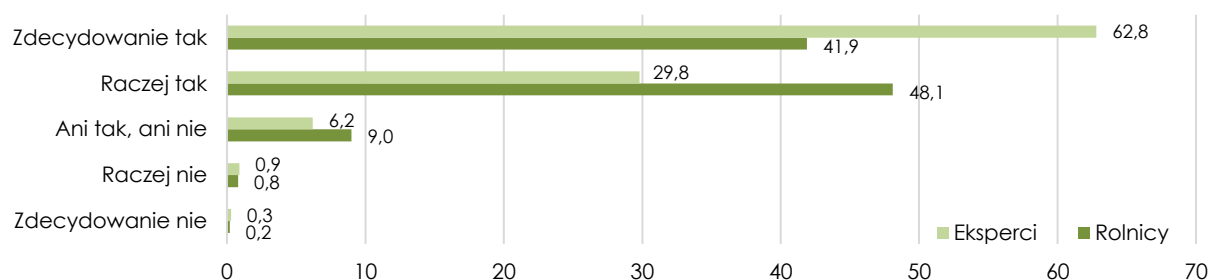
Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Respondenci stosujący wapnowanie, w większości zauważali jego efekty w postaci wzrostu wielkości plonu. Raczej tak i zdecydowanie tak stwierdziło około 70,0% respondentów. Pojawia się zatem pytanie: dlaczego w związku z tym poziom wapnowania gleb w Polsce nie jest wystarczający, a ich kwasowość na ogół zbyt duża? Próbę odpowiedzi na to pytanie podjęto w kolejnych podrozdziałach. Już w tym miejscu należy jednak wskazać na taki aspekt jak zarządzanie gospodarstwem rolnym. Zdecydowana większość właścicieli ziemi rolniczej nie prowadzi ewidencji księgowej, a prowadzone zapiski nie dają podstaw, aby ocenić efektywność stosowanych zabiegów, przez co część decyzji podejmowana jest intuicyjnie lub na bazie doświadczenia [Wojewodziec 2017, Satola i inni 2018].

Taki model zarządzania w wielu gospodarstwach rolnych nie pozwala optymalizować produkcji i maksymalizować efektów ekonomicznych. Respondenci, zarówno rolnicy, jak i eksperci, w zdecydowanej większości przekonani byli o celowości zabiegu wapnowania. Aż 90,0% spośród nich poleciłoby innym rolnikom stosowanie nawozów wapniowych (wykres 23). Pomimo dość dużej zgody w tym zakresie pomiędzy rolnikami a ekspertami związanymi z instytucjami otoczenia rolnictwa i agrobiznesu, zauważyć można, że siła przekonania o konieczności wapnowania wśród ekspertów była większa niż u rolników, o czym świadczy odsetek odpowiedzi „zdecydowanie tak”.

Jednocześnie 56,0% badanych ekspertów odpowiadając na pytanie „Czy Pana(i) zdaniem badanie pH gleby powinno być obowiązkowe i połączone z możliwością uzyskania dopłat rolno-środowiskowych? odpowiedziało „zdecydowanie tak” lub „raczej tak”. Przeciwnych takiemu rozwiązaniu było 32,0% ekspertów, a 12,0% nie miało w tej kwestii opinii. Wprowadzanie dla rolników dodatkowych obowiązków zawsze będzie wiązało się ze znacznym oporem. Jednocześnie prawidłowa gospodarka nawozowa oraz poszukiwanie rozwiązań mogących poprawić efektywność wykorzystania składników pokarmowych wprowadzanych wraz z nawozami mineralnymi wymaga systematycznego wapnowania gleb poprzedzonego kompleksowym badaniem ich pH i zasobności. Niezmiernie ważne są możliwości ograniczania

presji rolnictwa na środowisko. Kluczowe w tym zakresie wydają się kwestie edukacji zarówno pracowników instytucji okołorolniczych, jak i przede wszystkim samych rolników.



Objaśnienia do wykresu: rolnicy n = 387, eksperci n = 325.

### Wykres 23. Czy polecił(a)by Pan(i) stosowanie wapnowania rolnikom [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

W trakcie przeprowadzonych wywiadów pogłębionych z pracownikami instytucji okołorolniczych podkreślano, że poziom wiedzy rolników na temat wapnowania gleb jest ściśle związany z wielkością gospodarstwa. Według rozmówców rolnicy, którzy posiadają duże gospodarstwa wykazują na ogół większą wiedzę na temat wapnowania, zarówno w zakresie ustalania dawki nawozów odkwaszających, jak i częstotliwości ich stosowania. Wielokrotnie w wypowiedziach pracowników instytucji okołorolniczych zaznaczono, że w województwach małopolskim, podkarpackim oraz zachodniopomorskim tylko niewielka grupa rolników systematycznie bada gleby w stacjach chemiczno-rolniczych. Rozmówcy zaznaczyli jednocześnie, że na badania gleby decydują się najbardziej świadomi rolnicy, mający wiedzę na temat niekorzystnego wpływu zakwaszenia gleby na ilość i jakość plonu. W trakcie wywiadów prowadzonych w województwie opolskim pracownicy instytucji okołorolniczych wskazywali na ogół, że większość rolników z tego regionu wykazuje się dużą wiedzą na temat wapnowania.

Jak wskazują przeprowadzone wywiady o wysokość dawek nawozów odkwaszających i częstotliwość tego zabiegu pytają przede wszystkim ci rolnicy, którzy żyją głównie lub wyłącznie z pracy na gospodarstwie rolnym. Dla nich ważna jest maksymalizacja plonów i ograniczenie kosztów produkcji rolnej. Dzięki zabiegowi wapnowania mogą oni podnieść jakość gleby i stworzyć lepsze warunki do prowadzenia produkcji roślinnej. Są świadomi, że przy wysokich wartościach pH gleb zmniejsza się przyswajalność nawozów mineralnych stosowanych w trakcie zabiegów agrotechnicznych. Widzą oni długoterminowe korzyści jakie są związane z utrzymaniem odpowiedniego poziomu pH gleby. Rolnicy ci często poruszają temat nawożenia odkwaszającego. Interesują się wielkościami dawek, jak również częstotliwością badań gleby i nawożenia nawozami wapniowymi. Takie podejście do problematyki odkwaszania gleb przeważa w województwach opolskim i zachodniopomorskim. Natomiast rolnicy gospodarujący na mniejszych powierzchniach, dla których rolnictwo jest tylko dodatkowym źródłem utrzymania, w przeważającej mierze nie poruszają tematu odkwaszania gleb w rozmowach z pracownikami Ośrodków Doradztwa Rolniczego oraz Izb Rolniczych. Wapnowanie nie kojarzy im się z poprawą jakości gleby oraz w konsekwencji ze zwiększeniem ilości i jakości plonu.

Eksperci, z którymi przeprowadzono wywiady poproszeni zostali również o odpowiedź na pytanie: Jaki jest obecnie poziom wiedzy wśród pracowników instytucji okołorolniczych na temat efektów wapnowania gleb? Z ich wypowiedzi jednoznacznie wynika, że pracownicy instytucji są świadomi konieczności sprawdzania odczynu gleby poprzez pomiar pH. Wiedza zarówno pracowników Izb Rolniczych, jak i Ośrodków Doradztwa Rolniczego na ogół wykracza poza negatywny wpływ zakwaszenia na ilość i jakość plonów poszczególnych roślin (o różnym stopniu wrażliwości na zakwaszenie). Rozmówcy dobrze orientowali się również w aspektach środowiskowych, w tym zanieczyszczeniach związanych m.in. z wymywaniem składników mineralnych do wód powierzchniowych.

## 8.2. Bariery stosowania nawozów wapniowych w opiniach rolników i pracowników instytucji okołorolniczych

Do głównych czynników ograniczających wapnowanie rolnicy zdecydowanie najczęściej zaliczali czynniki o charakterze ekonomicznym: brak środków finansowych na zakup nawozu wapniowego (opinia 60,0% respondentów), brak sprzętu do rozsiewania nawozów wapniowych (opinia 32,0% respondentów) oraz małą skalę produkcji w gospodarstwie rolnym (opinia 20,0% respondentów). Te trzy czynniki stanowiły połowę z wszystkich 916 wskazań (respondent mógł wskazać maksymalnie trzy najważniejsze bariery). Na pozostałe kwestie zwracano uwagę wyraźnie rzadziej (wykres 24).



Objaśnienia do wykresu: n = 433, respondenci mogli wskazać więcej niż jedną odpowiedź.

### Wykres 24. Bariery wapnowania w opiniach rolników [liczba wskazań]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Warto jednak zauważyć, że dopiero w dalszej kolejności w odpowiedziach rolników pojawiały się ograniczenia o charakterze przestrzenno-organizacyjnym (takie jak: brak firm świadczących usługi nawożenia wapniowego, rozdrobnienie gruntów, brak dostępności nawozów, nieformalny charakter lub krótki okres dzierżaw, a także trudności związane z transportem nawozu na pole) i społecznym (skargi sąsiadów na pylenie podczas wapnowania). Warto zwrócić też uwagę na barierę informacyjną w postaci braku szkoleń/informacji na temat korzyści płynących z wapnowania gleb. Inne bariery o charakterze społecznym (w tym brak następcy i praktyki sąsiedzkie), miały już raczej charakter marginalny. W ujęciu regionalnym na główną barierę ekonomiczną w postaci braku środków na zakup nawozu wapniowego najczęściej zwracano uwagę w powiatach nowosądeckim (74,0% rolników) i łobeskim (67,0% rolników), a więc (co interesujące) w powiatach o skrajnie różnym według danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) poziomie nawożenia wapniowego.

Brak sprzętu do rozsiewania tego typu nawozów również najczęściej wskazywano w powiatach łobeskim (46,0% rolników) i nowosądeckim (43,0% rolników). Mała skala produkcji była przeszkodą najczęściej wskazywaną przez rolników powiatu łobeskiego (20,0% respondentów) i jarosławskiego (22,0% respondentów). Te objekty łączył najwyższy średni poziom

nawożenia wapniowego wedle danych GUS. Brak firm świadczących usługi wapnowania najczęściej zauważali rolnicy powiatu oświęcimskiego (23,0% respondentów) i jarosławskiego (24,0% respondentów). Natomiast rozdrobnienie agrarne jako bariera wapnowania było postrzegane zwłaszcza w powiecie nowosądeckim (43,0% rolników) i jasielskim (26,0% rolników), obiektach o najniższym średnim poziomie wapnowania, położonych na południu Polski (tabela 49).

**Tabela 49. Identyfikacja głównych barier wapnowania przez rolników w ujęciu przestrzennym [liczba wskazań]**

Powiat	Główne czynniki ograniczające wapnowanie (liczba wskazań)							Razem*	Razem**	Respondenci
	brak środków	brak sprzętu	skala produkcji	brak firm	rozdrobnienie	brak szkoleń	dostępność			
drawski	33	15	8	9	8	7	8	88	123	57
jarosławski	33	21	12	13	10	10	6	105	133	54
jasielski	35	19	5	7	14	12	1	93	114	54
łobeski	31	21	9	6	4	4	2	77	96	46
nowosądecki	39	23	3	5	23	7	1	101	127	53
opolski	22	12	1	3	7	6	7	58	78	48
oświęcimski	24	14	5	11	10	5	9	78	105	47
prudnicki	43	15	10	9	8	5	6	96	140	74
<b>Ogółem</b>	<b>260</b>	<b>140</b>	<b>53</b>	<b>63</b>	<b>84</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>696</b>	<b>916</b>	<b>433</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433, \*suma wskazań dla 7 najważniejszych czynników, \*\*suma wskazań dla wszystkich 15 czynników.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Na brak szkoleń częściej zwracali uwagę rolnicy z powiatu jasielskiego (22,0% respondentów) i jarosławskiego (19,0% respondentów), a ograniczoną dostępność nawozów akcentowano w powiatach opolskim (15,0% respondentów) i oświęcimskim (19,0% respondentów). Generalnie trudno jest mówić o wyraźnej prawidłowości przestrzennej, o grupowaniu się konkretnych barier według położenia, czy sąsiedztwa badanych regionów. Można natomiast zauważyć, że rolnicy z powiatu łobeskiego przodowali w identyfikacji barier ekonomicznych we wszystkich trzech kluczowych aspektach, tj. brak środków, brak sprzętu i mała skala produkcji. Ale także relatywnie najrzadziej w regionie tym zwracano uwagę na inne bariery, takie jak brak szkoleń czy rozdrobnienie gruntów. Rzadko też akcentowano problem dostępności nawozów. W powiecie nowosądeckim duży odsetek rolników wskazywał na bariery ekonomiczne (brak środków oraz brak sprzętu) oraz barierę przestrzenno-organizacyjną w postaci nadmiernego rozdrobnienia gruntów. Zarazem jednak rolnicy z tego regionu, wyraźnie rzadziej zwracali uwagę na problem małej skali produkcji, braku firm świadczących usługi wapnowania oraz na barierę dostępności nawozów.

Z kolei w powiecie jarosławskim relatywnie częściej niż w innych powiatach akcentowano barierę małej skali produkcji, braku firm świadczących usługi wapnowania oraz deficytu szkoleń. W ujęciu regionalnym identyfikacja siedmiu najczęstszych barier znajdowała największe nasilenie w odpowiedziach rolników z powiatów o skrajnie różnym poziomie wapnowania: łobeskiego i jarosławskiego (wysoki poziom nawożenia wapniowego) oraz nowosądeckiego (głęboko niski poziom wapnowania). W powiatach drawskim i prudnickim, a więc także subregionach różnych pod względem nawożenia wapniowego wszystkie kluczowe bariery wapnowania rolnicy wskazywali relatywnie rzadziej niż w innych regionach. Zatem tylko w powiecie prudnickim zależność pomiędzy wysokim poziomem nawożenia wapniowego a niskim odsetkiem identyfikowanych przez rolników barier zdawała się znajdować bardziej czytelne potwierdzenie. Kolejnym aspektem, na który zwrócono uwagę było doświadczenie zawodowe rolników mierzone liczbą lat pracy w gospodarstwie (tabela 50).

**Tabela 50. Identyfikacja głównych barier wapnowania przez rolników według liczby lat pracy w gospodarstwie rolnym [liczba wskazań]**

Liczba lat pracy w gospodarstwie	Główne czynniki ograniczające wapnowanie (liczba wskazań)							Razem*	Razem**	Respondenci
	brak środków	brak sprzętu	skala produkcji	brak firm	rozdrobienie	brak szkoleń	dostępność			
poniżej 10 lat	38	26	12	15	19	22	13	145	206	115
10-20 lat	84	40	15	19	24	10	11	203	271	115
20-40 lat	107	58	20	18	35	19	11	268	338	159
powyżej 40 lat	20	9	3	7	4	2	5	50	68	30
Brak danych	11	7	3	4	2	3	0	30	33	14
<b>Ogółem</b>	<b>260</b>	<b>140</b>	<b>53</b>	<b>63</b>	<b>84</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>696</b>	<b>916</b>	<b>433</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433, \*suma wskazań dla 7 najważniejszych czynników, \*\*suma wskazań dla wszystkich 15 czynników.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Mając na uwadze liczbę lat pracy w gospodarstwie trzeba zauważyć, że brak środków na zakup nawozów wapniowych rzadziej akcentowali rolnicy z krótszym stażem, gospodarujący nie dłużej niż 10 lat (33,0% respondentów). Bariera braku sprzętu nie podlegała pod tym względem wyraźniejszemu prawidłościom, a problem małej skali produkcji był podobnie postrzegany przez rolników niezależnie od stażu. Na brak firm świadczących usługi wapnowania relatywnie częściej zwracali uwagę rolnicy z największym stażem – gospodarujący ponad 40 lat (23,0% respondentów), a zatem także osoby starsze i zapewne mniej sprawnie operujące internetowymi źródłami informacji. Ale zarazem w tej samej grupie rolników najrzadziej jako barierę wapnowania postrzegano rozdrobnienie gruntów (13,0% respondentów). Rolnicy o najkrótszym stażu pracy wyraźnie dominowali w akcentowaniu bariery informacyjnej, tj. braku szkoleń (informacji) na temat korzyści płynących z wapnowania gleb (19,0% respondentów). Natomiast postrzeganie jako bariery kwestii dostępności nawozów podlegało polaryzacji, tą przeszkodę najczęściej wskazywali rolnicy najmłodszy stażem (11,0% respondentów), być może jeszcze tak dobrze nieorientowani na lokalnych rynkach oraz rolnicy najstarsi stażem (17,0% respondentów), prawdopodobnie mniej zaawansowani w wykorzystywaniu źródeł internetowych.

Biorąc pod uwagę częstotliwość wapnowania można było zauważyć, że dwie kluczowe bariery ekonomiczne (brak środków na zakup nawozu i brak sprzętu do jego rozsiewania) dominowały zwłaszcza w odpowiedziach rolników, którzy w ogóle nie stosowali wapnowania lub stosowali ten zabieg sporadycznie. W grupie rolników systematycznie wapnujących gleby częściej zauważano przeszkody takie jak: brak firm świadczących usługi wapnowania, brak szkoleń oraz ograniczona dostępność nawozów wapniowych. Z kolei rolnicy sporadycznie wapnujący swoje grunty, zwracali częściej uwagę na małą skalę produkcji oraz rozdrobnienie gruntów (tabela 51).

**Tabela 51. Identyfikacja głównych barier wapnowania przez rolników w kontekście częstotliwości wykonywania tego zabiegu [liczba wskazań]**

Częstotliwość wykonywania zabiegu wapnowania	Główne czynniki ograniczające wapnowanie (liczba wskazań)							Razem*	Razem**	Respondenci
	brak środków	brak sprzętu	skala produkcji	brak firm	rozdrobienie	brak szkoleń	dostępność			
Systematycznie	185	104	43	56	49	50	36	523	692	330
Sporadycznie	42	19	8	5	18	3	1	96	123	58
Brak danych	33	17	2	2	17	3	3	77	101	45
<b>Ogółem</b>	<b>260</b>	<b>140</b>	<b>53</b>	<b>63</b>	<b>84</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>696</b>	<b>916</b>	<b>433</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433, \*suma wskazań dla 7 najważniejszych czynników, \*\*suma wskazań dla wszystkich 15 czynników.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.



Przechodząc do barier wapnowania identyfikowanych przez przedstawicieli instytucji okołorolniczych warto zauważyć interesującą zbieżność trzech najczęściej wskazywanych czynników, które można zaliczyć do barier o charakterze ekonomicznym, tj. brak środków na zakup nawozu, mała skala produkcji oraz brak sprzętu do rozsiewania nawozów wapniowych (wykres 25). Wysoko w hierarchii częstości wskazań ekspertów plasowały się też kwestie nadmiernego rozdrobnienia gruntów oraz braku szkoleń na temat korzyści wapnowania.



Objaśnienia do wykresu: n = 325, respondenci mogli wskazać więcej niż jedną odpowiedź.

#### Wykres 25. Bariery wapnowania w opiniach przedstawicieli instytucji okołorolniczej [liczba wskazań]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Można zatem stwierdzić, że istniała znacząca zgodność identyfikacji pięciu kluczowych barier dla agrotechnicznych zabiegów odkwaszania gleb we wskazaniach rolników i pracowników instytucji. Natomiast eksperci zdawali się nieco przeceniać rolę praktyk sąsiedzkich („nikt w okolicy nie wapnuje gleb, więc rolnik też tego nie robi”). Na ten aspekt zwróciło uwagę tylko 3,0% rolników i aż 13,0% pracowników instytucji. Z kolei na tle odpowiedzi rolników (9,0%) relatywnie mniejszy odsetek ekspertów (4,0%) postrzegał jako barierę skargi sąsiadów niezadowolonych z pylenia podczas wapnowania. Podobnie rzadziej w obu badanych grupach zauważano barierę wapnowania w braku następcy.

Struktura odpowiedzi przedstawicieli instytucji wg stażu pracy podlegała interesującemu zróżnicowaniu (tabela 52). Otóż wyraźnie rzadziej na bariery ekonomiczne (brak środków na zakup nawozu, mała skala produkcji i brak sprzętu do rozsiewania nawozu) zwracali uwagę pracownicy najmłodszy stażem. W ocenach tej grupy podobnie rzadziej też akcentowano problem rozdrobnienia gruntów. Natomiast pracownicy najstarsi stażem na tle pozostałych grup odmiennie spoglądali na problemy takie jak brak szkoleń, nieformalny charakter/krótki okres dzierżaw, czy swoisty konformizm znajdujący usprawiedliwienie w praktykach sąsiedzkich - na takie aspekty wskazywał wyraźnie niższy odsetek najstarszych stażem ekspertów.

**Tabela 52. Identyfikacja głównych barier wapnowania w kontekście doświadczenia zawodowego pracownika instytucji okołorolniczej [liczba wskazań]**

Staż pracy	Główne czynniki ograniczające wapnowanie (liczba wskazań)							Razem*	Razem**	Respondenci
	brak środków	brak sprzętu	skala produkcji	rozdrobienie	brak szkoleń	dzierżawa	praktyki sąsiedzkie			
poniżej 10 lat	62	3	31	5	46	29	8	184	277	107
10-20 lat	71	9	43	11	41	35	2	212	285	97
20-40 lat	51	10	30	12	32	19	1	155	203	73
powyżej 40 lat	4	1	3	3	1	1	0	13	16	6
brak danych	31	6	14	7	13	7	1	79	106	42
<b>Ogółem</b>	<b>219</b>	<b>29</b>	<b>121</b>	<b>38</b>	<b>133</b>	<b>91</b>	<b>12</b>	<b>643</b>	<b>887</b>	<b>325</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 325, \*suma wskazań dla 7 najważniejszych czynników, \*\*suma wskazań dla wszystkich 15 czynników.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Podsumowując można stwierdzić, że bariery wapnowania w świetle wyników badań ankietowych prowadzonych wśród rolników ośmiu celowo dobranych powiatów o zróżnicowanym przeciętnym poziomie wapnowania wykazywały się zróżnicowaniem przestrzennym, ale poza jednym wyjątkiem (powiat prudnicki) nie podlegały wyraźnej tendencji: dużo barier – niski poziom wapnowania. W różnych regionach różnie postrzegano przeszkody i utrudnienia dla praktyki odkwaszania gleb. Jak wykazano, kluczowe na tle 15 czynników (najczęściej akcentowane przez rolników) były 3 bariery o charakterze ekonomicznym, a mianowicie brak środków na zakup nawozu i sprzętu do jego rozsiania oraz zbyt mała skala produkcji. Te spostrzeżenia bardzo wyraźnie potwierdzały także opinie ekspertów. Korespondowały one też z wynikami dalej prezentowanego modelu drzewa klasyfikacyjnego wyjaśniającego strategię wapnowania, w którym pierwsze kryterium podziału stanowił także czynnik ekonomiczny, tj. odsetek dochodów gospodarstwa domowego pochodzących z rolnictwa. Wśród 15 czynników mających charakter nie tylko ekonomiczny, ale też organizacyjno-przestrzenny, społeczny oraz informacyjny, główną rolę zdawały się odgrywać bariery ekonomiczne.

W świetle dokonanych obserwacji można stwierdzić z dużym prawdopodobieństwem, że bariery wapnowania mają charakter systemowy: te ekonomiczne synergicznie oddziałują nie tylko między sobą, ale także z barierami organizacyjno-przestrzennymi i społecznymi. Przykładem bariery ekonomicznej może być mała skala efektów produkcji, która zniechęca właściciela gospodarstwa do inwestowania w jakikolwiek droższy sprzęt rolniczy (w tym w szczególności w rozsiewacz do wapna). Towarzyszyć temu może także relatywnie częściej brak środków na zakup nawozu, a tym bardziej na skorzystanie z usługi wapnowania generującej dodatkowy koszt. Próby rozsiewania tańszego nawozu (np. wapna pylistego) na własną rękę mogą być mało efektywne (więc rolnik nie zobaczy efektów wapnowania), a przy tym mogą wzbudzać niezadowolenie sąsiadów ze względu na pylenie podczas wapnowania. W efekcie zniechęcony rolnik podejmie zabieg odkwaszania tylko sporadycznie lub nie zrobi tego wcale. I może się przy tym czuć usprawiedliwiony powszechną praktyką sąsiedzką ponieważ (zwłaszcza na obszarach rozdrobionych agrarnie) podobnie postąpią inni rolnicy. Przełamywanie takiego splotu czynników wydaje się bardzo trudne bez wsparcia z zewnątrz. W tym kontekście system dopłat do zakupu nawozów wapniowych wydaje się ważnym elementem polityki utrzymywania gleb w dobrej kulturze rolnej.

### 8.3. Ogólnopolski program regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie w opiniach respondentów

Zgodnie z zapowiedziami Ministra Środowiska oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Zarząd Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przyjął w 2019 r. realizację programu priorytetowego pt.: „Ogólnopolski program regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie” (zw. w dalszej części Programem). Program realizowany jest w latach 2019-2023, a jego głównym celem jest wsparcie działań regeneracyjnych gleb zakwaszonych w wyniku oddziaływania czynników antropogenicznych. W programie zaplanowano regenerację gleb na powierzchni co najmniej 250 tys. ha UR przeznaczając na ten cel budżet w wysokości 300 mln zł. Dofinansowanie udzielane jest przez Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW) z wykorzystaniem środków udostępnionych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), w ramach pomocy *de minimis*, na realizację przedsięwzięć skutkujących poprawą jakości środowiska. Beneficjentem końcowym Programu są posiadacze użytków rolnych o powierzchni nieprzekraczającej 75 ha, a dofinansowaniu podlega regeneracja gleb o odczynie pH mniejszym lub równym 5,5. Dofinansowanie działań regeneracyjnych dla danej działki ewidencyjnej udzielane jest raz na cztery lata, a kwota dofinansowania wynosi odpowiednio:

- do 300 zł/t czystego składnika odkwaszającego (CaO oraz CaO+MgO) dla gospodarstw o powierzchni nie przekraczającej 25 ha użytków rolnych,
- do 200 zł/t czystego składnika odkwaszającego (CaO oraz CaO+MgO) dla gospodarstw o powierzchni powyżej 25 ha, ale nie przekraczającej 50 ha użytków rolnych,
- do 100 zł/t czystego składnika odkwaszającego (CaO oraz CaO+MgO) dla gospodarstw o powierzchni powyżej 50 ha, ale nie przekraczającej 75 ha użytków rolnych.

Ogólnopolski program poprawy jakości gleby poprzez ich wapnowanie według NFOŚiGW cieszy się sporym zainteresowaniem rolników. Liczba składanych wniosków corocznie wzrasta. Łącznie od 2019 r. złożono 41 880 wniosków. Jak podaje rzecznik NFOŚiGW, od początku trwania programu do listopada 2022 r. przekazano rolnikom dofinansowanie na ogólną kwotę wynoszącą blisko 160 mln zł [www.topagrar.pl 2022]. Optymistyczna ocena realizacji Programu w skali kraju nie znalazła jednak potwierdzenia w wynikach przeprowadzonych w ramach projektu badań ankietowych. Respondentów posiadających gospodarstwa rolne zapytano czy znane są im jakiegokolwiek formy dofinansowania do zakupu i stosowania nawozów wapniowych oraz czy z takich możliwości skorzystali w okresie ostatnich 4 lat. Celowo przy konstrukcji pytania nie posłużono się wskazaniem *Ogólnopolskiego programu poprawy jakości gleby poprzez ich wapnowanie*, jako kluczowego i obecnie jedyne narzędzia bezpośredniego wsparcia finansowego w tym zakresie. Chciano tym samym uzyskać informacje nt. znajomości wśród rolników samego programu wspierającego wapnowanie gleb. Z danych uzyskanych od właścicieli gospodarstw rolnych wynikało, iż zaledwie 22,6% z nich skorzystało z dofinansowania do zakupu wapna nawozowego (bez wskazania programu wsparcia). Należy jednak przypuszczać, iż środki te pochodziły właśnie z *Ogólnopolskiego programu poprawy jakości gleby poprzez ich wapnowanie*, bowiem krajowa polityka rolna przewiduje obecnie promocję i wsparcie wapnowania tylko w ramach tego programu.

Pozostała część respondentów, albo nie posiadała wiedzy na temat takich możliwości wsparcia (24,1%), albo nie mogła z nich skorzystać ze względu na niespełnienie w ich opinii wymaganych kryteriów (wykres 26). Zastanawiającym jest wysoki odsetek odpowiedzi wskazujących na znajomość możliwości finansowego wsparcia wapnowania gleb, a pomimo tego nieskorzystanie z oferowanej pomocy. Ponad 1/3 respondentów deklarowała bowiem, iż o takich dopłatach słyszała, lecz nie podjęła starań, aby z nich skorzystać. Jednym z kluczowych powodów zniechęcających rolników do skorzystania z dotacji na zakup nawozów wapniowych

była zbyt niska kwota dofinansowania (7,8% wskazań), a następnie nadmiar wymaganych dokumentów koniecznych do ubiegania się o jakąkolwiek dotację (5,3% wskazań).



Objaśnienia do wykresu: n = 433, suma wskazań = 418, na wykresie podano możliwe do wyboru odpowiedzi na pytanie: Czy korzystał/a Pan/i z dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych w ostatnich 4 latach?

### Wykres 26. Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych w opiniach rolników [liczba wskazań]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Analizując główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych wg kryterium lokalizacji badanych gospodarstw można zauważyć, iż brak wiedzy o możliwości takiego dofinansowania dominował we wszystkich przyjętych do badań powiatach, również w tych cieszących się największym poziomem wapnowania gleb w kraju (tabela 53). Wysoki odsetek wskazań dotyczył 34,0% respondentów, którzy nie podali konkretnych powodów, z jakich nie skorzystali z oferowanych im dopłat. Najwięcej wskazań deklarujących „brak powodu” charakteryzowało rolników z powiatu oświęcimskiego, a więc z obszaru o jednym z najmniejszych poziomów nawożenia wapniowego w Polsce. Rolnicy z powiatów prudnickiego i łobeskiego o wysokim poziomie nawożenia wapniowego gleb wskazywali w równym stopniu na trudności związane ze zbyt dużą powierzchnią UR niekwalifikującą się do wsparcia oraz niską kwotą dofinansowania, którą liczniej wskazywali również respondenci z powiatu drawskiego i opolskiego.

**Tabela 53. Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych przez rolników według kryterium lokalizacji gospodarstw rolnych [liczba wskazań]**

Powiat	Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych (liczba wskazań)						Razem*	Razem**
	brak powodu	brak wiedzy o dopłatach	niska kwota dofinansowania	nadmiar dokumentów	wymóg pH gleby	zbyt duża powierzchnia UR		
drawski	21	7	8	2	8	3	49	88
jarosławski	13	12	5	4	4	2	40	76
jasielski	21	9	4	5	1	2	42	66
łobeski	11	10	7	5	2	7	42	73
nowosądecki	16	27	6	2	1	1	53	78
opolski	19	9	7	5	7	4	51	67
oświęcimski	30	11	4	3	2	1	51	67
prudnicki	17	19	7	7	6	11	67	103
<b>Ogółem</b>	<b>148</b>	<b>104</b>	<b>48</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>395</b>	<b>618</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433, \*suma wskazań = 618, \*\*suma wskazań dla 6 głównych powodów niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych, suma wskazań dla wszystkich możliwych 16 kategorii odpowiedzi.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Rozpatrując z kolei zagadnienie niewykorzystania wsparcia finansowego dotyczącego zakupu i stosowania nawozów wapniowych według kryterium wykształcenia przyjęto wstępnie założenie, iż lepiej wykształceni respondenci powinni mieć większą wiedzę w zakresie finansowych programów wsparcia rolnictwa, w tym wapnowania gleb. Z przeprowadzonych badań wynikało jednak, iż brak wiedzy o dopłatach deklarowali rolnicy charakteryzujący się zarówno wykształceniem zawodowym (32,7%), średnim (43,3%), jak i wyższym (10,6%) (tabela 54).

**Tabela 54. Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych przez rolników według kryterium poziomu wykształcenia i doświadczenia [liczba wskazań]**

Poziom wykształcenia	Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych według poziomu wykształcenia (liczba wskazań)						Razem*	Razem**
	brak powodu	brak wiedzy o dopłatach	niska kwota dofinansowania	nadmiar dokumentów	wymóg pH gleby	zbyt duża powierzchnia UR		
podstawowe	3	7	0	0	1	1	12	19
zawodowe	47	34	19	11	6	6	123	182
średnie	60	45	17	12	18	14	166	257
wyższe	32	11	9	6	7	9	74	131
brak danych	6	7	3	3	0	1	20	29
<b>Ogółem</b>	<b>148</b>	<b>104</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>395</b>	<b>618</b>
Liczba lat pracy w gospodarstwie	Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych wg lat pracy w gospodarstwie (%)						Razem*	Razem**
poniżej 10 lat	32	21	9	5	10	12		
10-20 lat	33	40	13	9	7	5	107	183
20-40 lat	66	38	21	15	10	12	162	230
powyżej 40 lat	11	4	4	3	3	1	26	51
brak danych	6	1	1	1	1	1	6	16
<b>Ogółem</b>	<b>148</b>	<b>104</b>	<b>48</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>395</b>	<b>618</b>

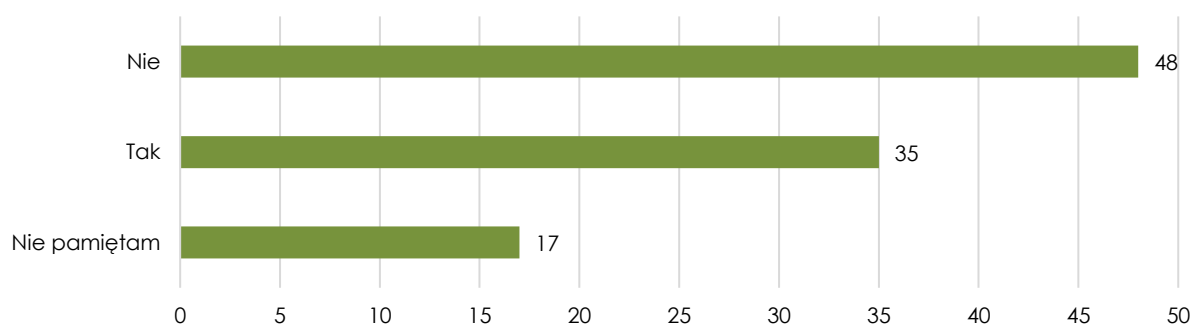
Objaśnienia do tabeli: n = 433, suma odpowiedzi = 618, \*suma wskazań dla 6 głównych powodów niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych; \*\*suma wskazań dla wszystkich możliwych 16 kategorii odpowiedzi.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.



Wartym podkreślenia jest również fakt, iż brak starań o dofinansowanie w przypadku rolników z podstawowym wykształceniem, nie wynikał ze zniechęcenia wywołanego koniecznością przygotowania i skompletowania wymaganych dokumentów. Brak powodów ubiegania się o dofinansowanie zakupu nawozów wapniowych oraz brak wiedzy o możliwościach skorzystania na ten cel z dotacji były również najczęściej wskazywanymi kategoriami przez rolników niezależnie od ich stażu pracy w gospodarstwie. Wysoki odsetek odpowiedzi wskazujących na brak wiedzy respondentów na temat możliwości wsparcia finansowego zakupu nawozów wapniowych skonfrontowano również z kwestią przekazywania respondentom informacji na temat programów wspierających wapnowanie gleb przez uprawnione do tego instytucje.

Zwrócono się więc z pytaniem, czy rolnik uczestniczył kiedykolwiek w szkoleniu/kursie obejmującym szeroko rozumianą tematykę wapnowania gleb. Uzyskane wyniki nie pozostawiały złudzeń. Blisko połowa z 433 rolników nie uczestniczyła w takim spotkaniu, a prawie 1/5 respondentów nie pamiętała czy informacje dotyczące dotacji do wapnowania gleb były im przekazywane (wykres 27). Można więc przypuszczać, iż skoro o nich nie pamiętała, to albo ich nie było, albo były przedstawione zdawkowo i na tyle nieciekawie, aby zachęcić potencjalnych beneficjentów do skorzystania z dofinansowania.



Objaśnienia do wykresu: n = 433.

### Wykres 27. Uczestnictwo rolników w szkoleniach (kursach) dotyczących wapnowania gleb [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Wyniki te stoją jednak w sprzeczności z opiniami ekspertów, którzy w trakcie przeprowadzania wywiadów pogłębionych w poszczególnych powiatach stwierdzili, że temat wapnowania gleb jest omawiany z rolnikami podczas różnych okazji. Eksperci, będący głównie pracownikami Izby Rolniczych oraz Ośrodków Doradztwa Rolniczego deklarowali, iż wskazywali na potrzebę wapnowania gleb w trakcie konsultacji, świadczenia usług doradczych czy rozmów z rolnikami. Ponadto, w odpowiedzi na pytanie: „Czy w ostatnich 5 latach Instytucja, którą Pani/Pan reprezentuje organizowała szkolenia na których omawiano tematykę wapnowania gleb?”, respondenci z wszystkich województw stwierdzili, że tematyka związana z wapnowaniem gleb była omawiana w trakcie szkoleń z rolnikami. Podkreślali, że nawet jeżeli szkolenie bezpośrednio nie dotyczyło problematyki odkwaszania gleb, to tematyka ta była omawiana w ramach innych zagadnień. Eksperci byli jednak zgodni co do konieczności dalszego prowadzenia szkoleń w tym zakresie. Wskazywali, iż dotychczasowe działania mogły nie przynieść oczekiwanych rezultatów (o czym świadczą wyniki badań ankietowych wśród rolników), dlatego też koniecznym jest oferowanie rolnikom tego typu możliwości zdobycia czy uzupełnienia wiedzy. Optymistycznie przewidywali, iż większość rolników najprawdopodobniej weźmie w tego typu spotkaniach udział.

Analizując zagadnienie uczestnictwa w szkoleniach/kursach tematycznie związanych z wapnowaniem gleb z punktu widzenia lokalizacji gospodarstw rolnych w przyjętych do badań powiatach, nie zauważono żadnych istotnych powiązań. Najwyższe odsetki wskazań

potwierdzających brak uczestnictwa w tego typu spotkaniach odnotowano zarówno w powiatach o najwyższym, jak i niskim, średnim poziomie wapnowania gleb w regionie (tabela 55).

**Tabela 55. Uczestnictwo rolników w szkoleniach (kursach) dotyczących wapnowania gleb według kryterium lokalizacji gospodarstwa rolnego, poziomu wykształcenia oraz doświadczenia [%]**

Powiat	Uczestnictwo w szkoleniu (kursie) dotyczącym wapnowania gleb według powiatów (%)		
	Tak	nie	nie pamiętam
drawski	42,1	45,6	12,3
jarosławski	35,2	53,7	9,3
jasielski	42,6	22,2	35,2
łobeski	63,0	26,1	10,9
nowosądecki	17,0	67,9	15,1
opolski	29,2	52,1	18,8
oświęcimski	27,7	63,8	8,5
prudnicki	28,4	48,6	23,0
Poziom wykształcenia	Uczestnictwo w szkoleniu (kursie) dotyczącym wapnowania gleb według poziomu wykształcenia (%)		
podstawowe	31,3	56,3	12,5
zawodowe	28,5	48,8	22,0
średnie	33,5	51,6	14,8
wyższe	49,5	35,5	15,1
brak danych	26,3	52,6	21,1
Liczba lat pracy w gospodarstwie	Uczestnictwo w szkoleniu (kursie) dotyczącym wapnowania gleb według lat pracy w gospodarstwie (%)		
poniżej 10 lat	30,7	52,5	16,8
10-20 lat	38,8	48,8	12,4
20-40 lat	38,4	40,9	20,8
powyżej 40 lat	26,7	50,0	23,3
brak danych	21,4	71,4	7,1

Objaśnienia do tabeli: n = 433.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Warto podkreślić, iż jedynie rolnicy z powiatu łobeskiego, charakteryzującego się wysokim poziomem nawożenia gleb w województwie zachodniopomorskim, deklarowali wysoki udział w szkoleniach czy kursach (63,0%), w ramach których poruszano tematykę wapnowania gleb. Uczestnictwo w szkoleniach najczęściej deklarowali z kolei respondenci z wyższym wykształceniem (49,5%). Można ostrożnie przyjąć, iż wraz ze wzrostem poziomu wykształcenia zwiększał się odsetek uczestnictwa respondentów w szkoleniach. Można by przypuszczać, iż podobne tendencje powinny towarzyszyć kryterium doświadczenia rolnika, wyrażonego latami pracy w gospodarstwie rolnym. Uzyskane wyniki badań jednak nie potwierdziły tych przypuszczeń. Uwydatniły tym samym niepokojący, wysoki odsetek wskazań braku udziału w szkoleniach/kursach wśród rolników doświadczonych, prowadzących gospodarstwa ponad 10 lat. Najwięcej takich wskazań zadeklarowali rolnicy z ponad 40-letnim stażem (50,0%). Ciekawym z punktu widzenia badacza wydawało się również zestawienie zagadnienia teoretycznego, rozumianego jako uczestnictwo rolnika w szkoleniu (kursie) dotyczącym wapnowania gleb, z podejściem praktycznym czyli częstotliwością wykonywania zabiegów wapnowania w gospodarstwie. Uzyskane wyniki nie pozostawiały złudzeń. Respondenci, którzy nigdy nie uczestniczyli w kursach czy szkoleniach informujących o efektach i korzyściach z wapnowania gleb, zwykle też nie wykonywali takich zabiegów agrotechnicznych w swoich gospodarstwach (13,1%) lub wykonywali je sporadycznie (18,0%) (tabela 56).

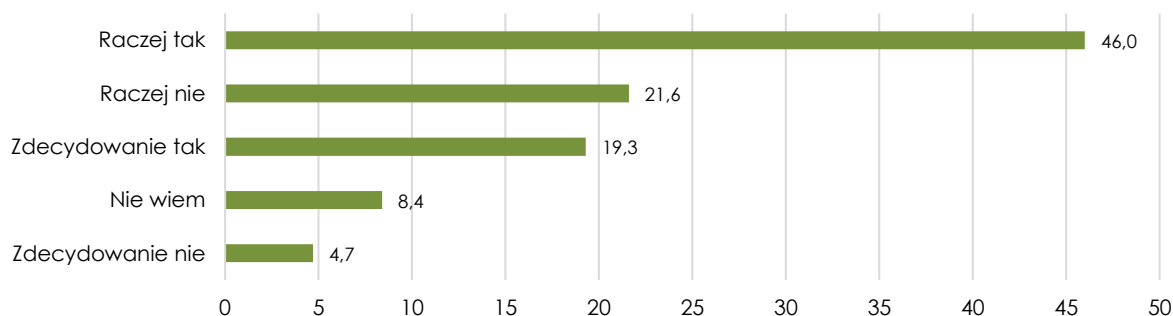
**Tabela 56. Uczestnictwo rolników w szkoleniach/kursach dotyczących wapnowania gleb według kryterium częstotliwości wapnowania gleb [%]**

Częstotliwość wapnowania	Uczestnictwo w szkoleniu (kursie) dotyczącym wapnowania gleb według kryterium częstotliwości wapnowania gleb (%)		
	Tak	nie	nie pamiętam
systematycznie	42,1	43,0	14,5
sporadycznie	17,2	63,8	19,0
brak	6,7	60,0	33,3

Objaśnienia do tabeli: n = 433.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Wyniki badań prezentujące zagadnienie dotychczasowego (nie)uczestniczenia rolników w szkoleniach/kursach związanych z tematyką wapnowania gleb uzupełniono kolejnym pytaniem dotyczącym możliwości zdobycia/uzupełnienia wiedzy w tym zakresie. W odpowiedzi na pytanie: „Czy byłby/byłaby Pan/i zainteresowany/a wzięciem udziału w szkoleniu dotyczącym wapnowania gleb?”, aż 65,0% respondentów odpowiedziało pozytywnie wskazując „zdecydowanie tak” (19,3%) oraz „raczej tak” 46,0% (wykres 28). Zaledwie 4,7% respondentów z próby badawczej liczącej 430 rolników zdecydowanie nie było zainteresowanych udziałem w tego typu spotkaniach. Relatywnie wysoki odsetek właścicieli gospodarstw rolnych wskazało odpowiedź „raczej nie” (21,6%) lub nie miało w tej kwestii zdania (8,4%).



Objaśnienia do wykresu: n = 430.

**Wykres 28. Zainteresowanie rolników udziałem w szkoleniach (kursach) dotyczących wapnowania gleb [%]**

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Zastanawiającym okazał się wynik wskazujący, iż 30,0% ankietowanych rolników, którzy do tej pory nie uczestniczyli w żadnym szkoleniu związanym z tematyką wapnowania gleb lub też o takim nie pamiętali, nie skorzystałoby z takiej możliwości w przyszłości (tabela 57). Duże zainteresowanie udziałem w spotkaniach informujących o potrzebie i korzyściach wapnowania gleb oraz możliwościach skorzystania na ten cel z dofinansowania wykazywali respondenci, którzy systematycznie wykonywali zabiegi wapnowania w swoich gospodarstwach (73,8%). Po przeciwnej stronie znaleźli się z kolei rolnicy, którzy nie wapnowali gleb, a równocześnie nie deklarowali zainteresowania wzięciem udziału w szkoleniach/kursach dotyczącej tej tematyki.

Po uzyskaniu niezbędnych od rolników informacji dotyczących ich ogólnej znajomości możliwości wsparcia finansowego zabiegów wapnowania gleb, w kolejnej części ankiety respondentom przedstawiono obecnie obowiązujący „Ogólnopolski program regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie”. Pytanie zostało tak sformułowane, aby w swej treści zawierało informacje o nazwie programu, okresie jego realizacji oraz o warunkach jakie musi spełnić rolnik, aby mógł ubiegać się o wsparcie finansowe w ramach niniejszego Programu. Poproszono respondentów, aby wskazali, które z kryteriów przyznawania dotacji do zakupu wapna nawozowego lub środków wapnujących w ramach Programu, stanowią w ich

przypadku największą barierę. W ramach możliwości wyboru respondent mógł wskazać maksymalnie trzy odpowiedzi (kryteria).

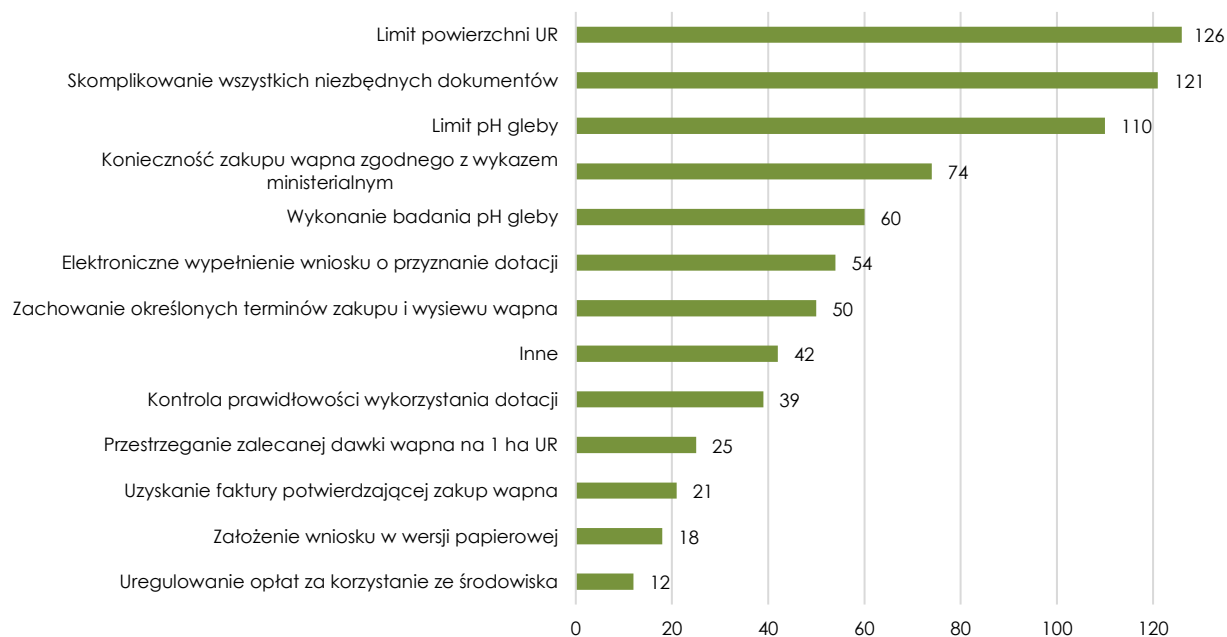
**Tabela 57. Zainteresowanie rolników udziałem w szkoleniach/kursach dotyczących wapnowania gleb według kryterium dotychczasowego braku uczestnictwa w szkoleniach [osób] oraz częstotliwości wapnowania gleb [%]**

Dotychczasowe uczestnictwo w szkoleniu	Zainteresowanie wzięciem udziału w szkoleniu (kursie) dotyczącym wapnowania gleb według kryterium dotychczasowego (nie)uczestnictwa w szkoleniach (os.)					Razem*
	zdecydowanie tak	raczej tak	nie wiem	raczej nie	zdecydowanie nie	
Brak	38	87	19	48	14	206
Nie pamiętam	7	33	13	17	4	74
Częstotliwość wapnowania	Zainteresowanie wzięciem udziału w szkoleniu (kursie) dotyczącym wapnowania gleb według kryterium częstotliwości wapnowania (%)					Razem**
	Systematycznie	23,5	50,3	6,4	17,4	
Sporadycznie	8,8	36,8	14	33,3	7	100
Brak	2,2	26,7	15,6	37,8	17,8	100

Objaśnienia do tabeli: \*n = 280 (bez respondentów deklarujących dotychczasowy udział w szkoleniu/kursie); \*\*n = 433.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Według respondentów, kluczowym problemem eliminującym z ubiegania się o skorzystanie z dofinansowania w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* była deklarowana przez blisko 30,0% rolników powierzchnia użytków rolnych (UR) objęta wsparciem (16,8% wskazań) (wykres 29).



Objaśnienia do wykresu: n = 433, suma odpowiedzi = 752, na wykresie podano możliwe do wyboru odpowiedzi na pytanie: *Które z kryteriów przyznania dotacji do zakupu wapna nawozowego lub środków wapnujących (w ramach obecnie obowiązującego „Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie”) stanowią w przypadku Pana/i gospodarstwa największą barierę?*

**Wykres 29. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie w opiniach rolników [liczba wskazań]**

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

W Programie założono bowiem, iż beneficjentem końcowym Programu mogą być posiadacze UR o powierzchni nieprzekraczającej 75 ha. Drugim z kryteriów stanowiącym barierę w skorzystaniu z dotacji w opinii 27,9% rolników była konieczność skompletowania wszystkich

niezbędnych dokumentów obowiązujących przy złożeniu wniosku na dofinansowanie zadań w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* (16,1% wskazań). Dokumenty te, prawidłowo wypełnione i zawierające wymagane zapisy, obejmują m.in.: opinię Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej (OSCh-R) o zalecanej dawce CaO lub CaO + MgO, fakturę (oryginał) za zakup wapna nawozowego lub środków wapnujących, formularze dotyczące pomocy *de minimis* w rolnictwie czy formularze informacji przedstawianych przez wnioskodawcę (w tym oświadczenie o uzyskanym dofinansowaniu, oświadczenie o dochodach czy oświadczenie o przeciwdziałaniu agresji na Ukrainie).

Błędnie wypełniony wniosek lub brak któregoś z załączników powoduje, że wnioskodawca nie otrzyma dofinansowania. Na trzeciej pozycji wśród kryteriów stanowiących barierę w ubieganiu się o wsparcie finansowe pozyskania nawozów wapniowych znalazło się kryterium limitu pH gleby (14,6% wskazań), które wskazała ponad 1/4 respondentów. W Programie przyjęto, iż pomoc przysługiwać będzie gospodarstwom rolnym dla działek rolnych (ewidencyjnych) o pH gleby poniżej lub równym 5,5. W dalszej kolejności znalazły się: konieczność zakupu wapna nawozowego, o którym mowa w przepisach rozporządzenia Ministra Gospodarki i Parlamentu Europejskiego (9,8% wskazań), konieczność zbadania odczynu (pH) gleby (8,0% wskazań) oraz elektroniczne wypełnienie wniosku (7,2% wskazań).

Analizując odpowiedzi właścicieli gospodarstw rolnych w kontekście ich lokalizacji można zauważyć duże podobieństwa we wskazaniach barier ograniczających ubieganie się o dofinansowanie na zakup nawozów wapniowych zarówno w przypadku gospodarstw o wysokim, jak i niskim średnim poziomie wapnowania gleb w regionie. W powiatach charakteryzujących się najwyższym średnim poziomem nawożenia gleb dominowały wskazania limitu powierzchni UR objętej dofinansowaniem oraz problemy związane ze skompletowaniem niezbędnej dokumentacji (tabela 58). Podobnie w powiatach o najniższym średnim poziomie nawożenia gleb, w których respondenci wskazywali te same kluczowe bariery ubiegania się o dofinansowanie, tyle że w odwrotnej kolejności. Podobne kluczowe kryteria ograniczające dostępność skorzystania z dofinansowania do zakupu nawozów wapniowych wskazywali respondenci klasyfikowani ze względu na staż pracy w gospodarstwie oraz poziom wykształcenia. Warto zauważyć w tym miejscu, iż bariery konieczności elektronicznego wypełnienia wniosku nie wskazywali rolnicy z wykształceniem podstawowym.

**Tabela 58. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* w opiniach rolników według kryterium lokalizacji gospodarstwa rolnego, poziomu wykształcenia oraz doświadczenia [liczba wskazań]**

Powiat	Główne bariery przyznania dotacji do zakupu nawozów wapniowych według powiatów						Razem*	Razem**
	limit powierzchni UR	dokumenty	limit pH gleby	zakup wapna	badanie pH gleby	elektroniczny wniosek		
drawski	15	19	10	7	7	9	67	97
jarosławski	15	15	17	6	7	9	69	107
jasielski	9	21	14	13	6	9	72	91
łobeski	22	5	21	10	7	5	70	92
nowosądecki	11	23	6	13	6	7	66	84
opolski	12	7	19	5	3	3	49	70
oświęcimski	14	19	4	9	10	5	61	81
prudnicki	28	12	19	11	14	7	91	130
<b>Ogółem</b>	<b>126</b>	<b>121</b>	<b>110</b>	<b>74</b>	<b>60</b>	<b>54</b>	<b>545</b>	<b>752</b>



Poziom wykształcenia	Główne bariery przyznania dotacji do zakupu nawozów wapniowych według poziomu wykształcenia						Razem*	Razem**
podstawowe	3	7	1	3	3	0	17	28
zawodowe	24	35	24	27	17	19	146	215
średnie	60	45	49	24	28	18	224	302
wyższe	31	30	30	18	11	11	131	171
brak danych	8	4	6	2	1	6	27	36
<b>Ogółem</b>	<b>126</b>	<b>121</b>	<b>110</b>	<b>74</b>	<b>60</b>	<b>54</b>	<b>126</b>	<b>752</b>
Liczba lat pracy w gospodarstwie	Główne bariery przyznania dotacji do zakupu nawozów wapniowych według liczby lat pracy w gospodarstwie						Razem*	Razem**
poniżej 10 lat	30	28	29	9	16	10	122	176
(10-20> lat	42	33	35	19	21	12	162	212
(20-40> lat	44	45	37	38	18	24	206	278
powyżej 40 lat	6	15	5	5	2	8	41	65
brak danych	4	0	4	3	3	0	14	21
<b>Ogółem</b>	<b>126</b>	<b>121</b>	<b>110</b>	<b>74</b>	<b>60</b>	<b>54</b>	<b>545</b>	<b>752</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433, suma odpowiedzi = 752, \*suma wskazań dla 6 głównych barier w ubieganiu się o dofinansowanie do zakupu i stosowania nawozów wapniowych, \*\*suma wskazań dla wszystkich możliwych 13 kategorii odpowiedzi.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Ciekawym zagadnieniem było również poznanie barier ubiegania się o dofinansowanie zakupu nawozów wapniowych w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* z punktu widzenia częstotliwości wykonywania zabiegów wapnowania gleb przez respondentów (tabela 59). Ci rolnicy (24,7%), którzy stosowali corocznie dawki nawozów wapniowych na każde pole lub pod wybrane rośliny lub też na wybrane pola tak, aby każde z nich było wapnowane przynajmniej raz na 3-5 lat, jako główną przyczynę ograniczającą możliwość skorzystania z dotacji wskazali limit powierzchni UR objętych dofinansowaniem (107 wskazań) oraz konieczność przygotowania i skompletowania dokumentów niezbędnych do złożenia wniosku (76 wskazań). Z kolei w przypadku rolników dokonujących sporadyczne nawożenie wapniowe gleb, do w/w barier dołączyła również konieczność badania pH gleby oraz elektroniczne złożenie wniosku. Rolnicy, którzy nie stosowali zabiegów wapnowania gleb w swoich gospodarstwach największą barierą w ubieganiu się o dofinansowanie upatrywali w konieczności wypełnienia, przygotowania i skompletowania niezbędnych dokumentów wymaganych do złożenia wniosku.

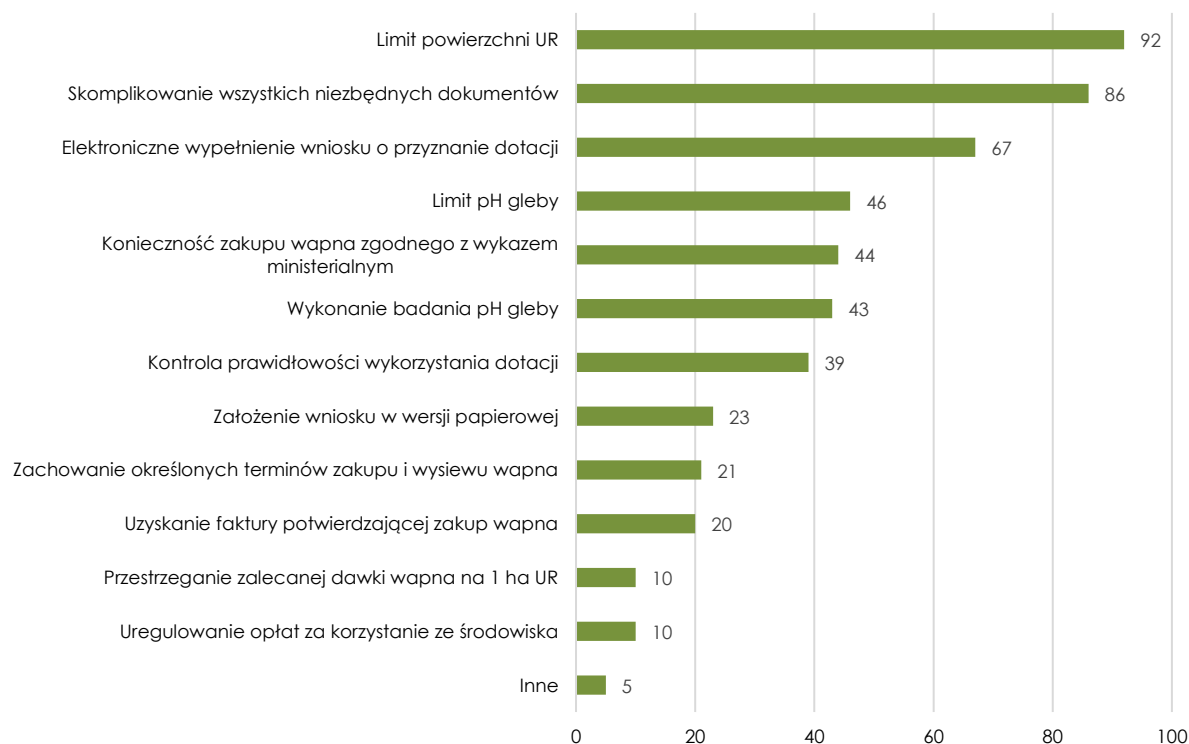
**Tabela 59. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* w opiniach rolników według kryterium częstotliwości wapnowania [liczba wskazań]**

Powiat	Główne bariery przyznania dotacji do zakupu nawozów wapniowych według kryterium częstotliwości wapnowania						Razem*	Razem**
	limit powierzchni UR	dokumenty	limit pH gleby	zakup wapna	badanie pH gleby	elektroniczny wniosek		
Systematycznie	107	76	95	54	40	33	405	559
Sporadycznie	12	22	11	10	14	12	81	112
Brak wapnowania	7	23	4	10	6	9	59	81
<b>Ogółem</b>	<b>126</b>	<b>121</b>	<b>110</b>	<b>74</b>	<b>60</b>	<b>54</b>	<b>545</b>	<b>752</b>

Objaśnienia do tabeli: n = 433, suma odpowiedzi = 752, \*suma wskazań dla 6 głównych barier w ubieganiu się o dofinansowanie do zakupu i stosowania nawozów wapniowych, \*\*suma wskazań dla wszystkich możliwych 13 kategorii odpowiedzi.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Podobne opinie na temat kluczowych barier, z jakimi spotykają się rolnicy chcący uzyskać wsparcie w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie*, wyrazili również pracownicy instytucji otoczenia rolnictwa (tzw. eksperci), uczestniczący w tworzeniu i realizacji polityki rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich (wykres 30).



**Wykres 30. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* w opiniach ekspertów [liczba wskazań]**

Objaśnienia do wykresu: n = 325, suma odpowiedzi = 506, na wykresie podano możliwe do wyboru odpowiedzi na pytanie: *Które z kryteriów przyznania dotacji do zakupu wapna nawozowego lub środków wapnujących (w ramach obecnie obowiązującego „Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie”) stanowią w Pana/i opinii największą barierę dla rolników?*

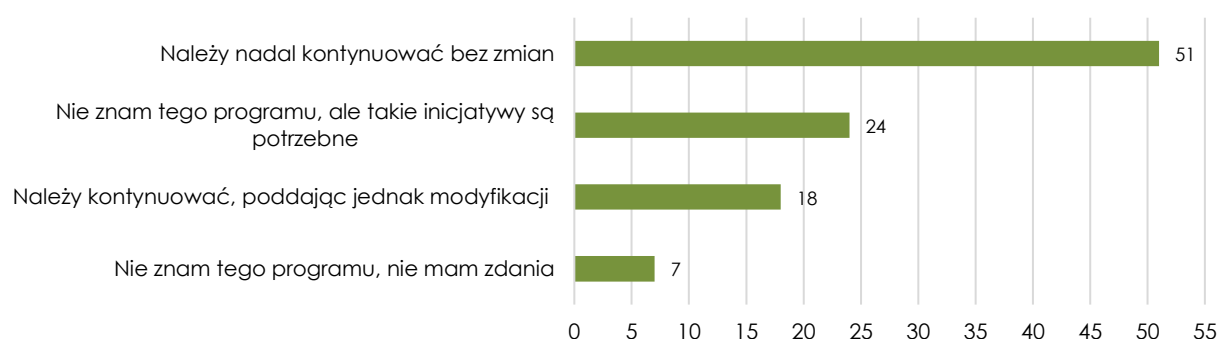
Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Według ich wskazań, na dwóch pierwszych pozycjach znalazły się, podobnie jak w przypadku badanych właścicieli gospodarstw rolnych, kryterium limitu powierzchni UR uprawnionych do wsparcia (18,2% wskazań) oraz konieczność wypełnienia, przygotowania i skompletowania dokumentów niezbędnych przy ubieganiu się o dotację (17,0%). Tuż za nimi, eksperci wskazali na barierę elektronicznego wypełnienia wniosku o wsparcie wapnowania regeneracyjnego gleb plasując ją na trzeciej pozycji (w przypadku rolników bariera ta była wskazana w rankingu jako szóstą). Wyprzedziła ona tym samym ograniczenie limitu pH gleby poniżej lub równe 5,5, które z kolei rolnicy uznali za ważniejsze (trzecia pozycja w rankingu).

Wskazania ekspertów dotyczące identyfikacji barier w ubieganiu się przez rolników o dofinansowanie zadań w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* ciekawie prezentują się z wynikami dotyczącymi opinii ekspertów na temat tego Programu. Ekspertów zapytano bowiem co myślą na temat założeń programowych, a pytanie to celowo umieszczono w ankiecie przed pytaniem dotyczącym kryteriów przyznawania wsparcia finansowego w ramach Programu. Ponad połowa ekspertów wskazała, iż obecny program wsparcia wapnowania regeneracyjnego gleb należy nadal kontynuować w niezmienionej formule/postaci (51,0%). Tak wysoki odsetek odpowiedzi daje podstawy sądzić, że przyjęte kryteria dostępu do środków finansowych w ramach Programu, nie stanowią w

opiniach ekspertów barier w dostępie rolników do ubiegania się o dotacje. Zaledwie 18,0% pracowników instytucji okołorolniczych widziało potrzebę modyfikacji Programu poprzez wyeliminowanie lub też złagodzenie kryteriów będących największymi barierami w dostępie do środków finansowych (wykres 31).

Niepokojącym jest fakt, iż ponad 30,0% ekspertów nie słyszało, a tym samym nie znało realizowanego od 2019 r. *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie*. Ponad połowę z nich stanowili pracownicy jednostek samorządu terytorialnego (Urzędów Gmin, Starostw Powiatowych i Urzędów Wojewódzkich), a 30,0% pracownicy instytucji rządowych (m.in. ARiMR, KOWR, RDOŚ, RZGW, Lasy Państwowe). Pocieszającym jest, iż z grupy 43 ankietowanych pracowników ODR, tylko jedna osoba deklarowała brak znajomości tego Programu. Można zatem przypuszczać, iż doradcy rolni mający bezpośredni kontakt z rolnikami będą w stanie udzielać zainteresowanym właścicielom gospodarstw rolnych informacji o możliwościach skorzystania z dofinansowania zakupu nawozów wapniowych w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie*.



**Wykres 31. Opinie ekspertów nt. znajomości *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* [%]**

Objaśnienia do wykresu: n = 325.

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych 2023.

Wyniki badań przeprowadzonych wśród 433 rolników i 325 ekspertów ankietowych zostały uzupełnione informacjami pochodzącymi z wywiadów pogłębionych. W trakcie wyjazdów terenowych oprócz badań ankietowych prowadzono również rozmowy z wybranymi pracownikami instytucji okołorolniczych i rolnikami, mające na celu próbę głębszego poznania badanego zjawiska. Ekspertów uczestniczący w wywiadach, zapytani o kluczowe bariery w ubieganiu się przez rolników o dofinansowanie zadań w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* wskazali przede wszystkim limit powierzchni UR oraz wartość pH gleby ( $\text{pH} < 5,5$ ). Zaznaczyli przy tym, iż ograniczenia te dotyczą przede wszystkim rolników z województwa zachodniopomorskiego czy opolskiego, prowadzących duże gospodarstwa rolne, nastawione na maksymalizację produkcji rolnej, dla których kryterium powierzchni stanowi istotne ograniczenie.

Ciekawe opinie z niniejszego zakresu badawczego wyrażano również w przypadku gospodarstw zlokalizowanych w województwach małopolskim i podkarpackim, charakteryzujących się dużym rozdrobnieniem agrarnym. Ekspertów podkreślili bowiem, iż w tych regionach dominuje grupa rolników o mniejszej świadomości potrzeb wapnowania. Zdaniem respondentów większość rolników z tych województw (najczęściej prowadzących małe gospodarstwa rolne) nie widzi potrzeby prowadzenia zabiegów odkwaszania gleb, a tym samym nie ma potrzeby korzystania z programów dofinansowania wapnowania gleb. Zabieg ten postrzega się jako zabieg zwiększający koszty produkcji rolnej, którego efekt nie jest widoczny w krótkim okresie czasu – bezpośrednio po zastosowaniu nawozu wapniowego tak, jak jest to widoczne przy zastosowaniu nawozów NPK. Dużą rolę w takim podejściu rolników do wapnowania

odgrywało zdaniem ekspertów tzw. przyzwyczajenie i nawyki prowadzenia gospodarstwa rolnego, jak również uprzedzenia. Eksperci – pracownicy zarówno Izby Rolniczych, jak i Ośrodków Doradztwa Rolnego wskazywali, że problemem dla rolników jest zebranie prób glebowych i wystanie lub dostarczenie ich do stacji chemiczno-rolniczych. Często eksperci cytowali wypowiedzi rolników, którzy stwierdzali: „...przecież nie wapnuję i tak rośnie”, „...szkoda mi czasu na dojazd do stacji chemiczno-rolniczej”, „...przecież wapnowałem pole 5 lat wstecz i tak to nic nie dało”, „...za wapno i wapnowanie trzeba zapłacić”. Warto także podkreślić, iż bez względu na kryterium lokalizacji, tj. powiatów w których prowadzono badania ankietowe i wywiady pogłębione, ważnymi czynnikami powodującymi ograniczenia w wykorzystaniu dofinansowania według ekspertów były także: skomplikowana według rolników procedura oraz dokumentacja jaką należy przedłożyć w celu uzyskania dopłat, konieczność wyłożenia własnych środków na zakup nawozów odkwaszających oraz koszty wykonania zabiegów odkwaszanie gleb.

#### 8.4. Identyfikacja determinant i barier wapnowania – próba ujęcia modelowego

Biorąc pod uwagę złożoność problemu (wielość motywów i czynników determinujących decyzje rolników) podjęto próbę głębszej analizy barier wapnowania gleb, po raz kolejny wykorzystując model drzewa klasyfikacyjnego C&RT. Tym razem jednak zespół autorski, dysponując zarówno danymi pierwotnymi, jak i licencją Statistica z pakietem *data mining*, mógł skorzystać z pełni możliwości tego zaawansowanego narzędzia statystycznego poprzez zastosowanie modelu drzewa interakcyjnego. Proces tworzenia klasyfikacyjnego drzewa interakcyjnego sprowadzał się, podobnie jak w ogólnym drzewie klasyfikacyjnym zaprezentowanym w rozdziale 3.4, do poszukiwań możliwości podziału danej zbiorowości (w tym przypadku 433 rolników, którzy wzięli udział w badaniu ankietowym) na coraz mniejsze podzbiory-węzły (możliwie najbardziej jednorodnie wewnątrznie), lecz maksymalnie różniące się między sobą (w tym przypadku stosowaną strategią wapnowania). Zmienna objaśniana (wapnowanie gleb) przyjmowała trzy warianty zgodnie z przyjętą w niniejszym rozdziale klasyfikacją:

- systematycznie (330 przypadków / 76,2% ogółu),
- sporadycznie (58 przypadków / 13,4% ogółu),
- brak wapnowania (45 przypadków / 10,4% ogółu).

Wewnętrzna jednorodność podzbioru oznacza, że występuje w nim tylko jedna klasa zmiennej objaśnianej. Przykładowo jednorodność taka miałaby miejsce, gdyby podzbiór został wydzielony wg wariantu cechy jakościowej (np. główne źródło utrzymania) bądź wartości cechy ilościowej (np. udział zbóż w powierzchni ogółem) w taki sposób, że objąłby wyłącznie grupę rolników deklarujących systematyczne stosowanie zabiegu wapnowania. Zwykle jednak w metodzie drzew klasyfikacyjnych w wygenerowanych węzłach pojawić się może więcej niż jedna klasa zmiennej objaśnianej. W terminologii drzew klasyfikacyjnych mówi się wówczas o zanieczyszczeniu węzła. Im mniej wyraźna będzie dominacja jednej klasy nad innymi, tym większe będzie zanieczyszczenie węzła. Powszechnie uznaną miarą niejednorodności węzła drzewa klasyfikacyjnego C&RT jest indeks Gini ( $G$ ). Biorąc pod uwagę, że w interakcyjnym modelu istnieje możliwość zaawansowanej modyfikacji struktury drzewa, a tym samym oddziaływania na indeks Gini, poniżej zostanie wyjaśnione jego zastosowanie w algorytmie drzew C&RT:

$$G = \sum_{i=1}^C p(i) * (1 - p(i))$$

gdzie:  $C$  – liczba klas,  $p(i)$  – prawdopodobieństwo klasy  $i$ .

Indeks Gini przyjmuje wartości od 0 (czystość klasyfikacji) do 1 (losowy rozkład obserwacji między różnymi klasami). Jeśli natomiast zachodzi równy rozkład obserwacji w poszczególnych klasach, to miara ta wynosi 0,5. Na podstawie tego indeksu algorytm drzewa C&RT wylicza dla każdego kolejnego podziału wielkość tzw. zysku Gini dla każdego predyktora wprowadzonego do modelu. Zysk Gini jest różnicą między obliczonym indeksem Gini dla węzła nadrzędnego a sumą iloczynów frakcji<sup>9</sup> i indeksów Gini dla węzłów podrzędnych. Zysk Gini określa zatem ilość zanieczyszczeń, które zostaną usunięte poprzez dokonanie podziału przy użyciu danego predyktora. Im większy jest zysk Gini tym lepszy jakościowo jest podział. Dlatego miara ta podlega maksymalizacji z każdą iteracją w celu uzyskania możliwie najczystszych kolejno tworzonych węzłów drzewa klasyfikacyjnego. Ta filozofia działania klasyfikacyjnych modeli C&RT nabiera szczególnego znaczenia w przypadku ich wariantu interakcyjnego. Algorytm budowy drzewa interakcyjnego analizuje wszelkie możliwe podziały, które mogłyby odbyć się według przedziałów wartości predyktorów ilościowych lub klas predyktorów jakościowych<sup>10</sup>.

Dodatkowo moduł drzew interakcyjnych umożliwia analizę wrażliwości prezentując na wykresach zysk Gini jako funkcję wartości predyktora ilościowego. Badacz, wykorzystując swoją wiedzę i doświadczenie, ma tutaj możliwość weryfikacji każdego podziału, jego modyfikacji, usunięcia lub dalszego rozwinięcia. Dla każdego podziału przy wykorzystaniu wyżej opisanej metodologii obliczane są wartości zysku Gini (nazywane w drzewach interakcyjnych statystykami poprawy), które precyzyjnie odzwierciedlają redukcję zanieczyszczenia danego węzła możliwą do osiągnięcia w efekcie zastosowania podziału tego węzła wg każdego predyktora. Następnie predyktory zostają uporządkowane względem wartości zysku Gini, a do podziału wytypowany zostaje predyktor o największej wartości tej statystyki. O ile w metodzie ogólnych drzew klasyfikacyjnych optymalne drzewo zostaje wytypowane automatycznie z sekwencji drzew o rosnącej złożoności i nie ma możliwości ingerencji w jego strukturę, to w metodzie drzew interakcyjnych predyktor wytypowany automatycznie przez algorytm obliczeniowy może w efekcie oceny eksperckiej zostać zastąpiony innym, np. mającym nieznacznie gorszą wartość zysku Gini, ale pozwalającym na lepszą interpretację merytoryczną badanego problemu.

W przypadku drzew interakcyjnych C&RT istnieją więc ogromne możliwości łączenia wiedzy eksperckiej z zaawansowanym algorytmem poszukiwania kryteriów binarnego podziału zgromadzonych obserwacji na coraz mniejsze i coraz bardziej wewnętrznie jednorodne podgrupy. Celem opracowanego modelu drzewa była próba podziału zbiorowości rolników na mniejsze, możliwie jednorodne grupy, w których dominować będzie określona strategia wapnowania. Oczekiwano przy tym, że kryteria wydzielenia tych grup przyczynią się do wyjaśnienia barier wapnowania. W związku z tym, szczególnie interesujące wydawały się grupy rolników sporadycznie stosujących ten zabieg agrotechniczny (13,4% respondentów) lub nie stosujących go w ogóle (10,4% respondentów). Opracowując model drzewa klasyfikacyjnego CART przyjęto, że koszty błędnych klasyfikacji będą równe (nie faworyzowano przewidywań żadnej z deklarowanych strategii). Dopasowanie modelu oceniano wg opisanego powyżej indeksu i zysku Gini. Wybrano najpopularniejszą regułę stopu (tj. zatrzymania procesu budowy kolejnych węzłów drzewa), poprzez przycinanie przy błędzie złej klasyfikacji.

Mając na uwadze stosunkowo mniej liczne przypadki zupełnego zaniechania wapnowania lub podejmowania tego zabiegu jedynie sporadycznie, przyjęto że węzły końcowe będą składać się z co najmniej 5 obserwacji (tj. minimalnej liczby obserwacji w węzle końcowym według sugestii twórców algorytmu C&RT). Natomiast kontrola jakości uzyskiwanych wyników

<sup>9</sup> Odsetek obserwacji w węzłach podrzędnych.

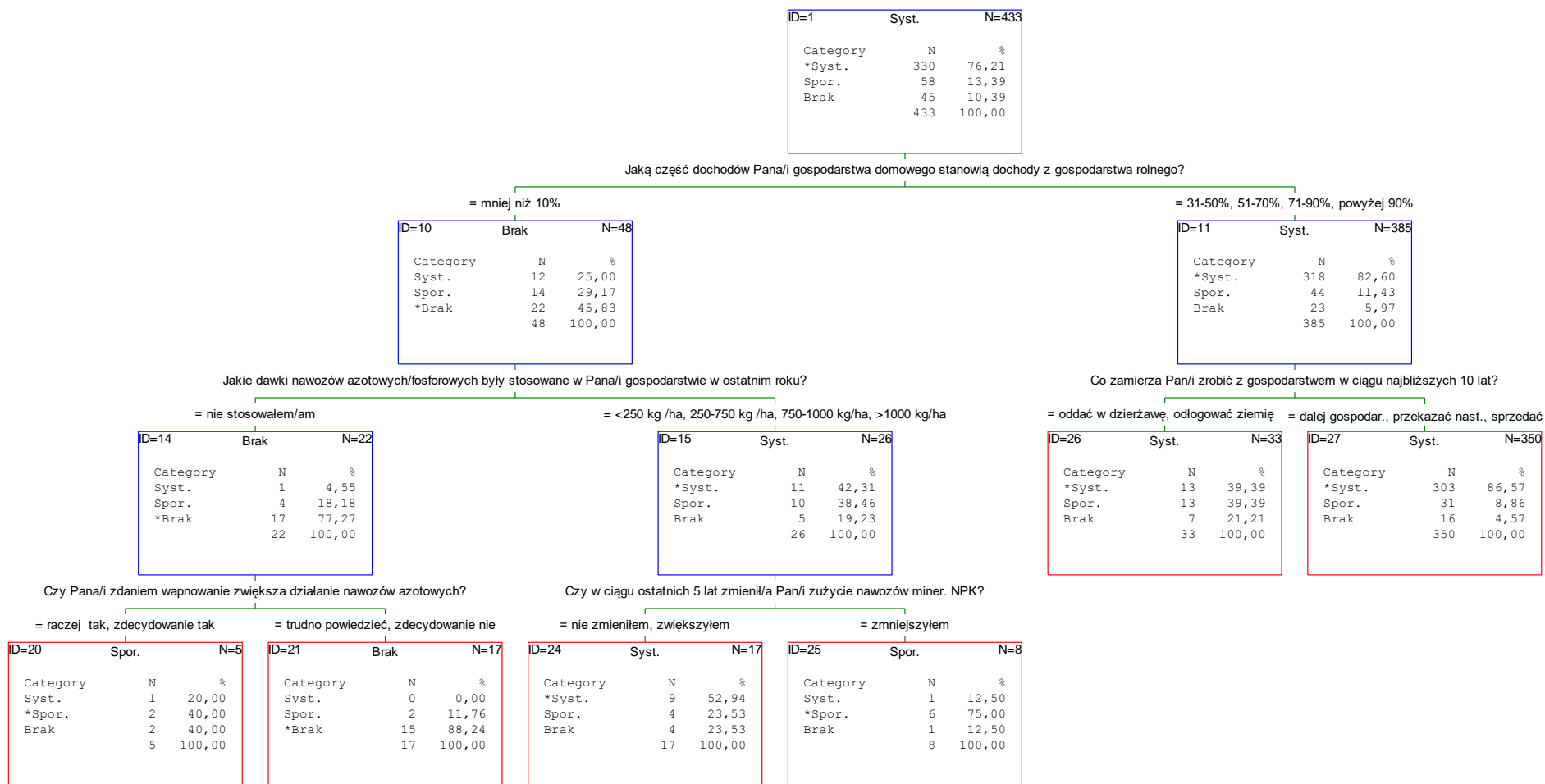
<sup>10</sup> Rzadziej dzięki temu zachodzi konieczność przetwarzania zmiennych objaśniających (w zasadzie możliwe jest zbudowanie modelu przy wykorzystaniu bezpośrednich wyników ankiet, tj.: udzielonych odpowiedzi słownych np. „zdecydowanie tak” lub liczb np. „250 kg/ha”).



była prowadzona typowo: przy wykorzystaniu V-krotnego sprawdzianu krzyżowego dla  $V=10$ . Odsetek błędnych klasyfikacji w zaprezentowanym poniżej finalnym drzewie ukształtował się na poziomie 19,0% i uznano go za wynik dobry. Także i w tym przypadku model miał charakter eksploracyjny (a nie predykcyjny), więc szczególna precyzja nie była w tym przypadku konieczna. Pomimo dużej złożoności motywów i czynników, które determinowały podejście rolników do zabiegu wapnowania, osiągnięta została 81,0% trafność przewidywań modelu. Niemniej, także i w przypadku tego modelu autorzy mają świadomość, że niektóre istotne determinanty strategii wapnowania mogły pozostawać poza polem obserwacji statystycznej.

Finalny model drzewa C&RT posiadał 5 węzłów dzielonych oraz 6 węzłów końcowych. W kolejnych podziałach diagram tego drzewa przedstawiał determinanty strategii wapnowania stosowanych przez rolników. Obserwując pierwszy węzeł drzewa warto zwrócić uwagę, że zabieg wapnowania (podejmowany systematycznie lub sporadycznie) deklarowało niemal 90,0% ankietowanych, a jedynie niewiele ponad 10,0% respondentów deklarowało zupełne zaniechanie takich praktyk. Wynik ten kontrastował z danymi polskiego FADN, gdzie wapnowania w 10-letnim okresie nie stosowało w ogóle około 19,0% badanej grupy gospodarstw. Było to dość zaskakujące ponieważ to raczej w gospodarstwach towarowych istnieje większa dbałość o kompleksowość zabiegów agrotechnicznych. Stosowane strategie wapnowania ulegały zróżnicowaniu w zależności od roli gospodarstwa rolnego jako źródła utrzymania rodziny rolnika. W przypadku, gdy dochody z gospodarstwa rolnego stanowiły mniej niż 10,0% dochodów gospodarstwa domowego (węzeł 10) dominującą strategią było zaniechanie wapnowania lub podejmowanie sporadycznie takiego zabiegu. W gronie 48 respondentów deklarujących tak niewielki udział dochodów z gospodarstwa rolnego istotne było stosowanie nawozów azotowych/fosforowych w ostatnim roku (rysunek 36).

Wśród odpowiedzi 22 rolników, którzy nie stosowali takich nawozów wyraźnie dominowało zaniechanie praktyki wapnowania (węzeł 14). Natomiast rolnicy, którzy ponosili wydatki na nawozy azotowe/fosforowe i stosowali je choćby nawet w niewielkich ilościach, zdecydowanie częściej deklarowali systematyczne bądź sporadyczne wapnowanie gleb (węzeł 15), co pośrednio świadczyło o świadomości respondentów nt. roli kompleksowości zabiegów agrotechnicznych, nawet gdy dochód z gospodarstwa nie był kluczowy dla rodziny rolnika. Strategie wapnowania w grupie rolników niestosujących nawozów azotowych/fosforowych (węzeł 14) różnicowała opinia nt. korzyści tego zabiegu w postaci wzmocnienia działania nawozów azotowych. Osoby sceptyczne bądź nie mające ugruntowanej opinii w tej kwestii (węzeł 21) wyraźnie częściej rezygnowały z wapnowania w przeciwieństwie do osób, które zgadzały się z poglądem o korzystnym wpływie wapnowania na nawożenie azotowe (węzeł 20). Natomiast w grupie rolników stosujących nawozy azotowe/fosforowe strategie wapnowania korespondowały ze zmianami zużycia nawozów NPK w ostatnich 5 latach. Systematyczne wapnowanie było wyraźnie częściej preferowane wśród rolników, którzy stosowali niezmiennie lub zwiększone dawki NPK (węzeł 24). Tymczasem rolnicy, którzy z różnych przyczyn zmniejszyli dawki nawozów NPK w ostatnich 5 latach (węzeł 25) najczęściej praktykowali sporadyczne wapnowanie gleb.



Rysunek 36. Diagram drzewa klasyfikacyjnego CART dla strategii wapnowania

Źródło: opracowanie własne.

Węzeł 11 objął dużą grupę 385 rolników, których dochody z gospodarstwa rolnego stanowiły co najmniej 10,0% dochodów gospodarstwa domowego. Wyższy udział dochodów z rolnictwa zdawał się dość wyraźnie determinować praktykę systematycznego wapnowania gleb. Aż 83,0% rolników stosowało taką strategię, ponad 11,0% wapnowało swoje gleby sporadycznie, a jedynie niecałe 6,0% rolników nie robiło tego wcale. Wybór tych praktyk mógł być w pewnym stopniu wyjaśniony indywidualną racjonalnością rolnika powiązaną z planami co do przyszłości gospodarstwa. Podział węzła 11 prowadził do wniosku, że rolnicy deklarujący, że w ciągu najbliższych 10 lat zamierzają dalej gospodarować, ewentualnie przekazać gospodarstwo następcy lub je sprzedać, to rolnicy, którym bardziej zależało na utrzymaniu gruntów w dobrej kulturze rolnej i zachowaniu ich wartości, głównie byli to więc rolnicy wapnujący gleby systematycznie (węzeł 27). Natomiast w przypadku rolników zamierzających w perspektywie 10 lat oddać grunty w dzierżawę lub je odłogować (węzeł 26), systematyczne wapnowanie stosowano równie często jak sporadyczne. Wyraźnie wyższy był też w tej grupie odsetek rolników którzy wapnowania w ogóle nie stosowali. A zatem zachowanie własności ziemi przy zaniechaniu produkcji rolniczej osłabiło stosowanie praktyki systematycznego wapnowania.

Wyjaśniając motywy wyboru strategii wapnowania wykorzystano zestaw licznych cech i czynników, które respondenci zaznaczali w wypełnianych formularzach ankiet. W sposób oczywisty tylko część z nich wystąpiła na finalnym diagramie. Należy jednak wyjaśnić, że jako predyktory strategii wapnowania w modelu uwzględniono:

- lokalizację gospodarstwa rolnego (powiat),
- rodzaj i poziom wykształcenia rolnika,
- liczbę lat pracy w gospodarstwie rolnym,
- źródła utrzymania gospodarstwa domowego rolnika ze wskazaniem głównego źródła,
- udział dochodów z gospodarstwa rolnego w dochodach gospodarstwa domowego,
- powierzchnię gruntów gospodarstwa rolnego,
- powierzchnię najważniejszych upraw w 2022 r.,
- zużycie w ciągu ostatnich 5 lat nawozów mineralnych NPK,
- zużycie w ciągu ostatnich 5 lat nawozów organicznych,
- zużycie w ciągu ostatnich 5 lat regulatorów wzrostu,
- zużycie w ciągu ostatnich 5 lat pestycydów,
- zużycie w ciągu ostatnich 5 lat biostymulatorów,
- zagrożenia dla przyszłości gospodarstwa,
- zamierzenia nt. przyszłości gospodarstwa w ciągu najbliższych 10 lat,
- odniesienie rolnika do praktyki badania pH i wapnowania w miejscowości,
- opinie rolnika nt. roli odczynu gleby i jego regulowania oraz skutków dla działania nawozów mineralnych i plonowania roślin,
- wskazania rolników nt. ograniczeń i utrudnień stosowania nawożenia wapniowego,
- informacje nt. korzystania z dopłat do zakupu nawozów wapniowych w ostatnich 4 latach,
- informacje o korzystaniu z doradztwa rolnego w kwestii badania odczynu gleby i jej wapnowania,
- informacje o uczestnictwie w szkoleniach nt. wapnowania gleb,
- informacje o dawkach nawozów azotowych/fosforowych stosowanych w ostatnim roku,
- informacje o dawkach nawozów organicznych stosowanych w ostatnim roku.

Czytelnika zainteresowanego szczegółowymi informacjami nt. wyżej wymienionych pytań i wariantów ich odpowiedzi odwołujemy do załącznika prezentującego formularz ankiety. Oprócz najważniejszych pytań metryczkowych w budowie modelu wykorzystano pytania o nr: 1, 5-8, 10, 13-14, 19-20, 23-25, 27-28 oraz 34-35. Ze wstępnych analiz wynikało, że obok dochodów

osiąganych z gospodarstwa rolnego istotną rolę dla podjęcia decyzji o wapnowaniu odgrywała uprawa konkretnych roślin, np. buraków cukrowych, które wymagają dla prawidłowego rozwoju odczynu w granicach 6-7 pH. Wskazania respondentów były jednak w przypadku uprawianych roślin bardzo fragmentaryczne i niekompletne, co sprawiało, że diagram drzewa kończył się na dwóch podziałach. Zrezygnowano także z wykorzystania czynnika lokalizacyjnego do podziałów drzewa – rolę położenia gospodarstwa w konkretnym powiecie stosunkowo dobrze opisywały bowiem tabele przestawne opracowane we wcześniejszych podrozdziałach. Warto jednak nadmienić, że w świetle rankingu predyktorów w gronie pierwszych 10 czynników sprawczych przesądzających o wyborze strategii wapnowania znalazły się: powierzchnie najważniejszych upraw (warzyw, ziemniaków, zbóż i kukurydzy), zużycie w ciągu ostatnich 5 lat nawozów mineralnych NPK, opinie rolnika nt. roli wapnowania dla działania nawozów mineralnych i plonowania roślin oraz odniesienie rolnika do praktyki wapnowania w miejscowości, a także dawki nawozów azotowych/fosforowych stosowane przez rolnika w ostatnim roku. Trzy z wymienionych aspektów wystąpiły na finalnym diagramie drzewa jako kryteria podziału.

Podsumowując wyniki modelu należy stwierdzić, że drzewo interakcyjne pozwoliło ze stosunkowo wysokim prawdopodobieństwem opisać motywy stosowanych strategii wapnowania. Można stwierdzić, że zaniechanie tego zabiegu statystycznie częściej było odnotowywane w gospodarstwach, które przynosiły rodzinom rolniczym niewielki dochód. W takich sytuacjach decyzje rolników zdawały się być częściej podporządkowane priorytetowi minimalizacji nakładów i wydaje się (co model częściowo potwierdzał), że jednym z pierwszych nakładów, z których rolnicy wówczas rezygnowali, były nakłady na odkwaszanie gleb. Trzeba zauważyć, że nawet w przypadku takich gospodarstw, przynoszących rolnikom na tle innych źródeł marginalne dochody, doceniano znaczenie kompleksowości zabiegów agrotechnicznych: z wapnowania chętniej rezygnowali ci, którzy zaniechali w ostatnim roku też nawożenia mineralnego, a skłonności tej jeszcze bardziej sprzyjał sceptycyzm wobec pozytywnego wpływu wapnowania na działanie nawozów azotowych. Ale nawet, gdy dochody z rolnictwa nie miały dużego znaczenia, konieczność spoglądania na nawożenie wapniowe w powiązaniu z nawożeniem mineralnym zdawali się respektować rolnicy, którzy w ostatnim roku stosowali nawozy azotowe bądź fosforowe. Byli to rolnicy raczej systematycznie lub sporadycznie odkwaszający gleby.

Należy zauważyć, że dominująca strategia sporadycznego odkwaszania była powiązana ze zmniejszeniem zużycia nawozów mineralnych w ostatnich 5 latach – co mogło znajdować swoje wytłumaczenie w pogarszającej się sytuacji ekonomicznej rodziny rolniczej, a w dalszej kolejności ograniczaniu kosztów, m.in. nawożenia wapniowego i mineralnego. Tu warto przypomnieć, że wśród maksymalnie 3 czynników ograniczających lub utrudniających stosowanie nawożenia wapniowego rolnicy najczęściej wskazywali w ankiecie brak środków finansowych na zakup nawozu wapniowego. Jeśli jednak dochody z gospodarstwa rolnego miały większe znaczenie w kształtowaniu dochodu rodziny rolnika, wapnowanie stawało się raczej powszechną praktyką, tym razem już należy przypuszczać, że bardziej podporządkowaną ekonomicznej zasadzie maksymalizacji efektów. Niemal 83,0% ankietowanych rolników zadawało się doskonale rozumieć, że zabiegu tego nie można bagatelizować i odkwaszało swoje gleby systematycznie. Z modelu wynikało, że mogły to niekiedy weryfikować plany na przyszłość: rolnicy odchodzący od produkcji, zamierzający oddać swoje grunty w dzierżawę lub je odłogować, obok wapnowania systematycznego również często preferowali sporadyczność takich zabiegów. Jednak rolnicy, w których planach uwidaczniała się kontynuacja działalności (osobista lub poprzez następcę) lub myśl o sprzedaży, doceniali korzyści utrzymania pożądanego odczynu gleby, zarówno dla dalszego gospodarowania jak i uzyskania dobrej ceny ziemi rolniczej na lokalnym rynku.

## PODSUMOWANIE I REKOMENDACJE

Badania prowadzone przez interdyscyplinarny zespół ekspertów w ramach Ekspertyzy 2 pt.: „Możliwości i bariery wykorzystania wapnowania gleb do poprawy efektywności ekonomicznej produkcji rolnej oraz ograniczania eutrofizacji wód powierzchniowych” pozwoliły zrealizować założenia II etapu projektu. W ramach tych badań:

- przeprowadzono terenowe badania ankietowe wśród rolników i pracowników instytucji okołorolniczych, które zostały uzupełnione wywiadami,
- poddano szczegółowej analizie dane pozyskane z systemu FADN,
- opracowano metodykę modelowania i wykonano model wpływu wapnowania na eutrofizację wód powierzchniowych na przykładzie wsi Polanka Wielka z uwzględnieniem opcjonalnych zabiegów urządzeniowo-rolnych.

W rolnictwie zasadniczą rolę odgrywa gleba, która stanowi specyficzne środowisko wzrostu i rozwoju roślin, a tym samym wpływa na jakość i ilość surowców wykorzystywanych w produkcji żywności. W sytuacji intensywnej produkcji rolnej właściwości gleb mają jednocześnie bardzo duży wpływ na jakość wód, zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych. Jednym z podstawowych parametrów gleby jest jej odczyn, który odgrywa bardzo dużą rolę decydując, zarówno o wynikach ekonomiczno-produkcyjnych rolnictwa, jak i wpływie prowadzonej produkcji na środowisko. Optymalnym odczynem gleby dla większości uprawianych w Polsce roślin jest odczyn słabo kwaśny i obojętny (pH 6,0-7,0). Niestety większość gleb na terenie Polski to gleby o odczynie kwaśnym i bardzo kwaśnym o pH < 6,0.

### Jakie są przyczyny zakwaszenia gleb ?

Zakwaszenie gleb związane jest z genezą skał macierzystych, z których się wytworzyły. W okresie plejstocenu większość powierzchni naszego kraju (ponad 90,0%) została pokryta silnie przemytymi przez wody bezwęglanowymi osadami polodowcowymi. Oprócz braku węglanów w skałach macierzystych na zakwaszenie gleb wpływa także intensywna produkcja rolna sprzyjająca wymywaniu kationów ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), a tym samym dekalcytacji gleb. Czynnikiem wywołującym zakwaszenie są także stosowane w produkcji rolnej nawozy zawierające azotany, chlorki, siarczany, rozkład materii organicznej z resztek poźniwnych, odprowadzanie jonów wapnia i magnezu z plonem, spalanie paliw stanowiących źródło kwasotwórczych tlenków siarki i azotu. Szacunkowo ubytek składników zasadowych określony jako ekwiwalent CaO na 1 ha użytków rolnych można określić na poziomie 350-450 kg/ha w skali roku. Straty te powinny zostać uzupełnione poprzez dobranie odpowiedniego poziomu nawożenia odkwaszającego, uwzględniającego nie tylko skompensowanie zjawiska dekalcytacji, ale również doprowadzenie gleby do optymalnego dla uprawianych gatunków roślin poziomu pH. Należy zaznaczyć, że zależności te są powszechnie znane i zostały szeroko opisane w literaturze naukowej i popularno-naukowej. Mimo tego, jak wykazały wyniki Powszechnego Spisu Rolnego 2020 prowadzone badania oraz przytaczane w ekspertyzie wyniki badań naukowych innych autorów, poziom wapnowania gleb w Polsce jest w dalszym ciągu znacząco za niski



i niewystarczający, a bardzo duża część gleb wykorzystywanych do produkcji rolnej to gleby kwaśne. Zoptymalizowanie odczynu gleb wykorzystywanych rolniczo ma duże znaczenie z punktu widzenia dostosowania rolnictwa do standardów polityki ekologicznej i rolnej UE.

### Jakie są główne cele Europejskiego Zielonego Ładu ?

Wzrost oczekiwań wobec poziomu życia i stopnia zaspokojenia potrzeb, rosnącej populacji ludności świata wymuszają poszukiwania nowych, lepszych sposobów na wykorzystywanie kurczących się zasobów naturalnych. Wiodącą rolę w poszukiwaniu nowych technologii, jak również w poszukiwaniu rozwiązań mających ograniczać negatywny wpływ człowieka na środowisko odgrywają kraje wysoko rozwinięte. Wynika to zarówno z posiadanego przez nie potencjału gospodarczego, w tym potencjału intelektualnego i technologii, jak również z chęci kreowania innowacyjnych rozwiązań mających być swoistym przykładem dla pozostałej części świata. Również kraje Unii Europejskiej próbują poszukiwać rozwiązań, które zgodne z koncepcją zrównoważonego rozwoju zabezpieczą możliwości trwałego i stabilnego rozwoju przyszłym pokoleniom. Ich odpowiedzią na coraz wyraźniej obserwowany globalny kryzys klimatyczny oraz postępujące i przybierające na sile procesy degradacji środowiska ma być m.in. koncepcja tzw. *Europejskiego Zielonego Ładu*. Zgodnie z nią UE ma zostać przekształcona w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo funkcjonujące w nowoczesnej, przyjaznej dla środowiska naturalnego konkurencyjnej gospodarce. Realizacja celów i polityki *Europejskiego Zielonego Ładu* w dużej mierze dotyczy również gospodarki rolnej i obszarów wiejskich, co znalazło swoje odzwierciedlenie m.in. w *Planie Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027*. Podjęte badania, prezentowane w ekspertyzie rozważania oraz postawione rekomendacje wpisują się w realizację szeregu celów tego dokumentu, tj.:

- zwiększenie efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych,
- zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego kraju,
- poprawę konkurencyjności gospodarstw na rynku,
- wspieranie zrównoważonego rozwoju w aspekcie ochrony wód powierzchniowych i podpowierzchniowych
- przyczynienie się do zahamowania procesu utraty bioróżnorodności wywołanej zanieczyszczeniami pochodzącymi z rolnictwa.

### Jakie są przyczyny zbyt niskiego, niewystarczającego poziomu wapnowania ?

Prowadzone w ramach projektu analizy wykazały, że przyczyny niskiego poziomu wapnowania są złożone i można je podzielić na: społeczne, technologiczne, logistyczno-techniczne oraz ekonomiczne. Jednocześnie warto podkreślić, iż występowanie poszczególnych barier ograniczających wapnowanie jest uzależnione od wielu cech gospodarstwa rolnego i jego

użytkownika. Na podstawie uzyskanych wyników badań można jednak przyjąć, że bariery te częściej objawiają się w gospodarstwach mniejszych, słabszych ekonomicznie, gdzie produkcja rolnicza stanowi dodatkowe, a nie główne źródło dochodów. W grupie czynników społecznych należy wskazać następujące przyczyny niewystarczającego poziomu wapnowania:

- brak ugruntowanej wiedzy z zakresu poprawnej agrotechniki nawożenia w prowadzonych uprawach rolnych,
- brak wiedzy na temat efektywności ekonomicznej nawożenia wapniowego,
- relatywnie niska świadomość rolników w zakresie znaczenia kwasowości gleb dla procesów eutrofizacji wód,
- błędne przekonanie, że wapnowanie gleb nie spowoduje podwyższenia plonów roślin,
- dziedziczone po poprzednich pokoleniach przyzwyczajenia,
- ograniczone możliwości lub brak chęci podnoszenia kwalifikacji zawodowych wśród rolników.

Do czynników technologiczno-logistyczno-technicznych, które wpływają na niski poziom wapnowania gleb, zaliczyć można:

- duże rozdrobnienie gospodarstw rolnych,
- niekorzystny rozróg gruntów rolnych w gospodarstwie, podnoszący koszty produkcji i utrudniający organizację pracy,
- konieczność poświęcenia czasu na pobranie prób glebowych oraz dostarczenie ich do stacji chemiczno-rolniczych w celu określenia potrzeb wapnowania,
- brak zaplecza technicznego, maszynowego pozwalającego rolnikowi samodzielnie stosować nawozy wapniowe,
- brak natychmiastowego efektu zwiększenia plonów po zastosowaniu nawożenia odkwaszającego, tak jak to może być obserwowane w przypadku innych zabiegów nawożenia, np. azotowego.

Jednak do najważniejszych ograniczeń wapnowania gleb należą czynniki ekonomiczne, tj.:

- ograniczone zasoby finansowe gospodarstw rolnych,
- wyzwania w zakresie optymalizacji kosztów zabiegu wapnowania, w tym konieczność jednorazowego zakupu większych ilości nawozów odkwaszających, w celu minimalizacji jednostkowych kosztów transportu.

Biorąc pod uwagę częstotliwość wapnowania stwierdzono, że istnieją dwie kluczowe bariery ograniczające wykorzystanie nawozów odkwaszających wśród rolników stosujących ten zabieg sporadycznie lub wcale: brak środków na zakup nawozu oraz brak sprzętu do jego rozsiewania. W grupie rolników systematycznie wapnujących gleby częściej, najważniejszymi przeszkodami w wapnowaniu był brak firm świadczących usługi wapnowania, brak szkoleń oraz ograniczona dostępność nawozów wapniowych. Z kolei rolnicy sporadycznie wapnujący swoje grunty, zwracali

częściej uwagę na małą skalę produkcji oraz rozdrobnienie gruntów. Wyniki badań utwierdzają jednocześnie Autorów pracy w przekonaniu, że struktura agrarna na danym obszarze, charakter prowadzonej produkcji w gospodarstwie oraz posiadana wiedza są bardzo istotne dla decyzji podejmowanych przez rolników w zakresie wapnowania.

**Jaki jest poziom wiedzy wśród rolników na temat efektów wapnowania gleb ?**

Jednocześnie należy stwierdzić, że wiedza i świadomość rolników na temat znaczenia wapnowania są bardzo zróżnicowane. Wraz ze wzrostem wielkości gospodarstwa oraz wzrostem jego znaczenia dla poziomu życia rodziny podlega ono profesjonalizacji, wzrasta również dbałość o jakość czynnika produkcji jakim jest ziemia. Tym samym obserwuje się większy odsetek gospodarstw systematycznie stosujących wapnowanie wśród podmiotów o większej powierzchni oraz wśród uzyskujących dochody głównie z rolnictwa. Zdecydowanie większą wiedzą w zakresie znaczenia wapnowania dysponowali rolnicy prowadzący swą działalność na większym areale oraz czerpiący dochody głównie z działalności rolniczej. Wiedza na temat wapnowania nie była – zdaniem rolników – przekazywana im podczas szkoleń czy kursów. Blisko połowa z ankietowanych 433 rolników deklarowała, iż nigdy nie uczestniczyła w szkoleniach obejmujących szeroko rozumianą tematykę wapnowania gleb. Prawie 1/5 respondentów nie pamiętała czy informacje dotyczące dotacji do wapnowania gleb były im przekazywane. Rolnicy, którzy nigdy nie uczestniczyli w kursach czy szkoleniach informujących o efektach i korzyściach z wapnowania gleb, zwykle też nie wykonywali takich zabiegów agrotechnicznych w swoich gospodarstwach lub wykonywali je sporadycznie. Odmiennie zdanie w tej kwestii prezentowali eksperci – doradcy rolni z wszystkich badanych województw. Podkreślali oni bowiem, że tematyka związana z wapnowaniem gleb, w tym z kwestiami dotacji do zakupu wapna nawozowego była omawiana w trakcie szkoleń z rolnikami, nawet jeżeli szkolenie bezpośrednio nie dotyczyło problematyki odkwaszania gleb.

**Jaki jest poziom znajomości programów wspierających wapnowanie gleb ?**

Należy podkreślić, że świadomość decydentów na temat znaczenia wapnowania gleb w plonowaniu roślin oraz dużych braków praktycznych w zakresie stosowania nawozów wapniowych przez rolników doprowadziła do powstania i wdrożenia od 2019 r. *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie*, który jest obecnie jedynym narzędziem bezpośredniego wsparcia finansowego rolników w zakresie stosowania nawozów odkwaszających gleby. Z przeprowadzonych badań wynika jednak, że 25,0% respondentów i ponad 30,0% ekspertów nie słyszało o tym programie, a tym samym o możliwościach skorzystania z dopłat

do zakupu nawozów wapniowych. Pojawiają się zatem pytania dlaczego tak się dzieje?

### Jakie są główne bariery eliminujące rolników z ubiegania się o skorzystanie z dofinansowania ?

Jak wykazały odpowiedzi respondentów, do najważniejszych ograniczeń eliminujących ich z możliwości ubiegania się o dofinansowanie w ramach *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* należały:

- limit powierzchni dla gospodarstw chcących skorzystać z dofinansowania, który wyklucza ze wsparcia podmioty o większej powierzchni (29,1% rolników i 28,3% ekspertów); barierę tą wskazywali zwłaszcza rolnicy, którzy systematycznie stosowali nawożenie wapniowe w swoich gospodarstwach; eksperci zaznaczyli przy tym, iż ograniczenia te dotyczą przede wszystkim rolników z województwa zachodniopomorskiego czy opolskiego, prowadzących duże gospodarstwa rolne nastawione na maksymalizację produkcji rolnej,
- konieczność skompletowania wszystkich niezbędnych dokumentów obowiązujących przy złożeniu wniosku na dofinansowanie zadań w ramach Programu (27,9% rolników i 26,5% ekspertów),
- kierowanie programu tylko do podmiotów gospodarujących na glebach o pH poniżej 5,5 (25,4% rolników i 14,2% ekspertów),
- konieczność elektronicznego wypełnienia wniosku o wsparcie wapnowania regeneracyjnego gleb (12,5% rolników i 20,6% ekspertów),
- niewystarczający zdaniem części respondentów poziom dofinansowania wapnowania (11,1% rolników).

### Jakie są główne bariery poprawy efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych poprzez wapnowanie ?

Jak wynikało z analizy danych systemu FADN, zaledwie co szóste z badanych gospodarstw towarowych stosowało nawożenie wapniowe na poziomie przekraczającym 2 t/ha użytków rolnych w ciągu czterech lat. Wyniki analiz wskazują, że były to na ogół podmioty doceniające znaczenie kompleksowego nawożenia, o czym świadczyło łączenie wapnowania z relatywnie wyższymi dawkami NPK. Takie gospodarstwa realizowały strategię maksymalizacji efektów gospodarowania. Zarazem odnotowano istnienie znacznego odsetka gospodarstw, których racjonalność ekonomiczna najwyraźniej zdawała się być podporządkowana strategii minimalizacji nakładów: niemal co 5 gospodarstwo uczestniczące w FADN w ciągu 11 lat w ogóle nie kupiło nawozów wapniowych. W kontekście identyfikacji barier wapnowania nasuwało się oczywiste pytanie: *jakimi argumentami można usprawiedliwić takie zaniechania w działalności rolniczej wobec powszechnej opinii o pozytywach wapnowania?* Studiując dane FADN stwierdzono, że nie tylko sytuacją materialną skutkującą brakiem środków na zakup takich nawozów. Powodem mogło być też opóźnienie czasowe efektów wapnowania, a także mnogość i synergia innych bardziej istotnych determinant wyniku działalności

rolniczej, a zwłaszcza jej składowej w postaci produkcji roślinnej. I faktycznie: jak wynikało z tabel przestawnych opracowanych na bazie danych FADN, związek między dochodem rolniczym a wapnowaniem wcale nie był taki oczywisty, aby mógł on stanowić bodziec do konsekwentnego stosowania nawozów odkwaszających. Zbyt niskie dawki CaO, które niekiedy nie pokrywały strat związanych z dekalcytacją gleb, nie poprawiały właściwości gleby, nie optymalizowały plonów i w efekcie nie poprawiały wyniku ekonomicznego. W gospodarstwach, w których w latach 2017-2020 nie stosowano nawożenia NPK, dochód rolniczy malał wraz ze zwiększaniem dawek nawozu wapniowego. Natomiast w gospodarstwach stosujących nawożenie NPK, zależności między dochodem rolniczym a poziomem wapnowania miały charakter niemonotoniczny.

**Próba oceny efektywności ekonomicznej gospodarstw towarowych w zależności od stosowanego poziomu nawożenia gleb wapniem**

Wyniki modeli regresji także nie wskazywały na korzyści wapnowania. Dopiero model drzewa klasyfikacyjnego objaśniającego kształtowanie się wartości produkcji roślinnej osiągananej przez towarowe gospodarstwa wyspecjalizowane w uprawach polowych wskazał na korzyści wapnowania. Jednak nawet w przypadku tego wyrafinowanego narzędzia, o statystycznie istotnych ekonomicznych korzyściach wapnowania można było mówić w pewnej węższej grupie gospodarstw: o dużej kosztocłonności produkcji oraz o dużym i bardzo dużym udziale powierzchni zbóż i pozostałych upraw polowych w powierzchni UR przy średniorocznym nawożeniu NPK w latach 2017-2020 od 0,01 do 3 dt/ha. W takich okolicznościach wapnowanie pozwalało osiągać wyższe wartości produkcji roślinnej na hektar. Podsumowując wyniki badań prowadzonych na zbiorach danych FADN uznano, że dane te pomijają zbyt wiele istotnych aspektów determinujących efekty wapnowania (w tym zwłaszcza odczyn gleb i charakterystyki hydrotermalne panujące podczas sezonu wegetacyjnego) w związku z czym nie pozwalają na wskazanie ekonomicznych argumentów przemawiających za wapnowaniem. Efektywniejszym źródłem informacji i przyczynkiem do wnioskowania okazały się przeprowadzone badania ankietowe. Analiza wskazań respondentów pozwoliła wyłonić trzy główne strategie stosowane przez rolników. Pierwsza to systematyczne wapnowanie wszystkich gruntów w gospodarstwie rolnym, które mogło się odbywać systematycznie co roku lub być wynikiem stwierdzenia niskiego odczynu gleby (30,0% respondentów). Druga strategia, bardziej zachowawcza polegała na regularnym wapnowaniu gleb raz na kilka lat (około 40,0% respondentów). Trzecia to minimalizacja kosztów produkcji przejawiająca się rezygnacją z wapnowania lub stosowaniem tego zabiegu tylko pod wybrane rośliny (na ogół buraki), ewentualnie ze względu na okazjonalny zakup wapna (około 30,0% respondentów). Opracowane w niniejszej ekspertyzie drzewo interakcyjne pozwoliło ze stosunkowo wysokim prawdopodobieństwem opisać motywy stosowanych strategii



**Jakie są główne bariery oraz możliwości poprawy jakości wód gruntowych oraz jakości środowiska dzięki wapnowaniu gleb ?**

wapnowania. Zaniechanie tego zabiegu statystycznie częściej było odnotowywane w gospodarstwach, które przynosiły rodzinom rolniczym niewielki dochód, jako działalność dodatkowa. Nie można jednak zapominać o wpływie wapnowania na środowisko i jakość płodów rolnych.

Badania potwierdziły, że wapnowanie jest bardzo ważnym zabiegiem agrotechnicznym, który wpływa na ograniczenie odpływu składników mineralnych z gleb, co w konsekwencji ogranicza eutrofizację. Z gospodarczego punktu widzenia, skutki zakwaszenia gleb są katastrofalne, ponieważ prowadzą do:

- zmniejszenia przyswajalności składników pokarmowych dla roślin, głównie azotu, fosforu, potasu, magnezu czy siarki,
- zwiększenia ruchliwości niebezpiecznych pierwiastków, głównie metali ciężkich, których nadmierna koncentracja stanowi poważne zagrożenie dla roślin, zwierząt i ludzi,
- zmniejszenia w dłuższej perspektywie czasowej zawartości próchnicy w glebie poprzez ograniczenie aktywności drobnoustrojów biorących udział w rozkładzie substancji organicznej,
- osłabienia procesu asymilacji azotu z powietrza,
- wymywania składników mineralnych do głębszych warstw gleby oraz wód powierzchniowych co prowadzi do eutrofizacji.

Tymczasem w glebach, na których stosuje się zabiegi odkwaszania następuje:

- optymalizacja odczynu, co zapobiega degradacji glebowego kompleksu sorpcyjnego,
- ograniczenie szkodliwego działania glinu i wodoru,
- poprawa dostępności dla roślin składników pokarmowych,
- stymulacja rozwoju mikroflory glebowej, co w dłuższej perspektywie czasu wpływa na zwiększenie zawartości próchnicy,
- poprawa właściwości fizycznych, a to w konsekwencji prowadzi do znacznego zmniejszenia eutrofizacji wód powierzchniowych.

Sposobów na zmniejszenie eutrofizacji jest wiele, ale najważniejszym jest ograniczenie dopływu zanieczyszczeń. Wśród metod ograniczających eutrofizację wyróżnić można te oparte na procesach naturalnego samooczyszczania się wód oraz związanie z przestrzennym zagospodarowaniem terenów rolniczo użytkowanych. Jedną z możliwości ograniczania dopływu do wód związków biogenych jest zmniejszanie zakwaszenia gleby na terenach użytkowanych rolniczo. Wapnowanie gleb zwiększa zdolności sorpcyjne, a zarazem zwiększa możliwość wiązania związków azotanowych i fosforowych. Funkcję oczyszczającą pełną różne grupy bakterii, ale także roślinność wodna i obszary podmokłe. Poprawa jakości wód gruntowych oraz jakości środowiska to głównie efekty ograniczenia dopływu związków azotu i fosforu z terenów użytkowanych rolniczo. Odpowiednie sposoby

użytkowania gleby, tj. ograniczenie intensywności orki, zagospodarowanie kolein, wprowadzanie buforowych stref śródpolnych, unikanie zbrylania powierzchni gleby, unikanie zbrylania podglebia oraz zwiększanie zawartości materii organicznej w glebie, w dużym stopniu ograniczając stopień eutrofizacji wód powierzchniowych.

**Jakie są główne bariery oraz możliwości poprawy jakości i ilości produktów rolnych dzięki nowoczesnemu podejściu do scalania gruntów ?**

Zgodnie z zaleceniami ośrodków doradztwa rolniczego, najlepszym czasem na wykonanie wapnowania gleb jest okres późniwy, obejmujący okres od późnego lata do późnej jesieni. Należy jednak pamiętać, że jest to okres, w którym następuje zaoranie gleby, a więc i odstonięcie górnych poziomów glebowych. W przypadku niekorzystnego rozłogu działek – tj. m.in. uprawy wzdłużstokowej – nawozy odkwaszające dostarczone do gleby mogą zostać w okresie jesienno-zimowym wyłukane wraz ze składnikami pokarmowymi oraz próchnicą. Sprzyja temu coraz krótszy okres zalegania pokrywy śnieżnej na polach oraz znaczący ubytek jej grubości względem lat poprzednich. W związku z powyższym, na terenach o niekorzystnej strukturze agrarnej, cechujących się równolegle wyraźnymi deniwelacjami terenu oraz brakiem naturalnych barier roślinnych, zapobiegających spływowi wody, przy jednoczesnym braku zabiegów przeciwerozyjnych, zaleca się przeprowadzenie scaleń gruntów. Celem tego postępowania jest poprawa struktury agrarnej uwzględniająca m.in. zmianę kierunku uprawy na poprzeczstokowej wraz z projektowaniem dróg rolniczych w poprzek stoku. Na etapie realizacji zagospodarowania poscaleniowego należy też zrealizować zabiegi przeciwerozyjne w postaci zadrzewień i zakrzewień liniowych na wyznaczonych w ramach scalenia działkach. W trakcie scalenia gruntów można również we właściwy sposób zaprojektować działki, na których wprowadzone zostaną w nowym stanie trwałe użytki zielone (transformacja gruntów ornych na użytki zielone). Aby scalenie gruntów w jak najpełniejszy sposób mogło przyczynić się do zatrzymania erozji wodnej i ograniczenia wyłukiwania m.in. wapnia z gleby – nasadzenia przeciwerozyjne i wprowadzanie użytków zielonych, należy zaprojektować w uzgodnieniu z rolnikami i właściwym miejscowo Ośrodkiem Doradztwa Rolniczego na etapie opracowania *Założeń do projektu scalenia gruntów*. Scalenie gruntów umożliwi zaprojektowanie tych form użytkowania terenu we właściwych miejscach, na gruntach właścicieli, którzy są zainteresowani czerpaniem dochodów z tzw. ekoschematów (usług środowiskowych). Ekoschematy będą finansowane ze środków *Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej (PS WPR) na lata 2023-2027*. Zgodnie z najnowszą wersją PS WPR można będzie w ich ramach finansować następujące działania:

- tworzenie zadrzewień śródpolnych oraz zakładanie systemów rolno-leśnych,
- retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych,

- ekstensywne użytkowanie łąk i pastwisk na obszarach Natura 2000,
- objęcie użytków rolnych zobowiązaniami korzystnymi dla poprawy jakości gleby oraz stanu fauny i flory w glebie (np. uprawa uproszczona, pokrycie gleby uprawami, płodozmian, w tym z udziałem roślin strączkowych),
- kontynuację wieloletnich zobowiązań rolno-środowiskowo-klimatycznych zawartych w ramach *Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020*.

W wielu gminach w Polsce, w tym na obszarze będącym przedmiotem analizy szczegółowej, tj. w gminie Polanka Wielka, przy obecnym ukształtowaniu większości pól wymuszającym wzdłużstokowy kierunek uprawy oraz przy braku zabiegów przeciwoerozyjnych, wapnowanie gleb na znacznej części pól ma ograniczony sens z uwagi na zagrożenie wypłukiwaniem (to samo dotyczy stosowania nawozów i częściowo materiału siewnego). Niezmiernie ważnym elementem prowadzonej gospodarki rolnej jest zatrzymanie odpowiedniej ilości wody niezbędnej do wzrostu i rozwoju roślin. Nowoczesne scalenia gruntów umożliwiają zarówno minimalizację często szybkich, niekontrolowanych erozyjnych spływów wód opadowych dzięki wprowadzeniu poprzeczno-stokowego kierunku zabiegów uprawowych, jak również wkład w realizację stref buforowych w otoczeniu wód powierzchniowych, które są w stanie wchłonąć dużą część spływających składników przed ich dotarciem do cieków, czy też zbiornika wodnego. Również w tym przypadku wapnowanie jest zabiegiem korzystnym, ponieważ podwyższenie odczynu gleby pozytywnie wpływa na jej strukturę, a przez to na szybkość wchłaniania wód opadowych i objętość wchłoniętych opadów.

### Podsumowanie procedury i wyników opracowania metodyki modelu informatycznego

Przeprowadzony proces modelowania wpływu wapnowania oraz nowoczesnych scaleń gruntów na zmiany zagrożenia zjawiskiem eutrofizacji pozwalają na sformułowanie kilku najważniejszych wniosków w tym zakresie. Uzyskane wyniki wskazują na korzystny wpływ wapnowania gleb na ograniczenie zagrożenia eutrofizacją otaczających wód powierzchniowych, jednak wpływ ten nie jest silny. Należy zaznaczyć, że analizowany był wpływ wapnowania na intensywność przedostawania się do wód związków chemicznych będących efektem nawożenia mineralnego, natomiast dodatkowych badań wymaga odpowiedź na pytanie, w jakim stopniu przedostające się do wód powierzchniowych związki wapnia, będące wynikiem wapnowania gleb, wpływają na ograniczenie rozwoju niekorzystnych mikroorganizmów w wodzie poprzez zmianę jej odczynu? Rezultaty badań pozwalają również na stwierdzenie, że odpowiednio zaprojektowane prace scaleniowe mogą wpływać na zmniejszenie zagrożenia eutrofizacją w większym stopniu niż zmiany poziomu wapnowania. Działania takie, w postaci wprowadzenia stref buforowych wzdłuż cieków i zbiorników wodnych oraz skutkujące zmianą kierunku uprawy ziemi na

## Europejski Zielony Ład a przyszłość gospodarstw rolnych

poprzeczno-stokową mogą być realizowane w skali całej wsi w trakcie projektów scalenia gruntów, jednak lokalne ich stosowanie również jest możliwe. W przypadku stref buforowych działanie ma charakter ochronny w stosunku do danego cieku, natomiast zmiana kierunku uprawy ziemi ogranicza powierzchniowy spływ wody (a wraz z nią również pozostałości nawozów mineralnych) na całym obszarze, bez względu na odległość od najbliższego elementu wód powierzchniowych. Synergia tych dwóch działań powinna dawać znacznie lepsze rezultaty, ponieważ właściwości buforowe stref ochronnych są zawsze ograniczone, a ich efektywność maleje w przypadku nadmiernego dopływu niekorzystnych związków chemicznych.

Zabiegi agrotechniczne związane z wapnowaniem gleb mają również ogromne znaczenie w aspekcie wdrażania założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ). Utrzymanie gleb w lepszej kulturze pozwoli zwiększyć konkurencyjność polskich gospodarstw. Realizacja założeń Europejskiego Zielonego Ładu w zakresie rolnictwa będzie miała istotny wpływ na przebieg procesów transformacji gospodarstw rolnych. Dostrzegli to również respondenci. Co piąty z badanych rolników wskazywał, że w następstwie wdrażania założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) w polskim rolnictwie będzie musiał znacznie ograniczyć lub zaniechać produkcji rolniczej, dodatkowo 36,9% respondentów wskazało, że ich „gospodarstwo będzie walczyło o przetrwanie w coraz trudniejszych warunkach ekonomicznych”. Potwierdza to duże obawy u rolników co do wdrażania założeń EZŁ w obecnej sytuacji ekonomiczno-politycznej. Blisko połowa respondentów podchodzi do projektowanych rozwiązań z większym optymizmem przewidując, że prowadzone przez nich „gospodarstwo będzie prowadziło stabilną produkcję, rekompensując sobie zmniejszenie plonów dotacjami” (18,5%) oraz, że „gospodarstwo będzie się intensywnie rozwijało prowadząc produkcję bardziej przyjazną dla środowiska” (26,4%). Obawy rolników odnośnie wpływu planowanych rozwiązań na tempo i kierunek rozwoju lub upadku ich gospodarstw rolnych są w pełni uzasadnione, w szczególności, że wciąż nie wiadomo czy ciężar proponowanych zmian będzie ponosiło społeczeństwo jako całość, czy zostanie on przerzucony na gospodarstwa rolne. W przypadku braku adekwatnego do ciężaru transformacji wsparcia ze strony Państwa i UE, był nawet silniejszych ekonomicznie gospodarstw rolnych może być zagrożony.

Przeprowadzone badania terenowe i modelowe, jak również studia literatury i założeń Wspólnej Polityki Rolnej oraz stosowanych rozwiązań w krajowej polityce rolnej skłoniły Autorów ekspertyzy do przedstawienia następujących rekomendacji mających na celu zwiększenie poziomu nawożenia odkwaszającego:

- opracowanie krajowego programu szkoleń dotyczących wapnowania adresowanego do rolników – ważnymi elementami realizowanych programów doształcania powinny być m.in.

informacje z zakresu wpływu wapnowania na: jakość i ilość płodów rolnych, jakość gleby oraz środowisko,

- wprowadzenie obowiązku systematycznego badania odczynu gleb w przypadku korzystania przez rolnika z dopłat obszarowych i dopłat związanych z produkcją roślin uprawnych, a w dalszej perspektywie uzależnienie dopłat obszarowych i dopłat związanych z produkcją wybranych roślin uprawnych od wymogu utrzymywania pH gleb na pożądanym poziomie,
- wdrożenie programów związanych z realizacją koncepcji *Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ)* oraz celami Wspólnej Polityki Rolnej (WPR), mających związek z wprowadzaniem nawozów wapniowych do gleb, które powinny uwzględniać, jako jedną z dodatkowych korzyści ograniczenie zjawiska eutrofizacji wód powierzchniowych,
- weryfikacja, zmiana lub korekta kryteriów *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* w zakresie progu wartości pH oraz powierzchni gruntów na które można uzyskać dofinansowanie,
- tworzenie i promocja nowoczesnych kompleksowych technologii produkcji roślinnej uwzględniających optymalizację odczynu gleby w celu ograniczania ilości stosowanych nawozów mineralnych i pestycydów,
- realizacja przez Wojewódzkie Biura Geodezji i Terenów Rolnych (WBGiTR) nowoczesnych scaleń gruntów na obszarach urzeźbionych o wzdłużstokowym kierunku uprawy, które mogą często obejmować jedynie problematyczny fragment danej wsi – zrealizowany na podstawie *Założeń do projektu scalenia gruntów* opracowanych przy aktywnym udziale rolników i właściwego miejscowo Ośrodka Doradztwa Rolniczego – w wielu przypadkach wystarczy przeprowadzenie przez WBGiTR wymiany gruntów stanowiącej szybki i nisko kosztowy zabieg urządzeniowo-rolny,
- wykorzystanie biotechnologii ekohydrologicznych w rejonach intensyfikacji rolnictwa.

Jednym z głównych celów realizowanego projektu było wskazanie barier w korzystaniu rolników z *Ogólnopolskiego programu poprawy jakości gleby poprzez ich wapnowanie*. Należy więcej uwagi poświęcić sposobom jego modyfikacji. Biorąc pod uwagę wysoki odsetek odpowiedzi wskazujących na brak wiedzy respondentów na temat możliwości wsparcia finansowego zakupu nawozów wapniowych, sugeruje się zwiększenie nacisku na konieczność przekazywania wiedzy rolnikom nie tylko w kwestiach samego programu, ale także i korzyściach płynących z zastosowania nawozów wapniowych. Do rekomendacji tej uprawniają Autorów wyniki badań wskazujące, że 65,0% respondentów byłoby zainteresowanych wzięciem udziału w szkoleniu dotyczącym wapnowania gleb. Także eksperci wskazywali, iż dotychczasowe szkolenia rolników mogły nie przynieść oczekiwanych rezultatów (o czym świadczą wyniki badań ankietowych wśród rolników), dlatego też koniecznym jest oferowanie rolnikom tego typu możliwości zdobycia czy uzupełnienia wiedzy. Ankietowani eksperci przewidywali również, iż większość rolników najprawdopodobniej weźmie udział w tego typu spotkaniach.

Jednym z kluczowych zaleceń związanych z utrzymaniem optymalnego odczynu gleb wydaje się próba wyeliminowania barier przyznawania dotacji do zakupu nawozów wapniowych w ramach wyżej wymienionego programu. Pod rozwagę poddaje się konieczność skompletowania szerokiego wachlarza niezbędnych dokumentów obowiązujących przy złożeniu wniosku o dofinansowanie (w tym formularze dotyczące pomocy *de minimis* w rolnictwie, oświadczenie o uzyskanym dofinansowaniu, oświadczenie o dochodach czy oświadczenie o przeciwdziałaniu agresji na Ukrainie). Wątpliwości budzi także restrykcyjne podejście do rozpatrywania składanych przez rolników wniosków – błędnie wypełniony wniosek lub brak któregoś z załączników powoduje, że wnioskodawca nie otrzymuje dofinansowania. Złagodzenie tego kryterium w postaci możliwości uzupełnienia brakujących dokumentów, czy dokonania korekty wniosku mogłoby pozytywnie wpłynąć na skorzystanie z dofinansowania w ramach programu.



Dla możliwości szerszego wykorzystania *Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie* niezbędne są weryfikacja i korekta niektórych kryteriów dostępu na co wskazywali respondenci, w tym podniesienie progu pH do 6,0; zlikwidowanie limitu wielkości gospodarstwa rolnego; zwiększenia częstotliwości dofinansowania do poszczególnych działek. Proponowane rozwiązania wiążą się bardzo często z potrzebą zwiększenia zaangażowania środków publicznych na realizację ww. programu. Pamiętajć jednak należy o szerokim wpływie wapnowania na wiele aspektów gospodarki. Nie ulega wątpliwości, że realizacja w Polsce koncepcji *Europejskiego Zielonego Ładu* wymagała będzie działań sprzyjających ograniczeniu ilości stosowanych nawozów mineralnych, pestycydów i wzrostu znaczenia rolnictwa ekologicznego, przy konieczności zadbania o bezpieczeństwo żywnościowe i jakość środowiska naturalnego. Wzrost wiedzy rolników na temat możliwości odkwaszania gleb, jak również wsparcie działań służących wapnowaniu gleb i scaleniom gruntów, zwiększą możliwość osiągnięcia celów stawianych przed polskim rolnictwem w Europejskim Zielonym Ładzie (EZŁ).

Zdaniem Autorów, dzięki operacjonalizacji i wdrożeniu powyższych propozycji, możliwe będzie zwiększenie skali stosowania nawozów wapniowych, a tym samym zoptymalizowanie odczynu gleb w Polsce. Kluczowe efekty realizacji badań będą miały charakter długofalowy i wielopłaszczyznowy. Już obecnie dzięki przeprowadzonym badaniom wzrosło zainteresowanie respondentów kwestiami wapnowania gleb i jego wpływu na poprawę efektywności ekonomicznej prowadzenia działalności rolniczej, wpływu wapnowania gleb na poprawę jakości środowiska, zróżnicowania Polski w zakresie poziomu wapnowania gleb użytkowanych rolniczo oraz stosowanych dotychczas narzędzi służących poprawie tej sytuacji. Świadczą o tym m.in. przeprowadzone rozmowy z rolnikami i przedstawicielami instytucji okołorolniczych, którzy poprzez uczestnictwo w badaniach zostali zainteresowani tą problematyką. Ważnym elementem realizacji tego celu będą również przygotowywane publikacje naukowe i popularno-naukowe, przygotowywana monografia oraz seminarium planowane na podsumowanie projektu.

Wzrost wiedzy i świadomości na temat wpływu wapnowania na jakość i ilość produktów rolnych oraz oddziaływanie intensywnych technologii produkcji rolnej na jakość środowiska wśród osób bezpośrednio i pośrednio zaangażowanych w procesy produkcyjne oraz osób odpowiedzialnych za tworzenie ram instytucjonalno-prawnych dla tych procesów, pomoże przygotować i wdrożyć narzędzia sprzyjające poprawie efektywności ekonomicznej funkcjonowania gospodarstw rolnych oraz jakości wód gruntowych. Cennym wsparciem dla tych działań będą przygotowane ekspertyzy oraz inne materiały publikowane na bazie przeprowadzonych badań, analiz i rozważań. Ostateczna skuteczność zaproponowanych rozwiązań zależeć będzie jednak od możliwości i sposobu ich implementacji do polityki rolnej oraz procesów zarządzania gospodarstwami rolnymi. W tym kontekście system dopłat do zakupu nawozów wapniowych wydaje się ważnym elementem polityki utrzymywania gleb w dobrej kulturze rolnej.

## BIBLIOGRAFIA

- Abbaspour K.C., Vaghefi S.A., Srinivasan R. A. 2018. Guideline for Successful Calibration and Uncertainty Analysis for Soil and Water Assessment, A Review of Papers from the 2016 International SWAT Conference. *Water*, 10(6): 1-18.
- Abbaspour K.C., Yang J., Maximov I., Siber R., Bogner K., Mieleitner J., Zobrist J., Srinivasan R. 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. *Journal of Hydrology*, 333(2-4): 413-430.
- Ameyu T. 2019. A Review on the Potential Effect of Lime on Soil Properties and Crop Productivity Improvements. *Journal of Environment and Earth Science*, 9(2): 17-23.
- Anderson N. P., Hart J. M., Sullivan D. M., Christensen N. W., Horneck D. A., Pirelli G. J. 2013. *Applying Lime to Raise Soil pH for Crop Production (Western Oregon)*. Oregon: OSU.
- Bajkiewicz-Grabowska E. 2002. *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*. Warszawa: UW.
- Balcerzak W.P., Rybicki S.M. 2011. Ocena stopnia zagrożenia wody eutrofizacją na przykładzie zbiornika zaporowego w Świnnej Porębie. *Ochrona Środowiska*, 33(4): 67-69.
- Banaszuk P. 2007. *Wodna migracja składników rozpuszczonych do wód powierzchniowych w zlewni górnej Narwi*. Białystok: PB.
- Bański J. 2007. *Przemiany funkcjonalno-przestrzenne terenów wiejskich*. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Baran A., Jasiewicz Cz., Tarnawski M. 2009. Wpływ zbiornikowego osadu dennego na zmiany właściwości fizykochemicznych gleby lekkiej. *Proceedings of ECOpole*, 3(2): 403-408.
- Baran S., Turski R. 1996. *Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb*. Lublin: AR.
- Baran S., Turski R., Flis-Bujak M., Martyn W., Kwiecień J., Uzar C. 1993. Możliwości zwiększania walorów produkcyjnych gleb lekkich przy zastosowaniu płonnych skał górniczych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 403: 83-88.
- Bartmiński P., Bieniek A., Gregoliński D., Smreczak B., Szyniec K., Woch F. 2020. *Szczegółowe zasady przeprowadzania gleboznawczej klasyfikacji gruntów*. Warszawa-Puławy: PSKG.
- Barton L., Murphy D.V., Butterbach-Bahl K. 2013. Influence of crop rotation and liming on greenhouse gas emissions from a semi-arid soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 167: 23-32.
- Barton L., Murphy D.V., Kiese R., Butterbach-Bahl K. 2010. Soil nitrous oxide and methane fluxes are low from a bioenergy crop (canola) grown in a semi-arid climate. *Global Change Biology Bioenergy* 2: 1-15.
- Batten G. 1992. A review of phosphorus efficiency in wheat. *Plant Soil*, 146: 163-168.
- Bednarek R., Dziadkowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z. 2004. *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Warszawa: PWN.
- Bednarek W., Lipiński W. 1996. Oddziaływanie nawożenia mineralnego i wapnowania na fizykochemiczne właściwości gleby lekkiej, plonowanie oraz niektóre cechy jęczmienia jarego. *Roczniki Gleboznawcze*, 47: 109-115.
- Blum W.E.H. 2005. Functions of soil for society and environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4: 75-79.
- Bochenek M. 2014. *Aktualizacja Programu Ochrony Środowiska dla Gminy Polanka Wielka na lata 2014-2018 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2019-2022*. Opracowanie wykonane na zlecenie Wójta Gminy Polanka Wielka.
- Bogdał A., Ostrowski K. 2007. Wpływ rolniczego użytkowania zlewni podgórskiej i opadów atmosferycznych na jakość wód odpływających z jej obszaru. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 7(20): 59-69.

- Buckman H.C., Brady N.C. 1971. *Gleba i jej właściwości*. Warszawa: PWRiL.
- Čop J. 2014. Soil acidification and liming in grassland production and grassland soil fertility in Slovenia. *Acta agricylurae Slovenica*, 103(1): 15-25.
- Council of the European Union. 2021. *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law)*. Letter to the Chair of the European Parliament Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (ENVI). 2020/0036(COD).
- Curyło T. 1996. Wpływ odczynu gleby na pobieranie cynku, miedzi i niklu przez rośliny owsa. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 434: 439-443.
- Czapiewski K. 2004. Zróżnicowanie struktury społeczno - demograficznej a wyposażenie infrastrukturalne i potencjał gospodarczy polskiej wsi. W: W. M. Tregobczuk (red.). *Соціально-економічні та аграрні трансформації в Україні і Польщі в контексті європейської інтеграції*. Kijów: NANU.
- Dacko A. 2006. Tworzenie warunków do rozwoju terenów wiejskich poprzez scalanie gruntów - aspekt teoretyczny. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2 (2): 29-39.
- Dajdok Z. 2020. Szata roślinna środowisk marginalnych w krajobrazie rolniczym w zależności od ich struktury, funkcji i otoczenia. *Studia Naturae*, 63.
- Dobrzański B., Zawadzki S. (red.). 1995. *Gleboznawstwo*. Warszawa: PWRiL.
- Filipek T., Badora A., Lipiński W., Brodowska M. S., Domańska J., Harasim P., Kozłowska-Strawska J., Skowron P., Skowrońska M., Tkaczyk P. 2015. *Zakwaszenie i wapnowanie gleb*. Warszawa: FAPA.
- Fotyma M., Zięba S. 1988. *Przyrodnicze i gospodarcze podstawy wapnowania gleb*. Warszawa: PWRiL.
- Frenkel I. 1993. Nowe tendencje zmian zatrudnienia ludności wiejskiej w Polsce, elementy prognozy. *Więś i Rolnictwo*, 3-4: 124-138.
- Gawlikowska-Fyk A. 2020. Polska w Zielonym Ładzie - korzyści, możliwości i ocena SWOT. *Opinie i ekspertyzy*. Warszawa: KS BADIK.
- Gębski M. 1998. Czynniki glebowe oraz nawozowe wpływające na przyswajanie metali ciężkich przez rośliny. *Postępy Nauk Rolniczych*, 5: 3-16.
- Gmina Polanka Wielka. 2009. *Plan odnowy miejscowości Polanka Wielka na lata 2009-2017*. Załącznik Nr 1 do Uchwały Nr XXVI/157/09 Rady Gminy Polanka Wielka z dnia 12 marca 2009 roku.
- Goliński P. 2007. Grassland renovation in Poland. *Plant Research International B.V. Wageningen*: 19-31.
- Goulding K.W.T., Blake L. 1998a. Land use, liming and the mobilization of potentially of potentially toxic metals. *Agriculture & Ecosystems Environment*, 67: 135-144.
- Goulding K.W.T., Blake L. 1998b. Soil acidification and the mobilisation of toxic metals caused by acid deposition and fertilizer application. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 456: 19-27.
- Górecki J. 2004. Rola czynnika ludzkiego i kapitału społecznego w procesie rozwoju wsi i rolnictwa Polski po jej akcesji do UE. *Więś i Rolnictwo*, 2: 167-190.
- Gradziuk P., Matyka M., Poczta W., Czerniak A., Czubak W., Jończyk K., Kopiński J., Kozyra J., Pawlak K., Sadowski A., Siebielec G., Stalenga J., Wawer R., Zawalińska K., Berbeć A., Krupin V., Madej A., Skowron P., Jendrzewski B., Komisarek D., Łopatka A., Wojciechowska A., Klepacki B., Wrzaszcz W., Gradziuk K., Trocewicz A. 2021. Wpływ Europejskiego Zielonego Ładu na polskie rolnictwo. *Raporty Polityki Insight*. Warszawa: Insight Sp. z o.o.
- Grzebisz W., Szczepaniak W., Diatta J. B. 2013. Środowiskowe skutki zakwaszenia gleb uprawnych. *Studia i Raporty IUNG PIB*, 34(8):19-26.

- Grzebyk B. 2008. Rozwój przedsiębiorczości elementem poprawy konkurencyjności obszarów o wysokich walorach przyrodniczych. *Roczniki Naukowe SERIA*, 10(2): 68-74.
- Grzywnowicz I. 1998. Wpływ wapnowania i nawożenia magnezem na zmiany zawartości różnych form fosforu w górskich glebach łąkowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 456: 581-585.
- Hamilton S.K., Kurzman A.L., Arango C., Jin L., Robertson G.P. 2007. Evidence for carbon sequestration by agricultural liming. *Global Biogeochem Cycle*, 21: 1-12.
- Hersy J. (red.) 1981. *Szczegółowa uprawa roślin*. Warszawa: PWN.
- Hillel D. 2012. *Gleba w środowisku*. Warszawa: PWN.
- Hołubowicz-Kliza G., Jadczyzyn T., Sułek A. 2021. *Poradnik wapnowania gleb gruntów ornych*. Puławy: IUNG PIB.
- Hozer J., Kokot S., Kuźmiński W. 2002. *Metody analizy statystycznej rynku w wycenie nieruchomości*. Warszawa: PFSRM.
- Izidorczyk K., Michalska-Hejduk D., Frątczak W., Bednarek A., Łapińska M., Jarosiewicz P., Kosińska A., Zalewski M. 2015. *Strefy buforowe i biotechnologie ekohydrologiczne w ograniczaniu zanieczyszczeń obszarowych*. Łódź: ERCE PAN.
- Jadczyzyn T. 2021. Nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb. *Studia i Raporty IUNG PIB*, 65(19): 99-109.
- Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W. 2008. *Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych*. Puławy: IUNG PAN.
- Jadczyzyn T., Lipiński W. 2022. *Zasady ustalania dawek wapna w doradztwie nawozowym. Nowe zalecenia w zakresie wapnowania gleb gruntów ornych i trwałych użytków zielonych*. Puławy: IUNG PIB.
- Jasińska Z., Kotecki A. (red.) 2003. *Szczegółowa uprawa roślin*. Wrocław: UP.
- Jaskuła J., Sojka M., Wichler-Dysarz J. 2015. Analiza tendencji zmian stanu fizykochemicznego wód rzeki Główniej. *Inżynieria Ekologiczna*, 44: 154-61.
- Józefaciuk A., Józefaciuk Cz. 1999. *Ochrona gruntów przed erozją*. Warszawa: BMŚ.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Warszawa: PWN.
- Karmowska G. 2011. Obszary wiejskie województwa zachodniopomorskiego i małopolskiego. Analiza porównawcza dynamiki zmian w latach 2004-2008. *Krakowskie Studia Małopolskie*, 15: 226-241.
- Klapp E. 1951. *Lehrbuch des Acker und Pflanzenbaues*. Berlin: Parey.
- Klepacki B. 2005. Wykształcenie jako czynnik różnicujący zasoby organizacji i wyniki ekonomiczne gospodarstw rolniczych. *Roczniki Naukowe SERIA*, 7(1): 124-128.
- Koc J., Szymczyk S., Cymes I. 2003. Odptyw substancji z gleb. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 493: 395-400.
- Kolanko E., Zieliński Z. 1976. *Statystyka*. Szczecin: PS.
- Kołodziejczak M. 2008. Zróżnicowanie regionalne rolnictwa w Polsce i w Niemczech. *Zeszyty Naukowe SGGW. Problemy Rolnictwa Światowego*, 4: 270-280.
- Komisja Europejska 2020a. *Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności 2030. Przywracanie przyrody do naszego życia*. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Bruksela: KE.
- Komisja Europejska 2020b. *Strategia „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego*. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Bruksela: KE.

- Komisja Europejska 2020c. *Ambitniejszy cel klimatyczny Europy do 2030 r. Inwestowanie w przyszłość neutralną dla klimatu z korzyścią dla obywateli*. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Bruksela: KE.
- Komisja Europejska 2021. *Strategia na rzecz ochrony gleb 2030. Korzyści ze zdrowych gleb dla ludzi, żywności, przyrody i klimatu*. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Bruksela: KE.
- Komisja Europejska. 2018. *Czysta planeta dla wszystkich Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki*. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomicznospołecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego. Bruksela: KE.
- Komisja Europejska. 2019. *Europejski Zielony Ład*. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Bruksela: KE.
- Kopeć M., Gondek K. 2013. Wapnowanie trwałych użytków zielonych metodą opóźniania wyczerpania glebowych zasobów mikroelementów. *Inżynieria Ekologiczna*, 34: 29-37.
- Kopeć S. 2007. Wpływ nawożenia mineralnego użytków rolnych na zanieczyszczenie wód składnikami nawozowymi. *Państwo i Społeczeństwo*, 7(4): 173-181.
- Kopiński J., Nieróbca A., Ochal P. 2013. Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produktywności roślinnej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 13 (2): 53-63.
- Kostrowicki J. 1968. *Środowisko geograficzne Polski*. Warszawa: PWN.
- Kotecki A. 2020. *Uprawa roślin*. Tom 1-3. Wrocław: UP.
- Kowalik T., Kanownik W., Bogdał A., Policht-Latawiec A. 2014. Wpływ zmian użytkowania zlewni wyżynnej na kształtowanie jakości wody powierzchniowej. *Annual Set The Environment Protection*. 16: 223-238.
- Krakowiak-Bal A. 2006. Potencjał gospodarczy gmin przygranicznych Polski południowej. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 2(2): 149-158.
- Krasowska M. 2016. Wpływ intensywnych opadów deszczu na wymywanie substancji biogenych ze zlewni rolniczej. *Ecological Engineering*, 47: 1-9.
- Kryńska E. 2011. Gospodarcze aspekty wpływu zmian demograficznych na polski rynek pracy. W: J. Sokołowski, G. Węgrzyn (red.). *Ekonomia*. Wrocław: UE.
- Kucharska-Stasiak E. (red.). 2005. *Metodyka określania wartości rynkowej nieruchomości*. Olsztyn: Educaterra.
- Kujawa A., Kujawa K. (red.) 2019. *Zadrzewienia na obszarach wiejskich - dobre praktyki i rekomendacje*. Wrocław: FER.
- Kupiec J. 2010. Porównanie wyników bilansu fosforu w aspekcie monitorowania zanieczyszczeń ze źródeł rolniczych. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 12: 785-804.
- Kutkowska B. 2006. Wspieranie rolnictwa na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW) na Dolnym Śląsku ze szczególnym uwzględnieniem terenów sudeckich. *Acta Agraria et Silvestria*, 40(6): 49-56.
- Labetowicz J., Szymańska M. 2010. Przydatność gipsu do poprawy właściwości fizykochemicznych gleb lekkich. *Roczniki Gleboznawcze*, 61(4): 154-158.
- Li Y., Cui S., Chang S. X., Zhang Q. 2019. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *Journal of Soils and Sediments*, 19(3): 1-14.
- Lipiński W. 2005. Odczyn gleb Polski. *Nawozy i Nawożenie*. 2: 33-40.



- Lityński T., Jurkowska H. 1982. *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. Warszawa: PWN.
- Luszniewicz A. 1977. *Statystyka ogólna*. Warszawa: PWE.
- Maciejewska A. 1995. Ekologiczne aspekty wykorzystania węgla brunatnego do poprawy właściwości gleb piaszczystych użytkowanych rolniczo. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 422: 67-74.
- Mahmud M. S., Chong K. P. 2022. Effects of Liming on Soil Properties and Its Roles in Increasing the Productivity and Profitability of the Oil Palm Industry in Malaysia. *Agriculture*, 12(3): 1-14.
- Martinez-Salgado M. M., Gutiérrez - Romero V., Janssens M., Ortega-Blu R. 2010. Biological soil quality indicators: a review. W: A. Mendez-Visal (red.). *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. Badajoz: Formatex.
- Mehlich A. 1942. Base Saturation and pH in Relation to Soil Type. *Soil Science Society of America Journal*, 133: 353-362.
- Mengel K. 1997. Agronomic measures for better utilization of soil and fertilizer phosphates. *European Journal of Agronomy*, 7: 221-233.
- Mocek A. (red.) 2015. *Gleboznawstwo*. Warszawa: PWN.
- Moskal S., Mercik S., Turemka E., Stępień W. 1999. Bilans fosforu nawozowego w wieloletnich doświadczeniach polowych w Skierniewicach. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 465: 61-69.
- Moskal. S. 2003. Społeczno-gospodarcze przeobrażenia wsi i problemy rozwoju lokalnego w procesie polskiej transformacji ustrojowej. W: *Rozwój agrobiznesu na obszarach wiejskich wobec integracji z Unią Europejską*. Kraków: AR.
- Mossakowska E. 2007. Rynek pracy na terenach wiejskich. W: J. Poteralski (red.). *Przemiany rynku pracy w kontekście procesów społeczno-gospodarczych*. Szczecin: US.
- Motowicka-Terelak T. 1985. *Wskaźniki zakwaszenia gleb gliniastych i pyłowych oraz zwiększenie ich produktywności na drodze wapnowania*. Puławy: IUNG.
- Musiąg K., Szumiec A. 2021. Istota Zielonego Ładu we Wspólnej Polityce Rolnej 2021-2027 - wyzwania dla rolnictwa w aspekcie ochrony środowiska i przyrody. *Wiadomości Zootechniczne*, 59(3): 3-14.
- Musiąg W. 2008. *Determinanty rozwoju rolnictwa w regionach rozdrobnionych strukturalnie*. Warszawa: IRWiR PAN.
- Musiąg W. 2011. *Teraźniejszość i przyszłość drobnego gospodarstwa rolnego w Unii Europejskiej*. Kraków-Brwinów: CDR.
- Nasedjanov M. 2012. *The effects of lime on pH values of soil at different pH levels*. United Nations University Land Restoration Training Programme. Reykjavik: UNU.
- Nicia P., Paluch Ł., Pijanowski J.M., Zadrozny P., Płonka A., Dacko M., Janus J., Kowalik T., Wojewodzic T. 2022. *Kwasowość gleb i stan nawożenia wapniowego w Polsce w świetle wyników Powszechnego Spisu Rolnego 2020 - konsekwencje środowiskowe i ekonomiczne*. Ekspertyza wykonana w ramach operacji: „Możliwości i bariery wykorzystania wapnowania gleb do poprawy efektywności ekonomicznej produkcji rolnej oraz ograniczenia eutrofizacji wód powierzchniowych”. Umowa nr: KSOW/6/2022/079. Kraków: UR.
- Niedźwiecki J., Ochal P. 2021. Środowiskowe skutki zakwaszenia gleb użytkowanych rolniczo i ich ograniczanie. *Studia i raporty IUNG PIB*, 66(20): 81-89.
- Nowak A. 2013. Produktywność rolnictwa polskiego w kontekście jego konkurencyjności. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis*, 299(70): 159-168.
- Nowocień E. 2015. Zagadnienia erozji gleb. W: *Wademekum klasyfikatora gleb*. Podręcznik wydanie III. Puławy: IUNG PIB.

- Ochal P., Smreczak B. 2020. Zakwaszenie gleb i aktualne zagadnienia wapnowania. *Studia i Raporty IUNG PIB*, 63(17): 9-19.
- Ostrowski K., Bogdał A., Rajda 2005. Wpływ użytkowania wybranych mikrozelewni Pogórza Wielickiego na zawartość i sezonową zmienność cech fizyko-chemicznych w wodach odpływających. *Zeszyty Naukowe AR*, 420(26): 9-19.
- Paluch Ł. 2014.b Uwarunkowania rozwoju pozarolniczej działalności gospodarczej obszarów wiejskich województwa małopolskiego. *Przegląd Zachodniopomorski*, 1(3): 333-343.
- Paluch Ł. 2014a. Studium uwarunkowań rozwoju rolnictwa i organizacji produkcji rolniczej w Regionie Małopolski. *Zeszyty Naukowe SGGW. Polityki Europejskie, Finanse i Marketing*, 61(12): 165-177.
- Paluch Ł., Piecuch J., 2016. The demographic potential and economic activity of the rural population of the Małopolskie voivodeship. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 1(39): 155-164.
- Peter G., Zinngrebe Y., Moreira F., Sirami C., Schindler S., Müller R., Bontzorlos V., Clough D., Bezák P., Bonn A., Hansjürgens B., Lomba A., Möckel S., Passoni G., Schleyer Ch., Schmid J., Lakner S. 2019. A greener path for the EU Common Agricultural Policy. *Science*, 365: 449-451.
- Pierre W.H., Scarseth G.D. 1931. Determination of percent base saturation of soil and its value for different soils at definite pH values. *Soil Science*, 31: 99-114.
- Pietr J. St., Krysztoforski M. (red.). 2022. *Krajowy raport o stanie gruntów rolnych w Polsce: zakwaszenie gleb oraz ich regeneracja poprzez wapnowanie - stan obecny i propozycje systemowych rozwiązań*. Kraków-Brwinów: CDR.
- Pijanowski J.M., Bogdał A., Książek L., Wojewodzic T., Kowalik T., Wałęga A., Zarzycki J., Zadrozny P., Nicia P., Strużyński A., Dacko M., Wyrębek M., Goleniowski K., Skorupka M. 2021. *Ocena wkładu założeń do projektów scalenia gruntów w realizację celów środowiskowych i społecznych na obszarach wiejskich*. Ekspertyza wykonana w ramach operacji „Środowiskowe i społeczne efekty prac urządzeniowo-rolnych”. Umowa nr: KSOW/4/2020/060. Kraków: UR.
- Pijanowski J.M., Kuryłowicz T., Woch F. 2018. *Koncepcja założeń unormowań prawnych w zakresie kompleksowego zarządzania obszarów wiejskich (KUOW) w Polsce*. Opracowanie wewnętrzne na zlecenie Dyrektora Generalnego Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa. Warszawa-Kraków-Białystok-Puławy.
- Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027*. <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/plan-strategiczny-dla-wspolnej-polityki-rolnej-na-lata-2023-2027> (dostęp: 26.01.2023).
- Pociask-Karteczka J. 2006. *Zlewnia właściwości i procesy*. Kraków: UJ: 145-153.
- Polityka klimatyczno-energetyczna UE*. 2010. Warszawa: SRNPRE.
- Pomykała A., Raczyński J. 2020. Europejski Zielony Ład dla Unii Europejskiej i jej mieszkańców. *Technika Transportu Szynowego*, 12: 6-9.
- Pondel H., Ruszkowska M., Sykut S., Terelak H. 1991. Wymywanie składników nawozowych z gleb w świetle badań IUNG. *Roczniki Gleboznawcze*, 42(3/4): 97-107.
- Popok Z., Wasilewicz M., Bańkowska A., Boczoń A. 2014. Sezonowa zmienność odpływu wody i ładunków biogenów ze zlewni Wielkiej Strugi do jeziora Zdwojskiego. *Monografie KGW PAN*, 20(2): 341-354.
- Rada Gminy Polanka Wielka. 2015. *Strategia Rozwoju Gminy Polanka Wielka na lata 2015-2020*. Polanka Wielka: RG.
- Rice K.C, Herman J.S. 2012. Acidification of Earth: An assessment across mechanisms and scale. *Applied Geochemistry*, 27: 1-14.

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021. Nr 1119 z 30 czerwca 2021 r. w sprawie ustanowienia ram na potrzeby osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmiany rozporządzeń (WE) nr 401/2009 i (UE) 2018/1999.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 września 2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów. Dz.U. 2012 poz. 1246.
- Runowski H. 2002. *Rozwój zrównoważony rolnictwa i gospodarstw rolniczych. Wieś i rolnictwo, perspektywy rozwoju*. Warszawa: IERiGŻ PIB.
- Rutkowska A. 2014. Racjonalne i efektywne nawożenie azotem. *Studia i raporty IUNG-PIB*, 37(11): 33-46.
- Sadowski S. 1987. Wpływ wieloletniego wapnowania gleb na odczyn profilu glebowego. *Roczniki Gleboznawcze*, 38(2): 125-131.
- Sarna S., Jarząbek A. 1998: Impact of agricultural utilization of river catchment basins on the surface water quality in the region of the Pogórze Wielickie (Southern Poland). *Proceedings 8th Polish and 1st International Scientific-Technological Conference. Water Quality and Water Resources Protection, "Principles of the Rational Water Management"*: 93-100.
- Satoła Ł., Wojewodziec T., Sroka W. 2018. Barriers to exit encountered by small farms in light of the theory of new institutional economics. *Agricultural Economics-Zemledska Ekonomika*, 64(6): 277-290.
- Siebielec G. 2017. Stały Monitoring gleb użytków rolnych Polski. 2017. *Studia i Raporty IUNG PIB*, 51(5): 57-72.
- Siuta J. 1974. *Kształtowanie przyrodniczych warunków rolnictwa w Polsce*. Warszawa: PWN.
- Smoroń S. 1998. Eutrophication of surface water as an influence of biogenic compounds penetration from the agriculture sources to the Environmental. *Zeszyty Edukacyjne IMUZ*, 5: 57-70.
- Smreczak B., Ukalska-Jaruga A., Łysiak M., Strzelecka J., Niedźwiecki J., Sobich D. 2017. Funkcje, jakość i usługi ekosystemowe gleb. *Studia i Raporty IUNG PIB*, 54(8): 9-23.
- Snarska A. 2005. *Statystyka. ekonometria. prognozowanie*. Warszawa: Placet.
- Sojka M., Murat-Błażejewska S., Kanclerz J. 2008. Wymywanie związków azotu i fosforu ze zlewni rolniczej w zróżnicowanych okresach hydrometeorologicznych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 526: 443-450.
- Sroka W. 2009. Wykorzystanie modelu równań strukturalnych do oceny wpływu kapitału ludzkiego na sukces ekonomiczny przodujących gospodarstw karpaccich. *Roczniki Nauk Rolniczych SERIA*, 96(4): 194-195.
- Sroka W., Dacko M. 2010. Ocena czynników rozwoju przodujących gospodarstw rolniczych z wykorzystaniem drzew regresyjnych typu C&RT. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 2: 100-113.
- Sroka W., Happe K. 2009. Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes in Polen und Bayern. *IAMO. Discussion Paper*, 123.
- Starmach K., Wróbel S., Pasternak K. 1976. *Hydrobiologia*. Warszawa: PWN.
- Strzemski M., Siuta J., Witek T. 1973. *Przydatność rolnicza gleb Polski*. Warszawa: PWRiL.
- Szalaniec M. 2008. *Sieci neuronowe i regresja wieloraka czyli jak okiełznać złożoność w badaniach naukowych? Zastosowania statystyki i Data Mining w badaniach naukowych*. Kraków: Statsoft.
- Tomczak F. 2006. *Gospodarka rodzinna w rolnictwie. Uwarunkowania i mechanizmy rozwoju*. Warszawa: IRWiR PAN.
- Tujaka A., Gosek S. 2009. Wykorzystanie fosforu w zależności od wielkości dawki i formy nawozu fosforowego. *Fragmenta Agronomia*, 26(2): 158-164.

- United Nations 2015. *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf> (dostęp: 26.01.2023).
- Ustawa z dnia 20 kwietnia 2004 r., o promocji zatrudnienia i instytucjach rynku pracy, Dz. U. z 2004. Nr 99, poz. 1001 z późn. zm.
- Wasilewski M., Mądra M. 2007. Efektywność wykorzystania czynników produkcji w gospodarstwach indywidualnych. *Roczniki Naukowe SERiA*, 8(1): 525-531.
- Welfe W. 1977. *Ekonometryczne modele rynku*. Warszawa: PWE.
- Wersje skonsolidowane Traktatu o Unii Europejskiej I Traktatu o Funkcjonowaniu Unii Europejskiej. 2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2010:083:FULL&from=PL> (dostęp: 26.01.2023).
- Wilkin J. 2006. Człowiek w ekonomii, czyli o konwersji zasobów ludzkich w kapitał. W: T. Szafraniec (red.). *Jednostkowe i społeczne zasoby wsi*. Warszawa: IRWiR PAN.
- Wojewodzik T. 2017. Procesy dywertycji i dezagrarnizacji w rolnictwie o rozdrobnionej strukturze agrarnej. *Zeszyty Naukowe UR. Seria rozprawy*, 535 (412).
- Wojewodzik T., Janus. J., Dacko M., Pijanowski J., Taszakowski J. 2021. Measuring the effectiveness of land consolidation: An economic approach based on selected case studies from Poland. *Land Use Policy*, 100: 1-10.
- Wojewodzik T., Sroka W., Płonka A. 2017. Local conditions of production and economic disagrarianization of farms. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017: Bioeconomy Challenges*: 1-5.
- Woźniak L., Cebulak T. 2007. Dywersyfikacja działalności gospodarczej terenów wiejskich wyznacznikiem ich zrównoważonego ekorozwoju. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2: 93-103.
- Zacharuk K. 2022. *Zielony Ład i kropka. Nikt nie opóźni rewolucyjnych zmian w unijnym rolnictwie?* *Przedsiębiorca Rolny*, 5: 5-7.
- Zajączkowski J., Zajączkowski K. 2013. *Hodowla Lasu. Zadrzewienia*. Warszawa: PWRiL.
- Zeliaś A., Pawełek B., Wanat S. 2002. *Metody statystyczne. Zadania i sprawdziany*. Warszawa: PWE.
- Ziętara W. 1998. Metodyczne aspekty oceny efektywności gospodarowania w rolnictwie. *Zeszyty Naukowe SGGW. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 34: 17-32.
- Ziętara W., Zieliński M. 2012. Efektywność i konkurencyjność polskich gospodarstw rolniczych nastawionych na produkcję roślinną. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 1(330): 40-61.
- Żmija J. 1999. *Przedsiębiorczość w agrobiznesie a rozwój obszarów wiejskich w Regionie Małopolski*. Kraków: Czuwamy.
- [https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/new-cap-2023-27/key-policy-objectives-new-cap\\_pl](https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/new-cap-2023-27/key-policy-objectives-new-cap_pl) (dostęp 20.01.2023).
- <https://www.bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat> (dostęp 17.01.2023).
- <https://www.dpr.iung.pl> (dostęp 20.01.2023).
- <https://www.erozja.iung.pulawy.pl> (dostęp 20.01.2023).
- <https://www.geoportal.gov.pl> (dostęp 19.01.2023).
- [https://www.gewaesserschutz-thueringen.de/wp-content/uploads/Wurbs\\_Konzepte\\_Zielkonflikte\\_Erosionsschutz\\_2019\\_10\\_28.pdf](https://www.gewaesserschutz-thueringen.de/wp-content/uploads/Wurbs_Konzepte_Zielkonflikte_Erosionsschutz_2019_10_28.pdf) (dostęp 20.01.2023).
- <https://www.googlemaps.pl> (dostęp 20.01.2023).
- <https://www.ksow.pl/wspolna-polityka-rolna/wpr-2023-2027> (dostęp 19.01.2023).
- <https://www.onw.iung.pulawy.pl> (dostęp 20.01.2023).
- <https://www.polskarola.pl> (dostęp 20.01.2023).
- <https://www.polskarola.pl/tag/strefa-buforowa/> (dostęp 20.01.2023).

<https://www.topagrar.pl/articles/prow-2014-2020/dofinansowanie-do-wapnowania-gleb-krok-po-kroku/> (dostęp 27.01.2023).

<https://www.wody.isok.gov.pl> (dostęp 20.01.2023).



## SPIS TABEL, WYKRESÓW, RYSUNKÓW, MAP

### TABELE

Tabela 1. Liczebność respondentów (właścicieli gospodarstw rolnych) w zależności od udziału dochodów z gospodarstwa rolnego w dochodach z gospodarstwa domowego.....	13
Tabela 2. Kryteria podziału powiatów ziemskich w Polsce na grupy o zróżnicowanym poziomie zużycia nawozów wapniowych [CaO kg/ha UR] .....	18
Tabela 3. Powiaty charakteryzujące się wysokim i niskim poziomem nawożenia wapniowego [kg CaO/ ha UR] .....	18
Tabela 4. Wybrane charakterystyki demograficzne wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	20
Tabela 5. Wybrane wskaźniki charakteryzujące sytuację demograficzną wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	21
Tabela 6. Struktura wiekowa ludności w wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	22
Tabela 7. Wybrane wskaźniki bezrobocia wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r.....	24
Tabela 8. Wybrane charakterystyki przedsiębiorczości wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	26
Tabela 9. Udział gleb według klas bonitacyjnych w powierzchni gruntów ornych wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego [%] .....	27
Tabela 10. Wartości wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRPP) dla wytypowanych do badań terenowych jednostek samorządu terytorialnego .....	28
Tabela 11. Struktura użytkowania gruntów w gospodarstwach rolnych w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.....	29
Tabela 12. Struktura użytków rolnych gospodarstw w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	30
Tabela 13. Struktura wielkości gospodarstw według grup obszarowych użytków rolnych w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r. ...	31
Tabela 14. Struktura użytków rolnych według grup obszarowych gospodarstw w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	31
Tabela 15. Struktura gospodarstw rolnych według rodzajów działalności w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.....	32
Tabela 16. Struktura powierzchni zasiewów w gospodarstwach rolnych w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r.....	33
Tabela 17. Pogłowie zwierząt w gospodarstwach rolnych wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	33
Tabela 18. Struktura gospodarstw rolnych według przeznaczenia produkcji końcowej oraz głównych źródeł dochodu w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	34
Tabela 19. Struktura gospodarstw rolnych według wielkości ekonomicznej w wytypowanych do badań terenowych jednostkach samorządu terytorialnego w 2020 r. ....	35
Tabela 20. Struktura gospodarstw rolnych według stosowanych strategii wapnowania w latach 2010-2020.....	43
Tabela 21. Struktura gospodarstw rolnych w badanych województwach według stosowanych strategii wapnowania w latach 2010-2020 .....	44

Tabela 22. Struktura towarowych gospodarstw rolnych według stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO w latach 2016-2020.....	45
Tabela 23. Struktura towarowych gospodarstw rolnych według typów i stosowanych strategii wapnowania w latach 2016-2019 .....	46
Tabela 24. Dochód z gospodarstwa rolnego w zależności od typu produkcji i poziomu wapnowania gleb .....	48
Tabela 25. Dochód z gospodarstwa rolnego w gospodarstwach w zależności od poziomu nawożenia NPK i poziomu wapnowania gleb .....	48
Tabela 26. Podsumowanie regresji zmiennej zależnej $Y_1$ .....	50
Tabela 27. Podsumowanie regresji zmiennej zależnej $Y_2$ .....	51
Tabela 28. Podsumowanie regresji zmiennej zależnej $Y_2$ .....	52
Tabela 29. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawach polowych według powierzchni i stosowanych strategii wapnowania [%] .....	55
Tabela 30. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawach zbóż według powierzchni i stosowanych strategii wapnowania [%] .....	56
Tabela 31. Średnia wartość produkcji roślinnej gospodarstw rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w latach 2016-2020 [zł/ha].....	56
Tabela 32. Wartość dodana brutto w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w latach 2017-2020 (zł/ha) .....	57
Tabela 33. Średnia wartość dochodu rolniczego w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w latach 2017-2020 (zł/ha) .....	58
Tabela 34. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji polowej według stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO .....	59
Tabela 35. Struktura towarowych gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji zbóż według stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO.....	59
Tabela 36. Średnia wartość produkcji roślinnej w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w zależności od stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO .....	60
Tabela 37. Wartość dodana brutto w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w uprawach polowych w zależności od stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO.....	61
Tabela 38. Średnia wartość dochodu rolniczego w towarowych gospodarstwach rolnych specjalizujących się w produkcji polowej w zależności od stosowanych strategii nawożenia NPK i CaO.....	61
Tabela 39. Charakterystyka predyktorów wykorzystanych w modelu drzewa CART.....	63
Tabela 40. Ocena potrzeb wapnowania gleb mineralnych (gruntów ornych) .....	71
Tabela 41. Zalecane dawki nawozów wapniowych na grunty orne .....	71
Tabela 42. Przykład dawki CaO na gruntach ornych dla gleb ciężkich .....	72
Tabela 43. Wyniki przeprowadzonych symulacji zmian w zakresie przedostawania się substancji sprzyjających eutrofizacji (związki azotu).....	100
Tabela 44. Wyniki przeprowadzonych symulacji zmian w zakresie przedostawania się substancji sprzyjających eutrofizacji (związki fosforu) .....	100
Tabela 45. Częstotliwość wykonywania badań kwasowości gleby w gospodarstwach respondentów według powiatów [liczba wskazań] .....	121
Tabela 46. Częstotliwość wykonywania badań kwasowości gleby w zależności od udziału dochodu rolniczego w dochodach gospodarstwa domowego [liczba wskazań] .....	122
Tabela 47. Częstotliwość wykonywania wapnowania gleby w zależności od powierzchni gospodarstwa i znaczenia dochodu rolniczego w dochodach rodziny rolniczej [liczba wskazań].	123

Tabela 48. Częstotliwość wykonywania wapnowania gleby w gospodarstwach respondentów według powiatów [liczba wskazań] .....	124
Tabela 49. Identyfikacja głównych barier wapnowania przez rolników w ujęciu przestrzennym [liczba wskazań].....	127
Tabela 50. Identyfikacja głównych barier wapnowania przez rolników według liczby lat pracy w gospodarstwie rolnym [liczba wskazań] .....	128
Tabela 51. Identyfikacja głównych barier wapnowania przez rolników w kontekście częstotliwości wykonywania tego zabiegu [liczba wskazań] .....	128
Tabela 52. Identyfikacja głównych barier wapnowania w kontekście doświadczenia zawodowego pracownika instytucji okołoroľniczej [liczba wskazań] .....	130
Tabela 53. Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych przez rolników według kryterium lokalizacji gospodarstw rolnych [liczba wskazań] .....	133
Tabela 54. Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych przez rolników według kryterium poziomu wykształcenia i doświadczenia [liczba wskazań] .....	133
Tabela 55. Uczestnictwo rolników w szkoleniach (kursach) dotyczących wapnowania gleb według kryterium lokalizacji gospodarstwa rolnego, poziomu wykształcenia oraz doświadczenia [%].	135
Tabela 56. Uczestnictwo rolników w szkoleniach/kursach dotyczących wapnowania gleb według kryterium częstotliwości wapnowania gleb [%].....	136
Tabela 57. Zainteresowanie rolników udziałem w szkoleniach/kursach dotyczących wapnowania gleb wg kryt. dotychczasowego braku uczestnictwa w szkoleniach [osób] oraz częstotliwości wapnowania gleb [%].....	137
Tabela 58. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach <i>Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie</i> w opiniach rolników według kryterium lokalizacji gospodarstwa rolnego, poziomu wykształcenia oraz doświadczenia [liczba wskazań] .....	138
Tabela 59. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach <i>Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie</i> w opiniach rolników według kryterium częstotliwości wapnowania [liczba wskazań] .....	139

## WYKRESY

Wykres 1. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium lokalizacji gospodarstwa (powiatu) [%] .....	11
Wykres 2. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium liczby lat pracy w gospodarstwie [%] .....	11
Wykres 3. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium poziomu i rodzaju wykształcenia [%] .....	12
Wykres 4. Charakterystyka właścicieli gospodarstw rolnych według kryterium dochodowości [%] .....	12
Wykres 5. Charakterystyka respondentów (ekspertów) według kryterium reprezentowanej instytucji otoczenia roľnictwa [%].....	13
Wykres 6. Charakterystyka respondentów (ekspertów) według kryterium stażu pracy [%] .....	14
Wykres 7. Udział w badanej populacji gospodarstw towarowych dokonujących zakupu nawozów wapniowych [%] oraz średnia wysokość stosowanych dawek CaO [kg/ha] .....	42
Wykres 8. Histogram średnich rocznych dawek nawozu wapniowego stosowanych w latach 2010-2016 w grupie 3 726 gospodarstw .....	45
Wykres 9. Struktura gospodarstw według wysokości wapnowania (CaO w t/ha/rok) w latach 2016-2019 [%] .....	55

Wykres 10. Wartość produkcji roślinnej w gospodarstwach prowadzących działalność na powierzchni powyżej 50 ha UR ** i specjalizujących się w produkcji zbóż w zależności od zastosowanego poziomu wapnowania* .....	57
Wykres 11. Wartość produkcji roślinnej w gospodarstwach** specjalizujących się w produkcji zbóż w zależności od zastosowanego poziomu wapnowania* i nawożenia NPK** .....	60
Wykres 12. Wysokość dochodu rolniczego w gospodarstwach** specjalizujących się w produkcji zbóż w zależności od zastosowanego poziomu wapnowania* i nawożenia NPK** .....	61
Wykres 13. Sekwencja kosztów dla drzew klasyfikacyjnych CART .....	64
Wykres 14. Zużycie nawozów wapniowych w województwach Polski w 2010 r. i 2020 r. (w przeliczeniu na czysty składnik) w indywidualnych gospodarstwach rolnych [kg/ha UR] .....	70
Wykres 15. Wpływ pH na przyswajalność składników pokarmowych oraz na aktywność biologiczną gleb .....	73
Wykres 16. Względna efektywność plonotwórcza NPK w zależności od odczynu gleby .....	75
Wykres 17. Możliwości realizacji wybranych założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) przez gospodarstwo rolne [%] .....	112
Wykres 18. Wapnowanie jako narzędzie rekompensaty skutków ograniczenia nawożenia mineralnego (NPK) w gospodarstwie rolnym [%] .....	113
Wykres 19. Skutki realizacji założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) dla gospodarstwa rolnego [%] .....	113
Wykres 20. Częstotliwość wykonywania badań kwasowości gleby w badanych gospodarstwach [liczba wskazań] .....	120
Wykres 21. Odsetek respondentów wykonujących systematycznie badanie pH gleby oraz odsetek respondentów nie prowadzących takich badań [%] .....	121
Wykres 22. Częstotliwość wapnowania gleby w gospodarstwach respondentów [liczba wskazań] .....	123
Wykres 23. Czy polecił(a)by Pan(i) stosowanie wapnowania rolnikom [%] .....	125
Wykres 24. Bariery wapnowania w opiniach rolników [liczba wskazań] .....	126
Wykres 25. Bariery wapnowania w opiniach przedstawicieli instytucji [liczba wskazań] .....	129
Wykres 26. Główne powody niewykorzystania dopłat do zakupu i stosowania nawozów wapniowych w opiniach rolników [liczba wskazań] .....	132
Wykres 27. Uczestnictwo rolników w szkoleniach (kursach) dotyczących wapnowania gleb [%] ..	134
Wykres 28. Zainteresowanie rolników udziałem w szkoleniach (kursach) dotyczących wapnowania gleb [%] .....	136
Wykres 29. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach <i>Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie</i> w opiniach rolników [liczba wskazań] .....	137
Wykres 30. Bariery w ubieganiu się o dofinansowanie zadań w ramach <i>Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie</i> w opiniach ekspertów [liczba wskazań] .....	140
Wykres 31. Opinie ekspertów nt. znajomości <i>Ogólnopolskiego programu regeneracji środowiskowej gleb poprzez ich wapnowanie</i> [%] .....	141

## RYSUNKI

Rysunek 1. Etapy procesu badawczego .....	8
Rysunek 2. Uproszczony schemat obliczania wyniku ekonomicznego gospodarstwa rolnego według FADN .....	47
Rysunek 3. Diagram drzewa klasyfikacyjnego CART dla wartości produkcji roślinnej .....	65
Rysunek 4. Zależności pomiędzy właściwościami, funkcjami i usługami ekosystemowymi gleb, a korzyściami dla człowieka .....	69

Rysunek 5. System korzeniowy jęczmienia w warunkach narastającego zakwaszenia .....	74
Rysunek 6. Eutrofizacja potoku w otoczeniu gruntów orných.....	77
Rysunek 7. Grunty orne dotknięte erozją wodną.....	78
Rysunek 8. Użytki zielone z naniesionym namutem wskutek spływów powierzchniowych z erodowanych gruntów rolných.....	78
Rysunek 9. Właściwie ukształtowany poprzecznostokowy układ pól na terenie urzeźbionym....	79
Rysunek 10. Przykład obiektu Barnstädt (Saksonia-Anhalt, Republika Federalna Niemiec) – mikroskala, ukazująca rolę zadrzewień śródpolnych w obniżania zagrożenia erozją wodną na terenach rolných .....	80
Rysunek 11. Przykład obiektu Barnstädt (Saksonia-Anhalt, Republika Federalna Niemiec) – makroskala problemu spływów erozyjnych na większej części obiektu.....	80
Rysunek 12. Przykład kanału melioracyjnego, który na skutek bezpośredniego sąsiedztwa z nawożonymi terenami uprawnymi znajduje się z stanie zaawansowanej eutrofizacji.....	81
Rysunek 13. Przykłady stref buforowych wzdłuż ciek Wrzepskim na obiekcie Strzelce Wielkie (gmina Szczurowa, województwo małopolskie) w formie zadrzewień liniowych wraz z roślinnością podokapową obiektu .....	81
Rysunek 14. Koncepcja ukształtowania obszaru pełniącego wielorakie funkcje środowiskowe, głównie przeciwoerozyjne .....	82
Rysunek 15. Przykład fragmentu rolniczej przestrzeni produkcyjnej w południowej części Polanki Wielkiej (wschodnia część przysiółka Pasternik) narażonego na erozję wodną w skutek wzdłużstokowego kierunku uprawy oraz braku nasadzeń przeciwoerozyjnych.....	83
Rysunek 16. Przykład pola we wschodniej części obiektu badań (okolice stawu Polaniec) podlegającego silnym procesom erozyjnym.....	83
Rysunek 17. Przykład rolniczej przestrzeni produkcyjnej pozbawionej naturalnych barier dla spływów erozyjnych z różnych części obiektu badań .....	84
Rysunek 18. Po lewej i u dołu ciek melioracyjny z wyraźnymi śladami osadów chemicznych, po prawej u góry miejsce ujścia zanieczyszczonej wody z kilku zbieraczy do rowu melioracyjnego .....	85
Rysunek 19. Przykłady zalanych fragmentów pól o różnej powierzchni na obiekcie badań .....	85
Rysunek 20. Przykłady złego stanu dróg dojazdowych do gruntów rolných na obiekcie badań .....	86
Rysunek 21. Schemat zaproponowanego procesu obliczeniowego .....	87
Rysunek 22. Przyjęta koncepcja analizy poprzez ocenę wpływu pól testowych o rozmiarze 10x10 m wraz z fragmentem analizowanego obszaru z widocznym podziałem na siatkę GRID.....	89
Rysunek 23. Układ granic własności na badanym obszarze wraz z mapą użytkowania terenu .....	90
Rysunek 24. Zawartość jednej z warstw cyfrowej mapy glebowo-rolniczej .....	90
Rysunek 25. Zawartość numerycznego modelu terenu .....	91
Rysunek 26. Mapa przedstawiająca natężenie parametru określającego nachylenie terenu na analizowanym obszarze .....	91
Rysunek 27. Mapa warstwowa.....	92
Rysunek 28. Mapa przedstawiająca podział obszaru badań na zlewnie na tle numerycznego modelu terenu.....	92
Rysunek 29. Mapa odległości pomiędzy elementami podziału powierzchniowego a siecią wód powierzchniowych.....	93
Rysunek 30. Zasada uzyskania mapy odległości przeliczeniowych biorących udział przy obliczaniu parametrów związanych ze spływem powierzchniowym oraz zawartość ostatecznej warstwy .	95



Rysunek 31. Przyjęte w modelu zmienności temperatur (lata: 2019 i 2021) oraz opadów atmosferycznych (lata: 2017, 2019, 2021) .....	96
Rysunek 32. Przykładowa mapa obrazująca zróżnicowanie wpływu poszczególnych pól obliczeniowych na zasilanie najbliższych elementów wód powierzchniowych (na przykładzie azotu) .....	99
Rysunek 33. Główne cele i założenia Europejskiego Zielonego Ładu .....	105
Rysunek 34. Dziesięć kluczowych celów Wspólnej Polityki Rolnej 2021-2027 .....	111
Rysunek 35. Wielokryterialny model wpływu wapnowania na jakość i ilość produktów rolnych.....	118
Rysunek 36. Diagram drzewa klasyfikacyjnego CART dla strategii wapnowania .....	145

## MAPY

Mapa 1. Lokalizacja powiatów wytypowanych do przeprowadzenia badań ankietowych .....	19
Mapa 2. Wartość wskaźnika waloryzacji przestrzeni produkcyjnej dla Polski .....	28
Mapa 3. Lokalizacja obiektu badań na tle mapy Polski oraz mapa topograficzna z lokalizacją cieków i zbiorników wodnych .....	37
Mapa 4. Struktura przestrzenna obiektu badań na tle ortofotomapy .....	38
Mapa 5. Główne ciek przeptywające przez obiekt Polanka Wielka oraz zbiorniki wodne .....	40
Mapa 6. Podział Polski ze względu na wartość odczynu gleby .....	68