

**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
W PUŁAWACH**



Chemizm gleb ornych Polski w 2025 r.

**Praca finansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej
realizowana w ramach umowy nr GIOŚ/ZP/1/2025/DMS/NFOŚiGW**


Dyrektor
prof. dr hab. Mariusz Matyko

**Dyrektor
Prof. Dr hab. Mariusz Matyko**


Kierownik zadania
Dr hab. Grzegorz Siebielec

Puławy, listopad 2025

Autorzy:

Grzegorz Siebielec, Bożena Smreczak, Anna Rybicka, Karolina Świątek, Beata Suszek-Łopatka, Monika Pecio, Piotr Gembal, Anna Gembal, Magdalena Łysiak, Adrian Matczuk, Piotr Koza, Grzegorz Skomra, Robert Kindrasz, Sławomir Wydra, Joanna Ciepiel, Natalia Borówka, Marlena Baćkowska, Dominika Gmur, Edyta Chabros, Urszula Wójtowicz

Spis treści

1. WPROWADZENIE	5
2. METODYKA POBRANIA PRÓBEK GLEBOWYCH I DOKUMENTACJI PUNKTÓW MONITORINGOWYCH	5
3. LOKALIZACJA MIEJSC POBRANIA PRÓBEK GLEBOWYCH	8
3.1. Położenie geograficzne punktów.....	8
3.2. Zmiany położenia punktów pobrania próbek	18
3.3. Typy, bonitacja i przydatność rolnicza gleb w punktach monitoringowych	19
3.4. Sposoby użytkowania gruntu w punktach pobrania próbek	22
4. PRZYGOTOWANIE PRÓBEK GLEBOWYCH DO ANALIZ LABORATORYJNYCH.....	22
5. METODY ORAZ KONTROLA JAKOŚCI OZNACZEŃ WŁAŚCIWOŚCI GLEB.....	23
6. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ.....	28
6.1. Skład granulometryczny gleb	28
6.2. Odczyn gleb.....	30
6.3. Kwasowość hydrolityczna.....	33
6.4. Kwasowość wymienna i glin wymienny	34
6.5. Kationy wymienne o charakterze zasadowym	34
6.6. Pojemność sorpcyjna gleby i wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami	35
6.7. Zawartość węglanów	36
6.8. Zawartość próchnicy i węgla organicznego	36
6.9. Zawartość azotu ogólnego i stosunek węgla do azotu.....	40
6.10. Zawartość azotu mineralnego.....	41
6.11. Zasolenie gleb.....	41
6.12. Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu	42
6.13. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej.....	47
6.14. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych	48
6.15. Radioaktywność	58
6.16. Całkowita zawartość makroelementów	59
6.17. Całkowita zawartość pierwiastków śladowych	61
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	77
7. SPIS WYKORZYSTANEJ LITERATURY	79
8. SPIS RYSUNKÓW	81
9. SPIS TABEL	83
10. ZESTAWIENIA DANYCH – STATYSTYKI DLA POSZCZEGÓLNYCH LAT.....	83
11. ZESTAWIENIA DANYCH – STATYSTYKI DLA POSZCZEGÓLNYCH PUNKTÓW	83

1. WPROWADZENIE

„Monitoring chemizmu gleb ornych Polski” stanowi podsystem Państwowego Monitoringu Środowiska w zakresie jakości gleby i ziemi. Celem badań jest ocena stanu i zmian szerokiego zakresu właściwości gleb użytkowanych rolniczo, w tym zanieczyszczenia gleb, pod wpływem rolniczej i pozarolniczej działalności człowieka.

Monitoring chemizmu rolniczo użytkowanych gleb w Polsce jest realizowany od roku 1995. W 5-letnich odstępach czasowych pobierane i analizowane są próbki glebowe, reprezentujące 216 stałych punktów pomiarowych zlokalizowanych w całym kraju. Siódma edycja Monitoringu przypadła na rok 2025. Była ona realizowana przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, w ramach umowy nr GIOŚ/ZP/1/2025/DMS/NFOŚiGW pomiędzy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska (Zamawiający) oraz Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytutem Badawczym (Wykonawca).

2. METODYKA POBRANIA PRÓBEK GLEBOWYCH I DOKUMENTACJI PUNKTÓW MONITORINGOWYCH

Pobranie próbek zostało w całości przeprowadzone przez pracowników IUNG-PIB w okresie maj – sierpień 2025 roku. W każdym z zespołów pobierających próbki znajdowały się osoby z doświadczeniem w zakresie pobierania próbek glebowych oraz przeszkolone w zakresie klasyfikacji gleb (ukończone Podyplomowe Studia Gleboznawcze: Gleboznawstwo, Gleboznawcza Klasyfikacja Gruntów i Kartografia Gleb).

Po dotarciu do punktu pomiarowego o ustalonych współrzędnych geograficznych metodą polową w przybliżony sposób dokonano sprawdzenia zgodności składu granulometrycznego gleby w danym punkcie z oznaczonym w poprzednich okresach badawczych. Następnie za pomocą urządzeń GPS (Global Positioning System) zmierzono położenie punktu pomiarowego z dokładnością 1 m. Każdy z uśrednionych pomiarów został zapisany w urządzeniu GPS z numerem właściwym dla danego punktu pomiarowego.

Podobnie jak w poprzednich edycjach, pobierano 20 próbek indywidualnych, które po zmieszaniu stanowiły próbkę zbiorczą. Wyznaczony za pomocą GPS punkt stanowił centralny punkt kwadratu o powierzchni 100 m², z którego pobierano za pomocą stalowej sondy glebowej z głębokości 0-20 cm równomiernie rozmieszczone próbki indywidualne. Przed pobraniem próbki usuwano resztki roślinne z powierzchni gleby. Próbki indywidualne zostały przeniesione do nieużywanego worka płóciennego, którego zawartość stanowiła próbkę

zbiorną, reprezentatywną dla punktu pomiarowego. Próbkę glebową została oznaczona właściwym numerem punktu monitoringowego, szczelnie zamknięta i zabezpieczona w sposób uniemożliwiający utratę i zanieczyszczenie próbki. Po pobraniu próbki przetransportowano do laboratorium IUNG-PIB, gdzie zostały zarejestrowane, a następnie przygotowane do analiz.

W miejscu pobrania próbek została wypełniona karta dokumentacyjna punktu pomiarowego, w której umieszczono takie informacje jak nr punktu, zaktualizowane współrzędne, położenie geograficzne oraz położenie względem widocznych z miejsca pobierania elementów antropopresji, manualnie określony skład granulometryczny, typ gleby z mapy glebowo-rolniczej, sposób użytkowania gruntu, głębokość pobrania próbki. Dodatkowo w karcie dokumentacyjnej umieszczono imię i nazwisko osoby pobierającej próbkę oraz datę pobrania. Ponadto wykonano dokumentację fotograficzną miejsc pobrania próbek w liczbie 4 zdjęć cyfrowych wykonanych w różnych kierunkach, oraz szkic lokalizacji punktu pomiarowego z uwzględnieniem elementów potencjalnej presji na jakość gleb.







Rysunek 1. Przykładowe lokalizacje punktów monitoringowych (od góry punkty nr 165, 273 i 383).

3. LOKALIZACJA MIEJSC POBRANIA PRÓBEK GLEBOWYCH

3.1. Położenie geograficzne punktów

Liczba punktów monitoringowych w poszczególnych województwach odpowiadała liczbie punktów z poprzednich cykli badawczych. Najwięcej punktów (20) zlokalizowanych jest w województwach dolnośląskim, lubelskim i mazowieckim (Tabela 1). Szczegółowa informacja dotycząca położenia punktów pomiarowych, wraz z współrzędnymi geograficznymi została przedstawiona w tabeli wynikowej. Lokalizację wszystkich punktów monitoringowych przedstawiono na Rysunku 2, a bardziej szczegółowo w poszczególnych województwach na Rysunkach 318.

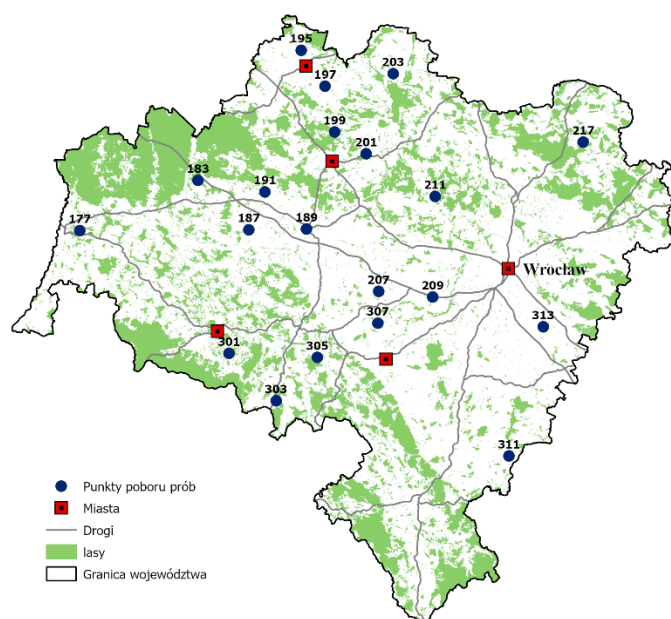
Tabela 1. Liczba punktów monitoringowych w poszczególnych województwach

Województwo	Liczba próbek
dolnośląskie	20
kujawsko-pomorskie	13
lubelskie	20
lubuskie	11
łódzkie	16
małopolskie	17
mazowieckie	20
opolskie	6
podkarpackie	14
podlaskie	6
pomorskie	9
śląskie	18
świętokrzyskie	9
warmińsko-mazurskie	11
wielkopolskie	17
zachodniopomorskie	9



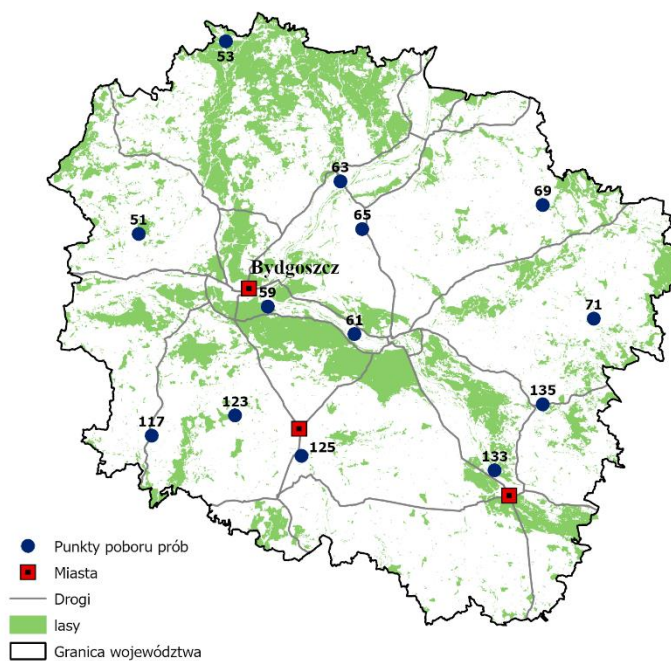
Rysunek 2. Rozmieszczenie 216 punktów monitoringowych

Województwo dolnośląskie



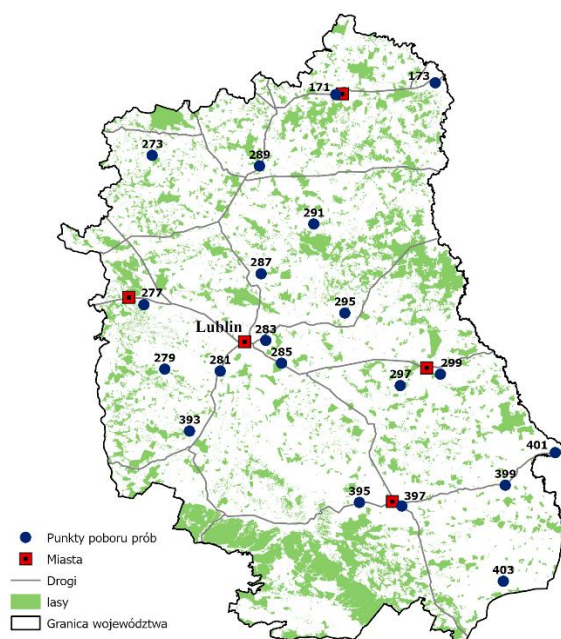
Rysunek 3. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie dolnośląskim

Województwo kujawsko-pomorskie



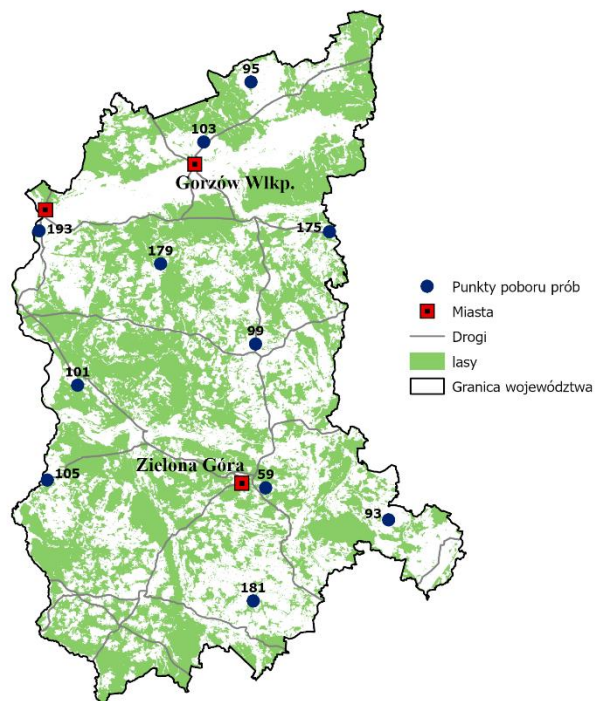
Rysunek 4. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie kujawsko-pomorskim

Województwo lubelskie



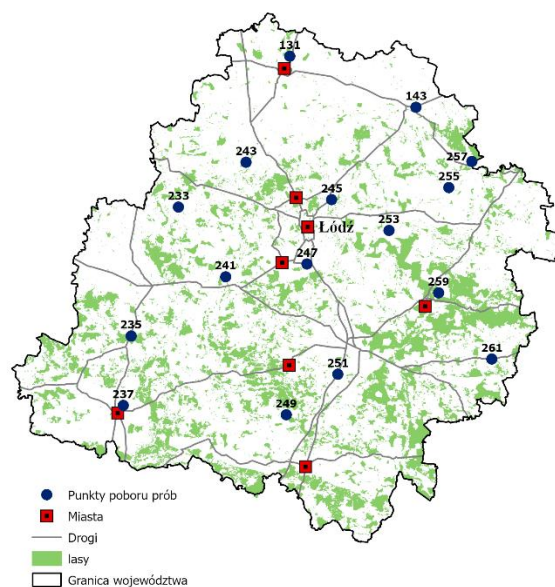
Rysunek 5. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie lubelskim

Województwo lubuskie



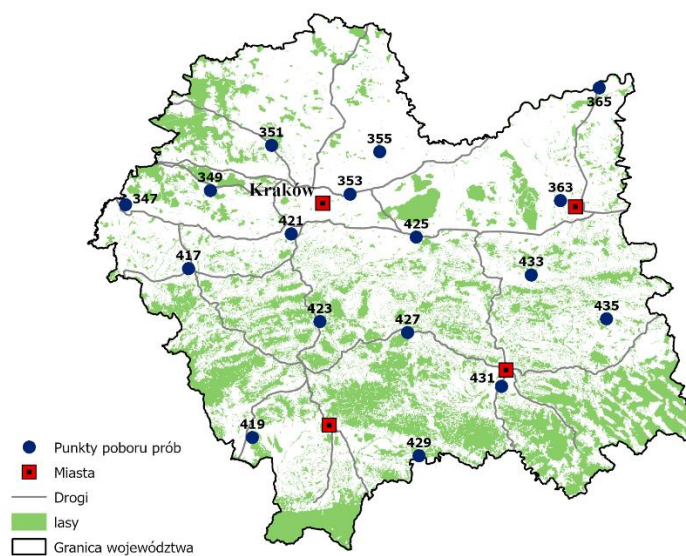
Rysunek 6. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie lubuskim

Województwo łódzkie



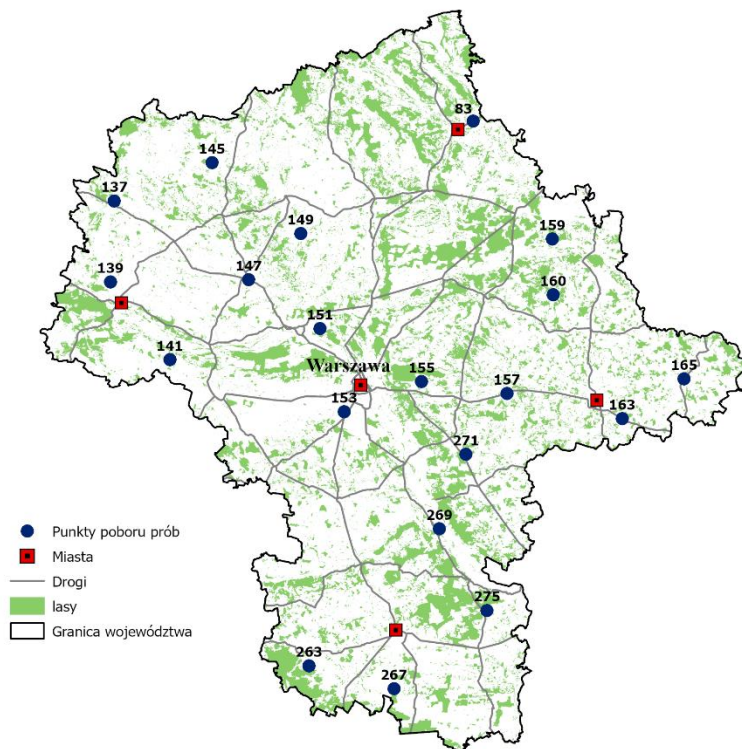
Rysunek 7. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie łódzkim

Województwo małopolskie



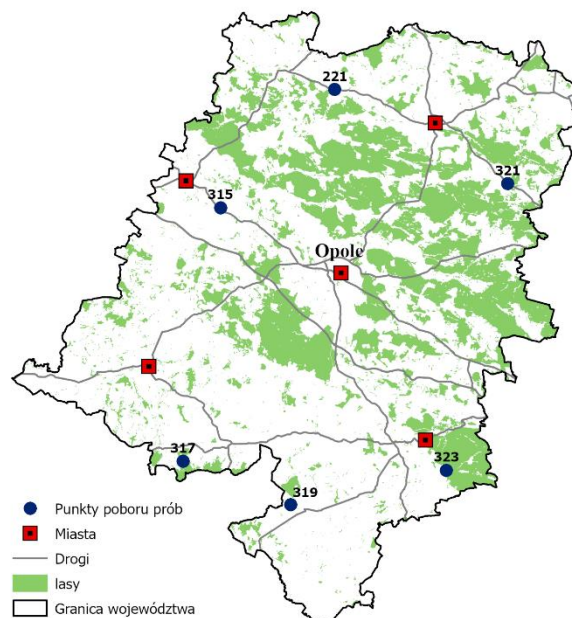
Rysunek 8. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie małopolskim

Województwo mazowieckie



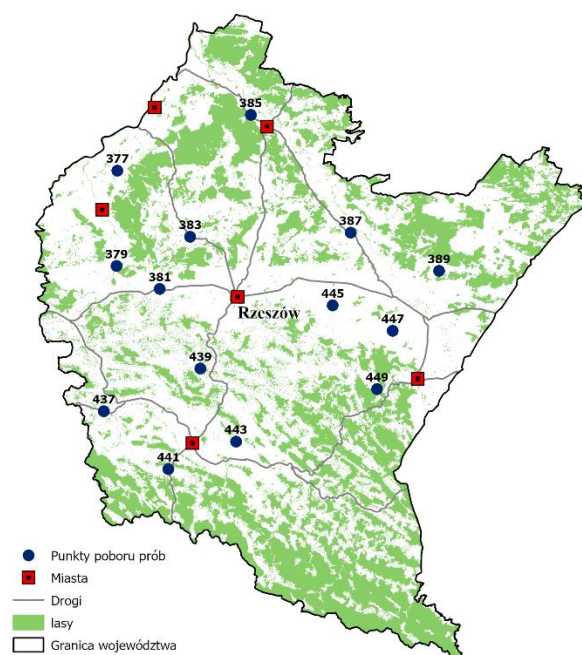
Rysunek 9. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie mazowieckim

Województwo opolskie



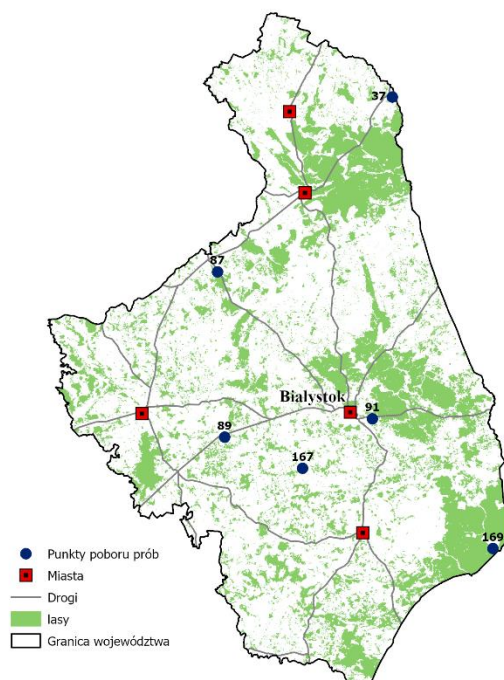
Rysunek 10. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie opolskim

Województwo podkarpackie



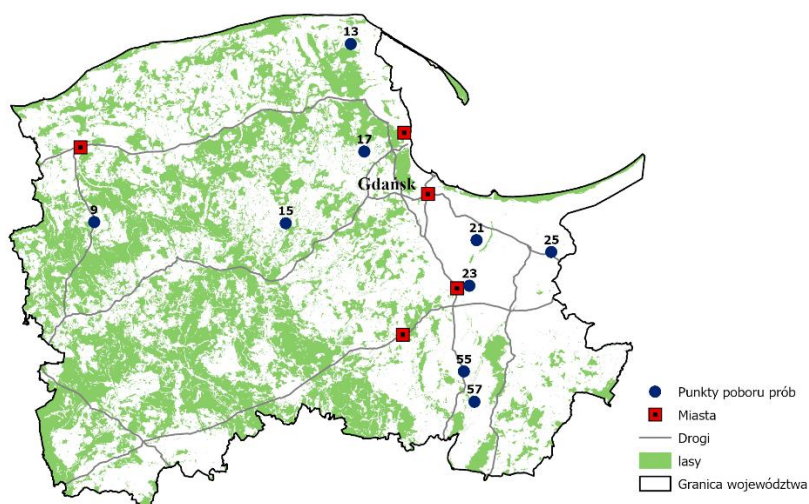
Rysunek 11. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie podkarpackim

Województwo podlaskie



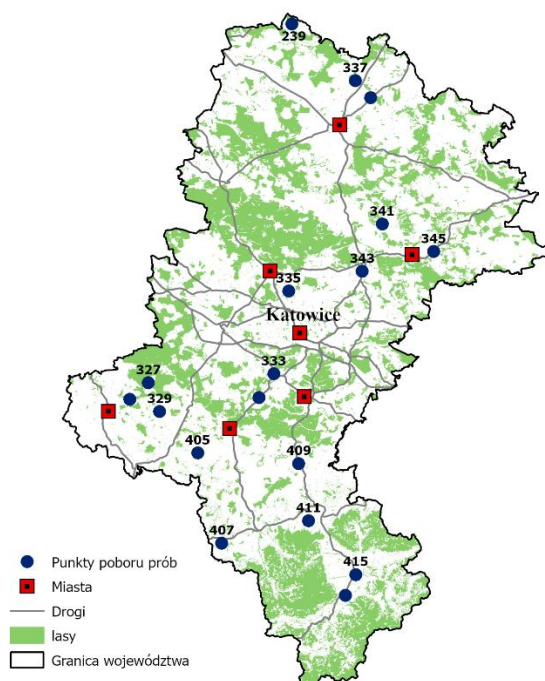
Rysunek 12. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie podlaskim

Województwo pomorskie



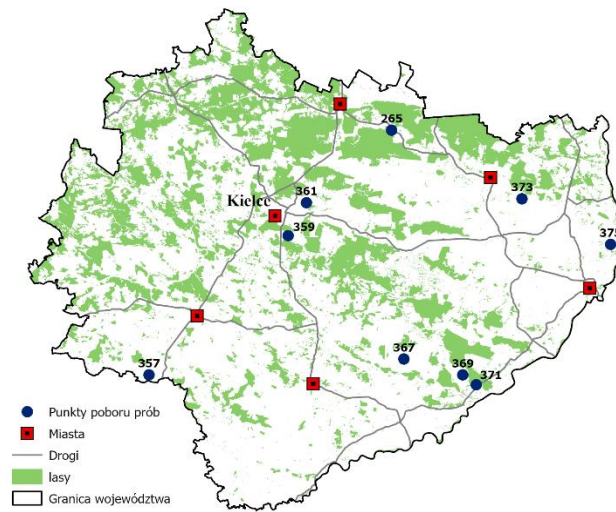
Rysunek 13. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie pomorskim

Województwo śląskie



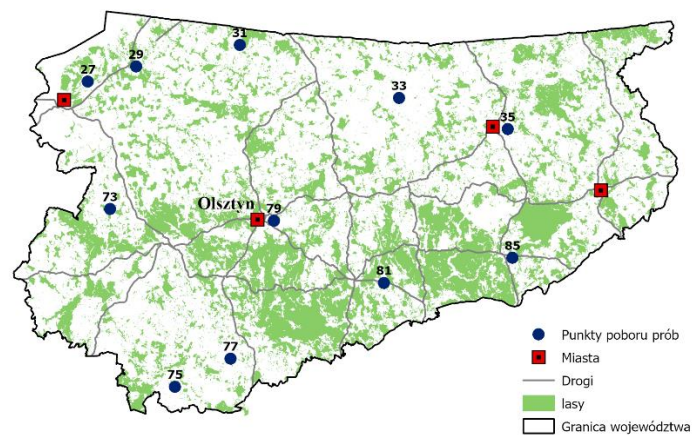
Rysunek 14. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie śląskim

Województwo świętokrzyskie



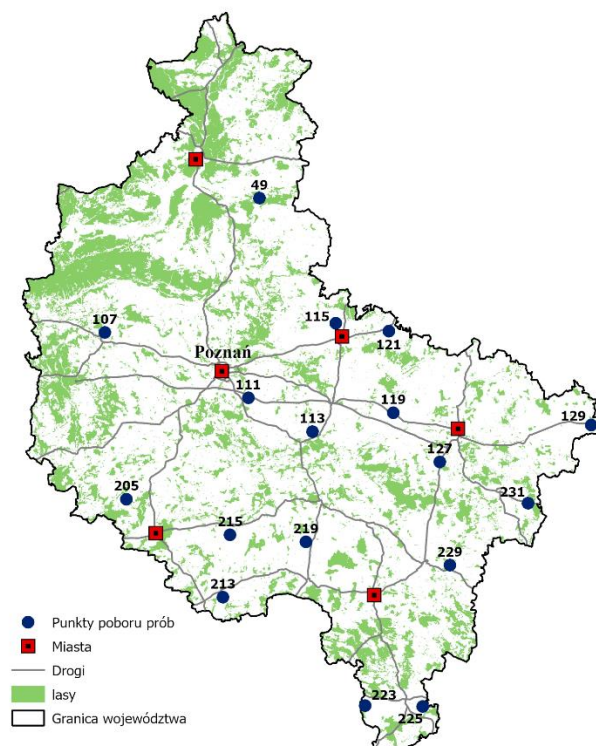
Rysunek 15. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie świętokrzyskim

Województwo warmińsko-mazurskie



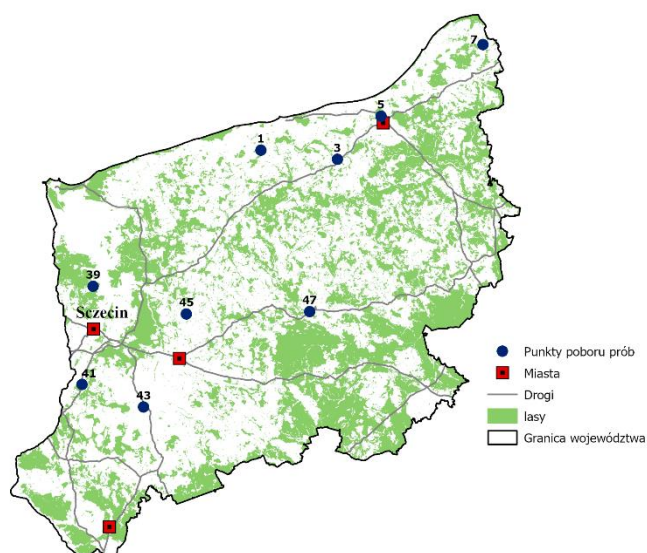
Rysunek 16. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie warmińsko-mazurskim

Województwo wielkopolskie



Rysunek 17. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie wielkopolskim

Województwo zachodniopomorskie



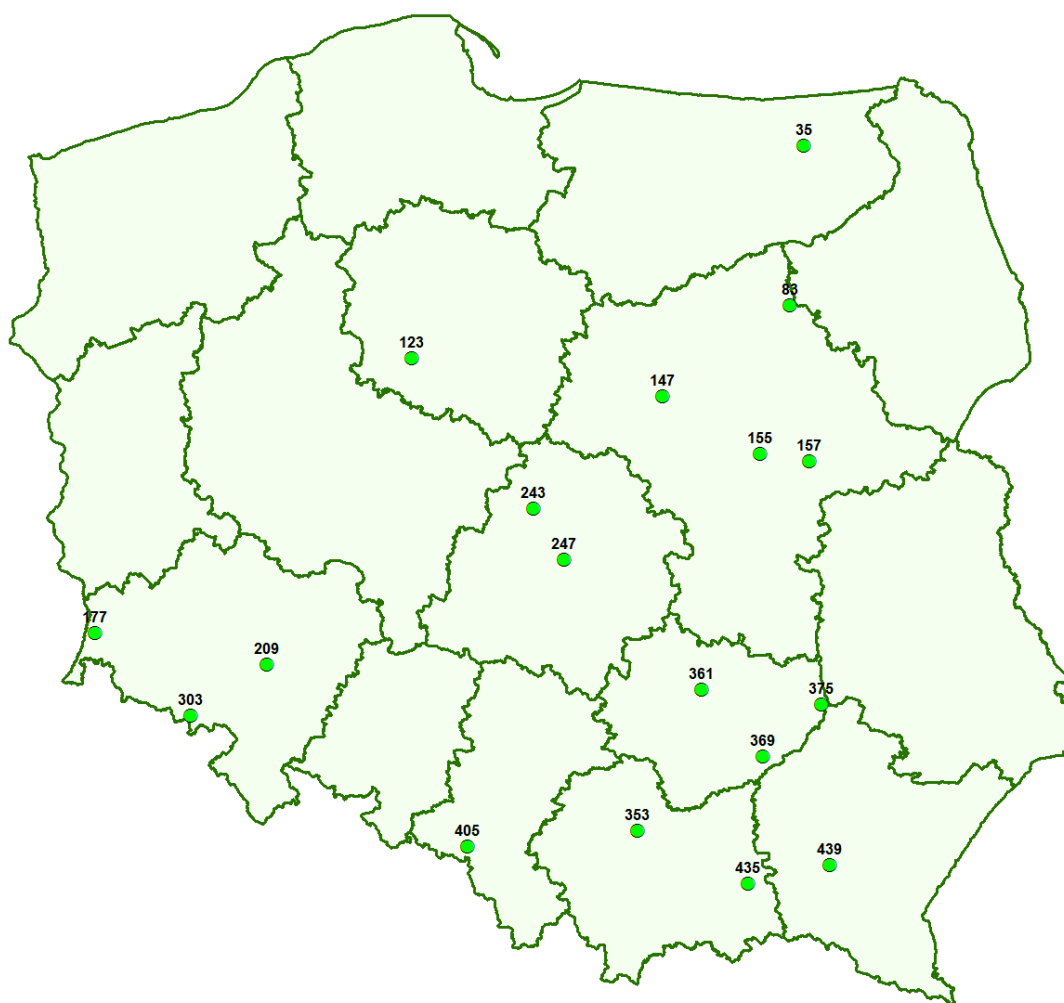
Rysunek 18. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie zachodniopomorskim

3.2. Zmiany położenia punktów pobrania próbek

W przypadku 18 punktów monitoringowych w 2025 r. realizacja badań wymagała przesunięcia lokalizacji pobrania próbki glebowej w stosunku do jego położenia w poprzednich edycjach badań (Rysunek 19).

W większości wymienionych przypadków konieczność ta wynikała ze zmian użytkowania ziemi, głównie ekspansji zabudowy i sieci komunikacyjnej, zalesień lub pojawienia się nadmiernego zakrzaczenia. Punkty te znalazły się wewnątrz lub w zbyt bliskim położeniu obszarów zurbanizowanych lub traktów komunikacyjnych. Najwięcej punktów (4) przeniesiono w województwie mazowieckim.

Przy zmianie położenia punktów kierowano się zasadą, że nowa lokalizacja musi reprezentować użytek rolny oraz zbliżoną teksturę gleby oraz znajdować się w możliwie najmniejszej odległości od punktu wyjściowego. W celu uzyskania jak największej precyzji w wyborze nowej lokalizacji punktów, korzystano z mapy glebowo-rolniczej oraz przeprowadzono manualną ocenę składu granulometrycznego gleby w terenie.



Rysunek 19. Położenie punktów monitoringowych, których lokalizacja została zmieniona

Położenie punktów monitoringowych, których lokalizacja została zmieniona w stosunku to lokalizacji pierwotnej

Uzasadnienie przeniesienia punktów pomiarowych:

nr 35 - farma fotowoltaiczna,

nr 83 - powstanie nowej zabudowy jednorodzinnej,

nr 123 - brak możliwości dojazdu, zamknięty teren kopalniany,

nr 147 - teren budowy drogi ekspresowej S7,

nr 155 - teren zabudowy jednorodzinnej,

nr 157 - zamknięta szkółka krzewów ozdobnych,

nr 177 - brak zgody właściciela gruntu,

nr 209 - bliskie sąsiedztwo autostrady A4,

nr 243 - wystąpienie nadmiernych zakrzaczeń w wyznaczonym miejscu, utrata funkcji rolniczych,

nr 247 - teren ogrodzony, szklarnie,

nr 303 - teren przeznaczony pod zabudowę jednorodzinną,

nr 353 - wystąpienie nadmiernych zakrzaczeń w wyznaczonym miejscu, utrata funkcji rolniczych,

nr 361 - teren przeznaczony pod zabudowę jednorodzinną,

nr 369 - teren zakrzaczony, brak możliwości dotarcia,

nr 375 - teren zalesiony,

nr 405 - pokopalniany teren zalewowy,

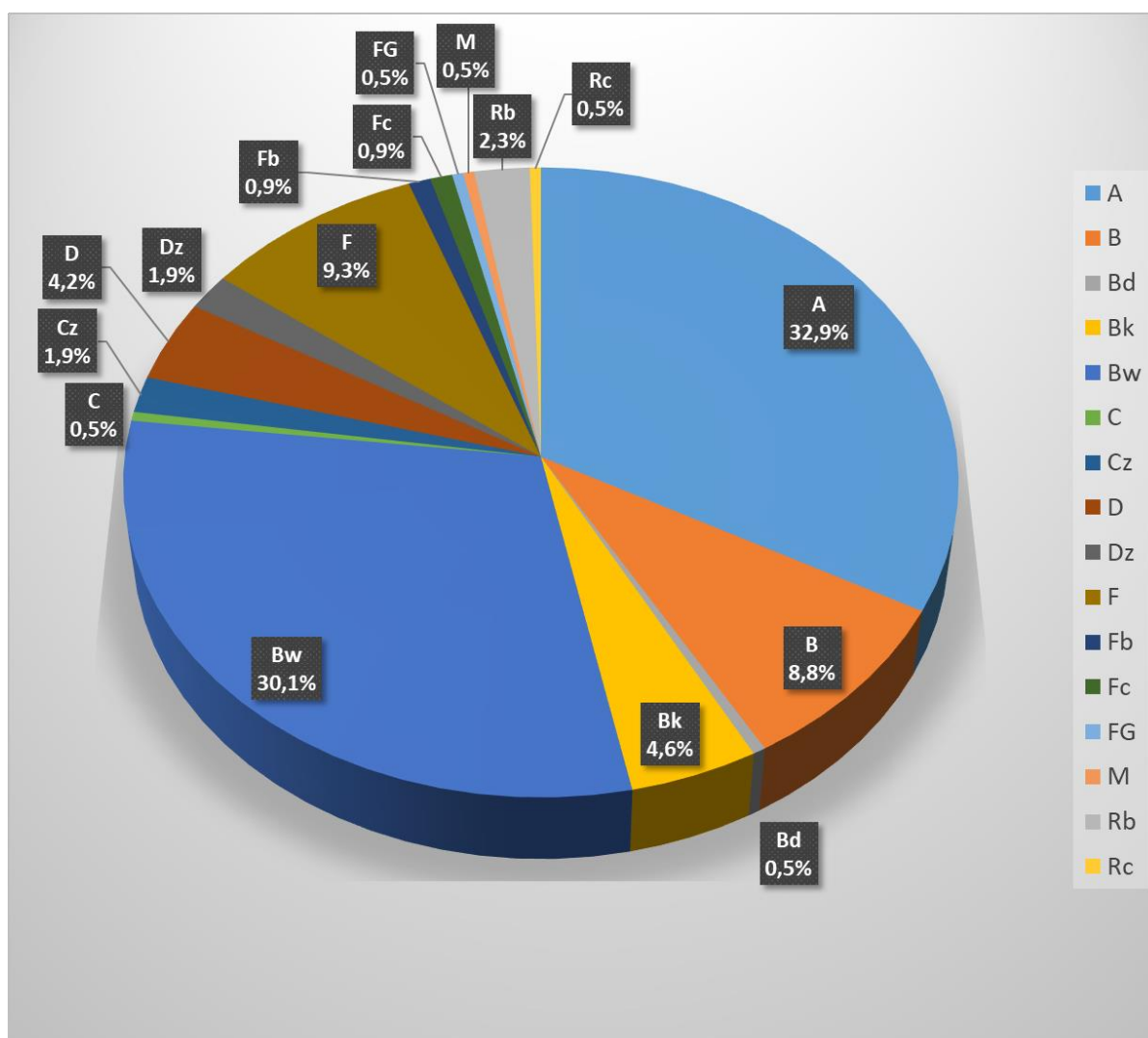
nr 435 - brak zgody właściciela gruntu,

nr 439 - teren zalesiony.

3.3. Typy, bonitacja i przydatność rolnicza gleb w punktach monitoringowych

Sieć punktów badawczych zapewnia różnorodność utworów glebowych i typów gleb charakterystycznych dla pokrywy glebowej Polski. Typy gleb zostały określone w 1995 r., a w obecnej edycji Monitoringu zostały zweryfikowane za pomocą informacji z cyfrowej mapy glebowo-rolniczej w skali 1:5000.

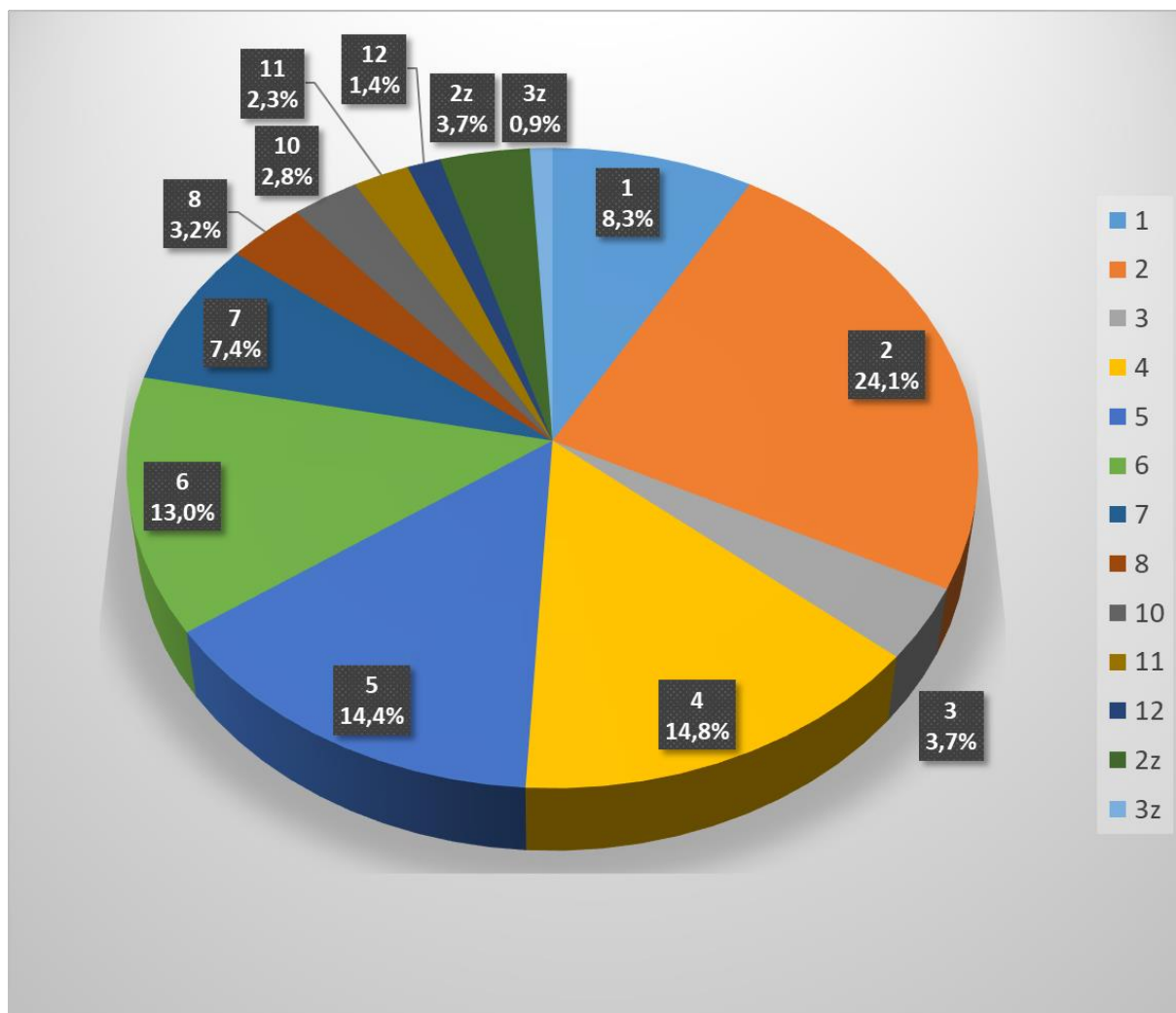
Posługując się typologią stosowaną na mapie glebowo-rolniczej najczęściej reprezentowane były gleby brunatne wyługowane i kwaśne oraz gleby bielice i pseudobielice – nieco ponad 30% próbek, oraz gleby brunatne właściwe i mady, odpowiednio 8,8 i 7,9% punktów (Rysunek 20).



Rysunek 20. Procentowy udział typów gleb w punktach monitoringowych na podstawie klasyfikacji stosowanej na mapach glebowo-rolniczych.

Oznaczenia typów gleb: A – gleby bielcowe, B – gleby brunatne właściwe, Bd – gleby brunatne deluwialne, Bk - gleby brunatne kwaśne, Bw - gleby brunatne wylugowane, C – czarnoziemy właściwe, Cz - czarnoziemy zdegradowane, D - czarne ziemie właściwe, F – mady właściwe, Fb – mady czarnoziemne, Fc – mady brunatne, FG – mady glejowe, M - gleby murszowo mineralne i murszowate, Rb - rędziny brunatne, Rc - rędziny czarnoziemne.

Kompleks przydatności rolniczej charakteryzuje warunki siedliskowe oraz przydatność gleb do uprawy roślin o określonych wymaganiach. Najczęściej reprezentowany był kompleks 2 (pszenny dobry) – 24% wszystkich punktów, a następnie kompleksy 4 (żytni bardzo dobry), 5 (żytni dobry) i 6 (żytni słaby) (Rysunek 21).



Rysunek 21. Procentowy udział kompleksów przydatności gleb w punktach monitoringowych.

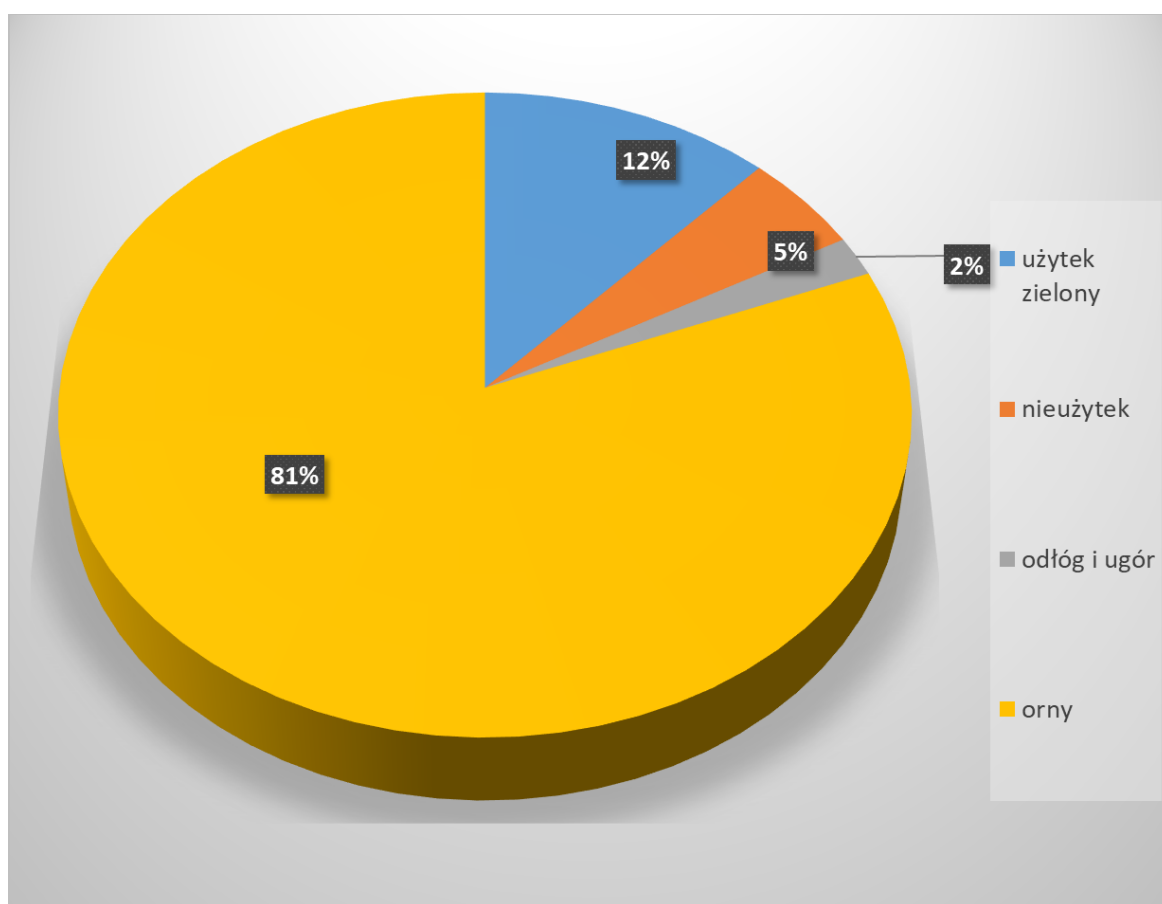
Oznaczenia kompleksów: 1 - pszenney bardzo dobry, 2 - pszenney dobry, 3 - pszenney wadliwy, 4 - żytni bardzo dobry, 5 - żytni dobry, 6 - żytni słaby, 7 - żytni bardzo słaby, 8 - zbożowo-pastewny mocny, 10 - pszenney górski, 11 - zbożowy górski, 12 - owsiano-ziemniaczany górski, 2z - użytki zielone średnie, 3z - użytki zielone słabe i bardzo słabe.

Klasa bonitacyjna określa wartość użytkową gleby dla funkcji produkcyjnej: klasa I – gleby orne najlepsze; klasa II – gleby orne bardzo dobre; klasa IIIa – gleby orne dobre; klasa IIIb – gleby orne średnio dobre; klasa IVa – gleby orne lepsze, średniej jakości; klasa IVb – gleby orne gorsze, średniej jakości; klasa V – gleby orne słabe; klasa VI – gleby orne najslabsze.

Spośród klas bonitacyjnych w Monitoringu najczęściej reprezentowane były klasy IIIa i IIIb, o średniej wartości produkcyjnej – razem 53% wszystkich lokalizacji. Najbardziej urodzajne klasy I i II występowały w 6% punktów monitoringowych. Nieco większy udział miały klasy IVa i IVb reprezentowane przez, odpowiednio, 16 i 11% punktów.

3.4. Sposoby użytkowania gruntu w punktach pobrania próbek

Program monitoringu obejmuje wyłącznie użytki rolnicze, ze szczególnym uwzględnieniem gruntów ornych, z uwagi na ścisły związek pomiędzy jakością gleb a jakością żywności na tego typu gruntach. W porównaniu z pierwszą edycją monitoringu, zrealizowaną w 1995 r. i poświęconą w całości gronom ornym, nastąpiły zmiany użytkowania w części punktów monitoringowych. Pomimo tego w dalszym ciągu dominujące w punktach pobrania próbek jest użytkowanie orne (81%). Trwałe użytki zielone stanowiły 12% punktów, a rzadziej występowały odłogi i nieużytki (rysunek 22).



Rysunek 22. Udział procentowy różnych sposobów użytkowania ziemi w punktach monitoringowych w 2025 r.

4. PRZYGOTOWANIE PRÓBEK GLEBOWYCH DO ANALIZ LABORATORYJNYCH

Próbki pobrane w punktach monitoringowych zostały dostarczone do laboratorium i zarejestrowane zgodnie z systemem obowiązującym w laboratorium. Następnie próbki zostały powietrznie wysuszone, przesiane przez sito o średnicy 1 mm oraz wymieszane do osiągnięcia

pełnej homogenizacji. Część każdej próbki przeznaczona do oznaczeń całkowitej zawartości makroelementów i pierwiastków śladowych oraz próchnicy została zmielona w młynku agatowym. Analizy zostały wykonane w akredytowanym laboratorium Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego.

5. METODY ORAZ KONTROLA JAKOŚCI OZNACZEŃ WŁAŚCIWOŚCI GLEB

W próbkach glebowych oznaczono następujące właściwości gleb, z wykorzystaniem opisanych poniżej metodyk oznaczeń:

1/ Skład granulometryczny (uziarnienie) – metodą dyfrakcji laserowej na aparacie Mastersizer 2000 (Malvern Instruments, Worcestershire, UK). Oznaczenia wykonano w sposób umożliwiający klasyfikację tekstury gleby zarówno wg normy BN-78/9180-11, stosowanej we wszystkich poprzednich edycjach Monitoringu, jak i klasyfikacji PTG z roku 2008. Jednostka: udział w %. Próg oznaczalności: 1;

2/ Próchnica-substancja organiczna – wartość uzyskana z przemnożenia zawartości węgla organicznego przez współczynnik 1,724; Jednostka: %. Próg oznaczalności: 0,86.

3/ Węgiel organiczny – zmodyfikowaną metodą Tiurina (A. Ostrowska, S. Gawliński, Z. Szczubiałka: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin, s. 89-94, IOŚ, Warszawa 1991); Jednostka % i g/kg. Próg oznaczalności: odpowiednio 0,5 i 5.

4/ Węglany – metodą Scheiblera (T.Lityński, H.Jurkowska, E.Gorlach: Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy, s. 95-98, PWN, Warszawa 1976); Jednostka: %. Próg oznaczalności: 0,05.

5/ Odczyn w zawiesinie 1M KCl oraz w zawiesinie H₂O – metodą potencjometryczną (T.Lityński, H.Jurkowska, E.Gorlach: Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy, s. 69-77 PWN, Warszawa 1976); Jednostka: pH. Próg oznaczalności: 2.

6/ Kwasowość hydrolityczna „Hh” – metodą Kappena (T.Lityński, H.Jurkowska, E.Gorlach: Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy, s. 83-84. PWN, Warszawa 1976); Jednostka: cmol(+) kg⁻¹. Próg oznaczalności: 0,2.

7/ Kwasowość wymienna „Hw” – metodą Daikuhary (T.Lityński, H.Jurkowska, E.Gorlach: Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy, s. 80-82. PWN, Warszawa 1976); Jednostka: cmol(+) kg⁻¹. Próg oznaczalności: 0,02.

8/ Glin wymienny „Al” – metodą Sokołowa (A. Ostrowska, S. Gawliński, Z. Szczubiałka: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin, IOŚ Warszawa, 1991, s. 59-61); Jednostka: cmol(+) kg⁻¹. Próg oznaczalności: 0,01.

9/ Fosfor przyswajalny – spektrofotometrycznie po ekstrakcji metodą Egnera-Riehma (T.Lityński, H.Jurkowska, E.Gorlach: Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy, s.149-153. PWN, Warszawa 1976); Jednostka: mg P_2O_5 100 g⁻¹. Próg oznaczalności: 1,0.

10/ Potas przyswajalny – spektrofotometrycznie po ekstrakcji metodą Egnera-Riehma (T.Lityński, H.Jurkowska, E.Gorlach: Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy, s. 149-153. PWN, Warszawa 1976); Jednostka: mg K_2O 100 g⁻¹. Próg oznaczalności: 1,0.

11/ Magnez przyswajalny – spektrofotometrycznie po ekstrakcji metodą Schachtschabela (T.Lityński, H.Jurkowska, E.Gorlach: Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy, s. 157-159. PWN, Warszawa 1976); Jednostka: mg Mg 100 g⁻¹. Próg oznaczalności: 0,11.

12/ Siarka przyswajalna – metodą Ensmingera (L.E.Ensminger: Some factors affecting the adsorption of sulphates by Alabama soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1954, t. 18, s. 259); Próg oznaczalności: mg S- SO_4 100 g⁻¹. Próg oznaczalności: 0,16.

13/ Azot ogólny – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla. W roztworze po mineralizacji gleby za pomocą H_2SO_4 i H_2O_2 , zawartość N ogólnego oznaczono metodą kolorymetryczną. (Praca zbiorowa. Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz.I. Badanie gleb. IUNG Puławy, 1980, s. 41-43. Z. Marczenko: Spektrofotometryczne oznaczanie pierwiastków. PWN, Warszawa 1976); Jednostka % i mg g⁻¹. Próg oznaczalności: odpowiednio 0,01 i 0,1.

14/ Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne „WWA”. Zawartość WWA: naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, chryzen, benzo(a)antracen, benzo(a)piren, benzo(a)fluoranten, benzo(ghi)perylen, fluoren, piren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-cd)piren, fluoren – oznaczone z wykorzystaniem metody chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem masowym. Ekstrakcja WWA była prowadzona w urządzeniu ASE200 metodą ekstrakcji dichlorometanem w warunkach wysokiego ciśnienia i temperatury. Ekstrakty glebowe po zateżeniu były oczyszczane w normalnym układzie w mikrokolumnkach wypełnionych aktywowanym żelem krzemionkowym według metody opisanej w publikacji Maliszewska-Kordybach i in., 2008 (Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Terelak H. 2008. Monitoring of the total content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in arable soils in Poland, Chemosphere, Volume 73, Issue 8, November 2008, Pages 1284-1291). Wyliczono również sumę 13 związków WWA. Jednostka: mg kg⁻¹. Progi oznaczalności:

naftalen	0,005
fenantren	0,006

antracen	0,003
fluoranten	0,003
chryzen	0,002
benzo(a)antracen	0,002
benzo(a)piren	0,002
benzo(a)fluoranten	0,002
benzo(ghi)perylen	0,002
fluoren	0,003
piren	0,007
benzo(b)fluoranten	0,004
benzo(k)fluoranten	0,002
dibenzo(a,h)antracen	0,003
indeno(1,2,3-c,d)piren	0,003

15/ Stosunek C:N - wynika z podzielenia ilości węgla organicznego przez zawartość azotu ogólnego;

16/ Radioaktywność – metodą spektrometrii promieniowania gamma; Jednostka: Bq kg⁻¹.

17/ Przewodność elektryczna właściwa – konduktometrycznie w ekstrakcie wodnym z gleby (masa gleby: objętość wody = 1:5) – Norma międzynarodowa – ISO 7888. Jakość wody – Oznaczanie przewodnictwa elektrycznego właściwego; Jednostka: mS m⁻¹. Próg oznaczalności: 1,0.

18/ Zasolenie - z przeliczenia wartości przewodnictwa elektrycznego właściwego ekstraktu wodnego na stężenie roztworu wodnego KCl, przy uwzględnieniu proporcji gleba : woda = 1 : 5; Jednostka: mg KCl 100g⁻¹. Próg oznaczalności: 2,64.

19/ Kationy wymienne o charakterze zasadowym: Ca, Mg, K i Na, metodą emisyjnej spektrometrii atomowej. Dla gleb o pH_{H2O} poniżej 7,0 do ekstrakcji stosuje się roztwór 1M CH₃COONH₄ i pH = 7,0. Dla gleb o pH_{H2O} powyżej 7,0 i zawierających węglany do ekstrakcji stosuje się roztwór NH₄Cl o stężeniu c = 0,5 mol/l i pH = 8,2. Praca zbiorowa. Przewodnik do oznaczania pojemności sorpcyjnej gleby. PTG Warszawa, 1984; Jednostka: cmol(+) kg⁻¹. Próg oznaczalności: Ca - 0,11; Mg, Na, K – 0,05.

20/ Suma zawartości kationów o charakterze zasadowym („S”) - suma zawartości wymiennych form Ca, Mg, K i Na; Jednostka: cmol(+) kg⁻¹.

21/ Pojemność sorpcyjna gleby („T”) - suma wartości „S” i „Hh”; Jednostka: cmol(+) kg⁻¹.

22/ Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi („V”) – iloraz sumy zawartości kationów o charakterze zasadowym (S) i pojemności sorpcyjnej gleby (T). Jednostka: %;

23/ Całkowita zawartość fosforu. Po mineralizacji gleby za pomocą wody królewskiej metodą spektrometrii mas w plazmie wzbudzonej indukcyjnie (ICP-MS); Jednostka: % i mg kg⁻¹. Próg oznaczalności: odpowiednio: 0,001 i 10.

24/ Całkowita zawartość siarki. Po mineralizacji gleby za pomocą wody królewskiej metodą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES); Jednostka: % i mg kg⁻¹. Próg oznaczalności: odpowiednio: 0,00055 i 0,5.

25/ Zawartość sodu, potasu, magnezu, wapnia, żelaza, manganu, glinu, miedzi, niklu, chromu, cynku, wanadu, kadmu, kobaltu, ołowiu, baru, berylu, lantanu, litu, strontu, arsenu, molibdenu i cyny - metodą spektrometrii mas w plazmie wzbudzonej indukcyjnie (ICP-MS), w roztworze po mineralizacji gleby wodą królewską; Jednostki i progi oznaczalności dla makroelementów:

	%	mg/kg
wapń (Ca)	0,001	10
magnez (Mg)	0,0002	2
potas (K)	0,00088	8,8
sód (Na)	0,001	10
glin (Al)	0,00052	5,2
żelazo (Fe)	0,00027	2,7

Jednostka dla pierwiastków śladowych: mg kg⁻¹. Progi oznaczalności dla pierwiastków śladowych:

arsen (As)	0,12
mangan (Mn)	0,14
kadm (Cd)	0,1
miedź (Cu)	0,8
chrom (Cr)	0,5
nikiel (Ni)	0,03
ołów (Pb)	0,08
cynk (Zn)	0,6
kobalt (Co)	0,05
wanad (V)	0,41
lit (Li)	0,03
beryl (Be)	0,05
bar (Ba)	0,5
stront (Sr)	0,07
lantan (La)	0,14
molibden (Mo)	0,08
cyna (Sn)	0,06

26/ Zawartość rtęci – metodą termicznego rozkładu, amalgamacji i detekcji techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej zgodnie z US EPA Method 7473 (SW-846): Mercury in

Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry; Jednostka: mg kg⁻¹. Próg oznaczalności: 0,01;

27/ Zawartość azotu mineralnego:

- azot azotanowy - metoda ciągłej analizy przepływowej z segmentowanym strumieniem i detekcją spektrofotometryczną na analizatorze przepływowym po ekstrakcji za pomocą 1% roztworu K₂SO₄ w stosunku wagowo-objętościowym 1:10 (ISO 13395:1996. Water quality - Determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and the sum of both by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection); Jednostka: mg kg⁻¹. Próg oznaczalności: 1,5.

- azot amonowy - metoda ciągłej analizy przepływowej z segmentowanym strumieniem i detekcją spektrofotometryczną na analizatorze przepływowym po ekstrakcji za pomocą 1% roztworu K₂SO₄ w stosunku wagowo-objętościowym 1:10 (DIN 38 406 part 23, section 2 oraz ISO 11732:2005. Water quality -- Determination of ammonium nitrogen - Method by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection); Jednostka: mg kg⁻¹. Próg oznaczalności: 1,5.

W ramach kontroli jakości do każdej serii dołączano **certyfikowane materiały referencyjne** (NIST 2709 w przypadku pierwiastków śladowych oznaczanych po ekstrakcji w wodzie królewskiej, Metranal – 34 i ISE 979 w przypadku rtęci, CRM131 w przypadku WWA) o znanej wartości badanego parametru lub, w przypadku braku takich materiałów, stosowano **laboratoryjny materiał odniesienia**, w którym wartość badanego parametru stwierdzono na podstawie wielokrotnych oznaczeń. Procedura kontroli jakości zakłada, że w przypadku, gdy wartość oznaczanego parametru odbiega od wartości wyznaczonej w procesie walidacji metody o więcej niż dwukrotną wartość odchylenia standardowego, seria taka traktowana jest jako seria odstająca i jest w całości kierowana do powtórnej analizy. Materiały referencyjne i laboratoryjne materiały odniesienia służyły również do obliczenia odzysku dla oznaczeń całkowitej zawartości makroelementów i pierwiastków śladowych oraz WWA. Ponadto co 20-tą próbkę monitoringową **oznaczano w 2 powtórzeniach**. Dodatkowo w każdej serii analizowano próbki ślepe (bez gleby), których wartości były wykorzystane do wyznaczenia granic wykrywalności i oznaczalności.

Próbki, w których stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych zawartości pierwiastków śladowych i WWA według aktualnych przepisów, były kierowane do powtórnej analizy w celu potwierdzenia lub wykluczenia przekroczenia. Przy wprowadzaniu wyników do bazy danych

stosowano zasadę podwójnego sprawdzenia wyników, tzn. każdy otrzymany wynik był przy nanoszeniu go do sprawozdania, sprawdzany dwukrotnie przez dwie osoby.

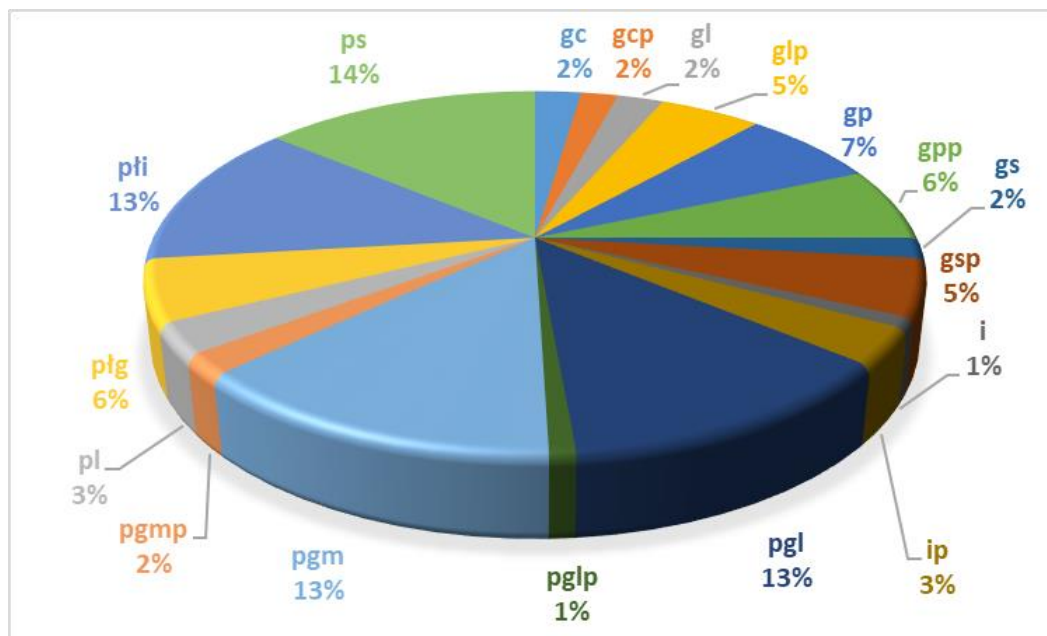
6. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

6.1. Skład granulometryczny gleb

Analizy składu granulometrycznego gleb w 2025 r. umożliwiły klasyfikację gleb pod względem gatunku według normy BN-78/9180-11 oraz według klasyfikacji Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego z 2008 roku.

Gatunek gleby, który wynika z jej składu granulometrycznego, ma podstawowe znaczenie dla wielu fizycznych i chemicznych właściwości gleb: retencji wody, naturalnej zawartości zanieczyszczeń w glebie, pojemności sorpcyjnej gleb, odczynu, zjawisk sorpcji i wymywania składników nawozowych i zanieczyszczeń z gleby. Reprezentacja gatunków gleb, określanych na podstawie procentowego udziału frakcji o różnej wielkości cząstek, w punktach monitoringowych przedstawiono na rysunkach 23 i 24.

Stosując klasyfikację gleb wg normy BN-78/9180-11, najczęściej reprezentowane były: ps – piasek słabogliniasty, pgm – piasek gliniasty mocny, pgl – piasek gliniasty lekki oraz pli – pył ilasty, które łącznie reprezentowały ponad 50% wszystkich próbek.

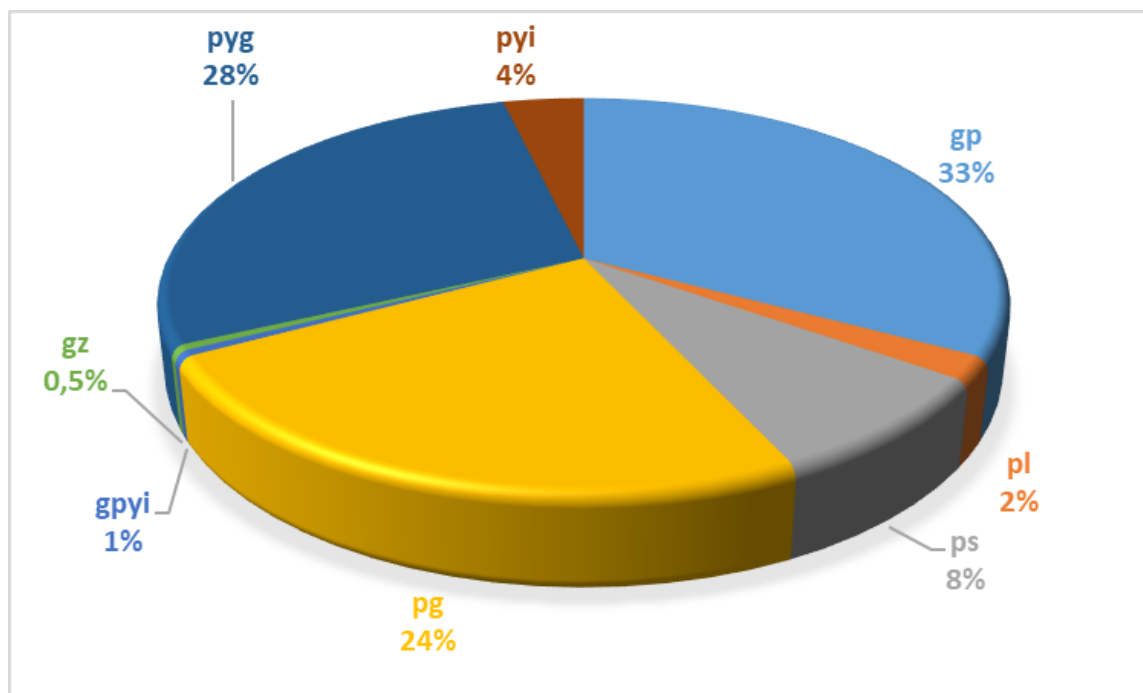


Rysunek 23. Udział gatunków gleb określonych według normy BN-78/9180-11

(piasek luźny pl, piasek słabo gliniasty- ps, piasek słabo gliniasty pylasty - psp, piasek gliniasty lekki – pgl, piasek gliniasty lekki pylasty – pglp, piasek gliniasty mocny – pgm, piasek gliniasty

mocny pylasty – pgmp, glina piaszczysta – gp, glina piaszczysta pylasta – gpp, glina lekka – gl, glina lekka pylasta – glp, glina średnia- gs, glina średnia pylasta – gsp, glina ciężka – gc, glina bardzo ciężka – gbc, pylasty – ip, ił – i, pył piaszczysty – płp, pył zwykły – płz, pył gliniasty – płg, pył ilasty – pli)

Stosując klasyfikację Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego z 2008 r. najliczniej występowały gp – glina piaszczysta, pyg – pył gliniasty oraz pg – piasek gliniasty, które łącznie stwierdzono w 85% próbek.



Rysunek 24. Udział gatunków gleb określonych według klasyfikacji PTG z 2008 roku

(pl- piasek luźny, ps – piasek słabogliniasty, pg – piasek gliniasty, gp – glina piaszczysta, gl – glina lekka, gz – glina zwykła, gpyi – glina pylasto-ilasta, iz – ił zwykły, pyg – pył gliniasty, pyi – pył ilasty, pyz – pył zwykły)

Wyniki pomiarów wskazują, że dobór punktów monitoringowych jest reprezentatywny dla pokrywy glebowej kraju, gdyż w dużym stopniu odpowiada udziałowi poszczególnych gatunków gleb na mapie glebowo-rolniczej.

Uziarnienie w poszczególnych punktach pomiarowych było bardzo zróżnicowane. Dla przykładu, zawartość iłu koloidalnego (<0,002 mm) mieściła się w zakresie od 0 do 36%, a jego średnia zawartość wynosiła 5% (mediana 4%). Zawartość części spławialnych (<0,02 mm) mieściła się w zakresie 2 – 79%, przy zawartości średniej 26% i medianie 22%.

6.2. Odczyn gleb

Naturalna wartość odczynu gleby zależała od rodzaju skały macierzystej i jej składu mineralogicznego, rodzaju materii organicznej oraz warunków klimatycznych. Utworami macierzystymi gleb Polski są głównie polodowcowe skały osadowe, stosunkowo łatwo przepuszczalne, w których przeważał przemylony lub okresowo przemylony typ gospodarki wodnej. Pierwotnie wiele z tych utworów zawierało węglan wapnia, ale ich długotrwała infiltracja przez wody opadowe spowodowała wymycie węglanów.

Odczyn jest jednym z najistotniejszych parametrów fizykochemicznych gleby. Decyduje o przebiegu wielu procesów glebowych, wpływa na przyswajalność składników pokarmowych dla roślin i bezpośrednio oddziałuje na ich rozwój. Obiektywną miarą odczynu jest aktywność jonów wodorowych w roztworze glebowym, wyrażona w jednostkach Ph, jako ujemny logarytm ich stężenia w roztworze.

Niewłaściwy (kwaśny) odczyn gleb może wywoływać wiele negatywnych zmian w środowisku, powodując procesy degradacji gleby:

- pogorszenie struktury i przepuszczalności gleb,
- zwiększenie rozpuszczalności i mobilności pierwiastków śladowych, takich jak kadm, ołów, nikiel, a także glinu uszkadzającego system korzeniowy roślin,
- migrację składników nawozowych do wód gruntowych,
- ograniczanie aktywności mikroorganizmów, szczególnie bakterii,
- negatywne oddziaływanie na wzrost i rozwój roślin, a w rezultacie na wielkość i jakość plonu.

Z rolniczego punktu widzenia za optymalny odczyn uważa się taki, przy którym składniki pokarmowe są najłatwiej dostępne dla roślin a gleba wykazuje optymalne właściwości fizyczne (struktura gleby). Przyjmuje się, że najkorzystniejszy przedział pH z punktu widzenia rolnictwa i zagadnień środowiskowych, kształtuje się w granicach 5,5 – 7,2 pH mierzonego w roztworze KCl.

Właściwy odczyn również odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu odporności upraw na suszę poprzez:

- lepsze warunki akumulacji materii organicznej, dzięki czemu retencja wody jest większa,
- poprawę struktury gleby, a przez to optymalizację przepuszczalności gleby i retencji wody,
- większą odporność roślin na stres i lepszy rozwój korzeni,
- większą aktywność biologiczną wspierającą odporność roślin.

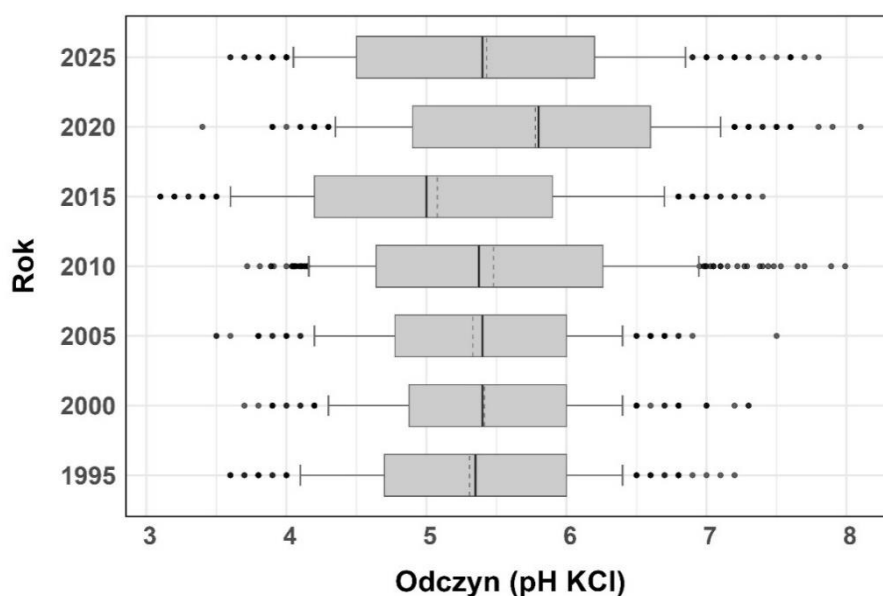
W ocenie odczynu gleby najczęściej stosuje się podział przedstawiony w Tabeli 2.

Tabela 2. Zakresy wartości pH wykorzystywane w ocenie odczynu gleb

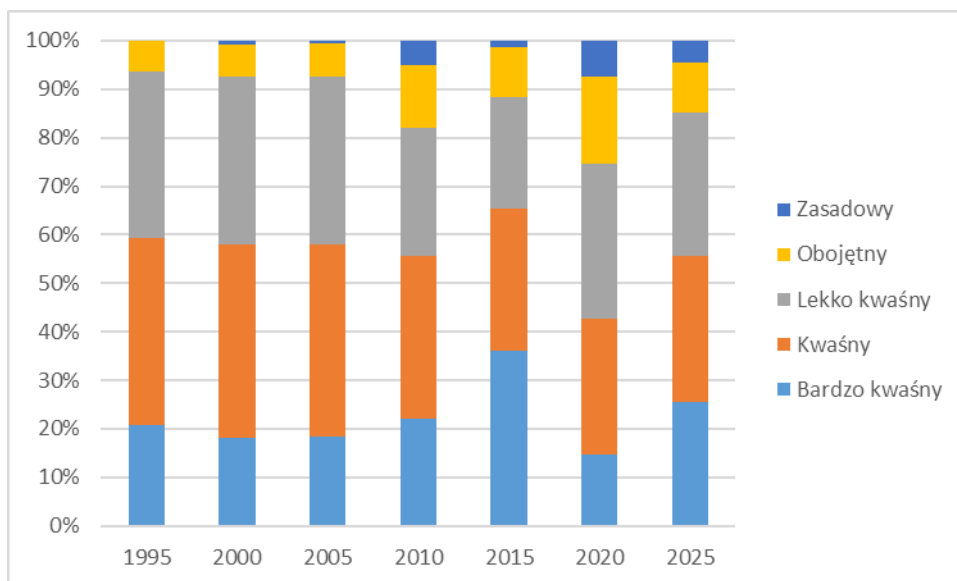
Odczyn gleby	pH w roztworze 1 M KCl	pH w roztworze H ₂ O
Bardzo kwaśny	< 4,5	< 5,0
Kwaśny	4,6 – 5,5	5,1 – 6,0
Lekko kwaśny	5,6 – 6,5	6,1 – 6,7
Obojętny	6,6 – 7,2	6,8 – 7,2
Zasadowy	> 7,2	> 7,2

Średnia wartość pH mierzonego w roztworze KCl wynosiła w 2025 r. 5,43 a wartość mediany 5,40. Najniższa wartość pH wynosiła 3,6 a wartość najwyższa 7,8. W 2025 r. potwierdził się zatem wzrost przeciętnych wartości pH gleby w stosunku do 2015 r. (średnie 5,08 i 5,43 odpowiednio w 2015 i 2025 r.) (Rysunek 25).

Analizując zmiany wartości odczynu w poszczególnych latach, należy stwierdzić, że w porównaniu z 2015 r., kiedy zaobserwowano najmniej korzystny stan tego parametru, w ostatnim okresie nastąpił spadek udziału gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych (poniżej pH w KCl 5,5) (Rysunek 26). W porównaniu do 2020 r. ubyło również gleb najbardziej kwaśnych (pH w KCl poniżej 4,5). Można zakładać, że jest to efekt bardziej powszechnych zabiegów wapnowania gleb, które ograniczyły obserwowane wcześniej procesy postępującego zakwaszania gleb.

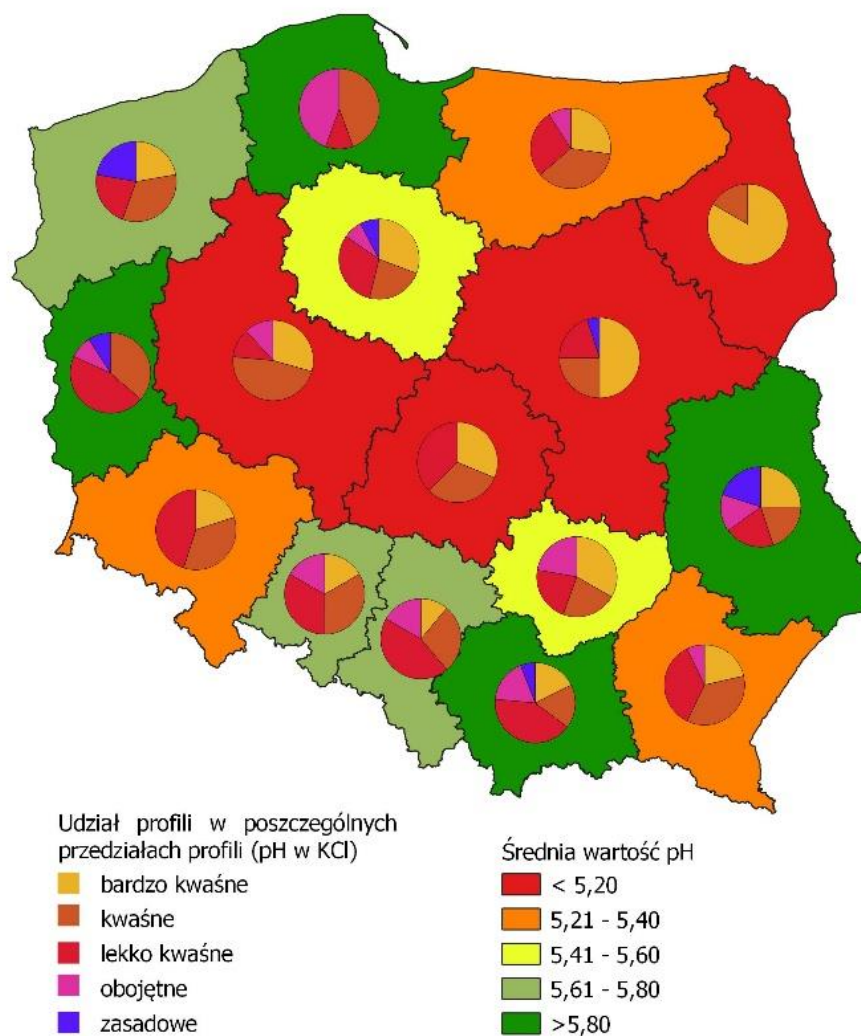


Rysunek 25. Rozkład wartości pH gleby (w KCl) w kolejnych latach: linia przerywana – średnia, linia ciągła mediana, prostokąt – dolny i górny kwartyl, linie pionowe na zewnątrz prostokątów – 10 i 90 percentyl, kropki – wartości odstające (poniżej 10 i powyżej 90 percentyla)



Rysunek 26. Udział profili w poszczególnych klasach odczynu (pH w 1M KCl) w latach 1995-2025

Analizując średnie wojewódzkie, najniższym pH charakteryzują się województwa podlaskie, mazowieckie, łódzkie i wielkopolskie - w tych województwach przeciętna wartość pH w KCl znajdowała się w zakresie poniżej pH 5,2 (Rysunek 27). Jest to obserwacja zbieżna z wynikami badań w poprzednich edycjach Monitoringu. W województwach pomorskim, lubuskim, małopolskim i lubelskim przeciętne wartości pH w KCl wynosiły ponad 5,8 świadczy to o znacznie korzystniejszej sytuacji, choć w pojedynczych próbkach notowano kwaśne gleby również w tych województwach.



Rysunek 27. Przestrzenne zróżnicowanie odczynu gleb (pH w 1M KCl) na podstawie średnich dla województw

6.3. Kwasowość hydrolityczna

Kwasowość hydrolityczna gleb opisuje potencjalną kwasowość gleby i jest związana z jonami wodoru (H^+) i glinu (Al^{3+}) kompleksu sorpcyjnego i roztworu glebowego. Parametr ten stanowi miarę wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb wodorem, charakteryzując całkowitą kwasowość gleby.

W 2025 r. przeciętne wartości kwasowości hydrolitycznej kształtowały się na podobnym poziomie jak w latach 1995 – 2005. Wartości kwasowości hydrolitycznej występowały w zakresie od 0,51 do 6,75 – średni poziom wynosił 2,65 cmol(+) kg^{-1} . Jest to spadek zarówno najwyższych, jak i przeciętnych wartości w porównaniu do 2015 r., kiedy zanotowano najmniej korzystne wyniki.

Praktyczne zastosowanie parametru kwasowości hydrolitycznej polega na określeniu na jej podstawie dawki tlenku wapnia (CaO) w t/ha, niezbędnej do neutralizacji całej kwasowości związanej z obecnością jonów wodoru w kompleksie sorpcyjnym. W obliczeniach potrzeb wapnowania (w tonach CaO na ha), kwasowość wyrażoną w $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$, mnoży się przez współczynnik przeliczeniowy 0,84. W 2025 przeciętna dawka wapna niezbędna do neutralizacji zakwaszenia wynosiła 2,23 tony CaO na ha.

6.4. Kwasowość wymienna i glin wymienny

Kwasowość wymienna pochodzi od jonów wodoru i glinu wypieranych z kompleksu sorpcyjnego pod wpływem działania roztworów soli obojętnych. Kwasowość wymienną, która świadczy o silnym zakwaszeniu, wykazują gleby o $\text{pH}_{\text{KCl}} < 5,5$. Przy jeszcze niższym pH gleby, o kwasowości wymiennej w większym stopniu niż jony wodoru decydują jony glinu Al^{3+} , które są toksyczne dla roślin i w dużych stężeniach uszkadzają korzenie roślin. Kwasowość wymienna i glin wymienny określają kwasowość związaną z jonami tych pierwiastków znajdującymi się w roztworze glebowym oraz jonami wymiennie zasorbowanymi w kompleksie sorpcyjnym, który mogą zostać łatwo uaktywnione. Średnie wartości kwasowości wymiennej były w 2025 r. niższe niż w latach 1995 – 2015, co jest korzystną obserwacją, powiązaną z trendami obserwowanymi dla odczynu gleb.

6.5. Kationy wymienne o charakterze zasadowym

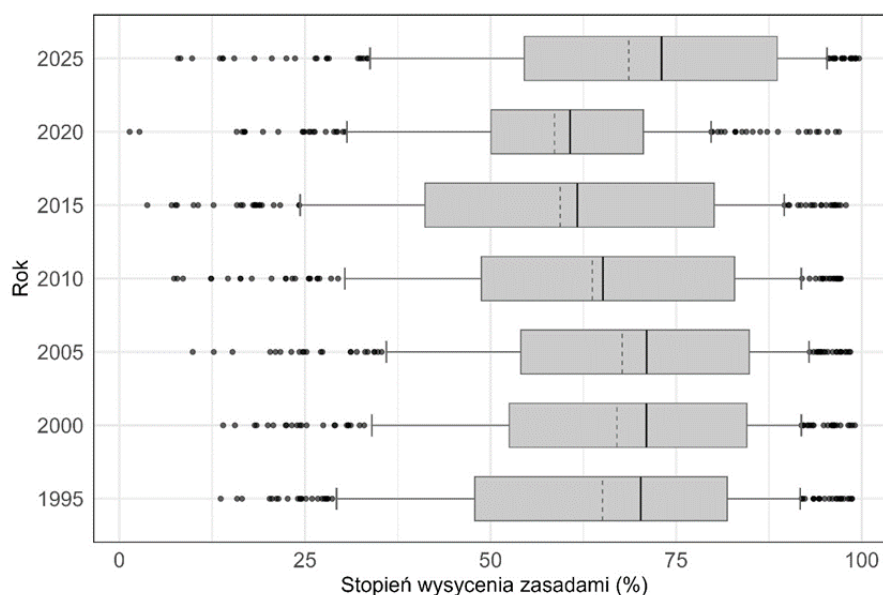
Kompleks sorpcyjny gleby jest wysycony zarówno kationami o charakterze zasadowym (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) oraz charakterze kwaśnym (H^+ i Al^{3+}). Obecność kationów zasadowych, w tym szczególnie dwuwartościowych kationów zasadowych (wapń, magnez) w kompleksie sorpcyjnym wpływa korzystnie na strukturę gleby oraz stanowi pulę składników pokarmowych, które mogą zostać pobrane przez rośliny po ich przejściu do roztworu glebowego.

W 2025 r. zaobserwowano wyższą zawartość wymiennego Ca niż w poprzednich latach, co jest korzystnym zjawiskiem. W przypadku pozostałych zasadowych kationów takiego wzrostu nie odnotowano. Analizując sumę kationów zasadowych w obecnej edycji Monitoringu nastąpił przyrost średniej zawartości kationów do $12,2 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$, co jest wartością istotnie wyższą niż w poprzednich latach. Za ten przyrost w największym stopniu odpowiadał przyrost zawartości kationów Ca^{2+} , szczególnie korzystnie oddziałujących na stan i funkcje gleby.

6.6. Pojemność sorpcyjna gleby i wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami

Kationowa pojemność sorpcyjna jest związana z kompleksem sorpcyjnym gleby, który tworzą koloidy mineralne (wtórne minerały ilaste, uwodnione tlenki żelaza i glinu, krzemionka), oraz próchnica glebowa i inne koloidalne związki organiczne. Pojemność sorpcyjna jest z reguły tym większa im wyższa jest zawartość ilu koloidalnego (cząstki glebowe $<0,002$ mm) i próchnicy oraz wartość odczynu. Pojemność sorpcyjna ma podstawowe znaczenie dla możliwości zatrzymywania w wierzchniej warstwie gleby składników z nawozów. Jest to również parametr decydujący o stopniu unieszkodliwiania zanieczyszczeń, takich jak metale śladowe w glebie. W glebach skażonych potencjalnie toksycznymi metalami duża pojemność sorpcyjna zmniejsza wymywanie oraz transfer metali do łańcucha żywieniowego.

Na potrzeby monitoringu chemizmu gleb pojemność sorpcyjna gleb oznaczana jest uproszczoną metodą poprzez zsumowanie puli kationów o charakterze zasadowym oraz kwasowości hydrolitycznej. Wielkość pojemności sorpcyjnej gleby zależy od jej składu mechanicznego i zawartości próchnicy, jest zatem wartością dość stałą i nie należy spodziewać się dużych zmian tego parametru na przestrzeni lat. W dużym stopniu zmienny może być natomiast stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami, co może wynikać ze zmian wartości pH gleby. W 2025 r. zaobserwowano korzystne zmiany wskaźnika V, którego przeciętna wartość wyniosła 68,6%, co stanowiło powrót do poziomu średnich wartości notowanych w latach 2000 – 2005 (Rysunek 28). Wyższy stopień wysycenia kompleksu glebowego zasadami będzie wpływał korzystnie na właściwości fizyczne gleb, zwiększając również zdolności buforowe i retencyjne gleb.



Rysunek 28. Zmiany stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami w kolejnych latach. Linia przerywana – średnia, linia ciągła mediana, prostokąt – dolny i górny kwartył, linie pionowe na zewnątrz prostokątów – 10 i 90 percentyl, kropki – wartości odstające (poniżej 10 i powyżej 90 percentyla)

6.7. Zawartość węglanów

Węglan wapnia zgromadzony w glebie stanowi zapasową pulę wapnia dla roślin, a jednocześnie decyduje o odporności gleby na zmiany odczynu, ogranicza mobilność pierwiastków śladowych w glebach zanieczyszczonych, oraz działa strukturotwórczo na glebę i sprzyja akumulacji próchnicy. W naturalnych warunkach najbardziej zasobne w węglany są gleby wytworzone ze skał wapiennych różnych formacji geologicznych. Stosunkowo bogate w węglany w warunkach naszego kraju są również z reguły czarnoziemy i niektóre czarne ziemie. W większości gleb o odczynie kwaśnym nie obserwuje się obecności węglanów.

W 2025 r. węglany oznaczono w 59 próbkach glebowych, co jest liczbą zbliżoną do obserwowanej w 2010 r., i większą niż w 2015 r.

6.8. Zawartość próchnicy i węgla organicznego

Materia organiczna jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleby decydującym o jej właściwościach, gdyż warunkuje wiele funkcji glebowych. Materia organiczna pełni kluczową rolę dla kształtowania cech fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby, jest również niezwykle istotna w przeciwdziałaniu suszy, o czym decydują:

- właściwości retencyjne samej materii organicznej,

- jej dodatni wpływ na strukturę gleby,
- zwiększenie odporności gleby na zagęszczenie,
- dodatni wpływ na aktywność mikroorganizmów wspomagających rośliny w okresach suszy.

Próchnica glebowa bierze udział w procesach sorpcji wymiennej i regulowaniu buforowych właściwości gleby. W glebach mineralnych próchnica odpowiada za znaczną część pojemności sorpcyjnej gleby. Związki próchniczne mogą tworzyć z metalami związki o różnej trwałości (sole, związki chelatowe), przez co wpływają na rozpuszczalność i migrację jonów metali.

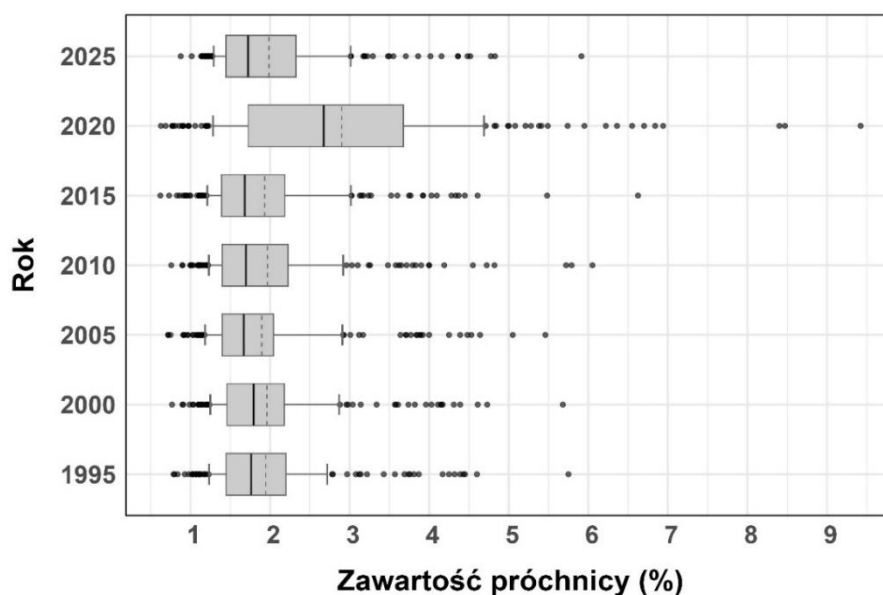
Zasoby glebowej materii organicznej są także rezerwuarem węgla organicznego, dlatego utrzymanie jej zasobów jest niezwykle ważne z punktu widzenia ograniczania emisji gazów cieplarnianych.

Zawartość próchnicy w glebach Polski uzależniona jest od czynników naturalnych, takich jak: proces glebotwórczy i uziarnienie gleby oraz szczególnie warunki wodne. Spośród czynników antropogenicznych na zawartość próchnicy w glebie w największym stopniu wpływają: sposób użytkowania gruntu (leśny, rolny, łąkowy), sposób uprawy roli oraz bilans węgla wynikający z gospodarki resztkami pożywnymi i rotacji upraw.

W Polsce ze względu na zawartość substancji organicznej w wierzchniej warstwie gleby wyróżnia się gleby mineralne (<5 %), organiczno-mineralne (5-20 %) i organiczne >20 %, natomiast w glebach mineralnych zazwyczaj do oceny gleb stosowane są 4 klasy zasobności w próchnicę:

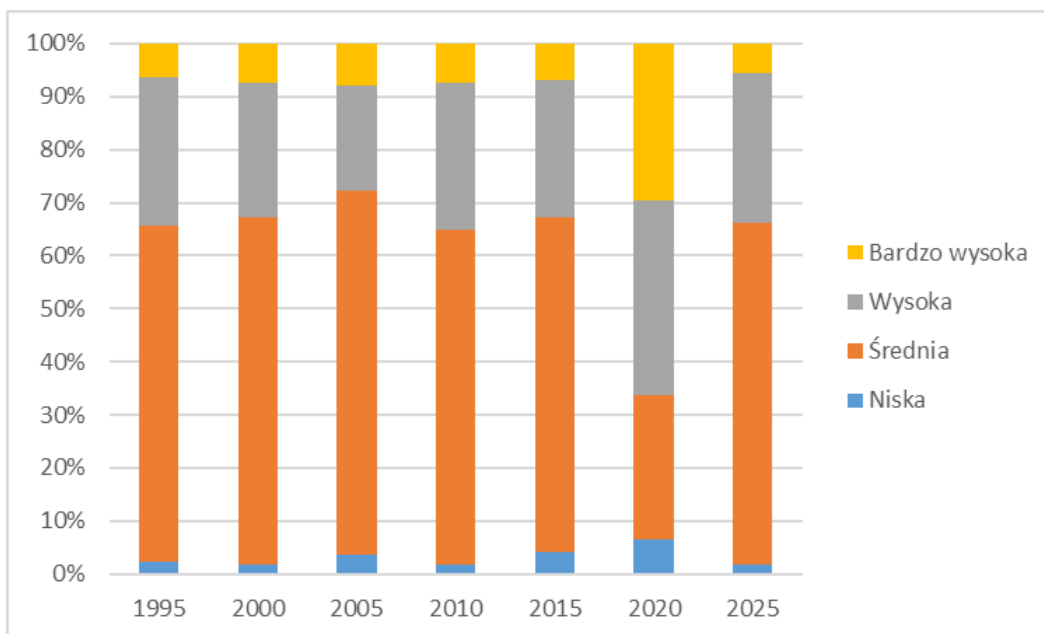
- < 1 % - niska
- 1– 2 % - średnia
- 2– 3,5 % - wysoka
- > 3,5 % - bardzo wysoka

W roku 2025 średnia zawartość próchnicy wyniosła 2,01%, przy medianie 1,72%, które to wartości były na poziomie zbliżonym do lat 1995 – 2015 (Rysunek 29).



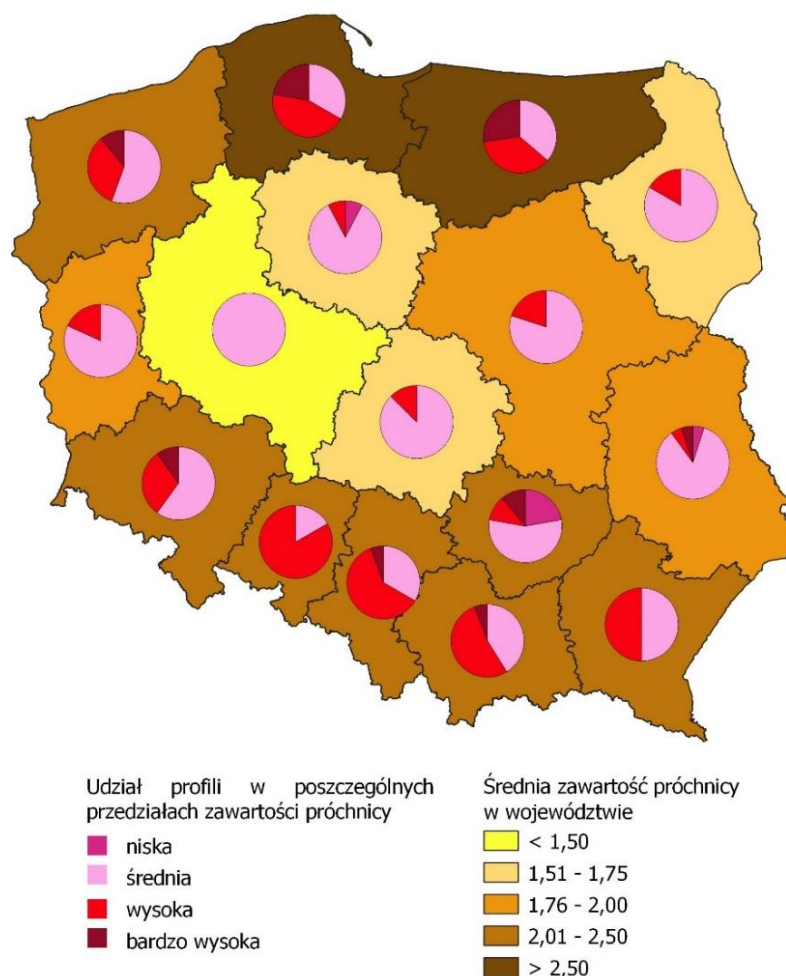
Rysunek 29. Rozkład zawartości próchnicy w kolejnych latach : linia przerywana – średnia, linia ciągła mediana, prostokąt – dolny i górny kwartyl, linie pionowe na zewnątrz prostokątów – 10 i 90 percentyl, kropki – wartości odstające (poniżej 10 i powyżej 90 percentyla).

Podobnie jak we wskazanych okresie, aktualnie w całej grupie analizowanych punktów przeważają gleby klasyfikowane jako średnio zasobne w materię organiczną (1-2%), a ich udział przekracza 60% (Rysunek 30). Gleby o zawartości wysokiej (2-3,5%) stanowią nieco mniej niż 30% próbek, a zawartość niską lub bardzo wysoką stwierdzono w pojedynczych próbkach. Udział profili w poszczególnych klasach zasobności jest dość stały, co wskazuje, że zawartość glebowej materii organicznej jest parametrem zmieniającym się powoli. Co istotne dane wieloletnie z poprzednich edycji Monitoringu nie wskazują na spadek zawartości materii organicznej w glebach mineralnych w skali kraju.



Rysunek 30. Udział profili w klasach zasobności w próchnicę w latach 1995-2025

Zmienność zawartości próchnicy w województwach potwierdza strefowość występowania próchnicy w glebach Polski. Pas województw Polski środkowej posiada wyraźnie niższą średnią zawartość (rysunek 31). Fakt ten odzwierciedla charakter skały macierzystej gleb w Polsce środkowej, gdzie dominują utwory lekkie i bardzo lekkie, które nie sprzyjają akumulacji próchnicy w glebach. Niska zawartość próchnicy w glebach tych regionów kształtuje trudne warunki produkcji rolniczej, szczególnie w powiązaniu z niekorzystnym poziomem klimatycznego bilansu wodnego, co zwiększa ryzyko występowania suszy rolniczej i pustoszczenia gleb.



Rysunek 31. Przestrzenna zmienność przeciętnej zawartości próchnicy w województwach

Zawartość węgla organicznego jest ściśle skorelowana z zawartością próchnicy, gdyż przyjmuje się, że jego zawartość w próchnicy jest stała i wynosi 58%. Jego średnia zawartość w 2025 r. wyniosła 1,16 % (11,6 g/kg) a mediana wynosiła 1,00% (10 g/kg), z czego wynika, że w połowie punktów monitoringowych zmierzono zawartość węgla organicznego niższą niż 1%.

6.9. Zawartość azotu ogólnego i stosunek węgla do azotu

Całkowita zawartość azotu w glebie zależy w największym stopniu od zawartości próchnicy, ponieważ azot należy do podstawowych pierwiastków budujących substancje organiczne. Przeważająca część azotu zawartego w glebie występuje w formie związków organicznych. Azot całkowity stanowi jeden z ogólnych wskaźników jakości gleb. Jednak w ocenie zasobności gleb w azot z punktu widzenia potrzeb pokarmowych roślin oraz

ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych azotem, stosuje się pomiary mineralnych form azotu. Zdecydowana większość azotu w glebie jest wbudowana w organiczną część stałej fazy gleby.

Na przestrzeni lat nie zaszły istotne zmiany zawartości azotu całkowitego w glebach punktów monitoringowych. Przeciętna zawartość pierwiastka w próbkach pobranych w 2025 r. wynosiła 0,12%, będąc na podobnym poziomie jak w poprzednich latach. Przeciętny stosunek węgla do azotu (C:N) w materii organicznej gleb wynosi 10:1 (Filipek i in., 2006). W badanych glebach stosunek C:N był zbliżony do tej wartości: średnia 9,5 a mediana 9,3. Przeciętną proporcję C do N w glebach Polski należy uznać za właściwą.

6.10. Zawartość azotu mineralnego

Azot mineralny w glebie występuje głównie w formie amonowej $N-NH_4$ i azotanowej $N-NO_3$, a w niewielkich ilościach także w formie azotynowej $N-NO_2$. Azot mineralny w glebie pochodzi z nawozów mineralnych i organicznych, rozkładu związków organicznych oraz procesów biologicznego wiązania pierwiastka. Główne biologiczne procesy przemian azotu mineralnego to amonifikacja i nitryfikacja. Średnio około 5-6% ogólnej zawartości N w wierzchniej warstwie gleby stanowią jego mineralne związki. Azot mineralny podlega również dynamicznym zmianom w zależności od okresu i warunków pogodowych, intensywności pobierania przez rośliny oraz wielkości stosowanych dawek nawozów.

Przemiany związków azotowych w glebie mają istotny wpływ na ogólny przyrodniczy obieg i bilans azotu. Rośliny uprawne dość łatwo pobierają azot amonowy a jeszcze łatwiej azotanowe formy pierwiastka. Azot w formie azotanowej, jeśli nie zostanie pobrany przez rośliny lub wbudowany w materię organiczną, może zostać wymyty do wód gruntowych lub ulec denitryfikacji, przechodząc do form gazowych.

Zawartość azotu mineralnego w punktach monitoringowych w 2025 r. charakteryzowała się dużą zmiennością. Zawartości azotu azotanowego były z reguły wyższe niż azotu amonowego. Średnia zawartość azotu amonowego wyniosła $2,57 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a azotu azotanowego $10,86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Wyniki nie pozwalają na ustalenie jakiegokolwiek przestrzennej regularności zawartości azotu mineralnego. Porównanie wyników z poprzednich lat (azot mineralny był oznaczany od 2015 r.) również nie wskazuje na występowanie istotnych trendów zmian zawartości.

6.11. Zasolenie gleb

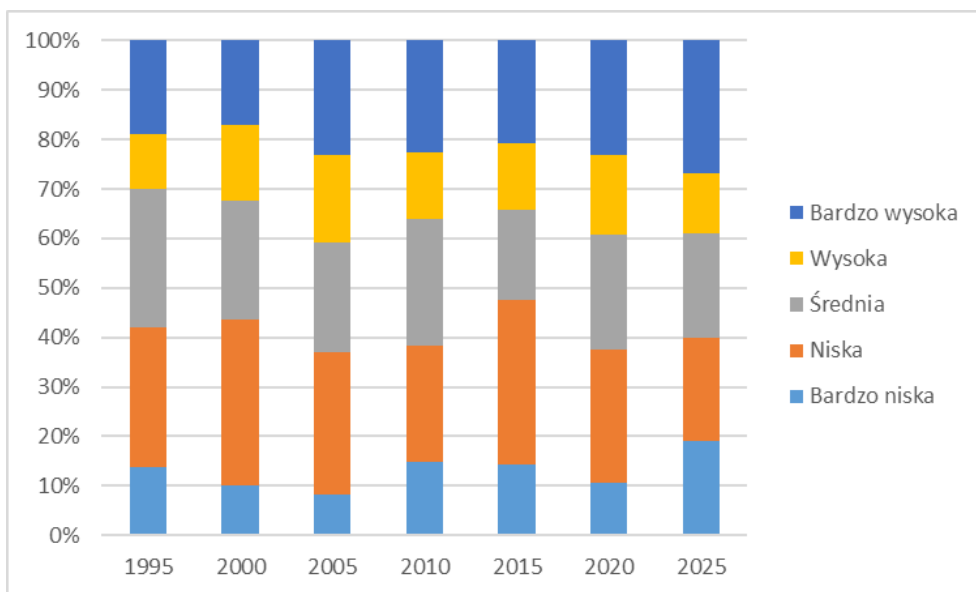
Gleby zasolone charakteryzują się niekorzystnymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Nadmiar soli w glebie powoduje zmniejszenie dostępności wody dla roślin,

zakłócenie równowagi jonowej w glebach oraz obniżenie aktywności biologicznej gleby. Do oceny zasolenia gleb stosuje się parametr przewodności elektrolitycznej właściwej, który można również, po przeliczeniu, wyrażać jako równoważną zawartość chlorku potasu. Przeciętne wartości przewodności elektrolitycznej w próbkach przebadanych w 2025 r. kształtowały się na poziomie $6,8 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ i były nieco niższe niż w poprzednich edycjach Monitoringu. Może to świadczyć o procesach wymywania soli z wierzchniej warstwy gleby oraz nieco niższych ilościach nawozów mineralnych stosowanych do nawożenia gleb. W przeliczeniu na zawartość chlorku potasu parametr zasolenia mieścił się w 2025 r. w przedziale $2,6 - 63,3 \text{ mg KCl } 100\text{g}^{-1}$ (średnia 17,9). Nawet najwyższe zanotowane wartości znajdowały się na poziomie nieszkodliwym dla roślin. Można zatem stwierdzić, że wyniki badań potwierdzają niskie ryzyko degradacji gleb w Polsce przez zasolenie.

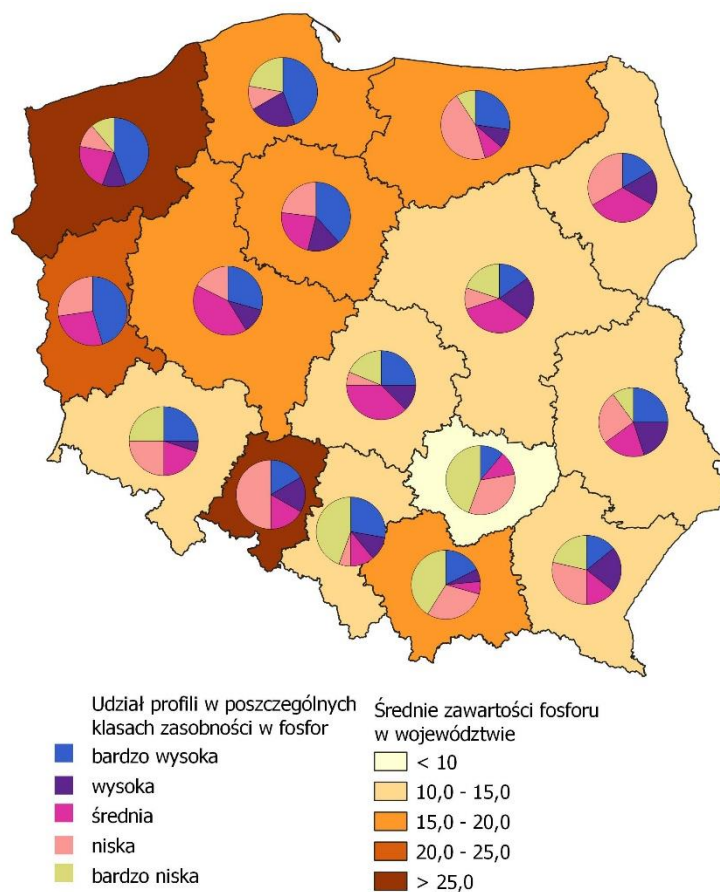
6.12. Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu

Fosfor jest składnikiem niezbędnym dla rozwoju roślin: reguluje podziały komórek, rozwój korzeni, ma wpływ na procesy kwitnienia, zawiązywanie nasion oraz procesy dojrzewania. Deficyt fosforu w roślinie ogranicza ich rozwój, zmniejsza plonowanie oraz jakość plonów. Tylko niewielka część całkowitego fosforu glebowego jest dostępna dla roślin. Na jego przyswajalność wpływają: odczyn gleby, zawartość związków żelaza i glinu, obecność przyswajalnego wapnia, zawartość substancji organicznej. Istotną rolę w przemianach fosforu w glebie pełnią mikroorganizmy solubilizujące fosfor.

W 2025 roku zawartość przyswajalnego fosforu mieściła się w bardzo szerokim zakresie od $1,0$ do $103 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$ przy średniej zawartości $16,2 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$, która mieści się w przedziale wysokiej zasobności w fosfor. Porównanie wyników z różnych edycji Monitoringu nie wskazuje na istotne zmiany w zasobności gleb na przestrzeni 30 lat (Rysunek 32). W każdym województwie występuje znaczne zróżnicowanie zasobności w przyswajalny fosfor, przy czym najwyższe średnie zawartości występują w woj. zachodniopomorskim i opolskim (Rysunek 33).



Rysunek 32. Udział procentowy klas zasobności w przyswajalny fosfor w 2025 r.

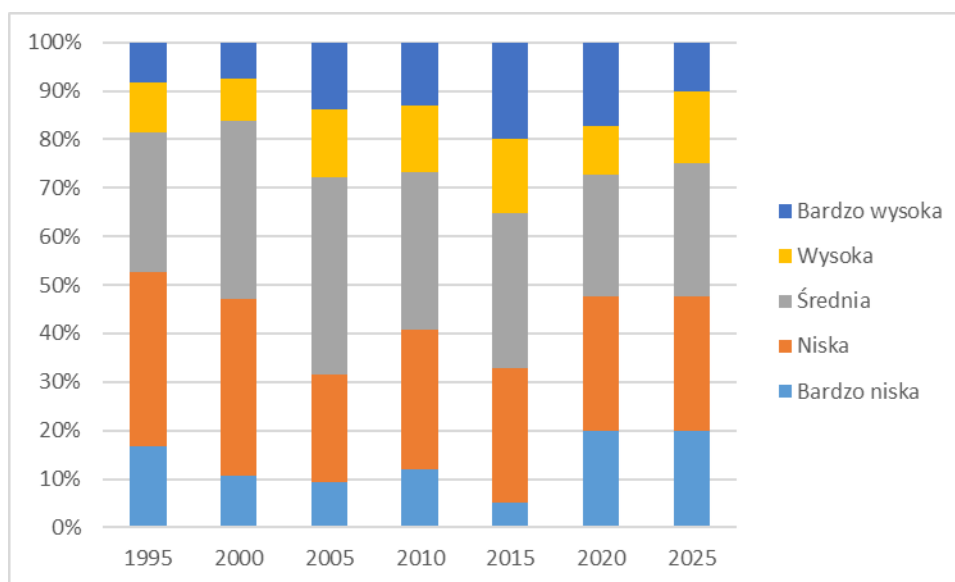


Rysunek 33. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości przyswajalnego fosforu w 2025 r.

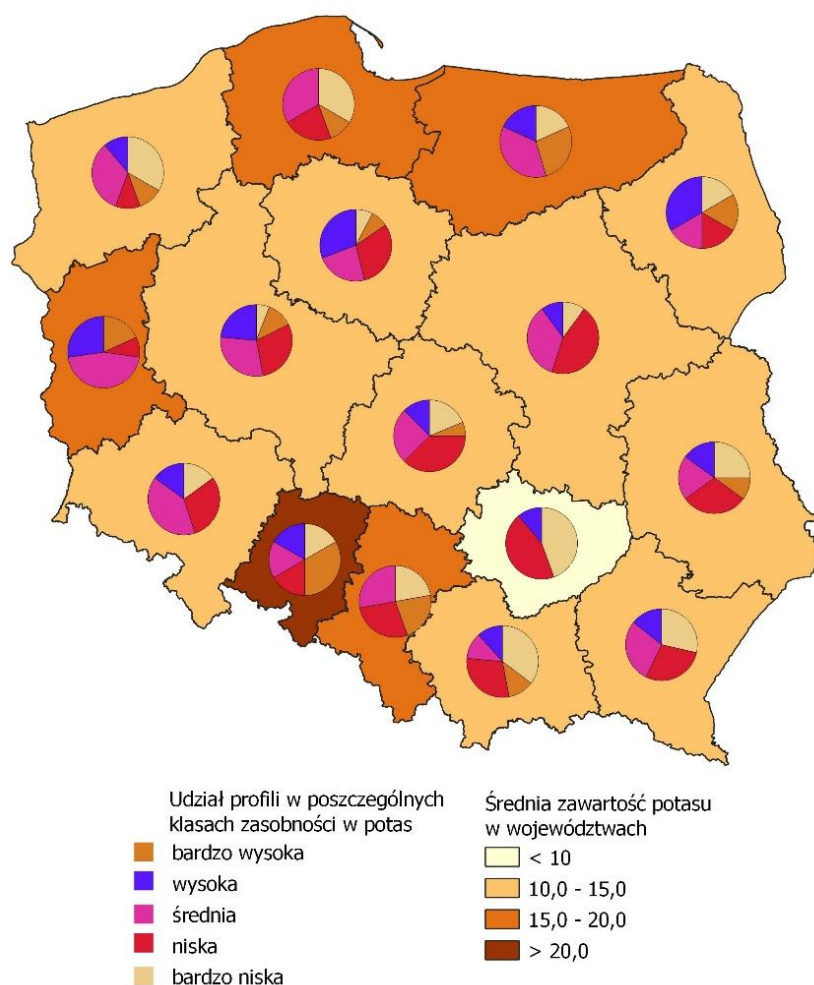
Potas odgrywa istotną rolę w gospodarce wodnej rośliny, bierze udział w procesie fotosyntezy i transporcie asymilatów oraz wpływa na wrażliwość roślin na stres wodny w okresach suszy. Wietrzenie minerałów, z których pochodzi potas przyswajalny jest procesem

bardzo powolnym, dlatego zaspokojenie potrzeb wymaga stałego uzupełniania potasu w formie nawozów. Przyswajalne formy potasu oprócz pobrania przez rośliny podlegają stratom w wyniku wymywania, szczególnie z gleb lekkich o niskiej pojemności sorpcyjnej.

W 2025 r. średnia zawartość potasu przyswajalnego wynosiła 14,1 mg K₂O 100 g⁻¹. Parametr ten również charakteryzował się dużą zmiennością wśród analizowanych próbek, o czym świadczy zakres 1,4 – 76,5 mg K₂O 100 g⁻¹. Wyniki z różnych edycji monitoringu nie wskazują na istotne zmiany zasobności gleb w potas przyswajalny w skali kraju. Udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zasobności w potas jest zbliżony do 50% i wzrósł w porównaniu z okresem 2005 – 2015, czego powodem może być zmniejszenie dawek nawożenia (Rysunek 34). Również w przypadku przyswajalnego potasu występuje znaczne zróżnicowanie zasobności we wszystkich województwach (Rysunek 35).

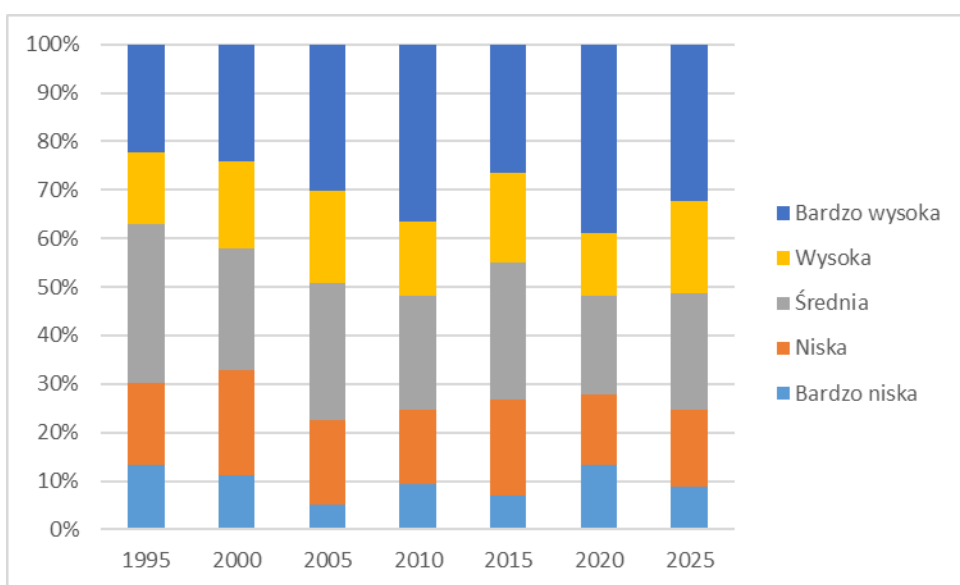


Rysunek 34. Procentowy udział klas zasobności w potas przyswajalny w poszczególnych latach

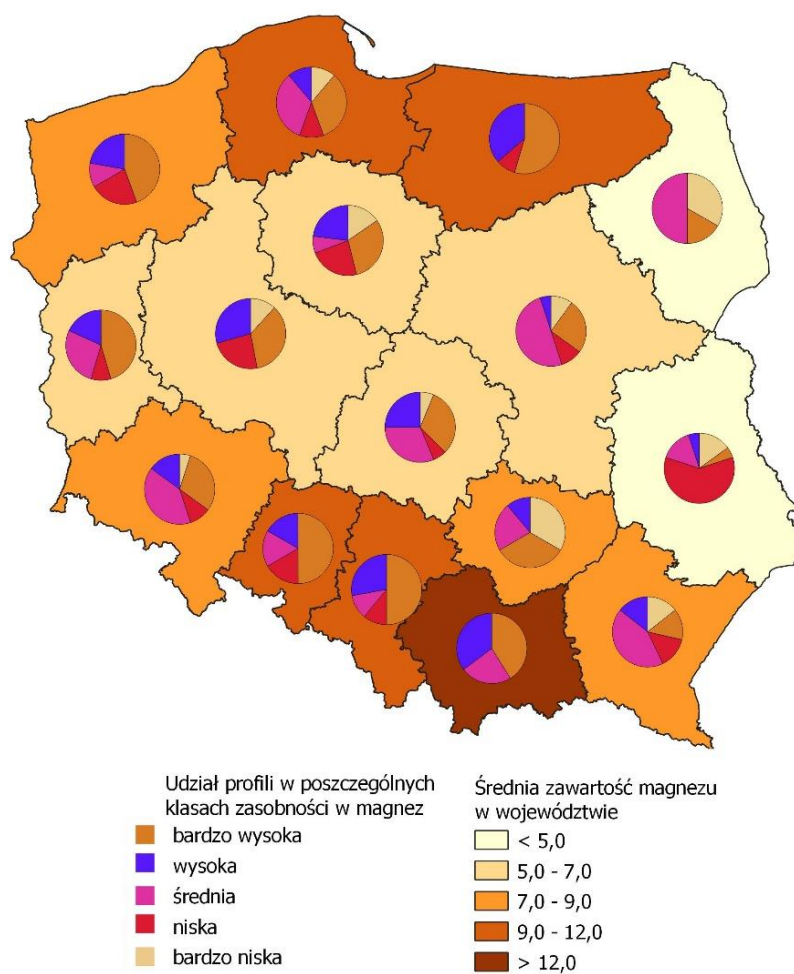


Rysunek 35. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości przyswajalnego potasu w 2025 r.

Podstawowa rola magnezu w roślinie jest związana z jego obecnością w cząsteczce chlorofilu i jego wpływem na proces fotosyntezy. Ponadto magnez aktywuje enzymy i reguluje gospodarkę azotem w roślinie. Jego niedobory często występują w glebach lekkich, z których jest łatwo wymywany do podglebia. Zawartość przyswajalnego magnezu w roku 2025 mieściła się w zakresie 0,6 – 44,2 mg Mg 100 g⁻¹, przy przeciętnej wartości 8,26. Niską lub bardzo niską zasobność w przyswajalny magnez wykazuje 25% punktów monitoringowych, co jest korzystną obserwacją (Rysunek 36). Nieco ponad 50% gleb charakteryzowało się wysoką i bardzo wysoką zawartością, zatem deficyty magnezu dla roślin nie powinny występować w istotnej skali. Na przestrzeni lat przyswajalność magnezu nie podlegała drastycznym zmianom, podobnie jak udział poszczególnych klas zasobności (Rysunek 36). Najniższe średnie zasobności w ten pierwiastek wykazano dla województw podlaskiego i lubelskiego (Rysunek 37).



Rysunek 36. Procentowy udział klas zasobności w magnez przyswajalny w poszczególnych latach



Rysunek 37. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości przyswajalnego magnezu w 2025 r.

6.13. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej

Do negatywnych skutków zanieczyszczenia gleb siarką zalicza się ich zakwaszenie, a także nadmierny wzrost zawartości formy łatwo dostępnych dla roślin siarczanów (Motowicka–Terelak i Terelak, 2000). Nadmiar siarki w glebie, który w przeszłości był powodowany głównie opadem SO_2 z atmosfery, może być szkodliwy dla ich wzrostu oraz jakości plonu. Siarka jest jednak niezbędnym do życia roślin składnikiem pokarmowym. W warunkach glebowo – klimatycznych Polski zawartość siarki ogólnej zazwyczaj waha się w szerokim zakresie i zależy od zawartości materii organicznej, składu granulometrycznego gleb oraz poziomu emisji przemysłowych. W 2025 r. średnia zawartość siarki ogólnej wyniosła 161 mg kg^{-1} (mediana 134 mg kg^{-1}), co potwierdza trend spadku poziomu siarki w glebach Polski. Średnia zawartość wyjściowa (1995 r.) wynosiła 229 mg kg^{-1} i wartość ta ulegała obniżeniu w kolejnych latach badań.

Do oceny poziomu zawartości siarki zastosowano kryteria IUNG (Kabata-Pendias i inni, 1993). Na podstawie tych wytycznych, w oparciu o ilość siarki siarczanowej, wyróżnia się 3 stopnie zawartości naturalnej: niską (I), średnią (II), wysoką (III) oraz stopień IV – zawartość podwyższoną wskutek antropopresji (IV). Pierwsze 3 stopnie przyjmuje się, jako zakres naturalnej zawartości siarki w glebach.

Zawartość siarki przyswajalnej w największym stopniu zależy od zawartości całkowitej siarki i odczynu gleby. Na przestrzeni ostatnich dwóch dekad następuje systematyczny spadek emisji SO_2 ze źródeł przemysłowych, co w połączeniu z pobieraniem siarczanów przez rośliny oraz łatwym ich wymywaniem z gleb może nawet prowadzić do deficytów pierwiastka u roślin (Kaczor i inni, 2004). Do gatunków szczególnie wrażliwych na deficyty siarki należą rośliny z rodziny kapustowatych (krzyżowych).

W 2025 roku średnia zawartość siarki przyswajalnej wyniosła $2,5 \text{ mg kg}^{-1}$, co było wartością nieco niższą niż w 2020 r. i wyższą niż w poprzednich edycjach Monitoringu. W punktach pomiarowych zdecydowanie dominują naturalne poziomy siarki przyswajalnej, a klasa IV (podwyższona) została wykazana dla niewiele ponad 10% próbek (Rysunek 38).



Rysunek 38. Udział poszczególnych klas zawartości siarki przyswajalnej w kolejnych latach.

6.14. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych

WWA to grupa związków składających się z dwóch i więcej połączonych pierścieni benzenowych. WWA pochodzą ze źródeł naturalnych i antropogenicznych tworząc się w trakcie niepełnego spalania materii organicznej. Większość WWA zawartych w glebie jest wynikiem działalności człowieka. Emisje WWA do powietrza i ich transport z cząsteczkami pyłów o różnej średnicy powoduje, że wysokie stężenia tych związków są stwierdzane w dużej odległości od źródeł zanieczyszczeń. Wysokie zawartości w glebach niektórych substancji z tej grupy powodują m.in. hamowanie aktywności mikrobiologicznej i wzrostu siewek roślin, szczególnie we wczesnej fazie ich rozwoju. WWA osadzają się również na częściach nadziemnych roślin, co zwiększa prawdopodobieństwo występowania tych związków w łańcuchu pokarmowym człowieka. Długoletnie narażenie ludzi na oddziaływanie WWA może prowadzić do choroby nowotworowej, mutacji DNA oraz zmian w układzie hormonalnym.

Do oceny zanieczyszczenia gleb przez WWA zastosowano wartości dopuszczalne stosowane w poprzednich opracowaniach z zakresu monitoringu chemizmu gleb ornych w Polsce i obecnie obowiązujących przepisach prawnych, tj.:

- klasyfikację IUNG uwzględniającą sumę zawartości 13 WWA i normalizację zawartości tych związków na udział próchnicy w warstwie gleb 0-20 cm (Kabata-Pendias A., i in. 1995);

– rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 Nr 165 Poz. 1359) wskazujące dopuszczalne zawartości dla 9 indywidualnych WWA oraz sumy zawartości tych związków w warstwie 0-30 cm,

– rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395) włączające do oceny gleb 10 indywidualnych WWA oznaczanych w warstwie 0-25 cm,

– rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 31 października 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2024 Poz. 1657) wskazujące do oceny gleb 10 indywidualnych WWA w warstwie 0-25 cm.

WWA uwzględnione w poszczególnych opracowaniach i przepisach prawnych przedstawia Tabela 3.

Tabela 3. WWA uwzględniane w ocenie stanu zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo według klasyfikacji IUNG oraz kolejnych przepisów krajowych.

WWA	Skrót	Klasyfikacja IUNG	Dz.U. 2002 Nr 165 Poz. 1359	Dz.U. 2016 r. poz. 1395	Dz.U. 2024 Poz. 1657
		Warstwa gleby (cm)			
		0-20	0-30	0-25	0-25
naftalen	Naf	-	+	+	+
fluoren	Fl	+	-	-	-
fenantren	Fen	+	+	-	-
antracen	Ant	+	+	+	+
fluoranten	Fln	+	+	-	-
piren	Pir	+	-	-	-
benzo(a)antracen	BaA	+	+	+	+
chryzen	Ch	+	+	+	+
benzo(b)fluoranten	BbF	+	-	+	+
benzo(k)fluoranten	BkF	+	-	+	+
benzo(a)fluoranten	BaF	-	+	-	-
benzo(a)piren	BaP	+	+	+	+
dibenzo(a,h)antracen	DahA	+	-	+	+
benzo(ghi)perylene	BPer	+	+	+	+
indeno(1,3-cd)piren	IndP	+	-	+	+
Suma WWA	ΣWWA	Σ13WWA	Σ9WWA	-	-

Ocena zanieczyszczenia gleb ornych przez WWA według klasyfikacji IUNG

Klasyfikacja stanu zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo przez WWA została opracowana przez prof. dr hab. Barbarę Maliszewską-Kordybach z uwzględnieniem oceny zawartości tych zanieczyszczeń w Polsce i w innych krajach świata oraz na szacunku modelowym przenoszenia WWA w łańcuchu żywieniowym człowieka i ewentualnych zagrożeń dla organizmów bytujących w glebach (Kabata-Pendias i in., 1995). Jako kryterium oceny przyjęto sumę zawartości 13 związków z tej grupy (13WWA) – (Tabela 3). W tym sposobie oceny zawartość WWA była normalizowana, gdy udział próchnicy w glebach przekraczał 2% według wzoru:

$\text{Suma 13WWA norm. (mg kg}^{-1}\text{)} =$ $[\text{oznaczona zawartość 13 WWA (mg kg}^{-1}\text{)} / \text{udział próchnicy w glebie (>2\%)}] * 2.0 (\%)$
--

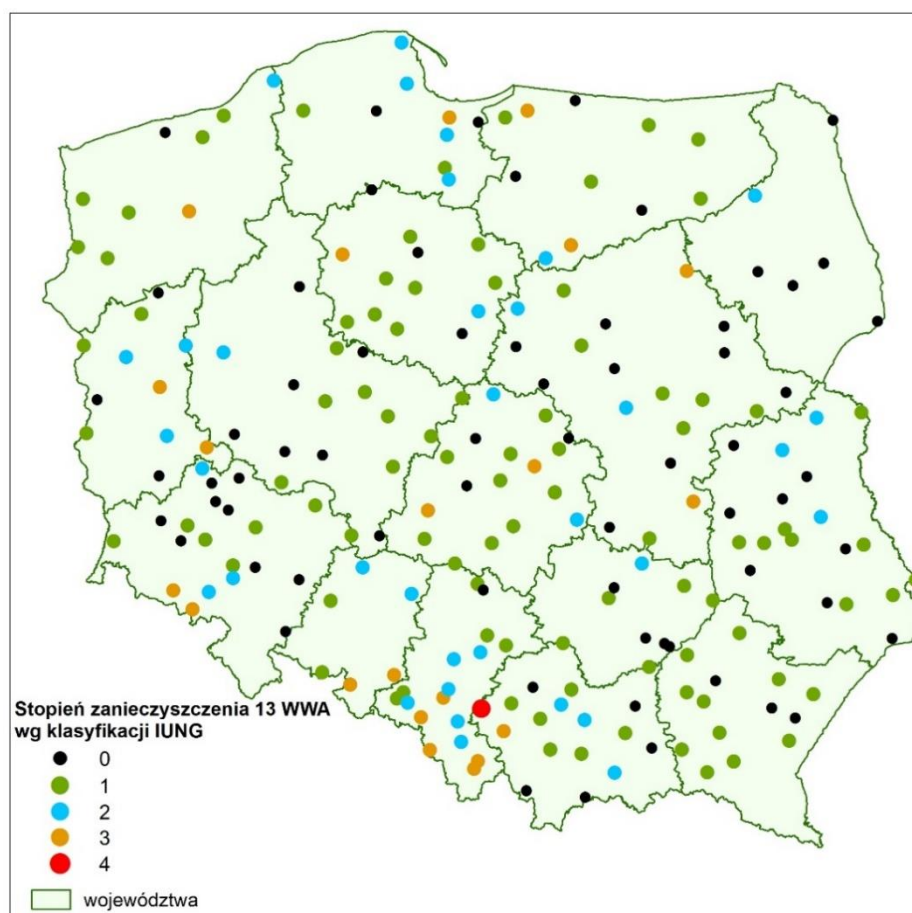
W przypadku gleb o zawartości próchnicy $\leq 2.0 \%$ jako kryterium przyjmowano oznaczaną zawartość 13 WWA, bez przeliczania.

W omawianej klasyfikacji gleb została przyjęta 6-cio stopniowa skala wyrażona w stopniach zanieczyszczenia od 0⁰ do 5⁰ - (Tabela 4).

Tabela 4. Stopnie zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo w odniesieniu do $\Sigma 13\text{WWA}$ według klasyfikacji IUNG (Kabata-Pendias i in., 1995)

Zawartość WWA w glebie (mg kg ⁻¹) *	Stopień zanieczyszczenia	Ocena zanieczyszczenia gleby
< 0,2	0	niezanieczyszczona (zawartość naturalna)
0,2-0,6	1	niezanieczyszczona (zawartość podwyższona)
0,6-1	2	mało zanieczyszczona
1-5	3	zanieczyszczona
5-10	4	silnie zanieczyszczona
> 10	5	bardzo silnie zanieczyszczona

W 2025 r. zawartość $\Sigma 13\text{WWA}$ w próbkach gleb wahała się w bardzo szerokich granicach i wynosiła od $0,020 \text{ mg kg}^{-1}$ do $6,617 \text{ mg kg}^{-1}$. Średnia arytmetyczna oraz mediana dla całego zbioru danych odpowiadały wartościom $0,499 \text{ mg kg}^{-1}$ oraz $0,325 \text{ mg kg}^{-1}$, przy współczynniku zmienności 126%. W odniesieniu do klasyfikacji IUNG, gleby zaliczane łącznie do stopni zanieczyszczenia 0 i 1 tj. gleby niezanieczyszczone stanowiły łącznie 74% ($n=160$) zbioru danych. Gleby zaliczone do 2^o zanieczyszczenia, opisującego gleby mało zanieczyszczone stanowiły prawie 16% ($n=34$). Gleb zanieczyszczonych (3^o) i gleb silnie zanieczyszczonych (4^o) było odpowiednio 9,5% ($n=21$) i 0,5% ($n=1$). W szesnastu ($n=16$) próbkach tych gleb suma zawartości 13 WWA nie przekraczała 2 mg kg^{-1} , w pięciu ($n=5$) próbkach była poniżej 3 mg kg^{-1} , a tylko w jednej próbce wynosiła powyżej $6,6 \text{ mg kg}^{-1}$. Najwięcej próbek zanieczyszczonych WWA ($n=5$) w stopniu 3 pochodziło z woj. śląskiego, po dwie z województw: warmińsko-mazurskiego, lubuskiego, opolskiego, mazowieckiego, łódzkiego i dolnośląskiego. W żadnej z próbek nie stwierdzono występowania próbek glebowych bardzo silnie zanieczyszczonych WWA (5^o) – (Tabela 4) i (Rysunek 39).

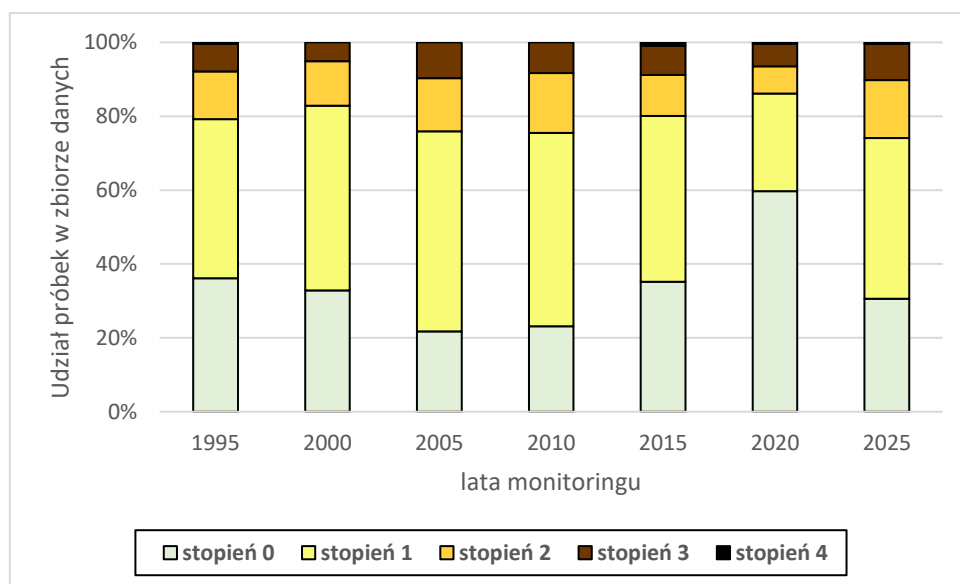


Rysunek 39. Rozmieszczenie przestrzenne punktów pomiarowych i stopnie zanieczyszczenia gleb (0° – 4°) przez WWA w tych punktach oceniane wg klasyfikacji IUNG

W latach 1995-2025 do gleb niezanieczyszczonych (stopnie zanieczyszczenia 0+1) było zaliczonych od 160 (rok 2025) do 186 (rok 2020) próbek gleb, a do gleb mało zanieczyszczonych (stopień zanieczyszczenia 2^o) od 16 (rok 2020) do 35 próbek (rok 2010) - Tabela 5. Od 1995 r. do 2025 r. liczba próbek gleb zaliczonych do zanieczyszczonych (stopień zanieczyszczenia 3^o) i silnie zanieczyszczonych (stopień zanieczyszczenia 4^o) wahała się w granicach od 11 (rok 2000) do 22 (rok 2025). W 2015 roku dwie próbki glebowe zostały zakwalifikowane do 4 stopnia zanieczyszczenia. W pozostałych latach monitoringu liczba takich gleb wynosiła 0 lub 1. Dane uzyskane w roku 2025 nie wskazują na trendy wzrostowe w liczbie gleb zaliczanych do zanieczyszczonych w stopniach 3 i 4, ocenianych według klasyfikacji IUNG – (Tabela 5) i (Rysunek 40).

Tabela 5. Liczba próbek zaliczonych do odpowiednich stopni zanieczyszczenia przez WWA według klasyfikacji IUNG. Dane za lata 1995-2010 dla n=216.

Stopień zanieczy szczenia	Zawartość Σ13WWA (mg·kg ⁻¹)	Rok badań						
		1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Klasyfikacja IUNG (Kabata-Pendias i inni, 1995) *								
0	< 0,2	78	71	47	50	76	129	66
1	0,2-0,6	93	108	117	113	97	57	94
2	0,6-1	28	26	31	35	24	16	34
3	1-5	16	11	21	18	17	13	21
4	5-10	1	0	0	0	2	1	1

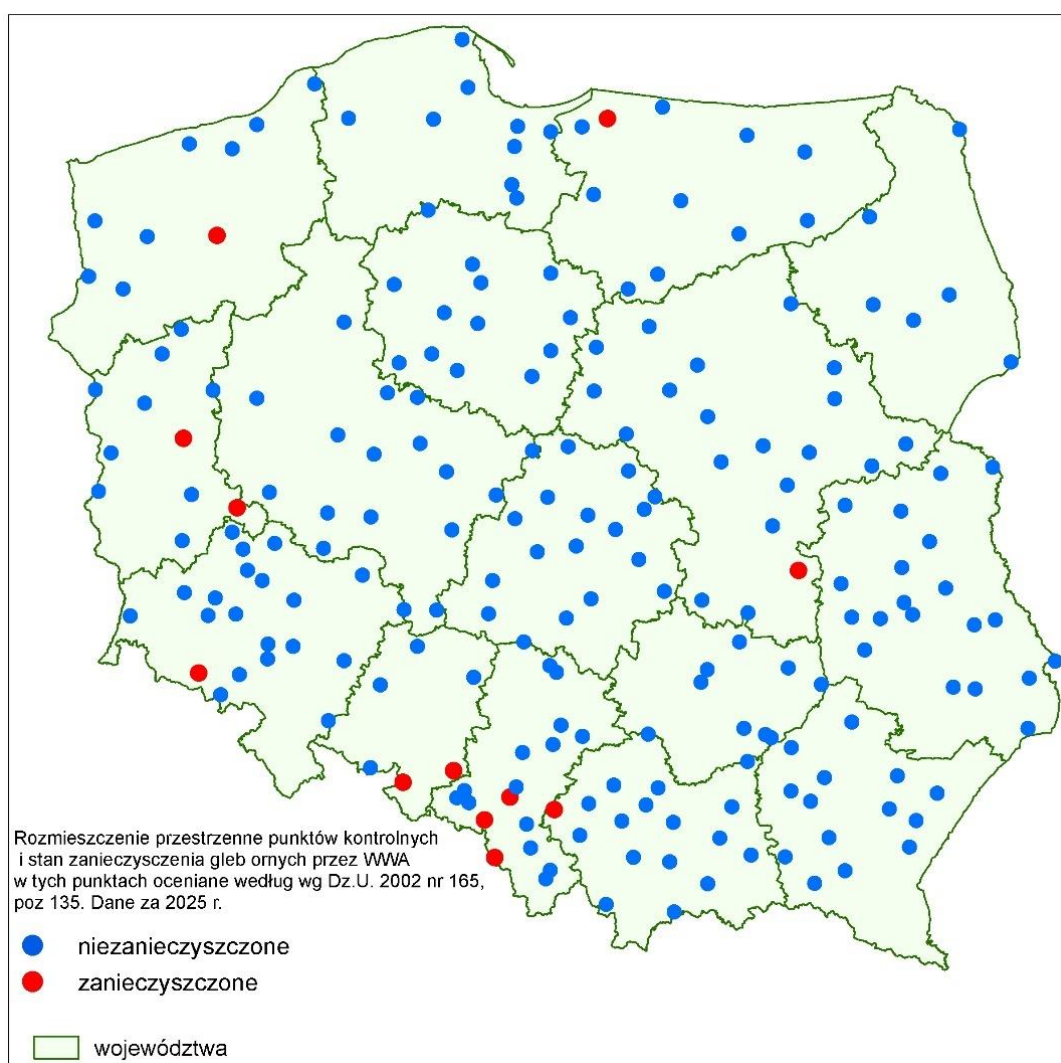


Rysunek 40. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych do odpowiednich stopni zanieczyszczenia w odniesieniu do $\Sigma 13$ WWA. Stopnie zanieczyszczenia 0 – 1: gleby niezanieczyszczone, stopień zanieczyszczenia 2 – gleby mało zanieczyszczone, stopnie zanieczyszczenia 3 i 4: gleby zanieczyszczone i silnie zanieczyszczone.

Ocena zanieczyszczenia gleb ornych przez WWA według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 Nr 165 Poz. 1359)

W Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 nr 165, poz.1359), w glebach użytkowanych rolniczo została uwzględniona zawartość 9 indywidualnych związków z grupy WWA oraz sumy tych związków (Tabela 3). Z wyjątkiem BaP, którego dopuszczalna zawartość w glebach rolnych została ustalona na $0,030 \text{ mg kg}^{-1}$, wartość ta dla pozostałych WWA wynosiła $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, a dla $\Sigma 9$ WWA odpowiadała 1 mg kg^{-1} . Gleby zawierające WWA poniżej tych wartości były uznawane za niezanieczyszczone, a powyżej za zanieczyszczone. W celu porównywania danych z 2025 r. z poprzednimi edycjami Monitoringu chemizmu gleb ornych w Polsce, ocenę aktualnego stanu zanieczyszczenia oparto na kryterium sumy zawartości 9 WWA, włączając do oceny zawartość BbF zamiast BaF, co było także uwzględniane w poprzednich raportach. Zamiana indywidualnych WWA wpływała na ogólną kwalifikację zanieczyszczenia tylko dla trzech próbek o numerach: 47, 319 oraz 323, które po uwzględnieniu BbF zostały zaliczone do zanieczyszczonych.

Zawartość $\Sigma 9\text{WWA}$ w próbkach gleb według danych za rok 2025 wahała się w bardzo szerokim zakresie, tj. od $0,031 \text{ mg kg}^{-1}$ do $6,692 \text{ mg kg}^{-1}$. Średnia arytmetyczna dla zawartości $\Sigma 9\text{WWA}$ wynosiła $0,387 \text{ mg kg}^{-1}$, a mediana $0,242 \text{ mg kg}^{-1}$. Zawartość ponad 1 mg kg^{-1} zanotowano w 12 próbkach, co stanowiło niecałe 6% zbioru danych ($n=216$). Trzy próbki (numery 331, 405 i 407) były pobrane z terenu woj. śląskiego, po dwie próbki pochodziły z terenów województwa opolskiego (numer 319 i 323) i woj. lubuskiego (numer 93 i 99) oraz po jednej próbce zanotowano na terenie województw zachodniopomorskiego (nr 47), warmińsko-mazurskiego (nr 29), mazowieckiego (nr 275), małopolskiego (nr 347) i dolnośląskiego (nr 301) – (Rysunek 41).



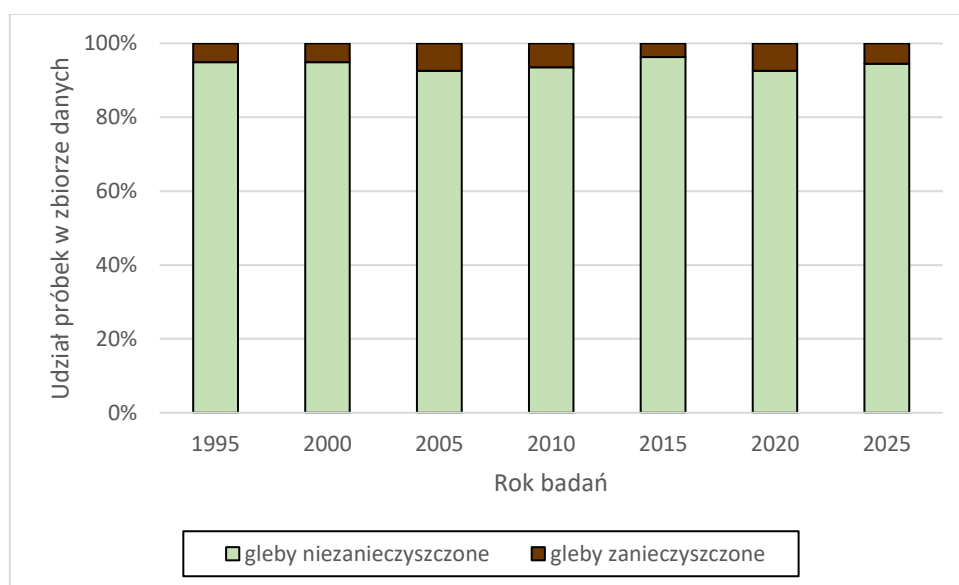
Rysunek 41. Rozmieszczenie przestrzenne punktów pomiarowych i stan zanieczyszczenia gleb ornych przez WWA w tych punktach oceniane według Dz.U. 2002 nr 165, poz. 1359. Dane za 2025 r.

Stan zanieczyszczenia gleb ornych w Polsce oceniany za okres od 1995 do 2010 według Dz.U. 2002 nr 165, poz. 1359 nie wykazuje tendencji wzrostowej. Liczba punktów pomiarowych, w których stwierdzono gleby zanieczyszczone zmieniała się w latach w zakresie od ośmiu (n=8) w roku 2015 do szesnastu (n=16) w roku 2005 i 2020 – (Tabela 6), co stanowiło od 4% do 7% zbioru danych – (Rysunek 42).

Tabela 6. Liczba punktów pomiarowych, w których próbki gleb były zakwalifikowane do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych WWA w latach 1995-2025 według Dz.U. 2002 nr 165, poz.1359.

Klasa zanieczyszczenia	Zawartość $\Sigma 9\text{WWA}$ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Rok badań						
		1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
NZ*	≤ 1	205	205	200	202	208	200	204
Z	> 1	11	11	16	14	8	16	12

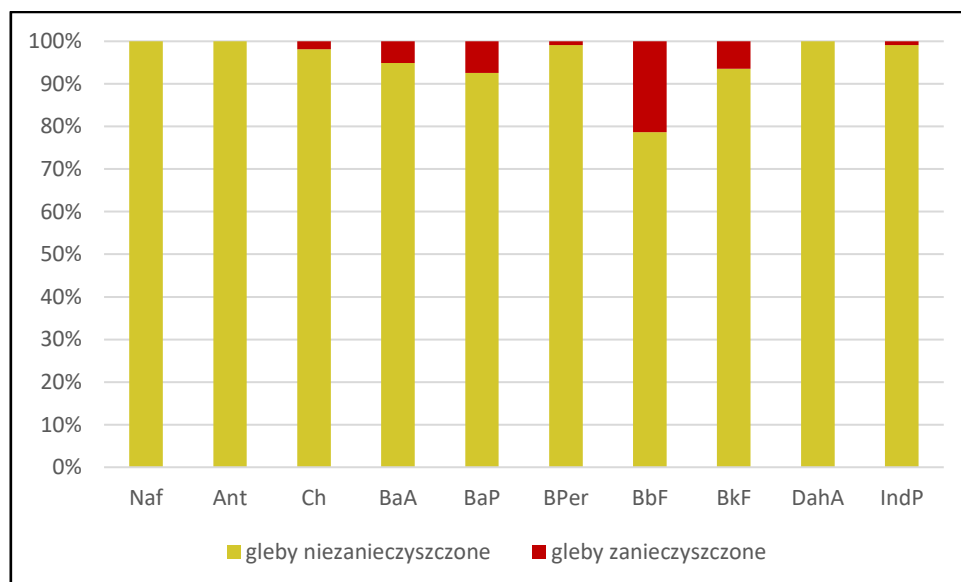
* NZ – gleby niezanieczyszczone; Z – gleby zanieczyszczone



Rysunek 42. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych w latach 1995-2025 do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych według Dz.U. 2002 nr 165, poz. 1359.

Ocena zanieczyszczenia gleb ornych przez WWA według rozporządzenia Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395)

W Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395) dla gleb użytkowanych rolniczo zostały wskazane dopuszczalne zawartości dla 10 indywidualnych związków z grupy WWA: dla Naf, BaA, DahA, BaP, BbF i BkF - 0,1 mg·kg⁻¹, a dla Ant, Ch, BPer i InPir - 0,2 mg·kg⁻¹. Gleby, w których stwierdzono przekroczenie tych wartości były traktowane jako zanieczyszczone. W 2025 r. przekroczenia dopuszczalnych zawartości stwierdzono dla siedmiu WWA z wyjątkiem Naf, Ant i DahA. Kolejno najmniej przekroczeń w glebach ornych zanotowano dla BPer - 2, IndP - 2 i Ch - 4. Najwięcej przekroczeń dopuszczalnej zawartości zanotowano kolejno dla BbF - 46, BaP - 16, BkF - 14 i BaA - 11. Gleby, w których nie stwierdzono przekroczenia dla żadnego z indywidualnych WWA wymienionych w rozporządzeniu (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395) stanowiły 78% całego zbioru danych (Rysunek 43).



Rysunek 43. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych przez WWA według Dz.U. z 2016 r. poz. 1395. Dane za rok 2025.

Porównanie danych za rok 2020 i 2025 wykazało zróżnicowane liczebności próbek gleb zanieczyszczonych WWA. Najwięcej przekroczeń w 2020 r. stwierdzono dla BaP (n=28), BkF (n=22) i BaA (n=21) – Tabela 7. Przekroczenie zawartości dopuszczalnej nawet dla jednego z WWA powoduje, że glebę należy uznać za zanieczyszczoną. Należy wskazać, że w pojedynczej próbce może być przekroczona zawartość więcej niż jednego WWA, tj. od 1 do 10 związków.

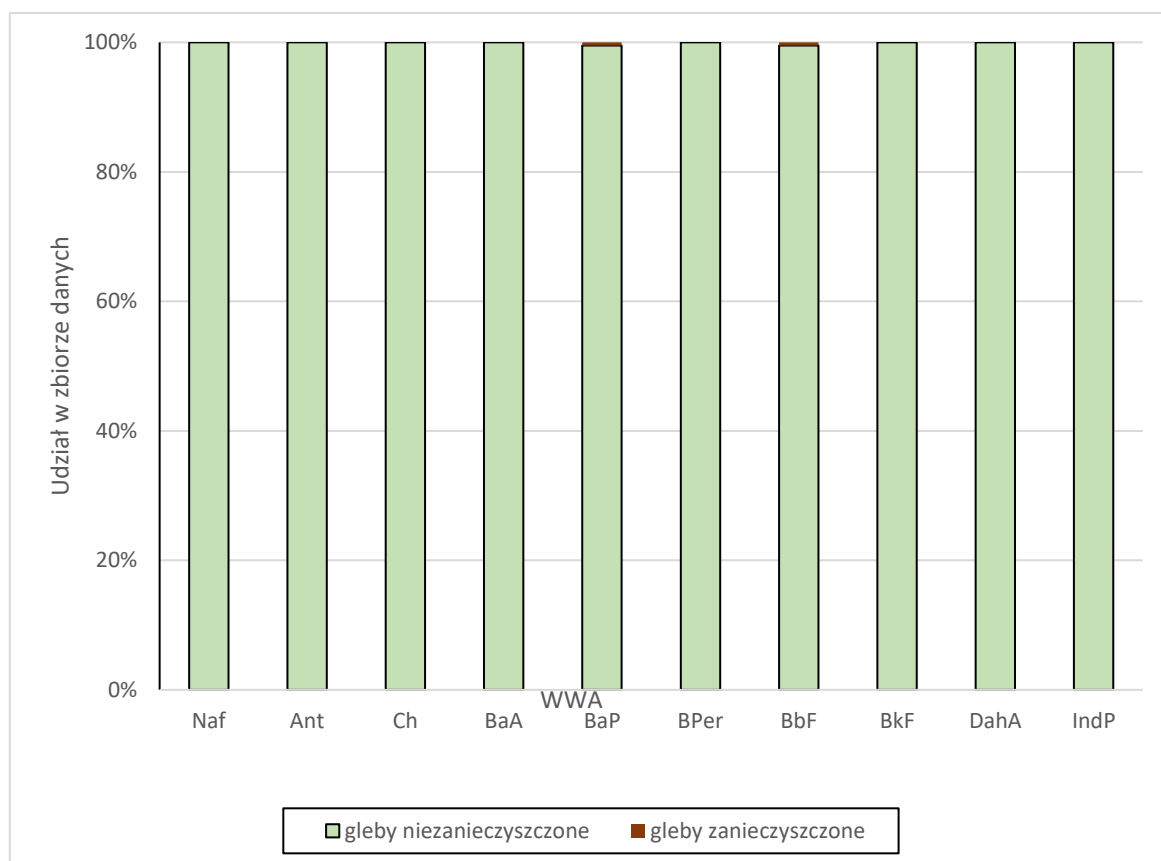
Tabela 7. Liczba punktów pomiarowych, w których próbki gleb były zakwalifikowane do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych WWA w latach 2020-2025 według Dz.U. 2002 nr 165, poz.1359.

WWA	Rok badań			
	2020		2025	
	Stan zanieczyszczenia			
	NZ*	Z	NZ	Z
Naf	215	1	216	0
Ant	216	0	216	0
Ch	209	7	212	4
BaA	195	21	205	11
BaP	188	28	200	16
BPer	211	5	214	2
BbF	198	18	170	46
BkF	194	22	202	14
DahA	216	0	216	0
IndP	208	8	214	2

* NZ- niezanieczyszczone; Z- zanieczyszczone

Ocena zanieczyszczenia gleb ornych przez WWA według rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 31 października 2024 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2024 Poz. 1657)

W rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 31 października 2024 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2024 Poz. 1657) podobnie jak w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2016 r. (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395) zostało uwzględnionych 10 indywidualnych związków z grupy WWA, ale zmianie uległy dopuszczalne zawartości dla tych substancji w glebach użytkowanych rolniczo. Dla Naf, Ant, BaA, Ch, BbF, BkF, BPer i InPir wartość dopuszczalna wynosi $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a dla BaP, DahA - $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Gleby, w których stwierdza się przekroczenie tych wartości traktowane są jako zanieczyszczone. W 2025 roku wartości dopuszczalne zostały przekroczone dla BaP i BbF tylko w jednej próbce (nr 347 w woj., małopolskim), co oznacza, że ponad 99% próbek glebowych pobranych na gruntach ornych należy uznać za niezanieczyszczone przez WWA – (Rysunek 44).



Rysunek 44. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych przez WWA według Dz.U. 2024 poz. 1657, w roku 2025.

6.15. Radioaktywność

Do źródeł mających wpływ na zanieczyszczenie środowiska przez naturalne izotopy promieniotwórcze można zaliczyć działalność przemysłu wydobywczego i energetycznego, użytkowanie kopalin w procesie ich przetwarzania (rud, odpady hutnicze i poflotacyjne), użytkowanie skał magmowych w budowach o dużym zasięgu przestrzennym (autostrady, drogi ekspresowe). Ponadto radionuklidy (sztuczne izotopy promieniotwórcze) po wybuchach jądrowych i dużych awariach radiologicznych mogą przedostawać się ze stratosfery do atmosfery i w postaci opadów skażać powierzchnię ziemi. Skażenia te mogą być przenoszone w procesach erozyjnych lub akumulować się w zagłębieniach terenowych i osadach dennych. W 2025 r. podobnie jak w poprzednich latach, radioaktywność pozostawała na niskim, naturalnym poziomie. Nie wykazano również obecności punktów znacznie odbiegających od wartości przeciętnych (średnia 516 Bq kg^{-1}).

6.16. Całkowita zawartość makroelementów

Pierwiastki opisane w rozdziale 6.16 są naturalnymi składnikami gleby i występują w niej w znacznych ilościach (często powyżej 1%). Niezależnie od stężenia nie są zatem traktowane jako zanieczyszczenia gleb. Niektóre z nich mogą natomiast wpływać na inne właściwości gleb oraz procesy przemian zanieczyszczeń, takich jak potencjalne toksyczne pierwiastki śladowe. Obserwowane różnice w zmierzonych zawartościach w poszczególnych latach mogą wynikać z niehomogeniczności gleby gdyż z uwagi na wysokie zawartości tych pierwiastków nie należy spodziewać się ich rzeczywistych zmian w wyniku ich wymycia lub pobrania przez rośliny.

Związki **fosforu** pełnią istotną rolę w kształtowaniu mobilności niektórych pierwiastków śladowych – wytrącanie trudno rozpuszczalnych fosforanów powoduje ograniczenie migracji i biodostępności pierwiastków takich, jak ołów i cynk, szczególnie w zakresie odczynu obojętnego.

W 2025 r. zawartość fosforu całkowitego mieściła się w granicach 0,01 – 0,13% (118 – 1398 mg kg⁻¹), a średnia zawartość wynosiła 0,05% (469 mg kg⁻¹), nie zmieniając się zasadniczo na przestrzeni lat.

Całkowita zawartość **wapnia** może przekraczać 1% a w glebach wytworzonych ze skał wapiennych, nawet osiągać poziom kilkunastu procent. Niezależnie od typu gleby, a nawet całkowitej zawartości wapnia, niedobory wapnia u roślin praktycznie nie występują. Wapnowanie jest przede wszystkim zabiegiem odkwaszającym glebę, a nie zabiegiem nawożącym rośliny uprawne. Wapń odgrywa rolę w przemianach innych pierwiastków, np. fosforu, kształtuje fizyczne właściwości gleby, korzystnie oddziałuje na strukturę gleby, wpływa na aktywność drobnoustrojów oraz jakość próchnicy glebowej.

W glebach punktów monitoringowych wapń występował w 2025 r. w szerokim zakresie od 0,01% do 19,5% (108 – 195434 mg kg⁻¹) a jego średnia zawartość wynosiła 0,33% (3295 mg kg⁻¹).

Zawartość **magnezu** w glebach Polski zależy od skały macierzystej gleby, będąc najniższą w glebach piaszczystych. Przyswajalność magnezu dla roślin w znacznie większym stopniu zależy od jego całkowitej zawartości niż w przypadku fosforu lub wapnia. W glebach piaszczystych o najniższej całkowitej puli magnezu jest on dodatkowo wymywany w głąb profilu glebowego, co wynika z ograniczonej pojemności sorpcyjnej tych gleb i z reguły kwaśnego odczynu. Skutkiem tych procesów są niedobory magnezu z punktu widzenia potrzeb nawozowych roślin. Magnez nie pełni istotnej roli w procesach uwsteczniania zanieczyszczeń.

Zawartości magnezu całkowitego w 2025 r. mieściła się w przedziale 0,01 – 1,03% (150 – 10334 mg kg⁻¹), a jego średnia zawartość wynosiła 0,17% (1689 mg kg⁻¹).

Potas występuje w glebie wyłącznie w formach mineralnych, w największym stopniu w sieci krystalicznej glinokrzemianów. Więcej potasu posiadają gleby o cięższym składzie mechanicznym, co jest związane z obecnością minerałów ilastych. Zawartości całkowite potasu były skorelowane z udziałem poszczególnych frakcji składu granulometrycznego gleby i w 2025 r. mieściły się w zakresie 0,02 – 0,68% (194 – 6826 mg kg⁻¹), a jego przeciętna zawartość wynosiła 0,13% (1268 mg kg⁻¹).

Sód w glebach występuje głównie jako składnik glinokrzemianów. Jest słabo sorbowany przez stałą fazę gleby, ulega zatem wymywaniu w głąb profilu i do wód gruntowych. Nadmiar sodu w glebie, a szczególnie w roztworze glebowym może powodować niekorzystne zmiany właściwości fizycznych gleby, szczególnie w warunkach suszy lub nadmiernego uwilgotnienia. Całkowite zawartości sodu w 2025 r. mieściły się w zakresie 0,001% - 0,018% (14 – 181 mg kg⁻¹). Średnia zawartość pierwiastka wynosiła 0,006% (61 mg kg⁻¹), podobnie jak w kilku poprzednich edycjach badań.

Glin występuje w glebach powszechnie, jako podstawowy element glinokrzemianów, a także w postaci tlenków i wodorotlenków oraz fosforanów. Niewielka część glinu glebowego występuje w roztworze glebowym, jednak w glebach zakwaszonych glin przechodzi w formy aktywne i, jak wspomniano w rozdziale 6.4, może być toksyczny dla roślin. Minerały ilaste, w których skład wchodzi glin, pełnią podstawową rolę dla właściwości sorpcyjnych oraz retencyjnych gleb. Wodorotlenki glinu mogą istotnie wpływać na ograniczenie rozpuszczalności metali w glebach zanieczyszczonych. W próbkach analizowanych w 2025 r. glin pozostawał w zakresie od 0,14 do 2,20% (1351 – 21980 mg kg⁻¹), a jego średnia zawartość wynosiła 0,68% (6751 mg kg⁻¹).

Zawartości **żelaza** w niektórych glebach dochodzą do kilkunastu procent. Pierwiastek występuje głównie w formie tlenków lub wodorotlenków żelaza, fosforanów oraz w powiązaniu z glinokrzemianami i w formie schelatowanej. Związki żelaza odgrywają dodatnią rolę w procesach strukturotwórczych. Tlenki żelaza zwiększają zwięzłość gleb, zatem w przypadku bardzo wysokich zawartości pierwiastka właściwości fizyczne gleby utrudniają uprawę (np. gleby wytworzone ze skał serpentynitowych). Amorficzne wodorotlenki żelaza pełnią istotną rolę w procesach unieruchamiania niektórych pierwiastków śladowych, poprzez zjawiska adsorpcji i okluzji, szczególnie w glebach o odczynie obojętnym i zasadowym.

W punktach monitoringowych średnia zawartość żelaza wynosiła w 2025 r. 0,9% (8926 mg kg⁻¹), będąc na podobnym poziomie jak w poprzednich latach. Zakres zawartości żelaza wynosił 0,21 – 2,67% (2051 – 26691 mg kg⁻¹).

6.17. Całkowita zawartość pierwiastków śladowych

Zawartość pierwiastków śladowych w glebie jest kształtowana przez czynniki naturalne i antropogeniczne. Do czynników naturalnych należą skład mineralogiczny skały macierzystej oraz przebieg procesów glebotwórczych. Spośród czynników antropogenicznych największy udział w zanieczyszczeniu gleb metalami mają emisje przemysłowe, związane głównie z przemysłem górniczym i hutniczym oraz niewłaściwą gospodarką odpadami przemysłowymi. Pierwiastki śladowe są naturalnymi składnikami środowiska glebowego. Ich zdecydowana większość to pierwiastki niezbędne, pełniące w roślinach i organizmach ludzi i zwierząt określone funkcje fizjologiczne. Jedynie pierwiastki takie jak kadm, ołów, arsen i rtęć nie pełnią żadnych funkcji fizjologicznych lub taka rola nie została jak dotychczas naukowo wykazana. Pierwiastki śladowe w nadmiernych stężeniach mogą oddziaływać toksycznie, a stopień toksyczności zależy od pierwiastka i poziomu zanieczyszczenia oraz innych właściwości gleb.

Ocenę zanieczyszczenia gleb pierwiastkami śladowymi w 2025 r. wykonano według dwu metod, odnoszących się do aktualnych regulacji oraz wytycznych IUNG.

Kryteria oceny zanieczyszczenia gleb pierwiastkami są uregulowane Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395). Określono w nim dopuszczalne zawartości zanieczyszczeń w glebach, uwzględniając cztery rodzaje gruntów, według kryterium ich sposobu użytkowania. Do oceny zanieczyszczenia gleb badanych w ramach Monitoringu zastosowano graniczne zawartości dla grupy II gruntów, która zawiera między innymi:

- a) grunty orne, oznaczone symbolem R, oraz tereny rodzinnych ogrodów działkowych urządzonych na gruntach oznaczonych symbolem R w ewidencji gruntów i budynków,
- b) sady, oznaczone symbolem S,
- c) łąki trwałe, oznaczone symbolem Ł,
- d) pastwiska trwałe, oznaczone symbolem Ps.

Dla tej grupy gruntów obowiązują zawartości progowe zależne od kwalifikacji do określonej podgrupy gruntów:

podgrupa gruntów II-1:

- a) gleby mineralne bardzo lekkie, o zawartości frakcji części spławialnych (FG02) ($<0,02$ mm) mniejszej niż 10%, niezależnie od wartości pH_{KCl} ,
- b) gleby mineralne lekkie, o zawartości frakcji FG02 10–20%, o wartości pH_{KCl} mniejszej lub równej 6,5;

podgrupa gruntów II-2:

- a) gleby mineralne lekkie, o zawartości frakcji FG02 10–20%, o wartości pH_{KCl} wyższej niż 6,5;
- b) gleby mineralne średnie, o zawartości frakcji FG02 20–35%, o wartości pH_{KCl} mniejszej lub równej 5,5;
- c) gleby mineralne ciężkie, o zawartości frakcji FG02 większej niż 35%, o wartości pH_{KCl} mniejszej lub równej 5,5;
- d) gleby mineralno-organiczne, o zawartości węgla organicznego 3,5–6%, niezależnie od wartości pH_{KCl} ;

podgrupa gruntów II-3:

- a) gleby mineralne średnie, o zawartości frakcji FG02 20–35%, o wartości pH_{KCl} wyższej niż 5,5;
- b) gleby mineralne ciężkie, o zawartości frakcji FG02 większej niż 35%, o wartości pH_{KCl} wyższej niż 5,5;
- c) gleby mineralno-organiczne i organiczne, o zawartości węgla organicznego ponad 6%, niezależnie od wartości pH_{KCl} .

Wytyczne IUNG są oparte na 6 stopniowej skali oceny zanieczyszczenia gleb metalami, według wytycznych opracowanych przez IUNG (Kabata-Pendias i inni, 1993). Progi zawartości odzwierciedlające ryzyko akumulacji pierwiastków w roślinach uprawnych zostały opracowane dla kadmu, cynku, ołowiu, miedzi i niklu, z uwzględnieniem odczynu, zawartości materii organicznej i składu granulometrycznego. Zawartości graniczne dla poszczególnych metali są ustalone dla 3 różnych grup gleb, wyróżnionych ze względu na właściwości decydujące o dostępności metali dla roślin:

- a – gleby bardzo lekkie ($<10\%$ cz. spławialnych) niezależnie od pH oraz gleby lekkie bardzo kwaśne, kwaśne i lekko kwaśne;
- b – gleby lekkie o odczynie obojętnym; gleby średnie bardzo kwaśne i kwaśne oraz gleby ciężkie bardzo kwaśne i kwaśne; gleby mineralno-organiczne bez względu na pH;
- c – gleby średnie i ciężkie słabo kwaśne lub obojętne; gleby organiczne.

Sześciostopniowa klasyfikacja IUNG zawiera następujące stopnie zanieczyszczenia gleb pierwiastkami śladowymi:

Stopień 0 – gleby nie zanieczyszczone o naturalnych zawartościach metali śladowych. Gleby te mogą być przeznaczone pod wszystkie uprawy ogrodnicze i rolnicze, zgodnie z zasadami racjonalnego wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Stopień I – obejmuje gleby o podwyższonej zawartości metali. Gleby te mogą być przeznaczone pod wszystkie uprawy polowe, z ograniczeniem warzyw przeznaczonych dla dzieci.

Stopień II – gleby słabo zanieczyszczone. Na glebach takich zachodzi już obawa chemicznego zanieczyszczenia roślin. Wykluczyć więc należy przede wszystkim niektóre uprawy ogrodnicze, jak np. sałata, szpinak, kalafior. Dozwolona jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych.

Stopień III – gleby średnio zanieczyszczone. Wszystkie uprawy na takich glebach narażone są na skażenie. Dopuszczalna jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych pod warunkiem okresowej kontroli poziomu metali w konsumpcyjnych częściach roślin. Zalecane są uprawy roślin przemysłowych i traw nasiennych.

Stopień IV – gleby silnie zanieczyszczone. Gleby takie (szczególnie gleby lekkie) powinny być wyłączone z produkcji rolniczej oraz zadarnione lub zadrzewione. Na glebach lepszych można uprawiać rośliny przemysłowe (len, konopie, wiklina). Dopuszcza się produkcję materiału siewnego zbóż i traw, a także ziemniaków dla przemysłu spirytusowego (na spirytus, jako dodatek do paliwa) i rzepaku na olej techniczny. Zaleca się zabiegi rekultywacyjne, a głównie wapnowanie i wprowadzanie substancji organicznej.

Stopień V – gleby bardzo silnie zanieczyszczone. Gleby o takim stopniu zanieczyszczenia należy wyłączyć z produkcji rolniczej i poddać zabiegom rekultywacyjnym. Można uprawiać (na glebach przydatnych) len, konopie oraz rzepak (na olej techniczny), a w dolinach rzek – wiklinę.

Mangan

Zawartości manganu w różnych glebach są zróżnicowane - najniższe zawartości występują zwykle w glebach piaszczystych. Mangan występuje w glebie głównie w formie tlenków i wodorotlenków krystalicznych i amorficznych oraz w formie jonowej w roztworze

glebowym. Proporcja poszczególnych form manganu zależy od odczynu, warunków redox i wilgotności gleby. Mangan nie jest rozpatrywany jako zanieczyszczenie gleb, niezależnie od całkowitej zawartości pierwiastka. Dlatego też nie jest umieszczony w Rozporządzeniu i wytycznych IUNG jako zanieczyszczenie gleb. Wodorotlenki manganu w niektórych glebach znacznie zwiększają adsorpcję metali, takich jak cynk lub nikiel. Mangan jest ponadto mikroelementem niezbędnym dla roślin. Średnia zawartość manganu w 2025 r. wynosiła 336 mg kg⁻¹ i utrzymywała się na podobnym poziomie jak w poprzednich edycjach Monitoringu.

Kadm

Kadm jest stosunkowo łatwo pobierany z roztworu glebowego i transportowany do części nadziemnych roślin. Zanieczyszczenie gleb kadmem stanowi więc potencjalne ryzyko dla łańcucha żywieniowego. Jest pierwiastkiem podlegającym stałej akumulacji w organizmach zwierząt i ludzi. Jego dostępność dla roślin i organizmów glebowych rośnie wraz ze wzrostem zakwaszenia gleby. Średnia zawartość kadmu w 2025 r. wynosiła 0,56 mg kg⁻¹ a mediana, która jest lepszą miarą przeciętnych zawartości Cd w glebach Polski (ze względu na skośny rozkład wartości), wynosiła 0,15 (Tabela 8). Na przestrzeni lat nie wykazano istotnych zmian w zawartości kadmu w skali kraju. Jedynie w 2020 r. zmierzone zawartości były wyższe niż w wszystkich pozostałych latach, najwyraźniej z powodów metodycznych.

Tabela 8. Statystyki zawartości kadmu w glebach w poszczególnych latach

Parametr	Kadm (mg·kg ⁻¹)						
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
minimum	0,07	0,07	0,04	0,04	0,02	0,25	0,01
maksimum	81	91	81	58	68	59	62
mediana	0,24	0,24	0,21	0,17	0,15	0,25	0,15
90 percentyl	0,66	0,69	0,63	0,56	0,47	0,65	0,47
10 percentyl	0,12	0,13	0,10	0,09	0,07	0,25	0,08
kwartyl 75	0,36	0,35	0,34	0,26	0,24	0,25	0,24
kwartyl 25	0,17	0,18	0,14	0,12	0,11	0,25	0,11

W 2025 r. jedynie w 2 lokalizacjach (obie w woj. śląskim – punkty o nr o nr 335 i 343) stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości kadmu wg Rozporządzenia Ministra

(Dz.U. 2016 poz. 1395) (Rysunek 45), przy czym w obu punktach odczyn jest na poziomie obojętnym lub zasadowym, co ogranicza biodostępność kadmu.



Rysunek 45. Położenie punktów monitoringowych, w których w 2025 r. wykazano przekroczenia zawartości kadmu w glebie wg kryteriów Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395)

Stosując kryteria oceny zawarte w wytycznych IUNG, również w tych samych 2 punktach występują gleby silnie zanieczyszczone kadmem (oba punkty to V stopień), a pozostałe gleby są niezanieczyszczone tym pierwiastkiem (stopnie 0 i I) (Rysunek 46).



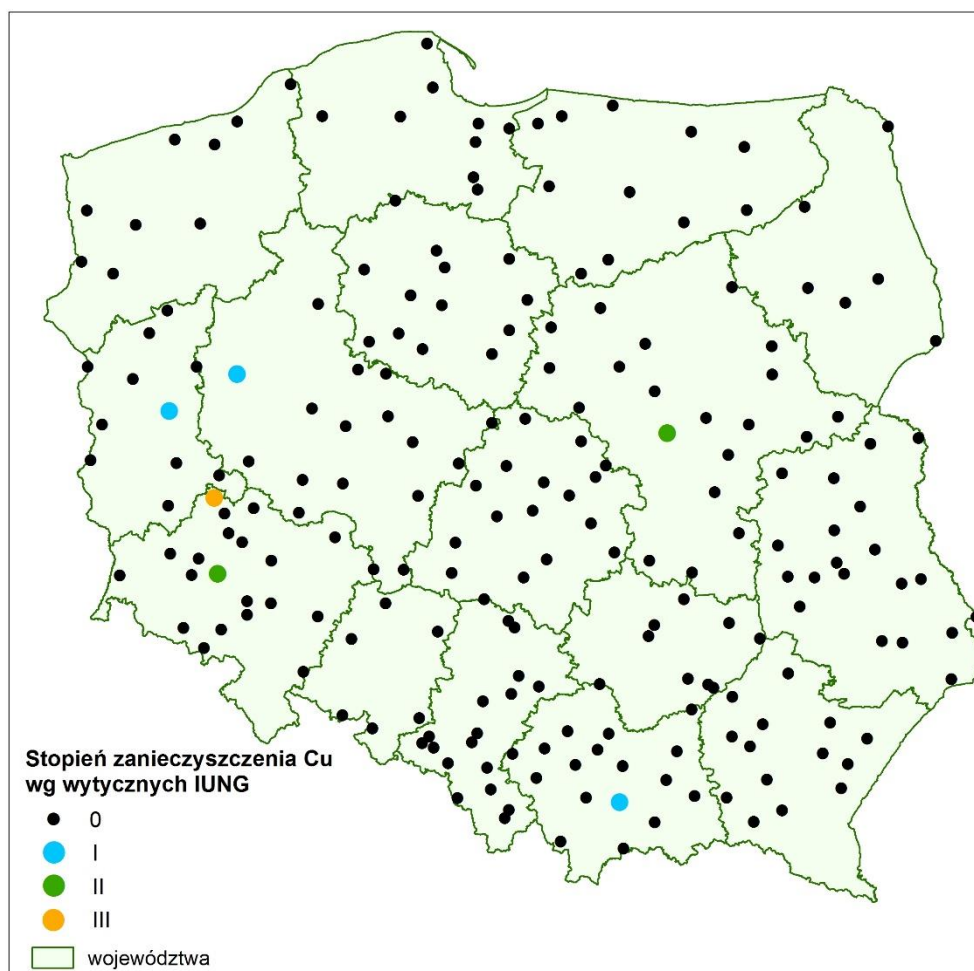
Rysunek 46. Stopnie zanieczyszczenia gleb kadmem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r

Miedź

Miedź jest pierwiastkiem niezbędnym w metabolizmie roślin. Przyswajalność miedzi dla roślin zależy w głównej mierze od takich czynników jak odczyn i zawartość materii organicznej. Fitodostępność pierwiastka wzrasta wraz z obniżaniem się pH gleby. Pierwiastek podlega silnej sorpcji przez substancję organiczną i minerały ilaste. Zjawiska toksyczności miedzi dla roślin są rzadko obserwowane w naturalnych warunkach, a występują jedynie na terenach zanieczyszczonych przez hutnictwo miedzi.

Średnia i mediana zawartości miedzi w 2025 r. (odpowiednio 7,91 oraz 5,44 mg kg⁻¹) były nieco niższe niż obserwowane w poprzednich latach. W żadnym punkcie nie wystąpiło przekroczenie zawartości dopuszczalnych przez Rozporządzenie.

Stosując kryteria wytycznych IUNG, w 2 punktach stwierdzono II stopień zanieczyszczenia gleby miedzią, a w 1 punkcie III stopień zanieczyszczenia. W pozostałych 213 punktach gleby nie były zanieczyszczone tym pierwiastkiem (0-I stopień) (Rysunek 47).



Rysunek 47. Stopnie zanieczyszczenia gleb miedzią w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.

Chrom

Chrom naturalnie występuje w glebie w strukturze krystalicznej minerałów, zaadsorbowany przez minerały ilaste lub w formie mieszanych tlenków. Związki chromu naturalnie występujące w litosferze zawierają chrom na 3 (przeważające) i 6 stopniu utlenienia. Cr^{3+} praktycznie nie występuje w formie jonowej w roztworze glebowych poniżej pH 5,5 z uwagi na słabą rozpuszczalność. Nieco bardziej rozpuszczalny jest Cr^{6+} . Chrom Cr^{3+} jest niezbędny dla organizmów ssaków, ponieważ reguluje metabolizm tłuszczów i glukozy. Z kolei Cr^{6+} jest silnie toksyczny, ponieważ jony chromianowe mają zdolność przechodzenia przez błony komórkowe. Cr^{6+} ulega jednak w glebie dość łatwo redukcji, szczególnie pod wpływem

związków organicznych, do słabo rozpuszczalnego i pobieranego przez rośliny w niewielkich ilościach Cr^{3+} .

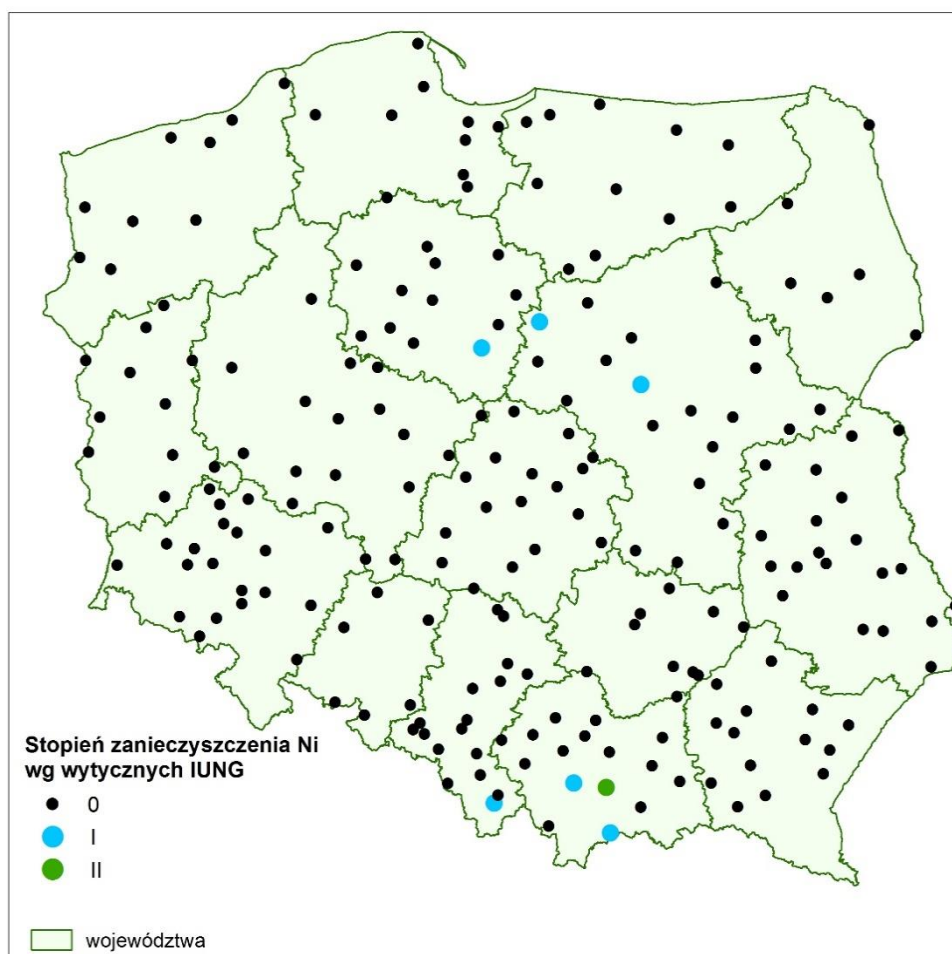
Zawartości chromu w punktach monitoringowych w 2025 r. mieściły się w zakresie 2,1 – 45,5 mg kg^{-1} . Nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych zawartości pierwiastka | wg aktualnego Rozporządzenia, natomiast wytyczne IUNG nie określają zasad klasyfikacji gleb pod względem zawartości chromu.

Nikiel

O występowaniu niklu w glebach decyduje głównie jego zawartość w skale macierzystej. Wzbogacenie gleb w nikiel na skutek działalności człowieka wiąże się głównie z hutnictwem niklu. Nikiel jest pierwiastkiem niezbędnym dla prawidłowego przebiegu niektórych procesów fizjologicznych roślin, pełni także istotną rolę w regulacji procesów wiązania wolnego azotu przez bakterie glebowe. Mobilność niklu w środowisku glebowym zależy od jej składu granulometrycznego i mineralogicznego, odczynu oraz zawartości materii organicznej. Nikiel w nadmiernych ilościach może być toksyczny zarówno dla roślin, jak i zwierząt, przy czym w literaturze brak przykładów rzeczywistych przypadków toksyczności tego pierwiastka pochodzącego z gleby dla ludzi i zwierząt.

Zawartość niklu w 2025 r. mieściła się w zakresie 1,11 – 63,8 mg kg^{-1} a średnia wynosiła 9,32, pozostając na poziomie bardzo zbliżonym do lat poprzednich. Nie stwierdzono przekroczeń zawartości dopuszczalnych określonych w Rozporządzeniu.

Stosując wytyczne IUNG, tylko w 1 punkcie, położonym w woj. małopolskim, stwierdzono II stopień zanieczyszczenia. Pozostałe punkty zostały zakwalifikowane, jako niezanieczyszczone, a przeważał 0 stopień zanieczyszczenia odpowiadający zawartości naturalnej (Rysunek 48).



Rysunek 48. Stopnie zanieczyszczenia gleb niklem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.

Ołów

Ołów, ze względu na ograniczoną rozpuszczalność związków mineralnych, w których występuje, jest znacznie mniej mobilny w środowisku aniżeli kadm i cynk. Ograniczona jest również jego dostępność dla roślin. Pobieranie ołowiu przez rośliny może być znaczne, jednak pierwiastek ten jest zatrzymywany w korzeniach i słabo transportowany do części nadziemnych. Spośród właściwości gleb na mobilność ołowiu w największym stopniu wpływają odczyn, zawartość materii organicznej i jej właściwości sorpcyjne. Wpływ odczynu na mobilność ołowiu jest jednak dużo mniejszy niż w przypadku kadmu i cynku.

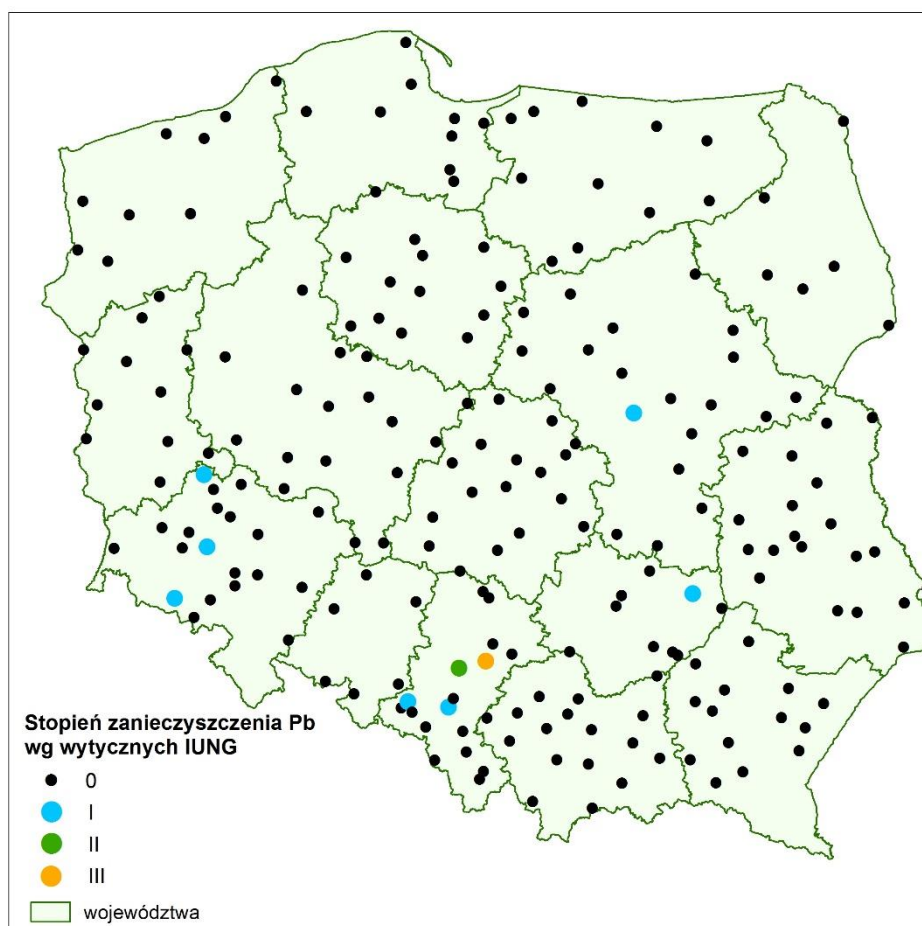
W 2025 r. w zaledwie 1 punkcie doszło do przekroczenia dopuszczalnej zawartości ołowiu określonej w Rozporządzeniu (punkt w woj. śląskim, nr 343) (Rysunek 49).

Według wytycznych IUNG, 2 punkty należy traktować jako zanieczyszczone. Oba były położone w woj. śląskim – II i III stopień) (Rysunek 50).



Rysunek 49. Położenie punktu monitoringowego, w którym w 2025r. wykazano przekroczenie zawartości ołowiu w glebie wg kryteriów Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395)

Przeciętne zawartości ołowiu nie zmieniły się w porównaniu z poprzednimi latami (w 2025 r. średnia wynosiła $24,5 \text{ mg kg}^{-1}$, a zakres 4,78 – 926,3).



Rysunek 50. Stopnie zanieczyszczenia gleb ołowiem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.

Cynk

Cynk jest pierwiastkiem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania roślin, ludzi i zwierząt. Na glebach zanieczyszczonych może dochodzić do zjawisk toksyczności cynku dla roślin, zwłaszcza w warunkach niskiego pH gleby. Cynk jest bowiem szczególnie mobilny w glebach kwaśnych i lekkich. Naturalna zawartość cynku wykazuje ścisłą zależność od składu granulometrycznego. Głównym antropogenicznym źródłem zanieczyszczenia gleb cynkiem są emisje przemysłowe, głównie z hutnictwa cynku i ołowiu.

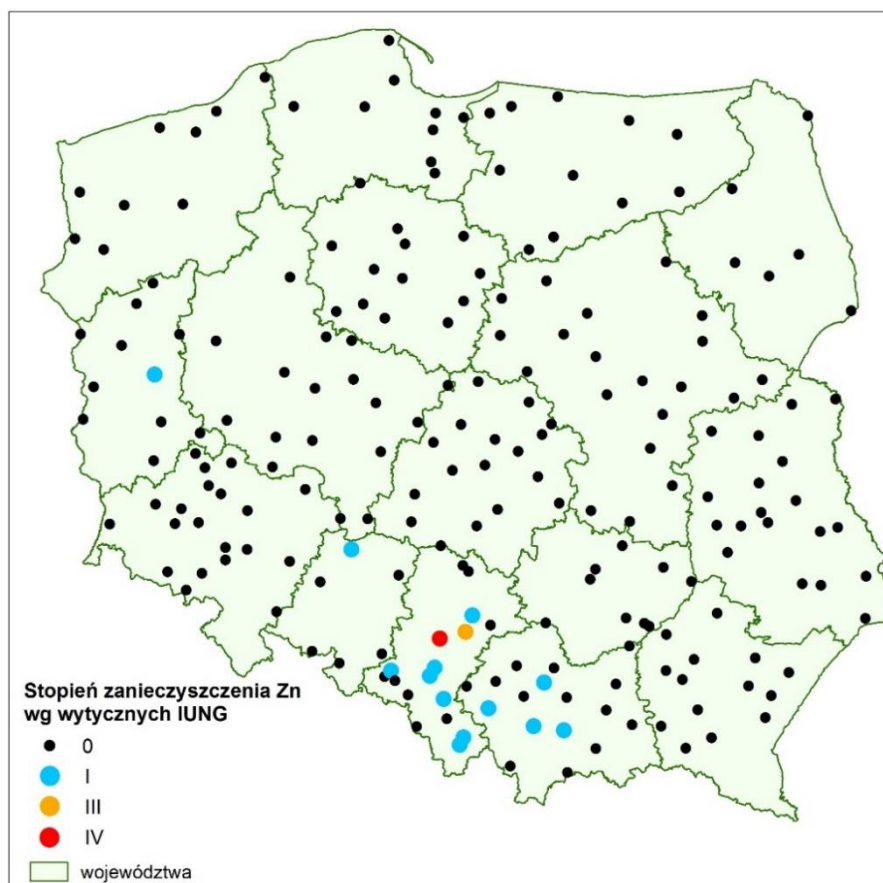
Zawartości cynku w 2025 r. mieściły się w przedziale 5,3 – 4906 mg kg⁻¹, a wartość środkowa wynosiła 28,95, będąc na nieznacznie niższym poziomie niż w poprzednich latach. W roku 2025 w przypadku 2 profili (0,9% zbioru) stwierdzono przekroczenie zawartości progowej określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Rysunek 51). Oba punkty były położone w woj. śląskim (nr punktów 335 i 343) w obszarze oddziaływania dawnego przemysłu

hutniczego. Przekroczenia stwierdzono w tych samych punktach, dla których wykazano przekroczenia dopuszczalnej zawartości kadmu.



Rysunek 51. Położenie punktów monitoringowych, w których w 2025 r. wykazano przekroczenia zawartości cynku w glebie wg kryteriów Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395)

Przy zastosowaniu wytycznych IUNG, 2 punkty należy uznać za zanieczyszczone (III i IV stopień), oba położone w województwie śląskim (Rysunek 52).



Rysunek 52. Stopnie zanieczyszczenia gleb cynkiem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.

Kobalt, wanad, lit, beryl, bar, stront, lantan, molibden i cyna

Naturalna zawartość **kobaltu** w glebach na świecie występuje w zakresie 0,1 – 70 mg kg⁻¹. Wyższe naturalne zawartości są spotykane w glebach wytworzonych ze skał serpentynitowych. Mobilność kobaltu zmniejsza się wraz ze wzrostem pH gleby. Pierwiastek jest dość łatwo pobierany przez rośliny, jak podają Chaney i Oliver (1996), w określonych warunkach może stanowić zagrożenie dla łańcucha żywieniowego. Jest jednak również pierwiastkiem niezbędnym dla ludzi i zwierząt jako składnik witaminy B₁₂. W 2025 r. zawartości kobaltu w próbkach monitoringowych mieściły się w zakresie 0,42 – 13,05 a średnia wynosiła 3,15 mg kg⁻¹. Nie stwierdzono przekroczeń zawartości dopuszczalnych w Rozporządzeniu.

Informacje na temat roli **wanadu** w roślinie i poziomów toksycznych dla roślin są ograniczone. Krajowe przepisy nie określają wartości granicznej dla zawartości wanadu

w glebie. W 2025 r. zawartości wanadu w próbkach monitoringowych mieściły się w zakresie 2,85 – 46,9 a średnia wynosiła 14,3 mg kg⁻¹.

Rola **litu** w roślinach nie została dotychczas wystarczająco rozpoznana. W 2025 r. zawartości litu w próbkach monitoringowych mieściły się w zakresie 0,5 – 21,33, natomiast średnia wynosiła 4,83 mg kg⁻¹.

Zawartości **berylu** w pobliżu hut i elektrowni mogą być znaczne i dochodzić do kilkudziesięciu mg kg⁻¹. Nieliczne badania wskazują, że beryl może być toksyczny dla roślin, procesy te badano jednak głównie w kontrolowanych doświadczeniach. W 2025 r. zawartości berylu w próbkach monitoringowych mieściły się w zakresie 0,07 – 1,40 a średnia wynosiła 0,34 mg kg⁻¹, pozostając na poziomie obserwowanym w poprzednich edycjach Monitoringu.

Zakresy zawartości **baru** w skałach i glebach różnych części świata kształtują się na poziomie 20 – 2000 mg kg⁻¹. Najniższe zawartości notowane są dla gleb organicznych, a znacznie wyższe dla gleb o dużym udziale pyłu lub iłu. Istnieje niewiele informacji dotyczących toksyczności baru dla roślin w warunkach naturalnych. W 2025 r. zawartości baru w próbkach monitoringowych mieściły się w zakresie 5,51 – 2114 a średnia wynosiła 61,0 mg kg⁻¹. W dwóch punktach stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości baru określonej w Rozporządzeniu (Rysunek 53), co zapewne należy traktować jako mineralogiczna anomalia.



Rysunek 53. Położenie punktów monitoringowych, w których w 2025 r. wykazano przekroczenia zawartości baru w glebach kryteriów Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395)

Stront jest dość rozpowszechniony w glebach, jego zawartości mieszczą się zwykle w zakresie od kilkudziesięciu do 1000 mg kg⁻¹. Charakterystyka geochemiczna strontu jest podobna do wapnia, dlatego pierwiastki te razem występują w glebach. Zjawiska toksyczności strontu dla roślin były obserwowane wyłącznie w testach hydroponicznych. Obecność wapnia i magnezu w roztworze glebowym ogranicza pobieranie strontu. W 2025 r. zawartości strontu w próbkach monitoringowych mieściły się w szerokim zakresie 1,4 – 352,8 średnia zawartość wynosiła 9,85 mg kg⁻¹.

W przypadku **lantanu** brak jest wyraźnego zróżnicowania w zależności od skały macierzystej w glebach mineralnych. Niższe zawartości występują natomiast w glebach organicznych. W 2025 r. zawartości lantanu w próbkach monitoringowych mieściły się w zakresie 1,98 – 31,4 a średnia wynosiła 10,8 mg kg⁻¹.

Arsen i rtęć

Oba pierwiastki były analizowane po raz pierwszy w ramach monitoringu w 2015 r. i są ujęte w aktualnym Rozporządzeniu Ministra Środowiska. W warunkach naturalnych **arsen** występuje w glebie w wielu minerałach, w tym jako siarczki i tlenki. Jego nadmierne zawartości w glebie występują z reguły w obszarach oddziaływania hutnictwa i górnictwa, powodując ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych i żywności. Zawartość arsenu w punktach monitoringowych w 2025 r. kształtowała się w zakresie 0,58 – 16,23 mg kg⁻¹, przy średniej zawartości 3,15. W żadnym punkcie monitoringowym nie nastąpiło przekroczenie dopuszczalnej zawartości arsenu.

Rtęć znajdująca się w glebie pochodzi zarówno ze źródeł naturalnych (skała macierzysta), jak i antropogenicznych (emisje rtęci w procesach spalania węgla i jej depozycja w glebie). Do gleb może również trafiać rtęć atmosferyczna. Spośród form rtęci występujących w środowisku najbardziej toksyczna jest rtęć metylowa, przy czym największe zagrożenie dla zdrowia człowieka następuje poprzez łańcuch pokarmowy związany ze środowiskiem wodnym. Zawartość rtęci w punktach monitoringowych mieściła się w zakresie 0,01 – 0,33 mg kg⁻¹, przy średniej na poziomie 0,04, pozostawała zatem na niskim poziomie, znacznie odbiegającym od zawartości dopuszczalnych określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (2-5 mg kg⁻¹, w zależności od właściwości gleby).

Molibden i cyna

Molibden i cyna zostały przeanalizowane w punktach pomiarowych po raz pierwszy w 2025 r. **Molibden** jest niezbędnym pierwiastkiem dla roślin, a jego główna rola to aktywacja enzymów nitrogenazy i reduktazy azotanowej, biorąc udział w procesie wiązania azotu atmosferycznego. Niedobory molibdenu powodują również spadek zawartości chlorofilu w roślinach. Zawartości molibdenu kształtowały się na poziomie 0,04 – 0,97 mg kg⁻¹, a jego średnia zawartość wynosiła 0,24 mg kg⁻¹. Były to wartości znacznie poniżej progów określonych w Rozporządzeniu (10 – 50 mg kg⁻¹ w zależności od właściwości gleby).

Cyna jest rzadko rozpatrywana jako potencjalnie toksyczne zanieczyszczenie gleby oraz nie jest wymieniana jako pierwiastek istotny z punktu widzenia potrzeb nawozowych roślin. Jest jednak wymieniona jako zanieczyszczenie w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (zawartość dopuszczalna 10 – 40 mg kg⁻¹ w zależności od właściwości gleby. W 2025 r. w punktach pomiarowych stwierdzono zakres tego pierwiastka 0,13 – 7,60 mg kg⁻¹, przy zawartości średniej 0,66 mg kg⁻¹.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- Sieć punktów pomiarowych wykorzystywanych w Monitoringu zapewnia reprezentatywność naturalnych warunków glebowych, na co wskazuje udział poszczególnych typów i gatunków gleb, zgodny z danymi przestrzennymi zawartymi na mapach glebowo-rolniczych.
- W przypadku większości cech opisujących właściwości i jakość gleby nie doszło do drastycznych zmian na przestrzeni 30 lat w porównaniu ze stanem wyjściowym.
- W porównaniu do 2015 r., kiedy zaobserwowano najmniej korzystny stan odczynu gleb, nastąpił obecnie spadek udziału gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych (pH w KCl poniżej 5,5). Można zakładać, że jest to efekt bardziej powszechnych zabiegów wapnowania gleb, które ograniczyły obserwowane wcześniej procesy postępującego zakwaszania gleb. Udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych nadal pozostaje wysoki przekraczając 50% punktów pomiarowych.
- W roku 2025 średnia zawartość materii organicznej wyniosła 2,01%, przy medianie 1,72%. Wartości te były na poziomie zbliżonym do okresu 1995 - 2015. W całej grupie analizowanych punktów przeważają gleby klasyfikowane jako średnio zasobne w materię organiczną (1-2%) a ich udział przekracza 60%. Analizując przestrzenną zmienność zawartości materii organicznej, pas województw Polski środkowej posiada wyraźnie niższą średnią zawartość.
- Wykazano duże zróżnicowanie zasobności gleb w przyswajalne formy składników nawozowych (fosfor, potas, magnez) wynikające z warunków naturalnych oraz intensywności nawożenia. W 2025 roku zawartość przyswajalnego fosforu mieściła się w bardzo szerokim zakresie, przy średniej zawartości 16,2 mg P_2O_5 100 g⁻¹, która mieści się w przedziale wysokiej zasobności w fosfor. Porównanie wyników z różnych edycji Monitoringu nie wskazuje na istotne zmiany w zasobności gleb na przestrzeni 30 lat. Udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zasobności w potas jest zbliżony do 50% i wzrósł w porównaniu z okresem 2005 – 2015. Niską lub bardzo niską zasobność w przyswajalny magnez wykazuje 1/4 punktów monitoringowych, a ponad 50% gleb charakteryzuje się wysoką i bardzo wysoką zawartością. Na przestrzeni lat udział poszczególnych klas zasobności w magnezu nie podlegał zasadniczym zmianom.
- Badania w kolejnych edycjach potwierdzają występowanie naturalnych poziomów siarki przyswajalnej, potwierdzających brak zanieczyszczenia gleb tym pierwiastkiem.

- Zawartość azotu mineralnego w 2025 r. charakteryzowała się dużą zmiennością. Zawartości azotu azotanowego były z reguły wyższe niż amonowego. Porównanie wyników z poprzednich lat nie wskazuje na występowanie istotnych trendów zmian zawartości.
- W 2025 r. wykazano wyższą zawartość wymiennego wapnia niż w poprzednich latach, a w przypadku pozostałych zasadowych kationów takiego wzrostu nie odnotowano. Zaobserwowano również korzystne zmiany wskaźnika wysycenia pojemności sorpcyjnej zasadami, którego przeciętna wartość wyniosła 68,6%, co stanowiło powrót do poziomu średnich wartości notowanych w latach 2000 – 2005.
- W 2025 r. przeciętne wartości kwasowości hydrolitycznej kształtowały się na podobnym poziomie jak w latach 1995 - 2005. Nastąpił spadek zarówno najwyższych, jak i przeciętnych wartości w porównaniu do 2015 r., kiedy zanotowano najmniej korzystne wyniki.
- Wyniki pomiarów zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w poszczególnych latach nie wskazują na wzrost zawartości sumy tych związków na przestrzeni ostatnich 30 lat. Stosując kryteria Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395) w 2025 r. gleby, w których nie stwierdzono przekroczenia dla żadnego z WWA wymienionych w Rozporządzeniu stanowiły 78% całego zbioru danych. Najwięcej przekroczeń dopuszczalnej zawartości zanotowano dla benzo(a)antracenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu i benzo(b)fluorantenu.
- W 2025 r. w przypadku zaledwie 4 punktów pomiarowych odnotowano przekroczenia dopuszczalnych zawartości pierwiastków śladowych, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r., przy czym w 2 przypadkach zanieczyszczenie miało kompleksowy charakter (więcej niż jeden pierwiastek). Oznacza to, że 212 profili (98,1%) należy uznać za niezanieczyszczone pierwiastkami śladowymi. Na podstawie analizy danych z wszystkich edycji Monitoringu nie zaobserwowano wzrostu zawartości żadnego z analizowanych metali śladowych w skali kraju.

7. SPIS WYKORZYSTANEJ LITERATURY

1. Alloway B.J. 1990. Soil processes and the behaviour of metals. W: Heavy metals in soils. Blackie and Son Ltd. Glasgow: 7-29
2. Baran S. 2000. Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb. Wydawnictwo Akademia Rolnicza w Lublinie
3. Basta, N.T., Ryan, J.A., Chaney, R.L., 2005. Trace element chemistry in residual-treated soil: key concepts and metal bioavailability. J. Environ. Qual. 34, 49–63.
4. Boratyński K, R. Czuba, J. Góralski. 1988. Chemia rolnicza. PWRiL. Warszawa
5. Bruemmer, G.W., J. Gerth, and K.G. Tiller. 1988. Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc, and cadmium by goethite. I. Adsorption and diffusion of metals. J. Soil Sci. 39:37-52.
6. Chaney, R. L. 1993. Zinc phytotoxicity. W: Zinc in Soils and Plants (Ed. A.D. Robson). Kluwer Academic Publ., Dordrecht: 135-150
7. Chaney R.L., Oliver D.P. Sources, potential adverse effects and remediation of agricultural soil contaminants. [w:] Contaminants and the soil environment in the Australasia-Pacific Region. Proc. First Australasia-Pacific Conference on Contaminants and Soil Environment in the Australasia-Pacific Region, Adelaide, p. 323-359, 1996.
8. Cieśla W., H. Dąbrowska–Naskręt .1984. Właściwości zasolonych gleb w sąsiedztwie Janikowskich Zakładów Sodowych na Kujawach. Roczn. Glebozn. 35: 139-149
9. Filipek T., Chwil S., Domańska J., Kaczor S., Kozłowska-Stawska J. 2006. Chemia rolna: podstawy teoretyczne i analityczne.
10. Fotyma M. i S. Mercik. 1995. Chemia rolna. PWN, Warszawa
11. Johnsen A., Karlson U. 2007. Diffuse PAH contamination of surface soils: environmental occurrence, bioavailability and microbial degradation. Appl Microbiol Biot 76, 533-543.
12. Kabata-Pendias A. i H. Pendias. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
13. Kabata-Pendias A. 2001. Trace elements in soils and plants. 3 wyd. CRC Press
14. Kabata-Pendias A., T. Motowicka-Terelak, M. Piotrowska, H. Terelak i T. Witek. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG, Puławy
15. Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch C. 1995. Podstawy oceny chemicznego

zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska, ss. 40, Warszawa.

16. Kaczor A., Brodowska M.S., Kowalski G. (2004) Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na zawartość siarki w jarych formach pszenicy i rzepaku. *Annales UMCS, Sec. E*, 59 (4): 1847–1853.
17. Klimkowicz-Pawlas A. 2009. Oddziaływanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na siedliskową funkcję gleby. Monografie i rozprawy naukowe, 22, IUNG-PIB, Puławy.
18. Lityński T i H. Jurkowska. 1982. Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN Warszawa
19. Lu M., Hu K., Chen J. 2013. Effect of pyrene and cadmium on microbial activity and community structure in soil. *Chemosphere*, 91, 491-497.
20. Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Terelak H. 2008. Monitoring of the total content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in arable soils in Poland, Volume 73, Issue 8, November 2008, Pages 1284-1291
21. Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A. 2009. Effects of anthropopressure and soil properties on the accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the upper layer of soils in selected regions of Poland. *Applied Geochemistry*, 24, 1918-1926.
22. Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A.: Evaluation of the status of contamination of arable soils in Poland with DDT and HCH residues; national and regional scales. *Pol., J. Environ. Stud.*, 2014, Vol. 23, no 1: 139-148.
23. Mattigod S. V., G. Sposito i L. A. Page. 1981. Factors affecting the solubilities of trace metals in soils. W: *Chemistry in the soil environment*. ASA, SSSA, Madison, WI: 203-221
24. Mengel, K., Kirkby, E.A. *Principles of Plant Nutrition*. 3rd Ed. International Potash Institute: Bern, Switzerland, 1982; 491-498
25. Moraghan J. T. i H. J. Mascani. 1991. Environmental and soil factors affecting micronutrients deficiencies and toxicities. W: *Micronutrients in agriculture*. 2 wyd. (Ed. Mortvedt i in.). SSSA, Madison, WI: 371-413
26. Motowicka-Terelak T., Terelak H. (2000) Siarka w glebach i roslinach Polski. *Folia Univ. Agric. Stetin*. 204, *Agricultura* 81, 7–16.
27. Rozp. Min. Środ. 2016. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. *Dz.U.*2016 poz. 1395.

28. Ruiz W.L.G. 2010. Speciation of mercury in environmental samples. Ph.D. thesis, University of Barcelona.
29. Scheckel, K.G., Scheinost, A.C., Ford, R.G., Sparks, D.L., 2000. Stability of layered Ni hydroxide surface precipitates – A dissolution kinetics study. *Geochim. Cosmochim. Acta* 64, 2727-2735.
30. Siebielec G., Siebielec S., Kaczyński R., Gmur D., Koza P., 2021. Egzogenna materii organiczna jako element Europejskiego Zielonego Ładu. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 66(20): 27-42
31. Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G., 2002. A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Appl. Geochem.* 17, 517-568.
32. Terelak H., T. Stuczyński i M. Piotrowska. 1997. Heavy metals in agricultural soils in Poland. *Polish J. Soil Sci.* 30/2: 35-42.

8. SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Przykładowe lokalizacje punktów monitoringowych (od góry punkty nr 165, 273 i 383).	8
Rysunek 2. Rozmieszczenie 216 punktów monitoringowych.....	9
Rysunek 3. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie dolnośląskim	10
Rysunek 4. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie kujawsko-pomorskim	10
Rysunek 5. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie lubelskim	11
Rysunek 6. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie lubuskim.....	11
Rysunek 7. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie łódzkim.....	12
Rysunek 8. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie małopolskim.....	12
Rysunek 9. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie mazowieckim	13
Rysunek 10. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie opolskim.....	13
Rysunek 11. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie podkarpackim.....	14
Rysunek 12. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie podlaskim	14
Rysunek 13. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie pomorskim.....	15
Rysunek 14. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie śląskim	15
Rysunek 15. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie świętokrzyskim	16
Rysunek 16. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie warmińsko-mazurskim..	16
Rysunek 17. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie wielkopolskim.....	17
Rysunek 18. Rozmieszczenie punktów monitoringowych w województwie zachodniopomorskim	17
Rysunek 19. Położenie punktów monitoringowych, których lokalizacja została zmieniona.....	18
Rysunek 20. Procentowy udział typów gleb w punktach monitoringowych na podstawie klasyfikacji stosowanej na mapach glebowo-rolniczych.	20
Rysunek 21. Procentowy udział kompleksów przydatności gleb w punktach monitoringowych.	21
Rysunek 22. Udział procentowy różnych sposobów użytkowania ziemi w punktach monitoringowych w 2025 r.....	22
Rysunek 23. Udział gatunków gleb określonych według normy BN-78/9180-11	28
Rysunek 24. Udział gatunków gleb określonych według klasyfikacji PTG z 2008 roku	29

Rysunek 25. Rozkład wartości pH gleby (w KCl) w kolejnych latach	31
Rysunek 26. Udział profili w poszczególnych klasach odczynu (pH w 1M KCl) w latach 1995-2025	32
Rysunek 27. Przestrzenne zróżnicowanie odczynu gleb (pH w 1M KCl) na podstawie średnich dla województw.....	33
Rysunek 28. Zmiany stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami w kolejnych latach.	36
Rysunek 29. Rozkład zawartości próchnicy w kolejnych latach.....	38
Rysunek 30. Udział profili w klasach zasobności w próchnicę w latach 1995-2025.....	39
Rysunek 31. Przestrzenna zmienność przeciętnej zawartości próchnicy w województwach	40
Rysunek 32. Udział procentowy klas zasobności w przyswajalny fosfor w 2025 r.....	43
Rysunek 33. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości przyswajalnego fosforu w 2025 r.....	43
Rysunek 34. Procentowy udział klas zasobności w potas przyswajalny w poszczególnych latach	44
Rysunek 35. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości przyswajalnego potasu w 2025 r.....	45
Rysunek 36. Procentowy udział klas zasobności w magnez przyswajalny w poszczególnych latach..	46
Rysunek 37. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości przyswajalnego magnezu w 2025 r.....	46
Rysunek 38. Udział poszczególnych klas zawartości siarki przyswajalnej w kolejnych latach.	48
Rysunek 39. Rozmieszczenie przestrzenne punktów pomiarowych i stopnie zanieczyszczenia gleb (0 ^o –4 ^o) przez WWA w tych punktach oceniane wg klasyfikacji IUNG	51
Rysunek 40. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych do odpowiednich stopni zanieczyszczenia w odniesieniu do Σ13WWA.....	53
Rysunek 41. Rozmieszczenie przestrzenne punktów pomiarowych i stan zanieczyszczenia gleb ornych przez WWA w tych punktach oceniane według Dz.U. 2002 nr 165, poz 1359.	54
Rysunek 42. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych w latach 1995-2025 do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych według Dz.U. 2002 nr 165, poz 1359.....	55
Rysunek 43. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych przez WWA według Dz.U. z 2016 r. poz. 1395..	56
Rysunek 44. Procentowe udziały próbek gleb zakwalifikowanych do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych przez WWA według Dz.U. 2024 poz. 1657, w roku 2025.	58
Rysunek 45. Położenie punktów monitoringowych, w których w 2025 r. wykazano przekroczenia zawartości kadmu.....	65
Rysunek 46. Stopnie zanieczyszczenia gleb kadmem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.....	66
Rysunek 47. Stopnie zanieczyszczenia gleb miedzią w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.....	67
Rysunek 48. Stopnie zanieczyszczenia gleb niklem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.....	69
Rysunek 49. Położenie punktu monitoringowego, w którym w 2025r. wykazano przekroczenie zawartości ołowiu w glebie	70
Rysunek 50. Stopnie zanieczyszczenia gleb ołowiem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.....	71
Rysunek 51. Położenie punktów monitoringowych, w których w 2025 r. wykazano przekroczenia zawartości cynku w glebie	72
Rysunek 52. Stopnie zanieczyszczenia gleb cynkiem w punktach monitoringowych wg wytycznych IUNG w 2025 r.....	73
Rysunek 53. Położenie punktów monitoringowych, w których w 2025 r. wykazano przekroczenia zawartości baru.....	75

9. SPIS TABEL

Tabela 1. Liczba punktów monitoringowych w poszczególnych województwach.....	9
Tabela 2. Zakresy wartości pH wykorzystywane w ocenie odczynu gleb	31
Tabela 3. WWA uwzględniane w ocenie stanu zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo według klasyfikacji IUNG oraz kolejnych przepisów krajowych.....	49
Tabela 4. Stopnie zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo w odniesieniu do Σ13WWA według klasyfikacji IUNG (Kabata-Pendias i in., 1995)	50
Tabela 5. Liczba próbek zaliczonych do odpowiednich stopni zanieczyszczenia przez WWA według klasyfikacji IUNG..	52
Tabela 6. Liczba punktów pomiarowych, w których próbki gleb były zakwalifikowane do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych WWA w latach 1995-2025 według Dz.U. 2002 nr 165, poz.1359.	55
Tabela 7. Liczba punktów pomiarowych, w których próbki gleb były zakwalifikowane do niezanieczyszczonych i zanieczyszczonych WWA w latach 2020-2025 według Dz.U. 2002 nr 165, poz.1359.	57
Tabela 8. Statystyki zawartości kadmu w glebach w poszczególnych latach	64

10. ZESTAWIENIA DANYCH – STATYSTYKI DLA POSZCZEGÓLNYCH LAT

11. ZESTAWIENIA DANYCH – STATYSTYKI DLA POSZCZEGÓLNYCH PUNKTÓW